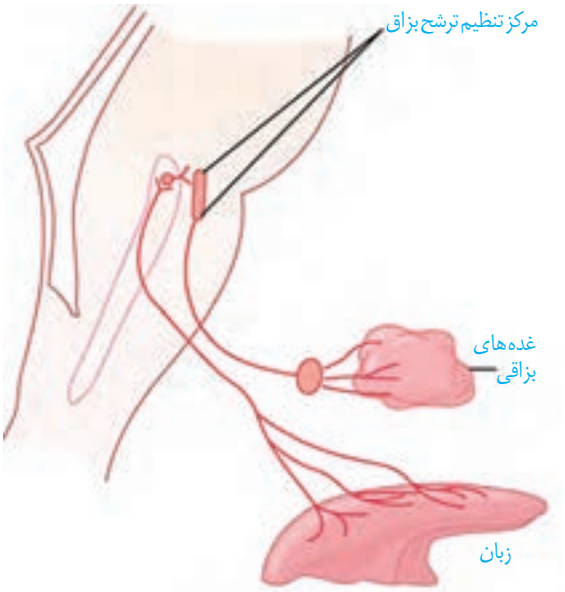
تنظیم فرایندهای گوارشی

دستگاه گوارش یک مرحله خاموشی نسبی (فاصله بین خوردن وعده‌های غذایی) و یک مرحله فعّالیت شدید (بعد از ورود غذا) دارد. این دستگاه باید به ورود غذا پاسخ مناسبی بدهد؛ یعنی شیره‌های گوارشی به موقع و به اندازهٔ کافی ترشح، وحرکات لولهٔ گوارش به موقع انجام شوند تا غذا را با شیره‌ها مخلوط کند و در طول لوله با سرعت مناسب حرکت دهد. فعّالیت بخش‌های دیگر بدن از جمله گردش خون نیز باید با فعّالیت دستگاه گوارش هماهنگ باشد. فعّالیت دستگاه گوارش را مانند بخش‌های دیگر بدن، دستگاه‌های عصبی و هورمونی تنظیم می‌کنند.

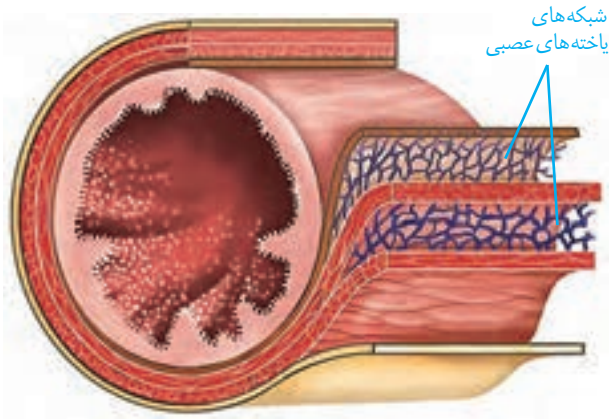
تنظیم عصبی دستگاه گوارش را بخشی از دستگاه عصبی به نام دستگاه عصبی خودمختار انجام می‌دهد. فعّالیت این دستگاه، ناخودآگاه است؛ مثلاً وقتی به غذا فکر می‌کنیم، بزاق ترشح می‌شود. با فعّالیت اعصاب **پاد هم‌حس (پاراسمپاتیک)** و **هم‌حس (سمپاتیک)**، دستگاه عصبی خودمختار، پیام عصبی مغز را به غده‌های بزاقی می‌رساند و بزاق به شکل انعکاسی ترشح می‌شود. محرک‌هایی مانند دیدن، بوی غذا و حتی فکر کردن به آن باعث افزایش ترشح بزاق می‌شوند.



شکل ۳۴ــ تنظیم ترشح بزاق با اعصاب پاد هم‌حس

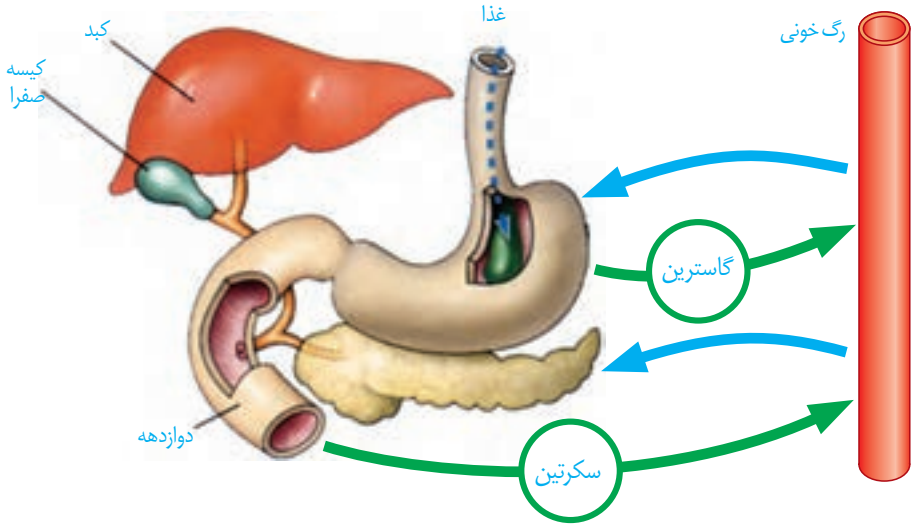
انجام فعّالیت‌های گوارشی با فعّالیت‌های بخش‌های دیگر بدن نیز باید هماهنگ شود. مثلاً هنگام بلع و عبور غذا از حلق، مرکز بلع در بصل‌النّخاع، فعّالیت مرکز تنفس را که در نزدیک آن قرار دارد، مهار می‌کند. در نتیجه، نای بسته و تنفس برای زمانی کوتاه، متوقف می‌شود.

همان‌طور که در ساختار لوله گوارش دیدیم، در دیوارهٔ این لوله (از مری تا مخرج) شبکه‌های یاخته‌های عصبی، وجود دارند. این شبکه را **دستگاه عصبی روده‌ای** می‌نامند. این دستگاه، تحرک و ترشح را در لولهٔ گوارش، تنظیم می‌کند. مثلاً همان طور که دیدید، یاخته‌های ماهیچه‌ای درون پرزها با تحریک یاخته‌های عصبی این دستگاه، موجب حرکت پرزها می‌شوند. دستگاه عصبی روده‌ای می‌تواند مستقل از دستگاه عصبی خودمختار، فعّالیت کند. اما اعصاب هم‌حس و پاد هم‌حس با دستگاه عصبی روده‌ای ارتباط دارند و بر عملکرد آن تأثیر می‌گذارند. معمولاً اعصاب پاد هم‌حس فعّالیت دستگاه گوارش را افزایش و اعصاب هم‌حس فعّالیت این دستگاه را کاهش می‌دهند.



شکل ۳۵ــ شبکه های یاخته‌های عصبی دستگاه عصبی روده‌ای لولهٔ گوارش

در بخش‌های مختلف معده و روده، یاخته‌هایی وجود دارند که هورمون می‌سازند. این هورمون‌ها به خون می‌ریزند و همراه با



شکل ۳۶ــ هورمون‌های سکرتین و گاسترین به خون می‌ریزند.

دستگاه عصبی، فعّالیت‌های دستگاه گوارش را تنظیم می‌کنند. سکرتین، یکی از این هورمون‌هاست. این هورمون از دوازدهه و در پاسخ به ورود کیموس، به خون ترشح می‌شود و با اثر بر پانکراس موجب می‌شود ترشح بیکربنات افزایش یابد. گاسترین از بعضی یاخته‌های دیوارهٔ معده که در مجاورت پیلور قرار دارند ترشح و باعث افزایش ترشح اسید معده و پپسینوژن می‌شود (شکل ۳۶).

وزن مناسب: اضافه وزن وچاقی در اثر خوردن غذا بیش از مقداری که برای تولید انرژی در بدن لازم است، ایجاد می‌شود.غذای اضافی (چربی، کربوهیدرات و پروتئین) در بدن به چربی تبدیل و در بافت چربی ذخیره می‌شود تا بعد برای تولید انرژی مصرف شود. علت افزایش اضافه وزن و چاقی در جوامع امروزی را استفاده از غذاهای پر انرژی (غذاهای پرچرب وشیرین)، عوامل روانی مانند غذا خوردن برای رهایی از تنش، شیوهٔ زندگیِ کم تحرک یا بدون تحرک و ژن می‌دانند. چاقی، سلامت فرد را به خطر می‌اندازد و احتمال ابتلا به بیماری‌هایی مانند دیابت نوع ۲، انواعی از سرطان، تنگ شدن سرخرگ‌ها، سکتهٔ قلبی ومغزی را افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، افرادِ دچار بی اشتهایی عصبی، تمایلی به غذا خوردن ندارند وکمتر از نیاز خود غذا می‌خورند و در نتیجه، به شدت لاغر می‌شوند.اگرچه ژن‌های مربوط با این بیماری شناسایی شده‌اند اما تبلیغات و فشار اجتماعی نیز درتمایل بیش از حد این افراد به لاغری دخالت دارد. بی‌اشتهایی عصبی به کاهش دریافت کلسیم و آهن مورد نیاز، کاهش استحکام استخوان‌ها و کم خونی، ضعف ماهیچهٔ قلب وحتی ایست قلبی منجر می‌شود.

برای تعیین وزن مناسب، از نمایهٔ تودهٔ بدنی استفاده می‌کنند. این نمایهٔ از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نمایهٔ تودهٔ بدنی} = \frac{\text{جرم (Kg)}}{\text{مربع قد } (m^2)}$$

تعیین وزن مناسب بر اساس نمایهٔ تودهٔ بدنی برای افراد در سنین مختلف، متفاوت است. از آنجا که افراد کمتر از بیست سال در سن رشد قرار دارند، برای بررسی مناسب بودن وزن این افراد، نمایهٔ

بیشتر بدانید

ابوالقاسم خلف ابن العباس زهراوی نخستین کسی بود که از نخ‌های تهیه‌شده از رودهٔ جانوران، برای جراحی استفاده کرد. این نخ تنها مادهٔ طبیعی است که بدن آن را می‌پذیرد و در بدن تجزیه می‌شود. ابوالحسن احمد بن محمد طَبَری، پزشک و دانشمند ایرانی سدهٔ چهارم هجری و مؤلف کتاب «المعالجات البقراطیه» برای اوّلین بار در تاریخ پزشکی، برای شست و شوی معدهٔ افرادی که دچار مسمومیت می‌شدند، از لوله استفاده می‌کرد.

بیشتر بدانید

باکتری‌های همزیست رودهٔ بزرگ و انتهای رودهٔ باریک، آنزیم آب‌کافت‌کنندهٔ سلولز دارند و گلوکز تولید می‌کنند، اما بافت پوششی رودهٔ بزرگ نمی‌تواند این گلوکز را جذب کند. این باکتری‌ها، فولیک اسید و ویتامین «K» می‌سازند که رودهٔ بزرگ می‌تواند آنها را جذب کند. بخشی از گازهای روده از فعّالیت این باکتری‌ها به وجود می‌آیند. علاوه بر آن، این باکتری‌ها با ترشح مواد سمی، باکتری‌های بیماری‌زا را می‌کشند و از یاخته‌های پوششی رودهٔ بزرگ حفاظت می‌کنند. مصرف آنتی بیوتیک ممکن است، این باکتری‌های مفید را از بین ببرد. امروزه موادغذایی مانند ماست، با باکتری‌های مفید غنی سازی شده اند محصولات زیست‌یار (پروبیوتیک)، تا تعداد این باکتری‌ها را در لولهٔ گوارش افزایش دهند.

تودهٔ بدنی آنها را با افراد هم سن و هم جنسیت، مقایسه می‌کنند. مثلاً پسر شانزده ساله با نمایهٔ تودهٔ بدنی ۳۲ احتمالاً نسبت به پسران هم سن خود چاق است و دختر شانزده ساله با نمایهٔ تودهٔ بدنی ۱۶ نسبت به دختران هم سن خود، به احتمال زیاد کمبود وزن دارد.

البته وزن هر فرد به تراکم استخوان، بافت ماهیچه و چربی بدن او بستگی دارد. بنابراین فقط افراد متخصص می‌توانند دربارهٔ مناسب بودن وزن فرد، قضاوت کنند.

واژه‌شناسی

سکرتین به معنی مادهٔ ترشح شده است. سکرتین نخستین هورمون کشف شده است.

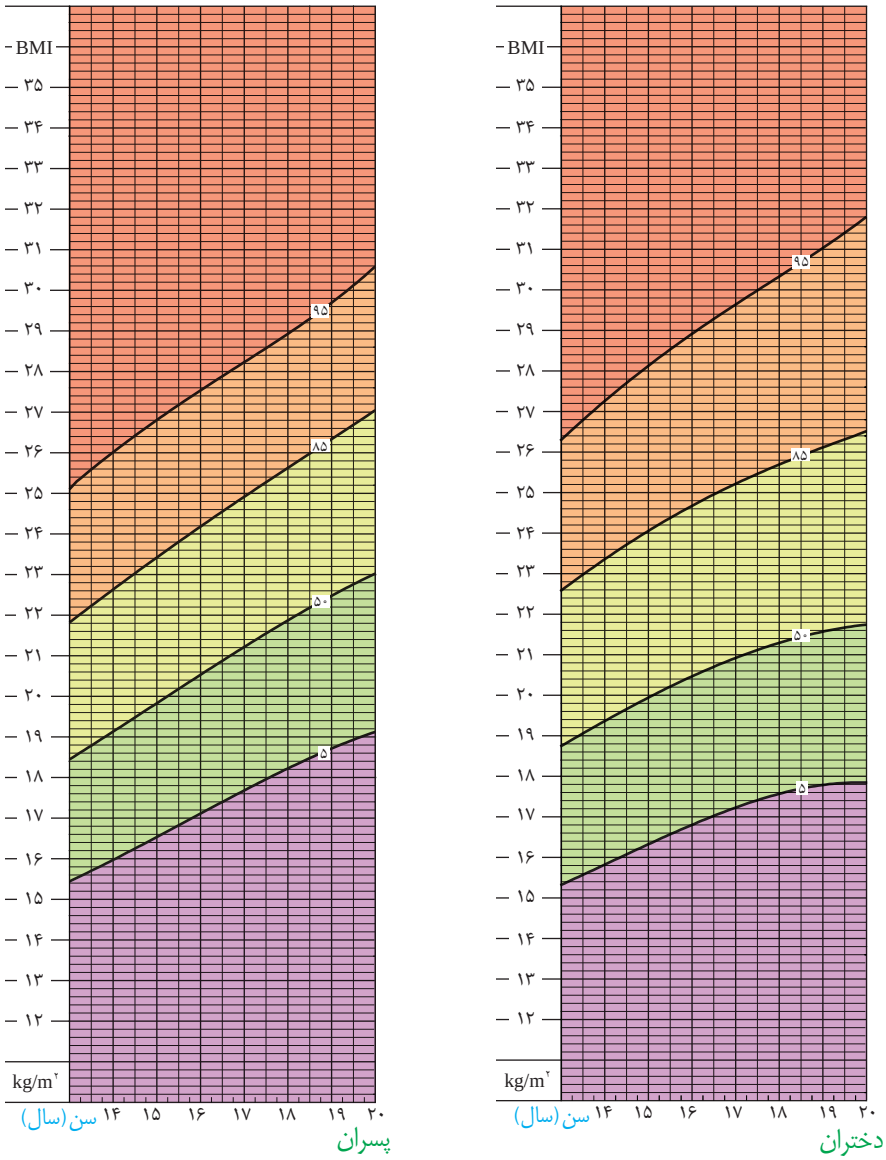
گاسترین: گاستر واژه‌ای یونانی به معنی معده است و گاسترین به معنای ماده‌ای است که معده آن را ترشح می‌کند.

بیشتر بدانید

با استفاده از نمودارها و جدول زیر می‌توان مشخص کرد آیا افراد بین ۱۴ تا ۲۰ سال اضافه وزن یا چاقی احتمالی دارند یا نه. اما برای بررسی دقیق موضوع باید به متخصص مراجعه کرد.

جدول درصد نمایهٔ تودهٔ بدنی برای افراد کمتر از ۲۰ سال، براساس نمودار روبه‌رو

درصد نمایهٔ تودهٔ بدنی	وضعیت وزن
۹۵ و بیشتر از آن	چاق
۸۵ تا ۹۵	اضافه وزن
۵ تا ۸۵	وزن طبیعی
کمتر از ۵	کمبود وزن



نمودار نمایهٔ تودهٔ بدنی بر اساس سن برای دختران و پسران بین ۱۴ تا ۲۰ سال

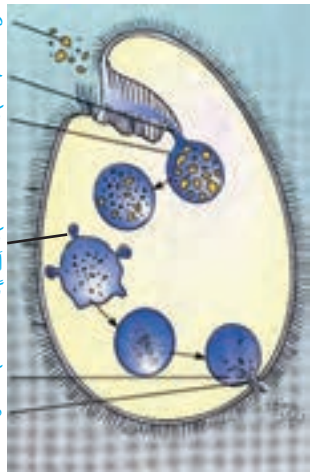
فعّالیت

دربارهٔ اینکه نمایهٔ تودهٔ بدنی افراد بیشتر از بیست سال را چگونه تفسیر می‌کنند، اطلاعات جمع‌آوری کنید.

گفتار ۴ تنوع گوارش در جانداران

شکل ۳۷ــ کرم کدو

برخی از جانداران، مواد مغذی را از سطح یاخته یا بدن به طور مستقیم از محیط، با انتشار دریافت می‌کنند. این محیط، آب دریا، دستگاه گوارش یا مایعات بدن جانوران میزبان است؛ برخی تک‌یاختگان تمام مواد مغذی را از سطح یاخته، جذب می‌کنند. کرم کدو نیز که فاقد دهان و دستگاه گوارش است، مواد مغذی را از سطح بدن جذب می‌کند.



شکل ۳۸ــ گوارش درون یاخته‌ای در پارامسی

کُریچه (واکوئول) گوارشی: مواد غذایی در این نوع کُریچه‌ها به کمک آنزیم‌ها گوارش پیدا می‌کند. بنابراین، گوارش درون یاخته‌ای است؛ مثلاً در پارامسی، حرکت مژک‌ها غذا را از محیط به حفرهٔ دهانی منتقل می‌کند. در انتهای حفره، کُریچه غذایی تشکیل می‌شود. کُریچه غذایی درون سیتوپلاسم حرکت می‌کند. اندامکی به نام کافنده تن **(لیزوزوم)**، که دارای آنزیم‌های گوارشی است به آن می‌پیوندد و آنزیم‌های خود را به درون کُریچه آزاد می‌کند. در نتیجه، کُریچه گوارشی تشکیل می‌شود. مواد گوارش یافته، جذب می‌شوند و مواد گوارش نیافته در کُریچه باقی می‌مانند. به این کُریچه، **کُریچه دفعی** می‌گویند. محتویات این کُریچه از راه منفذ دفعی یاخته خارج می‌شود.

گوارش برون‌یاخته‌ای

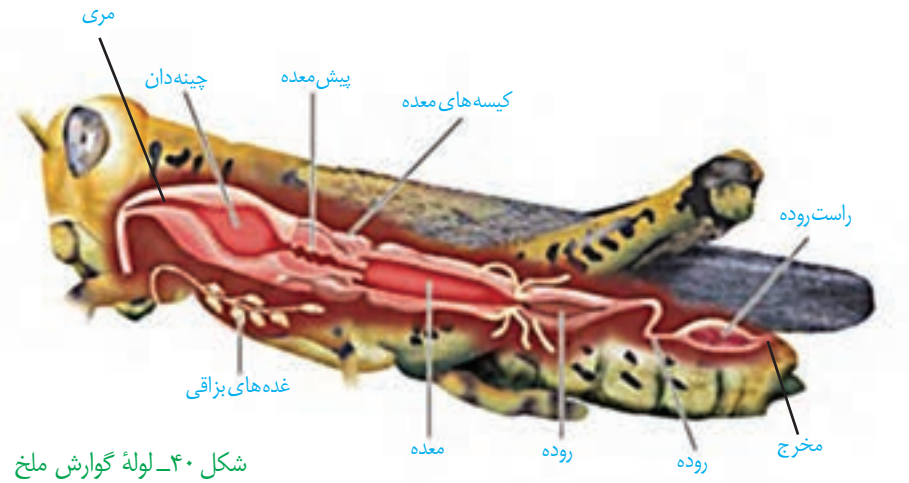
بسیاری از جانوران، درون بدن خود جایگاه ویژه‌ای برای گوارش غذا دارند. این جایگاه در خارج از محیط داخلی یعنی خارج از خون و یاخته‌های بدن است؛ به‌این‌ترتیب، آنزیم‌های گوارشی در این جایگاه ریخته می‌شوند و غذا، گوارش برون‌یاخته‌ای پیدا می‌کند.

حفرهٔ گوارشی: گوارش در بی‌مهرگانی مانند مرجان‌ها، در کیسهٔ منشعبی به نام حفرهٔ گوارشی انجام می‌شود. این حفره فقط یک سوراخ برای ورود و خروج مواد دارد. گردش مواد نیز درون همین کیسه و انشعابات آن انجام می‌شود. یاخته‌هایی در این حفره، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که فرایند گوارش برون‌یاخته‌ای را آغاز می‌کنند. یاخته‌های دیگر این حفره، مواد مغذی را با **بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز)** دریافت می‌کنند و فرایند گوارش درون یاخته‌ای را در کُریچه‌های غذایی ادامه می‌دهند. در بیگانه‌خواری، ذرات با تشکیل یک کیسهٔ غشایی در غشا، به یاخته وارد می‌شوند. در برخی کرم‌های پهن، نظیر پلاناریا، روش مشابهی در تغذیه مشاهده می‌شود.

شکل ۳۹ــ حفرهٔ گوارشی در هیدر (از گروه مرجانیان) و پلاناریا

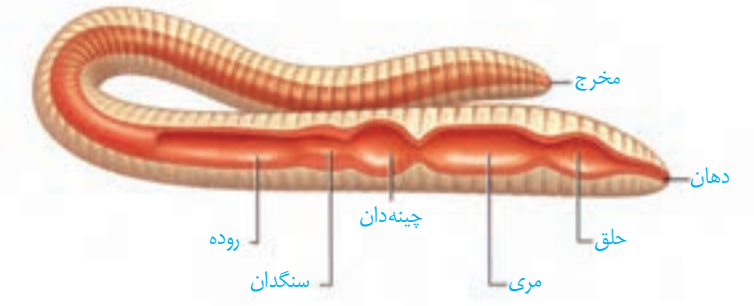
لولهٔ گوارش: این لوله در اثر تشکیل مخرج، شکل می‌گیرد و امکان جریان یک‌طرفهٔ غذا را بدون مخلوط شدن غذای گوارش یافته و مواد دفعی فراهم می‌کند. در نتیجه، دستگاه گوارش کامل شکل می‌گیرد. در ادامه، نمونه‌هایی از این دستگاه ارائه می‌شود.

ملخ، حشره‌ای گیاه‌خوار است و با استفاده از آرواره‌ها، مواد غذایی را خرد و به دهان منتقل می‌کند. غذای خرد شده از طریق مری به چینه‌دان وارد می‌شود. چینه‌دان بخش حجیم انتهای مری است که در آن غذا ذخیره و نرم می‌شود. بزاق، غذا را برای عبور از دستگاه گوارش لغزنده می‌کند. آمیلاز بزاق، گوارش کربوهیدرات‌ها را آغاز می‌کند.



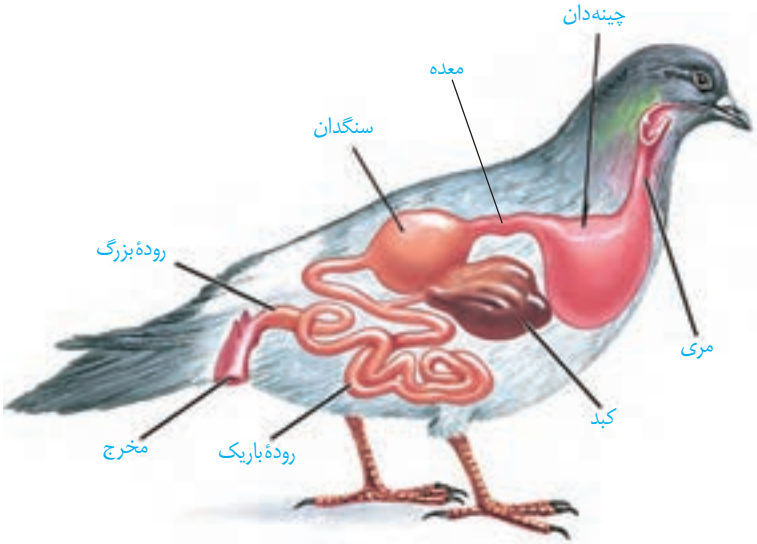
شکل ۴۰ــ لولهٔ گوارش ملخ

این مرحله، طی ذخیرهٔ غذا در چینه‌دان ادامه می‌یابد؛ سپس غذا به بخش کوچکی به‌نام **پیش معده** وارد می‌شود. دیوارهٔ پیش‌معده دندانه‌هایی دارد که به خرد شدن بیشتر مواد غذایی کمک می‌کنند. معده و کیسه‌های معده، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که به پیش‌معده وارد می‌شوند. حرکات مکانیکی پیش‌معده و عملکرد آنزیم‌ها، ذرات ریزی ایجاد می‌کنند که به کیسه‌های معده وارد و گوارش برون‌یاخته‌ای کامل می‌شود. جذب، در معده صورت می‌گیرد. مواد گوارش نیافته پس از عبور از روده به راست‌روده وارد و آب و یون‌های آن جذب می‌شوند و سرانجام مدفوع از مخرج دفع می‌شود.



شکل ۴۱ــ لولهٔ گوارش کرم خاکی

جانوران دیگری مانند کرم خاکی و پرندگان دانه‌خوار نیز چینه‌دان دارند که به ذخیرهٔ غذا کمک می‌کند. این ساختار به جانور امکان می‌دهد تا با دفعاتِ کمترِ تغذیه، انرژی مورد نیاز خود را تأمین کند.

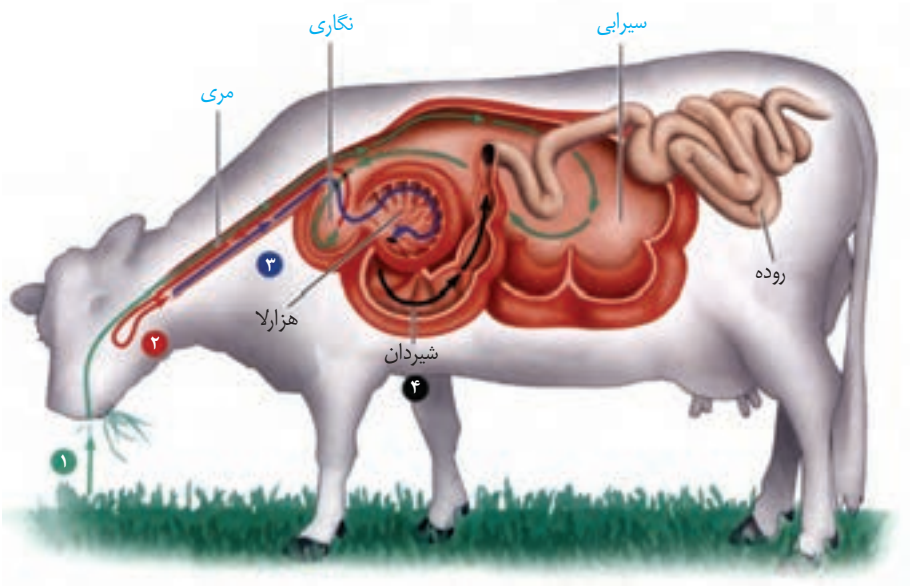


شکل ۴۲ــ لولهٔ گوارش پرندهٔ دانه‌خوار

پرندگان دانه خوار، ماهی خاویاری و کروکودیل،

برای آسیاب کردن غذا، سنگدان دارند. سنگدان از بخش عقبی معده تشکیل می‌شود و دارای ساختاری ماهیچه‌ای است. سنگریزه‌هایی که پرنده می‌بلعد، فرایند آسیاب کردن غذا را تسهیل می‌کنند.

پستانداران نشخوارکننده، نظیر گاو و گوسفند، معدهٔ چهار قسمتی دارند. در این جانوران، بخش بالایی معده، شامل کیسهٔ بزرگی به نام سیرابی و بخش کوچکی به نام نگاری است. بخش پایینی معده دارای یک اتاقک لایه‌لایه به نام هزارلا و معدهٔ واقعی یا شیردان است.



شکل ۴۳ــ معدهٔ چند قسمتی نشخوارکننده

این جانوران به سرعت غذا می‌خورند تا در فرصت مناسب یا مکانی امن، غذا را با نشخوارکردن وارد دهان کنند و بجوند. ابتدا غذای نیمه جویده به‌سرعت بلعیده و وارد سیرابی می‌شود و در آنجا در معرض میکروب‌ها قرار می‌گیرد. میکروب‌ها به کمک ترشح مایعات، حرارت بدن و حرکات سیرابی، تا حدودی توده‌های غذا را گوارش می‌دهند. این توده‌ها به نگاری وارد و به دهان برمی‌گردند. در این زمان غذا به طور کامل، جویده می‌شود. وقتی غذا دوباره بلعیده شد، به سیرابی وارد می‌شود، بیشتر حالت مایع پیدا می‌کند و به نگاری جریان می‌یابد. سپس مواد به هزارلا رفته، تا حدودی آبگیری و سرانجام به شیردان وارد می‌شوند. در این محل آنزیم‌های گوارشی وارد عمل می‌شوند و گوارش ادامه پیدا می‌کند.

در نشخوار کنندگان، وجود میکروب‌ها برای گوارش سلولز ضروری است. سلولز مقدار زیادی انرژی دارد ولی اغلب جانوران فاقد توانایی تولید آنزیم سلولز برای گوارش آن هستند. تولید سلولز توسط این میکروب‌ها، زندگی گیاه‌خواری را اثربخش‌تر نموده است.

در گیاه‌خواران غیرنشخوارکننده، عمل گوارش میکروبی، پس از گوارش آنزیمی صورت می‌گیرد. مثلاً در اسب، میکروب‌هایی که در رودهٔ کورِ جانور زندگی می‌کنند، سلولز را آب کافت می‌کنند. از آنجا که گوارش سلولز در رودهٔ باریک این جانور انجام نمی‌شود، بخشی از مواد غذایی دفع می‌شوند.

فعّالیت

طول لولهٔ گوارش، در علف‌خواران و گوشت‌خواران متفاوت است. دربارهٔ علت این تفاوت اطلاعات جمع‌آوری کنید.

فصل ۳

تبادلات گازی

نفس کشیدن، یکی از ویژگی‌های آشکار در بسیاری از جانوران است. اما آیا در همهٔ جانوران به یک شکل انجام می‌شود؟ هدف از آن چیست؟

در ذهن بسیاری از ما، نفس کشیدن به معنای زنده بودن است. برای تشخیص اینکه آیا فردی زنده است یا نه، غالباً نگاه می‌کنیم که آیا نفس می‌کشد یا خیر. به نظر می‌رسد این فرایند، کاری حیاتی را برای ما انجام می‌دهد. اما این کارِ حیاتی چیست؟

آیا زمانی که در هوای آلوده تنفس می‌کنیم به این کار حیاتی آسیب نمی‌رسانیم؟ افرادی که به دخانیات روی می‌آورند، چگونه به بدن خود آسیب می‌رسانند؟ اینها فقط بخشی از پرسش هایی است که پاسخ آنها را با مطالعهٔ این فصل به دست خواهیم آورد.

گفتار ۱ ساز و کار دستگاه تنفس در انسان

چرا نفس می‌کشیم؟

ارسطو، معتقد بود که نفس کشیدن باعث خنک شدن قلب می‌شود. او نمی‌دانست که هوا خود مخلوطی از چند نوع گاز است. بنابر این هوای دمی‌و بازدمی‌را از نظر ترکیب شیمیایی یکسان می‌دانست. اما آیا واقعاً چنین است؟

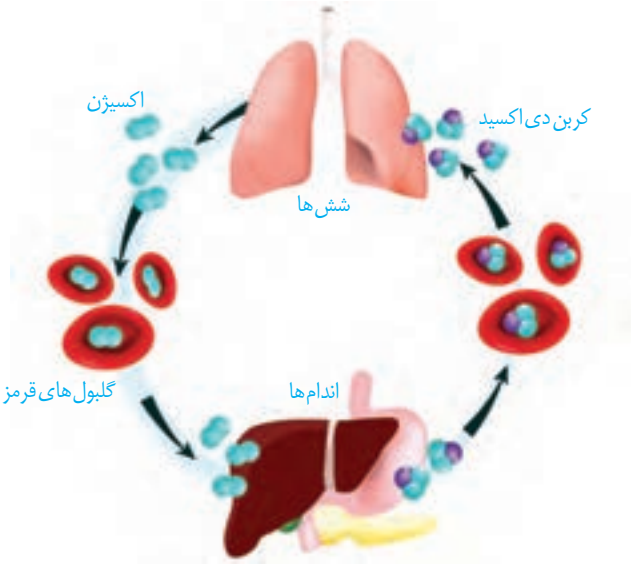
مقایسهٔ هوای دمی‌و بازدمی‌نشان می‌دهد که این دو هوا با هم متفاوت‌اند. هوای دمی، اکسیژن بیشتری دارد امّا در هوای بازدمی، کربن دی‌اکسید بیشتر است. بنابراین، اهمیت فرایند تنفس از آنچه که ارسطو می‌پنداشت فراتر است. درک این اهمیت، زمانی ممکن شد که آدمی‌توانست ارتباط دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون را بیابد.

دستگاه گردش خون، خون را از اندام‌های بدن جمع‌آوری می‌کند و به سوی شش‌ها می‌آورد. این خون که به **خون تیره** معروف است اکسیژنِ کم، اما کربن‌دی اکسیدِ زیادی دارد. در شش‌ها خون، کربن‌دی اکسید را از دست می‌دهد و از هوا اکسیژن می‌گیرد و به **خون روشن** تبدیل می‌شود. خون روشن توسط دستگاه گردش خون به اندام‌ها و یاخته‌ها فرستاده می‌شود (شکل ۱). به این‌ترتیب، همواره به یاخته‌های بدن، اکسیژن می‌رسد و کربن‌دی‌اکسید از آنها دور می‌شود. اما این کار چه ضرورتی دارد؟

در فصل قبل دیدیم که یاخته‌ها چگونه مواد مغذی را به‌دست می‌آورند. از سوی دیگر آموختیم که انرژی فرایندهای یاخته‌ای، مستقیماً از ATP تأمین می‌شود نه از مواد مغذی. بنابراین، انرژی مواد مغذی، مثل گلوکز، باید ابتدا به انرژی نهفته در ATP تبدیل شود. واکنش خلاصه شدهٔ این تبدیل، به این صورت است:

ATP + آب + کربن دی‌اکسید → ADP و فسفات + اکسیژن + گلوکز

این واکنش که **تنفس یاخته‌ای** نام دارد، علت نیاز به اکسیژن را توجیه می‌کند. اما کربن دی اکسید چرا باید دور شود؟ یکی از علل زیان بار بودن کربن دی اکسید این است که می‌تواند با آب واکنش داده، کربنیک اسید تولید کند و pH را کاهش دهد. چنان‌که می‌دانیم، تغییر pH باعث تغییر ساختار پروتئین‌ها می‌شود که می‌تواند عملکرد پروتئین‌ها را مختل کند. از آنجا که بسیاری از فرایندهای یاخته‌ای را پروتئین‌ها انجام می‌دهند؛ از بین رفتن عملکرد آنها اختلال گسترده‌ای را در کار یاخته‌ها و بافت‌ها ایجاد می‌کند. در واقع، افزایش کربن دی اکسید، خطرناک‌تر از کاهش اکسیژن است.



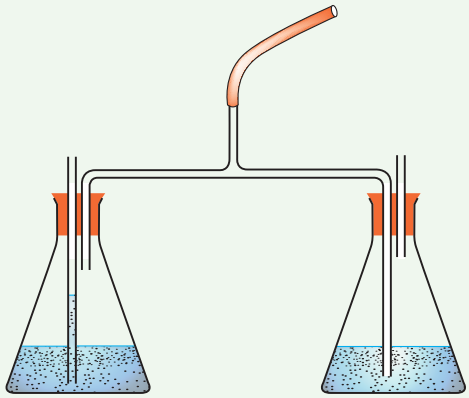
شکل ۱ــ یاخته‌های بدن، گازهای تنفسی را با خون مبادله می‌کنند و خون در شش‌ها این گازها را با هوا مبادله می‌نماید.

فعّالیت

آیا هوای دمی با هوای بازدمی متفاوت است؟

پژوهش‌های دانشمندان در ابتدا، وجود سه گاز نیتروژن، اکسیژن و کربن‌دی اکسید را در هوا نشان داد. در این آزمایش، هوای دمی و بازدمی‌را از نظر مقدار نسبی کربن دی اکسید بررسی می‌کنیم. اما چگونه می‌توان مقدار کربن دی اکسید را در هوا تشخیص داد؟

برای انجام این آزمایش می‌توان از محلول آب آهک (بی رنگ)یا برم تیمول بلو رقیق (آبی رنگ) که معرّف کربن دی‌اکسید هستند استفاده کرد. با دمیدن کربن دی‌اکسید به درون این محلول ها، آب آهک شیری رنگ و برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.



۱ــ دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لولهٔ بلند را درون محلول و انتهای لولهٔ کوتاه را در بالای محلول قرار دهید.

۲ــ به آرامی از طریق لولهٔ مرکزی، عمل دم و بازدم را انجام دهید. در هنگام دم، در کدام ظرف، حباب هوا مشاهده می‌شود؟ هنگام بازدم چطور؟

۳ــ دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرّف در یکی از ظرف‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید.

۴ــ چند دقیقهٔ دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی رنگ را در هر دو ظرف مشاهده، و یادداشت کنید.

۵ــ اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) چرا هوای دمی، به یک ظرف و هوای بازدمی، به ظرف دیگر وارد می‌شود؟

ب) نخست در کدام ظرف تغییر رنگ مشاهده کردید؟

پ) آیا معرّف در هر دو ظرف سرانجام تغییر رنگ داد؟ این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می‌کند؟

بخش‌های عملکردی دستگاه تنفس

از نظر عملکرد، می‌توان دستگاه تنفس را به دو بخش اصلی به‌نام‌های **بخش هادی** و **بخش مبادله‌ای** تقسیم کرد.

بخش هادی

بخش هادی، از مجاری تنفسی‌ای تشکیل شده است که هوا را به درون و بیرون دستگاه تنفسی هدایت می‌کنند و آن را از ناخالصی‌ها، مثل میکروب‌های بیماری‌زا و ذرات گرد و غبار، پاک‌سازی و نیز، گرم و مرطوب می‌کنند تا برای مبادلهٔ گازها با خون آماده شود. از بینی تا نایژک انتهایی به بخش هادی تعلق دارد.

ابتدای مسیر ورود هوا در بینی، از پوست نازکی پوشیده شده است که موهای آن، مانعی در برابر ورود ناخالصی‌های هوا ایجاد می‌کند. با پایان یافتن پوست، مخاط مژک‌دار آغاز می‌شود که در سراسر مجاری هادی بعدی نیز ادامه پیدا می‌کند. این مخاط، یاخته‌های مژک‌دار فراوان و ترشحات

بیشتر بدانید

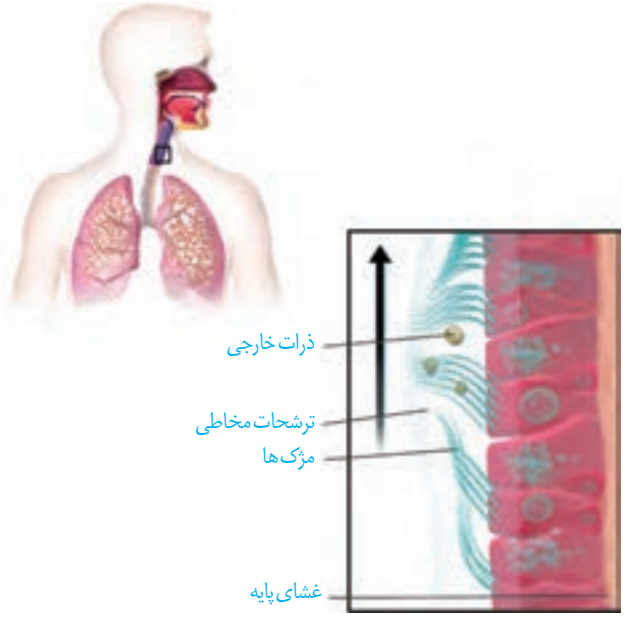
عوامل مختلفی بر عملکرد یاخته‌های مژک‌دار اثر می‌گذارند. هوای خیلی سرد، حرکت مژک‌های مخاطه را کند می‌کند. دود سیگار و قلیان و بعضی از آلاینده‌های شیمیایی موجود در هوا، باعث مرگ یاخته‌های مژک‌دار می‌شوند.

ضدمیکروبی دارد (شکل ۲).

ترشحات مخاطی، ناخالصی‌های هوا را ضمن عبور به دام می‌اندازد. مژک‌ها با حرکت ضربانی خود، ترشحات مخاطی و ناخالصی‌های به دام افتاده در آن را به سوی حلق می‌رانند. در آنجا یا به دستگاه گوارش وارد شده، شیرهٔ معده آنها را نابود می‌کند یا به خارج از بدن هدایت می‌شوند.

ترشحات مخاطی، هوا را مرطوب می‌کنند. مرطوب کردن هوا برای تبادل گازها ضرورت دارد چون گازها تنها در صورتی می‌توانند بین شش‌ها و خون مبادله شوند که محلول در آب باشند.

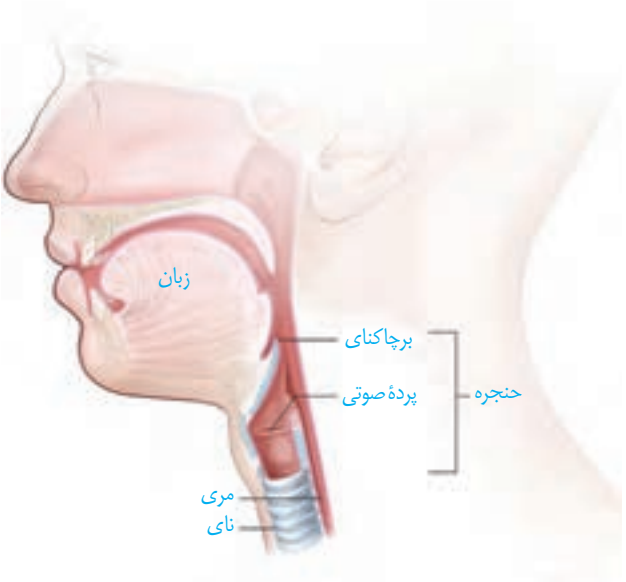
گرم کردن هوای ورودی، از دیگرکارهای مهم بینی است. در بینی، شبکه‌ای وسیع از رگ‌هایی با دیوارهٔ نازک وجود دارد که هوا را گرم می‌کند. این شبکه به سطح درونی بینی بسیار نزدیک است، بنابراین آسیب‌پذیری بیشتری دارد و آسان‌تر از دیگر نقاط، دچار خون‌ریزی می‌شود.



شکل ۲ــ مخاط مژک‌دار. این مخاط در بینی شروع می‌شود و سراسر مجاری هادی بعدی را می‌پوشاند. این شکل، مخاط نای را نشان می‌دهد.

هوا با عبور از بینی، دهان، یا هردو، به گلو وارد می‌شود (شکل ۳). گلو، گذرگاهی است ماهیچه‌ای که هم هوا و هم غذا از آن عبور می‌کند. انتهای گلو به یک دو راهی ختم می‌شود. در این دوراهی، حنجره در جلو و مری در پشت قرار دارد.

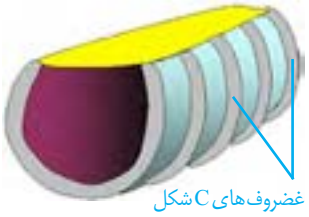
حنجره در ابتدای نای واقع است و در تنفس، دو کار مهم انجام می‌دهد. یکی آنکه دیوارهٔ غضروفی آن، مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد و دیگر آنکه درپوشی به نام برچاکنای (اپی‌گلوت) دارد که مانع ورود غذا به مجرای تنفسی می‌شود.



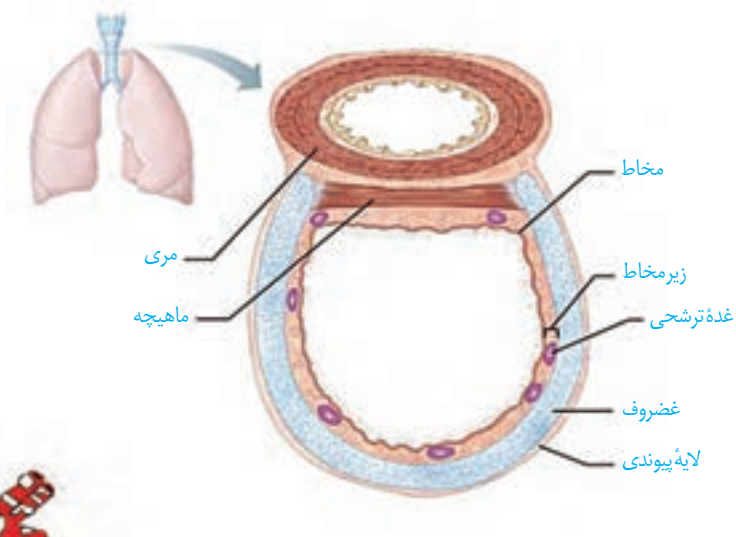
شکل ۳ــ حلق و حنجره

دیوارهٔ نای، حلقه‌های غضروفی شبیه به نعل اسب یا حرف C دارد که مجرای نای را همیشه باز نگه می‌دارند (شکل ۴). دهانهٔ غضروف (دهانهٔ حرف C) به سمت مری قرار دارد. نبودن غضروف در این قسمت، حرکت لقمه‌های بزرگ غذا و سیر امواج کرمی‌شکل را در مری، بدون جلوگیری از سوی غضروف های نای، آسان می‌کند. ساختار دیوارهٔ نای در شکل ۵ نشان داده شده است.

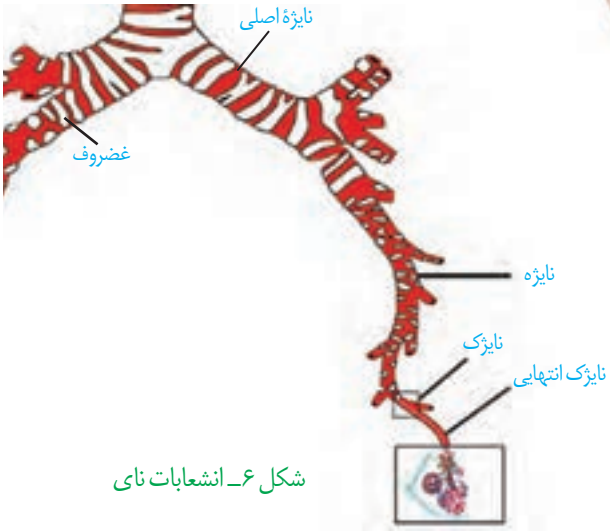
نای، در انتهای خود، به دو شاخه تقسیم می‌شود و **نایژه‌های اصلی** را پدید می‌آورد. هر نایژهٔ اصلی به یک شش وارد شده، در آنجا به نایژه‌های باریک‌تر تقسیم می‌شود (شکل ۶). همچنان که از نایژهٔ اصلی به سمت نایژه‌های باریک‌تر پیش می‌رویم، از مقدار غضروف کاسته می‌شود. انشعابی از نایژه که دیگر غضروفی ندارد، **نایژک** نامیده می‌شود.



شکل ۴ــ حلقه‌های غضروفی نای



شکل ۵ــ ساختار بافتی دیوارهٔ نای. دیوارهٔ نای، شامل چهار لایه است که از درون به بیرون عبارت‌اند از مخاط با یاخته‌های استوانه‌ای مژک‌دار، زیر مخاط که حاوی رگ‌های خونی و اعصاب است، لایهٔ غضروفی-ماهیچه‌ای که استحکام و در عین حال انعطاف‌پذیری لولهٔ نای را باعث می‌شود، و لایهٔ پیوندی.



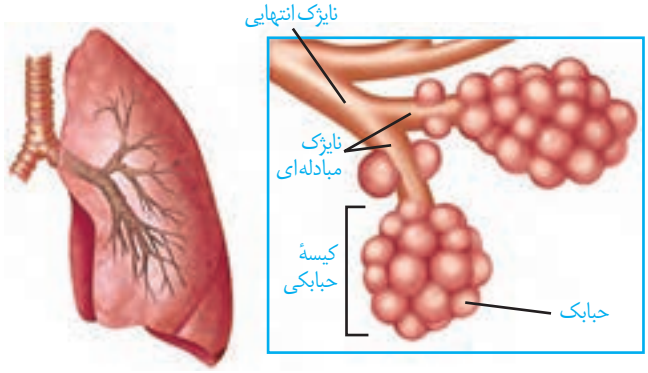
شکل ۶ــ انشعابات نای

به علت نداشتن غضروف، نایژک‌ها توان مناسب برای تنگ و گشاد شدن دارند. این ویژگی نایژک‌ها به دستگاه تنفس امکان می‌دهد تا بتواند مقدار هوای ورودی یا خروجی را واپایش کند. آخرین انشعاب نایژک در بخش هادی، **نایژک انتهایی** نام دارد.

بخش مبادله‌ای

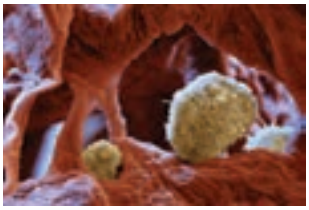
بخش مبادله‌ای، با حضور اجزای کوچکی به‌نام حبابک مشخص می‌شود (شکل ۷). نایژکی را که روی آن حبابک وجود دارد، **نایژک مبادله‌ای** می‌نامیم. نایژک مبادله‌ای در انتهای خود به ساختاری شبیه به خوشهٔ انگور ختم می‌شود که از اجتماع حبابک‌ها پدید آمده است. هر یک از این خوشه‌ها را یک **کیسهٔ حبابکی** می‌نامند.

مخاط مژک‌دار در نایژک مبادله‌ای به پایان می‌رسد، بنابراین کیسه‌های حبابکی، ساز و کار دیگری برای مقابله با ناخالصی‌های هوا دارند که آخرین خط دفاع دستگاه تنفسی به‌شمار می‌رود.



شکل ۷ــ بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس

در حبابک‌ها، گروهی از یاخته‌های دستگاه ایمنی بدن به نام **درشت‌خوار (ماکروفاژها)** مستقر شده‌اند (شکل ۸). این یاخته‌ها، باکتری‌ها و ذرات گرد و غباری را که از مخاط مژک‌دار گریخته‌اند نابود می‌کنند. درشت‌خوارها یاخته‌هایی با ویژگی بیگانه‌خواری و توانایی حرکت‌اند. این یاخته‌ها، نه فقط در کیسه‌های حبابکیِ شش‌ها، بلکه در دیگر نقاط بدن نیز حضور دارند.



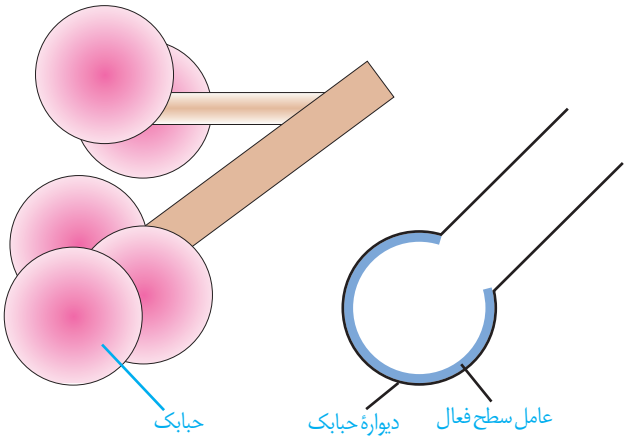
شکل ۸ــ یاخته های درشت‌خوار در حبابک‌ها

ورود هوا به کیسه‌های حبابکی باعث افزایش حجم آنها می‌شود اما این کیسه‌ها در برابر انبساط

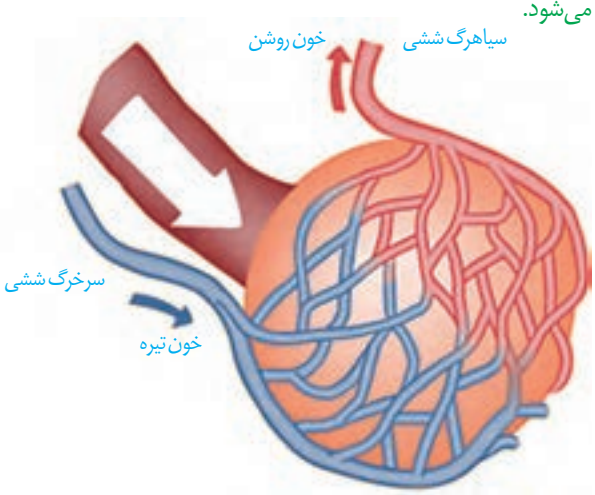
با مشکلی روبه‌رو هستند. لایهٔ نازکی از آب، سطحی را که در تماس با هواست پوشانده است و بنابراین نیروی کشش سطحی آب در برابر باز شدن مقاومت می‌کند. ماده‌ای به نام **عامل سطح فعال (سورفاکتانت)** که از بعضی از یاخته‌های حبابک‌ها ترشح می‌شود با کاهش نیروی کشش سطحی، باز شدن کیسه‌ها را آسان می‌کند (شکل ۹). عامل سطح فعال در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود، به همین علت در بعضی از نوزادانی که زودهنگام به دنیا آمده‌اند عامل سطح فعال به مقدار کافی ساخته نشده است و بنابراین به زحمت نفس می‌کشند.

اطراف حبابک ها را مویرگ های خونی فراوان، احاطه کرده‌اند و به‌این ترتیب، امکان تبادل گازها بین هوا و خون فراهم شده است (شکل ۱۰).

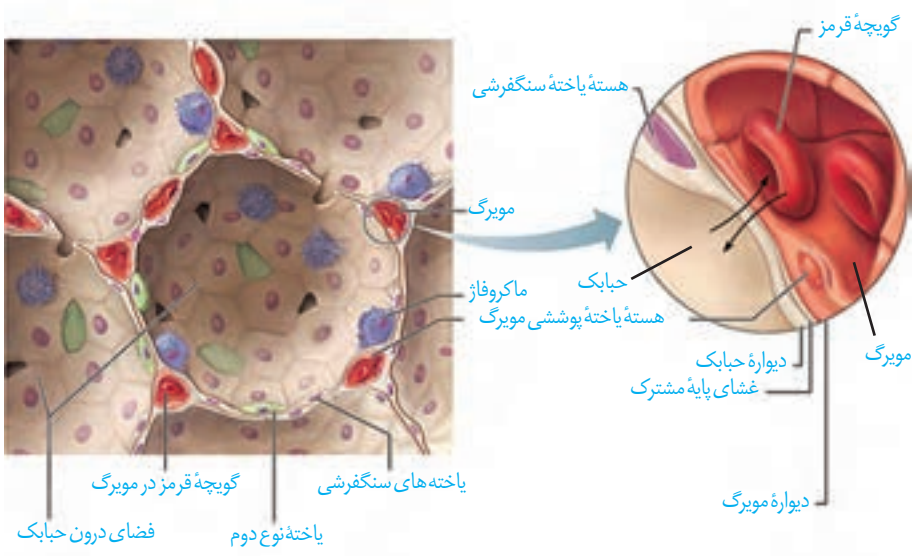
برای اینکه اکسیژن و کربن دی اکسید بین هوا و خون مبادله شوند، این مولکول‌ها باید از ضخامت دیوارهٔ حبابک‌ها و دیوارهٔ مویرگ‌ها عبور کنند. هر دو دیواره، از بافت پوششی سنگفرشی یک لایه ساخته شده اند که بسیار نازک است. در جاهای متعدد، بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو از یک غشای پایهٔ مشترک استفاده می‌کنند؛ درنتیجه مسافت انتشار گازها به حداقل ممکن رسیده است (شکل ۱۱).



شکل ۹ــ عامل سطح فعال در سطحی که مجاور هواست ترشح می‌شود.



شکل ۱۰ــ مویرگ‌های خونی فراوان، اطراف حبابک‌ها را احاطه کرده‌اند.



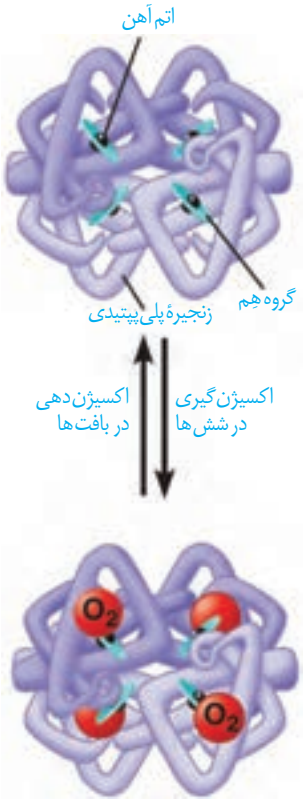
شکل ۱۱ــ دیوارهٔ حبابک از دو نوع یاخته ساخته شده است. نوع اوّل، سنگفرشی است و فراوان‌تر است. نوع دوم، با ظاهری کاملاً متفاوت، به تعداد خیلی کمتر دیده می‌شود و ترشح عامل سطح فعال را بر عهده دارد. درشت‌خوارها را جزء یاخته‌های دیوارهٔ حبابک، طبقه‌بندی نمی‌کنند. در جاهایی که بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو از یک غشای پایهٔ مشترک استفاده می‌کنند، مسافت انتشار گازها به حداقل ممکن رسیده است.

حمل گازها در خون

کار دستگاه تنفس با همکاری دستگاه گردش خون، کامل می‌شود. خون، اکسیژن را به یاخته‌ها می‌رساند و کربن دی‌اکسید را از آنها می‌گیرد و به سمت شش‌ها می‌آورد تا از بدن خارج شود.

در دمای بدن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید به مقدار کمی در خوناب حل می‌شوند. تنها ۳ درصد از اکسیژن و ۷ درصد از کربن دی‌اکسیدی که در خون جابه‌جا می‌شود به صورت محلول در خوناب حمل می‌شوند. بنابراین به ساز و کار دیگری برای حمل این مولکول‌ها در خون نیاز است.

گویچهٔ قرمز سرشار از **هموگلوبین** است. هموگلوبین، پروتئینی است که از چهار رشتهٔ پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. هر رشته، به یک گروه غیرپروتئینی به‌نام **هِم** متصل است. هر گروهِ هِم یک اتم آهن دارد که می‌تواند به طور برگشت‌پذیر به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ یعنی اینکه اکسیژنِ متصل شده، توانایی جدا شدن از هموگلوبین را نیز دارد. غلظت اکسیژن در اطراف هموگلوبین مشخص می‌کند که باید اکسیژن به هموگلوبین متصل یا از آن جدا شود. در شش‌ها که غلظت اکسیژن در خونِ مویرگ‌های ششی زیاد است، اکسیژن به هموگلوبین می‌پیوندد و در مجاورت بافت‌ها، که غلظت اکسیژن به علت مصرف شدن توسط یاخته‌ها کاهش یافته است، اکسیژن از هموگلوبین جدا و به یاخته‌ها داده می‌شود. پیوستن یا گسستن کربن‌دی اکسید نیز تابع غلظت آن است. در مجاورت بافت‌ها، کربن دی‌اکسید به هموگلوبین متصل و در شش‌ها از آن جدا می‌شود.



شکل ۱۲ــ هموگلوبین

کربن مونوکسید، مولکول دیگری است که می‌تواند به هموگلوبین متصل شود با این تفاوت که وقتی متصل شد، به آسانی جدا نمی‌شود. محل اتصال این مولکول به هموگلوبین، همان محل اتصال اکسیژن است. بنابراین کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع پیوستن اکسیژن می‌شود و چون به آسانی جدا نمی‌شود ظرفیت حمل اکسیژن را در خون کاهش می‌دهد. این وضعیت ممکن است چنان شدید باشد که به مرگ منجر شود. از این رو کربن مونواکسید گاز سمی به شمار می‌رود. تنفس این گاز باعث مسمومیت می‌شود و به گاز گرفتگی شهرت دارد.

هموگلوبین ۹۷ درصد اکسیژن و ۲۳ درصد کربن‌دی‌اکسید خون را حمل می‌کند. چنانکه ملاحظه می‌شود هموگلوبین سهم کمتری در حمل کربن‌دی‌اکسید دارد.

۷۰ درصد کربن‌دی‌اکسید به‌صورت یون بیکربنات حمل می‌شود. در گویچه قرمز، آنزیمی به نام **کربنیک انیدراز** هست که کربن‌دی‌اکسید را با آب ترکیب می‌کند و کربنیک‌اسید پدید می‌آورد. کربنیک اسید به سرعت به یون بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود. یون هیدروژن به هموگلوبین می‌پیوندد و به همین علت، هموگلوبین مانع اسیدی شدن خون می‌شود. یون بیکربنات از گویچه قرمز خارج و به خوناب وارد می‌شود. با رسیدن به شش‌ها، کربن دی‌اکسید از ترکیب یون بیکربنات آزاد می‌شود و از آنجا به هوا انتشار می‌یابد.

بیشتر بدانید

گاز کربن مونوکسید، بدون رنگ، بو یا طعم است و بنابراین وجود آن در محیط، قابل تشخیص نیست؛ به همین علت آن را قاتل خاموش می‌نامند. این گاز در دود حاصل از سوختن ناقص سوخت‌های فسیلی مثل نفت و گاز پدید می‌آید. به همین علت اطمینان از خروج دود وسایلی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند مثل بخاری، هیمه‌سوز یا آب‌گرمکن کاملاً ضرورت دارد.

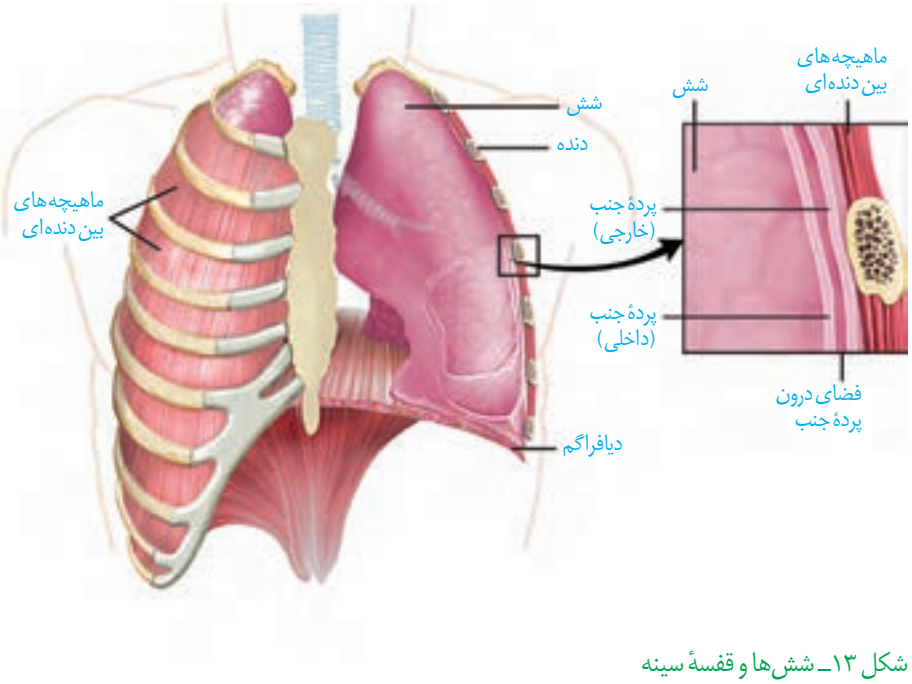
گفتار ۲ تهویهٔ ششی

تهویهٔ ششی شامل دو فرایند دم و بازدم است. برای درک چگونگی دم و بازدم، لازم است ابتدا با ساختار و عمل شش‌ها آشنا شویم.

شش‌ها

شش‌ها درون قفسهٔ سینه و روی پردهٔ ماهیچه‌ای دیافراگم قرار دارند. شش چپ به علت مجاورت با قلب، از شش راست قدری کوچک تر است. بیشتر حجم شش‌ها را کیسه‌های هوایی به خود اختصاص داده‌اند و ساختاری اسفنج‌گونه را به شش می‌دهند. مویرگ‌های خونی فراوان، که اطراف کیسه‌های هوایی را همچون تار عنکبوت احاطه کرده، دیگر جزء فراوان در شش‌ها است. بنابراین شش را می‌توان عمدتاً مجموعه‌ای از لوله‌های منشعب شونده، کیسه‌های حبابکی و رگ‌ها دانست که از بیرون توسط یک بافت پیوندی احاطه شده است.

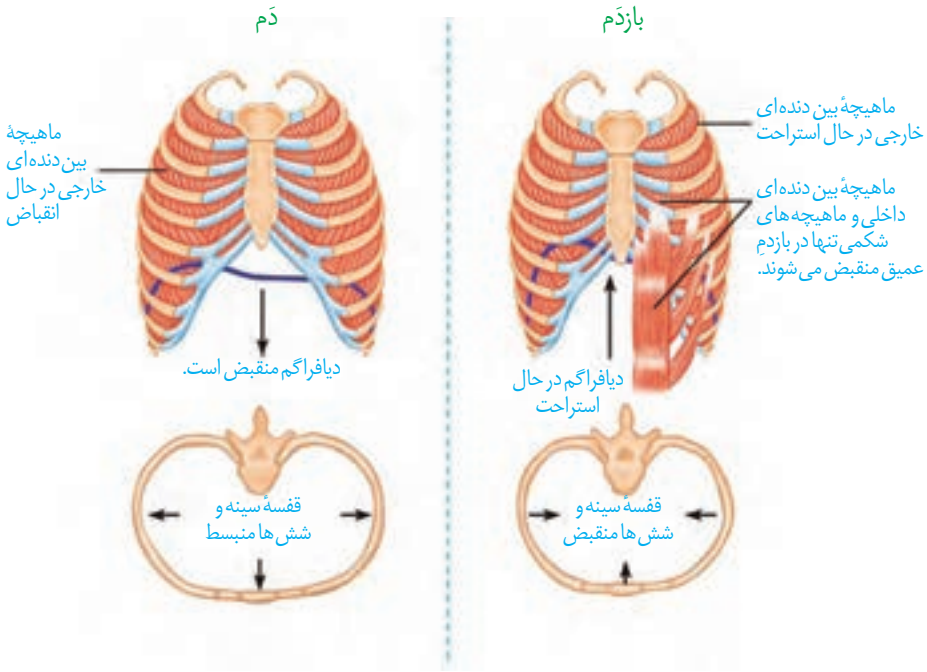
هر یک از شش‌ها را پرده‌ای دولایه به نام **پردهٔ جنب** فراگرفته است (شکل ۱۳). یکی از لایه‌های این پرده، به سطح شش چسبیده و لایهٔ دیگر به سطح درونی قفسهٔ سینه متصل است. درون پردهٔ جنب، فضای اندکی است که از مایعی به نام **مایع جنب**، پر شده است. پردهٔ جنب، شش‌ها را به قفسهٔ سینه متصل می‌کند.



شکل ۱۳ــ شش‌ها و قفسهٔ سینه

شش‌ها دو ویژگی مهم دارند: یکی **پیروی از حرکات قفسهٔ سینه** و دیگری **کشسانی**. هنگامی‌که قفسهٔ سینه منبسط می‌شود شش‌ها نیز منبسط می‌شوند. در نتیجه، فشار هوای درون شش‌ها کم شده، هوای بیرون به درون شش‌ها کشیده می‌شود. اما باید توجه داشت که به علت ویژگی کشسانی، شش‌ها در برابر کشیده شدن، مقاومت نیز نشان می‌دهند و تمایل دارند به وضعیت اولیهٔ خود بازگردند. ویژگی کشسانی شش‌ها در بازدم نقش مهمی دارد.

دم، فرایندی فعّال است که درنتیجهٔ افزایش حجم قفسهٔ سینه رخ می‌دهد. در این رویداد، دو عامل دخالت دارد. اوّل، ماهیچهٔ دیافراگم که در حالت استراحت، گنبدی‌شکل است اما وقتی منقبض می‌شود، به حالت مسطح در می‌آید. دوم، انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی که دنده‌ها را به سمت بالا و جلو جابه‌جا می‌کند و جناغ را به جلو می‌راند(شکل ۱۴). در تنفس آرام و طبیعی، دیافراگم نقش اصلی را بر عهده دارد. در دمِ عمیق، انقباض ماهیچه‌های ناحیهٔ گردن نیز، به افزایش حجم قفسهٔ سینه کمک می‌کند.



شکل ۱۴ــ افزایش و کاهش حجم قفسهٔ سینه در دم و بازدم عادی

با به استراحت در آمدن ماهیچهٔ دیافراگم و ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی، و بر اثر ویژگی کشسانی شش‌ها، حجم قفسهٔ سینه و در نتیجه، حجم شش‌ها کاهش می‌یابد وهوای درون آنها به بیرون رانده می‌شود. در بازدم عمیق، انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای داخلی و نیز ماهیچه‌های شکمی، به کاهش حجم قفسهٔ سینه کمک می‌کند.

فعّالیت

تشریح شش گوسفند

۱ــ ویژگی ظاهری: شش به علت دارا بودن کیسه‌های هوایی فراوان، حالتی اسفنج گونه دارد. شش راست از شش چپ بزرگ‌تر است. شش راست از سه قسمت یا لَپ (لوب) و شش چپ از دو قسمت تشکیل شده است.

۲ــ تشخیص شش راست و چپ: اگر در نمونه‌ای که تهیه کرده‌اید مری نیز وجود دارد، به محل قرارگیری آن توجه کنید. نای در جلو و مری درپشت قرار گرفته است و به این ترتیب می‌توانید سطح جلویی و پشتی نای و شش‌ها (و در نتیجه راست و چپ آنها) را نیز مشخص کنید.

مری را جدا کنید. برای تشخیص سطح جلویی و پشتی نای در حالتی که مری از آن جدا شده است، کافی است به یاد داشته باشید که غضروف‌های نای C شکل اند. این وضعیت

باعث می‌شود که در نای، قسمت دهانهٔ حرف C از سایر قسمت‌ها نرم‌تر باشد. با لمس کردن، این قسمت را پیدا کنید. این قسمت، محل اتصال نای به مری و بنابراین سطح پشتی نای است.

۳ـ بررسی انبساط پذیری شش‌ها: با یک تلمبه از نای به درون شش‌ها بدمید و خاصیت انبساط‌پذیری و قابلیت کشسانی شش‌ها را مشاهده کنید.

۴ـ بررسی ساختارهای درونی: نای را از قسمت نرم آن (دهانهٔ حرف C) در طول، برش دهید تا به نزدیکی شش‌ها برسید. در نای گوسفند، قبل از دو نایژهٔ اصلی، یک انشعاب سوم هم مشاهده می‌شود که به شش راست می‌رود. مدخل این انشعاب و بعد نایژه‌های اصلی را مشاهده کنید.

برش طولی نای را از مدخل نایژهٔ اصلی ادامه دهید. دقت کنید که بریدن نایژهٔ اصلی به سادگی نای نیست و این به علت ساختار غضروف‌های نایژه است که در ابتدا به صورت حلقهٔ کامل و بعد به صورت قطعه قطعه است. در طول نای، مدخل‌های نایژه‌های بعدی قابل مشاهده است.

اگر تکه‌ای از شش را بِبُرید، در مقطع آن سوراخ‌هایی را مشاهده می‌کنید که به سه گروه قابل تقسیم‌اند. نایژه ها، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها. لبهٔ نایژه‌ها به علت دارا بودن غضروف، زبر است و به این ترتیب از دو رگ دیگر قابل تشخیص است. سرخرگ‌ها دیوارهٔ محکم‌تری نسبت به سیاهرگ‌ها دارند و به همین علت، برخلاف سیاهرگ‌ها دهانهٔ آنها حتی در نبود خون هم باز است اما دهانهٔ سیاهرگ‌ها در نبود خون بسته است.

اگر تکه‌ای از شش را ببرید و در ظرفی پر از آب بیندازید خواهید دید که روی سطح آب شناور می‌ماند. چرا؟

حجم‌های تنفسی

مقدار هوایی که به شش‌ها وارد یا از آن خارج می‌شود به چگونگی دم و بازدم ما بستگی دارد. بنابراین، حجم‌های مختلفی از هوا را می‌توان به شش وارد و یا از آن خارج کرد. حجم‌های تنفسی را با دستگاه دَم‌سنج **(اسپیرومتر)** اندازه می‌گیرند. نموداری که دم‌سنج از دم و بازدم‌های فرد رسم می‌کند، دَم‌نگاره **(اسپیروگرام)** نامیده می‌شود. تحلیل دم‌نگاره در تشخیص درست بیماری‌های ششی کاربرد دارد.

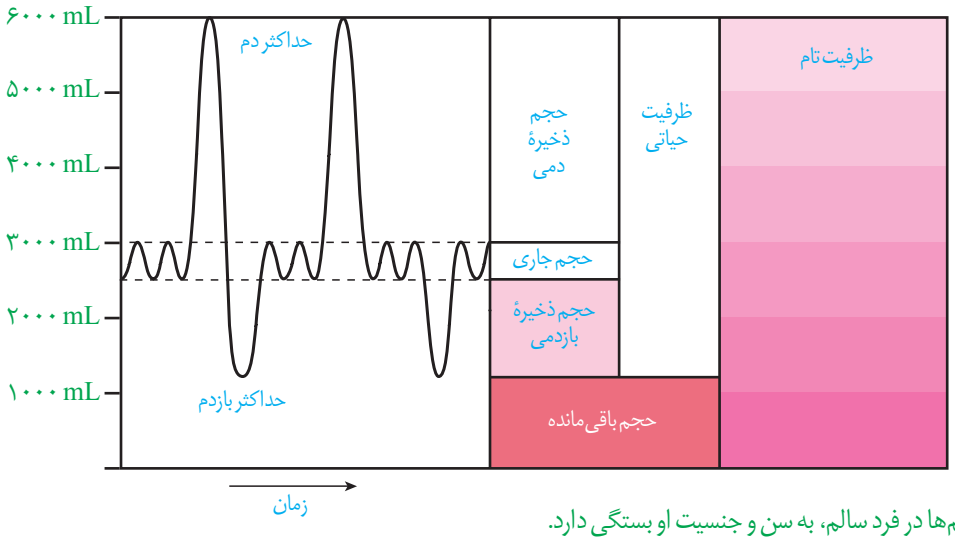
به مقدار هوایی که در یک دم عادی وارد یا در یک بازدم عادی خارج می‌شود **حجم جاری** می‌گویند. از حاصل ضرب حجم جاری در تعداد تنفس در دقیقه، **حجم تنفسی در دقیقه** به دست می‌آید.

اما می‌دانیم که با دم یا بازدم عمیق می‌توانیم مقدار بیشتری هوا را به شش‌ها وارد یا از آنها خارج کنیم. **حجم ذخیرهٔ دمی،** به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک دم معمولی، با یک دم عمیق، به شش‌ها وارد کرد. **حجم ذخیرهٔ بازدمی،** به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک بازدم معمولی، با یک بازدم عمیق از شش‌ها خارج کرد. حتی بعد از یک بازدم عمیق، مقداری هوا در شش‌ها باقی می‌ماند و نمی‌توان آن را خارج کرد. این مقدار را **حجم باقی‌مانده** می‌نامند. حجم باقی مانده، اهمیت زیادی دارد چون باعث می‌شود حبابک‌ها همیشه باز بمانند. همچنین تبادل گازها را در فاصلهٔ بین دو تنفس ممکن می‌سازد.

باید توجه کرد که بخشی از هوای دمی در بخش هادی دستگاه تنفس می‌ماند و به بخش مبادله‌ای نمی‌رسد. به این هوا که درحدود ۱۵۰ میلی لیتر است، **هوای مرده** می‌گویند.

ظرفیت‌های تنفسی

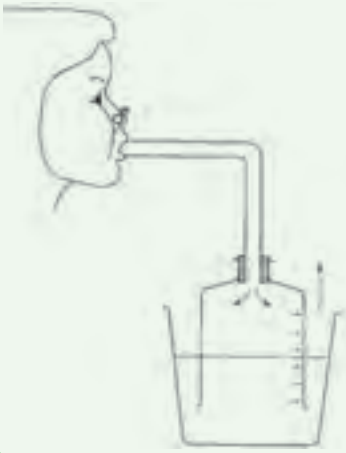
ظرفیت تنفسی، مجموع دو یا چند حجم تنفسی است. **ظرفیت حیاتی** مقدار هوایی است که پس از یک دم عمیق و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش ها خارج کرد و برابر با مجموع حجم‌های جاری، ذخیرهٔ دمی و ذخیرهٔ بازدمی است. **ظرفیت تام**، حداکثر مقدار هوایی است که شش ها می‌توانند در خود جای دهند و برابر است با مجموع ظرفیت حیاتی و حجم باقی‌مانده.



شکل ۱۵ــ دَم‌سنج و دَم‌نگاره. مقدار حجم‌ها در فرد سالم، به سن و جنسیت او بستگی دارد.

فعّالیت

ظرفیت شش های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می‌توانید گنجایش شش‌های خود و هم‌کلاسی‌هایتان را اندازه بگیرید. گنجایش ظرف وارونه، حداقل باید پنج لیتر باشد. در ابتدا، ظرف را تا گردن از آب پر و سپس در تشت وارونه کنید.

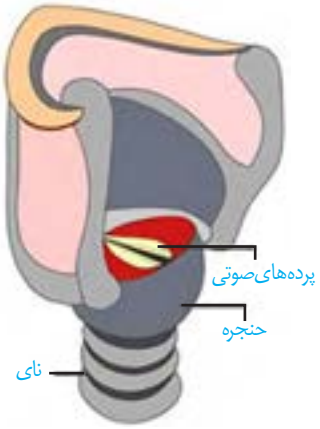


ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و بعد تا جایی که می‌توانید در لوله فوت کنید. هنگام فوت کردن بینی خود را بگیرید.

۱ــ آیا عددی که در اینجا نشان داده می‌شود، ظرفیت واقعی شش های شماست؟ دلیل بیاورید.

۲ــ چگونه می‌توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه بگیرید؟

سایر اعمال دستگاه تنفس



شکل ۱۶ــ پرده‌های صوتی در حنجره

تکلم: حنجره محل قرارگیری پرده‌های صوتی است (شکل ۱۶). این پرده‌ها حاصل چین‌خوردگی مخاط به سمت داخل‌اند. پرده‌های صوتی صدا را تولید می‌کنند. واژه‌سازی به وسیلهٔ لب‌ها و دهان (شامل زبان و دندان‌ها) صورت می‌گیرد. پرده‌های صوتی را هوای بازدمی به ارتعاش درمی‌آورد. تکلم تحت واپایش مراکز عصبی تکلم است.

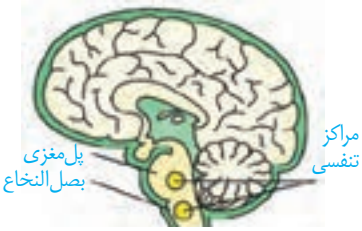
سرفه و عطسه: چنانچه ذرات خارجی یا گازهایی که ممکن است مضر یا نامطلوب باشند به مجاری تنفسی وارد شوند، باعث واکنش سرفه یا عطسه می‌شود؛ در این حالت هوا با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی و دهان (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می‌شود. در افرادی که دخانیات مصرف می‌کنند، به علت از بین رفتن یاخته های مژکدار مخاط تنفسی، سرفه راه مؤثرتری برای بیرون راندن مواد خارجی است و به همین علت این‌گونه افراد به سرفه‌های مکرر مبتلا هستند.

شکل ۱۷ــ عطسه یکی از سازوکارهای بیرون راندن مواد خارجی است.

تنظیم تنفس

دم، با انقباض ماهیچه‌های دیافراگم (میان‌بند) و بین دنده‌ای خارجی آغاز می‌شود. انقباض این ماهیچه‌ها، مثل انقباض هر ماهیچهٔ دیگر، به دستوری نیاز دارد که توسط یاخته‌های عصبی حرکتی به آنها می‌رسد. مرکز صادر کنندهٔ این دستور، یا مرکز تنفس، در بصل‌النخاع واقع است (شکل ۱۸). با پایان یافتن دم، بازدم به صورت غیرفعّال یعنی بدون نیاز به پیام عصبی، با بازگشت ماهیچه‌ها به حالت استراحت و نیز ویژگی کشسانی شش‌ها انجام می‌شود.

اما چه چیزی مدت زمان دم و لحظهٔ توقف آن را تعیین می‌کند؟ تنفس، مرکز دیگری هم دارد که در پل مغز، واقع است و با اثر بر مرکز تنفس در بصل‌النخاع، دم را خاتمه می‌دهد. مرکز تنفس در پل مغز می‌تواند مدت زمان دم را تنظیم کند.



شکل ۱۸ــ مراکز عصبی تنفس

عامل دیگری که در پایان دم مؤثر است، پیامی است که از شش‌ها ارسال می‌شود. اگر شش‌ها بیش‌از حد پر شوند، آنگاه ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ نایژه‌ها و نایژک‌ها بیش‌از حد کشیده می‌شوند که خطرناک است. در این صورت، از این ماهیچه‌ها پیامی توسط یاخته‌های عصبی حسی به مرکز تنفس در بصل‌النخاع ارسال می‌شود که بلافاصله ادامهٔ دم را متوقف می‌کند.

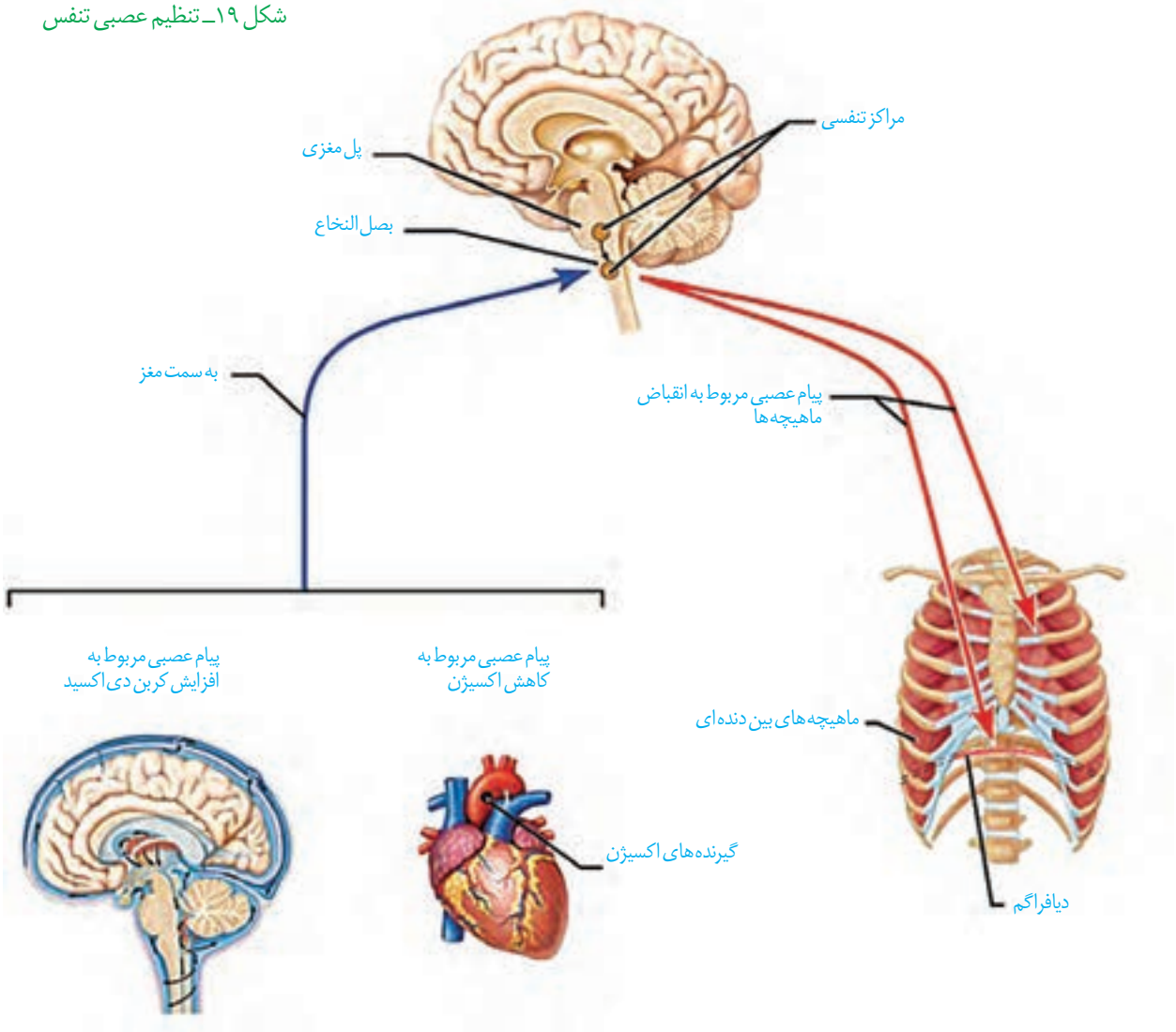
افزایش کربن‌دی اکسید و کاهش اکسیژن خون، از دیگر عوامل مؤثر در تنظیم تنفس‌اند.

افزایش کربن‌دی اکسید خون با اثر بر مرکز تنفس در بصل‌النخاع، آهنگ تنفس را افزایش می‌دهد.

در خارج از مغز، گیرنده‌هایی وجود دارند که به کاهش اکسیژن حساس‌اند. این گیرنده‌ها بیشتر در سرخرگ آئورت و سرخرگ‌های ناحیهٔ گردن که خون رسانی به سر و مغز را بر عهده دارند، واقع‌اند. چنانچه اکسیژن خون کاهش یابد، این گیرنده‌ها به بصل‌النخاع پیام عصبی ارسال می‌کنند.

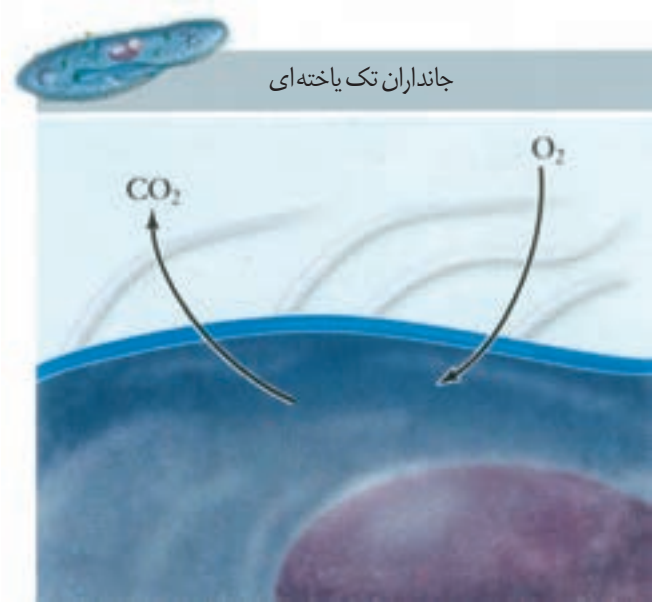
گرچه همهٔ یاخته‌های بدن برای زنده ماندن به اکسیژن نیاز دارند اما آنچه که محرک مهم‌تری برای نفس کشیدن به شمار می‌رود، نیاز بدن به دفع کربن دی‌اکسید است نه نیاز یاخته‌ها به اکسیژن. اکسیژن در صورت افت شدید و رسیدن به حد خطرناک، به عنوان محرک مهم‌تر تنفس عمل می‌کند.

شکل ۱۹ــ تنظیم عصبی تنفس



گفتار ۳ تنوع تبادلات گازی

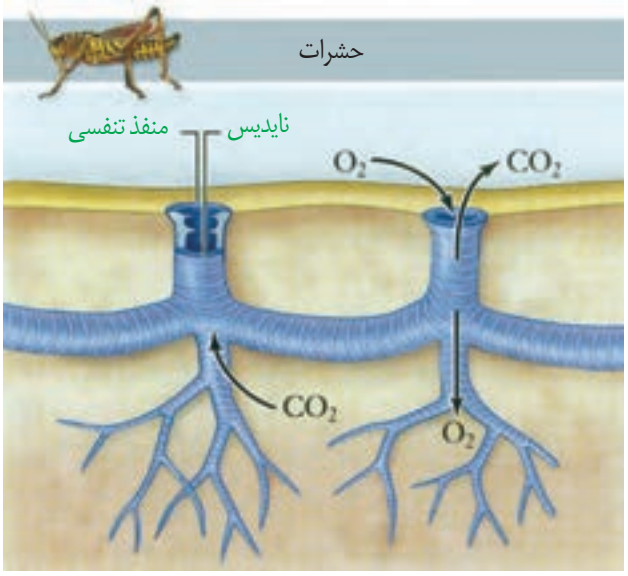
در تک‌سلولی‌ها (شکل ۲۰) و در جانورانی که همهٔ یاخته‌های بدن آنها به محیط بیرون دسترسی دارند مثل کرم پهن یا هیدر آب شیرین، گازها می‌توانند مستقیماً بین یاخته‌ها و محیط مبادله شوند. اما در سایر جانوران، ساختارهای تنفسی ویژه‌ای مشاهده می‌شود که ارتباط یاخته‌های بدن را با محیط فراهم می‌کنند. در این جانوران، چهار روش اصلی برای تنفس مشاهده می‌شود که عبارت‌اند از تنفس نایدیسی (تراشه‌ای)، تنفس پوستی، تنفس آبششی و تنفس ششی.



شکل ۲۰ـ تنفس از طریق انتشار در تک یاخته‌ای‌ها و هیدر

تنفس نایدیسی

نایدیس‌ها، لوله‌های منشعب و مرتبط به هم هستند که با کیتین مفروش شده‌اند (شکل ۲۱). نایدیس‌ها از طریق منافذ تنفسی سطح بدن، به خارج باز می‌شوند و معمولاً ساختاری جهت بستن منافذ دارند که مانع از هدر رفتن آب بدن می‌شود. منافذ تنفسی در ابتدای نایدیس قرار دارد. نایدیس به انشعابات کوچک‌تری تقسیم می‌شود. انشعابات پایانی، که در کنار تمام یاخته‌های بدن قرار می‌گیرند، بن‌بست بوده و فاقد کیتین اما دارای مایعی است که تبادلات گازی را ممکن می‌کند. چون متوسط فاصلهٔ یاخته‌ها از نایدیس‌های انتهایی، چند میکرون است، گازها بین نایدیس و یاخته‌های بدن از طریق انتشار مبادله می‌شوند. این نوع تنفس در بی‌مهرگان خشکی‌زی مانند حشرات و صدپایان وجود دارد. در این جانوران دستگاه گردش مواد، نقشی در انتقال گازهای تنفسی ندارد.



شکل ۲۱ـ تنفس نایدیسی

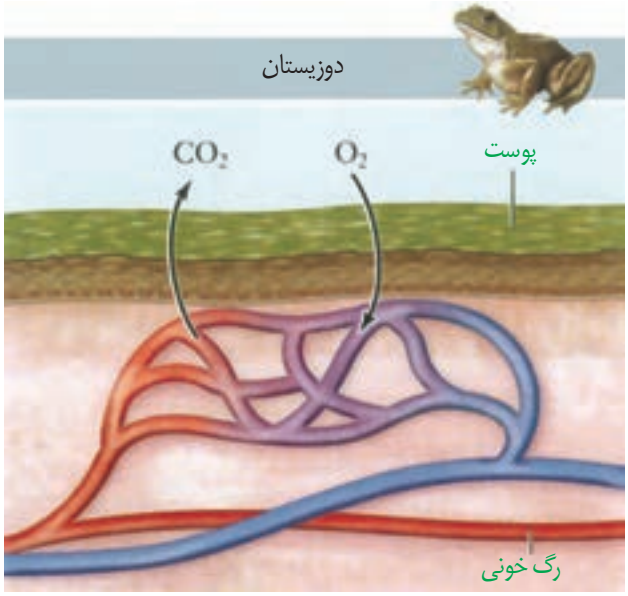
تنفس پوستی

بی‌مهرگانی نظیر کرم خاکی که در محیط‌های مرطوب زندگی می‌کنند از تبادلات پوستی استفاده می‌کنند. کرم خاکی دارای شبکهٔ مویرگی زیرپوستی با مویرگ‌های فراوان است و گازها را با هوای درون فضاهای خالی بین ذرات خاک، تبادل می‌کند.

برخی از مهره داران شش‌دار مانند لاک‌پشت‌های آبی، سمندرهای شش‌دار و مارهای آبی، برای

کمک به تبادلات گازی، تنفس پوستی نیز انجام می‌دهند.

در دوزیستان، بیشتر تبادلات گازی از طریق پوست است. پوست دوزیستان ساده‌ترین ساختار در اندام‌های تنفس مهره‌داران است. در قورباغه‌ها، شبکهٔ مویرگی یکنواخت و وسیعی در زیر پوست قرار دارد که تبادل گازها را با محیط آسان می‌کند (شکل ۲۲). مادهٔ مخاطی لغزنده که پوست دوزیستان را مرطوب نگه‌می‌دارد، به افزایش کارایی تنفس پوستی کمک می‌کند.

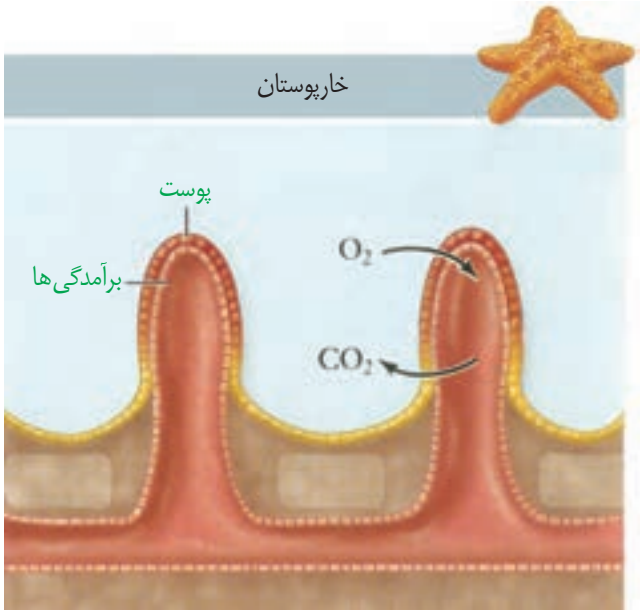


شکل ۲۲ــ تنفس پوستی

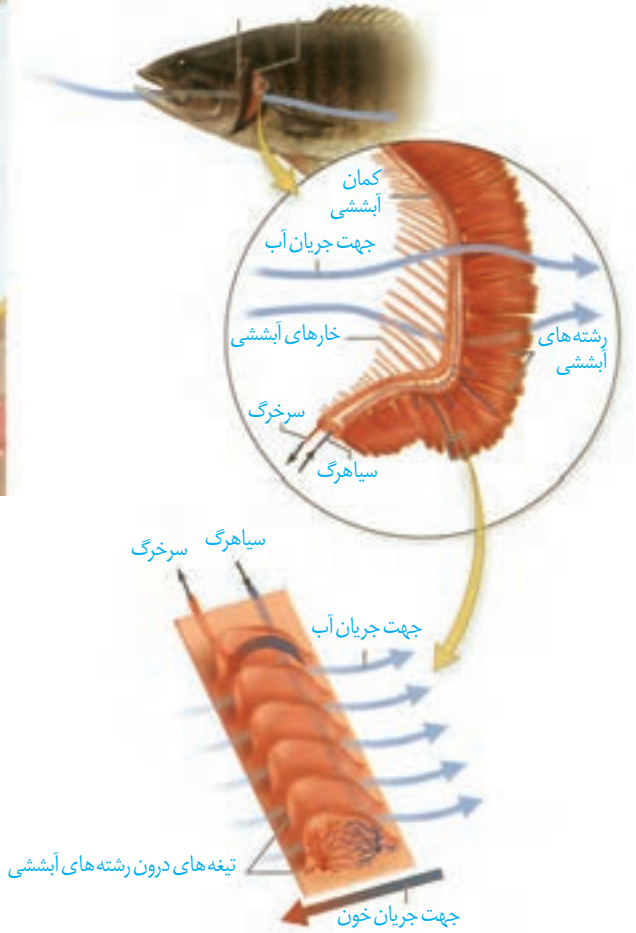
تنفس آبششی

ساده‌ترین آبشش‌ها، برجستگی‌های کوچک و پراکندهٔ پوستی هستند، مانند آبشش‌های ستارهٔ دریایی (شکل ۲۳). در سایر بی‌مهرگان، آبشش‌ها به نواحی خاص محدود می‌شوند.

لاروی برخی از ماهیان و تمام دوزیستان، دارای آبشش‌های خارجی بیرون زده از سطح بدن است. ماهیان بالغ دارای آبشش‌های داخلی هستند (شکل ۲۴). تبادل گاز از طریق سطوح آبشش‌های داخلی، بسیار کارآمد است. جهتِ حرکتِ خون در



شکل ۲۳ــ ساده‌ترین آبشش در ستارهٔ دریایی



شکل ۲۴ــ تنفس آبششی در ماهی. به تفاوت جهت حرکت آب و خون دقت کنید.

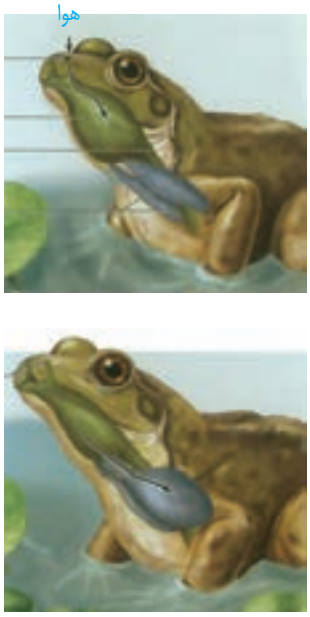
مویرگ‌ها، و عبور آب در طرفین تیغه‌های آبششی، برخلاف یکدیگر است.

تنفس ششی

نرم‌تنانی مانند حلزون و لیسه از بی‌مهرگان خشکی‌زی هستند که برای تنفس، از شش استفاده می‌کنند. در مهره‌داران خشکی‌زی، شش‌ها جایگزین آبشش‌ها شدند.

بیشتر جانوران سازوکارهایی دارند که باعث می‌شود جریان پیوسته‌ای از هوای تازه در مجاورت سطح تنفسی برقرار شود که به **سازوکارهای تهویه‌ای** شهرت دارند.

مهره‌داران دو نوع ساز و کار متفاوت در تهویه دارند. دوزیستان و بعضی خزندگان با **پمپ فشار مثبت**، هوا را به شش‌ها هدایت می‌کنند. مثلاً قورباغه به کمک عضلات دهان و حلق، با حرکتی شبیه «قورت دادن» هوا را با فشار به شش‌ها می‌راند (شکل ۲۵). پرندگان، پستانداران و بیشتر خزندگان، ساز و کار فشار منفی دارند که در آن، هوا به وسیلهٔ مکش حاصل از فشار منفی، به شش‌ها وارد می‌شود.

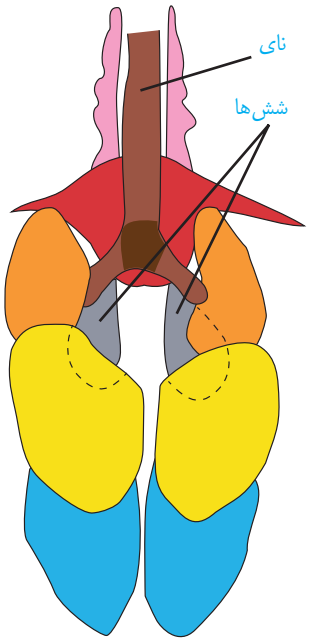


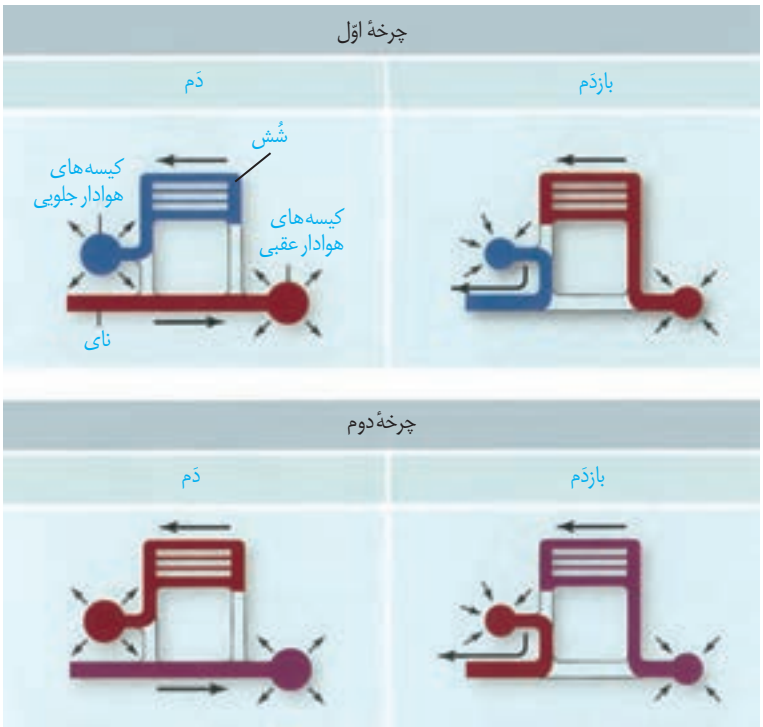
شکل ۲۵ــ پمپ فشار مثبت در قورباغه

پرندگان به علت پرواز، نسبت به سایر مهره داران انرژی بیشتری مصرف می کنند و بنابراین به اکسیژن بیشتری نیاز دارند. پرندگان علاوه بر شش دارای ساختارهایی به نام **کیسه‌های هوادار** هستند که کارایی تنفس آنها را نسبت به پستانداران افزایش می‌دهد (شکل ۲۶).

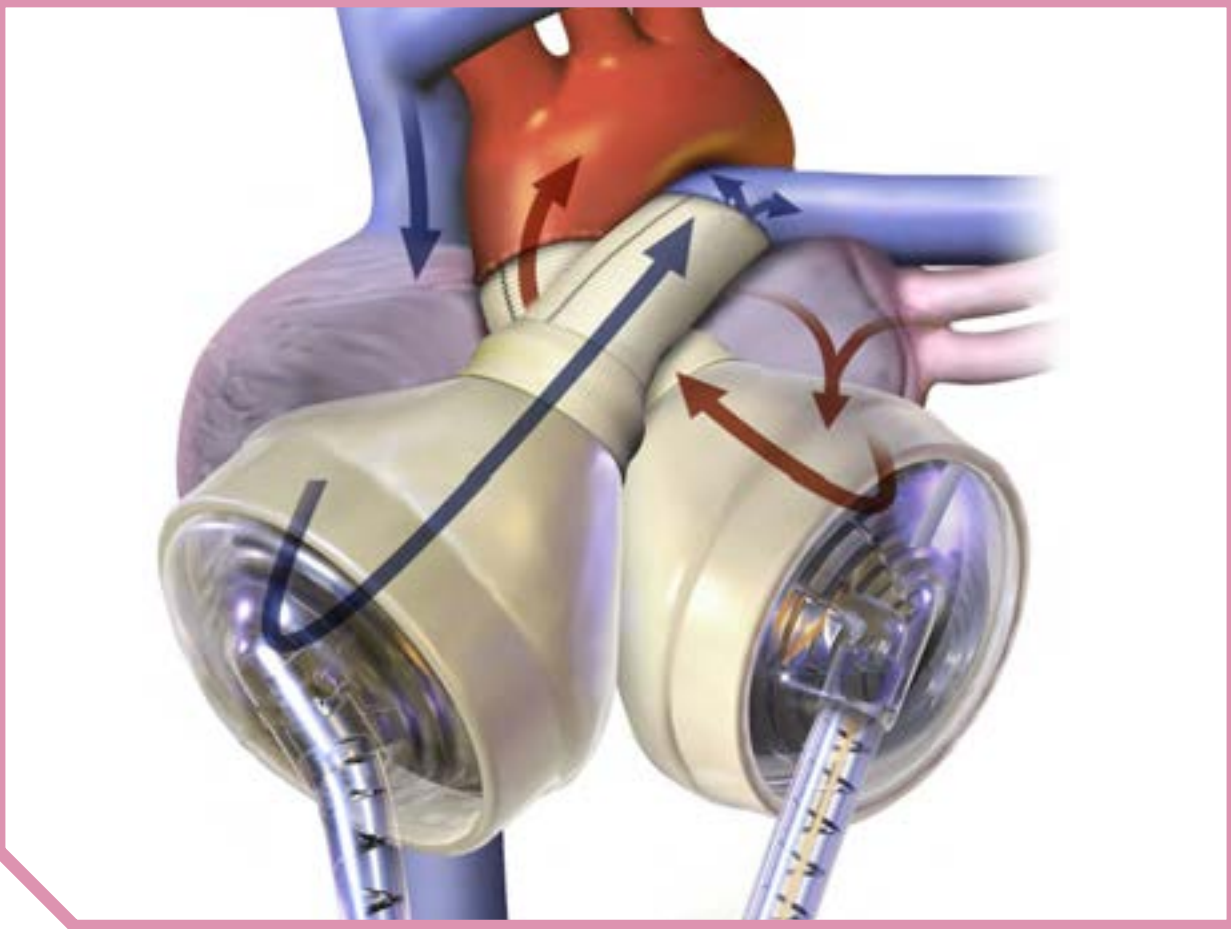
کیسه‌های هوادار در تمام حفرهٔ بدنی، دو طرف گردن و استخوان‌های بازو وجود دارند. این کیسه‌ها انعطاف‌پذیرند. بیشتر هوای دمیده شده، بدون عبور از شش‌ها، به کیسه‌های هوادار عقبی می‌رود و سپس با عبور از شش‌های لوله‌ای به کیسه‌های هوادار جلویی وارد می‌شود. سرانجام، هوا از کیسه‌های هوادار جلویی به نای، رانده و خارج می‌شود. این فرایند، نیازمند ۲ چرخهٔ تنفسی کامل (دم و بازدم) است (شکل ۲۷).

شکل ۲۶ــ کیسه های هوادار در پرندگان





شکل ۲۷ــ مراحل تنفس پرنده در طی ۲ چرخه



فصل ۴

گردش مواد در بدن

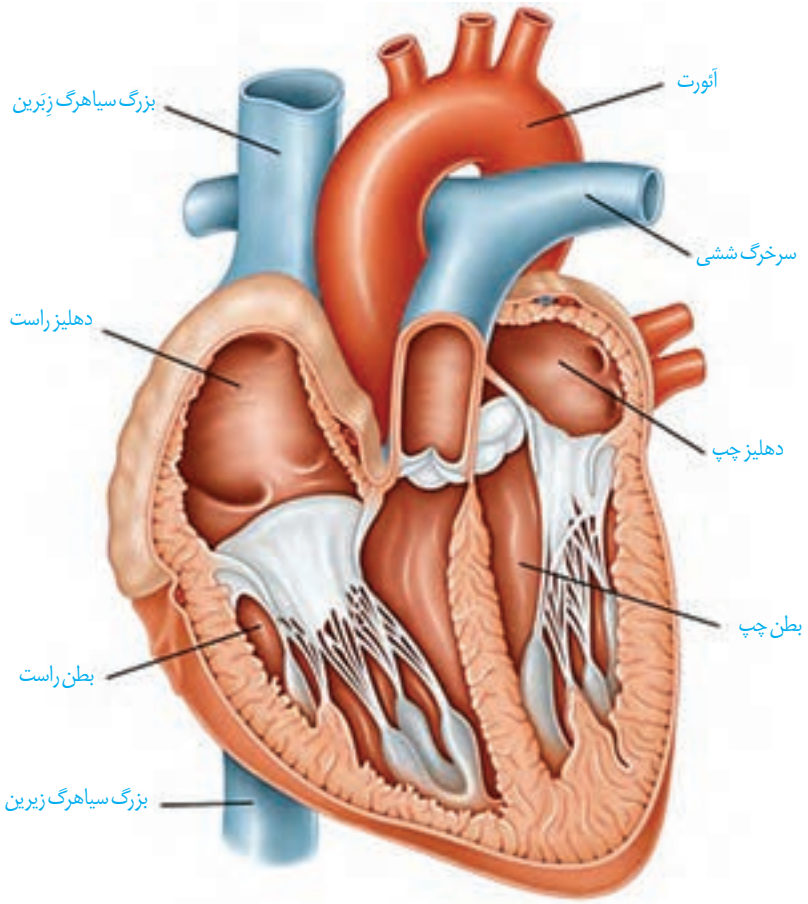
دومین عمل موفقیت‌آمیز پیوند قلب مصنوعی در ایران در سال ۱۳۹۴ در بیمارستان قلب شهید رجایی تهران انجام شد. این عمل روی مردی ۵۹ ساله انجام شد که سه بار سکته کرده و برون ده‌قلبی او به ۱۰ درصد رسیده بود.

بحث فشار خون و چگونگی اندازه‌گیری آن در بیشتر خانواده‌ها مطرح است. شاید شما هم این جملات را شنیده باشید: شخصی پس از مراجعه برای رگ‌نگاری (آنژیوگرافی)، متوجه شده است که چند تا از رگ‌های اکلیلی (کرونر) قلبش گرفته است و باید عمل کند. رفتم آزمایش خون دادم چربی خونم بالاست. خون بَهر (هماتوکریت) من طبیعی است.

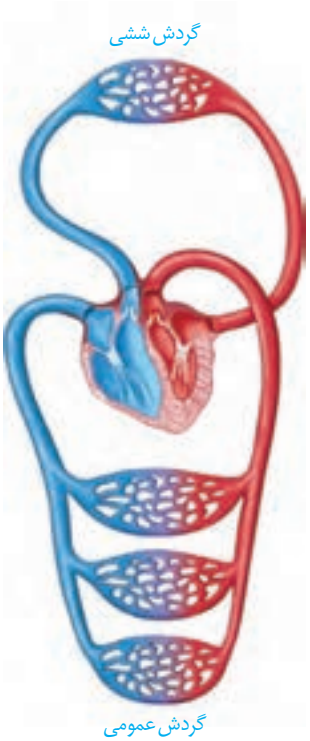
منظور از رگ‌نگاری، رگ‌های اکلیلی، قلب مصنوعی، برون ده قلب و... چیست؟ آیا همهٔ جانداران گردش خون دارند؟ گردش خون در انسان با بقیهٔ مهره داران چه تفاوتی دارد؟ در این فصل با آشنایی بیشتر با دستگاه گردش مواد در انسان و بعضی از جانداران، پاسخ بسیاری از پرسش‌ها را خواهید یافت.

گفتار ۱ قلب

در سال‌های گذشته آموختیدکه دستگاه گردش مواد در انسان، از قلب، رگ‌ها و خون تشکیل شده است. در شکل ۱، بخش‌های قلب و رگ‌های متصل به آن را می‌بینید.



شکل ۱ــ بخش‌های قلب و رگ‌های متصل به آن



شکل ۲ــ گردش خون عمومی و ششی

با گردش خون عمومی و ششی آشنا هستید. با توجه به شکل ۲، مسیر هر کدام را در بدن مشخص، و هدف دونوع گردش خون را با هم مقایسه کنید.

با توجه به آنچه قبلاً آموختید، در گروه‌های درسی خود در مورد پرسش‌های زیر با همدیگر گفت‌وگو کنید و پاسخ مناسبی برای آنها بیابید :

ــ هر کدام از دهلیزها خون را از کجا دریافت می‌کند؟

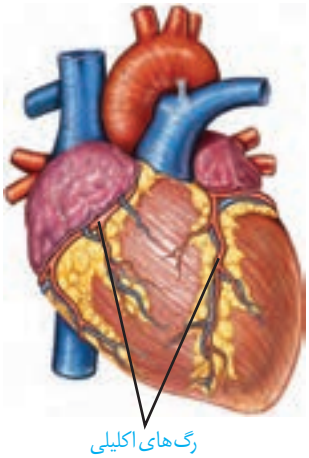
ــ هر کدام از بطن‌ها خون را به کجا می‌فرستد؟

ــ خونِ طرف چپ و راست قلب، با هم چه تفاوت‌هایی دارد؟

ــ ضخامت دیوارهٔ بطن‌های چپ و راست با هم متفاوت است؛ چرا؟

تأمین اکسیژن و مواد مغذی قلب

اگرچه خونی که از درون قلب عبور می‌کند، مواد مغذی و اکسیژن زیاد دارد ولی قلب نمی‌تواند با آن، نیازهای تنفسی و غذایی خود را برطرف کند. به همین دلیل ماهیچهٔ قلب با رگ‌های ویژه‌ای به نام **اکلیلی** که از سرخرگ آئورت انشعاب گرفته است، تغذیه می‌شود. این رگ‌ها پس از رفع نیاز یاخته‌های قلبی، با هم یکی می‌شوند و به‌صورت سیاهرگ به دهلیز راست متصل می‌شوند. بسته شدن این رگ‌ها توسط لخته یا سخت شدن دیوارهٔ آنها (تصلب شرایین)، ممکن است باعث سکته یا حملهٔ قلبی شود؛ چون در این حالت به بخشی از ماهیچهٔ قلب، اکسیژن نمی‌رسد و یاخته‌های آن می‌میرند (شکل ۳).

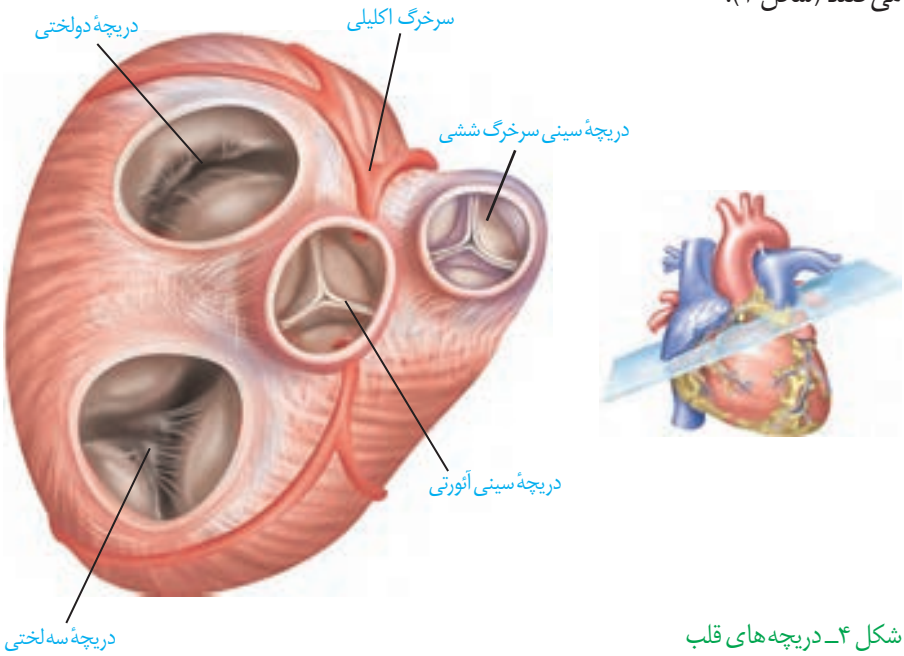


شکل ۳ــ رگ‌های اکلیلی قلب

دریچه‌های قلب

وجود دریچه‌ها در هر بخشی از دستگاه گردش مواد باعث یکطرفه شدن جریان خون در آن قسمت می‌شود. درساختار دریچه‌ها، بافت ماهیچه‌ای به‌کار نرفته بلکه همان بافت پوششی است که چین خورده است و دریچه‌ها را می‌سازد؛ البته وجود بافت پیوندی به استحکام آنها کمک می‌کند. ساختار خاصِ دریچه‌ها و تفاوت فشار در دو طرف آنها، باعث باز یا بسته شدن دریچه‌ها می‌شود.

بین دهلیز و بطن در هر طرف قلب، دریچه‌ای هست که در هنگام انقباض بطن؛ از بازگشت خون به دهلیز، جلوگیری می‌کند.دریچهٔ دهلیزی ــ بطنی چپ را میترال یا دولختی می‌گویند؛ چون از دو قطعهٔ آویخته تشکیل شده است، و در سمت راست قلب، دریچهٔ سه‌لختی قرار دارد. در ابتدای سرخرگ‌های خروجی از بطن‌ها، دریچه‌های سینی قرار دارند که از بازگشت خون به بطن جلوگیری می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴ــ دریچه‌های قلب

بیشتر بدانید

پژواک‌نگاری قلب (اکوکاردیوگرافی)

با استفاده از آن می‌توان نمایی از دیواره‌های قلبی، دریچه‌ها و ابتدای سرخرگ‌های بزرگ را به‌دست آورد.
در این روش، از امواج صوتی ساده استفاده می‌شود و هیچ‌گونه پرتو یا موج خطرناکی به فرد انتقال پیدا نمی‌کند. در نوع سادهٔ پژواک نگاری از زوایای مختلفِ قلب، تصویر یک بُعدی تهیه می‌شود. در پژواک نگاری دوبُعدی تصویر با جزئیات بیشتری مشخص می‌شود و برای اندازه‌گیری اندازهٔ قلب، اجزا و میزان کارایی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
پژواک نگاری دوپلر برای اندازه‌گیری سرعت جریان خون در داخل قلب و رگ‌های بزرگ، تصاویر رنگی (قرمز و آبی) ایجاد می‌کند که شاید بهترین و دقیق‌ترین روش در ارزیابی ناهنجاری‌های مادرزادی قلبی و اشکالات دریچه‌ای باشد.

صداهای قلب

اگر گوش خود را به سمت چپ قفسه سینهٔ کسی بچسبانید یا **گوشی پزشکی** را روی قفسه سینهٔ خود یا شخصی دیگر قرار دهید، صداهای قلب را می‌شنوید. صداهای قلب مربوط به بسته‌شدن دریچه‌ها است و از لحاظ پزشکی، نوع صدا و نظم آنها، بسیار معنی‌دار است.

قلب در حالت طبیعی دو نوع صدا دارد؛ **صدای اوّل (پووم) قوی، گنگ و طولانی‌تر** است و به بسته‌شدن دریچه‌های دولختی و سه لختی هنگام شروع انقباض بطن‌ها مربوط است. **صدای دوم (تاک) کوتاه‌تر و واضح** و به بسته‌شدن دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگ‌ها مربوط است که با شروع استراحت بطن، همراه است و زمانی شنیده می‌شود که خونِ واردشده به سرخرگ‌های آئورت و ششی، قصد برگشت به بطن‌ها را دارد و با بسته‌شدن دریچه‌های سینی، جلوی آن گرفته می‌شود. متخصصان با گوش دادن دقیق به صداهای قلب، از سالم بودن قلب آگاه می‌شوند .در برخی بیماری‌ها به‌ویژه اختلال در ساختار دریچه‌ها، بزرگ‌شدن قلب یا نقایص مادرزادی مثل کامل نشدن دیوارهٔ میانی حفره‌های قلب، ممکن است صداهای غیرعادی شنیده شود.

فعّالیت

تشریح قلب گوسفند

وسایل و مواد لازم: قلب سالم گوسفند، تشتک تشریح، قیچی، سوند شیاردار

الف) مشاهدهٔ شکل ظاهری: سطح پشتی، شکمی، چپ و راست قلب را مشخص کنید.

ضخامت دیوارهٔ قلب در بطن‌ها را با هم مقایسه کنید. چرا بطن چپ، دیوارهٔ قطورتری دارد؟

ــ رگ‌های اکلیلی را مشاهده و آنها را در جلو و عقب قلب، مقایسه کنید.

ــ در بالای قلب، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها قابل مشاهده‌اند. دیوارهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها را با هم مقایسه کنید.

ــ با واردکردن گُمانه (سوند) یا مداد به داخل رگ‌ها و اینکه به کجا می‌روند، می‌توان آنها را از یکدیگر تمیز داد.

ب) مشاهدهٔ بخش‌های درونی قلب

ــ گمانه شیاردار را از دهانهٔ سرخرگ ششی به بطن راست وارد کنید. دیوارهٔ سرخرگ و بطن را در امتداد سوند، با قیچی ببرید. با بازکردن آن، دریچهٔ سینی، سه‌لختی، برآمدگی‌های ماهیچه‌ای و طناب‌های ارتجاعی را می‌توان دید.

ــ به همین روش، سرخرگ آئورت و بطن چپ را شکاف دهید و جزئیات بطن چپ را مشاهده کنید.

ــ در ابتدای سرخرگ آئورت، بالای دریچهٔ سینی، می‌توانید دو مدخل سرخرگ‌های اکلیلی را ببینید.

سطح شکمی قلب

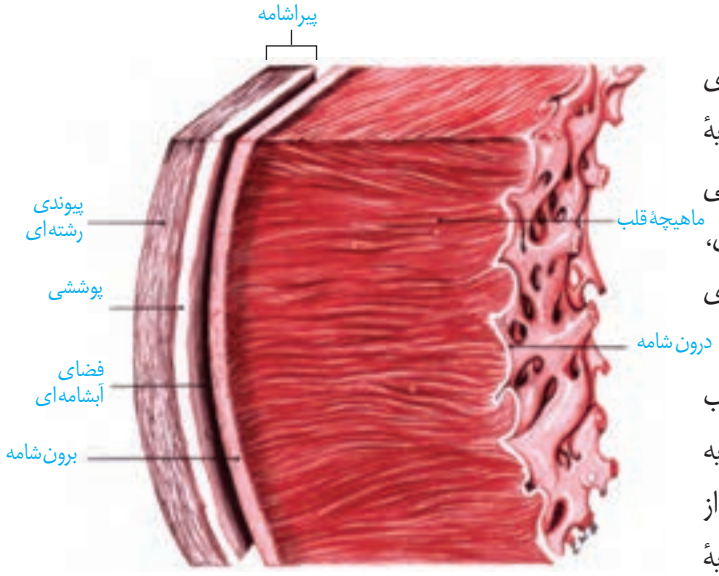
سطح پشتی قلب

ـ با عبور دادن گمانه از میان دریچه‌های دولختی و سه‌لختی به سمت بالا و بریدن دیواره در مسیر سوند، می‌توانید دیوارهٔ داخلی دهلیزها و سیاهرگ‌های متصل به آنها را بهتر ببینید.

به دهلیز چپ، چهار سیاهرگ ششی و به دهلیز راست، سیاهرگ‌های زبرین، زیرین و سیاهرگ اکلیلی وارد می‌شود. اگر رگ‌های قلب از ته بریده نشده باشد، با گمانه به راحتی می‌توان آنها را تشخیص داد.

ساختار بافتی قلب

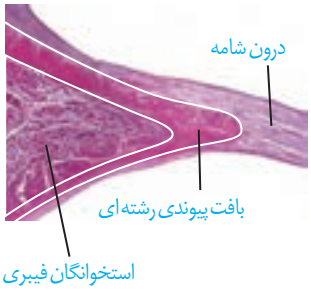
قلب، اندامی است ماهیچه‌ای که درون کیسه ای محافظت‌کننده به نام پیراشامه **(پریکارد)** قرار گرفته است. لایهٔ خارجی این کیسه، از بافت پیوندی رشته‌ای و بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده تشکیل شده است. بافت پیوندی رشته‌ای، از جمله بافت‌های محافظت‌کننده است که در آن، رشته‌های پروتئینی زیادی وجود دارد (شکل ۵).



شکل ۵ـ ساختار بافتی قلب

لایهٔ داخلی این کیسه که دقیقاً به بافت ماهیچه‌ای قلب چسبیده است، برون‌شامه **(اپی‌کارد)** نامیده می‌شود. در این لایه نیز بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده وجود دارد که توسط لایه‌ای از بافت پیوندی، پشتیبانی می‌شود. رگ‌ها و اعصاب قلب در این لایهٔ پیوندی قرار دارند و بافت چربی که عموماً قلب را احاطه می‌کند نیز در این لایه، تجمع می‌یابد. بین پیراشامه و برون‌شامه فضایی هست که با مایعی آبکی **(مایع آبشامه‌ای)** پر شده است. این مایع نیز ضمن محافظت از قلب، به حرکت روان قلب درون حفره کمک می‌کند.

ضخیم‌ترین لایهٔ دیوارهٔ قلب، ماهیچهٔ قلب **(میوکارد)** است که عمدتاً از یاخته‌های بافت ماهیچه‌ای قلبی تشکیل شده است. بین این یاخته‌ها، مقداری بافت پیوندی متراکم به نام استخوانگان (اسکلت) فیبری قرار دارد. این بافت، رشته‌های کلاژن ضخیمی دارد که در جهات مختلف قرار گرفته و بسیاری از یاخته‌های ماهیچه‌ای به آنها چسبیده‌اند. در ضمن، استخوانگان فیبری باعث استحکام دریچه‌های قلبی می‌شود. رشته‌های عصبی نیز در بین این یاخته‌ها پخش شده‌اند.



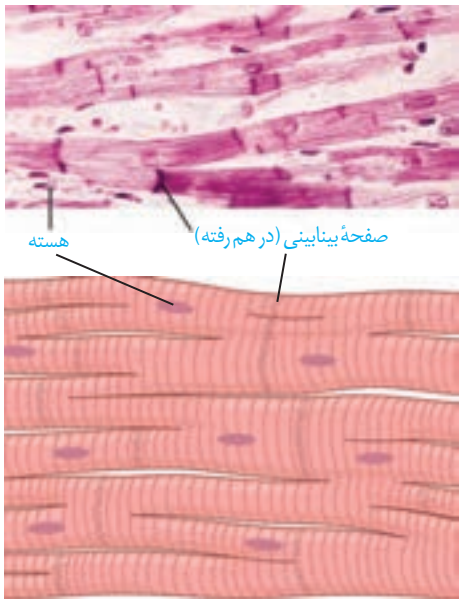
شکل ۶ـ ساختار بافتی دریچه‌های قلب

سطح داخلی حفره‌های قلبی توسط لایه‌ای نازک از بافت پوششی سنگ فرشی ساده؛ به نام درون‌شامه **(آندوکارد)** پوشیده شده است. این لایه در تشکیل دریچه‌های قلب نیز شرکت می‌کند. دریچه‌های قلبی از یک قسمت مرکزی از جنس بافت پیوندی رشته‌ای متراکم تشکیل شده و در دو طرف با درون شامه پوشیده شده‌اند. دریچه‌ها در قاعده به استخوانگان فیبری قلب، متصل شده‌اند.

ساختار ماهیچهٔ قلب

همان‌طور که قبلاً خوانده‌اید، سه نوع بافت ماهیچه‌ای داریم اسکلتی، صاف و قلبی. ماهیچهٔ قلبی،

ترکیبی از ویژگی‌های ماهیچهٔ اسکلتی و صاف دارد. همانند ماهیچهٔ اسکلتی، دارای ظاهری مخطط است که در آن واحدهای انقباضی به‌طور منظم کنار هم قرار گرفته‌اند و انقباض آنها در مجموع، باعث انقباض ماهیچه می‌شود. از طرف دیگر همانند یاخته‌های ماهیچهٔ صاف، به‌طور غیرارادی منقبض شده و یاخته‌های منفرد آن نسبتاً کوچک هستند و عموماً یک یا دو هسته دارند. یکی از ویژگی‌های یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب ارتباط آنها از طریق **صفحات بینابینی** (در هم رفته) است. نوع ارتباط یاخته‌ای در این صفحات باعث می‌شود پیام انقباض و استراحت به سرعت بین یاخته‌های ماهیچهٔ قلب منتشر شود و قلب در انقباض و استراحت مانند یک تودهٔ یاخته‌ای واحد عمل کند(شکل ۷). البته در محل ارتباط ماهیچهٔ دهلیزها به ماهیچهٔ بطن‌ها، بافت پیوندی عایقی وجود دارد؛ به‌طوری که انتشار تحریک از دهلیزها به بطن‌ها فقط از طریق شبکهٔ هادی قلب انجام می‌شود.

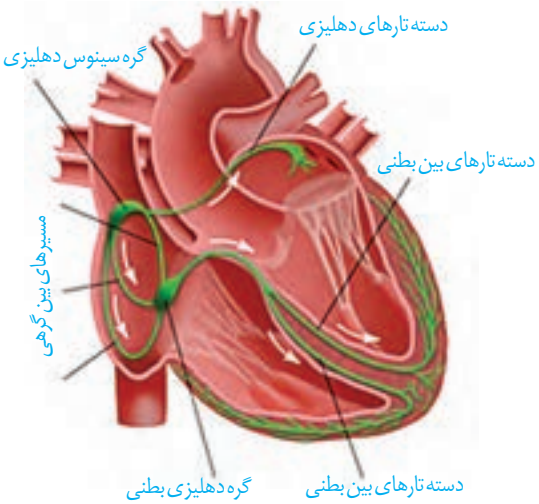


شکل ۷ ــ ساختار ماهیچهٔ قلب و ارتباط‌های یاخته‌ای آن

شبکهٔ هادی قلب

تقریباً یک درصد یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی ویژگی‌هایی دارند که آنها را برای تحریک طبیعی قلب، اختصاصی کرده است. این یاخته‌ها به صورت شبکه‌ای از رشته‌ها و گره‌ها در بین یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی گسترده شده‌اند و به مجموعهٔ آنها، شبکهٔ هادی قلب گفته می‌شود. یاخته‌های این شبکه با دیگر یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی، ارتباط دارند. این شبکه، شروع‌کنندهٔ ضربان است و جریان الکتریکی را در سراسر قلب به سرعت گسترش می‌دهد.

شبکهٔ هادی قلب شامل دو گره و دسته‌هایی از تارهای تخصص یافته برای هدایت سریع جریان الکتریکی است. گره اوّل یا **گره سینوس دهلیزی** در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست و زیر منفذ بزرگ سیاهرگ بالایی قرار دارد. این گره بزرگ‌تر است و شروع‌کنندهٔ تکانه‌های قلبی است، به همین دلیل به آن **پیشاهنگ** یا **ضربان‌ساز** می‌گویند. گره دوم یا **گره دهلیزی بطنی** در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست، بلافاصله در عقب دریچهٔ سه لختی است . ارتباط بین این دو گره از طریق **مسیرهای بین گرهی** انجام می‌شود این مسیرها شامل دسته‌ای از تارهای ماهیچه‌ای خاص هستند که با همدیگر ارتباط یاخته‌ای تنگاتنگی دارند و می‌توانند با سرعت، جریان الکتریکی ایجاد شده در گره پیشاهنگ را به گره دوم منتقل کنند. پس از گره دهلیزی بطنی، تارهای ماهیچه‌ای خاص در دیوارهٔ بین دو بطن، دسته‌های قطورتری را ایجاد می‌کنند که سرعت هدایت بسیار بالایی دارند. این دسته تارها از دیوارهٔ بین دو بطن عبور می‌کند و با دوشاخه شدن، به سمت پایین و تا نوک قلب ادامه پیدا می‌کنند، سپس دور تا دور بطن‌ها تا لایه عایق بین بطن‌ها و دهلیزها را احاطه، و در طی مسیر، به درون دیوارهٔ بطن‌ها گسترش پیدا می‌کنند (شکل ۸).



شکل ۸ ــ شبکهٔ هادی قلب

فعّالیت

با توجه به شکل بافت گرهی در قلب، اهمیت دو مورد زیر را در کار قلب توضیح دهید:

۱ــ فرستادن پیام از گره دهلیزی بطنی به درون بطن، با فاصلهٔ زمانی انجام می‌شود.

۲ــ انقباض بطن‌ها از قسمت پایین آنها شروع می‌شود و به سمت بالا ادامه می‌یابد.

چرخهٔ ضربان قلب

قلب در هر ثانیه، تقریباً یک ضربان دارد و ممکن است در یک فرد با عمر متوسط در طول عمر، نزدیک به سه میلیارد بار منقبض شود، بدون اینکه مانند ماهیچه‌های اسکلتی بتواند استراحتی پیوسته داشته باشد.

استراحت (**دیاستول**) و انقباض (**سیستول**) قلب را، که به طورمتناوب انجام می‌شود، **چرخه** یا **دورهٔ قلبی** می‌گویند. در طی هر چرخه، قلب با خون سیاهرگ‌ها به طور غیرفعّال پر، و سپس به‌طور فعّال، منقبض می‌شود و خون را به سراسر بدن می‌فرستد. در هر چرخه، این مراحل دیده می‌شود (شکل ۸).

۱ــ انبساط قلب (استراحت عمومی): تمام قلب در حال استراحت است. خون بزرگ سیاهرگ‌ها وارد دهلیز راست و خون سیاهرگ‌های ششی به دهلیز چپ وارد می‌شود. زمان: حدود ۰/۴ ثانیه

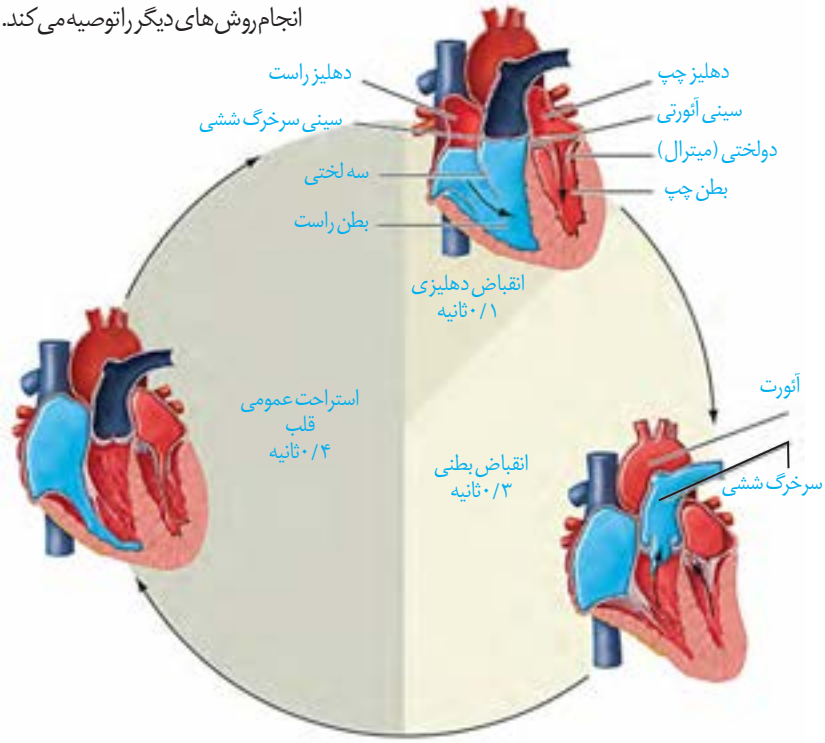
۲ــ انقباض دهلیزی: بسیار زودگذر است و انقباض دهلیزها صورت می‌گیرد و با انجام آن، بطن‌ها به طور کامل با خون پر می‌شوند. زمان: حدود ۰/۱ ثانیه

۳ــ انقباض بطنی: انقباض بطن‌ها صورت می‌گیرد و خون از طریق سرخرگ‌ها به همهٔ قسمت‌های بدن ارسال می‌شود. زمان: حدود ۰/۳ ثانیه

بیشتر بدانید

آزمون ورزش (تست ورزش)

یکی از راه‌های بررسی عملکرد قلب آزمون ورزش است. در این روش فعّالیت راه رفتن و یا دویدن بر روی یک نقالهٔ متحرک، شبیه‌سازی می‌شود. فشارخون و نوار قلب فرد را در این حالت اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند. پزشک متخصص با بررسی و تفسیر نتایج به سالم بودن قلب یا وجود تنگی در رگ‌های اکلیلی قلب پی می‌برد و یا انجام روش‌های دیگر را توصیه می‌کند.



شکل ۹ ــ مراحل چرخهٔ ضربان قلب

فعّالیت

با توجه به چرخهٔ ضربان قلب، به موارد زیر پاسخ دهید:

الف) در هر مرحله از چرخهٔ قلبی، وضعیت دریچه‌های قلبی را بررسی، و باز یا بسته‌بودن آنها را مشخص کنید.

ب) با توجه به زمان‌های مشخص‌شده در چرخهٔ قلبی، تعداد ضربان طبیعی قلب را در دقیقه محاسبه کنید.

پ) در جدول زیر، فشارخون در قسمت‌های مختلف، پس از گذشت زمان‌هایی نشان داده شده است. با توجه به جدول، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

زمان(S)	فشار خون (mm/Hg)		
	دهلیز چپ	بطن چپ	آئورت
۰/۰	۰/۵	۰/۴	۱۰/۶
۰/۱	۱/۲	۰/۷	۱۰/۶
۰/۲	۰/۳	۶/۷	۱۰/۶
۰/۳	۰/۴	۱۷/۳	۱۶/۰
۰/۴	۰/۸	۸/۰	۱۲/۰

۱ــ در چه زمانی خون به درون آئورت جریان پیدا می‌کند؟

۲ــ بین چه زمان‌هایی دریچه‌های دهلیزی بطنی بسته هستند؟

۳ــ در فاصلهٔ چه زمان‌هایی هر دو دریچهٔ سینی و دولختی بسته هستند؟

برون‌ده قلبی

حجمِ خونی که در هرانقباض بطنی از یک بطن خارج، و وارد سرخرگ می‌شود، **حجم ضربه‌ای** نامیده می‌شود. اگر این مقدار را در تعداد ضربان قلب در دقیقه ضرب کنیم، **برون‌ده قلبی** به‌دست می‌آید. برون‌ده قلبی متناسب با سطح فعّالیت بدن تغییر می‌کند و عواملی مانند سوخت‌وساز پایهٔ بدن، مقدار فعّالیت بدنی، سن و اندازهٔ بدن در آن مؤثر است. میانگین برون‌ده قلبی در بالغان در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است.

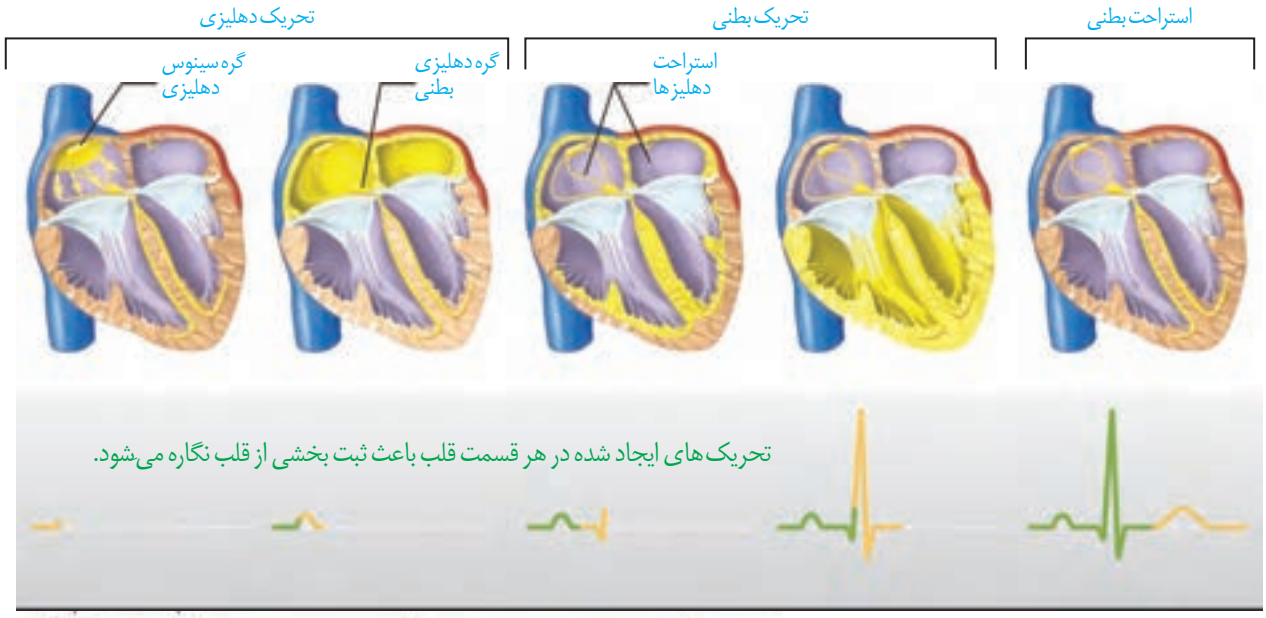
فعّالیت

گفتیم که برون‌ده قلبی در بالغان، در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است. با توجه به تعداد ضربان قلب در دقیقه، حجم ضربه ای را برحسب میلی لیتر محاسبه کنید.

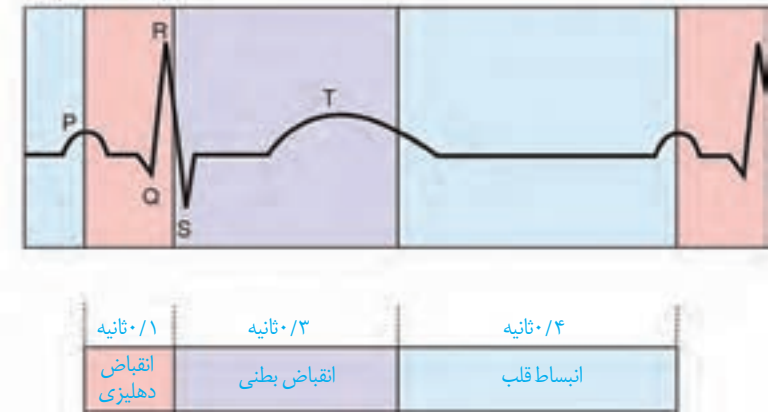
الکتروقلب‌نگاری (الکتروکاردیوگرافی) یا نوار قلب چه می‌گوید؟

شاید تا به حال نوار قلب کسی را دیده باشید. منحنی‌های رسم شده در آن، نشانگر چیست؟

یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی در هنگام چرخهٔ ضربان قلب، پیام‌های الکتریکی را بروز می‌دهند. به‌دلیل اینکه تعداد زیادی از یاخته‌ها در این فرایند شرکت می‌کنند پیام‌های الکتریکی به اندازهٔ کافی قوی است



و می‌توان اثر آنها را در سطح پوست نیز دریافت کرد. این نشانه‌ها را می‌توان به صورت منحنی به‌نام **الکترو قلب‌نگاره (الکتروکاردیوگرام ECG)** ثبت کرد. دستگاه ثبت‌کننده این منحنی **الکترو قلب‌نگاره (الکتروکاردیوگراف)** نام دارد که الکترودهای آن را در قسمت‌های مختلف بدن روی پوست قرار می‌دهند. «ECG» همان نوار قلب است که روی کاغذ یا صفحهٔ حساس نمایشگر، نشان داده می‌شود و شامل ۳ موج «P»، «QRS» و «T» است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ــ منحنی قلب نگاره

وقتی گره ضربان‌ساز (پیشاهنگ) به‌طور خودکار، پیام الکتریکی را به یاخته‌های ماهیچه‌ای دهلیزها می‌فرستد، این پیام توسط دستگاه به‌صورت منحنی «P» ثبت می‌شود. در قلّهٔ منحنی، انقباض دهلیزها آغاز می‌شود. پیام، پس از رسیدن به گره دهلیزی بطنی به‌طور هم‌زمان به تعداد زیادی از یاخته‌های دیوارهٔ بطن می‌رسد که دستگاه، آن را به‌صورت موج «QRS» ثبت می‌کند و همین پیام، بطن‌ها را منقبض می‌کند. در هنگام به استراحت رفتن بطن‌ها نیز، پیام الکتریکی از یاخته‌ها خارج می‌شود که باعث ثبت موج «T» در دستگاه می‌شود.

بررسی الکتروقلب‌نگاره از نظر شکل، ارتفاع و فاصلهٔ منحنی‌ها می‌تواند به متخصصان کمک کند تا وضعیت سلامت قلب را مشخص کنند؛ مثلاً افزایش ارتفاع «QRS» ممکن است نشانهٔ بزرگ شدن قلب در اثر فشار خون مزمن یا تنگی دریچه‌ها باشد. کاهش ارتفاع «QRS» نیز ممکن است نشانهٔ سکتهٔ قلبی یا آنفارکتوس باشد. افزایش یا کاهش فاصلهٔ منحنی‌ها ممکن است نشانهٔ اشکال در بافت هادی قلب، اشکال در خون‌رسانی رگ‌های اکلیلی و یا آسیب به بافت قلب در اثر حملهٔ قلبی باشد.

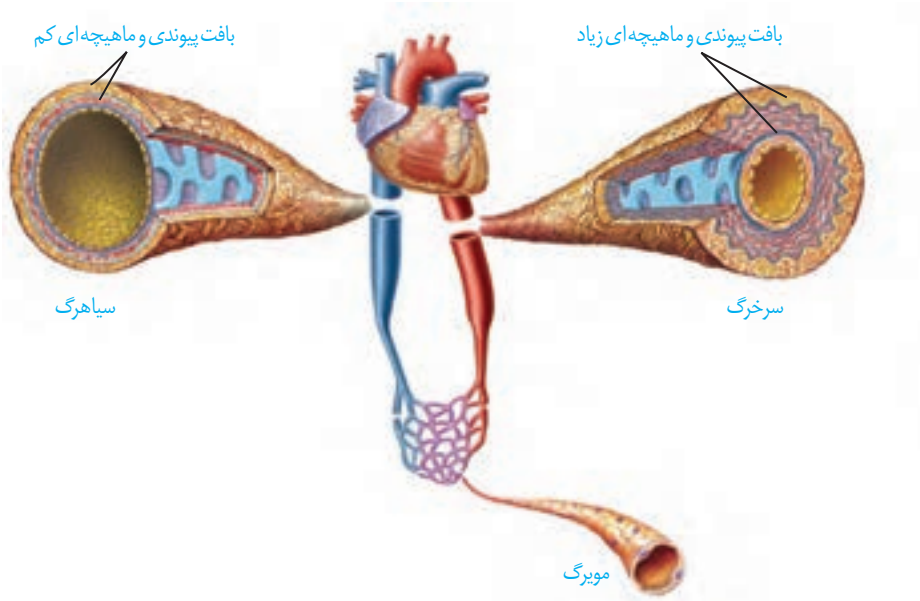
بیشتر بدانید

اسکن قلب

این روش برای تشخیص خون‌رسانی سرخرگ‌های اکلیلی قلب در دو حالت همراه با آزمون ورزش و استراحت انجام می‌شود. فرد مدتی بر روی نقالهٔ متحرک می‌دود، سپس یک رادیودارو به یکی از سیاهرگ‌های او تزریق می‌شود. دستگاه آشکارساز پرتوهای حاصل از رادیو دارو را به‌صورت تصاویر رنگی ثبت می‌کند. در مرحلهٔ دوم، بدون انجام ورزش به بیمار رادیودارو تزریق و تصویربرداری انجام می‌شود. تصویرهای دو مرحله را مقایسه و تفسیر می‌کنند. در این روش، آسیب‌های قلبی و تنگی موجود در رگ‌های آن مشخص می‌شوند.

گفتار ۲ رگ‌های خونی

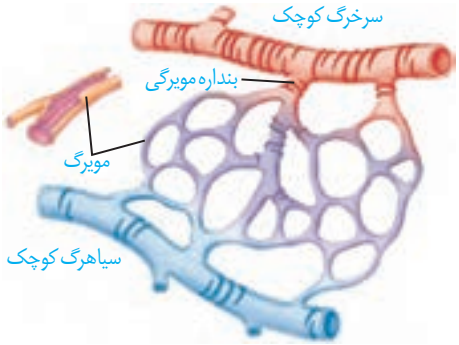
در دستگاه گردش خون، سه نوع رگ در شبکه‌ای مرتبط به هم وجود دارد. این شبکه، که از قلب شروع می‌شود و پس از عبور از بافت‌ها به قلب باز می‌گردد، از **سرخرگ‌ها، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها** تشکیل شده است. ساختار هر یک از این رگ‌ها متناسب با کاری است که انجام می‌دهد. دیوارهٔ همهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از سه لایهٔ اصلی تشکیل شده است (شکل ۱۱). لایهٔ داخلی آنها بافت پوششی سنگ‌فرشی است که در زیر آن، غشای پایه قرار گرفته است. لایهٔ میانی آن، ماهیچه‌ای صاف است که همراه این لایه رشته‌های کشسان (الاستیک) زیادی وجود دارد. آخرین لایه نیز، بافت پیوندی دیگری است که لایهٔ خارجی آنها را می‌سازد.



شکل ۱۱ــ مقایسهٔ انواع رگ‌های خونی و ساختار آنها

اگرچه ساختار پایه‌ای سرخرگ‌ها با سیاهرگ‌ها شباهت دارد، ضخامت لایهٔ ماهیچه‌ای و پیوندی در سرخرگ‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر است تا بتوانند فشار زیاد واردشده از سوی قلب را تحمل و هدایت کنند. به همین دلیل سرخرگ‌ها در برش عرضی، بیشتر گِرد دیده می‌شوند، در حالی که سیاهرگ‌های هم‌اندازهٔ آنها، دیواره‌ای نازک‌تر دارند و حفرهٔ داخل آنها گسترده‌تر و بیشتر است. درعین‌حال، بسیاری از سیاهرگ‌ها دریچه‌هایی دارند که جهت حرکت خون را یک‌طرفه می‌کنند.

مویرگ‌ها فقط یک لایهٔ بافت پوششی همراه با غشای پایه دارند. این ساختار با وظیفهٔ آنها که تبادل مواد بین خون و آب میان‌بافتی است، هماهنگی دارد. در دیوارهٔ مویرگ‌ها لایهٔ ماهیچه‌ای نیست ولی در ابتدای بعضی از آنها از جمله مویرگ‌های روده، حلقه‌ای ماهیچه‌ای هست که میزان جریان خون در آنها را تنظیم می‌کند و به آن **بنداره مویرگی** گویند. اگرچه تنظیم اصلی جریان خون در مویرگ‌ها بر اساس



شکل ۱۲ــ ساختار مویرگ و بنداره مویرگی

نیاز بافت به اکسیژن و مواد مغذی با انقباض و انبساط سرخرگ‌های کوچک انجام می‌شود که قبل از مویرگ‌ها قرار دارند (شکل ۱۲).

سرخرگ‌ها

همان‌طور که می‌دانید سرخرگ‌ها خون را از قلب خارج می‌کنند و به بافت‌های بدن می‌رسانند. علاوه بر این باعث حفظ پیوستگی جریان خون و هدایت آن در همین رگ‌ها می‌شوند. دیوارهٔ سرخرگ از ماهیچه‌های صاف و بافت‌های کشسان ساخته شده است. وقتی بطن منقبض می‌شود، ناگهان مقدار زیادی خون از آن به درون سرخرگ پمپ می‌شود. سرخرگ‌ها در این حالت گشاد می‌شوند تا خونِ رانده شده از بطن را در خود جای دهند. در هنگام استراحت بطن یعنی وقتی که دیگر خونی از قلب خارج نمی‌شود، دیوارهٔ کشسان سرخرگ‌ها جمع می‌شود و خون را با فشار به جلو می‌راند. این فشار باعث هدایت خون در رگ‌ها و جلوگیری از منقطع شدن حرکت خون در هنگام استراحت قلب می‌شود. تغییر حجم سرخرگ، به دنبال هر انقباض بطن، به‌صورت موجی در طول سرخرگ‌ها پیش می‌رود و به صورت **نبض** احساس می‌شود.

در سرخرگ‌های کوچک‌تر، میزان لایهٔ کشسان، کمتر و ضخامت لایهٔ ماهیچه‌ای صاف، بیشتر است. این ساختار باعث می‌شود با ورود خون، قطر این رگ‌ها تغییر زیادی نکند و با وجود دهانهٔ باریک، در برابر جریان خون مقاومت کنند. میزان این مقاومت در زمان انقباض ماهیچهٔ صاف دیواره، بیشتر و در هنگام استراحت، کمتر می‌شود. کم و زیاد شدن این مقاومت، میزان ورود خون به مویرگ‌ها را تنظیم می‌کند.

فشار خون: بیشتر سرخرگ‌های بدن در قسمت‌های عمقی هر اندام قرار گرفته‌اند، در حالی که سیاهرگ‌ها بیشتر در سطح قرار دارند. به نظر شما علت چیست؟

می‌دانید فشار خون، نیرویی است که از سوی خون بر دیوارهٔ رگ وارد می‌شود و ناشی از انقباض دیوارهٔ بطن‌ها یا سرخرگ‌ها است. اگر سرخرگی در بدن بریده شود، خون با سرعت زیاد از آن بیرون خواهد ریخت و بسیار خطرناک است. این خونریزی، ناشی از فشار خون زیاد درون سرخرگ است. چنین فشاری برای کار طبیعی دستگاه گردش خون لازم است.

بیشتر بدانید

رگ نگاری (آنژیوگرافی)

تصویربرداری از رگ‌های اندام‌های مختلف بدن با استفاده از پرتو ایکس، رگ‌نگاری نام دارد. در این روش در قسمتی از سطح بدن که یک سرخرگ زیر آن قرار دارد، شکافی ایجاد و لوله‌ای را به درون سرخرگ وارد و به سوی رگ موردنظر هدایت می‌کنند. سپس از طریق لوله، مادهٔ جذب کنندهٔ پرتو ایکس را به درون رگ، تزریق و با تاباندن این پرتو، از رگ تصویربرداری می‌کنند. یکی از کاربردهای این روش، بررسی وجود تنگی در رگ‌های اکلیلی قلب است. پس از آن برای برطرف کردن تنگی، درون رگ بسته شده، یک بادکنک کوچک قرار می‌دهند و آن را باد می‌کنند و چند ثانیه در این حالت نگاه می‌دارند تا رگ باز شود. گاهی هم لازم است با قرار دادن یک لولهٔ مشبک فنری، از بسته شدن دوبارهٔ رگ جلوگیری کنند.

فعّالیت

اندازه‌گیری فشار خون

دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار خون انواع زیادی دارند، از جمله عقربه‌ای و جیوه‌ای که انواع رقمی (دیجیتال) هم به آنها اضافه شده است. یکی از انواع آن را به کلاس بیاورید و با کمک معلم خود فشار خون هم‌کلاسان را اندازه‌گیری کنید.

معمولاً فشار خون را با دو عدد (مثلاً ۱۲۰ روی ۸۰) بیان می‌کنند. این دو عدد به ترتیب، معرف فشار بیشینه و فشار کمینه برحسب میلی‌مترجیوه است. فشار بیشینه فشاری است که انقباض بطن روی سرخرگ وارد می‌کند و فشار کمینه در هنگام استراحت قلب، فشاری است که دیوارهٔ سرخرگِ باز شده، در هنگام بسته شدن به خون وارد می‌کند.

عوامل مختلفی می‌تواند روی فشار خون تأثیر بگذارد، از جمله: چاقی، تغذیهٔ نامناسب به ویژه مصرف چربی و نمک زیاد، دخانیات، استرس (فشار روانی) و سابقهٔ خانوادگی.

فعّالیت

در مورد اینکه آیا نوشیدن قهوه بر فشارخون افراد تأثیر می‌گذارد یا نه، پژوهشی را طراحی کنید و با همکاری گروه درسی خود، آن را انجام دهید و نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

بیشتر بدانید

در یک فرد سالم و معمولی، فشار بیشینه بین ۱۱۰ تا ۱۴۰ و فشار کمینه بین ۷۰ تا ۹۰ میلی‌متر جیوه است.

فشار خون پایین: به فشار بیشینه کمتر از ۱۱۰ گفته می‌شود و در بعضی افرادممکن است ناشی از فقر غذایی یا بی نظمی در کارکرد غدد تیروئید یا فوق کلیه باشد .

فشار خون بالا: به فشار خون بیشینه بیش از ۱۴۰ و فشار کمینه بیش از ۹۰ گفته می‌شود که عامل مهمی‌است در بروز بیماری‌های قلبی و می‌تواند به قلب فشار وارد کند و ماهیچهٔ قلب به‌طور زودرس به مرحلهٔ فرسودگی برسد یا در بافت پوششی رگ‌ها شکاف‌هایی ایجاد کند که احتمال رسوب مواد و بستن رگ‌ها را افزایش دهد.

مویرگ‌ها

سرخرگ‌های کوچک به مویرگ‌هایی منتهی می‌شوند که کوچک‌ترین رگ‌های بدن هستند. تبادل مواد بین خون و یاخته‌های بدن، در این رگ‌ها انجام می‌شود. دیوارهٔ نازک وجریان خون کُند، امکان تبادل مناسب مواد را در مویرگ‌ها فراهم می‌کند. در عین حال مویرگ‌ها شبکهٔ وسیعی را در بافت‌ها ایجاد می‌کنند به طوری که فاصلهٔ بیشتر یاخته‌های بدن تا مویرگ‌ها حدود ۰/۰۲ میلی‌متر (۲۰ میکرومتر) است. این فاصلهٔ کم، مبادلهٔ سریع مولکول‌ها را از طریق انتشار، آسان‌تر می‌کند.

دیوارهٔ مویرگ‌ها، فقط از یک لایهٔ یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساخته شده است و ماهیچهٔ صاف ندارد. لبهٔ یاخته‌های پهن و نازک، روی هم قرار گرفته است و در همان قسمت، منافذی به وجود می‌آیند که عبور مواد را امکان‌پذیر می‌سازند. اندازه و تعداد این منافذ در بافت‌های مختلف، بسیار متفاوت است. مثلاً مویرگ‌های مغز ممکن است هیچ منفذی نداشته باشند، حال اینکه در مویرگ‌های جگر و طحال، منافذ بسیار بزرگی هست که مولکول‌های درشت می‌توانند از آنها بگذرند. سطح بیرونی مویرگ‌ها را غشای پایه، احاطه می‌کند و نوعی صافی مولکولی برای محدود کردن عبور مولکول‌های بسیار درشت به وجود می‌آورد. بر این اساس مویرگ‌ها در سه گروه قرار می‌گیرند:

در **مویرگ‌های پیوسته** یاخته‌های بافت پوششی با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند. در ماهیچه‌ها، شش‌ها، بافت چربی و دستگاه عصبی مرکزی یافت می‌شود که ورود و خروج مواد در آنها به شدت تنظیم می‌شود.

مویرگ‌های منفذدار در کلیه‌ها، غدد درون‌ریز و روده وجود دارند. این مویرگ‌ها با داشتن منافذ گسترده، مشخص می‌شوند که با لایه‌ای پروتئینی پوشیده شده‌اند. لایهٔ پروتئینی، عبور مولکول‌های درشت مثل پروتئین‌ها را محدود می‌کند.

مویرگ‌های ناپیوسته در مغز استخوان، جگر و طحال یافت می‌شوند. فاصلهٔ یاخته‌های بافت پوششی در این مویرگ‌ها آن‌قدر زیاد است که به صورت حفره‌هایی در اندام دیده می‌شود (شکل ۱۲).

شکل ۱۳ــ انواع مویرگ در:
الف) ماهیچه
ب) روده
پ) جگر

فعّالیت

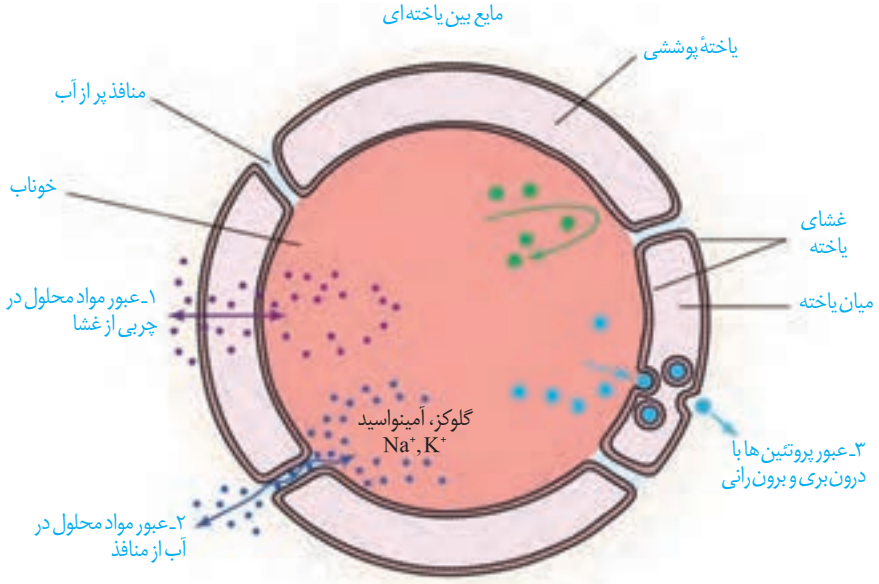
رابطهٔ شکل و عمل هریک از مویرگ‌ها چیست؟ چرا در مغز قرمز استخوان، منافذ مویرگ‌ها این قدر باز و در مغز، این مقدار بسته‌اند؟

تبادل مواد در مویرگ‌ها

بسیاری از مولکول‌های محلول در خون یا مایع میان‌بافتی از راه **انتشار** مبادله می‌شوند؛ مانند اکسیژن گلوکز و کربن دی اکسید. در همهٔ موارد، جهت انتشار را شیب غلظت تعیین می‌کند. مولکول‌های محلول می‌توانند هم از راه منافذ پر از آب دیوارهٔ مویرگ منتشر شوند و هم به‌طور مستقیم از غشای یاخته‌های بافت پوششی می‌توانند عبور کنند. راه عبور را میزان انحلال مواد در لیپیدهای غشا یا آب تعیین می‌کند. مولکول‌هایی که انحلال آنها در لیپیدهای غشا، کم است مثل گلوکز و یون‌های سدیم و پتاسیم از طریق منافذ منتشر می‌شوند و مولکول‌هایی مثل اکسیژن، کربن دی‌اکسید و اوره که انحلال آنها در لیپیدهای غشا بیشتر است می‌توانند از غشای یاخته‌های دیوارهٔ مویرگ منتشر شوند. مولکول‌های آب از هر دو روش از دیوارهٔ مویرگ منتشر می‌شوند.

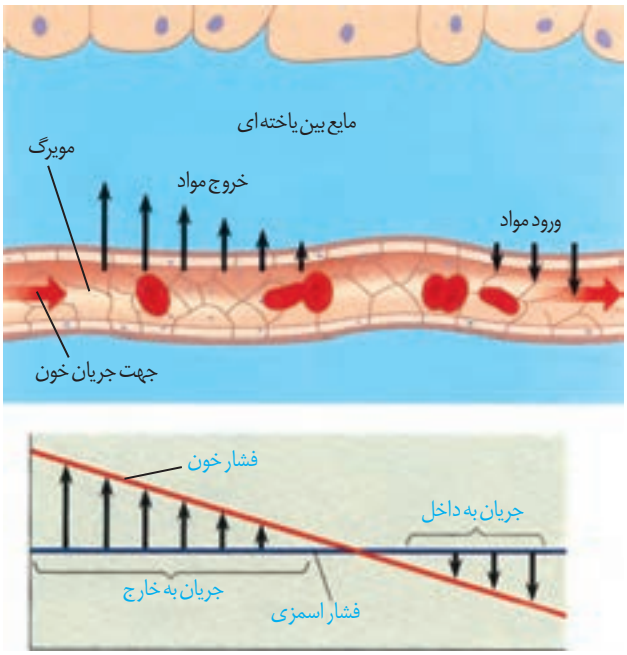
پروتئین‌های درشت، که نمی‌توانند از منافذ غشای یاخته‌های بافت پوششی عبور کنند، درون کیسه‌هایی از جنس غشا قرار می‌گیرند و با **درون‌بَری** وارد یاخته‌های پوششی شده و با **برون‌رانی** از آنها خارج می‌شوند.

روش دیگری که به مبادلهٔ



شکل ۱۴ــ روش‌های مختلف مبادله مواد در مویرگ‌ها

مواد در مویرگ‌ها کمک می‌کند **جریان توده‌ای** است. در این روش، انتقال مواد از منافذ دیوارهٔ مویرگ‌ها صورت می‌گیرد که عامل آن اختلاف فشار میان درون و بیرون مویرگ است.فشار اسمزی حاصل از وجود پروتئین‌ها در خون و باقیماندهٔ فشار خون که فشار تراوشی نام دارد؛ دو نیروی مؤثر در تبادل مواد بین مویرگ و مایع میان بافتی است.بیشتر بودن فشار تراوشی در سمت سرخرگی، باعث خروج توده ای از مواد از مویرگ می‌شود. و این مواد در اختیار یاخته‌ها قرار می‌گیرد و در طرف سیاهرگی، بیشتر بودن فشار اسمزی نسبت به فشار تراوشی باعث بازگشت توده ای مواد به مویرگ می‌شود که به این رفت و برگشت، **جریان توده‌ای** می‌گویند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۵ــ جریان توده‌ای در مویرگ‌ها

کمبود پروتئین‌های خون و افزایش فشار درون سیاهرگ‌ها می‌تواند از سرعت این بازگشت مایعات از بافت به خون بکاهد. در نتیجه، مواد خارج شده از مویرگ به خون باز نمی‌گردند. در این حالت، بخش‌هایی از بدن، متورم می‌شود که به آن «**خیز**» یا «**اِدِم**» می‌گویند. مصرف زیاد نمک و مصرف کمِ مایعات نیز می‌تواند به خیز منجر شود.

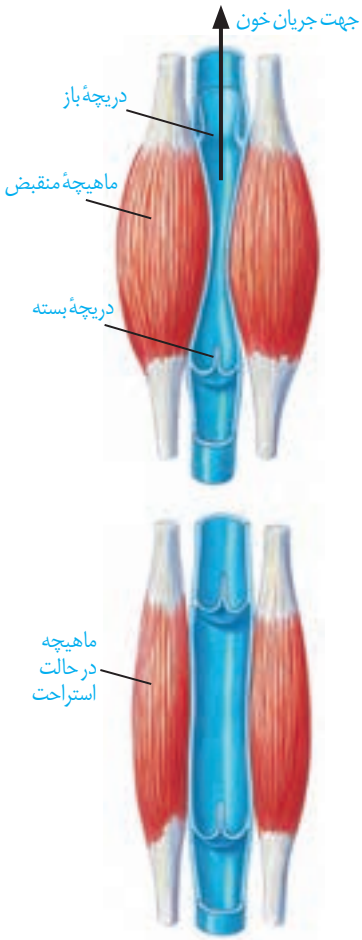
سیاهرگ‌ها

همان‌طور که در شکل(ابتدای گفتار) دیدید، سیاهرگ‌ها با داشتن فضای داخلی وسیع و دیواره‌ای با مقاومت کمتر، می‌توانند بیشتر حجم خون را در خود جای دهند. با توجه به کاهش شدید فشار خون و جهت حرکت خون در سیاهرگ‌ها که در بیشتر آنها به سمت بالا است لازم است عواملی به جریان خون در سیاهرگ‌ها کمک کند.

تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی: حرکت خون در سیاهرگ‌ها به ویژه در اندام‌های پایین‌تر از قلب، به مقدار زیادی به انقباض ماهیچه‌های اسکلتی وابسته است. انقباض ماهیچه‌های دست و پا، شکم و دیافراگم، به سیاهرگ‌های مجاور خود فشاری وارد می‌کنند که باعث حرکت خون در سیاهرگ به سمت قلب می‌شود (شکل ۱۶).

دریچه‌های لانه کبوتری: وجود آنها در سیاهرگ‌های دست و پا، جریان خون را یک‌طرفه و به سمت بالا هدایت می‌کند. در هنگام انقباض هر ماهیچه در سیاهرگ مجاور آن، دریچه‌های بالایی باز و دریچه‌های پایین، بسته می‌شوند.

فشار مکشی قفسهٔ سینه: در هنگام دم، که قفسهٔ سینه باز می‌شود، فشار از روی سیاهرگ‌های نزدیک قلب برداشته می‌شود و درون آنها فشار مکشی ایجاد می‌شود که خون را به سمت بالا می‌کشد.



شکل ۱۶ــ تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی

فعّالیت

مشاهدهٔ گردش خون در بالهٔ دمی‌ماهی

بدن یک ماهی کوچک را در پنبهٔ خیس بپیچید به طوری که فقط بالهٔ دمی آن بیرون باشد. ماهی را در ظرف پتری قرار دهید که مقداری آب دارد . روی بالهٔ دمی، یک تیغه بگذارید تا بالهٔ دمی گسترده شود و ماهی تکان نخورد. مجموعه را روی صفحهٔ میکروسکوب طوری قرار دهید که نور از بالهٔ دمی عبور کند. ابتدا با بزرگ‌نماییِ کم و سپس با بزرگ‌نمایی متوسط، آن را مشاهده کنید.

ــ با توجه به معکوس بودن تصویر در میکروسکوب، چگونه می‌توانید سرخرگ و سیاهرگ را در بالهٔ دمی، تشخیص دهید؟

ــ گزارشی از آنچه مشاهده می‌کنید به معلم خود ارائه کنید.

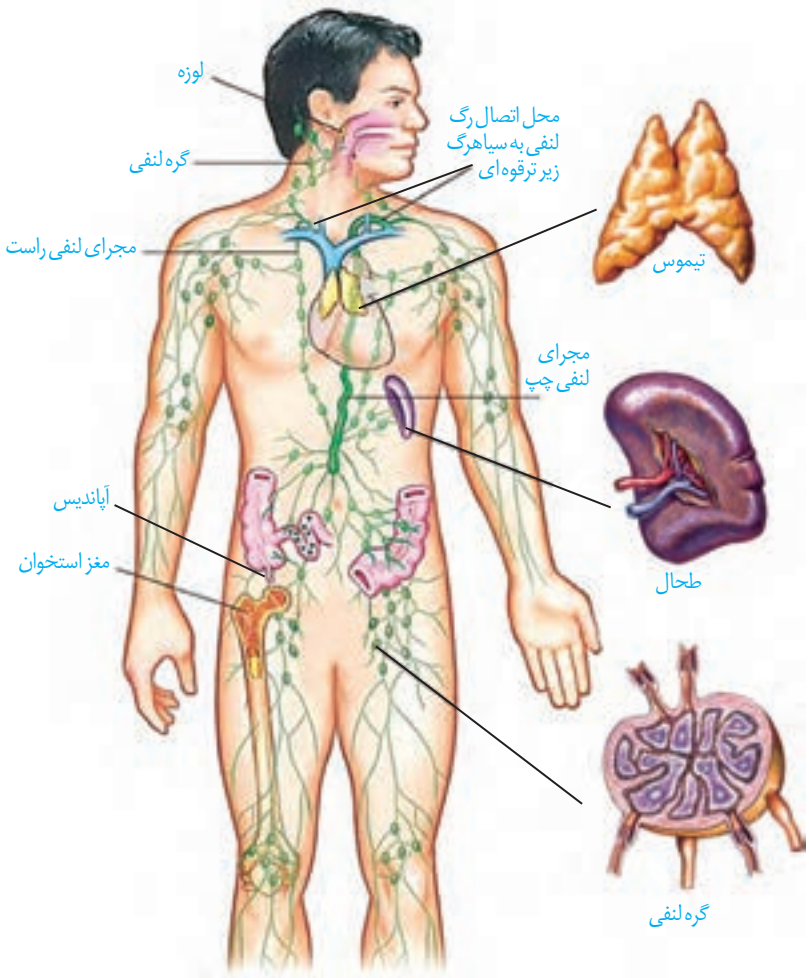
ــ پس از پایان کار، ماهی را به آب برگردانید.

دستگاه لنفی

دستگاه لنفی شامل رگ‌های لنفی در اندازه‌های مختلف، گره‌های لنفی و اندام‌های لنفی است. وظیفهٔ اصلی آن، تصفیه و بازگرداندن آب و مواد دیگری است که از مویرگ‌ها به فضای میان‌بافتی نشت پیدا کرده، و نتوانسته‌اند به مویرگ برگردند. نشت این مواد در جریان ورزش و بعضی بیماری‌ها، افزایش قابل‌توجهی پیدا می‌کند. به مجموعهٔ مایعات و مواد وارد شده به رگ‌های لنفی، **لنف** گفته می‌شود.

وظیفهٔ دیگر دستگاه لنفی، انتقال چربی‌های جذب شده از دیوارهٔ رودهٔ کوچک به خون است. همچنین تولید و وجود لنفوسیت‌ها در گره‌ها و اندام‌های لنفی، به از بین بردن عوامل بیماری‌زا کمک می‌کند.

جریان لنف از مویرگ‌های لنفی به رگ‌های لنفی بزرگ‌تر می‌پیوندد و با اتصال دو مجرای لنفی به سیاهرگ‌های سینه (زیر ترقوه‌ای چپ و راست) پایان می‌پذیرد. بنابراین، لنف پس از تصفیه شدن به دستگاه گردش خون برمی‌گردد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷ــ اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون

لوزه‌ها، تیموس، طحال و آپاندیس که مجموعاً به آنها **اندام‌های لنفی** می‌گویند مانند گره‌های لنفی مراکز تولید لنفوسیت‌ها هستند. لنفوسیت‌ها، یاخته‌های اصلی دستگاه ایمنی هستند که در سال‌های آینده با آن آشنا خواهید شد.

اگرچه دستگاه لنفی در مقابله با عوامل بیماری‌زا نقش دارد، ولی با داشتن مویرگ‌های سوراخ‌دار در پخش یاخته‌های سرطانی در قسمت‌های مختلف بدن نیز مؤثر است.

تنظیم دستگاه گردش خون

گره ضربان‌ساز، تکانه‌های منظمی را ایجاد و در قلب منتشر می‌کند تا چرخهٔ ضربان قلب به‌طور منظم تکرار شود. در حالت عادی این ضربان و برون ده قلبی ناشی از آن، نیاز اکسیژن و مواد مغذی اندام‌های بدن را برطرف می‌کند. امّا در هنگام فعّالیت ورزشی یا در حالت استراحت، برون ده قلب باید تغییر یابد. این تنظیم‌ها با ساز و کارهای مختلفی انجام می‌شود:

نقش دستگاه عصبی (اعصاب هم‌حس و پادهم‌حس): تحریک اعصاب هم‌حس که در بین یاخته‌های ماهیچه‌ای بطن‌ها پخش هستند فعّالیت قلب را افزایش داده و تحریک اعصاب پادهم‌حس که به گره‌های شبکهٔ هادی متصل هستند، فعّالیت قلب را کاهش می‌دهد. اعصاب هم‌حس همچنین به رگ‌های خونی کلیه‌ها، روده‌ها، طحال و پوست متصل هستند تا درحالت فعّالیت یا فشار روانی، رگ‌های خونی این اندام‌ها را تنگ کنند. مرکز هماهنگی این اعصاب در بصل‌النخاع و پل مغزی و در نزدیکی مرکزتنظیم تنفس قرار دارد و همکاری این مراکز، نیاز بدن به مواد مغذی و اکسیژن را در شرایط خاص به خوبی تأمین می‌کند.

نقش هورمون‌ها: وقتی در حالت‌های ویژهٔ فشار روانی مثل نگرانی، ترس و استرس امتحان قرار می‌گیریم، ترشح بعضی از هورمون‌ها از غدد درون‌ریز مثل فوق کلیه، افزایش می‌یابد. این هورمون‌ها با اثر روی بعضی اندام‌ها مثل قلب، کبد و کلیه، فشارخون و ضربان قلب را افزایش می‌دهند.

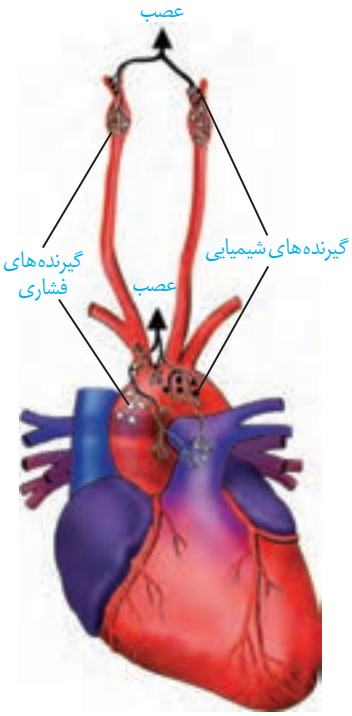
تنظیم موضعی جریان خون در بافت‌ها: کربن دی اکسید، یون‌های پتاسیم و هیدروژن از جمله مواد گشادکنندهٔ رگی هستند که با تأثیر بر ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ رگ‌ها، سرخرگ‌های کوچک را گشاد و بَنداره‌های مویرگی را باز می‌کنند تا میزان جریان خون در آنها افزایش یابد. ورود بعضی از مواد مانند یون کلسیم به درون مایعات بدن نیز باعث تنگی رگ‌ها می‌شود. تغییر مقدار این مواد در بافت‌ها باعث تنظیم موضعی جریان خون در بافت‌ها می‌شود.

سازوکارهای انعکاسی برای حفظ فشار سرخرگی: **گیرنده‌های فشاری** که در دیوارهٔ سرخرگ‌های گردش عمومی‌قرار دارند؛ همچنین گیرنده‌های حساس به کمبود اکسیژن و گیرنده‌های حساس به افزایش کربن دی‌اکسید و یون هیدروژن که **گیرنده‌های شیمیایی** نام دارند پس از تحریک، به مراکز عصبی پیام می‌فرستند تا فشار سرخرگی در حد طبیعی حفظ، و نیازهای بدن در شرایط خاص تأمین شود (شکل ۱۸).

بیشتر بدانید

ثبت فعّالیت‌های دستگاه گردش خون در یک دورهٔ زمانی (مانیتورینگ)

متخصصان با متصل کردن دستگاه‌های الکترونیکی ویژه‌ای به‌بدن فرد، فشارخون و فعّالیت الکتریکی قلب او را در مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت تحت‌نظر قرار می‌دهند. در این حالت فرد فعّالیت‌های معمول خود را انجام می‌دهد. پزشکان با بررسی نمودارهای حاصل، به‌چگونگی کار قلب و رگ‌ها در شرایط مختلف پی می‌برند.

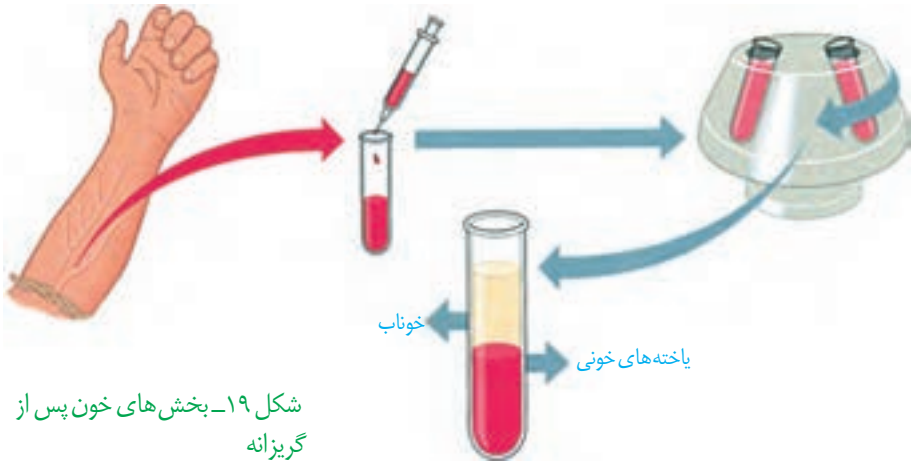


شکل ۱۸ــ محل قرارگیری گیرنده‌های فشار خون و شیمیایی

گفتار ۳ خون

خون، نوعی بافت پیوندی است که به طور منظم و یک‌طرفه در رگ‌های خونی جریان دارد و دارای دو بخش است: خوناب که حالت مایع دارد و بخش یاخته‌ای که گویچه‌های قرمز، گویچه‌های سفید و گِرده‌ها (پلاکت) را شامل می‌شود.

اگر مقداری از خون را گُریزانه (سانتریفیوژ) کنیم، دو بخش خون از هم جدا می‌شود و می‌توان درصد هرکدام را مشخص کرد. معمولاً در فرد سالم و بالغ ۵۵ درصد حجم خون را **خوناب** و ۴۵ درصد را **یاخته‌های خونی** تشکیل می‌دهند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ــ بخش‌های خون پس از گریزانه

به درصد حجمی یاخته‌های خونی، **خون‌بَهر** (هماتوکریت) گویند. افزایش آن تا ۵۰ درصد مشکلی ایجاد نمی‌کند ولی بیش از آن باعث افزایش غلظت خون می‌شود و خطرناک است. از وظایف خون، انتقال مواد غذایی، اکسیژن، کربن دی‌اکسید، هورمون‌ها و مواد دیگر است و از همین طریق ارتباط شیمیایی بین یاخته‌های بدن را امکان‌پذیر می‌سازد و به تنظیم دمای بدن و یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند. همچنین در ایمنی و دفاع در برابر عوامل خارجی نقش اساسی دارد و در هنگام خون‌ریزی، به کمک عواملی، از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کند.

بیش از ۹۰ درصدِ خوناب، آب است که در آن پروتئین‌ها، مواد غذایی، یون‌ها و مواد دفعی حل شده‌اند. پروتئین‌های خوناب نقش‌های گوناگونی دارند از جمله حفظ فشار اسمزی خون، انتقال مواد، تنظیم pH، انعقاد خون و ایمنی بدن. آلبومین، در حفظ فشار اسمزی خون و انتقال بعضی از داروها مثل پنی‌سیلین نقش دارد. فیبرینوژن، در انعقاد خون و گلوبولین‌ها در ایمنی و مبارزه با عوامل بیماری‌زا اهمیت دارند. همچنین انواع گلوبولین‌ها و هموگلوبین با جذب و انتقال یون‌ها می‌توانند در تنظیم pH خون مؤثر واقع شوند.

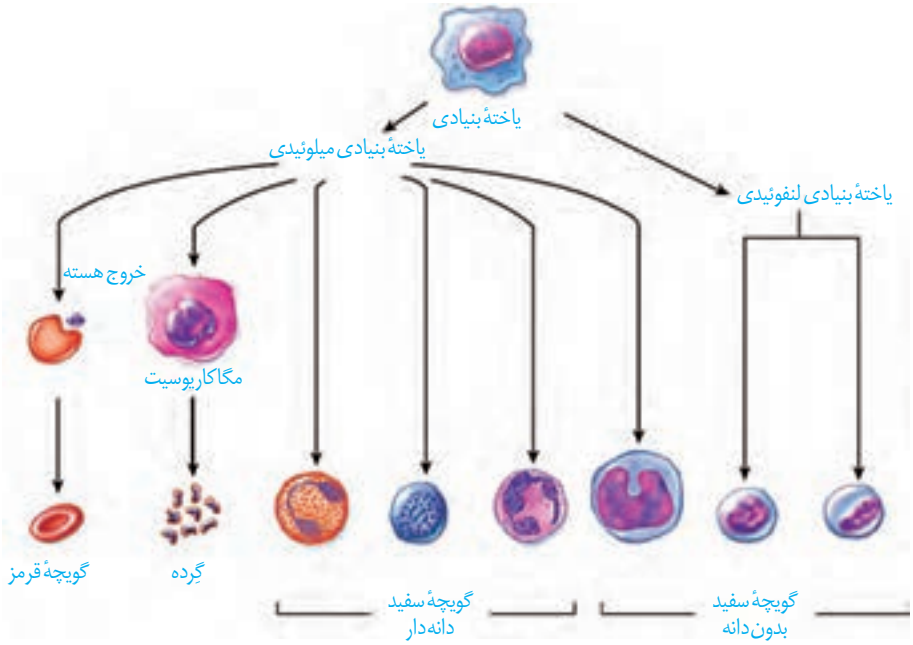
وجود یون‌های پتاسیم و سدیم در خوناب، اهمیت زیادی دارد چون در فعّالیت یاخته‌های بدن نقش کلیدی دارند. مواد غذایی خوناب شامل کربوهیدرات‌ها و آمینواسیدها است. اوره، کربن دی‌اکسید و لاکتیک اسید نیز از جمله مواد دفعی آن هستند.

بخش دوم خون شامل **گویچه‌های قرمز**، **گویچه‌های سفید** و **گِرده‌ها** هستند که دو گروه اوّل، یاخته‌های خونی و گِرده‌ها، قطعاتی از یاخته هستند. در یک فرد بالغ، تولید یاخته‌های خونی

و گِرده‌ها در مغز قرمز استخوان انجام می‌شود. در مغز استخوان **یاخته‌های بنیادی** وجود دارند که با تقسیمات خود، این بخش خون را تولید می‌کنند.

البته در دوران جنینی، یاخته‌های خونی در اندام‌های دیگری مثل کبد و طحال نیز ساخته می‌شود.

یاخته‌های بنیادی مغز استخوان، یاخته‌هایی هستند که توانایی تقسیم و تولید چندین نوع یاخته را دارند. ابتدا این یاخته‌ها تقسیم می‌شوند و دو نوع یاخته را ایجاد می‌کنند: یاخته‌های بنیادی **لنفوئیدی** که در جهت تولید لنفوسیت‌ها عمل می‌کنند و یاخته‌های بنیادی **میلوئیدی** که منشأ بقیهٔ یاخته‌های خونی هستند (شکل ۲۰).

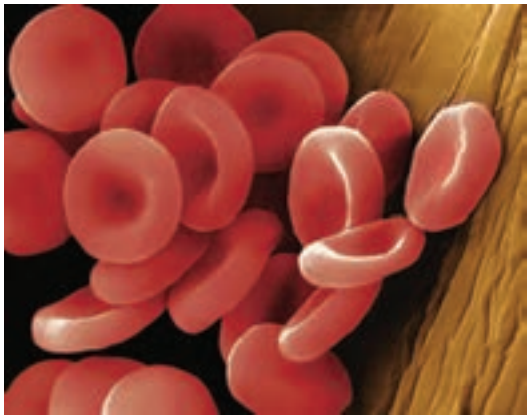


شکل ۲۰ــ تولید انواع یاخته‌های خونی، توسط یاخته‌های بنیادی مغز استخوان

یاخته‌های خونی قرمز

در انسان بیش از ۹۹ درصدِ یاخته‌های خونی را گویچه‌های قرمز تشکیل می‌دهند که به خون، ظاهری قرمزرنگ می‌دهند. این یاخته‌های کروی که از دو طرف، حالت فرو رفته دارند، در هنگام تشکیل در مغز استخوان، هستهٔ خود را از دست می‌دهند و میان یاخته آنها از هموگلوبین پر می‌شود (شکل ۲۱).

نقش اصلی گویچه‌های قرمز، انتقال گازهای تنفسی است. متوسط عمر گویچه‌های قرمز ۱۲۰ روز است. تقریباً یک درصد از گویچه‌های قرمز، روزانه تخریب می‌شود و باید جایگزین شود تخریب یاخته‌های خونی آسیب‌دیده و مرده در طحال و کبد انجام می‌شود. آهن آزاد شده در این فرایند یا در کبد ذخیره می‌شود و یا همراه خون به مغز استخوان می‌رود و در ساخت دوبارهٔ گویچه‌های قرمز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲۱ــ یاخته‌های خونی قرمز