

# جزوه طالایه زیست شناسی

پایه دهم - رشته علوم تجربی



توضیح متن کتاب درسی

نکات مهم کنکوری

تست‌های برگزیده کنکور

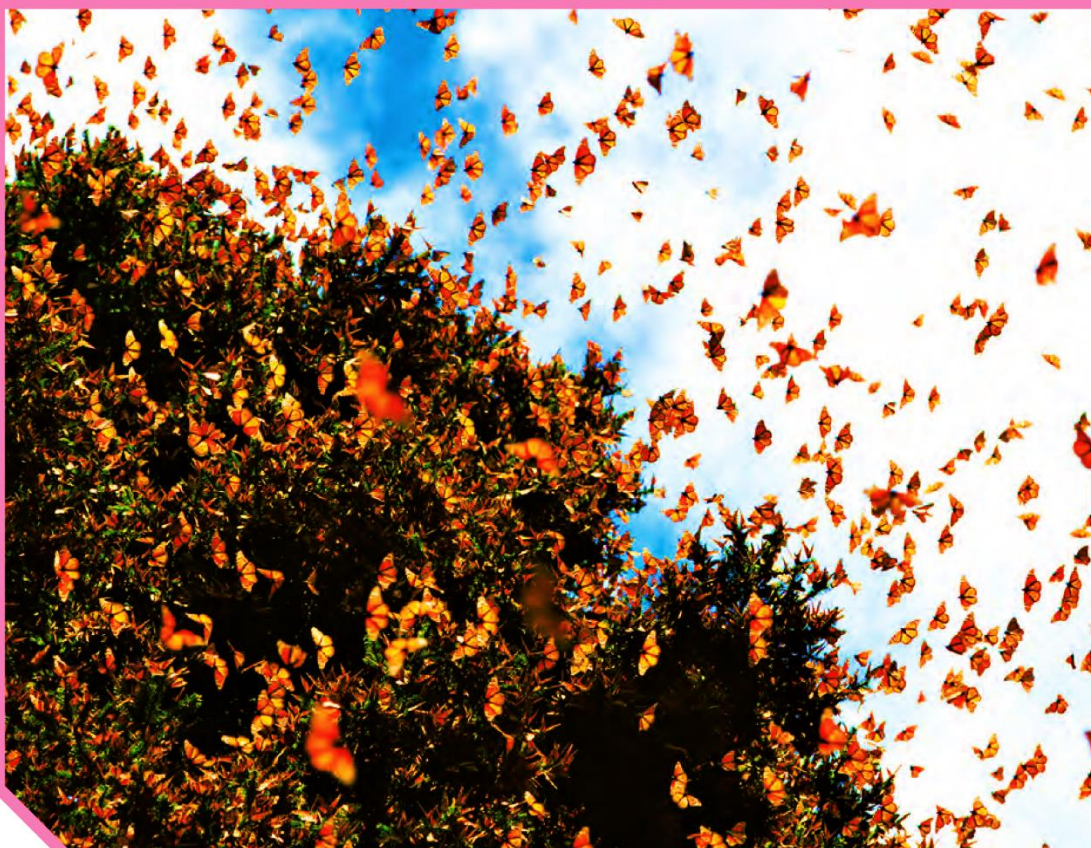
غلامحسین وپس کومه

۱۱۹۶۶۶۱۸۸۳۲

آموزشگاه افلاطون - خرم‌آباد

۳۳۳۰۵۲۹۲





## فصل ۱

# دنیای زنده

گونه‌ای از **حشرات** به نام پروانه‌های **مونارک** یکی از شگفت‌انگیزترین **مهاجرت‌ها** را به نمایش می‌گذارند. مهاجرت، نوعی رفتار **غریزی** محسوب می‌شود. رفتار غریزی ناصح برهم‌کنش فعالیت **ژن‌ها** و فرایند **یادگیری** است. **جمعیت** این پروانه‌ها (نه خود آنها) هر سال هزاران کیلومتر را از **مکزیک** تا جنوب **کانادا** و **بالعکس** می‌پیماید. در واقع می‌توان گفت که در این مسیر **پند نسل** از پروانه‌ها به وجود می‌آیند. به عبارت دیگر هر نسل در نقطه‌ای از این مسیر از حرکت بازمانده و پس از تولیدمثل می‌میرند! بنابراین زاده‌ها مسیر را ادامه می‌دهند.

چگونه پروانه‌های مونارک مسیر خود را پیدا می‌کنند و راه را به **اشتباه** نمی‌روند؟ **زیست‌شناسان** پس از سال‌ها پژوهش، به تازگی این معما را حل کرده‌اند. آنان در **بدن** پروانه مونارک **بالغ**، **یاخته‌های عصبی (نورون‌هایی)** یافته‌اند که پروانه‌ها با استفاده از آنها، **جایگاه خورشید** در آسمان (با استفاده از **شافک‌ها**) و **جهت مقصد** را (با استفاده از **چشم مرکب**) تشخیص می‌دهند و به **سوی آن** پرواز می‌کنند. بنابراین پروانه‌های مونارک در شب قادر به مسیریابی نیستند! آیا علم زیست‌شناسی قادر است همه رازهای حیات را بیابد؟ احتمالاً **بله!** چون تا حالا همه رازهای حیات موجودات در آزمایشگاه قابل مطالعه بوده‌اند. زیست‌شناسان علاوه بر **پی بردن به رازهای آفرینش**، سعی می‌کنند یافته‌های خود را در **بهبود زندگی انسان** به کار برند. موجودات زنده چه ویژگی‌هایی دارند که آنها را از موجودات غیر زنده **متمایز** می‌کند. در این فصل به پاسخ چنین پرسش‌هایی می‌پردازیم.

### نکاتی در مورد پروانه مونارک

۱) این جاندار نوعی **حشره** است. پس تمام ویژگی‌های حشرات که در **آینده** خواهیم خواند در مورد آن صادق است.

۲) **مهاجرت** نوعی رفتار **غریزی** است که در برخی جانوران (از جمله در پروانه‌های مونارک **بالغ** رخ می‌دهد.

۳) مسیریابی با استفاده از **نورون‌هایی** که در بدن این پروانه‌ها وجود دارند، انجام می‌شود.

+ نورون‌های موجود در **شافک‌ها** این پروانه‌ها باعث تشخیص **جایگاه خورشید** در آسمان می‌شوند.

+ نورون‌های موجود در **چشم‌های مرکب** این پروانه‌ها باعث تشخیص **مقصد مهاجرت** می‌شوند.

- چگونه می‌توان گیاهانی پرورش داد که در مدتی کوتاه‌تر، مواد غذایی بیشتری تولید کنند؟ با استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک
- چرا باید تنوع زیستی حفظ شود؟ چرا باید حیات وحش حفظ شود؟ چون از انقراض تنها یک گونه باعث تغییر کل اکوسیستم می‌شود.
- چرا بعضی از یاخته‌های بدن انسان سرطانی می‌شوند؟ به دلیل تغییراتی که در روند تقسیم سلولی رخ داده و این فرایند از کنترل خارج شده است.
- چگونه می‌توان یاخته‌های سرطانی را در مراحل اولیه سرطانی شدن شناسایی و نابود کرد؟ با استفاده از آزمایش خون، بافت برداری و ...
- چگونه می‌توان سوخت‌های زیستی مانند الکل را جانشین سوخت‌های فسیلی، مانند مواد نفتی کرد؟ با تولید انبوه سوخت‌های زیستی
- چگونه می‌توان از بیماری‌های ارثی، پیشگیری، و یا آنها را درمان کرد؟ با مشاوره پزشکی برای زوجها می‌توان از این بیماری‌ها پیشگیری نمود. این بیماری‌ها فعلاً قابل درمان نیستند، اما می‌توان جلوی عواملی که سبب بروز آنها می‌شوند، این بیماری‌ها را کنترل نمود.

اینها فقط چند پرسش از میان انبوه پرسش‌هایی است که زیست‌شناسان تلاش می‌کنند پاسخ‌های آنها را بیابند تا علاوه بر (۱) پی بردن به رازهای آفرینش (مانند پگونگی مهاجرت پروانه موناک و پگونگی فرگشت جانداران و ...)، (۲) به حل مسائل و مشکلات زندگی انسان امروزی (مانند پیشرفت‌های بهداشتی و پزشکی، کشاورزی و ...) نیز کمک کنند و در این راه به موفقیت‌هایی هم رسیده‌اند. زیست‌شناسی، شاخه‌ای از علوم تجربی است که به بررسی علمی جانداران و فرایندهای زیستی می‌پردازد. هم‌پنین می‌توان گفت زیست‌شناسی، علم بررسی حیات است.

### فعالیت

یک روزنامه خبری معمولی تهیه کنید. خبرهای مربوط به زیست‌شناسی را انتخاب کنید (برای تعیین خبرهای مربوط به زیست‌شناسی از معلم خود کمک بخواهید).

در روزنامه‌ای که انتخاب کرده‌اید، چند درصد از خبرها به زیست‌شناسی مربوط است؟ درصد بسیار بالایی! از این خبرها، چند خبر خوب و چند خبر بد هستند؟ متأسفانه بیشتر خبرها مربوط به تقریب محیط زیست و به ندرت مربوط به پیشرفت‌های این علم هستند. می‌توانید به جای روزنامه از وبگاه‌های خبری در بازه زمانی خاصی استفاده و درصد خبرهای زیستی آن را پیدا کنید.

### محدوده علم زیست‌شناسی

امروزه بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری قند یا دیابت شیرین و بیماری افزایش فشار خون که حدود صد سال پیش به مرگ منجر می‌شدند، مهار شده‌اند و به علت روش‌های درمانی و داروهای جدید، دیگر مرگ‌آور نیستند. ممکن است با مشاهده پیشرفت‌ها و آثار علم زیست‌شناسی، این تصور در ذهن ما شکل بگیرد که این علم به اندازه‌ای توانا و گسترده است که می‌تواند به همه پرسش‌های انسان پاسخ دهد و همه مشکلات زندگی ما را حل کند؛ در حالی که این طور نیست. به طور کلی علم تجربی، محدودیت‌هایی دارد و نمی‌تواند به همه پرسش‌های ما پاسخ دهد و از حل برخی مسائل بشری ناتوان است. علم زیست‌شناسی یکی از شاخه‌های علوم تجربی است. دانشمندان و پژوهشگران علوم تجربی فقط در جست و جوی علت‌های پدیده‌های طبیعی و قابل مشاهده‌اند. مشاهده، اساس علوم تجربی است؛ بنابراین، در زیست‌شناسی، فقط ساختارها و یا فرایندهایی را بررسی می‌کنیم که برای ما به طور مستقیم یا غیر مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری‌اند. پژوهشگران علوم تجربی نمی‌توانند درباره زشتی و زیبایی، خوبی و بدی، ارزش‌های هنری و ادبی نظر بدهند.

### فعالیت

مجری یک برنامه تلویزیونی گفته است «زیست‌شناسان ثابت کرده‌اند که شیر، مایعی خوشمزه است.» این گفته درست است یا نادرست؟ نادرست، چون خوشمزه بودن سلیقه‌ای است و قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیست. اما زیست‌شناسان می‌توانند بگویند شیر ماده غذایی مفیدی است.

### زیست‌شناسی نوین

امروزه زیست‌شناسی ویژگی‌هایی دارد که آن را به رشته‌ای مترقی، توانا، پویا و امیدبخش تبدیل کرده است. در ادامه به این ویژگی‌ها می‌پردازیم.

(۱) کل‌نگری: جورچینی (پازلی) را در نظر بگیرید که از قطعات بسیار زیادی تشکیل شده است. ممکن است هر یک از قطعات آن به تنهایی بی‌معنی به نظر آید؛ اما اگر قطعه‌های آن را یکی یکی در جای درست در کنار همدیگر قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم که اجزای جورچین، به تدریج نمایی بزرگ، کلی و معنی‌دار پیدا می‌کنند و تصویری از شیئی آشنا به ما نشان می‌دهند.

بیکر هر یک از جانداران نیز از اجزای بسیاری تشکیل شده است. هر یک از این اجزا، بخشی از یک سامانه بزرگ را تشکیل می‌دهد که در نمای کلی برای ما معنی پیدا می‌کنند. بنابراین، جانداران را نوعی سامانه می‌دانند که اجزای آن باهم ارتباط دارند؛ به همین علت ویژگی‌های سامانه را نمی‌توان فقط از طریق مطالعه اجزای سازنده آن توضیح داد و ارتباط بین اجزا نیز مانند خود اجزا در تشکیل جاندار، مؤثر و کل سامانه، چیزی بیشتر



از مجموع اجزای آن است. به عنوان مثال یک جاندار تک سلولی اگرچه از تعدادی مولکول به وجود آمده است، ولی زمانی که این مولکول‌ها با یک نظم و ترتیب خاص کنار یکدیگر قرار می‌گیرند دارای ویژگی جدیدی به نام «**صفت**» می‌شود.

بدیهی است این ویژگی در هر یک از اجزای آن به تنهایی وجود ندارد! می‌توان گفت «کل بزرگتر» در مورد همه سطوح سازمان‌یابی حیات نیز صادق است. (۸) **نگرش بین رشته‌ای:** زیست‌شناسان امروزی برای شناخت هر چه بیشتر سامانه‌های زنده از اطلاعات رشته‌های دیگر نیز کمک می‌گیرند؛ مثلاً برای بررسی ژن‌های جانداران، علاوه بر اطلاعات زیست‌شناختی، از فنون و مفاهیم مهندسی، علوم رایانه، آمار و بسیاری رشته‌های دیگر هم استفاده می‌کنند.

(۹) **فناوری‌های نوین:** این فناوری‌ها نقش مهمی در پیشرفت علم زیست‌شناسی داشته و دارند. در ادامه به نمونه‌هایی از این فناوری‌ها می‌پردازیم. - **فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی:** امروزه بیشتر از هر زمان دیگر به جمع‌آوری، بایگانی و تحلیل اطلاعات حاصل از پژوهش‌های زیست‌شناختی نیاز داریم؛ دستاوردها و تحولات بیست ساله اخیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در پیشرفت زیست‌شناسی، تأثیر بسیاری داشته است. این فناوری‌ها امکان انجام محاسبات را در کوتاه‌ترین زمان ممکن فراهم کرده‌اند (شکل ۱).

نکته مهم: همان‌طور که می‌دانیم این فناوری‌ها در حیطه زیست‌شناسی به دست نیامده‌اند ولی به پیشرفت‌های این علم کمک بسیار زیادی نموده‌اند!



شکل ۱- راست: انتقال حافظه ۵ مگابایتی شرکت آی‌بی‌ام، پیشرفته‌ترین سخت‌افزار روز جهان در سال ۱۹۵۶؛ این حافظه را از نظر اندازه، ظرفیت و قیمت با حافظه‌های امروزی مقایسه کنید. چپ: یک حافظه ۲ ترابایتی امروزی

- **مهندسی ژنتیک:** مدت‌هاست که زیست‌شناسان می‌توانند ژن‌های یک جاندار را به بدن جانداران دیگر وارد کنند، به گونه‌ای که ژن‌های منتقل شده بتوانند روشن شده و اثرهای خود را ظاهر کنند. این روش که باعث انتقال صفت یا صفاتی از یک جاندار به جانداران دیگر می‌شود، مهندسی ژنتیک نام دارد.

یکی از اهداف روش‌های مهندسی ژنتیک ممکن است رسیدن به **جانداران تراژن** باشد. جانداران تراژن با استفاده از روش مهندسی ژنتیک از افرادی از گونه‌های دیگر ژن دریافت نموده‌اند! بدیهی است اگر از فردی از یک گونه به فرد دیگری از همان گونه ژن انتقال دهیم هر چند از روش‌های مهندسی ژنتیک استفاده نموده‌ایم ولی این عمل منجر به تولید جاندار تراژن نمی‌شود! به عنوان مثال ژن‌درمانی منجر به تولید جاندار تراژن نمی‌شود.

(۱۰) **اخلاق زیستی:** پیشرفت‌های سریع علم زیست‌شناسی، به ویژه در مهندسی ژنتیک، زمینه سوءاستفاده‌هایی را در جامعه فراهم کرده است. محرمانه بودن اطلاعات ژنی و نیز محرمانه بودن اطلاعات پزشکی افراد و حقوق جانوران از موضوع‌های اخلاق زیستی هستند. یکی از سوءاستفاده‌ها از علم زیست‌شناسی، تولید سلاح‌های زیستی است. چنین سلاحی مثلاً می‌تواند عامل بیماری‌زایی باشد که نسبت به داروهای رایج مقاوم است یا فراورده‌های غذایی و دارویی با عواقب زیانبار برای افراد باشند. بنابراین وضع قوانین جهانی برای جلوگیری از چنین سوءاستفاده‌هایی از علم زیست‌شناسی ضروری است.

## زیست‌شناسی در خدمت انسان

همان‌طور که قبلاً گفته شد، زیست‌شناسی دو هدف اساسی دارد:

(۱) **پس بردن به رازهای آفرینش** (مانند چگونگی مهاجرت پروانه موناک، چگونگی فرگشت جانداران و ...)

(۲) **حل مسائل و مشکلات زندگی انسان امروزی** (مانند پیشرفت‌های بهداشتی و پزشکی، کشاورزی و ...)

امروزه با مسائل فراوانی در زمینه‌های متفاوت مواجه هستیم. زیست‌شناسی به حل این مسائل چه کمکی می‌تواند بکند؟ در ادامه مروری بر نقش زیست‌شناسی در حل این مسائل داریم.

علم زیست‌شناسی می‌تواند در موارد زیر به بشر کمک کند:

(۱) **تأمین غذای سالم و کافی:** گفته می‌شود که هم اکنون حدود یک میلیارد نفر در جهان از گرسنگی و سوءتغذیه رنج می‌برند؛ چگونه غذای سالم و کافی برای جمعیت‌های رو به افزایش انسانی فراهم کنیم؟ با استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک در کشاورزی و تولید گیاهان تراژنی که بازدهی بسیار بالایی نسبت به گیاهان بومی دارند.



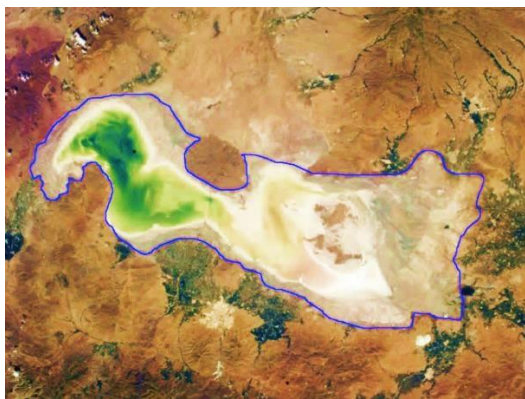
می‌دانیم غذای انسان به طور مستقیم یا غیر مستقیم از گیاهان به دست می‌آید؛ پس شناخت بیشتر گیاهان یکی از راه‌های تأمین غذای بیشتر و با مواد مغذی بیشتر است.

از راه‌های افزایش کمیت و کیفیت غذای انسان، شناخت روابط گیاهان و محیط زیست است. گیاهان مانند همه جانداران دیگر در محیطی پیچیده، شامل عوامل غیر زنده مانند دما، رطوبت، نور و عوامل زنده شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، حشرات و مانند آنها رشد می‌کنند و محصول می‌دهند. بنابراین، شناخت بیشتر تعامل‌های سودمند یا زیانمند بین این عوامل و گیاهان، به افزایش محصول کمک می‌کند.

به عنوان مثال شناخت بیشتر هم‌زیستی بین گیاهان با باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا و بهبود این هم‌زیستی و یا حتی انتقال ژن‌های تثبیت کننده نیتروژن و عناصر دیگر از این باکتری‌ها و قارچ‌های هم‌زیست به گیاهان، می‌تواند تولید غذا به وسیله آنها را افزایش دهد.

۱۰) **حفاظت از بوم‌سازگان‌ها، ترمیم و بازسازی آنها:** انسان، جزئی از دنیای زنده است (کل‌نگری!) و لذا نمی‌تواند بی‌نیاز و جدا از موجودات زنده دیگر و در تنهایی به زندگی ادامه دهد. به طور کلی منابع و سودهایی را که هر بوم‌سازگان در بر دارد، خدمات بوم‌سازگان می‌نامند. به عنوان مثال استفاده از پوب درختان جنگلی در صنعت، استفاده از گیاهان دارویی برای درمان بیماری‌ها، استفاده از گیاهان مرتعی برای پراری دام‌ها، حتی استفاده از آنها به عنوان تفریحگاه از خدمات اکوسیستم محسوب می‌شوند. میزان خدمات هر بوم‌سازگان به میزان تولیدکنندگان آن بستگی دارد. تولیدکنندگان شامل گیاهان، جلبک‌ها و برفی از باکتری‌ها هستند. پایدار کردن بوم‌سازگان‌ها به طوری که حتی در صورت تغییر اقلیم، تغییر چندانی در مقدار تولیدکنندگی آنها روی ندهد موجب ارتقای کیفیت زندگی انسان می‌شود.

دریاچه ارومیه چندین سال است که در خطر خشک شدن قرار گرفته است. زیست‌شناسان کشورمان با استفاده از اصول علمی بازسازی بوم‌سازگان‌ها، راهکارهای لازم را برای احیای آن ارائه کرده‌اند و امید دارند که در آینده از نابودی این میراث طبیعی جلوگیری کنند (شکل ۲).



شکل ۲- یکی از بوم‌سازگان‌های آسیب‌دیده ایران، دریاچه ارومیه است.

قطع درختان جنگل‌ها برای استفاده از چوب یا زمین جنگل، مسئله محیط زیستی امروز جهان است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در سال‌های اخیر، مساحت بسیار گسترده‌ای از جنگل‌های ایران و جهان تخریب و بی‌درخت شده‌اند. از بین رفتن جنگل‌ها پیامدهای بسیار بدی برای سیاره زمین دارد. تغییر آب و هوا، سیل، کاهش تنوع زیستی و فرسایش خاک از آن جمله‌اند.

۱۱) **تأمین انرژی‌های تجدیدپذیر:** نیاز مردم جهان به انرژی در حال افزایش است. بیشترین نیاز کنونی جهان به انرژی از منابع فسیلی، مانند نفت، گاز و بنزین تأمین می‌شود؛ اما می‌دانیم که سوخت‌های فسیلی موجب افزایش کربن دی‌اکسید جو، آلودگی هوا و در نهایت با اثر گلخانه‌ای باعث گرمایش زمین می‌شوند. بدین لحاظ، انسان باید در پی منابع پایدار یا تجدیدپذیر، مؤثرتر و پاک‌تر انرژی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی باشد. زیست‌شناسان می‌توانند به بهبود و افزایش تولید سوخت‌های زیستی مانند گازوئیل زیستی که از دانه‌های روغنی مانند آفتابگردان، کلزا و سویا به دست می‌آید، کمک کنند.

انرژی‌های پاک و آلوده: برای تأمین انرژی روش‌های زیادی وجود دارد. برفی از این روش‌ها پاک ولی برفی آلوده کننده محیط زیست هستند.

به عنوان مثال استفاده از انرژی خورشیدی، باد، زمین‌گرایی و آب پشت سدها پاک ولی استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث آلودگی می‌شود. استفاده از سوخت‌ها یکی از روش‌های تأمین انرژی است. سوخت‌های زیستی مانند الکل و گازوئیل زیستی که از گیاهان به دست می‌آیند جزء سوخت‌های پاک محسوب می‌شوند. این نوع سوخت‌ها اگرچه در ضمن استفاده، کربن دی‌اکسید تولید می‌کنند ولی در نهایت سبب افزایش میزان این گاز در هوا نمی‌شوند! زیرا گازی که بر اثر سوختن این گازها وارد جو می‌شود سال گذشته به وسیله گیاهان جذب شده است!

سوخت تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر: هم‌پنین بعضی از سوخت‌ها مانند سوخت‌های زیستی تجدیدپذیر یا پایدار و برفی نیز مانند سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر هستند. در صورت اتمام منابع نفتی در جهان، بشر به کلی از این سوخت‌ها و مشتقات آنها محروم می‌شود! چون میلیون‌ها سال زمان برای ساخته شدن مجدد آنها لازم است!

## فعالیت

اگرچه سوخت‌های فسیلی نیز منشأ زیستی دارند و از تجزیهٔ پیکر جانداران به وجود آمده‌اند؛ اما امروزه سوخت زیستی به سوخت‌هایی می‌گویند که از جانداران امروزی به دست می‌آیند. مزایا و زیان‌های سوخت‌های فسیلی و زیستی را از دید محیط زیستی با هم مقایسه کنید.

مزایا	معایب	
قابل دسترس بودن	تجدیدناپذیر، آلوده‌کننده محیط زیست	سوخت فسیلی
تجدیدپذیر یا پایدار، پاک	عمومیت نداشتن	سوخت زیستی

۱۴) **سلامت و درمان بیماری‌ها:** به تازگی، روشی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها در حال گسترش است که پزشکی شخصی نام دارد. پزشکان در پزشکی شخصی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها علاوه بر بررسی وضعیت بیمار، با بررسی اطلاعاتی که در دنا (DNA) هر فرد وجود دارد، روش‌های درمانی و دارویی خاص هر فرد را طراحی می‌کنند. به عبارت دیگر در این روش علاوه بر روش‌های معمول تشخیص و درمان، با استفاده از اطلاعات ژنتیکی هر شخص، روش درمانی خاصی برای او طراحی و اجرا می‌کنند.

## فعالیت

با مراجعه به منابع معتبر دربارهٔ زمینه‌های فعالیت زیست‌شناسان در ایران و جهان اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس ارائه دهید.

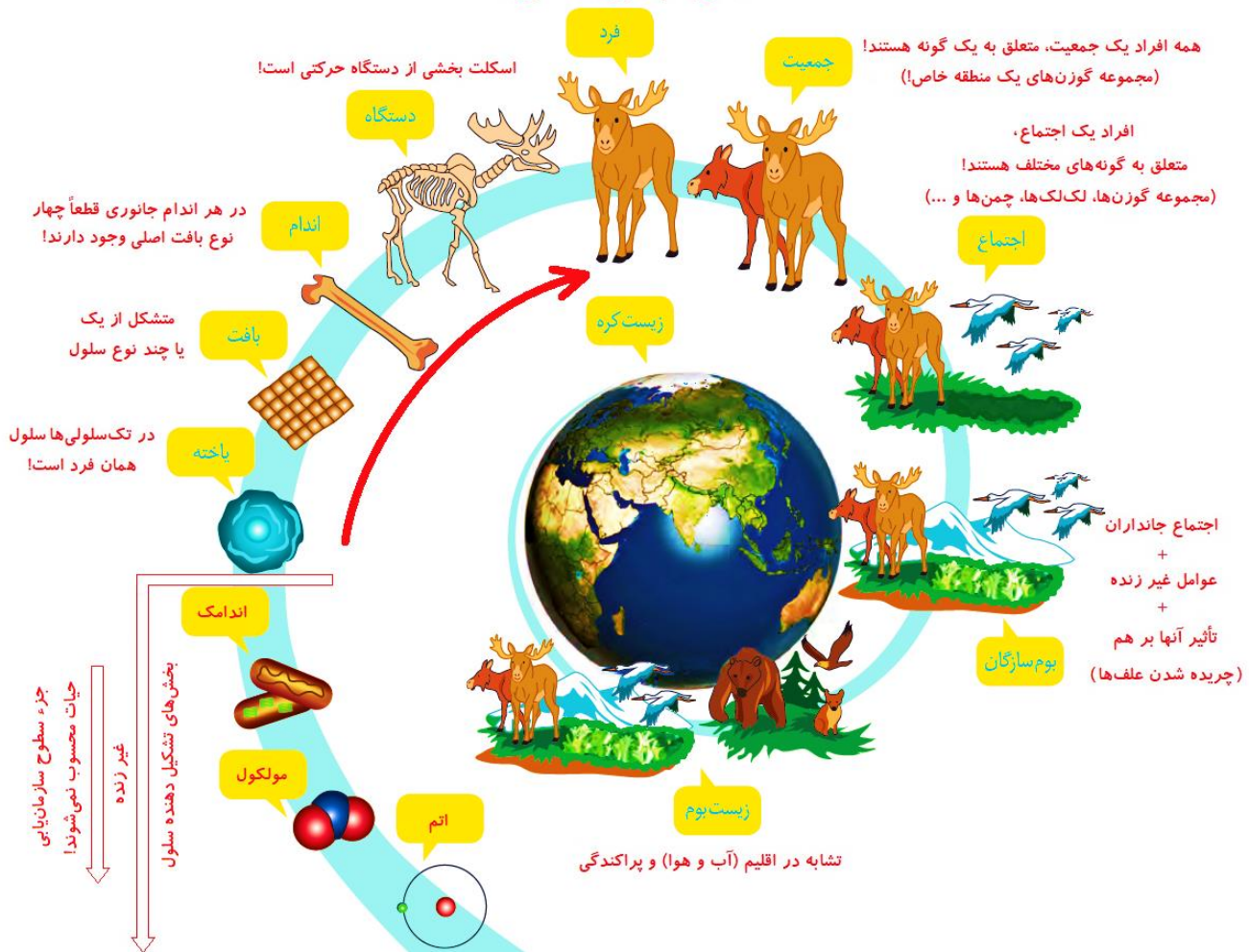
زیست‌شناسان در زمینه‌های پزشکی و بهداشت، کشاورزی، دامپروری، مهندسی ژنتیک، محیط زیست، اکولوژی و ... فعالیت می‌کنند.



زیست‌شناسی، علم بررسی حیات است؛ اما حیات چیست؟ تعریف حیات بسیار دشوار است و شاید حتی غیرممکن باشد. بنابراین، معمولاً به جای تعریف حیات، ویژگی‌های آن و یا ویژگی‌های جانداران را بررسی می‌کنیم. گستره حیات، از یاخته شروع می‌شود و با زیست‌کره پایان می‌یابد. جانداران همه این هفت ویژگی زیر را با هم دارند:

۱) **نظم و ترتیب:** یکی از ویژگی‌های جالب حیات، سطوح سازمان‌یابی آن است (شکل ۳). همه جانداران، سطوحی از سازمان‌یابی دارند و منظم‌اند. جانداران پرسلولی همه این ده سطح را دارند در حالی‌که جانداران تک‌سلولی فقط شش سطح را می‌توانند داشته باشند. در این جانداران سلول و فرد یک سطح را تشکیل می‌دهند و سه سطح دیگر یعنی بافت، اندام و دستگاه هم وجود ندارند!

فرد می‌تواند پرسلولی یا تک‌سلولی باشد!



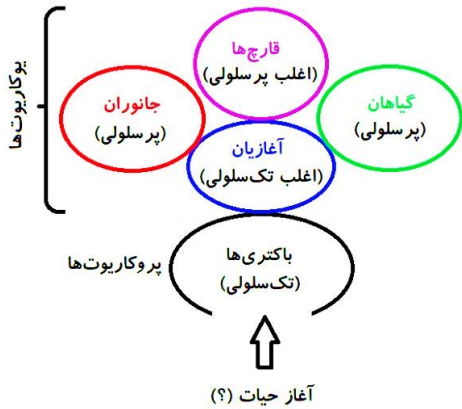
شکل ۳- سطوح سازمان‌یابی حیات

- ۱- سلول: یاخته پایین‌ترین سطح سازمان‌یابی حیات است. همه جانداران از یاخته تشکیل شده‌اند. ویروس‌ها به دلیل نداشتن سلول، موجود زنده محسوب نمی‌شوند!
- ۲- بافت: تعدادی یاخته از یک نوع یا چند نوع متفاوت! یک بافت را به وجود می‌آورند. برخی از بافت‌های پوششی یک نوع و بافت پیوندی سست چند نوع سلول دارد!
- ۳- اندام: هر اندام از چند بافت مختلف تشکیل می‌شود؛ مانند استخوانی که در اینجا نشان داده شده است. هر اندام پانزری قطعاً چهار نوع بافت اصلی را دارد!
- ۴- دستگاه: هر دستگاه از چند اندام تشکیل شده است؛ مثلاً دستگاه حرکتی از ماهیچه‌ها و اسکلت شامل استخوان‌ها، غضروف‌ها، مفاصل و ... تشکیل شده است.
- ۵- فرد: جاندار پرسلولی مانند این گوزن، فردی از یکی از جمعیت‌های گونه گوزن‌هاست. در جانداران تک‌سلولی این سطح با سطح اول سازمان‌یابی یکسان است!
- ۶- جمعیت: افرادی از یک گونه که در زمان و مکانی خاص زندگی می‌کنند، یک جمعیت را به وجود می‌آورند. هر گونه از یک یا چند جمعیت تشکیل شده است.
- ۷- اجتماع: جمعیت‌های گوناگونی از گونه‌های مختلف که با هم تعامل دارند، یک اجتماع را به وجود می‌آورند. افراد جمعیت از یک گونه ولی افراد اجتماع از چند گونه‌اند.
- ۸- بوم‌سازگان: عوامل زنده (اجتماع) و عوامل غیر زنده محیط و تأثیرهایی که بر هم می‌گذارند، بوم‌سازگان را می‌سازند. اجتماع + عوامل غیر زنده + تأثیرات متقابل
- ۹- زیست‌بوم: زیست‌بوم از چند بوم‌سازگان تشکیل می‌شود که از نظر اقلیم (آب و هوا) و پراکندگی جانداران مشابه‌اند. چند بوم‌سازگان مشابه از نظر اقلیم و پراکندگی
- ۱۰- زیست‌کره: زیست‌کره شامل همه زیست‌بوم‌های روی کره زمین است. تاکنون در دنیا فقط یک زیست‌کره شناسایی شده است!

**یادآوری تعریف گونه:** به گروهی از جانداران گفته می‌شود که به هم شبیه بوده و می‌توانند از طریق تولیدمثل، زاده‌هایی شبیه خود با قابلیت زنده ماندن (زیست) و قابلیت تولیدمثل (زایا) به وجود آورند. جمعیت‌های برفی از گونه‌ها، مانند گیاهان زراعی، در بسیاری از نقاط دنیا پراکنش دارند. این گونه‌ها را **بهران وطنی** می‌گویند. در عوض برفی از گونه‌ها، جمعیت‌های کمی دارند که فقط در نقاط خاصی از دنیا قرار دارند. این گونه‌ها را **بوم‌زاد** می‌گویند. مانند لاله واژگون و سمندر لرستانی. برفی از گونه‌ها نیز در کل دنیا فقط یک جمعیت دارند، مانند گونه‌ای از گون به نام *Astragalus veiskaramii*

**د) هم‌ایستایی (هومئوستازی):** محیط اطراف جانداران همواره در تغییر است؛ اما جاندار می‌تواند وضع درونی پیکر خود را در محدوده ثابتی نگه دارد؛ مثلاً وقتی سدیم خون افزایش می‌یابد، دفع آن از طریق ادرار زیاد می‌شود. مجموعه اعمالی را که برای پایدار نگه داشتن وضعیت درونی پیکر جاندار انجام می‌شود **هم‌ایستایی (هومئوستازی) می‌نامند**. هم‌ایستایی از ویژگی‌های اساسی همه جانداران است.

**تقسیم‌بندی جانداران:**



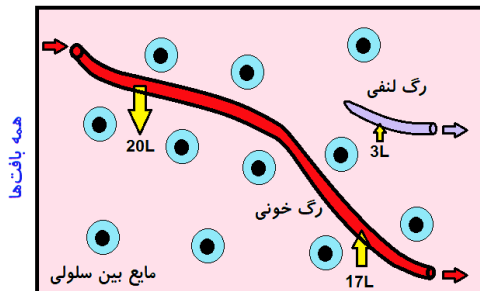
جانداران به دو گروه **تک‌سلولی** و **پرسلولی** تقسیم می‌شوند:

گروه **اول** (جانداران تک‌سلولی): همه باکتری‌ها، اغلب آغازیان و برفی از قارچ‌ها تک‌سلولی هستند. در تک سلول‌ها پیکر درونی همان سیتوپلاسم است!  
گروه **دوم** (جانداران پرسلولی): همه جانوران و همه گیاهان و اغلب قارچ‌ها پرسلولی متسوب می‌شوند. در پرسلول‌ها علاوه بر سیتوپلاسم سلول‌ها، بخش‌های دیگری هم ممکن است جزء پیکر درونی به حساب بیایند.

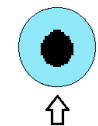
مثلاً در مهره‌دارانی مانند انسان **فون**، **لنف** و **مایع بین سلولی** یا آب میان‌باقعی نیز بخش‌های دیگر پیکر درونی هستند و می‌بایست ترکیبات موجود در آنها در متدوده ثابتی نگه‌داری شود. مایع بین سلولی از پلاسمای فون منشأ می‌گیرد و مایع لنفی نیز از مایع بین سلولی به وجود می‌آید!

**فضای بین سلولی:** در همه بافت‌های بدن انسان فضای بین سلولی را **مایع بین سلولی** یا آب میان‌باقعی! پر کرده است. در بافت‌های پیوندی، علاوه بر مایع بین سلولی، ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی نیز در این فضا یافت می‌شوند. این دو نوع ماده را سلول‌های بافت پیوندی ساخته و در این فضا رها نموده‌اند.

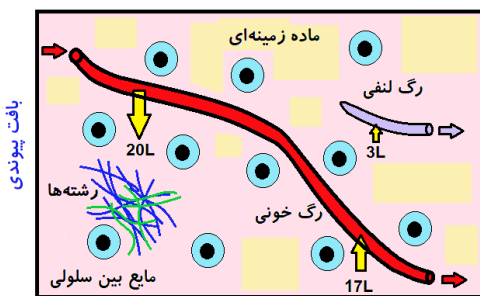
**پرسلولی‌ها (جانوران)**



**تک‌سلولی‌ها**



در تک‌سلولی‌ها: پیکر درونی فقط سیتوپلاسم است. در پرسلولی‌ها (مانند انسان): پیکر درونی علاوه بر سیتوپلاسم، شامل خون، لنف و مایع بین سلولی است. مایع بین سلولی و لنف از پلاسمای منشأ می‌گیرند.



بافت‌های پیوندی، علاوه بر مایع بین سلولی در فضای بین سلول‌های خود، ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی هم دارند. ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی توسط سلول‌های بافت پیوندی ساخته می‌شوند.

**رشد و نمو:** جانداران رشد و نمو می‌کنند. رشد به معنی بزرگ شدن و شامل افزایش برگشت‌ناپذیر ابعاد یا تعداد یاخته‌هاست. نمو به معنی عبور از مرحله‌ای به مرحله دیگری از زندگی است؛ مثلاً تشکیل اولین برگ و اولین گل در گیاه، نمونه‌ای از نمو است.

لازم به ذکر است، اولین برگ در دوره جنینی گیاه و در دانه و اولین گل در مرحله بلوغ گیاه به وجود می‌آیند!

**رشد:** این فرایند به صورت تعدادی و ابعادی رخ می‌دهد. رشد ابعادی باید تماماً برگشت‌ناپذیر باشد! به عنوان مثال تورژسانس رشد متسوب نمی‌شود.

+ رشد در سطح سلول، اندام و فرد اتفاق می‌افتد.

**تمایز:** در پرسلولی‌ها در ضمن فرایند رشد تعدادی، در بین سلول‌های به وجود آمده، تقسیم کار رخ می‌دهد. این پدیده سبب تشکیل بافت‌های مختلف می‌گردد.

در تمایز از سلول‌هایی با ژن‌های یکسان، سلول‌هایی متفاوت به وجود می‌آید. می‌توان گفت در پدیده تمایز، هر سلول ژن‌های خاصی را روشن می‌کند!

+ تمایز اغلب در سطح سلول اتفاق می‌افتد. هر چند این پدیده در کتب دبیرستان، در سطح بافت، اندام و حتی فرد هم به کار برده شده است!



**نمو:** مجموع رشد به علاوه تمایز باعث شکل‌گیری پدیده نمو می‌شود. به عبارت دیگر در صورت رشد تعدادی و تمایز، بخش‌های جدیدی در جانداران به وجود می‌آید که تا به حال وجود نداشته‌اند. این پدیده همان نمو است.

+ نمو در سطح اندام به کار می‌رود. هر چند این پدیده در کتب دبیرستان، در سطح سلول، بافت، دستگاه و حتی فرد هم به کار برده شده است!

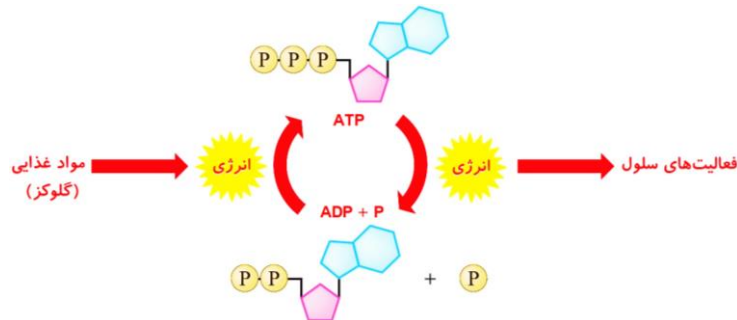
۱۴) **فرایند جذب و استفاده از انرژی:** جانداران از مواد غذایی، نور خورشید و ... انرژی می‌گیرند؛ از آن برای انجام فعالیت‌های زیستی خود استفاده می‌کنند و بخشی از آن را به صورت گرما از دست می‌دهند؛ مثلاً گنجشک غذا می‌خورد و از انرژی آن برای گرم کردن بدن و نیز برای پرواز و جست‌وجوی غذا استفاده می‌کند.

**سوخت رایج سلول‌ها قند گلوکز و انرژی رایج آنها انرژی شیمیایی موجود در مولکول‌های ATP است.** از سوختن گلوکز، انرژی آزاد می‌شود. این انرژی باعث سافته شدن مولکول‌های ATP از ADP و P می‌شود. انرژی ذخیره شده در مولکول‌های ATP صرف انجام کارهای سلول می‌شود.  
+ جانوران به دو منظور از مواد غذایی استفاده می‌کنند:

۱) **کسب انرژی:** کربوهیدرات‌ها و لیپیدهای موجود در مواد غذایی به مصرف تولید انرژی می‌رسند.

۲) **ماده‌سازی:** پروتئین‌های موجود در مواد غذایی برای رشد و نمو مورد استفاده واقع می‌شوند.

+ گیاهان فقط به منظور ماده‌سازی از مواد غذایی استفاده می‌کنند. این جانداران معمولاً انرژی را از نور خورشید کسب می‌کنند.



۱۵) **پاسخ به محیط:** همه جانداران به محرک‌های محیطی پاسخ می‌دهند؛ مثلاً ساقه گیاهان تحت تأثیر هورمون اکسین به سمت نور خم می‌شود. **سیاه شدن پوست** در یک فرد سفیدپوست بر اثر آفتاب‌سوختگی، نوعی پاسخ به محیط است. این رویداد، در یک فرد، در زمان حال، با سرعت بالا و به صورت قابل مشاهده (مستقیم یا غیر مستقیم) رخ می‌دهد!

۱۶) **تولیدمثل:** جانداران موجوداتی کم و بیش شبیه خود را به وجود می‌آورند. یوزپلنگ همیشه از یوزپلنگ زاده می‌شود.

تولیدمثل در برخی از افراد جمعیت و در شرایط خاص رخ می‌دهد! بر اثر تولیدمثل غیرجنسی، زاده‌های حاصل کاملاً مشابه همدیگر و مشابه والد خود خواهند بود.

۱۷) **سازش با محیط:** همه جانداران ویژگی‌هایی دارند که برای سازش و ماندگاری در محیط، به آنها کمک می‌کنند؛ مانند موهای سفید خرس قطبی. **سیاه بودن جمعیت سیاه‌پوستان** در آفریقا، نوعی سازش با محیط است. این رویداد، در یک جمعیت، در زمان گذشته، با سرعت آهسته و به صورت غیر قابل مشاهده (مستقیم یا غیر مستقیم) رخ داده است!

## مولکول‌های زیستی

در جانداران مولکول‌هایی وجود دارند که در دنیای غیر زنده دیده نمی‌شوند. این مولکول‌ها جزء مواد آلی هستند. کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها چهار گروه اصلی مولکول‌های تشکیل دهنده یاخته‌اند و در حالت طبیعی فقط در درون سلول‌های جانداران ساخته می‌شوند. این مولکول‌ها، **مولکول‌های زیستی** نیز نامیده می‌شوند. در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم.

**مولکول‌های تشکیل دهنده پیکر جانداران:** در موجودات زنده دو نوع مولکول وجود دارد:

۱) **مولکول‌های معدنی:** مانند آب، کربن دی‌اکسید، اکسیژن، نمک‌ها و ... که در دنیای غیر زنده هم یافت می‌شوند.

۲) **مولکول‌های آلی:** مانند اسیدها، آلی، آمینواسیدها، الکل‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها و ... که فقط در دنیای زنده وجود دارند.

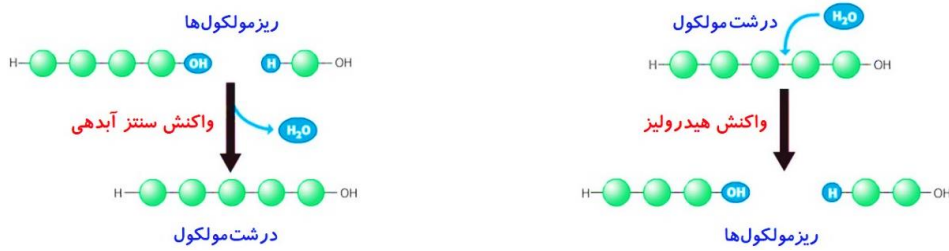
+ چهار گروه از مولکول‌های آلی یعنی کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها را مولکول‌های زیستی می‌گویند.

**دو واکنش مهم زیستی:** این دو واکنش باعث تشکیل یا تجزیه مولکول‌های زیستی می‌شوند:

**سنتر آبدی:** که در آن ریزمولکول‌ها (یا مونومرها!) با تشکیل پیوند کوالانسی به یکدیگر متصل شده و درشت‌مولکول‌ها (یا پلی‌مرها!) را می‌سازند. در این واکنش‌ها آب تولید می‌شود. همه این واکنش‌ها، **انرژی‌فواره** بوده و انرژی خود را از مولکول‌های ATP تأمین می‌کنند.

**هیدرولیز یا آب‌کافت:** که در آن درشت‌مولکول‌ها (یا پلی‌مرها!) با شکسته شدن پیوند کوالانسی از یکدیگر جدا شده و ریزمولکول‌ها (یا مونومرها!) را می‌سازند. در این واکنش‌ها آب مصرف می‌شود.

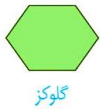
لازم به ذکر است، هر دو واکنش فوق در حالت عادی با دفالت آنزیمها و معمولاً در درون سلولها انجام می‌شوند.



## کربوهیدراتها

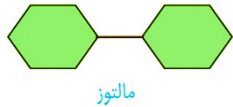
این مولکولها از سه عنصر کربن (C) هیدروژن (H) و اکسیژن (O) ساخته شده‌اند و نقش‌های متعددی از جمله نقش **ساقتمانی**، نقش **تغذیه‌ای**، نقش **ذخیره‌ای** و ... در سلولها ایفا می‌کنند. کربوهیدراتها سه گروه هستند.

۱) **مونوساکاریدها** ساده‌ترین کربوهیدراتها هستند. **گلوکز** (قند انگور) و **فروکتوز** (قند میوه) مونوساکاریدهایی با **شش کربن** اند. این دو نوع قند در گیاهان به وسیله فرایند **فتوسنتز** ساخته می‌شوند. در جانوران به عنوان **غذا** مورد استفاده واقع می‌شوند و در صورت سوختن کامل، می‌توانند حداکثر ۳۱ مولکول ATP تولید کنند. **ریبوز** مونوساکاریدی با **پنج کربن** است. این قند در ساقتمان **ATP** و برفی از نوکلئیک‌اسیدها (**RNA**) به کار می‌رود (شکل ۴).



شکل ۴- مونوساکارید واحد ساختاری قندهاست. به عبارت دیگر بقیه قندها از تعدادی مونوساکارید به وجود می‌آیند که با واکنش **سنتز آبدی** به هم متصل شده‌اند.

۲) **دی‌ساکاریدها** از ترکیب دو مونوساکارید با واکنش **سنتز آبدی** تشکیل می‌شوند. **شکر** و **قندی** که می‌خوریم، دی‌ساکاریدی به نام **ساکارز** (قند نیشکر) هستند. ساکارز پس از ایجاد پیوند کوالانسی بین یک مولکول گلوکز و یک مولکول فروکتوز تشکیل می‌شود. **مالتوز** (قند جو) دی‌ساکارید دیگری است که پس از ایجاد پیوند کوالانسی بین دو مولکول گلوکز تشکیل می‌شود. این قند در **جوانه گندم** و **بوانه جو** وجود دارد (شکل ۵). **لاکتوز** دی‌ساکارید دیگری است که به **قند شیر** نیز معروف است. این دی‌ساکارید هم از ترکیب یک مولکول گلوکز و یک مولکول گالاکتوز تشکیل می‌شود. ساکارز و مالتوز برای گیاهان نقش **ذخیره‌ای** و هر سه نوع برای جانوران نقش **تغذیه‌ای** دارند.



شکل ۵- مالتوز نوعی دی‌ساکارید است که پس از ایجاد پیوند کوالانسی بین دو مولکول **گلوکز** تشکیل می‌شود.

همان‌طور که گفته شد، دی‌ساکاریدها مانند ساکارز (قند شکر)، مالتوز (قند جو) و لاکتوز (قند شیر) که از پیوند کوالانسی بین دو مولکول مونوساکارید و به صورت زیر به وجود می‌آیند:

مالتوز  $\approx$  گلوکز + گلوکز

ساکارز  $\approx$  فروکتوز + گلوکز

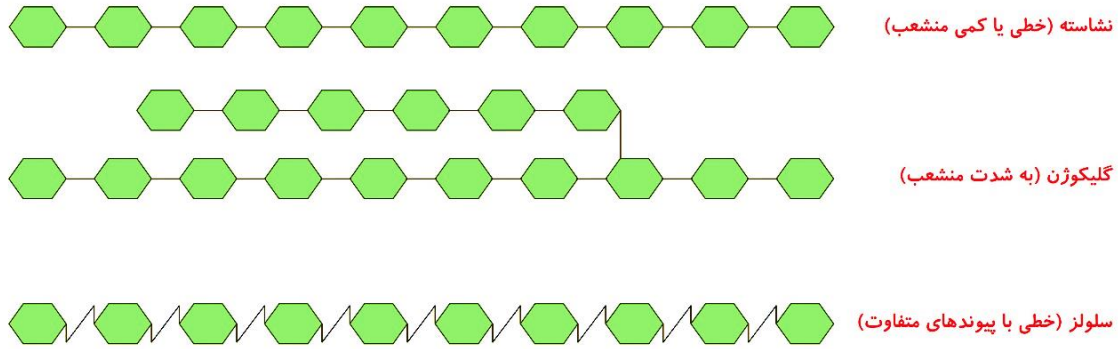
لاکتوز  $\approx$  گالاکتوز + گلوکز

۳) **پلی‌ساکاریدها** از ترکیب چندین مونوساکارید با واکنش **سنتز آبدی** ساخته می‌شوند. **نشاسته**، **سلولز** و **گلیکوژن** پلی‌ساکاریدند. این پلی‌ساکاریدها از تعداد فراوانی مونوساکارید **گلوکز** (فقط!) تشکیل شده‌اند. نشاسته و سلولز در گیاهان ولی گلیکوژن در جانوران و قارچها یافت می‌شوند. **نشاسته**: نشاسته در غده‌های **سیب‌زمینی** و دانه **غلات** مانند گندم، جو، برنج و ذرت وجود دارد. بنابراین می‌توان گفت این مولکول در گیاهان نقش **ذخیره‌ای** و برای جانوران نقش **تغذیه‌ای** دارد. آیا روش تشخیص نشاسته را به یاد می‌آورید؟ بله، ترکیبات **یُددار** مانند **لوکوال** که رنگ قهوه‌ای دارند، در حضور نشاسته تغییر رنگ داده و به رنگ **آبی** تیره دیده می‌شوند!

**سلولز**: سلولز از پلی‌ساکاریدهای مهم در طبیعت است. این پلی‌ساکارید در دیواره سلولهای گیاهی به صورت **لایه‌لایه** یافت می‌شود. بنابراین در گیاهان نقش **ساقتمانی** دارد! سلولز ساخته شده در گیاهان در **کاغذسازی** و **تولید انواعی از پارچه‌ها** (پارچه‌های پنبه‌ای) به کار می‌رود. به دلیل وجود میکروبهایی هم‌زیست در لوله گوارش علف‌خواران، سلولز برای جانورانی مانند گاو، گوسفند، اسب و ... به عنوان غذای اصلی استفاده می‌شود. بنابراین این پلی‌ساکارید برای جانوران علف‌خوار نقش **تغذیه‌ای** دارد. در حالی‌که در انسان به دلیل عدم وجود آنزیم **سلولاز** نقش **تغذیه‌ای** ندارد. البته رشته‌های سلولزی موجود در میوه‌ها و سبزیجات که انسان مصرف می‌کند، به دلیل افزایش حجم مدفوع، دفع آن را راحت‌تر نموده و مانع از بروز بیماری‌هایی مانند **یبوست** و **سرطان** روده بزرگ می‌شود.

**گلیکوژن**: **گلیکوژن** فقط در جانوران و قارچها از اتصال تعداد زیادی گلوکز و با واکنش **سنتز آبدی** ساخته می‌شود. این پلی‌ساکارید در سلولهای **کبد** و **ماهیچه** وجود دارد و منبع **ذخیره گلوکز** در جانوران است. می‌توان گفت سلولهای جانوران و قارچها با جذب مولکولهای گلوکز از محیط زندگی خود، آنها را در درون سلولهای خود به صورت گلیکوژن در آورده و درون خود **ذخیره** می‌کنند. هر وقت این سلولها به انرژی نیاز داشته باشند، دوباره گلیکوژن را در درون سلولها **تجزیه** نموده و گلوکز آزاد می‌کنند تا در **تنفس سلولی** آن را اکسید نموده و از انرژی آن استفاده کنند. بنابراین گلیکوژن در این سلولها نقش **ذخیره گلوکز** را ایفا می‌کند.



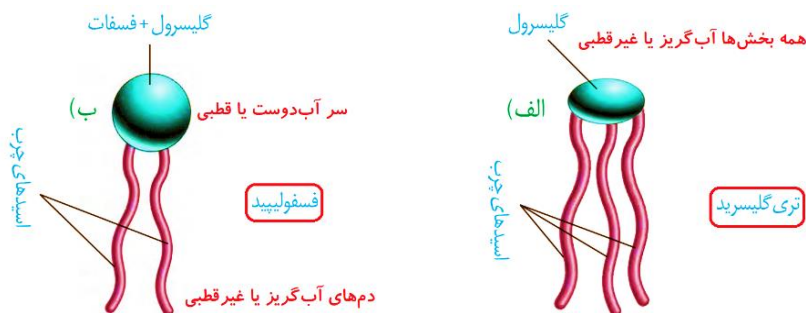


## لیپیدها

این ترکیبات نیز از سه عنصر **کربن**، **هیدروژن** و **اکسیژن** ساخته شده‌اند؛ گرچه **نسبت** این عناصر در لیپیدها با نسبت آنها در کربوهیدرات‌ها **فرق** می‌کند. لیپیدها انواع **متنوعی** دارند. سه نوع از آنها عبارتند از:

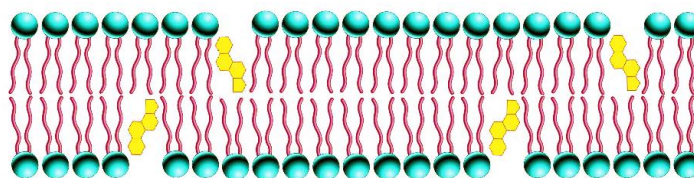
(۱) **تری‌گلیسریدها**: از انواع لیپیدها هستند. هر تری‌گلیسرید از یک مولکول **گلیسرول** و سه مولکول **اسید چرب** که با پیوند کووالانسی و از طریق سنتز آبدی به آن متصل شده‌اند، تشکیل شده است (شکل ۶- الف). **روغن‌ها** و **چربی‌ها** انواعی از تری‌گلیسریدها هستند. بنابراین چربی و روغن با لیپید مترادف نبوده و با تری‌گلیسرید مترادف هستند؛ روغن‌ها در دمای معمولی مایع و چربی‌ها جامد هستند. تری‌گلیسریدها در **ذخیره انرژی** هم در گیاهان و هم در جانوران نقش مهمی دارند. انرژی تولید شده از یک گرم تری‌گلیسرید حدود **دو برابر** انرژی تولید شده از یک گرم کربوهیدرات است. این مولکول‌ها در جانوران در **درون** سلول‌های بافت چربی ذخیره شده و به عنوان منبع ذخیره انرژی، **ضربه‌گیر** و **عایق حرارتی** عمل می‌کنند. هم‌چنین در دانه‌های روغنی مانند آفتابگردان، بادام زمینی، کلزا و ... هم به عنوان **ذخیره دانه** برای رشد گیاهچه وجود دارند.

(۲) **فسفولیپیدها**: گروه دیگری از لیپیدها هستند و علاوه بر سه عنصر فوق دارای **فسفر (P)** هم هستند. این ترکیبات **بخش اصلی تشکیل دهنده غشای** **یاخته‌ای** در همه جانداران هستند. ساختار فسفولیپیدها **شبهه** تری‌گلیسریدها است، با این **تفاوت** که مولکول گلیسرول در فسفولیپیدها به **دو** مولکول **اسید چرب** و یک **گروه فسفات** متصل می‌شود (شکل ۶- ب). بنابراین فسفولیپیدها در همه سلول‌ها، نقش **ساختمانی** دارند.



شکل ۶- الف) تری‌گلیسرید، ب) فسفولیپید

(۳) **کلسترول**: لیپید دیگری است که در آن سه تعلقه آلی شش‌ضلعی و یک تعلقه آلی پنج‌ضلعی مشاهده می‌شود. این لیپید در **ساخت** غشای یاخته‌های **جانوری** و نیز انواعی از **هورمون‌ها** مانند هورمون‌های **استروئیدی** نظیر **استروژن**، **پروژسترون**، **تستوسترون**، **آلدوسترون** و **کورتیزول** شرکت می‌کند. بنابراین کلسترول هم همانند فسفولیپیدها در سلول‌های جانوری (فقط) نقش **ساختمانی** دارند.

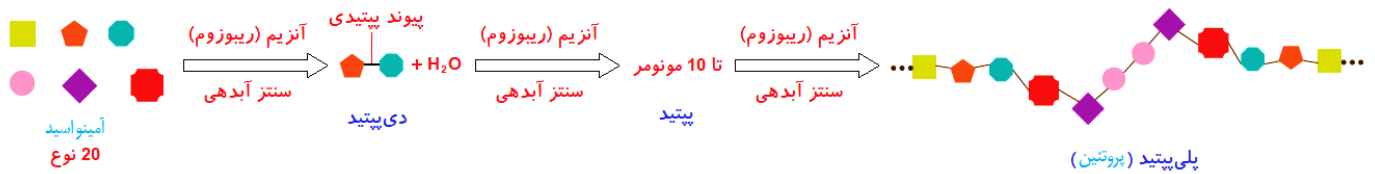


غشای سلول جانوری با دو لایه فسفولیپید و کلسترول

## پروتئین‌ها

این مولکول‌ها علاوه بر **کربن**، **هیدروژن** و **اکسیژن**، **نیتروژن (N)** و در برخی گوگرد (S) نیز دارند. پروتئین‌ها پلی‌مرهای **خطی** هستند که با کمک **ریبوزوم‌ها** در واکنش **سنتز آبدی** و از به هم پیوستن واحدهایی به نام **آمینواسید**، تشکیل می‌شوند (شکل ۷). آمینواسیدها، مونومرهایی هستند که انواع **زیادی** دارند اما در همه جانداران فقط **۲۰** نوع از آنها در ساختمان **پروتئین‌ها** به کار می‌روند.

اصطلاحات رایج در مورد پروتئین‌ها: هر گاه دو آمینواسید به وسیله پیوند پپتیدی به هم متصل شوند یک دی‌پپتید به وجود می‌آید. اگر تعداد آمینواسیدهای شرکت کننده در واکنش سنتز آبدی کمتر از ده عدد باشد ترکیب حاصل یک پپتید است. در ساختمان پلی‌پپتید، تعداد زیادی آمینواسید با ترتیب و تکرارهای متفاوت! به کار رفته است. یک یا چند پلی‌پپتید می‌توانند به گونه‌ای به هم پیوسته و یک ساختار فضایی و سه بعدی برای انجام یک کار خاص به وجود بیاورند که پروتئین نامیده می‌شود!

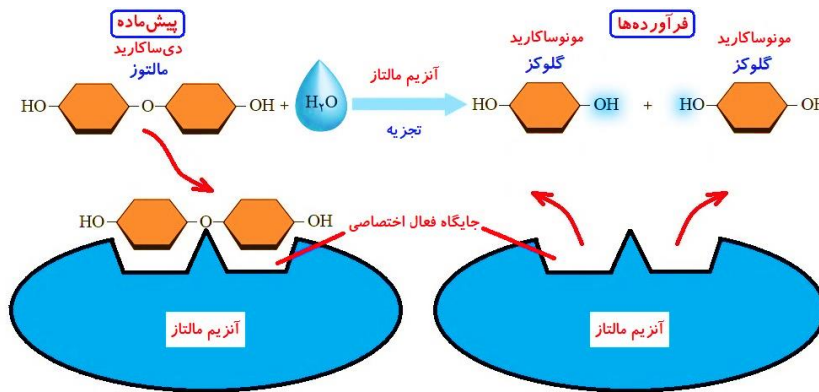


فرق پلی‌پپتید و پروتئین: در پروتئین ممکن است یک یا چند پلی‌پپتید وجود داشته باشند که به هم پیچ خورده و یک ساختار فضایی به وجود آورده باشند.



پروتئین‌ها کارهای متفاوتی انجام می‌دهند:

(۱) انقباض ماهیچه به وسیله اکتین و میوزین، (۲) انتقال مواد در خون به وسیله هموگلوبین و (۳) کمک به عبور مواد از غشای باخته و (۴) عملکرد آنزیمی از کارهای پروتئین‌هاست. آنزیم‌ها اغلب! مولکول‌های پروتئینی‌اند که در ساختار سه بعدی خود مکانی برای قرار گرفتن پیش‌ماده و تبدیل آن به فرآورده دارند! این مکان را جایگاه فعال آنزیم می‌گویند. این مولکول‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی مانند سنتز آبدی و هیدرولیز! را در بدن جانداران افزایش می‌دهند و در پایان واکنش، تقریباً دست نرفته باقی می‌مانند. نقش‌های دیگر پروتئین‌ها عبارتند از: (۵) نقش گیرنده، (۶) نقش ساختاری، (۷) نقش هورمونی و (۸) نقش تنظیمی.



## نوکلئیک اسیدها

مولکول دنا (DNA) به شکل نردبان مارپیچ که در سال‌های قبل با آن آشنا شده‌اید، یک نوع نوکلئیک اسید است. مولکول RNA نوع دیگری از آنهاست. اطلاعات وراثتی در دنا ذخیره می‌شوند (شکل ۸). این مولکول‌ها علاوه بر کربن، هیدروژن و اکسیژن، نیتروژن و فسفر (P) نیز دارند.



شکل ۸- مولکول دنا

نوکلئیک اسیدها از اجتماع تعداد زیادی نوکلئوتید به وجود می‌آیند. در ساختمان DNA چهار نوع نوکلئوتید وجود دارد که عبارتند از: A, T, C, G    A=T, C=G

این مولکول‌ها از به هم پیوستن تعداد زیادی مونومر به نام نوکلئوتید ساخته می‌شوند. نوکلئوتیدها ۵ نوع باز آلی نیتروژن‌دار در ساختمان خود دارند که آنها را با A (آدنین)، G (گوانین)، C (سیتوزین)، T (تیمین)

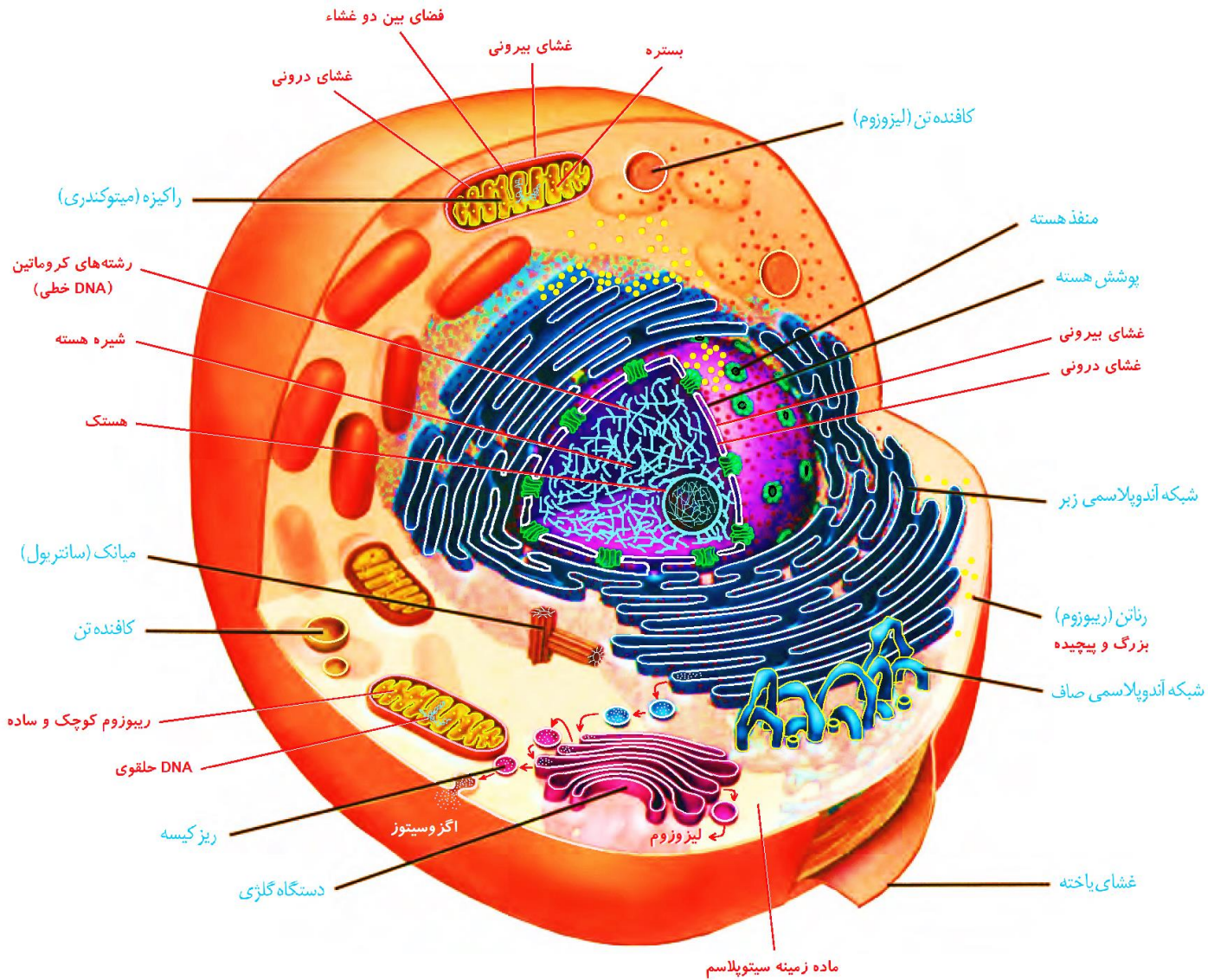
و U (یوراسیل) نمایش می‌دهند. باز آلی T (تیمین)، مخصوص DNA و باز آلی U (یوراسیل)، مخصوص RNA است. در واقع رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی از به هم پیوستن تعداد زیادی نوکلئوتید شکل گرفته‌اند. مولکول‌های DNA از دو و مولکول‌های RNA از یک رشته پلی‌نوکلئوتید ساخته شده‌اند. در سلول‌های یوکاریوتی که هسته واقعی دارند بیشتر ماده وراثتی در هسته واقع شده است. این مولکول‌ها دستور ساخت پروتئین‌ها را با واسطه RNA صادر می‌کنند. به همین خاطر RNAها هم در هسته و هم در



سیتوپلاسم حضور دارند. مولکول‌های RNA دستورات مولکول DNA را به ریبوزوم‌ها منتقل نموده تا این اندامک‌ها با استفاده از آمینواسیدها، پروتئین‌ها را بسازند. همان‌طور که قبلاً گفته شد پروتئین‌ها نیز نقش اساسی در همه کارهای سلولی ایفا می‌کنند.

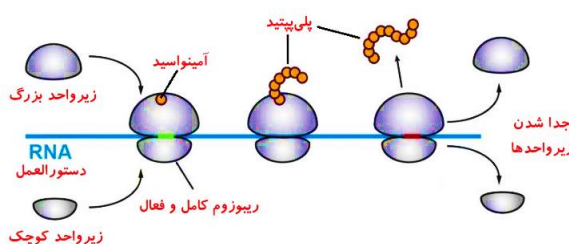


یاخته، واحد ساختار و عملکرد در جانداران است. در شکل ۹ بخش‌های تشکیل دهنده یک یاخته جانوری را می‌بینید. هر یک از بخش‌های یاخته چه کاری انجام می‌دهند؟ هسته حاوی DNA است. این مولکول دستورالعمل‌های حیات را در خود دارد. سیتوپلاسم حاوی اندامک‌ها است. اندامک‌های مختلف سلول کارهایی متفاوت انجام می‌دهند. غشاء دارای نفوذپذیری انتخابی است و کنترل ورود و خروج مواد را بر عهده دارد. می‌توان به سادگی گفت که این یاخته از سه بخش هسته، سیتوپلاسم و غشاء تشکیل شده است.



شکل ۹- یاخته جانوری و اندامک‌های مهم آن:

**نکته پالشی:** در کتاب‌های قدیمی‌تر، هسته را هم اندامک به حساب می‌آوردند! هم‌پنین ریبوزوم، سائتریول و سائترهای بدون غشاء نیز اندامک محسوب نمی‌شدند! اما در نظام جدید، هسته یکی از «بش»‌های اصلی سلول است و اندامک به شمار نمی‌آید. سائترهای بدون غشاء مانند ریبوزوم، سائتریول و ... هم اندامک بدون غشاء در نظر گرفته شده‌اند! رتائن (ریبوزوم): هر ریبوزوم از دو زیرواحد ساخته شده است. زیر واحد‌ها از تعدادی پروتئین و RNA و در یوکاریوت‌ها در درون هستک‌ها ساخته می‌شوند. این زیرواحد‌ها در سیتوپلاسم به هم ملحق شده و ریبوزوم فعال را به وجود می‌آورند. کار آنها ساختن پروتئین از روی دستورالعمل‌های DNA است. پروتئین‌ها با واکنش سنتز آبدی از آمینواسیدها به وجود می‌آیند.



ریبوزوم‌ها دو نوع هستند: الف) در سیتوپلاسم سلول‌های پروکاریوتی نوع «کوچک و ساده» آنها یافت می‌شود ب) در سلول‌های یوکاریوتی نوع «بزرگ و پیچیده» آنها در سه مکان از سلول یعنی غشای خارجی پوشش هسته، بر روی شبکه آندوپلاسمی زبر و به صورت آزاد در ماده زمینه سیتوپلاسمی یافت می‌شوند. جالب این‌که در این سلول‌ها، ریبوزوم‌های کوچک و ساده یا همان ریبوزوم‌های پروکاریوتی هم در بستره میتوکندری و پلاست یافت می‌شوند! بنابراین می‌توان گفت در یک سلول جانوری، ریبوزوم‌ها در چهار مکان و در یک سلول گیاهی در پنج مکان یافت می‌شوند.



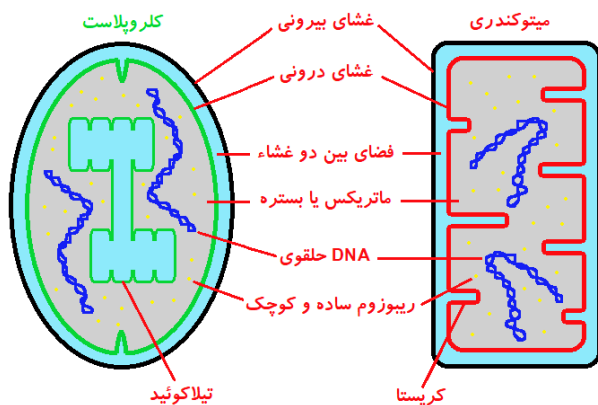
**شبکه آندوپلاسمی:** شبکه‌ای از لوله‌ها و کیسه‌ها که در سراسر سیتوپلاسم گسترش دارند و بر دو نوع زبر (دارای رتائن) و صاف (بدون رتائن) است. شبکه آندوپلاسمی زبر با همکاری ریبوزوم‌ها در ساختن پروتئین‌ها و شبکه آندوپلاسمی صاف در ساختن لیپیدها نقش دارد. همان‌طور که در شکل می‌بینید اجزای شبکه آندوپلاسمی صاف، لوله‌ای شکل و شبکه آندوپلاسمی زبر، کیسه‌ای شکل هستند. این لوله‌ها و کیسه‌ها به وسیله رابط‌هایی با هم ارتباط فیزیکی دارند.

لازم به ذکر است شبکه آندوپلاسمی زبر با غشای خارجی پوشش هسته در ارتباط است. به عبارت دیگر غشای خارجی پوشش هسته گسترش پیدا نموده و کیسه‌های این شبکه را به وجود آورده است! کیسه‌های این شبکه به موازات پوشش هسته قرار می‌گیرند. لوله‌های شبکه آندوپلاسمی صاف نیز به بخش از کیسه‌های شبکه آندوپلاسمی زبر متصل هستند. پروتئین‌های ساخته شده در شبکه آندوپلاسمی زبر از طریق وریکول‌ها به دستگاه گلژی رفته تا در آنجا تغییراتی در آنها رخ داده و آماده بسته‌بندی و ترشح شوند.

**دستگاه گلژی:** از کیسه‌هایی تشکیل شده است که روی هم قرار می‌گیرند و با هم ارتباط فیزیکی ندارند. این کیسه‌ها با وریکول‌های خارج شده از شبکه آندوپلاسمی زبر ارتباط داشته و در بسته‌بندی مواد و ترشح آنها به خارج یعنی اکروسیتوز از یاخته نقش دارد. پس می‌توان گفت کیسه‌های دستگاه گلژی که به شبکه آندوپلاسمی نزدیک هستند، به عنوان «پذیرنده» و کیسه‌های دورتر به عنوان «صادرکننده» عمل می‌کنند. وریکول‌های خارج شده از این دستگاه سه سرنوشته دارند: الف) با اکروسیتوز، محتویات خود را به خارج از سلول می‌فرستند. ب) در سلول‌های جانوری به لیزوزوم تبدیل می‌شوند. ج) در سلول‌های گیاهی به واکوئول مرکزی تبدیل می‌شوند.

**راکیزه (میتوکندری):** دو غشاء با چهار لایه فسفولیپید دارد و کار آن تأمین انرژی برای یاخته است. در واقع در این اندامک، تنفس سلولی انجام می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم سوخت رایج همه سلول‌ها، گلوکز است. این ماده در سیتوپلاسم و با کمک میتوکندری، اکسایش یافته و حدود ۳۰ مولکول ATP می‌سازد. مولکول اتیر نیز انرژی رایج درون سلول‌هاست و سلول برای همه واکنش‌های انرژی‌نوازه از آن استفاده می‌کند.

همان‌طور که در شکل نیز قابل مشاهده است، غشای بیرونی میتوکندری صاف و کوچک‌تر! و غشای درونی آن، چین‌خورده و بزرگ‌تر! است. فاصله بین دو غشاء را فضای بین دو غشاء و فضای درون غشای درونی را «بستره یا ماتریکس» می‌گویند. در درون بستره علاوه بر DNA حلوقی، ریبوزوم‌های کوچک و ساده هم وجود دارند. این اندامک مستقل از سلول و با تقسیم دوتایی تکثیر می‌شود. بر اساس نظریه درون‌همزیستی، وجود DNA حلوقی، ریبوزوم‌های کوچک و ساده، تقسیم دوتایی و ویژگی‌های دیگر باعث شده تا دانشمندان آنها را مشتق شده از پروکاریوت‌ها «باکتری‌های هوازی» در نظر بگیرند. بد نیست بدانیم پلاست‌های موجود در سلول‌های گیاهی و برخی از آغازیان مانند جلبک‌ها، هم ویژگی‌هایی مشابه با میتوکندری‌ها داشته و احتمالاً آنها هم بر اساس نظریه فوق، از پروکاریوت‌ها یعنی «باکتری‌های فتوسنتزکننده» به وجود آمده باشند.



**کافنده تن (لیزوزوم):** کیسه‌ای است که انواعی از آنزیم‌ها برای تجزیه انواع مواد دارد. این اندامک در سلول‌های جانوری و برخی از آغازیان وجود داشته و از دستگاه گلژی منشأ می‌گیرد. درون آن آنزیم‌های هیدرولیز کننده انواع مواد یعنی کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئازها یافت می‌شوند. لیزوزوم‌ها انواعی دارند:

- ۱) برخی از آنها می‌توانند به وریکول‌های متصل از آندوسیتوز که آنها را واکوئول غذایی می‌گویند متصل شده و محتویات داخل آن را تجزیه کنند (واکوئول کوارشی).
- ۲) نوعی دیگری از لیزوزوم‌ها با اتصال به اندامک‌های فرسوده، می‌توانند این اندامک‌ها را تجزیه کنند تا سلول بار دیگر از موم‌های آنها استفاده کند.
- ۳) در نمو جنینی نیز برخی از لیزوزوم‌ها باعث تجزیه برخی بافت‌ها و از بین بردن آنها می‌شوند. به عنوان مثال از بین رفتن بافت‌هایی که بین انگشتان دست و پا وجود دارد حاصل فعالیت لیزوزوم‌ها در این مناطق است. در واقع این نوع نمو به دنبال نوعی مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی رخ می‌دهد.

**میانک (سانتریول):** ساختار پروتئینی استوانه‌ای شکلی است که در سلول به تعداد دو عدد عمود بر هم دیده می‌شود و نقش آنها فقط در سلول‌های جانوری! تقسیم سلولی است. در واقع در سلول‌های جانوری، هر سانتریول از نه دسته سه‌تایی میکروتوبول یا ریزلوله از جنس پروتئین تشکیل شده است. این اندامک‌ها در سازماندهی (نه ساختن!) رشته‌های دوک تقسیم، فقط در سلول‌های جانوری شرکت دارند. لازم به ذکر است در بقیه سلول‌های یوکاریوتی، بدون حضور سانتریول‌ها هم پنهان دوک تقسیم تشکیل می‌شوند!

**ریزکیسه (وزیکول):** کیسه‌ای است که در جابه‌جایی مواد در یاخته نقش دارد.

وزیکول‌ها دو نوع هستند:

- ۱) نوعی از آنها از شبکه آندوپلاسمی زبر جوانه زده و محتویات خود را به دستگاه گلژی انتقال می‌دهند.
- ۲) نوع دیگری از آنها از دستگاه گلژی جوانه زده و می‌توانند سه سرنوشته را دنبال کنند:
  - + همان‌طور که گفته شد، در سلول‌های جانوران و برخی از آغازیان، عددهای از آنها به لیزوزوم تبدیل می‌شوند.
  - + در سلول‌های گیاهی و برخی از آغازیان عددهای از وزیکول‌ها به واکوئول مرکزی تبدیل می‌شوند.
  - + عددهای از وزیکول‌ها حاوی موادی هستند که پس از تماس وزیکول با غشای سلولی می‌توانند اکروسیتوز انجام داده و محتویات خود را به خارج از سلول ترشح کنند. حرکت وزیکول‌ها بر روی اسکلت سلولی انجام می‌شود!

**نکات تکمیلی در مورد سلول‌های گیاهی**

در شکل زیر بخش‌های گیاهی با رنگ سبز و بخش‌های جانوری با رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند.

ویژگی‌های سلول گیاهی: سلول گیاهی تقریباً همه بخش‌های سلول جانوری را دارد با این تفاوت که:

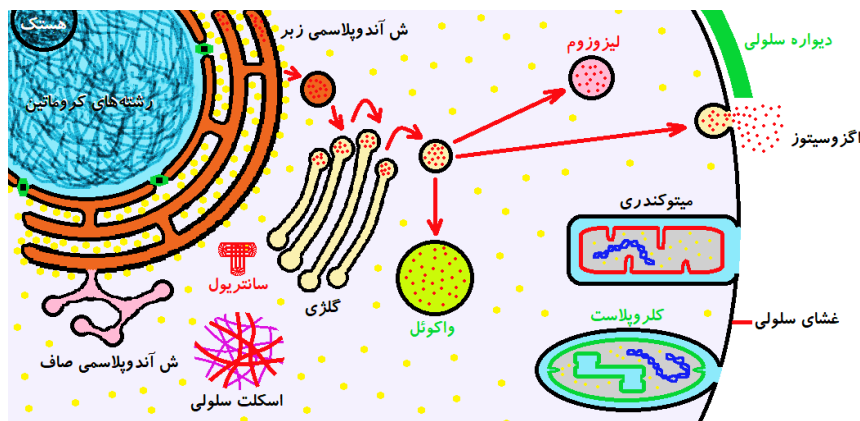
- ۱) سانتریول ندارد ولی بدون حضور سانتریول‌ها هم پنهان دوک تقسیم تشکیل می‌شود!

۱) لیزوزوم ندارد، اما آنزیم‌های گوارشی خود را درون واکنش‌های مرکزی نگه‌داری می‌کند.

۲) دارای پلاست هستند. همان‌طور که گفته شد این اندامک از لحاظ ساختاری و فرگشتی مشابه میتوکندری بوده اما در فتوسنتز نقش دارند.

۳) دارای واکنش‌های مرکزی بزرگ است که بیشتر حجم سلول بالغ و زنده را دربرگرفته و در آن موادی مانند آب، نمک‌ها، مواد سمی، مواد غذایی، مواد رنگی و ... ذخیره می‌شوند.

۴) در اطراف غشای آنها دیواره سلولی عمدتاً سلولزی با نقش حفاظتی وجود دارد. در این سلول‌ها همه بخش‌های سلول منهای دیواره را پروتوپلاست می‌گویند.



### نکات تکمیلی در مورد سلول‌های پروکاریوتی

ویژگی‌های سلول پروکاریوت‌ها باکتری‌ها ساختار نسبتاً ساده‌ای دارند. در آنها اندامک‌های پیچیده مانند یوکاریوت‌ها وجود ندارد. ویژگی‌های آنها عبارتند از:

۱) تاژک‌های آنها از نظر ساختار و عمل با تاژک یوکاریوت‌ها متفاوت است.

۲) پیلوس‌ها (پیلی) برای چسبیدن به سطوح مختلف و یا در تولیدمثل نقش دارند.

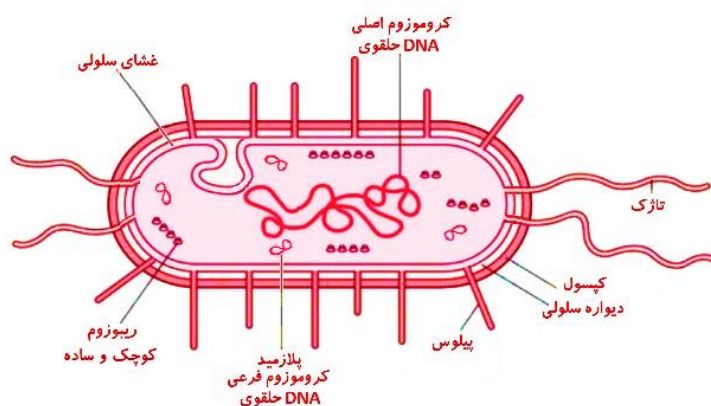
۳) برفلاف یوکاریوت‌ها در پروکاریوت‌ها یا باکتری‌ها هیچ اندامک غشاداری وجود ندارد، اما در آنها ریبوزوم وجود دارد.

۴) ماده وراثتی آنها به صورت مولکول یا مولکول‌های DNA حلقوی و بدون پوشش و متصل به غشای سلولی یافت می‌شود.

۵) در آنها فرآیندهایی مانند اسمز، انتشار ساده، انتشار تسهیل شده و انتقال فعال وجود دارد ولی فاقد اگزوسیتوز و آندوسیتوز هستند.

۶) اغلب آنها، همانند سلول‌های گیاهی در اطراف غشای خود دارای دیواره‌ای از جنس پپتیدوگلیکان هستند.

۷) برخی از باکتری‌های دیواره‌دار در اطراف دیواره خود دارای کپسول پلی‌ساکاریدی نیز هستند که باعث چسبیدن باکتری به سطوح و مقاوت در مقابل دستگاه ایمنی میزبان می‌شود.



### هسته

هسته شکل، اندازه و کار یاخته را مشخص و فعالیت‌های آن را کنترل می‌کند. در هسته، بیشتر DNA سلول به صورت DNA نطی و ترکیب با پروتئین به نام رشته‌های کروماتین قرار دارد. در سلول یوکاریوتی بقیه ماده وراثتی سلول در سیتوپلاسم وجود دارد. به عنوان مثال در بستره میتوکندری و کلروپلاست DNA حلقوی وجود دارد. دنا دارای اطلاعات لازم برای تعیین صفات وراثتی است.

هسته پوششی دو لایه (غشای داخلی و غشای بیرونی) دارد. به عبارت دیگر این پوشش دارای چهار لایه فسفولیپید است. غشای داخلی با شیره هسته و رشته‌های کروماتین در تماس است، در حالی که غشای بیرونی به شبکه آندوپلاسمی زبر متصل بوده و بر روی آن غشای ریبوزوم نیز وجود دارد. فضای بین دو غشای داخلی و خارجی با فضای شبکه آندوپلاسمی ادغام شده است. در این پوشش منافذی از جنس پروتئین وجود دارند که از طریق آنها ارتباط بین هسته و سیتوپلاسم برقرار می‌شود.

### نکاتی در مورد هسته سلولی

۱) سلول‌های پروکاریوتی: در سلول‌های پروکاریوت بخشی به نام هسته یافت نمی‌شود.

+ ماده وراثتی این سلول‌ها به صورت **برهنه** یا **آزاد** در سیتوپلاسم اما **متصل** به بخشی از غشای سلولی مشاهده می‌شود.  
 (ن) سلول‌های **یوکاریوتی**: برقی از آنها بدون هسته، برقی دارای یک هسته و برقی بیش از یک هسته دارند.  
 + برقی از سلول‌های یوکاریوتی، مانند گلبول‌های قرمز و آوندهای آبکش، در حالت بلوغ **فاقد** هسته هستند.  
 + برقی از سلول‌های یوکاریوتی ممکن است **دو** یا **چند** هسته داشته باشند.  
 x برقی از سلول‌های ماهیچه‌ای **قلب** دو هسته‌ای و همه سلول‌های ماهیچه **اسکلتی** چند هسته‌ای‌اند.

## سیتوپلاسم

سیتوپلاسم فاصله بین غشای یاخته و هسته را پُر می‌کند. سیتوپلاسم از دو بخش (۱) **اندامک‌ها** و (۲) **ماده زمینه** یا **سیتوسل** تشکیل شده است.  
**گروه‌بندی اندامک‌ها:** بر اساس کتاب درسی جدید! اندامک‌ها به **دو گروه** تقسیم می‌شوند:

**اندامک‌های بدون غشاء:** که گاهی آنها را **ساختارهای بدون غشاء** هم می‌گویند. این ساختارها عبارتند از: **ریبوزوم، سانتیریول (مخصوص جانوران) و اسکلت سلولی** شامل ریزشته‌ها و ریزلوله‌های پروتئینی که علاوه بر شکل دادن به سلول، سبب حرکت اندامک‌ها در درون سلول هم می‌شوند. از این اندامک‌ها یا ساختارها فقط ریبوزوم‌ها در پروکاریوت‌ها یافت می‌شوند.

**اندامک‌های غشاء‌دار:** که خود نیز دو دسته هستند. لازم به ذکر است هیچ کدام از این اندامک‌ها در سلول‌های پروکاریوت یافت نمی‌شوند.

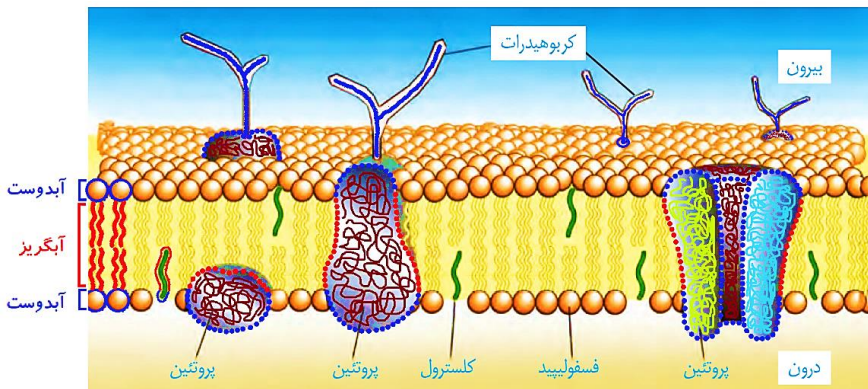
**دسته اول:** شامل شبکه آندوپلاسمی زبر و صاف، دستگاه کلژی، لیزوزوم، واکوئول و وزیکول‌ها هستند که با هم در ارتباط بوده و ساختاری به نام «دستگاه غشایی درونی» به وجود می‌آورند.

**دسته دوم:** شامل اندامک‌های **همزیست** هستند. این اندامک‌ها شامل **میتوکندری** و **پلاست** هستند که نوع **اغیر مخصوص** سلول‌های گیاهی و برقی از آغازیان مانند جلبک‌هاست.

ماده زمینه شامل **آب** و **مواد دیگر** مانند پروتئین‌ها است. هر یک از اندامک‌ها در سیتوپلاسم **کار ویژه‌ای** دارند (شکل ۹). در سال‌های بعد با بعضی از این اندامک‌ها بیشتر آشنا می‌شوید.

## غشای یاخته‌ای

اطراف یاخته را غشای یاخته‌ای احاطه کرده است. این غشا **مرز** بین درون یاخته و بیرون آن است. مواد گوناگون برای **ورود** به یاخته یا **خروج** از آن باید از این غشا عبور کنند. غشای یاخته، **نفوذپذیری انتخابی** یا **تراوایی نسبی** دارد؛ یعنی فقط برخی از مواد می‌توانند از آن عبور کنند. غشای یاخته از دو لایه مولکول‌های فسفولیپید تشکیل شده است که در آن مولکول‌های **پروتئین** و **کلیسترول** قرار دارند. همچنین انواعی از **کربوهیدرات‌ها** به مولکول‌های فسفولیپیدی و پروتئینی متصل‌اند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- غشای یاخته جانوری

نقاط آبی بخش‌های **آبدوست** و نقاط قرمز بخش‌های **آبگریز** را نشان می‌دهند!

**ترکیبات موجود در غشای سلولی:** در غشای سلولی سه نوع مولکول زیستی یافت می‌شود:

(۱) **لیپیدها:** این ترکیبات از بقیه مولکول‌های غشاء **فراوان‌تر** بوده و شامل **فسفولیپیدها** و **کلسترول** (فقط در سلول‌های جانوری) هستند. هر دو نوع مولکول در دو لایه غشا قرار می‌گیرند. بیشترین مولکول زیستی موجود در غشای سلولی همه جانداران فسفولیپیدها هستند. در ساختار غشاء **بیشتر** ضماست را **ده‌های آبگریز** فسفولیپیدها به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین می‌توان انتظار داشت مواد **غیر قطبی** و **مطلوب در چربی** مانند اکسیژن و کربن دی‌اکسید به راحتی بتوانند از غشاها عبور کنند.

(۲) **پروتئین‌ها:** این مولکول‌ها نیز خود دو دسته هستند:

**دسته اول:** پروتئین‌های **سراسری** که با هر دو لایه فسفولیپیدی غشاء در تماس هستند. این مولکول‌ها خود دو نوع هستند:

+ نوع اول **منفذدار** که برای عبور مواد مناسب هستند. **کانال‌های پروتئینی**، **گیرنده ناقل‌های عصبی** و **پمپ‌های غشایی** که در انتقال مواد از غشاء نقش دارند جز پروتئین‌های منفذدار محسوب می‌شوند. مواد **آبدوست** و قطبی مانند یون‌ها فقط از طریق این منافذ عبور می‌کنند. لازم به ذکر است همراه همه این مواد، مولکول‌های **آب** هم از عرض غشای سلولی عبور می‌کند.



+ نوع دوم توپر که در غشای سلولی نقش **استقامی و سافتمانی** ایفا می‌کنند!

**دسته دوم:** پروتئین‌های غیر سراسری که فقط با یک لایه فسفولیپیدی غشاء در تماس هستند. این پروتئین‌ها نیز دو نوع هستند:

+ نوع اول فقط با لایه بیرونی غشاء در تماس هستند. آنتی‌ژن‌های سطحی گروه **نوئی Rh** و گیرنده‌های آنتی‌ژنی لنفوسیت‌ها از این دسته هستند.

+ نوع دوم فقط با لایه درونی غشاء در تماس هستند. بیشتر آنها نقش آنزیمی ایفا می‌کنند.

**(۱۳) کربوهیدرات‌ها:** در غشاهای سلولی علاوه بر مولکول‌های زیستی فوق، پلی‌ساکاریدهای کوتاه و منشعب (شاخ گوزنی!) به برفی از پروتئین‌های غشایی و نیز به

سر آبدوست فسفولیپیدی غشاء متصل هستند. لازم به ذکر است این کربوهیدرات‌ها در حالت عادی همواره فقط با مولکول‌های لایه بیرونی در تماس هستند.

آنتی‌ژن‌های سطحی کلبول‌های قرمز یا همان آنتی‌ژن‌های **A و B** گروه نوئی از این کربوهیدرات‌ها مسوب می‌شود.

## ورود مواد به یاخته و خروج از آن

**انتشار ساده:** جریان مولکول‌ها از جای پرغلظت به جای کم‌غلظت (در جهت شیب غلظت) انتشار نام

دارد. نتیجه نهایی انتشار هر ماده، یکسان شدن غلظت آن در محیط است. مولکول‌ها به دلیل داشتن انرژی جنبشی می‌توانند منتشر شوند. بنابراین در صورتی که مواد به روش انتشار از غشا عبور کنند، یاخته انرژی مصرف نمی‌کند. مولکول‌هایی مانند اکسیژن و کربن دی‌اکسید که غیر قطبی و کوچک هستند با این روش از لایه‌های

مولکول‌های فسفولیپید غشاء عبور می‌کنند (شکل روبه‌رو - ۱۱).

نکاتی در مورد انتشار ساده

(۱) غیر اقتصادی عمل می‌کند.

(۲) در جهت شیب غلظت انجام می‌شود.

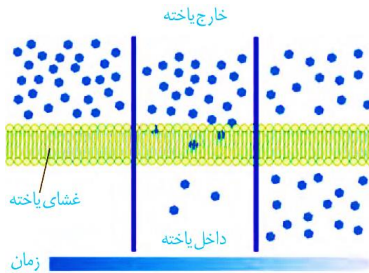
(۳) انرژی جنبشی باعث حرکت مواد می‌شود.

(۴) سلول برای این کار، انرژی زیستی مصرف نمی‌کند.

(۵) مولکول‌های غیر قطبی و کوچک با این روش از غشا عبور می‌کنند.

(۶) مواد از لایه‌های فسفولیپید غشای سلولی عبور می‌کنند. مانند عبور اکسیژن و کربن دی‌اکسید از غشای همه سلول‌ها

(۷) در همه انواع سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی قابل انجام است.



**انتشار تسهیل‌شده:** در این روش پروتئین‌های سراسری غشا، انتشار مواد را تسهیل

می‌کنند و مواد را در جهت شیب غلظت آنها، از غشا عبور می‌دهند (شکل روبه‌رو - ۱۲).

نکاتی در مورد انتشار تسهیل شده

(۱) اقتصادی عمل می‌کند.

(۲) در جهت شیب غلظت انجام می‌شود.

(۳) انرژی جنبشی باعث حرکت مواد می‌شود.

(۴) سلول برای این کار، انرژی زیستی مصرف نمی‌کند.

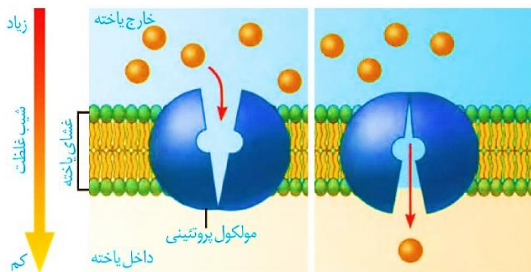
(۵) مولکول‌های قطبی و یون‌ها با این روش از غشا عبور می‌کنند.

(۶) به وسیله پروتئین‌های سراسری غشاء یا کانال‌ها انجام می‌شود. مانند کانال‌های نشتی و کانال‌های دریچه‌دار نورون‌ها

(۷) در ضمن عبور مواد، شکل مولکول‌های پروتئینی تغییر می‌کند.

(۸) در ضمن عبور مواد، مولکول‌های آب هم عبور می‌کنند.

(۹) در همه انواع سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی قابل انجام است.



**گذردگی (اسمز):** شکل روبه‌رو - ۱۳ را ببینید. در یک طرف غشای نازکی که نفوذپذیری

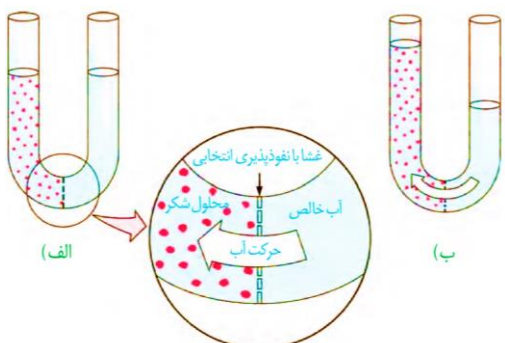
انتخابی یا تراوایی نسبی دارد، آب خالص و در طرف دیگر آن، محلول شکر وجود دارد. حجم مواد

در دو طرف غشا یکسان است. فقط مولکول‌های آب می‌توانند از غشا عبور کنند؛ در این حالت،

تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم، در سمت راست بیشتر است و این مولکول‌ها بیشتر به سمت

چپ منتشر می‌شوند. به انتشار آب از غشایی با تراوایی نسبی، اسمز می‌گویند.

فشار لازم برای توقف کامل اسمز، فشار اسمزی محلول نام دارد.



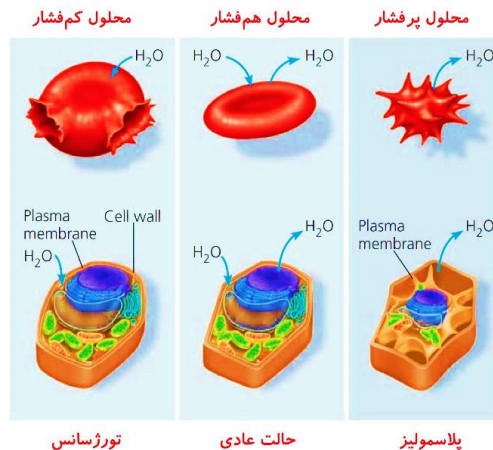
این فشار با فشار ناشی از نیروی جاذبه یا نیروی وزن که بر دیواره ظرف سمت راست وارد می‌شود برابر است!

هر چه تفاوت تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم، در دو سوی غشا بیشتر باشد، فشار اسمزی بیشتر است و آب سریع‌تر جابه‌جا می‌شود. نکته مهم: اگرچه جابه‌جایی آب از منافذ یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی همواره دوطرفه است، اما جابه‌جایی خالص آب از محیطی با فشار اسمزی کمتر به محیطی با فشار اسمزی بیشتر است.

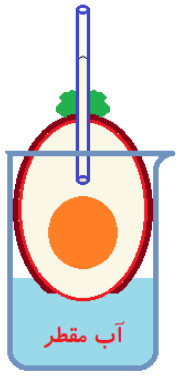
همان‌طور که در شکل می‌بینید در اثر اسمز، حجم محلول سمت چپ افزایش می‌یابد. آیا این پدیده برای یاخته‌ها در بدن ما هم رخ می‌دهد؟ خیر. آیا ممکن است ورود آب به درون یاخته در اثر اسمز موجب ترکیدن یاخته‌های بدن ما شود؟ خیر. فشار اسمزی مایع اطراف یاخته‌ها تقریباً مشابه درون آنهاست، در نتیجه آب بیش از حد وارد نمی‌شود و یاخته‌ها از خطر تورم و ترکیدن حفظ می‌شوند.

#### نکاتی در مورد اسمز

- ۱) اقتصاصی عمل می‌کند. (فقط آب!)
- ۲) در جهت شیب غلظت (آب) انجام می‌شود.
- ۳) انرژی جنبشی باعث حرکت آب می‌شود.
- ۴) سلول برای این کار، انرژی زیستی مصرف نمی‌کند.
- ۵) (فقط!) مولکول‌های آب با این روش از غشا عبور می‌کنند.
- ۶) عبور مولکول‌های آب از عرض غشا به دو طریق انجام می‌شود:
  - + از لابه‌لای مولکول‌های فسفولیپید!
  - + از طریق پروتئین‌های سراسری غشاء یا کانال‌های موسوم به «آکوپورین»‌ها
- ۷) تعداد مولکول‌های آب و ماده حل‌شونده در واحد حجم تعیین‌کننده فشار اسمزی است.
  - + هر چه تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم بیشتر باشد، فشار اسمزی کمتر است و برعکس.
  - + هر چه تعداد مولکول‌های ماده حل‌شونده در واحد حجم بیشتر باشد، فشار اسمزی بیشتر است و برعکس.
- ۸) در همه مراحل ابتدایی و پایانی اسمز، جابه‌جایی آب از عرض غشاء به صورت دو طرفه است.
- ۹) در ابتدا جابه‌جایی خالص مولکول‌های آب از راست به چپ بیشتر است و در نهایت مساوی خواهد بود.
- ۱۰) هیچ‌گاه تعداد مولکول‌های آب در مراحل مختلف اسمز در شکل کتاب در دو طرف ظرف U شکل برابر نخواهد شد!
- ۱۱) مولکول‌هایی که سلول‌ها می‌توانند در آنها قرار بگیرند، از نظر فشار اسمزی سه نوع هستند:
  - نکته مهم: جابه‌جایی آب بین مملول و سلول، همواره و در هر سه مملول دو طرفه است!
  - + مملول‌های کم‌فشار: در آنها تعداد مولکول‌های ماده حل‌شونده در واحد حجم نسبت به سیتوپلاسم سلول‌ها کم و تعداد مولکول‌های آب بیشتر است.
    - x اگر سلولی در این مملول‌ها قرار بگیرد، آب جذب نموده و دچار «تورژسانس» می‌شود. سلول‌های جانوری به دلیل نداشتن دیواره، ممکن است بترکند!
  - + مملول‌های هم‌فشار: در آنها تعداد مولکول‌های ماده حل‌شونده و تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم نسبت به سیتوپلاسم سلول‌ها یکسان است.
    - x اگر سلولی در این مملول‌ها قرار بگیرد، هیچ‌گونه تغییر حجمی در آن رخ نمی‌دهد، هر چند جابه‌جایی آب هم‌پتان به صورت دو طرفه ادامه دارد!
  - + مملول‌های پرفشار: در آنها تعداد مولکول‌های ماده حل‌شونده در واحد حجم نسبت به سیتوپلاسم سلول‌ها بیشتر و تعداد مولکول‌های آب کمتر است.
    - x اگر سلولی در این مملول‌ها قرار بگیرد، آب از دست داده و دچار «پلاسمولیز» می‌شود. اگر این اتفاق خیلی شدي باشد ممکن است سلول بمیرد!
- ۱۲) در همه انواع سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی قابل انجام است.



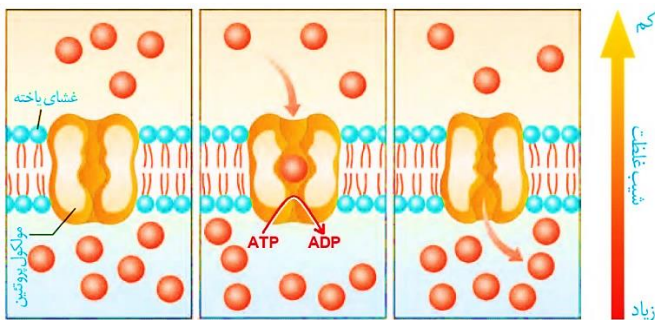
الف) در این فعالیت با چگونگی **اسمز** از پرده‌ای با **تراوایی نسبی** آشنا می‌شوید.



**وسایل و مواد لازم:** ظرف شیشه‌ای (یا بشر) با دهانه کوچک، مقداری **آب مقطر** (یا آب جوشیده سرد شده)، نی نوشابه‌خوری شفاف، تخم مرغ خام، مقداری خمیر بازی، قاشق فلزی

**روش کار:**

- ۱-  $\frac{3}{4}$  ظرف شیشه‌ای را با آب بریزید.
  - ۲- با لبه قاشق، به انتهای مدور تخم مرغ آهسته ضربه بزنید و با ناخن تکه کوچکی به اندازه نوک انگشت از پوسته آهکی را جدا کنید. مراقب باشید که **پرده نازک زیر پوسته** آسیب نبیند. این پرده همانند غشاء دارای نفوذپذیری (انتقایی یا تراوایی نسبی) است.
  - ۳- تخم مرغ را روی ظرف شیشه‌ای طوری قرار دهید که پوسته نازک آن با آب در تماس باشد.
  - ۴- در طرف مقابل تخم مرغ، **سوراخی** به اندازه قطر نی ایجاد کنید و نی را تا  $\frac{2}{5}$  سانتیمتر درون سوراخ و غشای نازک زیر آن فرو ببرید.
  - ۵- فضای بین نی و پوسته تخم مرغ را با **خمیر بازی** پر کنید.
  - ۶- ظرف را **یک شب** در جای مناسبی قرار دهید و پس از آن، تغییرات درون نی را مشاهده کنید.
  - ۷- مشاهده‌های خود را یادداشت کنید، و در صورت امکان از آنها عکس تهیه کنید.
- توضیح دهید چرا مایع درون نی حرکت می‌کند؟ به دلیل پدیده اسمز، آب از ظرف شیشه‌ای وارد تخم مرغ شده و از نی بالا بالا می‌رود.
- ب) اگر پوسته آهکی یک تخم مرغ را با قرار دادن آن در **سرکه** از بین ببریم و تخم مرغ بدون پوسته را یک بار در **آب مقطر** و بار دیگر در محلول **نمک غلیظ** قرار دهیم، پیش بینی کنید چه تغییری در تخم مرغ ایجاد می‌شود؟ با توجه به آنچه آموختید برای پیش‌بینی خود دلیل بیاورید. در آب مقطر، آب جذب نموده و دچار **تورژسانس** می‌شود. در آب نمک غلیظ آب از دست داده و دچار **پلاسمولیز** می‌شود.



**انتقال فعال:** فرایندی که در آن، یاخته، مواد را برخلاف شیب غلظت منتقل می‌کند، انتقال فعال نام دارد. در این فرایند، مولکول‌های پروتئین **سراسری** با صرف **انرژی**، ماده‌ای را بر خلاف شیب غلظت منتقل می‌کنند. این انرژی می‌تواند از مولکول «ATP» به دست آید. مولکول ATP شکل رایج انرژی در درون یاخته است (شکل روبه‌رو - ۱۴).

**نکاتی در مورد انتقال فعال**

- ۱) **اقتصادی** عمل می‌کند.
- ۲) در **غلاف** جهت شیب غلظت انجام می‌شود.
- ۳) انرژی **جنبشی** باعث حرکت مواد می‌شود.
- ۴) سلول برای این کار، **تتماً** انرژی **زیستی** مصرف می‌کند. انرژی زیستی مصرف شده **می‌تواند** به طرق مختلف تأمین شود:
  - + با تجزیه مولکول‌های ATP مانند پمپ سدیم - پتاسیم در نورونها
  - نکته مهم: مولکول‌های ATP همواره در **درون سلول** قرار دارند، بنابراین از سمت سیتوپلاسم به پمپ متصل می‌شوند!
  - + از **زنجیره‌های انتقال الکترون** مانند پمپ هیدروژن در میتوکندری‌ها و کلروپلاست‌ها
- ۵) مولکول‌های **قطبی** و **یون‌ها** با این روش از غشا عبور می‌کنند. مانند پمپ سدیم - پتاسیم و پمپ هیدروژن
- ۶) به وسیله پروتئین‌های **سراسری** غشاء یا **پمپ‌ها** انجام می‌شود.
- ۷) در ضمن عبور مواد، شکل مولکول‌های پروتئینی **تغییر** می‌کند.
- ۸) در ضمن عبور مواد، مولکول‌های **آب** هم عبور می‌کنند.
- ۹) در **همه** انواع سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی قابل انجام است.

**درون‌بری (آندوسیتوز) و برون‌رانی (اکزوسیتوز):** بعضی یاخته‌ها می‌توانند **ذره‌های بزرگ** را با فرایندی به نام **درون‌بری** جذب کنند. برون‌رانی فرایند **خروج ذره‌های بزرگ** از یاخته است. این فرایندها با تشکیل **ریزکیسه‌ها** همراه است و به انرژی ATP نیاز دارد (شکل زیر - ۱۵).

**نکاتی در مورد آندوسیتوز و اکزوسیتوز**

- ۱) **غیر اقتصادی** عمل می‌کنند.
- ۲) در **جهت** یا در **غلاف** جهت شیب غلظت انجام می‌شود.
- ۳) انرژی **جنبشی** باعث حرکت مواد می‌شود.



- ۱۴) سلول برای این کار، انرژی زیستی مصرف می‌کند. انرژی زیستی مصرف شده تماماً از تجزیه مولکول‌های ATP تأمین می‌شود.
- ۱۵) ذره‌های بزرگ و درشت مولکول‌ها با این روش از غشا عبور می‌کنند.
- ۱۶) به وسیله ریزکیسه‌ها یا وزیکول‌ها انجام می‌شوند. عبور آب هم رخ می‌دهد.
- ۱۷) در این فرآیندها وسعت غشای سلولی دچار تغییر می‌شود.
- + در آندوسیتوز، وسعت غشای سلولی کاهش می‌یابد. مانند ذره‌خواری در گلبول‌های سفید
- + در اکزوسیتوز، وسعت غشای سلولی افزایش می‌یابد. مانند ترشح آنزیم‌های گوارشی، ناقل‌های عصبی، هورمون‌ها، پادتن‌ها و ...
- ۱۸) در این فرآیندها دو لایه فسفولیپیدی غشای سلولی وارونه می‌شوند!
- ۱۹) در لایه درونی غشای وزیکول‌های حاصل از آندوسیتوز، کربوهیدرات‌ها هم می‌توانند حضور داشته باشند!
- ۱۰) وزیکول‌های آندوسیتوز ممکن است به صورت واکوئول غذایی در آمده و با لیزوزوم‌ها ادغام شده، واکوئول گوارشی به وجود بیاورند.
- ۱۱) وزیکول‌های اکزوسیتوز معمولاً از بخش «صادر کننده» دستگاه گلژی آمده‌اند.

۱۲) فاگوسیتوز نوعی آندوسیتوز است که در برنی از سلول‌ها انجام می‌گیرد:

+ بیگانه‌خوارهای سیستم ایمنی انسان

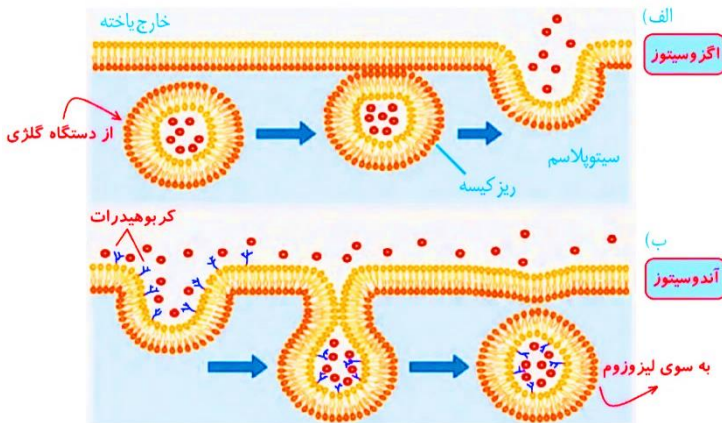
+ بیگانه‌خوارهای واقع در زیر پوست لارو ستاره دریایی!

+ برنی از سلول‌های پوششی لایه درونی هیدر

+ برنی از آغازیان مانند پارامسی، آمیب و ...

۱۱۳) در ضمن عبور مواد، مولکول‌های آب هم عبور می‌کنند.

۱۱۴) این پدیده‌ها فقط در سلول‌های یوکاریوتی قابل انجام هستند.



## بافت‌های بدن انسان

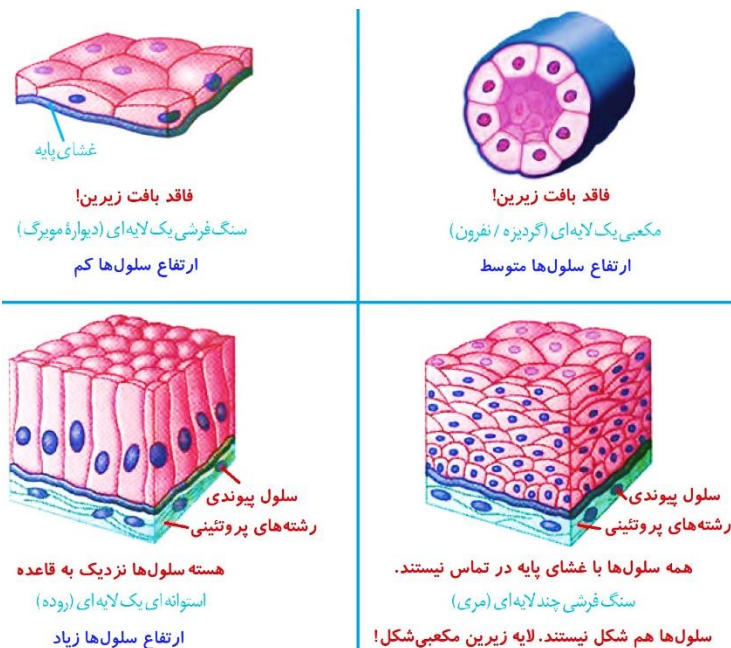
می‌دانید بافت‌های بدن انسان را می‌توان به چهار نوع پوششی، پیوندی، ماهیچه‌ای و عصبی دسته‌بندی کرد. در اندام‌ها و دستگاه‌های بدن انسان انواع بافت‌ها به نسبت‌های متفاوت وجود دارند.

**نکته مهم:** به عبارت دیگر در هر اندام جانوری قطعاً هر چهار نوع بافت اصلی وجود دارند! استخوان ران، معده، مغز، قلب و ... همه اندام محسوب می‌شوند.

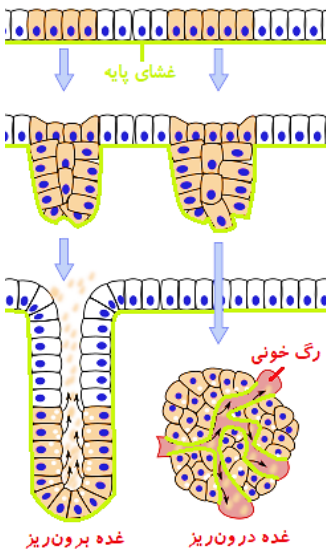
**بافت پوششی:** بافت پوششی، سطح بیرونی بدن و سطح درونی حفره‌ها و مجاری درون بدن (مانند دهان، معده، روده‌ها و رگ‌ها) را می‌پوشاند. یاخته‌های این بافت، به یکدیگر بسیار نزدیک‌اند و بین آنها فضای بین یاخته‌ای اندکی وجود دارد، بنابراین مایع بین سلولی اندکی دارند. در زیر یاخته‌های این بافت، بخشی فاقد سلول به نام غشای پایه وجود دارد که این یاخته‌ها را هم به یکدیگر و هم به بافت‌های پیوندی زیر آن، متصل نگه می‌دارد. غشای پایه، شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی (ترکیب کربوهیدرات و پروتئین) است.

یاخته‌های بافت پوششی به شکل‌های متفاوتی مانند سنگ‌فرشی، مکعبی و استوانه‌ای در یک لایه یا چند لایه سازمان می‌یابند (شکل ۱۶).

در بخش‌های متلف لوله گوارش، بافت پوششی به شکل سنگ‌فرشی و یا استوانه‌ای وجود دارد. مثلاً بافت پوششی در دهان و مری، سنگ‌فرشی چند لایه‌ای است. در روده و معده، بافت پوششی استوانه‌ای و یک لایه است.



شکل ۱۶- انواع بافت پوششی



بافت پوششی در برخی از بخش‌های بدن، غده تشکیل می‌دهد. غده دو نوع هستند غده درون‌ریز و غده برون‌ریز

- (۱) غده درون‌ریز: این غده ترشحات خود را به درون محیط داخلی بدن یعنی مایع بین سلولی، خون و لنف وارد می‌کند.
  - (۲) غده برون‌ریز: این غده ترشحات خود را به بیرون از بدن یا درون صفراوات بدن مانند معده، روده و ... می‌ریزند.
- + به عنوان مثال در غده‌های بزاقی، یافته‌های پوششی بزاق را می‌سازند و به درون مبراهایی که به دهان راه دارند با فرایند اگزوسیتوز ترشح می‌کنند. معده و روده نیز غده‌ها و یافته‌های ترشعی از نوع بافت پوششی دارند که موادی را می‌سازند و به فضای درون این اندام‌ها ترشح می‌کنند.

نکاتی در مورد بافت‌های پوششی

- (۱) ارتفاع سلول‌ها در بافت پوششی سنگ‌فرشی کم، در مکعبی متوسط و در استوانه‌ای خیلی زیاد است.
- (۲) سلول‌های آن به هم نچسبیده‌اند، بلکه بین آنها فضای بین سلولی و مایع بین سلولی اندکی وجود دارد.
- (۳) بین سلول‌های این بافت هیچ گونه رگ خونی یا رگ لنفی وجود ندارد.
- (۴) بین سلول‌های این بافت هیچ گونه سلول عصبی و عصب وجود ندارد، اما ممکن است در قاعده آنها رشته‌های عصبی وجود داشته باشند.

(۵) رشته‌های گلیکوپروتئینی و پروتئینی، غشای پایه را سلول‌های بافت پوششی ساخته و با اگزوسیتوز به خارج می‌فرستند.

+ همه سلول‌های بافت پوششی قادر به اگزوسیتوز نیستند! به عنوان مثال لایه‌های بالایی بافت پوششی پندلایه قادر به انجام این کار نیستند.

+ از همه وجوه این سلول‌ها نیز اگزوسیتوز انجام نمی‌شود! فقط از وجهی که با غشای پایه در تماس است این اتفاق رخ می‌دهد.

(۶) همه سلول‌های این بافت ممکن است به یک شکل وجود نداشته باشند. به عنوان مثال در بافت پندلایه، لایه‌های بالایی و پایینی هم‌شکل نیستند.

(۷) همه سلول‌های این بافت با غشای پایه در تماس نیستند! در بافت‌های پندلایه، فقط لایه زیرین با غشای پایه در تماس است.

(۸) غشای پایه همواره سلول‌های بافت پوششی را به همدیگر متصل نمی‌کند!

+ این ویژگی در بافت‌های پندلایه فقط در مورد لایه زیرین صادق است.

(۹) غشای پایه همواره سلول‌های بافت پوششی را به بافت‌های زیرین متصل نمی‌کند!

+ این ویژگی در مورد بافت پوششی مکعبی لوله نفرون و سنگ‌فرشی دیواره مویرگ صادق نیست.

(۱۰) در زیر غشای پایه، بافت‌های مختلفی وجود دارند:

+ در اغلب اوقات در زیر غشای پایه بافت پیوندی (سست در مطاف و رشته‌ای در پوست) وجود دارد.

+ به ندرت ممکن است در زیر غشای پایه بافت پوششی یافت شود: مانند مپاک‌ها

+ به ندرت ممکن است در زیر غشای پایه هیچ بافتی وجود نداشته باشد: مانند لوله نفرون‌ها و دیواره مویرگ‌ها

(۱۱) در ملزوم گوشه، گیرنده‌های محرک‌دار شنوایی در لایه‌ای نوعی بافت استوانه‌ای پندلایه قرار گرفته‌اند!

**بافت پیوندی:** بافت پیوندی از (۱) انواع یاخته‌ها، (۲) رشته‌های پروتئینی، مانند رشته‌های کلاژن و رشته‌های کشسان (ارتجاعی) و (۳) ماده زمینه‌ای تشکیل شده است.

ماده زمینه‌ای بافت پیوندی، ممکن است مایع، جامد و یا نیمه‌جامد باشد. در ادامه به انواع بافت پیوندی می‌پردازیم.

همان‌طور که می‌دانیم ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی را سلول‌های بافت پیوندی ترشح نموده و در فضای بین سلولی می‌ریزند. در این فضا مایع بین سلولی هم وجود دارد که از پلاسمای خون منشأ می‌گیرد.

بافت پیوندی شش نوع است: (۱) بافت پیوندی سست (۲) بافت پیوندی متراکم یا رشته‌ای (۳) بافت پربنی (۴) بافت خون (۵) بافت غضروف (۶) بافت استخوان

بافت پیوندی سست: در بافت پیوندی سست ماده زمینه‌ای شفاف، بی‌رنگ، چسبنده و مخلوطی از انواع مولکول‌های درشت، مانند گلیکوپروتئین

است. این بافت معمولاً بافت پوششی را پشتیبانی می‌کند. به عبارت دیگر بافت پیوندی سست ممکن است در زیر بافت پوششی وجود داشته باشد یا

وجود نداشته باشد. نمونه آن بافت پوششی لوله‌های نفرون است که در زیر آن بافت پیوندی وجود ندارد!

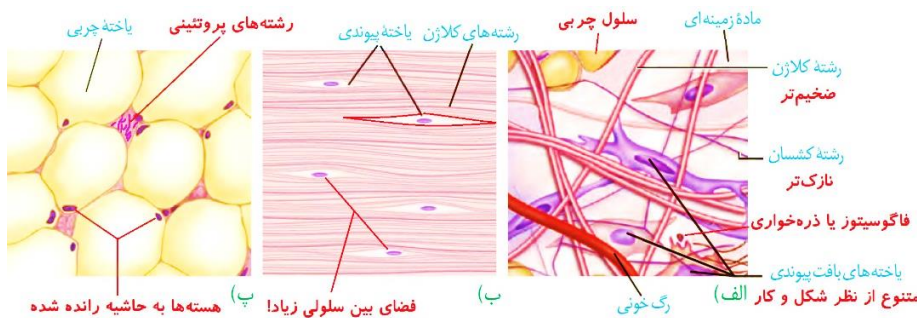
بافت پیوندی متراکم: در بافت پیوندی متراکم میزان رشته‌های کلاژن از بافت پیوندی سست بیشتر، تعداد یاخته‌های دوکی‌شکل آن کمتر و ماده

زمینه‌ای آن نیز اندک است؛ اما فضای بین سلولی بسیار زیاد که تقریباً همه این فضا به وسیله رشته‌های کلاژن اشغال شده است. بنابراین مقاومت این

بافت از بافت پیوندی سست بیشتر است. در زردپی و رباط بافت پیوندی متراکم وجود دارد. زردپی‌ها ساختارهایی هستند که ماهیچه‌های اسکلتی را به

استخوان‌ها متصل می‌کنند. رباط‌ها نیز در محل مفاصل متحرک، استخوان‌ها را به هم وصل می‌کنند.

**بافت چربی:** بافت چربی نیز نوعی بافت پیوندی است که در آن یاخته‌های سرشار از چربی یا تری‌گلیسرید فراوان است. این بافت (۱) بزرگ‌ترین ذخیره انرژی در بدن است. بافت چربی (۲) نقش ضربه‌گیری دارد و به عنوان (۳) عایق حرارتی نیز عمل می‌کند. خون، استخوان و غضروف، انواع دیگر بافت پیوندی هستند که به تدریج با آنها آشنا می‌شوید. لازم به ذکر است هر استخوان یک اندام مسوب می‌شود و از دو نوع بافت استخوانی فشرده و اسفنجی تشکیل شده است؛ مغز استخوان نوعی اندام لنفی است که درون استخوان وجود دارد!



(۱) بر اساس کتاب هر کدام از شش نوع بافت پیوندی سه جزء دارند: سلول‌ها، ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی

+ سلول‌ها: می‌توانند از یک یا چند نوع باشند. بر اساس شکل‌های کتاب، بافت پیوندی رشته‌ای، بافت چربی، بافت غضروف و بافت استخوان فقط یک نوع سلول دارند. در حالی که بافت پیوندی سست و بافت فون چند نوع سلول دارند. ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی توسط سلول‌های این بافت ساخته و به بیرون ترشح شده است.

+ ماده زمینه‌ای: شامل مواد معدنی مانند یون‌های مختلف و مواد آلی مانند پروتئین است.

+ رشته‌های پروتئینی: که انواع مختلفی دارند! از جمله رشته‌های کلژن که محکم و غیر قابل انعطاف و رشته‌های کشسان که قابل انعطاف هستند.

(۲) بافت پیوندی شش نوعند: (۱) بافت پیوندی سست (۲) بافت پیوندی متراکم یا رشته‌ای (۳) بافت چربی (۴) بافت فون (۵) بافت غضروف (۶) بافت استخوان

#### ۱. بافت پیوندی سست

(الف) چند نوع سلول دارد. در این بافت، حتی سلول چربی و سلول بیگانه‌خوار هم وجود دارد!

(ب) در لابه‌لای رشته‌های پروتئینی و سلول‌ها دارای رگ‌های فونی است.

(ج) رشته‌های نازک آن همان رشته‌های کشسان و رشته‌های ضخیم آن همان رشته‌های کلژن هستند.

(د) فاصله بین سلولی، مایع بین سلولی و ماده زمینه‌ای آن نسبتاً زیاد است.

(ه) بافت پیوندی سست معمولاً در زیر بافت پوششی مشاهده می‌شود. اما در جاهای مختلف دیگری نیز حضور دارد. از جمله: در اطراف گیرنده‌های پیکری و در

دیواره رگ‌ها، در لابه‌لای زیرمغاط و لایه پیوندی مغاطی یا آستر مغاطی لوله گوارش و مباری تنفسی، در هر چهار لایه لوله گوارش یعنی لایه‌های بیرونی،

ماهیچه‌ای، زیرمغاط و مغاط، در اطراف شش‌ها و ...

#### ۲. بافت پیوندی متراکم یا رشته‌ای

(الف) طبق شکل کتاب فقط یک نوع سلول دارد. در این بافت، سلول‌های دوکی شکل موازی و با هسته‌ای در میانه سلول مشاهده می‌شوند!

(ب) بافت پیوندی متراکم یا رشته‌ای در لابه‌لای رشته‌های پروتئینی و سلول‌ها فاقد رگ‌های فونی است.

(ج) رشته‌های کشسان به تعداد بسیار کم و رشته‌های ضخیم یا کلژن به تعداد بسیار زیاد قابل مشاهده هستند.

(د) فاصله بین سلولی خیلی زیاد ولی مایع بین سلولی و ماده زمینه‌ای آن نسبتاً کم است. چون بیشتر این فضا را رشته‌های کلژن اشغال نموده‌اند.

(ه) بافت پیوندی متراکم یا رشته‌ای در جاهای مختلفی از بدن یافت می‌شود. از جمله: در لایه درونی پوست یا درم، در اطراف رعم، در زردپی‌ها، رباط‌ها و کپسول

مفصلی، در اطراف ماهیچه‌ها، دسته تارها و حتی تارهای ماهیچه‌ای، در اطراف استخوان‌های دراز مانند ران، صلیبه پشم، پرده سفت‌شامه در اطراف مغز و نفاق،

لایه عایق بین دهلیزها و بطن‌ها، اسکلت فیبری، پری‌کارد و اپی‌کارد قلب، کپسول کلیه و ...

#### ۳. بافت چربی

(الف) طبق شکل کتاب فقط یک نوع سلول دارد. در این بافت، سلول‌های کروی شکل بزرگ با هسته‌ای در کناره سلول مشاهده می‌شوند!

+ در این سلول‌ها نسبت اندازه هسته به سیتوپلاسم بسیار کم است. هم‌چنین نسبت سطح به حجم (غشاء نسبی به سیتوپلاسم) هم کوچک است!

(ب) در فضای بین سلولی و در لابه‌لای سلول‌های بزرگ فون، رشته‌های پروتئینی مقتصری وجود دارد.

(ج) فاصله بین سلولی خیلی کم، مایع بین سلولی و ماده زمینه‌ای آن نسبتاً کم است. چون بیشتر این فضا را سلول‌های درشت چربی اشغال نموده‌اند.

(د) بافت چربی در جاهای مختلفی از بدن یافت می‌شود. از جمله: در سطح پوست و در لایه زیرین پوست یا هیپودرم، در کف دست و پا، در مغز زرد استخوان! در

اطراف قلب، کلیه و کبد به عنوان ضربه‌گیر، در اطراف ماهیچه‌ها، در زیر پوست به عنوان عایق حرارتی و ...



الف) انواعی از سلول‌ها و حتی **تکه‌های سلولی**! در این نوع بافت وجود دارند. مانند گلبول‌های قرمز، انواع گلبول‌های سفید دانه‌دار و بی‌دانه و پلاکت‌ها (ب) ماده زمینه‌ای آن دارای **انواع پروتئین‌هاست**. مانند آلبومین‌ها، گلوبولین‌ها، پادتن‌ها، پروتئین‌های مکمل، پروترومبین، فیبرینوژن و ... (ج) در این بافت **متی رشته‌های پروتئینی نیز** وجود دارند! رشته‌های **فیبرین** این بافت **فقط** در زمان لخته شدن یا **انعقاد نون** تشکیل می‌شوند.

## ۵. بافت غضروف

الف) سلول‌های اصلی این بافت یا **کندروسیت‌ها** در فضاهایی بین ماده زمینه‌ای **نیمه‌جامد** قرار می‌گیرند. (ب) ماده زمینه‌ای نیمه‌جامد آن **بیشتر بجم** این بافت را در بر می‌گیرد و در آن مواد **آلی** شامل **پروتئین** وجود دارد. (ج) این بافت دارای انواعی از رشته‌های پروتئینی مانند رشته‌های **الاستیک** و **کلاژن** است. (د) **تمام** اسکلت ماهیان غضروفی از این بافت تشکیل شده است. در بقیه مهره‌داران اسکلت از استخوان و مقدار **کمتری** غضروف تشکیل شده است. (ه) بافت غضروف در انسان در دو مکان حضور دارد:

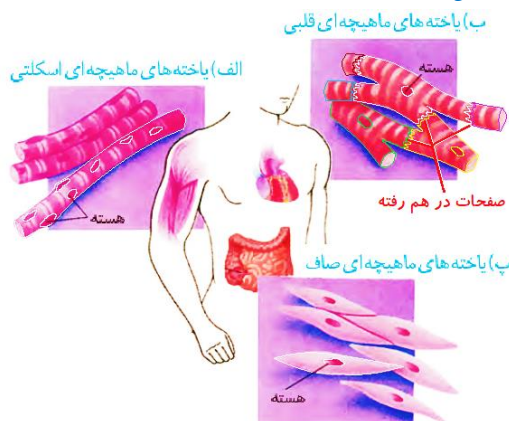
+ در **اسکلت** انسان، در محل مفاصل متحرک، صفحات رشد استخوان‌های دراز، نوک بینی، لاله گوش و ...  
+ در **فازج** از اسکلت انسان در لوله‌ها و مجاری تنفسی مانند تنبره، نای، نایژه‌های اصلی و نایژه‌های فرعی

## ۶. بافت استخوان

الف) سلول‌های اصلی این بافت یا **اُستئوسیت‌ها** در فضاهایی بین ماده زمینه‌ای **جامد** قرار می‌گیرند. (ب) ماده زمینه‌ای جامد آن **بیشتر بجم** این بافت را در بر گرفته و در آن مواد **معدنی** مانند ترکیبات **کلسیم** و مواد **آلی** شامل **پروتئین** وجود دارد. (ج) این بافت دارای رشته‌های پروتئینی **کلاژن** است که استحکام آن را **بیشتر** می‌کنند. (د) **بیشتر** بخش‌های اسکلت مهره‌داران از این بافت تشکیل شده است. نکته مهم این‌که در ماهیان غضروفی اسکلت **فقط** از غضروف تشکیل شده است. (ه) مغز استخوان که به دو صورت **زرد** و **قرمز** یافت شده و در **همه** انواع استخوان وجود دارد، نوعی **اندام لنفی**! به شمار آمده و جزء بافت‌های استخوان نیست! (و) در بخش‌هایی از استخوان مانند مجراهای هاورس، مجرای مرکزی استخوان‌های دراز و نیز در لابه‌لای مغز استخوان، **رگ نونی** و **عصب** هم یافت می‌شود! (ز) هر استخوان یک **اندام** محسوب می‌شود. پس هر **چهار** نوع بافت اصلی را دارد. در هر استخوان **دو** نوع بافت استخوانی فشرده و (سفنجی) یافت می‌شود!

**بافت ماهیچه‌ای:** در گذشته، با انواع بافت‌های ماهیچه‌ای (سه نوع) در بدن انسان آشنا

شدید (شکل ۱۸).



شکل ۱۸. انواع بافت ماهیچه‌ای: الف) مخطط (اسکلتی) ب) قلبی پ) صاف

## فعالیت

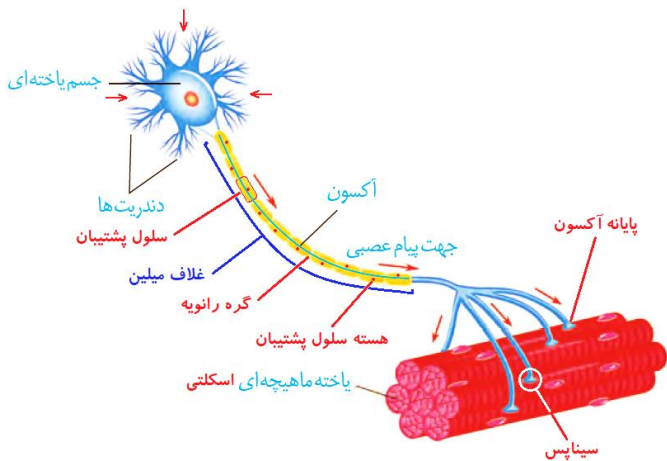
**ساختار و کار** انواع بافت‌های ماهیچه‌ای بدن را در یک جدول فهرست کنید.

**نکاتی در مورد بافت ماهیچه‌ای:** در بدن انسان، **سه** نوع بافت ماهیچه‌ای وجود دارد.

۱) **بافت ماهیچه‌ای صاف:** دارای سلول‌های **دوکی‌شکل**، دارای قابلیت تقسیم سلولی، **یک** هسته‌ای، هسته در **میان** سلول، رشته‌های اکتین و میوزین با آرایش نامنظم، فاقد نوارهای تیره و روشن، فاقد سارکومر، **غیر ارادی**، تحریک به وسیله اعصاب **خودمختار**، دارای حرکت **کند**، شرکت در سافتار لوله گوارش، مجاری تنفسی، رگ‌ها، رحم، مثانه، میزنا و ...

۲) **بافت ماهیچه‌ای قلبی:** دارای سلول‌های **۷ شکل** یا منشعب، بدون قابلیت تقسیم سلولی، **یک** یا **دو** هسته‌ای، هسته یا هسته‌ها در **میان** سلول، رشته‌های اکتین و میوزین با آرایش **منظم**، دارای نوارهای تیره و روشن، دارای سارکومر، **غیر ارادی**، تحریک به وسیله اعصاب **خودمختار**، دارای حرکت **تند**، شرکت در سافتار **فقط** لایه ماهیچه‌ای قلب

۳) **بافت ماهیچه‌ای اسکلتی:** دارای سلول‌های **استوانه‌ای شکل**، بدون قابلیت تقسیم سلولی، **پند** هسته‌ای، هسته‌ها در **کناره** سلول، رشته‌های اکتین و میوزین با آرایش **منظم**، دارای نوارهای تیره و روشن، دارای سارکومر، معمولاً **ارادی** یا **گاهی غیر ارادی**، تحریک به وسیله اعصاب **پیکری**، دارای حرکت **تند**، شرکت در سافتار ماهیچه‌های حرکت دهنده اسکلت، ماهیچه‌های حرکت دهنده کره چشم، ماهیچه‌های زبان، طلق، اسفنکتر ابتدای مری، اسفنکتر خارجی منفرج و ...



**بافت عصبی:** یاخته‌های عصبی (نورون‌ها)، یاخته‌های اصلی بافت عصبی هستند (شکل ۱۹). این یاخته‌ها با یاخته‌های بافت‌های دیگر مانند یاخته‌های ماهیچه ارتباط دارند. به عنوان مثال یاخته‌های عصبی یاخته‌های ماهیچه را تحریک می‌کنند تا منقبض شوند.

شکل ۱۹- یاخته عصبی حرکتی

#### نکاتی در مورد بافت عصبی

- ۱) بافت عصبی از دو نوع سلول تشکیل شده است: سلول‌های عصبی یا نورون‌ها، سلول‌های غیر عصبی یا نوروگلیاها.
- ۲) هر سلول عصبی دارای یک جسم سلولی (حاوی هسته و اندامک‌ها) و تعدادی رشته عصبی است.
- ۳) رشته‌های عصبی دو نوع هستند:

+ آکسون همواره به تعداد یک عدد و معمولاً طویل که پیام عصبی را از جسم سلولی دور می‌کند.

x انتهای آکسون معمولاً منشعب و به تعدادی پایه آکسونی ختم می‌شود.

x پایه آکسون متورم و کفشک مانند بوده و با سلول‌های دیگر سیناپس تشکیل می‌دهد.

x در این پایه‌ها ناقل‌های عصبی با **اکروسیتوز**، خارج شده و پیام عصبی را به سلول دیگر انتقال می‌دهند.

x هر نورون از طریق چندین پایه آکسون می‌تواند با چندین سلول دیگر سیناپس تشکیل دهد.

x بر اساس شکل کتاب، هر پایه آکسون با یک سلول ماهیچه‌ای سیناپس تشکیل می‌دهد!

+ دندریت‌ها اغلب به تعداد زیاد، غیر منشعب و کوتاه قابل مشاهده هستند و پیام عصبی را به جسم سلولی می‌آورند.

۴) تعداد سلول‌های نوروگلیا چندین برابر سلول‌های عصبی است و کارهای مختلفی انجام می‌دهند، به عنوان مثال:

+ داربست‌هایی را برای استقرار سلول‌های عصبی ایجاد می‌کنند.

+ همانند سلول‌های ایمنی در دفاع از سلول‌های عصبی نقش دارند.

+ در حفظ هم‌ایستایی یا هم‌ئوستازی مایع اطراف سلول‌های عصبی (حفظ مقدار طبیعی یون‌ها) نقش دارند.

+ در تشکیل غلاف میلین شرکت می‌کنند. هر غلاف از یک یا چند سلول پشتیبان به وجود می‌آید.

+ غلاف میلین یکپارچه نیست و دارای بخش‌هایی به نام گره رانویه است. در این محل‌ها غشای نورون با مایع بین سلولی در تماس است.

+ این غلاف در اطراف رشته‌های عصبی دراز، لایه‌ای عایق تشکیل می‌دهد که در هدایت بهشی پیام عصبی نقش دارد.



تصویر ریز پرز روده باریک با میکروسکوپ الکترونی

## فصل ۲

# گوارش و جذب مواد

**اشتباه کتاب:** شکل بالا مربوط به پرزهای روده است که با میکروسکوپ الکترونی نشان داده شده‌اند نه ریزپرزا!

غذا خوردن یکی از لذت‌های زندگی است؛ اما فراتر از آن، غذایی که می‌خوریم، در گذر از دستگاه گوارش به شکلی در می‌آید که می‌تواند مواد و انرژی لازم برای سالم ماندن، درست عمل کردن و رشد و نمو یاخته‌های بدن را فراهم کند. البته غذای نامناسب و یا اضافه بر نیاز، مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند. اضافه وزن و چاقی، یکی از مسائلی است که سلامت جمعیت کنونی و آینده ما را به خطر می‌اندازد.

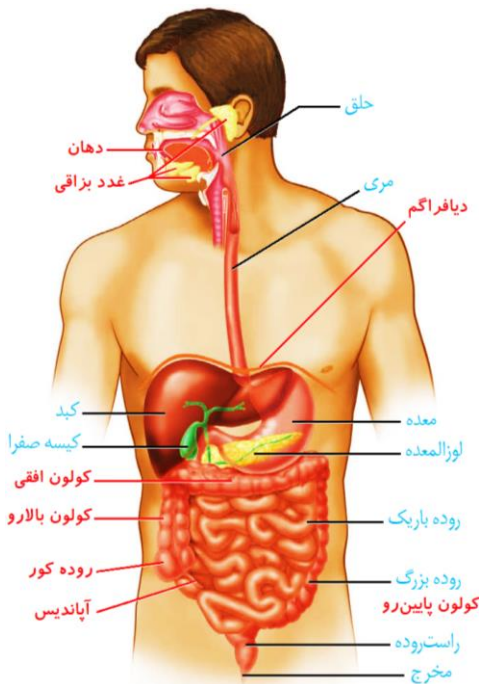
**نقش غذا در جانوران:** همان طور که می‌دانیم غذا در جانوران و از جمله انسان شامل ترکیبی از مولکول‌های آلی و معدنی است و دو نقش بر عهده دارد: (۱) تأمین ماده برای رشد و نمو (۲) تأمین انرژی برای انجام فعالیت‌ها

**نقش غذا در گیاهان:** در مقابل غذای گیاهان فقط مواد معدنی دارد و شامل آب و یونها است که فقط در تأمین ماده برای رشد و نمو مؤثر است. زیرا اغلب گیاهان انرژی خود را از نور نورشید کسب می‌کنند نه از طریق غذاها!

- بدن ما چگونه انواع غذاها را برای ورود به یاخته‌ها آماده می‌کند؟ تماماً باید به صورت ریزمولکول و مونومر درآیند تا بتوانند وارد سلول‌ها شوند. برای این کار باید طی عمل «گوارش» و «هیدرولیز» درشت مولکول‌ها و پلی‌مرها به ریزمولکول و مونومر تبدیل شوند.
- اضافه وزن چگونه به وجود می‌آید و چه مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند؟ مواد غذایی اضافه بر نیاز، به صورت پربی در بدن ذخیره می‌شوند.
- چرا برخی افراد با این که غذای کافی و گوناگون می‌خورند، دچار کمبود مواد مغذی هستند؟ به خاطر اختلال در دستگاه گوارش مانند بیماری سلیاک
- گوارش در سایر جانداران چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با گوارش انسان دارد؟ گوارش در انسان و جانوران از اساس مشابه، اما در ظاهر و پیکوئگی گوارش و جذب مواد غذایی متفاوت است.

برای پاسخ به این پرسش‌ها، با دستگاه گوارش آشنا می‌شویم و عملکرد آن را در انسان و برخی جانوران و جانداران بررسی می‌کنیم.





در گذشته آموختید دستگاه گوارش از دو بخش یعنی (۱) لوله گوارش و (۲) اندام‌های دیگر مرتبط با آن تشکیل شده است. لوله گوارش چه قسمت‌هایی دارد (شکل ۱)؟ دهان، حلق، مری، معده، روده باریک، روده بزرگ، راست‌روده و مفرج. اندام‌های مرتبط با این لوله هم عبارتند از: غدد بزاقی، لوزالمعده، کبد و کیسه صفرا

شکل ۱- لوله گوارش و اندام‌های مرتبط با آن

(۱) دیافراگم و آپاندیس جز آن نیستند!

(۲) لوله گوارش شامل دهان، حلق، مری، معده، روده باریک، روده بزرگ، راست‌روده و مفرج است.

(۳) اندام‌های مرتبط با این لوله هم عبارتند از: غدد بزاقی، لوزالمعده، کبد و کیسه صفرا

(۴) بخش‌هایی از شکل روبه‌رو و شکل‌های دیگر کتاب در سمت راست و بخش‌هایی هم در سمت چپ قرار دارند.

+ بخش‌های سمت راست: شش بزرگ‌تر (دارای سه لوب)، نایژه اصلی ضمیمه و کوتاه، بخش بالای دیافراگم، کبد لوب بزرگ کبد، کیسه صفرا، مبرای اصلی صفرا، دوازدهم، دریچه پیلور، قاعده لوزالمعده، مبرای اصلی لوزالمعده، انتهای روده باریک، اسفنکتر بین روده باریک و بزرگ (ایلئوسکال)، روده کور، آپاندیس، کولون باارو، ابتدای کولون افقی یا بخش پایین‌تر کولون افقی، کلیه پایین‌تر، میزناهی کوتاه‌تر

+ بخش‌های سمت چپ: شش کوچک‌تر (دارای دو لوب)، نایژه اصلی باریک و بلند، بخش پایین دیافراگم، رأس لوزالمعده، طحال، کولون پایین‌رو، انتهای کولون افقی یا بخش بالاتر کولون افقی، کلیه بالاتر، میزناهی بلندتر

لوله گوارش، لوله پیوسته‌ای است که از دهان تا مخرج ادامه دارد. در قسمت‌هایی از لوله گوارش ماهیچه‌های حلقوی به نام بنداره (اسفنکتر) وجود دارد. بنداره‌ها در تنظیم عبور مواد نقش دارند (شکل ۲).

اسفنکترهای لوله گوارش: در طول لوله گوارش انسان در شش محل اسفنکتر وجود دارد: که چهار مورد از آنها (موارد دوم، سوم، پنجم و ششم) در کتاب آمده‌اند.

(۱) اسفنکتر ابتدای مری که از نوع ماهیچه منط یا اسکلتی و غیر ارادی است.

(۲) اسفنکتر انتهای مری یا اسفنکتر کاردیا که از نوع ماهیچه صاف و غیر ارادی است.

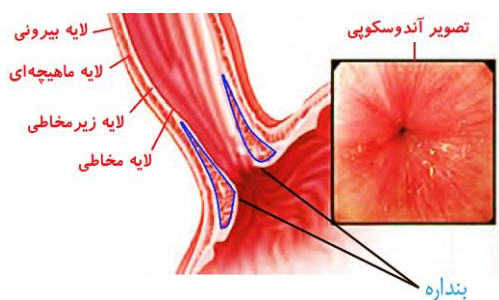
(۳) اسفنکتر بین معده و روده باریک یا اسفنکتر پیلور که از نوع ماهیچه صاف و غیر ارادی است.

(۴) اسفنکتر بین روده باریک و بزرگ یا اسفنکتر ایلئوسکال که از نوع ماهیچه صاف و غیر ارادی است.

(۵) اسفنکتر داخلی انتهای راست‌روده که از نوع ماهیچه صاف و غیر ارادی است.

(۶) اسفنکتر خارجی انتهای راست‌روده یا اسفنکتر خارجی مفرج که از نوع ماهیچه منط یا اسکلتی

و ارادی است.



شکل ۲- بنداره انتهای مری یا اسفنکتر کاردیا، همان‌طور که در شکل می‌بینیم در محل این اسفنکتر، علاوه بر لایه‌های

چهارگانه لوله گوارش، یک ماهیچه تلقوی دیگر هم وجود دارد

درون مری چین‌خوردگی‌های طولی مشاهده می‌شود، ولی چین‌خوردگی‌های درون معده نامنظم هستند.

نکته بسیار مهم: بر اساس شکل کتاب، اسفنکتر انتهای مری در واقع یک ماهیچه تلقوی شکل و جدا از لایه ماهیچه‌ای

طولی و تلقوی لوله گوارش است!

غده‌های بزاقی، پانکراس (لوزالمعده)، کبد (جگر) و کیسه صفرا با لوله گوارش مرتبط‌اند و در گوارش غذا نقش دارند.

ساختار لوله گوارش: دیواره بخش‌های مختلف لوله گوارش، ساختار تقریباً مشابهی دارند. این لوله از خارج به داخل، چهار لایه دارد: (۱) لایه بیرونی،

(۲) لایه ماهیچه‌ای، (۳) لایه زیرمخاطی یا زیرمناط و (۴) لایه مخاطی یا مناط. هر لایه، از انواع بافت‌ها تشکیل شده است. به عبارت دیگر در هر کدام از این چهار

لایه، چهار نوع بافت اصلی وجود دارند (شکل ۳- الف). در همه این لایه‌ها بافت پیوندی سست وجود دارد.

نکته پالشی: در هر چهار لایه موجود در لوله گوارش، رشته‌های کشسان فراوان و رشته‌های کلاژن کمی وجود دارد

۱. لایه بیرونی: در بخش‌هایی که درون معده شکمی هستند، بخشی از صفاق است. صفاق پرده‌ای از جنس بافت پیوندی است که اندام‌های درون شکم

را به هم وصل می‌کند (شکل ۳- ب).

۱) همه بخش‌های دستگاه گوارش به این پرده متصل **نیستند**. مانند بخش‌هایی که در موده شکمی قرار **ندارند**: بیشتر طول مری، طلق، دهان و غدد بزاقی  
 ۲) تمام بخش‌هایی که به این پرده متصل هستند، جزء دستگاه گوارش **نیستند**. مانند اندام‌های لنگی (طحال و آپاندیس)  
 ۳) همه اندام‌ها درون شکم به آن متصل **نیستند**. مانند **کلیه‌ها** که در موده شکمی واقع شده‌اند ولی موقعیت خود به وسیله پرده‌های اطراف **مفظ** می‌کنند.

**۲. لایه ماهیچه‌ای:** در **دهان، حلق، ابتدای مری و بنداره خارجی** مخرج از نوع ماهیچه اسکلتی یا **مخطط** است. این ماهیچه منط در دهان و اسفنکتر خارجی مخرج ارادی ولی در طلق و ابتدای مری **غیر ارادی** است. این لایه در بخش‌های **دیگر** لوله گوارش یعنی میانه مری و انتهای آن، معده، روده باریک، روده بزرگ، راست‌روده و اسفنکتر داخلی آن، شامل یاخته‌های ماهیچه‌ای **صاف** است که به شکل **طولی** در بیرون و **حلقوی** در درون سازمان یافته‌اند. دیواره معده یک لایه ماهیچه‌ای **مورب** نیز دارد که در زیر لایه حلقوی و یا مورب دیده نمی‌شود.

**نکته بسیار مهم:** بدیهی است لایه ماهیچه‌ای در بخش‌هایی از لوله گوارش که در آنها ماهیچه **منط** وجود دارد یعنی در دهان، طلق، ابتدای مری و اسفنکتر خارجی مخرج، به شکل **طولی، حلقوی و یا مورب** دیده نمی‌شود.

**۳. زیر مخاط (لایه زیر مخاطی):** نوعی بافت پیوندی **سست** است که موجب می‌شود مخاط، روی لایه ماهیچه‌ای **بچسبد** و به راحتی روی آن **بلغزد** یا **چین بخورد**. در لایه ماهیچه‌ای و لایه زیر مخاط، **شبکه‌ای از یاخته‌های عصبی** وجود دارد. در این شبکه‌ها، سلول عصبی **کامل** شامل جسم سلولی، دندریت و آکسون وجود دارد.

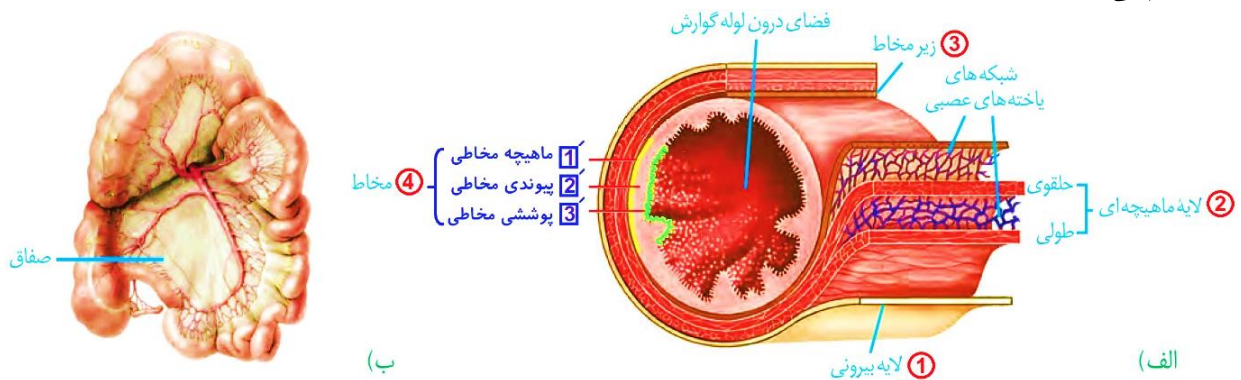
**شبکه‌های سلول‌های عصبی لوله گوارش:** دو نوع شبکه سلول‌های عصبی در دیواره لوله گوارش (**فقط** بخش‌هایی که دارای ماهیچه صاف است) وجود دارد. **شبکه اول** در لایه ماهیچه (یا سه) لایه ماهیچه‌ای قرار دارد. کار آن انقباض ماهیچه‌های **طولی، حلقوی (و مورب)** و حرکات **کرمی** و **قطعه‌قطعه کننده** است. **شبکه دوم** در لایه سلول‌های بافت پیوندی سست یا لایه زیر مخاط قرار دارد. این شبکه **دو** کار انجام می‌دهد:

- + انقباض ماهیچه مناطی برای به حرکت در آوردن پرزهای روده
- + تأثیر روی جسم غده‌های موجود در لایه زیرمخاط برای ترشح شیره‌های گوارشی و هورمون‌ها!

x بدیهی است مجاری این غدد به فضای درون لوله گوارش راه دارند!

**۴. مخاط (لایه مخاطی):** لایه مناطی یا مخاط، **ثود سه** لایه دارد که از بیرون به درون عبارتند از:

- ۱) لایه **ماهیچه مناطی** که در صورت **وجود**، از پند لایه سلول ماهیچه‌ای صاف تشکیل شده است.
- ۲) لایه **پیوندی مناطی** یا آستر مناطی که نوعی بافت پیوندی سست است.
- ۳) لایه **پوششی مناطی**. لایه اغیر یاخته‌هایی از بافت **پوششی** دارد که در بخش‌های مختلف لوله گوارش، کارهای متفاوتی مثل **جذب و ترشح** را انجام می‌دهند.



شکل ۳- الف) ساختار لایه‌های لوله گوارش ب) بخشی از صفاق مربوط به روده‌ها

**حرکات لوله گوارش:** انقباض ماهیچه‌های دیواره لوله گوارش، **حرکات منظمی** را در آن به وجود می‌آورد. لوله گوارش، دو نوع حرکت (۱) **کرمی** و (۲) **قطعه‌قطعه کننده** دارد. هر دو نوع حرکت با همکاری شبکه اول سلول‌های عصبی و ماهیچه‌های **طولی، حلقوی (و مورب)** انجام می‌شوند.

۱) **حرکات کرمی:** در حرکات کرمی، **رود** غذا لوله گوارش را **گشاد** و یاخته‌های عصبی موجود در شبکه اول عصبی! دیواره لوله را **تحریک** می‌کند. یاخته‌های عصبی، ماهیچه‌های **طولی، حلقوی (و مورب)** موجود در دیواره را به **انقباض** وادار می‌کنند. در نتیجه، یک **حلقه انقباضی** در طول لوله ظاهر می‌شود که غذا را به **حرکت** درمی‌آورد (شکل ۴).

حرکات کرمی **همواره** نقش **مخلوط کنندگی** نیز دارند؛ به **ویژه** وقتی که حرکت محتویات لوله با برخورد به یک بنداره، **متوقف** شود؛ مثل وقتی که محتویات معده به پیلور برخورد می‌کنند. **پیلور بنداره بین معده و روده باریک است**. در این حالت، حرکات کرمی **فقط** می‌توانند محتویات لوله را **مخلوط** کنند.

+ حرکات **جلو برنده**: باعث حرکت مواد غذایی در طول لوله گوارش می‌شوند.

+ حرکات **مخلوط کننده**: باعث کمک به گوارش شیمیایی مواد غذایی به خاطر مخلوط کردن غذا با شیره‌های گوارشی می‌شوند.

x هنگام برقرورد حرکات کرمی‌شکل به اسفنکتر پیلور، این نوع حرکت **فقط!** نقش مخلوط کنندگی دارد!

(ن) حرکات **قطعه‌قطعه کننده**: در حرکات قطعه‌قطعه کننده با همکاری سلول‌های عصبی و ماهیچه‌های دیواره لوله گوارش، بخش‌هایی از لوله به صورت **یک در**

**میان** منقبض می‌شوند. سپس این بخش‌ها از حالت انقباض **خارج** و بخش‌های **دیگر** منقبض می‌شوند. **تداوم** این حرکات در لوله گوارش موجب می‌شود محتویات لوله، **ریزتر** (گوارش مکانیکی) و بیشتر با شیره‌های گوارشی **مخلوط** (کمک به گوارش شیمیایی) شوند (شکل ۵).

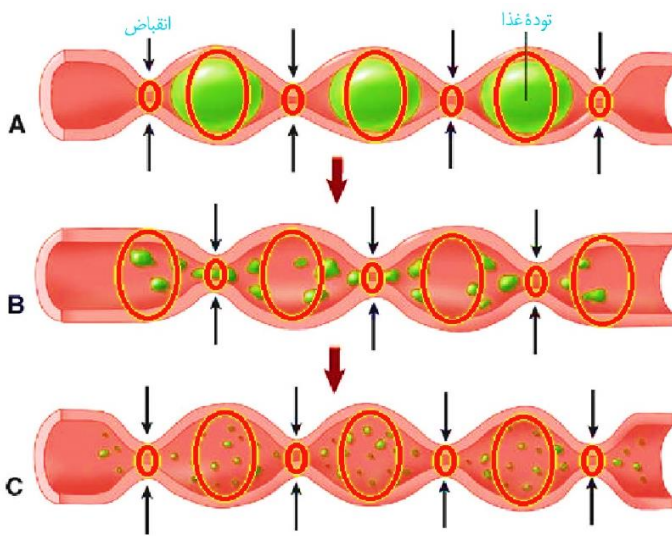
**نکته مهم**: در مکان‌هایی از لوله گوارش که مواد غذایی **سریع** عبور می‌کنند مانند ترقه، مری، راست‌روده و متفرج حرکات قطعه‌قطعه کننده دیده **نمی‌شود!**

نقش حرکات قطعه‌قطعه کننده

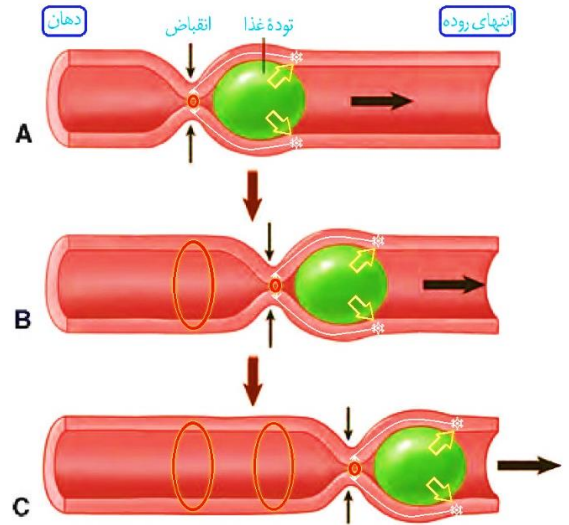
+ حرکات **ریز کننده**: که به گوارش مکانیکی مواد غذایی کمک می‌کنند.

+ حرکات **مخلوط کننده**: که به گوارش شیمیایی مواد غذایی به خاطر مخلوط کردن غذا با شیره‌های گوارشی کمک می‌کنند.

**نکته پالشی**: در کتاب نظام قدیم برای این حرکت نقش جلوبرنده هم ذکر شده بود ولی در کتاب نظام جدید **نمی‌توان** چنین برداشتی نمود!



شکل ۵- حرکت‌های قطعه‌قطعه کننده



شکل ۴- حرکات کرمی

مری یک گوسفند یا گاو را تهیه و لایه‌های آن را مشاهده کنید. بخش بالایی مری به علت دارا بودن ماهیچه **منقبض** یا اسکلتی غیر

ارادی، با بقیه آن کمی **متفاوت** است. اما بخش میانی و انتهایی آن چهار لایه دارد. از بیرون به داخل عبارتند از: ۱- لایه بیرونی ۲- لایه ماهیچه‌ای ۳- لایه زیرمغاطی

فعالیت

۴- لایه مغاطی

گوارش غذا

هدف **نهایی** گوارش غذا تبدیل آنها به مولکول‌های قابل جذب است. زیرا مولکول‌های بزرگ معمولاً **نمی‌توانند** از غشای سلولی عبور کرده و به وسیله آنها مورد استفاده واقع شوند. دستگاه گوارش طی فرایند **گوارش مکانیکی**، غذا را آسیاب می‌کند و با فرایند **گوارش شیمیایی**، مولکول‌های **بزرگ** را به مولکول‌های **کوچک** تبدیل می‌کند. این فرایندها چگونه انجام می‌شوند؟ به وسیله آنزیم‌های هیدرولیز کننده و با انجام واکنش هیدرولیز یا آب‌کافت. چه عواملی در آنها نقش دارند؟ عواملی مانند دما و pH در واکنش‌های آنزیمی مؤثر هستند.

**نام‌گذاری آنزیم‌ها**: معمولاً به این صورت است که ابتدا نام **پیش‌ماده** و به دنبال آن پسوند «-از» می‌آید. به عنوان مثال **آمیلاز** از ترکیب واژه آمیلوم (به معنای نشاسته) و پسوند «-از» (پسوند نشان دهنده آنزیم) تشکیل شده است. **لیپاز** و **پروتئاز** هم به ترتیب آنزیم‌های تجزیه کننده لیپید و پروتئین هستند.

**انواع گوارش در انسان**: در لوله گوارش انسان دو نوع گوارش اتفاق می‌افتد: مکانیکی و شیمیایی

+ **گوارش مکانیکی**: در این فرایند، مواد غذایی بدون دخالت آنزیم‌ها و با کمک **دندان‌ها**، **ماهیچه‌ها** و **صفر** تکه‌تکه شده، **آسیاب** و یا **ریزتر** می‌شوند.

+ **گوارش شیمیایی**: در این فرایند، مولکول‌های بزرگ آلی و **پلی‌مرها** با دخالت **آنزیم‌های هیدرولیز کننده** به مولکول‌های کوچک و **مونومرها** تبدیل می‌شوند.

**غذای انسان**: شامل مواد معدنی و مواد آلی است.

+ **مواد معدنی**: شامل **آب** و **یون‌ها** مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، آهن، کربنات و ... نیاز به گوارش **ندارند** و با روش‌های **متلف** جذب می‌شوند.



+ **مواد آلی:** شامل مولکول‌های ریز و مولکول‌های بزرگ هستند که برقی به گوارش نیاز دارند و برقی بدون گوارش و با روش‌های مختلف جذب سلول‌ها می‌شوند.  
 x **مولکول‌های ریز:** مانند اسیدهای آلی، آمینواسیدها، اسیدهای چرب، مونومرهای مختلف مانند گلوکز، فروکتوز، ریبوز، کلسترول، گلیسرول و ... که نیاز به گوارش ندارند و به صورت دست نقرده از لوله گوارش عبور کرده و جذب سلول‌ها می‌شوند.

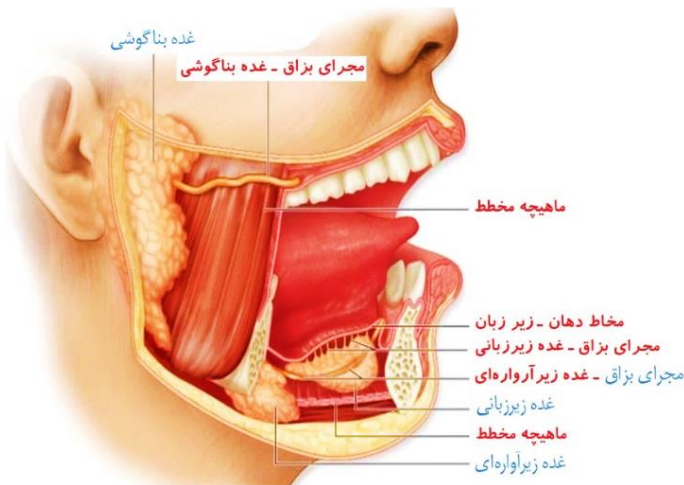
x **مولکول‌های بزرگ:** مانند اغلب مولکول‌های زیستی (کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها) که باید ابتدا گوارش یابند تا قابل جذب شوند.  
 - دی‌ساکاریدها با واکنش **هیدرولیز** و به کمک آنزیم به مونوساکارید تبدیل می‌شوند.  
**مالتوز** به وسیله **مالتاز**، **ساکارز** به وسیله **ساکاراز** و **لاکتوز** به **لاکتاز** هیدرولیز می‌شود.  
 - پلی‌ساکاریدها با واکنش **هیدرولیز** و به کمک آنزیم به گلوکز تبدیل می‌شوند.

**نشاسته** و **کلیکوژن** به وسیله آنزیم **آمیلاز بزاق** و **آمیلاز لوزالمعده** به پلی‌ساکاریدهای کوتاه یا در نهایت **مالتوز** تبدیل می‌شود. **آمیلاز** موجود در **شیره روده** این ترکیبات را به گلوکز هیدرولیز می‌شد.

**سلولز** در لوله گوارش انسان تقریباً دست نقرده باقی می‌ماند، زیرا انسان مانند بسیاری از جانوران فاقد آنزیم **سلولاز** است. علف‌خواران به علت همزیستی با **میکروبهایی** (فقط باکتری نیستند!) که دارای آنزیم سلولاز هستند قادرند این کربوهیدرات را به گلوکز تبدیل کنند.  
 - تری‌گلیسیریدها با واکنش **هیدرولیز** و به وسیله آنزیم **لیپاز معده** و لیپاز لوزالمعده به واحدهای سازنده خود تبدیل می‌شود.  
 - فسفولیپیدها هم با واکنش **هیدرولیز** اما با کمک آنزیم دیگری به نام **فسفولیپاز** به واحدهای سازنده خود تبدیل می‌شود.  
 - پروتئین‌ها نیز با واکنش **هیدرولیز** و با کمک **پپسین معده** به پپتیدهای کوچک و در نهایت با استفاده از **پروتئازهای لوزالمعده** و **پروتئازهای شیره روده** به آمینواسید تبدیل می‌شوند.

- نوکلئیک‌اسیدها هم با واکنش **هیدرولیز** و با کمک آنزیم‌های **نوکلئاز لوزالمعده** به واحدهای سازنده یعنی نوکلئوتیدهای **G, C, T, A** یا **U** تبدیل می‌شوند.

**گوارش در دهان:** با ورود غذا به دهان، **جویدن** غذا و **گوارش مکانیکی** آن آغاز می‌شود. آسیاب شدن غذا به ذره‌های بسیار کوچک برای فعالیت بهتر آنزیم‌های گوارشی، و اثر بزاق بر آن لازم است. **سه جفت غده بزاقی بزرگ** و **تعداد زیادی** غده‌های بزاقی **کوچک**، بزاق ترشح می‌کنند (شکل ۶). بزاق، ترکیبی از **آب**، **یون‌ها**، **انواعی از آنزیم‌ها** و **موسین** است. آنزیم **آمیلاز بزاق** به گوارش نشاسته **کمک** می‌کند. **لیزوزیم**، آنزیمی است که در از بین بردن



باکتری‌های درون **دهان** (فقط!) نقش دارد. **موسین**، گلیکوپروتئینی (کربوهیدرات + پروتئین) است که پس از اگزوسیتوز و خروج از سلول‌های غدد بزاقی! **آب** فراوانی جذب و ماده **مخاطی** ایجاد می‌کند. ماده مخاطی **سه** کار مختلف انجام می‌دهد: (۱) دیواره لوله گوارش را از **خراشیدگی** حاصل از تماس غذا یا (۲) **آسیب شیمیایی** (بر اثر اسید یا آنزیم) حفظ می‌کند و (۳) ذره‌های غذایی را به هم می‌چسباند و آنها را به **توده لغزنده‌ای** تبدیل می‌کند.

شکل ۶- غده‌های بناگوشی، زیرآرواره‌ای و زیرزبانی، بزاق ترشح می‌کنند.

(۱) غدد بناگوشی **بزرگ‌ترین** و **بالاترین** غدد بزاقی هستند.

(۲) غدد زیرآرواره‌ای نیز **پائین‌ترین** و **نزدیک‌ترین** به **مری** هستند.

(۳) کوچک‌ترین غدد بزاقی هم هیچ کدام از این سه جفت غده **نیستند!**

#### نکاتی در مورد گوارش غذا در دهان

(۱) در دهان گوارش مکانیکی و گوارش شیمیایی **همزمان** شروع می‌شود.

(۲) دندان‌ها و ماهیچه‌های اسکلتی فک‌ها با گوارش مکانیکی مواد غذایی باعث **عملکرد بهتر** آنزیم‌ها و کمک به گوارش شیمیایی می‌شوند.

(۳) در انسان **شش** عدد یا **سه** جفت غده بزاقی بزرگ و تعداد **زیادی** غده‌های بزاقی کوچک، بزاق ترشح می‌کنند.

(۴) **بیش** از دو نوع آنزیم در بزاق وجود دارد! دو نوع آنزیم **مهم** موجود در بزاق عبارتند از: **آمیلاز** و **لیزوزیم**.

(۵) آنزیم **آمیلاز بزاق** با فرایند **هیدرولیز** به گوارش نشاسته **کمک** می‌کند.

(۶) در واقع **آمیلاز بزاق**، نشاسته را به گلوکز تبدیل نمی‌کند، بلکه آن را به پلی‌ساکاریدهای کوتاه‌تر **تجزیه** می‌کند!

+ می‌توان گفت در دهان **گلوکز** حاصل از گوارش مواد غذایی یافت نمی‌شود!

(۷) **موسین** در مجاری تنفسی، **تولیدمثلی** و **ادراری** هم وجود دارد و نقش‌های دیگری ایفا می‌کند!

**بلع غذا:** هنگام بلع با فشار **زبان**، توده غذا به صورت **ارادی** به عقب دهان و داخل **حلق** رانده می‌شود. با رسیدن غذا به حلق، بلع به شکل **غیر ارادی**،

ادامه پیدا می‌کند. همان طور که می‌دانید حلق را به **چهارراه** تشبیه می‌کنند.

با استفاده از شکل ۷ الف، توضیح دهید هنگام بلع چگونه راه‌های دیگر حلق بسته می‌شوند؟ به وسیله زبان، زبان کوچک و اپی‌گلوت (شکل ۷ - الف) هنگام بلع فقط راه مری برای عبور غذا باز است.

(۱) زبان مسیر دهان، زبان کوچک مسیر بینی و اپی‌گلوت مسیر نای را می‌بندد. بنابراین غذا راهی ندارد جز این‌که وارد مری شود.

+ نکته مهم این‌که زبان دارای ماهیچه است و تحت تأثیر پیام عصبی این کار را انجام می‌دهد اما زبان کوچک و اپی‌گلوت فاقد ماهیچه هستند.

(۲) دو شیپور استنشاق از گوش میانی به حلق وارد می‌شوند که به خاطر وضعیت قرار گرفتن آنها در هنگام بلع بسته می‌شوند.

(۳) اپی‌گلوت و پرده‌های صوتی دو بخش از تنبره هستند. تنبره نیز بخش ابتدایی نای است. در نای نیز همانند لوله گوارش چهار لایه وجود دارد.

(۴) لایه دوم تنبره (از بیرون) به طور کامل از غضروف ساخته شده ولی در بقیه بخش‌های نای این لایه غضروفی - ماهیچه‌ای است.

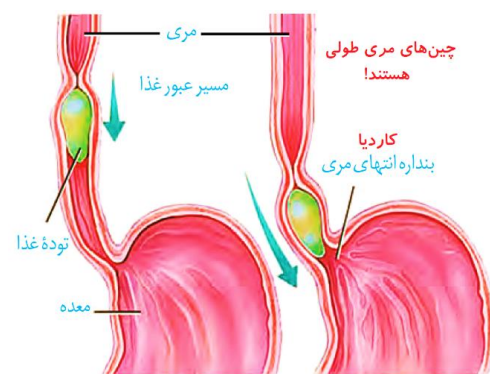
(۵) بر اساس شکل کتاب، به هنگام بلع، بالا رفتن تنبره هم اتفاق می‌افتد!

در ادامه بلع دیواره ماهیچه‌ای حلق که دارای ماهیچه‌های منظم غیر ارادی است، منقبض می‌شود و حرکت کرمی آن، غذا را به مری می‌راند. حرکت کرمی در مری ادامه پیدا می‌کند و با شل شدن بنداره انتهایی مری یا کاردیا، غذا وارد معده می‌شود (شکل ۷ ب). غده‌های مخاط مری، ماده مخاطی (موسین + آب) ترشح می‌کنند تا حرکت غذا آسان‌تر شود.

**نکته پالشی:** ماده مخاطی دارای لیزوزیم است، پس می‌توان گفت در مری هم آنزیم ترشح می‌شود! (شکل ۷ - ب) حرکات کرمی، غذا را در طول مری حرکت می‌دهند.

**مرحله سه‌گانه بلع:** با توجه به متن کتاب می‌توان گفت بلع سه مرحله دارد.

**مرحله اول - مرحله دهانی بلع:** این مرحله ارادی است و به وسیله ماهیچه‌های منظم یا اسکلتی دهان و زبان انجام می‌شود. ماهیچه‌های این بخش از لوله گوارش، توده غذا را از تفره دهان به حلق می‌رانند.



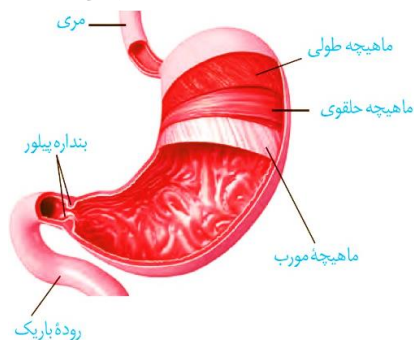
**مرحله دوم - مرحله حلقی بلع:** این مرحله غیر ارادی است و به وسیله ماهیچه‌های منظم یا اسکلتی حلق انجام می‌شود. ماهیچه‌های این بخش از لوله گوارش با حرکت کرمی خود، توده غذا را از حلق به مری می‌رانند. در هنگام وقوع این مرحله از بلع، مرکز بلع در بصل‌النفاس، مرکز اصلی تنفس در همین بخش را تحریک نموده تا تنفس برای مدت زمان کوتاهی متوقف شود.

+ همان‌طور که در فصل سوم خواهیم خواند، مرکز دیگر تنفس در پل مغزی واقع شده و مدت زمان دم را تعیین می‌کند.

**مرحله سوم - مرحله مروی بلع:** این مرحله غیر ارادی است و به وسیله ماهیچه‌های منظم یا اسکلتی و صاف مری انجام می‌شود. در ابتدای مری، ماهیچه‌های منظم غیر ارادی و در میانه و انتهای آن ماهیچه صاف وجود دارد. حرکات کرمی این بخش از لوله گوارش، توده غذا را در طول مری به طرف پائین رانده تا پس از عبور از اسفنکتر کاردیا به معده وارد شود.

**نکته جالب:** در کتب کمی قدیمی‌تر به نقش نیروی بازیه در این مرحله از بلع هم اشاره شده بود! هم‌پنین به هنگام استفراغ، حرکات کرمی وارونه، در دوازدهه، معده و مری نیز ذکر شده بود!

**گوارش در معده:** معده، بخش کیسه‌ای شکل لوله گوارش است. بنابراین در انبار کردن مواد غذایی هم نقش دارد! دیواره معده، چین‌خوردگی‌هایی دارد که با پر شدن معده باز می‌شوند تا غذای بلع شده در آن انبار شود. گوارش شیمیایی و مکانیکی غذا در معده در اثر شیره معده و حرکات آن انجام می‌شود. در پایان گوارش در معده مخلوط حاصل از گوارش به همراه شیره‌های گوارشی که کیموس نام دارد، با باز شدن



بنداره پیلور وارد ابتدای روده باریک یعنی دوازدهه می‌شود (شکل ۸). به ابتدای روده باریک دوازدهه می‌گویند. همان‌طور که می‌دانیم اسفنکتر پیلور بین معده و روده باریک واقع شده است!

شکل ۸ حرکات معده در اثر انقباض ماهیچه‌های آن ایجاد می‌شوند. یاخته‌های لایه ماهیچه‌ای دیواره معده در سه جهت طولی، حلقوی و مؤرب قرار گرفته‌اند. این لایه‌ها از بیرون به داخل عبارتند از:

لایه طولی، لایه حلقوی و لایه مؤرب. بدیهی است در بین این لایه‌ها شبکه سلول‌های عصبی هم وجود دارد.

+ به عبارت دیگر در معده، شبکه اول سلول‌های عصبی که مسئول ایجاد حرکات معده است در دو مکان واقع شده است!

**چین‌خوردگی‌های لوله گوارش**

(۱) تقریباً در تمام طول لوله گوارش لایه داخلی یا مخاط پین‌خوردگی‌هایی دارد.

(۸) لایه زیرمخاط که نوعی بافت پیوندی **سست** است باعث می‌شود تا مخاط روی لایه ماهیچه‌ای **بلغزد** یا **چپن** بفرد.

+ البته در **روده بزرگ** و **راست‌روده** چین‌خوردگی‌ها بسیار **برجسته** بوده و بر خلاف بخش‌های دیگر لوله گوارش، **مغزی** لایه بیرونی را هم دربرمی‌گیرند!

(۹) چین‌خوردگی‌های **معدده برخلاف** سایر بخش‌های لوله گوارش، ثابت **نیستند** و پس از انباشته شدن **معدده صاف** می‌شوند!

(۱۰) در **مری** و **راست‌روده** چین‌خوردگی‌ها به صورت **طولی** قرار گرفته‌اند. در **معدده** به صورت **نامنظم** و در **روده باریک** و **بزرگ** به صورت **مخروطی** مشاهده می‌شوند.

**شیره معدده:** یاخته‌های پوششی مخاط **معدده** یعنی لایه ۳ در بافت پیوندی زیرین یعنی لایه ۲ فرو رفته‌اند و **حفره‌های معدده** را به وجود می‌آورند. **مجاری** غده‌های معدده، به این حفره‌ها راه دارند. هر **حفره** به **یک** یا **چند** غده راه دارد. پس تعداد غده‌ها از **حفره‌ها بیشتر** است! غده **معدده** می‌توانند **ساده** یا در انتها **منشعب** باشند!

در **حفره‌های معدده فقط** یک نوع سلول ولی در غده‌های آن **چهار** یا **پنج** نوع سلول وجود دارد. سلول‌های موجود در **حفرات** و **غده معدده** عبارتند از:

+ سلول‌های **پوششی سطحی**: یاخته‌های پوششی سطحی مخاط **معدده** (سلول‌های **کرم رنگ**)! **ماده مخاطی** فراوان ترشح می‌کنند که به شکل لایه ۴ لایه‌ای چسبناکی، مخاط **معدده** را **می‌پوشاند**. این سلول‌ها **بیکربنات** ( $\text{HCO}_3^-$ ) نیز ترشح می‌کنند که لایه ۴ لایه‌ای حفاظتی را **قلیایی** می‌کند (شکل ۹).  
به این ترتیب سد حفاظتی محکمی در مقابل **اسید** و **آنزیم** به وجود می‌آید.

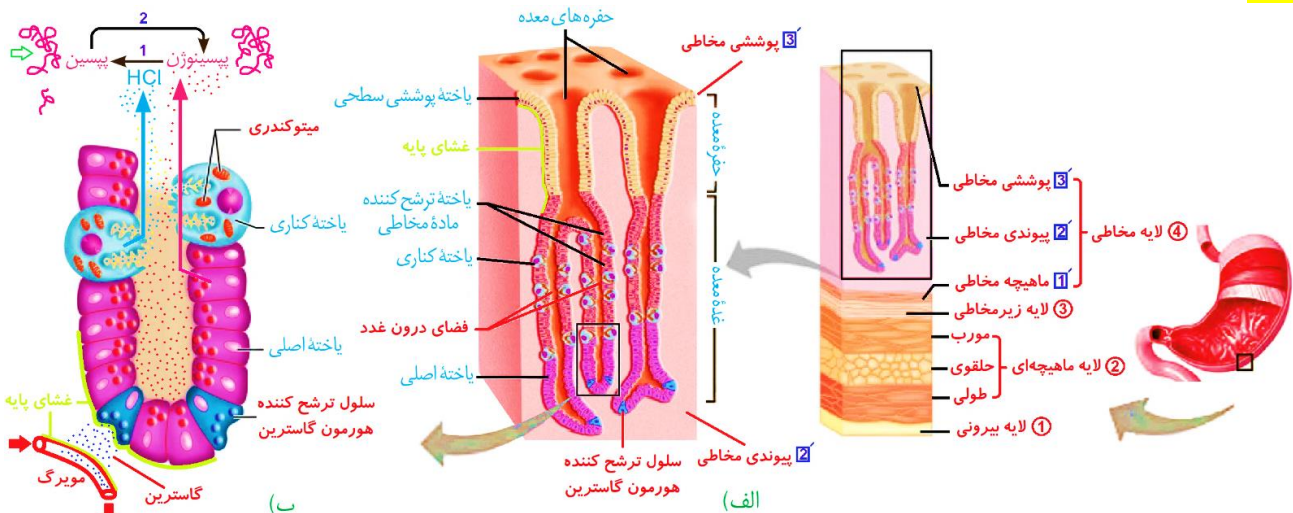
+ سلول‌های **مباری غده‌های معدده**: بیشترین! تعداد سلول‌ها (سلول‌های **قرمز رنگ**) را دارا هستند و **برخی** از آنها، **ماده مخاطی** فراوان ترشح می‌کنند که به شکل لایه ۴ لایه‌ای چسبناکی، مخاط **معدده** را **می‌پوشاند**.

+ سلول‌های **اصلی غده‌های معدده**: یاخته‌های اصلی موجود در **جسمه**! غده‌ها (سلول‌های **بنفش رنگ**)!، **آنزیم‌های معدده** را ترشح می‌کنند. **پیش‌ساز پروتئازهای** معدده را به طور کلی **پپسینوژن** می‌نامند. پپسینوژن بر اثر کلریدریک اسید به **پپسین** فعال تبدیل می‌شود. پپسین خود با اثر بر پپسینوژن، تولید پپسین را **بیشتر** می‌کند (شکل ۹). آنزیم **پپسین**، با فرایند **هیدرولیز پروتئین‌ها** را به مولکول‌های **کوچک‌تر** یا **پپتید** تجزیه می‌کند.

+ سلول‌های **کناری غده‌های معدده**: یاخته‌های **کناری** موجود در **جسمه**! غده‌های معدده (سلول‌های نامتعارف **آبی کم‌رنگ**)!، **کلریدریک اسید** و نوعی **پروتئین** به نام **عامل (فاکتور) داخلی معدده** ترشح می‌کنند. **عامل داخلی معدده**، برای **ورود** ویتامین  $\text{B}_{12}$  به یاخته‌های **روده باریک** با **آندوسیتوز** ضروری است. اگر این یاخته‌ها **تخریب** شوند یا **معدده برداشته** شود، علاوه بر **ساخته نشدن** کلریدریک اسید، فرد به **کم‌خونی** خطرناکی دچار می‌شود؛ زیرا ویتامین  $\text{B}_{12}$  که برای **ساختن** گویچه‌های قرمز در **مغز استخوان** لازم است، **جذب نمی‌شود** و زندگی فرد به **خطر** می‌افتد.

+ سلول‌های **درون‌ریز غده‌های معدده**: این سلول‌ها (**آبی پررنگ**) به صورت **پراکنده** وجود داشته و **هورمون گاسترین** را به درون **تون** ترشح می‌کنند.

**نکته پالشی:** سلول‌های پوششی سطحی معدده، **بیکربنات** و سلول‌های کناری اسید ترشح می‌کنند. پس می‌توان گفت در معدده هم **اسید** ترشح می‌شود و هم **قلیا** یا **بازا**



شکل ۹- الف) غده‌های معدده ب) یاخته‌های غده‌های معدده، مواد مختلف **شیره معدده** را ترشح می‌کنند.

سلول‌های موجود در لایه پوششی مخاط معدده

(۱) سلول‌های پوششی سطحی: فقط یک نوع سلول وجود دارد که در ترشح ماده مخاطی و **بیکربنات** شرکت می‌کنند.

(۲) سلول‌های موجود در **حفرات معدده**: در **حفرات معدده فقط** یک نوع سلول یعنی همان سلول‌های پوششی سطحی حضور دارند.

(۳) سلول‌های موجود در **غده معدده**: در **غده معدده حداقل سه** نوع سلول ترشحی **درون‌ریز** و **یک** نوع سلول **درون‌ریز** می‌تواند وجود داشته باشد:

+ سلول‌های **مباری غده (قرمز رنگ)**: که بیشتر در **مباری** غده وجود داشته، فراوان‌ترین سلول‌های غده معدده بوده و در تولید **ماده مخاطی** نقش دارند.

+ سلول‌های **اصلی غده (بنفش رنگ)**: که با فرایند **اکزوسیتوز** در تولید آنزیم‌های معدده **دقالت** دارند. **چندین** نوع آنزیم به وسیله این سلول‌ها ترشح می‌شوند.

x **پروتئازهای معدده**: این آنزیم‌ها شامل **چندین** نوع آنزیم هستند که ابتدا به صورت **غیر فعال** با نام **عمومی پپسینوژن** تولید می‌شوند.

- پپسینوژن‌ها در حضور **اسید معدده** و **پپسین‌های قبلی** تبدیل به **پپسین فعال** می‌شوند.



این مکانیسم نوعی بازفورد مثبت است که در آن هر چه مقدار پپسین بیشتر شود، پپسینوژن بیشتری به پپسین تبدیل می‌شود.  
 پپسین‌ها پروتئازهایی هستند که در محیط اسیدی فعالیت بهینه دارند. هر نوع پروتئینی می‌تواند به عنوان پیش‌ماده وارد جایگاه فعال آنزیم پپسین شده و به پپتیدهای کوچک تبدیل شود!

نکته پالشی: خود پپسین و دیگر پروتئازها و نیز آنزیم‌های دیگری مانند آمیلاز، مالتاز، ساکاراز، سلولاز، لیپاز، نوکلئاز و ... هم می‌توانند پیش‌ماده آنزیم پپسین در نظر گرفته شوند! ☺☺

لیپاز معده: از سلول‌های اصلی معده نوعی لیپاز ترشح می‌شود و بر خلاف لیپاز لوزالمعده که در pH کمی قلیایی (حدود ۸) بهترین فعالیت را دارد، لیپاز معده در pH شدیداً اسیدی (حدود ۲) فعالیت بهینه دارد!  
 سلول‌های کناری غدد (آبی کم‌رنگ): این سلول‌ها از بقیه سلول‌ها بزرگ‌تر بوده و به تعداد کمتر و همواره به صورت پراکنده در میان بقیه سلول‌های مجاری غدد یا سلول‌های اصلی دیده می‌شوند. شکل آنها نامتعارف بوده و در غشای رو به غده آن‌ها فرورفتگی‌های نامنظم و عمیق مشاهده می‌شود.  
 سلول‌های کناری موجود در غدد معده در تولید اسید معده و فاکتور داخلی معده نقش دارند.

اسید معده: این ماده، پپسینوژن غیر فعال را به پپسین فعال تبدیل می‌کند. پپسین برای فعالیت خود به pH اسیدی نیاز دارد! هم‌پنین اسید معده در از بین بردن میکروب‌های موجود در غذا نیز نقش دارد.

فاکتور داخلی معده: برای ورود ویتامین B<sub>۱۲</sub> به روش آندوسیتوز! به درون سلول‌های روده باریک مورد نیاز است. این ویتامین برای ساختن گلوبول‌های قرمز در مغز استخوان ضروری است.

هم‌پنین در سیتوپلاسم سلول‌های کناری موجود در غدد معده تعداد زیادی میتوکندری نیز وجود دارد، زیرا تولید و ترشح اسید معده به انرژی نیاز دارد!  
 سلول‌های درون‌ریز (آبی تیره): این سلول‌ها بر خلاف بقیه سلول‌ها که برون‌ریز بودند، درون‌ریز هستند.  
 در غدد برون‌ریز نزدیک به پیلور، سلول‌های پراکنده درون‌ریزی وجود دارد که هورمون گاسترین را با لگروسیتوز به درون غون ترشح می‌کنند.  
 اندام هدف این هورمون غود معده است. نکته جالب این‌که این هورمون برای انتقال از اندام تولید یعنی معده! به اندام هدف یعنی معده! باید یک بار از کبد دو بار از قلب و یک بار از شش بگذرد! ☺☺

با ورود غذا، معده اندکی انبساط می‌یابد و انقباض‌های معده، آغاز می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت پس از ورود غذا به معده ابتدا این اندام منبسط سپس منقبض می‌شود! این انقباض‌ها علاوه بر گوارش مکانیکی، غذا را با شیره معده می‌آمیزند که نتیجه آن تشکیل کیموس معده است. همان طور که گفتیم با باز شدن بنداره پیلور، کیموس وارد دوازدهه می‌شود.

#### مقایسه شیره معده و کیموس معده

شیره معده: همان مواد مترشحه از سلول‌ها و غده‌های برون‌ریز معده هستند که در فضای معده رها شده‌اند. نکته مهم این‌که در این شیره هورمون گاسترین وجود ندارد!  
 کیموس معده: مخلوطی از غذاهای نیمه گوارش یافته و شیره معده است. نکته مهم این‌که در کیموس معده کلوز و آمینواسید حاصل از گوارش غذاها وجود ندارد!  
 سؤال ۱) در معده یک فرد سالم کدام یک وجود ندارد؟

- ۱) پپسینوژن      ۲) پپسین      ۳) گاسترین       ۴) فاکتور داخلی

گاسترین به غون ترشح می‌شود نه به درون فضای معده!

سؤال ۲) در معده یک فرد سالم کدام یک ترشح نمی‌شود؟

- ۱) پپسینوژن      ۲) پپسین       ۳) گاسترین      ۴) فاکتور داخلی

پپسین از معده ترشح نمی‌شود، بلکه پس از تأثیر اسید معده بر پپسینوژن به وجود می‌آید!

**برگشت اسید معده (ریفلاکس):** اگر انقباض بنداره انتهایی مری کافی نباشد، فرد دچار برگشت اسید می‌شود. در این حالت در اثر برگشت شیره معده به مری، به تدریج، مخاط مری آسیب می‌بیند؛ زیرا حفاظت دیواره آن به اندازه معده و روده باریک، نیست. به عبارت دیگر لایه مخاطی آن که به وسیله ماده مخاطی ایجاد می‌شود، در مقایسه با معده و روده نازک‌تر و آسیب‌پذیرتر است! سیگار کشیدن، الکل، رژیم غذایی نامناسب و استفاده بیش از اندازه از غذاهای آماده، تنش و اضطراب، از علت‌های برگشت اسید معده‌اند.

نکته مهم: در ریفلاکس حرکات کرمی یا حرکات وارونه در غود مری هیچ نقشی ندارند. بر اثر حرکات کرمی معده و شل بودن کاردیا، کیموس معده به مری برمی‌گردد و باعث آسیب رساندن به آن می‌شود.

#### فعالیت

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد آنزیم پپسین در حضور کلریدریک اسید، پروتئین سفیده تخم‌مرغ را گوارش می‌دهد. توجه کنید که آنزیم‌ها در دمای ویژه‌ای فعالیت می‌کنند. می‌توان در یک لوله آزمایش، سفیده پخته شده تخم‌مرغ را در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و pH اسیدی تحت تأثیر این آنزیم قرار داده و منتظر بمانیم تا پس از مدتی با تجزیه ناکامل آن به پپتیدهای کوچک، رنگ سفید آن معو شود! (تبدیل تخم‌مرغ پخته به نپخته!)

**گوارش در روده باریک:** کیموس به تدریج وارد روده باریک می‌شود تا مراحل پایانی گوارش به ویژه در دوازدهه انجام شود. صفرا، شیرهای روده و لوزالمعده که به دوازدهه می‌ریزند به کمک حرکات روده، در گوارش نهایی کیموس (مکانیکی و شیمیایی!) نقش دارند (شکل ۱۰).

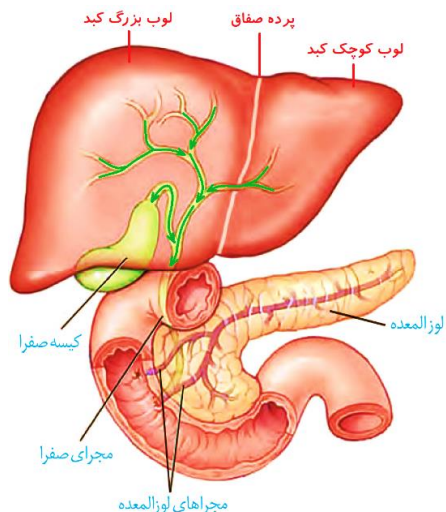
### نکاتی در مورد گوارش در دوازدهه

(۱) گوارش مکانیکی: به دو صورت انجام می‌شود.

- + حرکات ماهیچه‌های طولی و حلقوی که مواد غذایی را آسباب می‌کنند.
- + نقش صفرا که فقط چربی‌ها یا روغن‌ها یا تری‌گلیسریدها را ریزتر می‌کند.

(۲) گوارش شیمیایی: آنزیم‌های متنوع و قوی لوزالمعده، با واکنش هیدرولیز یا آبکافت انواع مولکول‌های بزرگ را به مولکول‌های کوچک تبدیل می‌کنند.

+ نکته مهم این‌که این آنزیم‌ها در محیط کمی قلیایی بهترین فعالیت را نشان می‌دهند.



شکل ۱۰- صفرا از راه مجاری صفراوی کبد به یک مجرای مشترک وارد و در کیسه صفرا ذخیره می‌شود.

(۱) کبد دو لوب دارد که لوب بزرگ در سمت راست بدن و لوب کوچک آن متمایل به مرکز است.

(۲) بین دو لوب کبد، بخشی از پرده صفاق وجود دارد. این بخش از بالا با پرده دیافراگم در تماس است.

(۳) تقریباً در همه بخش‌های کبد، مجاری صفرا وجود دارند. اما تعداد آنها در لوب بزرگ کبد بسیار بیشتر است.

(۴) حرکت صفرا در همه مجاری یک طرفه است به جز مجرای مشترک صفرا یا مجرای که به کیسه صفرا متصل است.

(۵) کیسه صفرا در زیر لوب بزرگ کبد و متمایل به سمت راست بدن قرار گرفته است.

(۶) مجرای خروج صفرا از پشت دوازدهه عبور نموده و در لوزالمعده با مجرای بزرگ، طولی و پائین‌تر لوزالمعده ادغام می‌شود.

(۷) مجرای کوچک، کوتاه و بالایی لوزالمعده در جلوی مجرای اصلی صفرا قرار داشته و به طور مستقل ترشحات خود را به

درون دوازدهه می‌ریزد.

**حرکت‌های روده باریک:** حرکت‌های قطعه‌قطعه کننده و کرمی روده باریک، علاوه بر گوارش مکانیکی و پیش بردن کیموس در طول روده، کیموس را در سراسر مخاط روده می‌گستراند تا تماس آن با شیرهای گوارشی و نیز یاخته‌های پوششی مخاط، افزایش یابد.

### نتایج حرکات روده باریک

(۱) گوارش مکانیکی غذاها توسط حرکات قطعه‌قطعه کننده

(۲) پیش بردن کیموس در طول روده باریک توسط حرکات کرمی

(۳) گستراندن کیموس در سراسر مخاط روده توسط حرکات کرمی و قطعه‌قطعه کننده. این رویداد باعث بروز دو اتفاق دیگر نیز می‌شود:

+ افزایش تماس با شیرهای گوارشی جهت انجام گوارش شیمیایی

+ افزایش تماس با سلول‌های پوششی مخاط روده برای انجام جذب

**شیره روده:** روده باریک این شیره را ترشح می‌کند. شیره روده شامل موسین، آب، یون‌های مختلف از جمله بیکربنات و آنزیم است. به عبارت دیگر در شیره روده علاوه بر یون بیکربنات، یون‌های دیگری هم وجود دارد.

### منشاء آنزیم‌های موجود در روده باریک

(۱) برنی از آنها از بخش‌های قبلی لوله گوارش ترشح شده و به همراه مواد غذایی به روده باریک آمده‌اند.

(۲) برنی از آنها حاصل شدن سلول‌های پوششی روده باریک و له شدن آنها در فضای روده هستند (نظام قدیم!).

(۳) برنی از آنها به سطح بیرونی غشای سلول‌های موجود بر روی پرزهای روده باریک متصل هستند (نظام جدید - قبل از ۹۸).

(۴) برنی از آنها حاصل اگزوسیتوز و ترشح از سلول‌های ترشح کننده روده باریک هستند (نظام جدید - بعد از ۹۸).

**صفرا:** کبد، صفرا را می‌سازد. صفرا آنزیم ندارد و ترکیبی از نمک‌های صفراوی، بیکربنات، کلسترول و فسفولیپید است. صفرا همراه با شیره لوزالمعده به



دوازدهه می‌ریزد و با ریز کردن قطرات چربی یا تری‌گلیسرید موجود در غذاها (گوارش مکانیکی!) به گوارش شیمیایی چربی‌ها

کمک می‌کند. همچنین بیکربنات موجود در صفرا به خنثی کردن حالت اسیدی کیموس معده کمک می‌کند.

گاهی ترکیبات صفرا یعنی نمک‌های صفراوی، بیکربنات، کلسترول و فسفولیپید در کیسه صفرا رسوب می‌کنند و

سنگ ایجاد می‌شود. رژیم غذایی پرچرب در ایجاد سنگ کیسه صفرا نقش دارد (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- سنگ کیسه صفرا

۱) مواد معدنی صفر: شامل نمک‌های صفرایی و بی‌کربنات که به وسیله سلول‌های کبدی از محیط اطراف گرفته شده و در ترکیب صفر وارد شده‌اند.

۲) مواد آلی صفر: شامل دو نوع لیپید به نام **کلسترول** و **فسفولیپید** لسیتین است. این ترکیبات را خود سلول‌های کبدی ساخته و در ترکیب صفر وارد می‌کنند!

دو نوع ماده آلی دیگر به نام **بیلی‌وردین** (سبز رنگ) و **بیلی‌روبین** (قرمز رنگ) نیز در صفر وجود دارند. این مواد را مواد رنگی صفر نیز می‌گویند. رنگ سبز صفر به خاطر ماده **بیلی‌وردین** است. این دو نوع ماده حاصل تقریباً «گروه هم» موجود در هموگلوبین هستند. ماکروفاژهای موجود در کبد و طحال گلبول‌های قرمز پیر و فرسوده را با ذره‌نور بلعیده، آمینواسید و آهن آزاد می‌کنند که یا در کبد ذخیره شده و یا از طریق جریان خون به بافت‌های دیگر مانند مغز قرمز استخوان می‌روند. گروه هم موجود در هموگلوبین نیز به **بیلی‌روبین** و **بیلی‌وردین** تبدیل می‌شود که وارد صفر می‌شوند. مقداری از این **بیلی‌روبین** از روده جذب و از طریق خون به کلیه‌ها رفته و پس از دفع توسط کلیه‌ها سبب پیدایش رنگ مخصوص ادرار می‌شود. این مواد در کیسه صفر ذخیره و به همراه بقیه ترکیبات صفر روی مواد غذایی ریخته می‌شود. **بیلی‌روبین** در روده و بر اثر آنزیم‌ها به **استرکوبیلین** قهوه‌ای رنگ تبدیل می‌شود. این ماده باعث ایجاد رنگ مخصوص مدفوع می‌شود. اگر سنگ کیسه صفر باعث مسدود شدن مسیر خروج صفر شود، **بیلی‌روبین** در درون بافت‌ها نفوذ نموده و سبب پیدایش زردی یا **یرقان** می‌شود.

**شیره لوزالمعده:** موادی که از لوزالمعده یا پانکراس به درون دوازدهه می‌ریزند **شیره لوزالمعده** را تشکیل می‌دهند. **آنزیم‌ها** و **بی‌کربنات** لوزالمعده به دوازدهه می‌ریزند. **لوزالمعده، آنزیم‌های لازم برای گوارش شیمیایی انواع مواد را تولید می‌کند.**

به عبارت دیگر، لوزالمعده می‌تواند آنزیم‌های **کربوهیدراز، لیپاز، پروتاز** و **نوکلئاز** را برای گوارش **کربوهیدرات‌ها، لیپیدها (تری‌گلیسیریدها)، پروتئین‌ها** و **نوکلئیک‌اسیدها** را به مونومرهای آنها یعنی **گلوکز، اسیدپر، آمینواسیدها** و **نوکلئوتید** تولید کند! همه این آنزیم‌ها فعالیت **بینه** خود را در محیط کمی **قلیایی** انجام می‌دهند. **پروتازهای لوزالمعده** در فضای درون **روده باریک** که محیط آن کمی **قلیایی** است، **فعال** می‌شوند. **بی‌کربنات** اثر اسید معده را **خنثی** می‌کند. به این ترتیب دیواره دوازدهه از اثر اسید **حفظ** و محیط مناسب برای فعالیت آنزیم‌های لوزالمعده فراهم می‌شود.

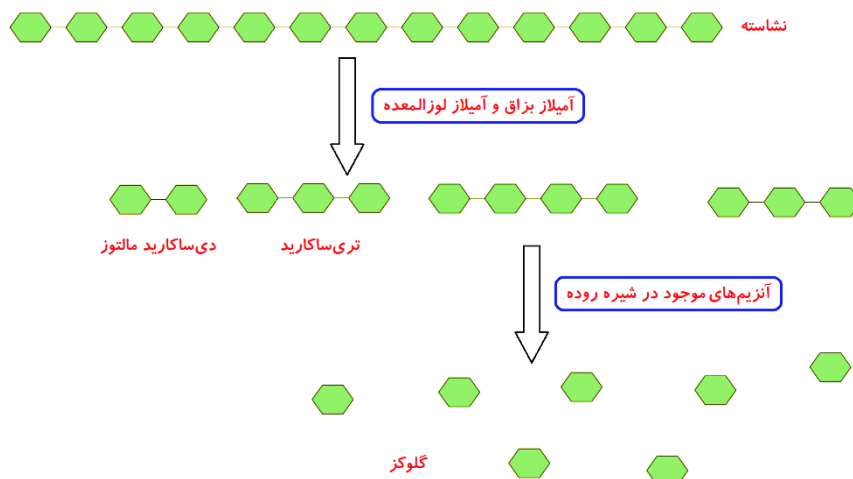
**فعالیت**

پروتازهای لوزالمعده **قوی** و **متنوع** اند و می‌توانند خود لوزالمعده را نیز **تجزیه** کنند. فکر می‌کنید بدن چگونه از این مسئله جلوگیری می‌کند؟ **پیش‌سازهای این آنزیم‌ها در لوزالمعده غیر فعال هستند و در محیط کمی قلیایی روده باریک فعال می‌شوند.**

**گوارش کربوهیدرات‌ها:** رژیم غذایی ما شامل **انواع گوناگون کربوهیدرات‌هاست. مونوساکاریدهایی** مانند **گلوکز** و **فروکتوز بدون گوارش** جذب می‌شوند. **دی‌ساکاریدها** و **پلی‌ساکاریدها** برای جذب شدن باید گوارش یابند و به **مونوساکارید** تبدیل شوند. آنزیم‌های گوارشی با واکنش **آب‌کافت (هیدرولیز)**، **مولکول‌های درشت** را به **مولکول‌های کوچک** تبدیل می‌کنند. در **آب‌کافت** همراه با **مصرف آب**، پیوند بین مولکول‌ها شکسته می‌شود. شکل ۱۲ واکنش **آب‌کافت** را در تبدیل **دی‌ساکارید** به **مونوساکارید** نشان می‌دهد.



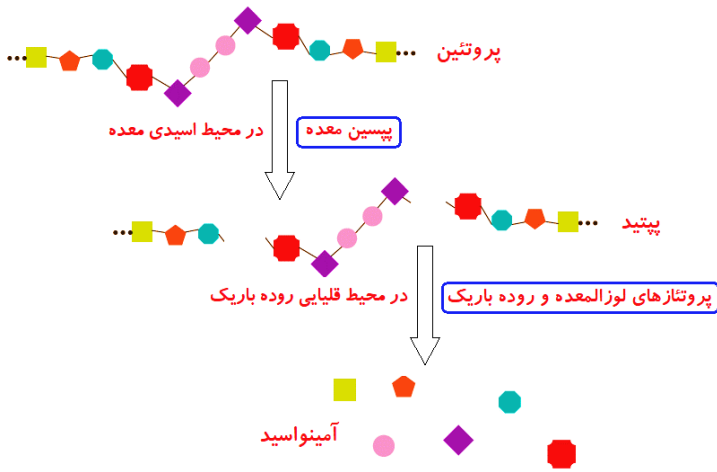
اگر این **دی‌ساکارید مالتوز** باشد، آنزیم **مالتاز** آن را به دو مولکول **گلوکز** تبدیل می‌کند. اگر **ساکارز** باشد، آنزیم **ساکاراز** آن را به یک مولکول **گلوکز** و یک مولکول **فروکتوز** و اگر **لاکتوز** باشد، آنزیم **لاکتاز** آن را به یک مولکول **گلوکز** و یک مولکول **گالاکتوز** تبدیل می‌کند.  
 همان‌طور که در شکل زیر می‌بینیم، **آمیلاز بزاق** و **آمیلاز لوزالمعده نمی‌توانند** نشاسته را مستقیماً به **گلوکز** تبدیل کنند، بلکه آن را به **دی‌ساکارید مالتوز** و **پلی‌ساکاریدهای کوتاه (تری‌ساکارید، تتراساکارید و ...)** تبدیل می‌کنند. در روده باریک بر اثر آنزیم‌های روده باریک، این مواد به **طور کامل هیدرولیز** و به **گلوکز** تبدیل می‌شوند.



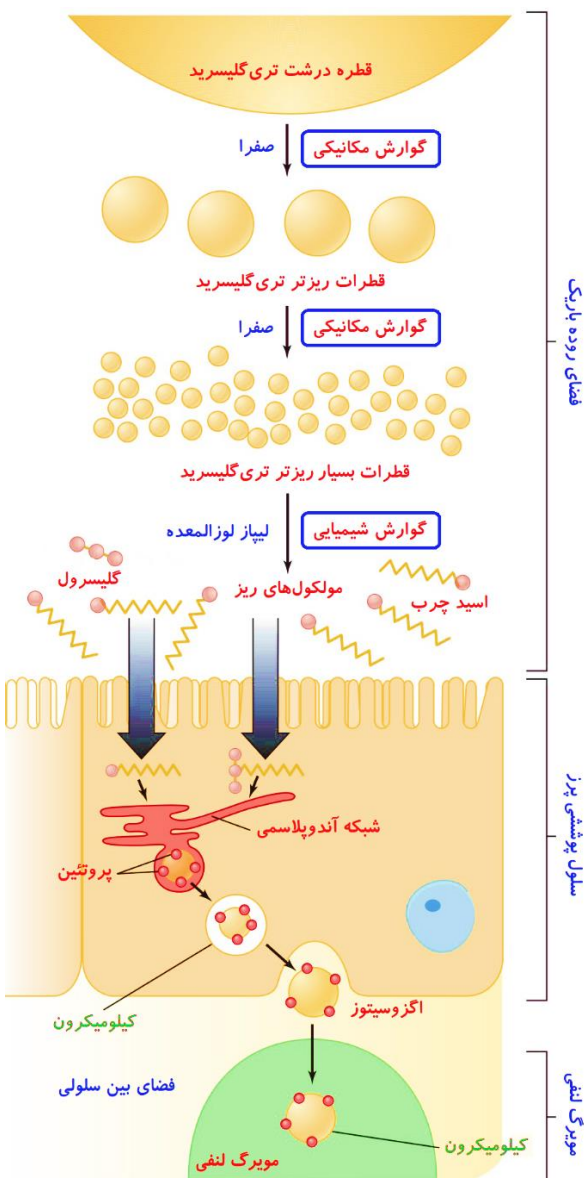
**دستگاه گوارش ما آنزیم مورد نیاز برای گوارش همه کربوهیدرات‌ها را نمی‌سازد، مثلاً آنزیم مورد نیاز برای تجزیه سلولز یعنی آنزیم سلولاز را نمی‌سازد.** رشته‌های سلولزی موجود در میوه‌ها و سبزیجات به دلیل افزایش حجم مدفوع، فرایند دفع را راحت‌تر نموده و مانع از بروز **یبوست** و **سرطان** روده بزرگ می‌شود.



**گوارش پروتئین‌ها:** پپسین گوارش پروتئین‌ها را در معده آغاز می‌کند. به عبارت دیگر این آنزیم پروتئین‌ها را تکه‌تکه نموده و به پپتید تبدیل می‌کند. بنابراین گوارش آنها را کامل نمی‌کند! در روده باریک در نتیجه فعالیت پروتئازهای لوزالمعده و آنزیم‌های روده باریک، پروتئین‌ها با واکنش هیدرولیز و مصرف آب! به آمینواسیدها، تجزیه می‌شوند.



**گوارش تری‌گلیسریدها (چربی‌ها):** فراوان‌ترین لیپیدهای رژیم غذایی، تری‌گلیسریدها هستند. آنزیم لیپاز، تری‌گلیسریدها را به واحدهای سازنده آن یعنی کلسیروال! و اسید چرب تجزیه می‌کند. صفرا و حرکات مخلوط کننده روده باریک موجب ریز شدن چربی‌ها می‌شوند. به عبارت دیگر صفرا در گوارش مکانیکی چربی‌ها نقش دارد! گوارش شیمیایی چربی‌ها، تا حدودی به وسیله لیپاز موجود در معده و بیشتر در اثر فعالیت لیپاز لوزالمعده در دوازدهه انجام می‌شود. تری‌گلیسریدها پس از گوارش مکانیکی و شیمیایی به وسیله صفرا و لیپاز به کلسیروال و اسیدهای چرب تبدیل شده و پس از ورود به سلول‌های پوششی روده باریک ابتدا با واکنش سنتز آبدی دوباره تری‌گلیسریدها ساخته شده، سپس این تری‌گلیسریدها به همراه دیگر لیپیدها و پروتئین‌ها، کیلومیکرون‌ها را می‌سازند که جذب مویرگ‌های لنفی می‌شوند! این مواد از طریق رگ‌های لنفی در نهایت به خون می‌ریزند و از راه گردش خون به کبد و بافت‌های چربی می‌روند. در کبد از آنها لیپوپروتئین (LDL و HDL) ساخته می‌شود و تری‌گلیسریدها در بافت‌های چربی ذخیره می‌شوند.



**مواد و وسایل لازم:** یک گرم نشاسته، محلول لوگول، آب، ۳ لوله آزمایش، جا لوله‌ای، سه ظرف شیشه‌ای با حجم ۱۵۰ و ۵۰ میلی لیتر، دماسنج، شعله گاز آزمایشگاه، توری و سه پایه

نکات مهم

۱) آنزیم‌ها برای فعالیت خود به دما و pH مناسب نیاز دارند.

۲) مطلوب‌های یددار مانند لوگول که به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شوند، در حضور نشاسته به رنگ آبی تیره درمی‌آیند.

۳) درون بزاق آنزیم آمیلاز وجود دارد. این آنزیم نوعی کربوهیدراز است که نشاسته را به مالتوز و پلی‌ساکاریدهای کوتاه تبدیل می‌کند.

روش کار

۱- یکی از افراد گروه، دهان خود را دو یا سه مرتبه با آب بشوید و سپس بزاق خود را درون ظرف شیشه‌ای تمیزی بریزد.

۲- در یک ظرف شیشه‌ای ۱۵۰ میلی لیتری، یک گرم نشاسته بریزید و به آن ۱۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید.

۳- سه لوله آزمایش تمیز بردارید و آنها را شماره گذاری کنید.

۴- در لوله آزمایش شماره ۱، دو میلی لیتر از محلول نشاسته و در لوله آزمایش شماره ۲، یک میلی لیتر بزاق بریزید؛ سپس به

محتویات هر لوله، یک قطره لوگول بیفزایید.

۵- در لوله آزمایش شماره ۳، دو میلی لیتر محلول نشاسته و دو میلی لیتر بزاق و یک قطره لوگول بریزید.

۶- هر سه لوله آزمایش را با استفاده از حمام آب گرم، در دمای ۳۷ درجه قرار دهید.

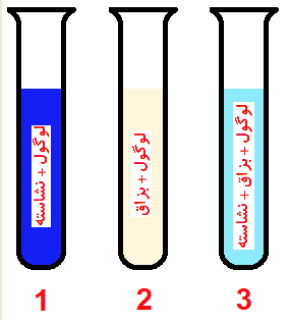
تغییرات را مشاهده و یادداشت کنید.

علت تغییراتی را که مشاهده کردید، توضیح دهید.

+ در لوله آزمایش شماره ۱ نشاسته به صورت دست نخورده باقی مانده، بنابراین در حضور مطلوب لوگول رنگ آبی تیره ایجاد می‌شود.

+ در لوله آزمایش شماره ۲ بزاق در حضور مطلوب لوگول تغییر رنگ ایجاد نمی‌کند.

+ در لوله آزمایش شماره ۳ نشاسته به وسیله آمیلاز بزاق کمابیش تجزیه شده، بنابراین در حضور لوگول رنگ آبی روشن ایجاد می‌شود.



مواد مغذی برای رسیدن به یاخته‌های بدن باید از دو مسیر عبور کنند:

(۱) از یاخته‌های بافت پوششی لوله گوارش عبور کنند.

(۲) وارد محیط داخلی شوند.

ورود مواد به محیط داخلی بدن، جذب نام دارد. خون، لنف و مایع بین یاخته‌ای محیط داخلی را تشکیل می‌دهند.

بنابراین بر اساس کتاب، ورود مواد به سلول پوششی لوله گوارش جذب متسوب نمی‌شود! ولی خروج از آن و ورود به محیط داخلی را جذب می‌گویند!

در دهان و معده، جذب اندک است و جذب اصلی در روده باریک انجام می‌شود.

### سرنوشت مواد غذایی پس از جذب

مواد غذایی بعد از ورود به مایع بین سلولی یا آب میان بافتی دو سرنوشت خواهند داشت:

(۱) مواد حاصل از گوارش لیپیدها به همراه ویتامین‌های محلول در چربی وارد مویرگ‌های لنفی می‌شوند. مویرگ‌های لنفی در نهایت به مجاری لنفی پپ و راست

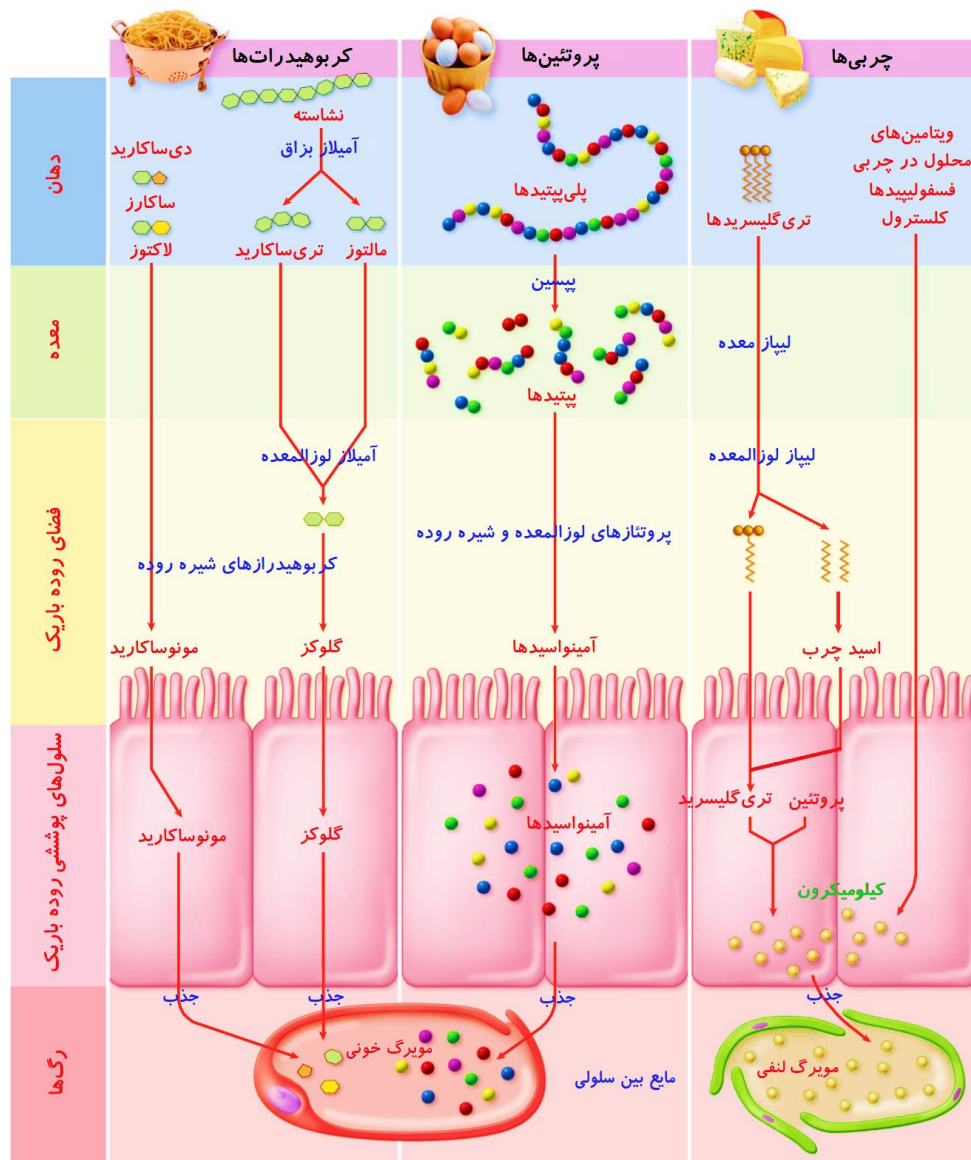
وارد می‌شوند. این مجاری در ناحیه سینه به سیاهرگ‌های زیر قفوی پپ و راست می‌ریزند. بنابراین می‌توان گفت مواد حاصل از گوارش لیپیدها هم در نهایت

وارد خون شده و به همه سلول‌ها از جمله سلول‌های کبد می‌رسند.

(۲) بقیه مواد غذایی وارد مویرگ‌های خونی می‌شوند. این مویرگ‌ها به هم ملحق شده و سیاهرگ باب کبدی را به وجود می‌آورند. این سیاهرگ از زیر کبد وارد این

اندام شده و پس از تشکیل شبکه مویرگی در درون کبد و جدا شدن مقدار مواد غذایی اضافه آن، این مویرگ‌ها به هم ملحق شده در نهایت سیاهرگ فوق

کبدی را می‌سازند. این سیاهرگ در ناحیه شکم به بزرگ سیاهرگ زیرین می‌ریزد.



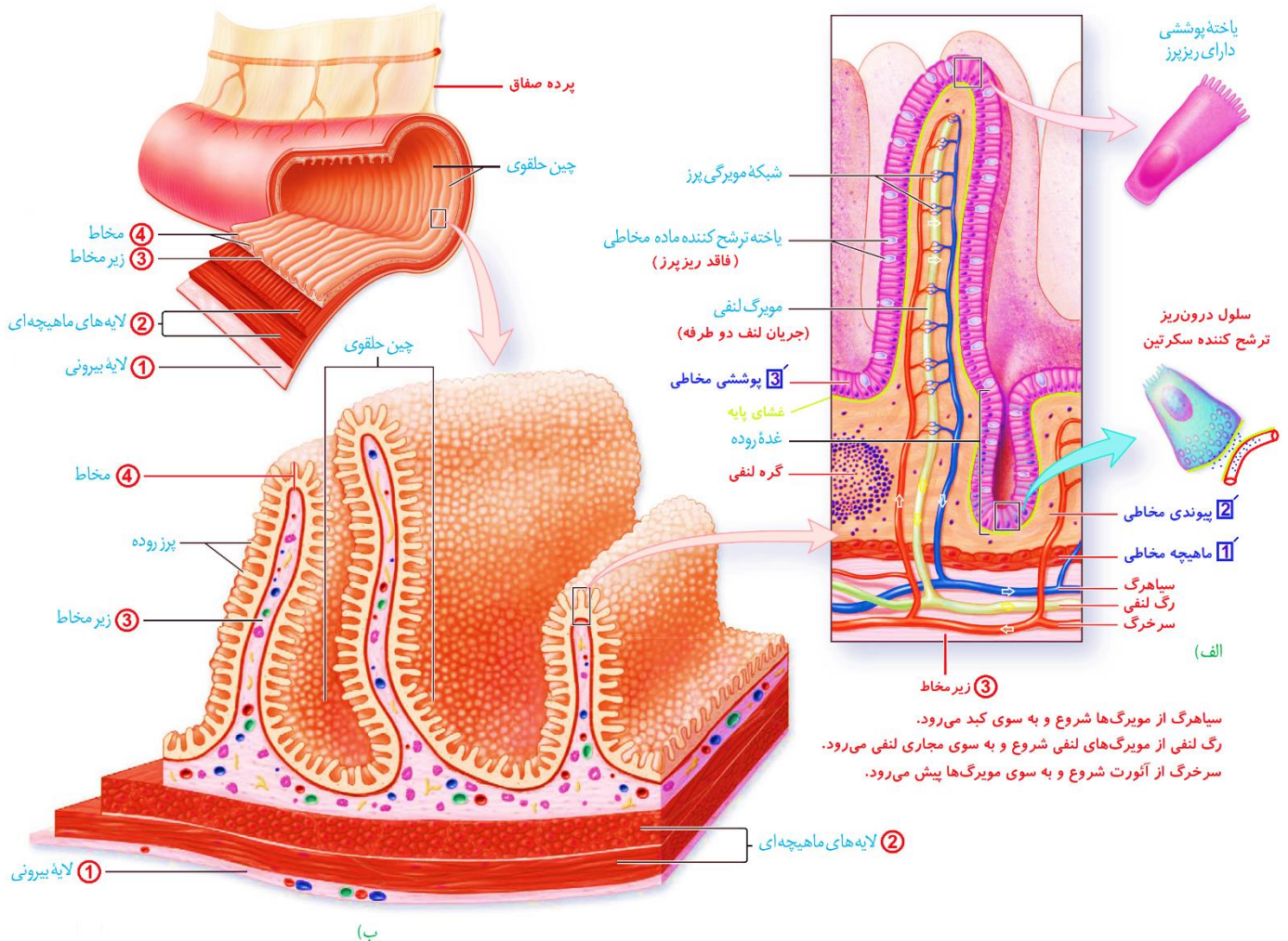


## جذب مواد در روده باریک

پس از گوارش مواد غذایی در فضای روده باریک، مولکول‌های گوناگونی وجود دارند که ابتدا باید از غشای یاخته‌های پوششی دیواره روده بگذرند و به سیتوپلاسم این یاخته‌ها و پس از آن به محیط داخلی وارد شوند.

بنابراین مولکول‌های کوچک ابتدا از دو غشای سلولی یا چهار لایه فسفولیپید مربوط به سلول پوششی روده عبور می‌کنند تا وارد محیط داخلی شوند. بر اساس کتاب، ورود مولکول‌های ریز به محیط داخلی را جذب می‌گویند. بنابراین برای جذب مواد غذایی، این مواد حداقل باید از دو غشای سلولی یا چهار لایه فسفولیپید عبور کنند. پس از ورود مواد غذایی به محیط داخلی، بسته به نوع مولکول‌های جذب شده، این مولکول‌ها ممکن است وارد مویرگ لنفی یا مویرگ نشانی شوند. در این مرحله نیز مواد غذایی باید از دو غشا یا چهار لایه فسفولیپید دیگر که مربوط به سلول‌های سنگ‌فرشی دیواره مویرگ است عبور کنند. در دیواره داخلی روده، سه نوع ساختار باعث افزایش سطح تماس کیموس با نایبه جذب شده‌اند:

- (۱) در این نایبه چین‌های حلقوی وجود دارند.
- (۲) روی این چین‌ها، پرزهای فراوانی دیده می‌شوند.
- (۳) غشای یاخته‌های پوششی روده باریک نیز در سمت فضای روده، چین خورده است. به این چین‌های میکروسکوپی، ریزپرز می‌گویند. مجموعه چین‌ها، پرزها و ریزپرزها سطح داخلی روده باریک را که در تماس با کیموس است چندین برابر افزایش می‌دهند. در بیماری سلیاک بر اثر پروتئین گلوتن (که در درون واکنش سلول‌های لایه ناریجی آندوسپرم دانه‌های گندم و جو وجود دارد) یاخته‌های روده تخریب می‌شوند و ریزپرزها و حتی پرزها از بین می‌روند. در نتیجه سطح جذب مواد، کاهش شدیدی پیدا می‌کند و بسیاری از مواد مغذی مورد نیاز بدن جذب نمی‌شوند.



شکل ۱۳- ریزپرز، (الف) پرز و (ب) چین‌های حلقوی

در هر یک از موارد سه گانه فوق، لایه‌های مختلفی از لوله گوارش شرکت می‌کنند.

+ چین حلقوی: از قسمتی از لایه اصلی ۳ و همه لایه ۴ یعنی قسمتی از زیرمخاط و همه مخاط تشکیل شده است.

+ پرز روده: فقط از لایه‌های ۲ و ۳ از لایه اصلی ۴ یعنی بافت پیوندی مخاطی (آستر مخاطی) و بافت پوششی مخاطی از لایه مخاط تشکیل شده‌اند.

+ ریزپرزها: در ریزپرزها فقط بخشی از سیتوپلاسم و غشای سلولی یکی از ویژه سلول‌های لایه ۳ از لایه اصلی ۴ یعنی بافت پوششی مخاطی وجود دارد.

## پین تلقوی

+ در سافتار پین‌های تلقوی **بفشی** از لایه زیرمناط و همه لایه مناط (بفشی از لایه اصلی ۳ و همه لایه ۴) وجود دارند.

## پرزهای روده

+ در سافتار پرزها فقط بافت پیوندی مناطی (آستر مناطی) و بافت پوششی مناطی از لایه مناط (لایه‌های ۲ و ۳ از لایه اصلی ۴) وجود دارد. هم‌پنین در سافتار پرزهای روده دو نوع سلول یافت می‌شود:

(۱) سلول‌های اصلی که استوانه‌ای ریزپرذر با هسته قاعده‌ای هستند و کار آنها جذب مواد غذایی است.

(۲) سلول‌های ترشح کننده ماده مناطی که به تعداد کم در مجاورت سلول‌های اصلی قرار داشته و هسته آنها نیز در قاعده است.

## ریزپرزهای روده

+ در سافتار ریزپرزها فقط **بفشی** از سیتوپلاسم و غشای سلولی یکی از وجوه سلول‌های بافت پوششی مناطی (لایه ۳ از لایه اصلی ۴) وجود دارد.

## غده‌های روده

+ در سافتار غده‌های روده سه نوع سلول یافت می‌شود:

(۱) سلول‌های استوانه‌ای ریزپرذر با هسته قاعده‌ای هستند و کار آنها جذب مواد غذایی است!

(۲) سلول‌های ترشح کننده ماده مناطی که به تعداد کم در مجاورت سلول‌های استوانه‌ای قرار داشته و هسته آنها نیز در قاعده است.

(۳) سلول‌های ترشح کننده هورمون سکرترین که بر فلاف سلول‌های دیگر، ترشحات خود را پس از عبور از غشای پایه به مایع بین سلولی و خون می‌ریزند.

+ **بذب مواد مختلف**: مواد گوناگون به **روش‌های متفاوتی** مانند انتشار، انتشار تسهیل شده، اسمز، انتقال فعال، آندوسیتوز و اکروسیتوز که در فصل قبل خواندید، از یاخته‌های پوششی هر پرز عبور می‌کنند و ابتدا به **شبه مویرگی** درون پرز و سپس به **جریان خون** وارد می‌شوند.

+ **بذب چربی‌ها و لیپیدها**: همان طور که در شکل ۱۳ الف می‌بینید، در هر پرز، **مویرگ بسته لنفی** نیز وجود دارد. لنف از آب و ترکیبات دیگر تشکیل شده و در رگ‌های لنفی جریان دارد.

مولکول‌های حاصل از گوارش **لیپیدها** یعنی گلیسرول و اسیدهای چرب، به همراه کلسترول و ویتامین‌های محلول در چربی! ابتدا وارد سلول‌های پوششی پرز شده و درون شبکه آندوپلاسمی صاف این سلول‌ها، با روشن **سنتر آبدی** دوباره تری‌گلیسریدها ساخته می‌شوند. در ادامه این مواد به **مویرگ لنفی** و سپس به **خون** وارد می‌شوند (در فصل دستگاه گردش مواد در بدن، با ساختار مویرگ خونی و لنفی بیشتر آشنا می‌شوید).

x **سرنوشت نهایی چربی‌ها**: با توجه به گردش لنف در بدن، ابتدا **موتویات مویرگ‌های لنفی** به **رگ‌های لنفی** و سپس به **مباری لنفی** چپ و راست وارد می‌شوند. این مباری در ناحیه **سینه** به **سیاهرگ‌های زیرترقه‌ای** چپ و راست وارد می‌شوند. این سیاهرگ‌ها هم در نهایت به **بزرگ سیاهرگ زیرین** وصل می‌شوند. بنابراین **موتویات رگ‌های لنفی** پس از دو بار عبور از قلب و یک بار عبور از شش به بافت‌ها و اندام‌های دیگر مانند کبد و بافت چربی می‌روند!

این مولکول‌ها در **کبد** یا **بافت چربی** ذخیره می‌شوند. در کبد از این **لیپیدها**، مولکول‌های **لیپوپروتئین** (ترکیب **لیپید** و **پروتئین**) ساخته می‌شود. گروهی از لیپوپروتئین‌ها **کلسترول** زیادی دارند و به آنها **لیپوپروتئین کم‌چگال (LDL)** می‌گویند. در گروهی دیگر، **پروتئین** از کلسترول بیشتر است که **لیپوپروتئین پرچگال (HDL)** نام دارند. زیاد بودن لیپوپروتئین پرچگال نسبت به کم‌چگال، احتمال **رسوب کلسترول** در دیواره سرخرگ‌ها را **کاهش** می‌دهد. چاقی، کم‌تحركی و مصرف بیش از حد کلسترول، میزان لیپوپروتئین‌های کم‌چگال را **افزایش** می‌دهد.

مسیر حرکت مواد حاصل از گوارش لیپیدها! می‌توان مسیر حرکت لیپیدها را به صورت زیر در نظر گرفت.

گلیسرول + اسیدهای چرب + کلسترول + ویتامین‌های محلول در چربی ← سلول‌های پوششی پرز روده ← سنتر مجدد تری‌گلیسریدها ← ورود به مایع بین سلولی  
 ← ورود به مویرگ‌های لنفی ← رگ‌های لنفی ← مباری لنفی چپ و راست ← سیاهرگ‌های زیرترقه‌ای چپ و راست ← بزرگ سیاهرگ زیرین ← دهلیز راست  
 ← بطن راست ← سرنفرگ ششی ← مویرگ‌های شش‌ها ← سیاهرگ‌های ششی ← بطن چپ ← سرنفرگ آئورت ← اندام‌های مختلف از جمله کبد و بافت چربی ← ساخته شدن لیپوپروتئین‌ها (LDL و HDL) در کبد

## فعالیت

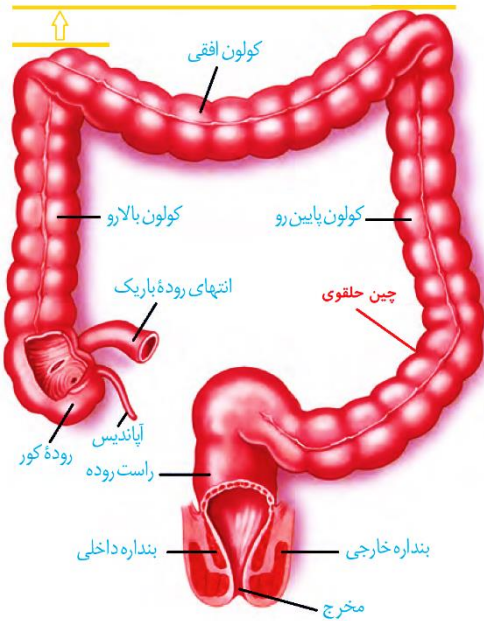
یک **برگه آزمایش** خون را که مواد موجود خون در آن ثبت شده است، بررسی کنید. **میزان طبیعی** لیپوپروتئین پرچگال (HDL)،

لیپوپروتئین کم‌چگال (LDL) نسبت HDL/LDL و **تری‌گلیسرید** در خون چقدر است؟ در افراد بالای ۱۸ سال به صورت زیر است:

- کلسترول کل:	مطلوب: کمتر از ۲۰۰ mg/dL	متوسط: ۱۳۹-۲۰۰ mg/dL	بالا: بیشتر یا مساوی ۲۴۰ mg/dL
- لیپوپروتئین HDL:	مردان: بیشتر از ۴۰ mg/dL	زنان: بیشتر از ۵۰ mg/dL	کودکان: بیشتر از ۴۵ mg/dL
- لیپوپروتئین LDL:	مطلوب: کمتر از ۱۰۰ mg/dL	متوسط: ۱۵۹-۱۰۱ mg/dL	بالا: ۱۹۰-۱۶۰ mg/dL
- تری‌گلیسرید:	مطلوب: کمتر از ۱۵۰ mg/dL	متوسط: ۱۹۹-۱۵۰ mg/dL	بالا: ۴۹۹-۲۰۰ mg/dL



## روده بزرگ و دفع



ابتدای روده بزرگ **روده کور** نام دارد که به **آپاندیس** ختم می‌شود. ادامه روده بزرگ از کولون بالارو، کولون افقی و کولون پایین رو، تشکیل شده است. روده بزرگ پین دارد اما پرز ندارد و یاخته‌های پوششی مخاط آن، ماده مخاطی (موسین + آب) ترشح می‌کنند ولی آنزیم گوارشی ترشح نمی‌کنند. نکته مهم این که ماده مخاطی آنزیم لیزوزیم دارد. بعد از روده بزرگ، راست روده قرار دارد (شکل ۱۴). در انتهای راست روده، بنداره‌های داخلی (ماهیچه صاف غیر ارادی) و خارجی (ماهیچه مخطط ارادی) قرار دارند (شکل ۱۴).

مواد جذب نشده و گوارش نیافته مانند سلولز، یاخته‌های مرده و باقی مانده شیرهای گوارشی، وارد روده بزرگ می‌شوند. روده بزرگ، آب و یونها را جذب می‌کند؛ در نتیجه، مدفوع به شکل جامد در می‌آید. حرکات کرمی روده بزرگ، آهسته انجام می‌شوند. مدفوع از کولون پائین رو به راست روده وارد شده و با تحریک گیرنده‌های دیواره آن، سازوکار دفع مدفوع به راه افتاده، اسفنکتر داخلی تحت تأثیر دستور حرکتی تفاع، به صورت غیر ارادی باز شده و سرانجام با باز نمودن اسفنکتر خارجی تحت فرمان قشر مخ، دفع به صورت ارادی انجام می‌شود.

شکل ۱۴. بخش‌های انتهایی لوله گوارش

### نکاتی در مورد روده بزرگ

- ۱) روده کور کوچک‌ترین بخش روده بزرگ است که بر خلاف بخش‌های دیگر لوله گوارش حرکت مواد در آن همواره دو طرفه است!
- ۲) آپاندیس اگرچه ساختاری مشابه لوله گوارش دارد، ولی جز اندام‌های لنفی و دستگاه لنفی محسوب می‌شود!
- ۳) کولون بالارو کوتاه‌ترین و کولون پائین رو **طولانی‌ترین** بخش کولون محسوب می‌شوند.
- ۴) به علت موقعیت قرار گرفتن کبد در سمت راست صفره شکمی، ابتدای کولون افقی نسبت به [انتهای آن در ارتفاع پائین‌تری قرار دارد!
- ۵) روده بزرگ، چین‌خوردگی‌های طحوی بزرگ و مشخص دارد که بر خلاف دیگر بخش‌های لوله گوارش، حتی لایه‌های ماهیچه‌ای و بیرونی را هم در برگرفته‌اند.
- ۶) لازم به ذکر است، لایه مخاطی روده بزرگ مانند دیگر لایه‌های مخاطی بدن، ماده مخاطی حاوی آنزیم لیزوزیم ترشح می‌کند!
- ۷) با توجه به متن کتاب درسی، راست روده بخشی از روده بزرگ به حساب نمی‌آید!
- ۸) با توجه به متن کتاب درسی، می‌توان گفت که [اسفنکتر داخلی بخشی از راست روده است.
- ۹) با توجه به متن کتاب درسی، [اسفنکتر خارجی را می‌توان هم جزء راست روده و هم جزء مخرج به حساب آورد!

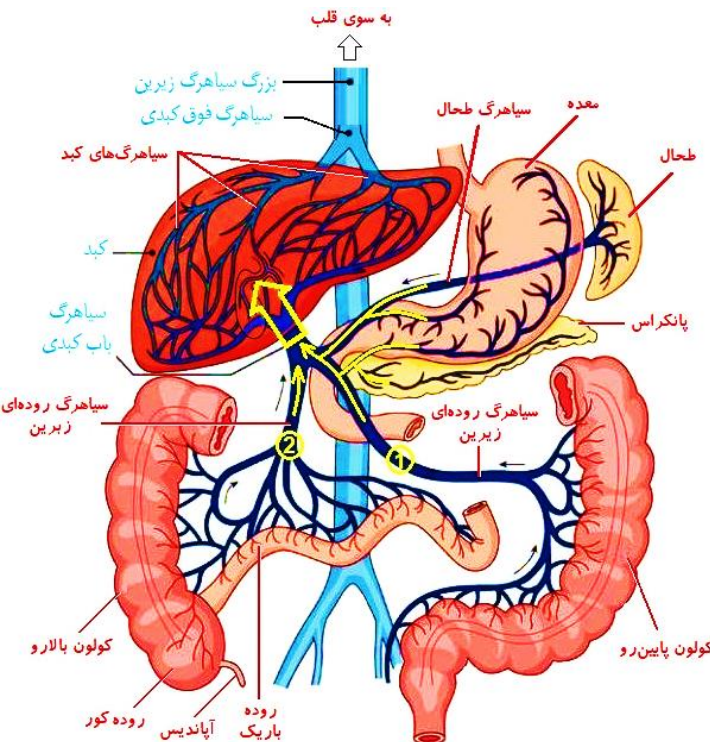
## گردش خون دستگاه گوارش

خون بخش‌هایی از بدن مانند خون بخش اعظمی از لوله گوارش و اندام‌های دیگر به طور مستقیم به قلب بر نمی‌گردد؛ بلکه از راه سیاهرگ باب، ابتدا به کبد و سپس از راه سیاهرگ‌های دیگر مانند سیاهرگ فوق کبدی و بزرگ سیاهرگ زیرین به قلب می‌رود (شکل ۱۵). پس از خوردن غذا، تحت تأثیر اعصاب پاراسمپاتیک! میزان جریان خون دستگاه گوارش افزایش می‌یابد تا نیاز آن برای فعالیت بیشتر تأمین شود و مواد مغذی جذب شده، به کبد منتقل شوند. در کبد، از مواد جذب شده، مانند گلوکز و آمینواسیدها با واکنش‌های سنتز آبدی، گلیکوزن و پروتئین‌هایی مانند آلبومین، پروترومبین، فیبرینوژن، لیپوپروتئین و ... ساخته می‌شود و موادی مانند آهن و برخی ویتامین‌ها نیز در آن ذخیره می‌شوند.

شکل ۱۵. سیاهرگ باب و فوق کبدی

### نکاتی در مورد گردش خون دستگاه گوارش

- ۱) خون همه بخش‌های لوله گوارش به سیاهرگ باب وارد نمی‌شود. به عنوان مثال، خون دهان، قلع و مری مستقیماً به قلب بر می‌گردد.





- ۴) خون وارد شده به سیاهرگ باب، فقط از بخش‌های دستگاه گوارش **نیاوده** است. مثلاً خون **طحال** و **آپاندیس** از اندام‌های لنگی **هم** وارد این سیاهرگ می‌شود! + بر اساس شکل کتاب سیاهرگ باب از **دو شانه** سیاهرگی خون دریافت می‌کند:
- x شانه **بالایی**: خون بخش بالای معده به همراه خون طحال، خون بخش پائینی معده به همراه خون لوزالمعده و خون کولون پائین‌رو هر کدام یک سیاهرگ تشکیل داده و شانه بالایی وارد شده به سیاهرگ باب را تشکیل می‌دهند.
- x شانه **پایینی**: خون بخش انتهایی روده باریک به همراه خون آپاندیس، روده کور و کولون بالا رو هم شانه پایینی سیاهرگ باب را تشکیل می‌دهند.
- ۵) سیاهرگ باب پس از ورود به بخش زیرین از **لوب بزرگ** کبد ابتدا دو شانه شده و انشعابات آن در کبد پخش می‌شوند. این انشعابات **بخشی** از مویرگ‌های کبدی را تشکیل می‌دهند! **بخش دیگر** مویرگ‌های کبدی به وسیله **سرنگ ورودی** به کبد به وجود می‌آیند!
- ۶) مویرگ‌های درون کبد پس از تبادل مواد با سلول‌های کبدی، به یکدیگر ملحق شده و در نهایت **دو سیاهرگ** به وجود می‌آورند. این دو سیاهرگ در بالای **لوب کوچک** و **خارج** از کبد به هم متصل شده و سیاهرگ کوتاهی به نام سیاهرگ **فوق کبدی** می‌سازند که خون درون آن بلافاصله به **بزرگ سیاهرگ زیرین** می‌ریزد.
- ۷) سیاهرگ باب کبدی نسبتاً **طویل** و با کبد ارتباط مستقیم دارد. در حالی که سیاهرگ فوق کبدی **بسیار کوتاه** بوده و به طور مستقیم با کبد ارتباط ندارد.
- ۸) ترکیب مواد موجود در سیاهرگ باب و فوق کبدی متفاوت است:
- + **گازهای تنفسی**: مقدار اکسیژن در سیاهرگ باب به مراتب **بیشتر** از سیاهرگ فوق کبدی است، در حالی که مقدار کربن دی‌اکسید **برعکس** است.
- + **مواد غذایی**: بعد از خوردن غذا، مقدار مواد غذایی مانند گلوکز و آمینواسیدها در سیاهرگ باب به مراتب **بسیار بیشتر** از سیاهرگ فوق کبدی است.
- + **مواد دفعی نیتروژن دار**: از آنجا که در کبد آمونیاک به اوره تبدیل می‌شود، پس در سیاهرگ باب نسبت به سیاهرگ فوق کبدی مقدار آمونیاک **بیشتر** است ولی در سیاهرگ فوق مقدار اوره **بسیار بیشتر** از سیاهرگ باب است.
- نکته مهم**: اوره یک ماده **آلی** است که سلول‌های کبد با ترکیب کربن دی‌اکسید و آمونیاک آن را می‌سازند. میزان سمیت اوره از آمونیاک **بسیار کمتر** است. اوره به وسیله کلیه‌ها از خون جدا شده و همراه با ادرار دفع می‌شود.
- نکته دیگر**: با توجه به فرایند ساقته شدن اوره در کبد، می‌توان گفت در جانوران هم مانند **گیاهان** با مصرف کربن دی‌اکسید ماده آلی ساقته می‌شود!!! ⊗⊗⊗

## تنظیم فرایندهای گوارشی

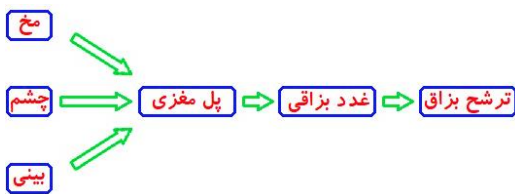
دستگاه گوارش یک مرحله **خاموشی نسبی** (فاصله بین خوردن وعده‌های غذایی) و یک مرحله **فعالیت شدید** (بعد از ورود غذا) دارد. بنابراین می‌توان گفت که این دستگاه **همواره فعال** است! این دستگاه باید به ورود غذا پاسخ مناسبی بدهد؛ یعنی شیریه‌های گوارشی **به موقع** و **به اندازه کافی** ترشح و حرکات لوله گوارش **به موقع** انجام شوند تا غذا را با شیریه‌ها مخلوط کند و در طول لوله با **سرعت مناسب** حرکت دهد. **فعالیت بخش‌های دیگر** بدن از جمله گردش خون نیز باید با فعالیت دستگاه گوارش **هماهنگ** باشد.

فعالیت دستگاه گوارش را مانند بخش‌های دیگر بدن، **دستگاه‌های عصبی و هورمونی** تنظیم می‌کنند.

### تنظیم عصبی

+ دستگاه عصبی **خودمختار** تنظیم عصبی دستگاه گوارش را بخشی از دستگاه عصبی به نام **دستگاه عصبی خودمختار** انجام می‌دهد.

این دستگاه دارای **دو بخش سمپاتیک و پاراسمپاتیک** است که همواره یکی از آنها **فعال** است. بخش سمپاتیک به هنگام فعالیت بدنی و بخش پاراسمپاتیک به هنگام استراحت نقش ایفا می‌کنند. فعالیت این دستگاه، **ناخودآگاه** است؛ مثلاً وقتی به غذا **فکر** (مغز در شکل مقابل!) می‌کنیم، بزاق **ترشح** می‌شود. با فعالیت دستگاه عصبی خودمختار، پیام عصبی **محرکتی** پاراسمپاتیک به غده‌های بزاقی می‌رسد و بزاق ترشح می‌شود.



**دیدن غذا** (پشم در شکل مقابل!) و **بوی آن** (بینی در شکل مقابل!) نیز باعث **افزایش** ترشح بزاق می‌شوند.

x مرکز ترشح بزاق در **پل مغزی** واقع در ساقه مغز است. این مرکز پیام‌های حسی را از **مغز، چشم‌ها و بینی** دریافت نموده و با ارسال پیام‌های حرکتی پاراسمپاتیک به غدد بزاقی، سبب ترشح بزاق می‌شود!

انجام فعالیت‌های گوارشی با فعالیت‌های **بخش‌های دیگر** بدن نیز باید **هماهنگ** شود. مثلاً هنگام بلع و عبور غذا از حلق، **مرکز بلع در بصل النخاع**، فعالیت **مرکز اصلی تنفس** واقع در بصل النخاع را که در **نزدیک آن** قرار دارد، **مهیار** می‌کند؛ در نتیجه، نای به وسیله اپی‌گلوت **بسته** و تنفس برای زمانی کوتاه، **متوقف** می‌شود.

**نکاتی در مورد مراکز تنفس**: تنفس دارای **دو مرکز** است.

۱) **بصل النخاع**: مرکز اصلی تنفس در بصل النخاع واقع شده است. این مرکز با ارسال پیام‌ها به ماهیچه دیافراگم و بین دنده‌های خارجی سبب انجام فرایند دم می‌شود. + مرکز اصلی تنفس با دستور گرفتن از مرکز بلع واقع در بصل النخاع باعث **متوقف** شدن تنفس در زمان بلع می‌شود.

(۱) **پل مغزی:** مرکز دیگر تنفس در پل مغزی واقع شده است. این مرکز با تأثیر بر روی بصل النافع دم را متوقف و مدت زمان دم را مشخص می‌کند.

+ عمل بازدم بدون نیاز به پیام عصبی و بر اثر استراحت ماهیچه‌های دمی اتفاق می‌افتد.

+ شبکه سلول‌های عصبی: همان طور که در ساختار لوله گوارش دیدیم، در دیواره این لوله (از اواسط مری تا اواخر مخرج که ماهیچه صاف وجود دارد!) شبکه‌های

یاخته‌های عصبی وجود دارند (شکل ۱۶). این شبکه‌ها تحرک و ترشح را در لوله گوارش، تنظیم می‌کنند.

شبکه‌های عصبی روده‌ای (فقط!) می‌توانند مستقل از دستگاه عصبی خودمختار، فعالیت کنند. اما دستگاه عصبی خود مختار با آنها ارتباط دارد و

بر عملکرد آنها تأثیر می‌گذارد. در واقع اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک به ترتیب فعالیت آنها را کاهش و افزایش می‌دهد!

شکل ۱۶- شبکه‌های یاخته‌های عصبی لوله گوارش در زیر مخاط و لایه ماهیچه‌ای

(۱) شبکه‌های سلول‌های عصبی فقط در محتای از لوله گوارش که ماهیچه‌های صاف وجود دارند یعنی از اواسط مری

تا اواخر مخرج یافت می‌شوند.

(۲) دو شبکه سلول‌های عصبی در دو محتای از لوله گوارش وجود دارد:

+ شبکه اول: در بین لایه‌های ماهیچه‌ای واقع شده است و با انقباض ماهیچه‌های طولی، حلقوی (و مورب) باعث

انجام حرکات کرمی و قطعه‌قطعه کننده می‌شود.

+ شبکه دوم: در درون زیرمخاط واقع شده است و دو عمل انجام می‌دهد:

x با انقباض ماهیچه‌های مخاطی باعث حرکت پرزهای روده باریک می‌شود.

x با تأثیر بر روی سلول‌های ترشعی لوله گوارش باعث ترشح شیرهای گوارشی و هورمون‌ها می‌شود.

### تنظیم هورمونی

در بخش‌های مختلف معده و روده، یاخته‌هایی درون‌ریز وجود دارند که هورمون‌های متنوعی می‌سازند. این هورمون‌ها پس از اگزوسیستوز و گذشتن از غشای پایه و مایع بین سلولی به خون می‌ریزند و همراه با دستگاه عصبی، فعالیت‌های دستگاه گوارش را تنظیم می‌کنند. **گاسترین** و **سکرتین** از جمله این

هورمون‌ها هستند.

+ هورمون گاسترین: گاسترین از معده ترشح و باعث افزایش ترشح اسید معده و پپسینوژن می‌شود.

+ هورمون سکرتین: سکرتین، از دوازدهه به خون ترشح می‌شود و با اثر بر لوزالمعده موجب می‌شود ترشح بیکربنات افزایش یابد.

نکاتی در مورد هورمون‌های مهم دستگاه گوارش: این هورمون‌ها از سلول‌های پراکنده درون‌ریز واقع در درون غدد برون‌ریزا به درون خون ترشح می‌شوند.

(۱) هورمون گاسترین

+ اندام تولید: معده ← سلول‌های پراکنده درون‌ریز واقع در درون غدد برون‌ریزا مجاور پیلور

+ اندام هدف: معده ← سلول‌های اصلی ترشح کننده پپسینوژن و سلول‌های کناری ترشح کننده اسید واقع در غدد برون‌ریز معده

+ نحوه عمل: افزایش ترشح پپسینوژن و افزایش ترشح اسید معده

+ نتیجه عمل: کاهش بیشتر pH معده

x افزایش مقدار پپسینوژن به طور مستقیم

x افزایش مقدار پپسین به طور غیر مستقیم

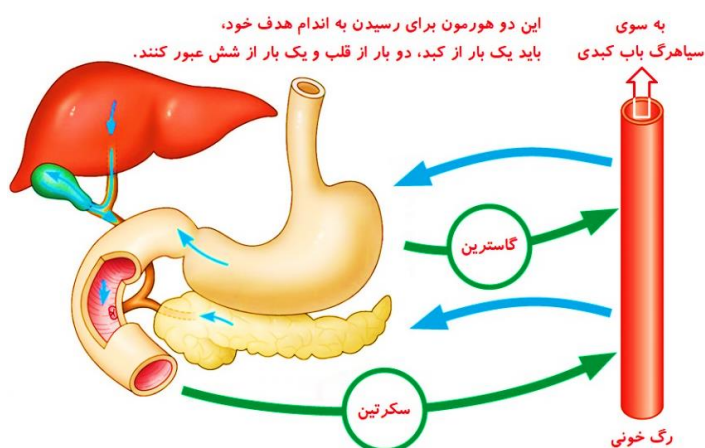
(۲) هورمون سکرتین

+ اندام تولید: دوازدهه ← سلول‌های پراکنده درون‌ریز واقع در درون غدد برون‌ریزا دوازدهه یا ابتدای روده باریک

+ اندام هدف: لوزالمعده یا پانکراس ← سلول‌های ترشح کننده بیکربنات واقع در غدد برون‌ریز لوزالمعده

+ نحوه عمل: افزایش ترشح بیکربنات از لوزالمعده

+ نتیجه عمل: افزایش بیشتر pH دوازدهه و روده باریک



## وزن مناسب

چاقی و لاغری هر دو سبب ایجاد وزن غیر طبیعی می‌شوند:

**(الف) چاقی:** از دلایل چاقی در جوامع امروزی، موارد زیر را می‌توان نام برد:

- ۱) استفاده از غذاهای پرانرژی (غذاهای پرچرب و شیرین)
- ۲) عوامل روانی مانند غذا خوردن برای رهایی از تنش
- ۳) شیوه زندگی کم‌تحرک است.
- ۴) البته چاقی در برخی از افراد به ژن‌ها مربوط است.

چاقی، سلامت فرد را به خطر می‌اندازد و احتمال ابتلا به بیماری‌هایی مانند بیماری‌های زیر را افزایش می‌دهد:

- دیابت نوع ۲
- انواعی از سرطان
- تنگ شدن سرخرگ‌ها
- سکته قلبی
- سکته مغزی

**(ب) لاغری:** از سوی دیگر، افرادی که کمتر از نیاز غذا می‌خورند و در نتیجه، لاغر می‌شوند؛ به علت کاهش دریافت مواد مغذی دچار مشکلاتی مانند

موارد زیر می‌شوند:

۱) کم‌خونی

۲) کاهش استحکام و تراکم استخوان‌ها

تبلیغات و فشار اجتماعی در تمایل افراد به کاهش وزن بیش از حد نقش دارد.

**(ج) وزن مناسب:** برای تعیین وزن مناسب، از شاخص توده بدنی استفاده می‌کنند. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

- اگر شاخص توده بدنی کمتر از ۱۹ باشد، نشان دهنده کمبود وزن است.

- اگر شاخص توده بدنی بیشتر از ۳۰ باشد، به معنی افزایش وزن یا چاقی است.

- اگر این شاخص بین ۱۹ تا ۲۵ باشد، نشان دهنده وزن مناسب است.

- اگر شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۰ به معنی داشتن وزن اضافه است.

تعیین وزن مناسب بر اساس شاخص توده بدنی برای افراد بیشتر از بیست سال است. از آنجا که افراد کمتر از بیست سال در سن رشد قرار دارند، برای بررسی مناسب بودن وزن این افراد، شاخص توده بدنی آنها را با افراد هم سن و هم جنس، مقایسه می‌کنند. البته وزن هر فرد به تراکم استخوان، مقدار بافت ماهیچه و چربی بدن او بستگی دارد. بنابراین فقط افراد متخصص می‌توانند درباره مناسب بودن وزن فرد، قضاوت کنند.

## فعالیت

ذخیره بیش از اندازه چربی (تری‌گلیسرید) در کبد موجب بیماری «کبد چرب» می‌شود. چگونه می‌توان از این بیماری پیشگیری کرد؟

در این باره اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس ارائه دهید. کبد چرب زمانی رخ می‌دهد که چربی زیادی در بدن تولید شود و یا مصرف چربی به اندازه کافی صورت نگیرد. چربی اضافی در سلول‌های کبدی ذخیره شده و در آن‌ها تجمع می‌یابد و باعث بیماری کبد چرب می‌شود.



در این گفتار بیشتر به روش‌های گوارش شیمیایی (برون سلولی و درون سلولی) و تا حدودی گوارش مکانیکی در جانداران می‌پردازیم. سازوکارهای گوارشی در جانداران شامل موارد زیر است:

**(الف) جاندارانی بدون سازوکار گوارشی:** برخی از آنها تک‌سلولی و برخی نیز پرسلولی هستند. برخی انگل و برخی نیز آزادی هستند.

(۱) تک‌سلولی‌ها: مواد آماده و گوارش‌یافته را از سطح سلول جذب می‌کنند.

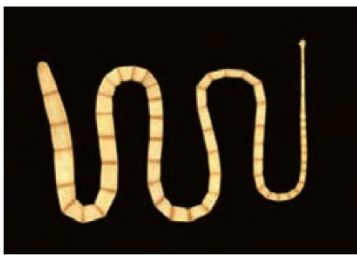
(۲) پرسلولی‌ها: مواد آماده و گوارش‌یافته را از سطح بدن جذب می‌کنند.

(۳) انگل‌ها: یا در دستگاه گوارش جانور میزبان و یا در درون مایعات بدن آن مانند خون و مایع بین سلولی زندگی می‌کنند.

(۴) آزادی‌ها: به صورت آزاد و مستقل بوده و در آب دریا زندگی می‌کنند.

همان‌طور که گفته شد، برخی جانداران، مواد مغذی را از سطح یاخته یا سطح بدن و به طور مستقیم از محیط، دریافت می‌کنند. این محیط، در آزادی‌ها آب دریا، و در انگل‌ها دستگاه گوارش یا مایعات بدن جانوران میزبان است. کرم کدو که فاقد دهان و دستگاه گوارش است، مواد مغذی را از سطح بدن جذب می‌کند (شکل ۱۷). کرم کدو فاقد دستگاه تنفسی است و مبادله گازها از سطح بدن انجام می‌شود. از نظر تولیدمثل هم هرمافرودیت یا دویتنسی است.

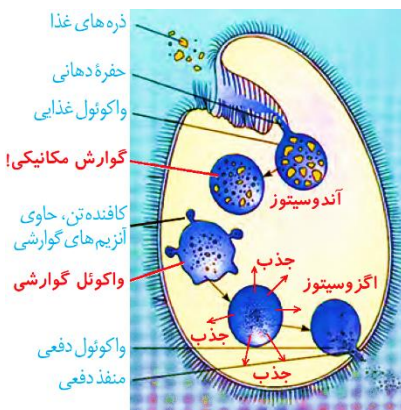
شکل ۱۷- کرم کدو



**(ب) جاندارانی دارای سازوکارهای گوارشی:** شامل واکوئول گوارشی در تک‌سلولی‌ها و برخی از سلول‌های پرسلولی‌ها، صفره گوارشی و لوله گوارش در پرسلولی‌ها و واکوئول گوارشی: همه این جانداران تک‌سلولی بوده و جز آغازیان منسوب می‌شوند. البته برخی از پرسلولی‌ها دارای سلول‌هایی هستند که واکوئول گوارشی

در آنها وجود دارد. مانند برخی از سلول‌های هیدر، فاکوسیت‌های موجود در بدن جانوران و ...

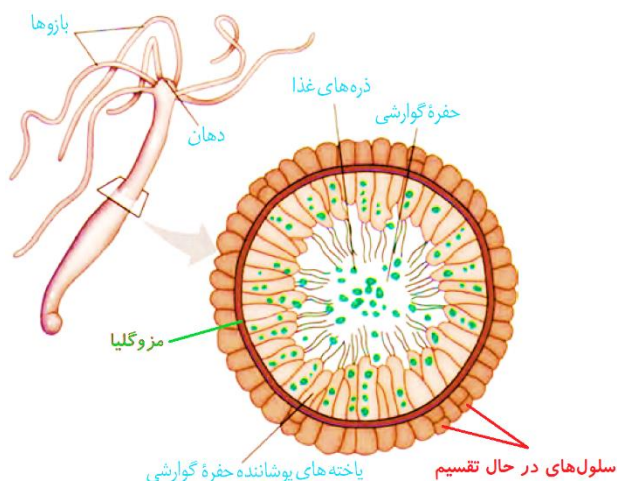
پارامسی از آغازیان تک‌سلولی است و با حرکت مژک‌ها غذا را از محیط به حفره دهانی منتقل می‌کند. در انتهای حفره، کیسه‌ای غشایی به نام واکوئول غذایی تشکیل می‌شود. واکوئول غذایی درون سیتوپلاسم حرکت می‌کند. در ضمن گوارش مکانیکی؟! کافنده‌تن (لیزوزوم) به واکوئول می‌پیوندد و آنزیم‌های خود را به درون آن آزاد می‌کند. در نتیجه، واکوئول گوارشی تشکیل می‌شود. مواد گوارش یافته از این واکوئول خارج شده و وارد سیتوپلاسم می‌شوند و مواد گوارش نیافته در آن باقی می‌مانند. به این واکوئول، واکوئول دفعی می‌گویند. محتویات این واکوئول از راه منفذ دفعی یاخته خارج می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- گوارش درون‌یاخته‌ای در پارامسی از آغازیان. مواد درون واکوئول غذایی قبل از گوارش شیمیایی ریزتر شده‌اند! ⊕ ⊗

نکاتی در مورد واکوئول گوارشی پارامسی

- (۱) در تمام سطح سلول پارامسی به جزء صفره دهانی و منفذ دفعی مژک وجود دارد.
- (۲) صفره دهانی و منفذ دفعی محل ثابتی در سطح سلول پارامسی اشغال کرده‌اند.
- (۳) قبل از صفره دهانی یک فرورفتگی بزرگ غشایی و مژک‌دار وجود دارد.
- (۴) مژک‌های سطح غشای سلولی علاوه بر حرکت سلول، سبب حرکت مواد غذایی به سمت صفره دهانی نیز می‌شود.
- (۵) با توجه به شکل! به نظر می‌رسد، قبل از اتصال لیزوزوم‌ها و تشکیل واکوئول گوارشی، گوارش مکانیکی هم اتفاق می‌افتد! ⊕ ⊗
- (۶) بر اساس شکل، هر واکوئول غذایی با چندین لیزوزوم (دغام) می‌شود.
- (۷) از لحاظ اندازه، لیزوزوم‌ها بسیار کوچک‌تر از واکوئول‌ها هستند.
- (۸) واکوئول گوارشی دارای سه نوع ماده است:
  - + آنزیم‌های هیدرولیز کننده که از طریق لیزوزوم (دغام) شده، آمده‌اند.
  - + مونومرهای حاصل از هیدرولیز مواد غذایی توسط آنزیم‌ها که می‌بایست از واکوئول خارج و به سیتوپلاسم وارد شوند.
  - + مواد زائد و غیر قابل گوارش که می‌بایست با فرایند اگزوسیتوز و از طریق منفذ دفعی دفع شوند.
- (۹) پارامسی مانند همه تک‌سلولی‌ها به طور مستقیم گازهای تنفسی را با محیط اطراف خود مبادله می‌کند.



**حفره گوارشی:** گوارش در جانوری مانند هیدر در کیسه‌ای به نام **حفره گوارشی** انجام می‌شود. این حفره فقط یک سوراخ برای **ورود** و **خروج** مواد دارد. **یاخته‌هایی** در این حفره (یعنی **برفی** از سلول‌ها)، **آنزیم‌هایی ترشح** می‌کنند که فرایند گوارش به صورت **برون‌یاخته‌ای** را **آغاز** می‌کنند. **یاخته‌های** این حفره (یعنی **همه** سلول‌ها)، ذره‌های غذایی را با **درون‌بری** دریافت می‌کنند. سپس فرایند گوارش به صورت **درون‌یاخته‌ای** در حفره گوارشی **ادامه** می‌یابد (شکل ۱۹).

در کره پهن پلاناریا نیز **صفحه گوارشی** وجود دارد و همین اتفاقات می‌افتند.

شکل ۱۹- حفره گوارشی در هیدر

#### نکاتی در مورد صفحه گوارشی

- (۱) در جانوران زیر صفحه گوارشی وجود دارد:
  - + در **همه** مرجان‌ها یا کیسه‌تنان مانند هیدر، عروس دریایی و شقایق دریایی
  - + در **برفی** از کره‌های پهن مانند پلاناریا
  - (۲) حرکت مواد در درون صفحه گوارشی به صورت **دو طرفه** انجام می‌شود.
  - (۳) آب موجود در درون این صفحه در انتقال گازهای تنفسی **هم** نقش دارد.
  - (۴) جریان مواد در این صفحه نقش دستگاه گردش مواد را **هم** بر عهده دارد.
  - (۵) **برفی** از سلول‌های درون صفحه گوارشی با **اکزوسیتوز** آنزیم ترشح می‌کنند.
    - + این سلول‌ها در گوارش **برون‌سلولی** نقش دارند.
  - (۶) **همه** سلول‌های درون صفحه گوارشی با **آندوسیتوز** مواد غذایی نیمه گوارش یافته را جذب می‌کنند.
    - + همه این سلول‌ها در گوارش **درون سلولی** نقش دارند.
  - (۷) در **همه** سلول‌های هیدر اعمالی مانند آنچه در پارامسی اتفاق افتاد، رخ می‌دهد.
  - (۸) **همه** سلول‌های هیدر گازهای تنفسی را به طور مستقیم با مایع اطراف خود مبادله می‌کنند.
  - (۹) در بدن هیدر **دو لایه** سلول وجود دارد:
    - + **لایه بیرونی:** طبق شکل فقط سلول‌های **مکعبی شکل** دارد که برفی در حال تقسیم سلولی هستند!
    - + **لایه درونی:** طبق شکل دارای دو نوع سلول **استوانه‌ای شکل** است که برفی دوتاژی و برفی بدون تازک هستند!
  - x بر اساس شکل کتاب، فقط سلول‌های تازک‌دار توانایی آندوسیتوز دارند! ⊗ ⊗
  - x تازک‌ها نقشی در حرکت هیدر **ندارند**، بلکه با زنش خود باعث **حرکت** مایع درون صفحه گوارشی می‌شوند.
  - (۱۰) **مایین** دو لایه سلول هیدر لایه‌ای غیر سلولی به نام **مزوگلیا** شامل غشای پایه وجود دارد.
  - (۱۱) در لایه‌های سلول‌های هیدر دو نوع سلول **دیگر** نیز وجود دارد:
    - + سلول‌های **عصبی** یا نورون‌ها که شبکه عصبی را می‌سازند.
    - x تقریباً هر نقطه از بدن هیدر به واسطه این شبکه به همه نقاط بدن انتقال می‌یابد.
    - + سلول‌های **ماهیچه‌ای** که باعث حرکت جانور می‌شوند.
    - x سلول‌های **ماهیچه‌ای** پیام انقباض خود را از شبکه سلول‌های عصبی دریافت می‌کنند.
  - (۱۲) در اطراف دهان تعدادی **بازو** (طبق شکل شش عدد) وجود دارد که باعث گرفتن شکار و بردن آن به سمت صفحه گوارشی هستند.

**لوله گوارش:** این لوله در اثر تشکیل **مخرج**، شکل می‌گیرد و امکان جریان **یک طرفه** غذا را فراهم می‌کند. در ادامه نمونه‌هایی از لوله گوارش در جانوران را بررسی می‌کنیم.

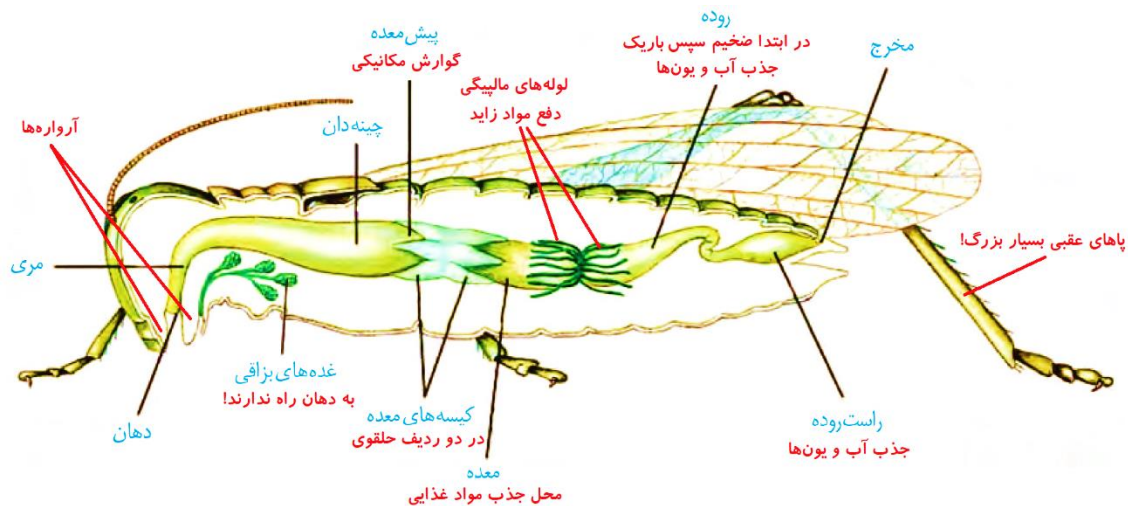
**نکته مهم:** حرکت مواد در برفی از بخش‌های لوله گوارش انسان می‌تواند دو طرفه باشد:

+ در **روده کور** همواره حرکت دو طرفه مواد مشاهده می‌شود.

+ به هنگام استفراغ، مواد غذایی از دوازدهه، معده و مری به سمت دهان برمی‌گردند.

## الف) دستگاه گوارش در ملغ

ملغ، **حشره‌ای گیاه‌خوار** است و مواد غذایی را ابتدا در بیرون از لوله گوارش! با بزاق ترکیب نموده و سپس با استفاده از **آرواره‌ها**، **خرد** و به دهان منتقل می‌کند. این جانور **طلق ندارد** و غذای خرد شده از طریق **مری** به **چینه‌دان** وارد می‌شود. چینه‌دان **بخش حجیم انتهایی مری** است که در آن غذا **ذخیره** و **نرم** می‌شود. در چینه‌دان، گوارش شیمیایی به واسطه آنزیم‌های غدد بزاقی ادامه پیدا می‌کند! سپس غذا به بخش **کوچکی** به نام **پیش‌معده** وارد می‌شود. دیواره پیش‌معده **دندان‌هایی** دارد که به **خرد شدن** بیشتر مواد غذایی یعنی گوارش مکانیکی کمک می‌کنند. **معده** و **کیسه‌های معده**، آنزیم‌هایی **ترشح** می‌کنند که با حرکت وارونه! به پیش‌معده **وارد** می‌شوند. **جذب** مونومرهای حاصل از گوارش غذاها، در **معده** صورت می‌گیرد. مواد **گوارش نیافته** پس از عبور از **روده**، به **راست‌روده** وارد و سپس از **مخرج** دفع می‌شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰. لوله گوارش ملغ

### نکاتی در مورد لوله گوارش ملغ

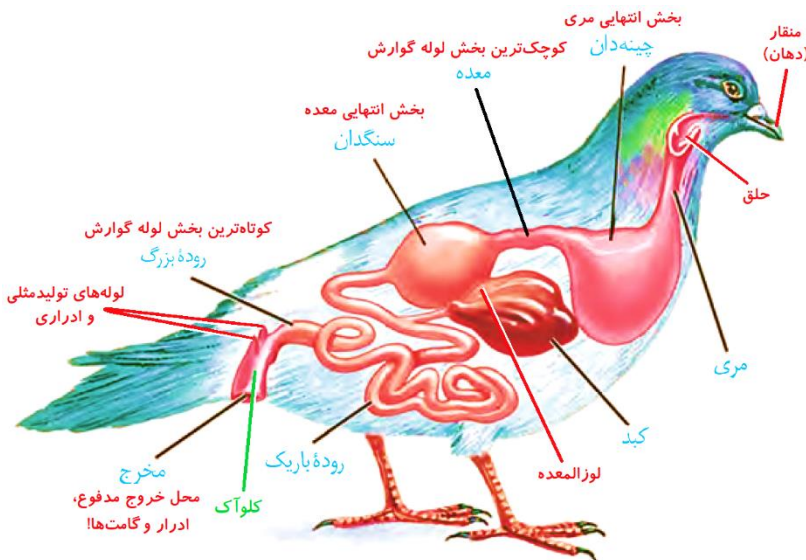
- ۱) لوله گوارش شامل دهان، مری (شامل چینه‌دان)، پیش‌معده، معده (شامل کیسه‌های معده)، روده، راست‌روده و مخرج است.
- ۲) ابتدا غدد بزاقی ترشحات خود را در **بیرون** از دهان و لوله گوارش بر روی مواد غذایی می‌ریزند.
- ۳) + گوارش شیمیایی مواد غذایی به وسیله آنزیم‌های بزاق در **بیرون** از لوله گوارش شروع می‌شود!
- ۴) سپس آرواره‌ها مواد غذایی را برش داده و وارد دهان می‌کنند.
- ۵) + گوارش مکانیکی به وسیله آرواره‌ها در **بیرون** از لوله گوارش شروع می‌شود!
- ۶) در دهان و مری نیز گوارش شیمیایی غذاها به واسطه آنزیم‌های موجود در بزاق **ادامه** پیدا می‌کند.
- ۷) + بر اساس کتاب می‌توان گفت گوارش شیمیایی در **درون** لوله گوارش برای اولین بار در دهان شروع می‌شود!
- ۸) در لوله گوارش ملغ، **طلق مشاهده نمی‌شود!**
- ۹) مواد غذایی در چینه‌دان **ذخیره** می‌شود. ترشحات دیواره چینه‌دان باعث **نرم شدن** غذا نیز می‌شوند.
- ۱۰) + چینه‌دان **بزرگ‌ترین** بخش لوله گوارش ملغ را تشکیل می‌دهد. این بخش دارای **برآمدگی‌های** فارمانند است که در گوارش مکانیکی نقش دارند!
- ۱۱) + در چینه‌دان، گوارش شیمیایی مواد غذایی به واسطه آنزیم‌های بزاق باز هم **ادامه** پیدا می‌کند!
- ۱۲) بعد از چینه‌دان، پیش‌معده قرار دارد. **دندان‌های دیواره درونی** این بخش باعث اتمام گوارش مکانیکی مواد غذایی می‌شوند.
- ۱۳) + بر اساس کتاب می‌توان گفت گوارش مکانیکی در **درون** لوله گوارش برای اولین بار در پیش‌معده شروع می‌شود!
- ۱۴) معده و کیسه‌های معده، آنزیم‌هایی **ترشح** می‌کنند که با حرکت **وارونه** به پیش‌معده وارد شده و در آنجا گوارش شیمیایی ادامه پیدا می‌کند.
- ۱۵) + کیسه‌های معده در **دو** ردیف و به صورت **طلقوی** به **معده** متصل هستند و نقش **کمکی** برای معده ایفا می‌کنند. حرکت غذا در آنها **دو طرفه** است!
- ۱۶) **جذب اصلی** مونومرهای حاصل از گوارش مواد غذایی در معده اتمام می‌شود. بنابراین این بخش معادل روده باریک در انسان است!
- ۱۷) + می‌توان گفت در معده ملغ **دو نوع** سلول وجود دارد:
  - x سلول‌های **ترشح‌کننده** آنزیم که آنزیم‌ها را به درون فضای معده و پیش‌معده وارد می‌کنند!
  - x سلول‌های **جذب‌کننده** مواد غذایی که مواد را وارد همولنف می‌کنند.
- ۱۸) + اتفاقات رخ داده در معده، **کمابیش** در کیسه‌های معده هم اتفاق می‌افتند!
- ۱۹) روده در ابتدا **ضخیم** و سپس **نازک** شده و به حالت پیچ‌خورده در می‌آید.



- (۱) در حد فاصل معده و روده اما متصل به روده! لوله‌های **مالپیگی** ظریفی در دو ردیف طوقی پیدا کرده‌اند.  
 + این لوله‌ها دستگاه دفع مواد زاید ملخ را تشکیل می‌دهند که **اوریک اسپید** را از همولنف دریافت نموده و وارد روده می‌کنند. تا همراه با مدفوع دفع شود.  
 (۱۱) بعد از بخش نازک و پیچ‌خورده روده، راست‌روده نسبتاً **بچیم** قرار می‌گیرد.  
 + کار روده و راست‌روده جذب آب و یون‌های باقی‌مانده است تا مدفوع به صورت **فشک** درآید.

### ب) دستگاه گوارش در پرندگان دانه‌خوار

جانوران دیگری مانند **پرندگان دانه‌خوار** نیز **چینه‌دان** دارند. شکل ۲۱ لوله گوارش در این پرندگان را نشان می‌دهد.  
 بخش **عقبی** معده در این پرندگان ساختاری **ماه‌چه‌ای** یا ماهیچه‌های صاف است و **سنگدان** نامیده می‌شود.  
**سنگریزه‌هایی** که پرنده می‌بلعد، فرایند **آسیاب کردن** غذا یا گوارش مکانیکی را تسهیل می‌کنند.



شکل ۲۱. لوله گوارش پرنده دانه‌خوار

### نکاتی در مورد لوله گوارش پرنده دانه‌خوار

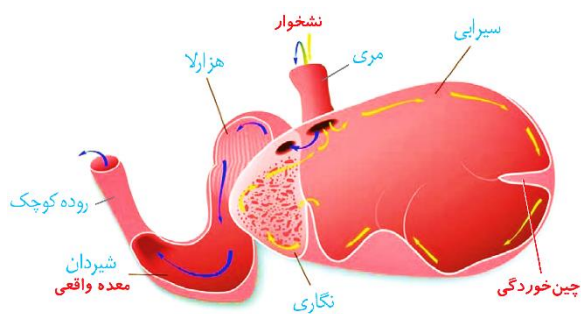
- (۱) لوله گوارش شامل دهان (منقار)، حلق، مری (شامل چینه‌دان)، معده (شامل سنگدان)، روده باریک، روده بزرگ، کلواک و مفرج است.
- (۲) همه پرندگان به جای دهان و دندان‌ها، **منقار** دارند.  
 + غدد بزاقی آنها همانند انسان، بزاق را به درون دهان می‌ریزند. پس گوارش شیمیایی در دهان شروع می‌شود.  
 + گیرنده‌های پشایی کمی در فتره دهانی پرنده دانه‌خوار وجود دارد که تا مدودی باعث تشخیص مزه غذاها می‌شود.
- (۳) طلق در پرندگان همانند طلق انسان به صورت **په‌اره** است.
- (۴) مری در پرندگان همانند مری در انسان است، اما بخش **انتہایی** آن **بچیم** شده و چینه‌دان را تشکیل می‌دهد.  
 + چینه‌دان محل **ذخیره** و **نرم کردن** غذا است. در بعضی از پرندگان ماده‌ای حاوی لیپید و پروتئین تولید می‌کند که برای تغذیه نوزادان کاربرد دارد!  
 + چینه‌دان **بچیم‌ترین** بخش لوله گوارش در پرنده دانه‌خوار است.
- (۵) معده **کوچک‌ترین** بخش لوله گوارش پرنده دانه‌خوار است.  
 + همانند انسان، این بخش شیره‌ای حاوی **آنزیم‌های گوارشی** و **اسید معده** تولید می‌کند.  
 + بخش **عقبی** معده، سنگدان نامیده می‌شود. این بخش سافتار ماهیچه‌ای **صاف** دارد که به کمک **سنگریزه‌ها** سبب گوارش مکانیکی می‌شود.
- (۶) در بخش ابتدایی روده باریک، ترشحات کبد یا صفرا به همراه شیره لوزالمعده به وسیله یک **مهرای مشترک** وارد لوله گوارش می‌شوند.  
 + همانند انسان، جذب اصلی مونومرهای موجود در مواد غذایی در **روده باریک** انجام می‌شود.
- (۷) روده بزرگ **کوتاه‌ترین** بخش لوله گوارش است. متصل به روده بزرگ نیز دو عدد سکوم یا روده کور وجود دارد.  
 + بعد از روده بزرگ بخش **دیگری** وجود دارد که **کلواک** نامیده می‌شود. **لوله‌های فالوپ** که از تخمدان‌ها می‌آیند و نیز **میزنای‌ها** به این بخش راه دارند.
- (۸) در محل **کلواک** مدفوع و ادرار با هم **ترکیب** شده و به همین خاطر مدفوع **آبکی** می‌شود.
- (۹) مفرج محل **فروج** مدفوع، ادرار و گامت‌ها یا سلول‌های جنسی و هم‌پنین در پرندگان ماده محل فروج تقم یا زیگوت است.

### ج) دستگاه گوارش در پستانداران نشوآرکننده

پستانداران نشوآرکننده، نظیر **گاو** و **گوسفند**، معده **چهار** قسمتی دارند (شکل ۲۲). در این جانوران، **معده**، شامل کیسه بزرگی به نام **سیرابی**، بخشی به نام **نگاری**، یک اتاقک لایه‌لایه به نام **هزارلا** و معده واقعی یا **شیردان** است. این جانوران به **سرعت** غذا می‌خورند تا در فرصت مناسب یا مکانی امن، غذا را با نشوآر کردن به دهان **برگردانند** و **بجوند**. ابتدا غذای نیمه جویده **بعیده** و وارد **سیرابی** می‌شود و در آنجا به کمک **میکروب‌ها** (شامل باکتری‌ها و آغازیان

تک سلولی) تا حدی **گوارش** می‌یابد. در نشخوارکنندگان، وجود میکروب‌ها برای گوارش سلولز **ضروری** است. سلولز مقدار زیادی **انرژی** دارد ولی اغلب جانوران حتی نشخوارکنندگان! **فاقد** توانایی تولید آنزیم لازم برای گوارش آن یعنی آنزیم سلولاز هستند.

توده‌های غذا سپس به **نگاری** وارد و برای نشخوار از طریق **سیرابی**، **مری** و **تلق** به دهان **برمی‌گردند**. در این زمان غذا به طور **کامل**، جویده و **دوباره** به **سیرابی** وارد می‌شود؛ بیشتر حالت **مایع** پیدا می‌کند و سپس به نگاری **جریان** می‌یابد. مواد از آنجا به **هزارلا** رفته، تا حدودی **آبگیری** و **سرانجام** به **شیردان** وارد می‌شوند. در این محل آنزیم‌های گوارشی مانند **پپسین‌ها** وارد عمل می‌شوند و گوارش **ادامه** پیدا می‌کند (شکل ۲۲).



بعد از معده، غذا وارد روده باریک شده تا جذب **اصلی** انجام شود. در روده بزرگ و راست‌روده نیز اتفاقاتی مشابه این بخش‌ها در انسان می‌افتد.

شکل ۲۲- معده چهار قسمتی

### نکاتی در مورد لوله گوارش نشخوارکنندگان

- ۱) لوله گوارش شامل دهان، تلق، مری، معده (به ترتیب شامل سیرابی، نگاری، هزارلا و شیردان)، روده باریک، روده بزرگ، راست‌روده و مفرج است.
- ۲) معده دارای **چهار** قسمت است:

#### الف) سیرابی

+ **بزرگ‌ترین** بخش معده که دیواره آن دارای چین‌خوردگی‌های بسیار بزرگ است.  
+ **مری فقط** به این بخش از معده متصل است.

+ در این بخش **میکروب‌های هم‌زیست** وجود دارند که آنزیم سلولاز تولید نموده و وارد فضای سیرابی می‌کنند تا گوارش سلولز انجام شود (**گوارش میکروبی**).

#### ب) نگاری

+ از یک طرف به سیرابی و از طرف دیگر به هزارلا متصل است.  
+ در این بخش **میکروب‌های هم‌زیست** هم وجود دارند.

#### ج) هزارلا

+ به صورت یک اتاقک **لاپه‌لاپه** است که در جذب آب نقش دارد.  
+ از یک طرف به نگاری و از طرف دیگر به شیردان راه دارد.  
+ **کوچک‌ترین** بخش معده است.

#### د) شیردان

+ همان معده **واقعی** است که چین‌خوردگی‌های درون آن **نامنظم** هستند.

+ آنزیم‌های پپسین و لیپاز و نیز اسید و فاکتور داخلی معده از غدد آن **ترشح** می‌شوند.

۱۳) شیره لوزالمعده وارد روده باریک شده و گوارش **منتصر** مواد غذایی که در دهان و شیردان شروع شده بود، با سرعت بیشتر ادامه می‌یابد (**گوارش آنزیمی**).

۱۴) می‌توان گفت گوارش میکروبی (در سیرابی و نگاری) **قبل** از گوارش آنزیمی (در معده و روده باریک) انجام می‌شود.

۱۵) مسیر حرکت مواد غذایی در لوله گوارش به صورت زیر است:

دهان ← تلق ← مری ← سیرابی ← نگاری ← مری ← سیرابی ← نگاری ← هزارلا ← شیردان ← روده باریک ← روده بزرگ ← راست‌روده ← مفرج

۱۶) در این جانوران، مواد غذایی **دو بار از دهان**، سه بار از تلق، سه بار از مری، سه بار از سیرابی، دو بار از نگاری و یک بار از بقیه بخش‌های لوله گوارش می‌گذرند.

### فعالیت

درباره ارتباط بین گوارش نشخوارکنندگان با **گرم شدن** کره زمین اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.

میکروب‌های هم‌زیست با لوله گوارش هر گاو، روزانه تا ۷۰ لیتر گاز **متان** تولید می‌کنند. این گاز بسیار **بیشتر** از کربن‌دی‌اکسید باعث **اثر گلخانه‌ای** و گرم شدن کره زمین می‌شود.



### فصل ۳

## تبادلات گازی

نکاتی در مورد قورباغه

- ۱) از گروه **دوزیستان** محسوب می‌شود. پس همه ویژگی‌های دوزیستان که در آینده می‌خوانیم در مورد آنها صادق است.
  - ۲) در دوران نوزادی فقط با تنفس **آبششی** اما در دوران بلوغ با تنفس **ششی** و به ویژه تنفس **پوستی**، اکسیژن را به مویرگ‌های خود می‌رساند.
  - ۳) پوست جانور همواره مرطوب بوده و در سطح آن شبکه وسیعی از سرخ‌رگ‌ها (**تیره‌ها**)، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها (**روشن‌ها**) وجود دارد که در تنفس پوستی نقش دارند.
  - ۴) صفره دهانی قورباغه بسیار بزرگ بوده و گنجايش آن به اندازه هر دو شش جانور است. این جانور با پمپ **فشار مثبت** هوا را از دهان وارد شش‌ها می‌کند.
  - ۵) در هنگام انتقال هوا به صفره دهانی بینی جانور **باز** و هنگام فرستادن هوا از صفره دهانی به شش‌ها بینی جانور **بسته** است.
  - ۶) گوش بیرونی در این جانور دیده نمی‌شود. بشش قابل مشاهده پرده **صماغ** است که بعد از آن گوش میانی و درونی واقع شده‌اند.
- نفس کشیدن**، یکی از ویژگی‌های آشکار در **بسیاری از جانوران** مهره‌دار است. اما آیا در همه جانوران به یک شکل انجام می‌شود؟ خیر، بسیاری از جانوران نفس نمی‌کشند! هدف از آن چیست؟ رساندن اکسیژن به دستگاه تنفس و دور کردن کربن دی‌اکسید از آن!
- در **ذهن** بسیاری از ما، نفس کشیدن به معنای **زنده بودن** است. برای تشخیص این که 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 **کار حیاتی** چیست؟ رساندن  $O_2$  به دستگاه تنفس و دور کردن  $CO_2$  از آن!
- هوای **آلوده** به کدام بخش دستگاه تنفسی آسیب می‌رساند؟ به همه بخش‌های آن، به ویژه به بخش‌های مبادله‌ای. افرادی که به **دخانیات** روی می‌آورند، چگونه به بدن خود آسیب می‌رسانند؟ مواد سمی موجود در دود سیگار، بیشتر باعث از کار افتادن سلول‌های مژک‌دار موجود در بخش‌های مبادله‌ای می‌شود. اینها فقط بخشی از پرسش‌هایی است که پاسخ آنها را با مطالعه این فصل به دست خواهیم آورد.



+ تنفس سلولی: فرایندی است که در یوکاریوت‌ها با همکاری میتوکندری انجام می‌شود. در این فرایند گلوکز یا سوخت رایج سلولی در شرایط هوازی می‌تواند با  $O_2$  ترکیب شده و ضمن تولید  $CO_2$  و آب، حدود ۳۶ مولکول ATP یا انرژی رایج سلولی هم ساخته می‌شود. این فرایند کمابیش در همه سلول‌های پروکاریوتی و سلول‌های یوکاریوتی رخ می‌دهد. واکنش تنفس سلولی به صورت خلاصه در زیر آمده است:



+ تنفس: این فرایند، همان شیوه‌ها یا راه‌های رساندن گاز اکسیژن به سلول‌ها و دور کردن گاز کربن دی‌اکسید از آنها است. این فرایند را فقط در مورد جانوران به کار می‌برند.

روش‌های تنفس در جانوران عبارتند از: تنفس پوستی، تنفس آبششی، تنفس ششی و تنفس نایدیسی

+ نفس کشیدن: این فرایند، همان عمل دم و بازدم است که در انسان و بسیاری از جانوران انجام می‌شود. به عبارت دیگر معادل تنفس ششی است. این فرایند را فقط در مورد مهره‌داران فشرکی‌زی و شش‌دار یعنی دوزیستان بالغ، خزندگان، پرندگان و پستانداران به کار می‌برند. در این جانداران دو نوع سازوکار تهویه‌ای به صورت پمپ فشار منفی و فشار مثبت وجود دارد. در پمپ فشار مثبت، هوا با حالتی شبیه به بلعیده شدن وارد شش‌ها می‌شود. در حالی‌که در پمپ فشار منفی، به خاطر حالت مکشی مایع جنب، هوا به داخل شش‌ها کشیده می‌شود!

جانداران - همگی با تنفس سلولی از سوخت رایج سلول‌ها یا گلوکز، انرژی کسب می‌کنند.



## چرا نفس می کشیم؟

ارسطو، معتقد بود که نفس کشیدن باعث **خنک شدن قلب** می شود (⊙⊙⊙). او **نمی دانست** که هوا خود **مخلوطی** از چند نوع گاز است. بنابراین هوای دمی و بازدمی را از نظر ترکیب شیمیایی **یکسان** می دانست. اما آیا واقعاً چنین است؟ **خیر**، در هوای دمی نسبت به هوای بازدمی اکسیژن بیشتری وجود دارد، در حالی که مقدار کربن دی اکسید کمتر است.

مقایسه هوای دمی و بازدمی نشان می دهد که این دو هوا با هم **متفاوت** اند. هوای **دمی**، **اکسیژن** بیشتری دارد اما در هوای **بازدمی**، **کربن دی اکسید** نسبت به هوای دمی بیشتر است. بنابراین، اهمیت فرایند تنفس از آنچه که ارسطو می پنداشت فراتر است. درک این اهمیت، زمانی ممکن شد که آدمی توانست **ارتباط دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون** را بیابد. در واقع این دو دستگاه با همکاری همدیگر اکسیژن را به سلول های بدن انسان رسانده و کربن دی اکسید را از آنها دور می کنند.

نکاتی در مورد مقایسه هوای دمی و بازدمی

(۱) هم در هوای دمی و هم در هوای بازدمی گازهای مختلفی از جمله **کاز نیتروژن**، **کاز اکسیژن**، **کاز کربن دی اکسید**، **بخار آب**، **گازهای نئیب** و ... وجود دارند.

(۲) مقایسه مقدار اکسیژن و کربن دی اکسید در هوای دمی و بازدمی:

+ در هوای دمی مقدار اکسیژن حدود **۱۶ درصد** و مقدار کربن دی اکسید حدود **۰.۰۴ درصد** است.

+ در هوای بازدمی مقدار اکسیژن به **۱۸ درصد** و مقدار کربن دی اکسید به **۳ درصد** تغییر می کند.

(۳) بنابراین هم در هوای دمی و هم در هوای بازدمی مقدار اکسیژن از کربن دی اکسید **بیشتر** است!

+ اگرچه مقدار اکسیژن هوای دمی از هوای بازدمی بیشتر و مقدار کربن دی اکسید در هوای بازدمی بسیار بیشتر از هوای دمی است.

دستگاه گردش خون، خون را به وسیله سیاهرگ هایی از اندام های مختلف بدن **جمع آوری** می کند و به سوی نیمه راست قلب و سپس شش ها می آورد. این خون که به **خون تیره** معروف است اکسیژن کم، اما کربن دی اکسید **زیادی** دارد. در **بیاک های موبود** در شش ها خون، کربن دی اکسید را از دست می دهد و از هوا اکسیژن می گیرد و به **خون روشن** تبدیل می شود. این خون اکسیژن **زیاد**، اما کربن دی اکسید **کمی** دارد. خون روشن پس از بازگشت به نیمه چپ قلب توسط دستگاه گردش خون (**سرفرگ آئورت**) به اندام ها و یاخته ها **فرستاده** می شود (شکل ۱). به این ترتیب، همواره به یاخته های بدن، **اکسیژن** می رسد و **کربن دی اکسید** از آنها دور می شود. اما این کار چه ضرورتی دارد؟ سلول برای انجام فعالیت های خود به انرژی نیاز دارد. **معمول ترین** راه برای تولید انرژی، اکسایش مولکول های گلوکز در سلول هاست که این فرایند با مصرف اکسیژن انجام می شود.

در فصل قبل دیدیم که یاخته ها چگونه مواد مغذی را به دست می آورند. انرژی مواد مغذی، مثل **گلوکز**، باید ابتدا به انرژی ذخیره شده در **ATP** تبدیل شود. واکنش خلاصه شده این تبدیل، به این صورت است:



این واکنش که **تنفس یاخته ای** نام دارد، علت **نیاز** به اکسیژن را توجیه می کند. اما کربن دی اکسید چرا باید دور شود؟ **یکی (نه همه!)** از علل زیان بار بودن کربن دی اکسید این است که می تواند با **آب** واکنش داده، **کربنیک اسید** تولید کند و pH محیط درونی بدن را **کاهش** دهد. این تغییر pH باعث **تغییر ساختار فضایی یا سه بعدی پروتئین ها** می شود که می تواند **عملکرد پروتئین ها** را مختل کند. از آنجا که بسیاری از فرایندهای یاخته ای را پروتئین ها انجام می دهند؛ از بین رفتن عملکرد آنها **اختلال گسترده ای** را در کار یاخته ها و بافت ها ایجاد می کند. در واقع، **افزایش کربن دی اکسید، خطرناک تر از کاهش اکسیژن است.**

نکته مهم: بدیهی است نبود اکسیژن از هر دو خطرناک تر است.

کاهش اکسیژن > افزایش کربن دی اکسید > نبود اکسیژن

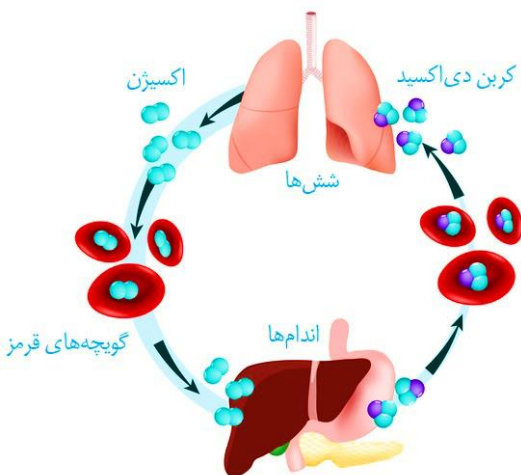
شکل ۱. یاخته های بدن، گازهای تنفسی را با خون و خون این گازها را در شش ها با هوا مبادله می کند.

(۱) در این شکل هر دو گاز تنفسی از طریق کلبول های قرمز **باجها** شده اند.

(۲) شش چپ از شش راست **کوچک تر** است.

(۳) شش راست سه لوب و شش چپ **دو لوب** دارد.

(۴) **بزرگ ترین** لوب در شش چپ و **کوچک ترین** لوب در شش راست قرار دارد!



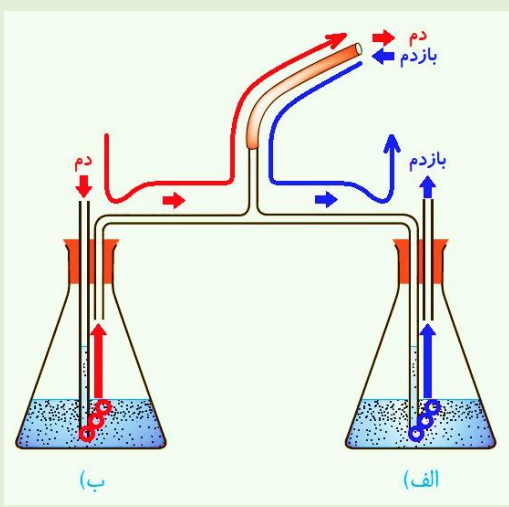
آیا هوای دمی با هوای بازدمی متفاوت است؟

پژوهش‌های دانشمندان در ابتدا، وجود سه گاز نیتروژن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید را در هوا نشان داد. در این آزمایش، هوای دمی و بازدمی را از نظر مقدار نسبی کربن دی‌اکسید بررسی می‌کنیم. اما چگونه می‌توان مقدار کربن دی‌اکسید را در هوا تشخیص داد؟ با استفاده از معرف‌های این گاز یعنی مطلق آب آهک یا برم تیمول بلو که در حالت عادی به ترتیب بی‌رنگ و آبی‌رنگ هستند ولی در حضور کربن دی‌اکسید این مطلق‌ها به ترتیب به صورت **شیری‌رنگ** و **زردرنگ** تغییر رنگ می‌دهند.

برای انجام این آزمایش می‌توان از محلول **آب آهک (بی‌رنگ)** یا **برم تیمول بلو رقیق (آبی‌رنگ)** که معرف کربن دی‌اکسید هستند استفاده کرد. با دمیدن کربن دی‌اکسید به درون این محلول‌ها، آب آهک **شیری‌رنگ** و برم تیمول بلو، **زردرنگ** می‌شود.

۱- دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لوله بلند را درون محلول و انتهای لوله کوتاه را در بالای محلول قرار دهید.  
 ۲- به آرامی از طریق لوله مرکزی، عمل دم و بازدم را انجام دهید. در هنگام دم، در کدام ظرف، حباب هوا مشاهده می‌شود؟ در ظرف ب. هنگام بازدم چطور؟ در ظرف الف.

۳- دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرف در یکی از ظرف‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید. ابتدا در ظرف الف تغییر رنگ مشاهده می‌شود.  
 ۴- چند دقیقه دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی رنگ را در هر دو ظرف مشاهده، و یادداشت کنید. در نهایت در ظرف ب نیز تغییر رنگ مشاهده می‌شود.  
 ۵- اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



الف) چرا هوای دمی، به یک ظرف و هوای بازدمی، به ظرف دیگر وارد می‌شود؟ هوای دمی و بازدمی به سمت هر دو ظرف می‌روند، ولی با توجه به مسدود بودن مسیر در یک سمت، هوای دمی از طریق لوله ب وارد و هوای بازدمی از طریق لوله الف خارج می‌شود. به هنگام دم، معرف از لوله بلند ظرف الف بالا می‌رود. در حالی‌که به هنگام بازدم، از لوله بلند ظرف ب بالا می‌رود.  
 ب) نخست در کدام ظرف تغییر رنگ مشاهده کردید؟ در ظرف الف تغییر رنگ مشاهده می‌شود.  
 پ) آیا معرف در هر دو ظرف **سرانجام** تغییر رنگ داد؟ بله. این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می‌کند؟ در هوای دمی هم مقدار کمی گاز کربن دی‌اکسید وجود دارد.

بخش‌های عملکردی دستگاه تنفس

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

بخش هادی

بخش هادی، از **مجاری تنفسی** ای تشکیل شده است (بنابراین **بینی** هم به صورت مجرا حساب می‌کنیم!) 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 مبادله گازها با خون آماده شود. از **بینی** تا **نایزک انتهایی** به بخش هادی تعلق دارد.

نکاتی در مورد بخش هادی

- ۱) **ویژگی مشترک:** همه قسمت‌های آن به صورت **مجرا** یا **لوله** هستند (حتی **بینی**!).
- ۲) **محل قرارگیری:** از ابتدای سوراخ‌های بینی شروع شده تا نایزک‌های انتهایی (ادامه می‌باند).
- ۳) **نوع بافت موبود در مجاری:** در ابتدای بینی بافت پوششی **سنگ‌فرشی** پندلایه، در بقیه بخش‌ها بافت پوششی **استوانه‌ای** یک لایه!
- ۴) **وظایف:** الف) هدایت هوا به درون و بیرون دستگاه ب) پاک‌سازی هوا از ناخالصی‌ها، میکروب‌های بیماری‌زا و ذرات گرد و غبار ج) گرم و مرطوب نمودن هوا  
**ابتدایی** مسیر ورود هوا در بینی، از **پوست نازکی** پوشیده شده است که **موهای آن**، مانعی در برابر ورود **ناخالصی‌های هوا** ایجاد می‌کند. بنابراین بخش ابتدایی مجاری تنفسی، همه **ویژگی‌های پوست** را دارد. برخی از ویژگی‌های پوست را قبلاً خوانده‌اید و بقیه ویژگی‌های آن را به عنوان یک اندام که در اولین خط دفاع غیر اختصاصی نقش دارد نیز در آینده خواهید خواند. با **پایان** یافتن این پوست، **مخاط مزک‌دار** در بینی آغاز می‌شود که در **سراسر** مجاری هادی یعنی از بینی تا نایزک انتهایی ادامه پیدا می‌کند. این مخاط، یاخته‌های مزک‌دار **فراوان** و **ترشحات مخاطی** دارد. در این ترشحات **موسین** و مواد **ضد میکروبی** مانند **لیزوزیم** نیز وجود دارد.

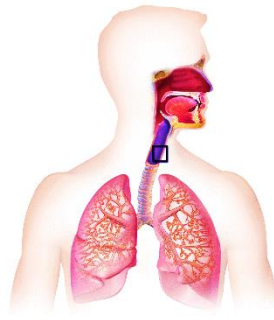
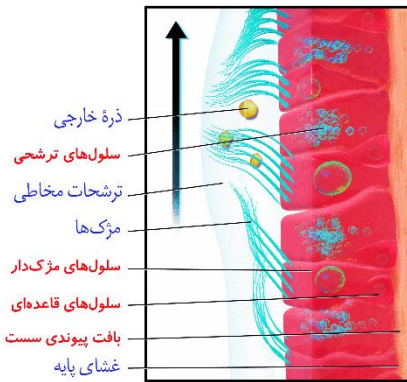
**نکته پالشی:** همه سلول‌ها در بخش هادی دستگاه تنفس مزک‌دار نیستند!

با توجه به این‌که بخش اعظم مجاری تنفسی، از بینی تا نایزک انتهایی از مناط تشکیل شده است، بنابراین این بخش هم همه ویژگی‌های مخاط را داراست.



ترشحات مخاطی، ناخالصی‌های هوا را ضمن عبور از مباری تنفسی به دام می‌اندازند. مژک‌ها با حرکت ضربانی خود، ترشحات مخاطی و ناخالصی‌های به دام افتاده در آن را هم از سمت بالا و هم از سمت پائین مباری تنفسی! به سوی حلق می‌رانند. این مواد در تعلق دو سرنوشت خواهند داشت: (۱) یا پس از بلعیده شدن به دستگاه گوارش وارد شده، شیرۀ معده یعنی آنزیم‌ها و اسید آنها را نابود می‌کنند (۲) یا از طریق سرفه کردن! به خارج از بدن هدایت می‌شوند.

شکل ۲- در مخاط نای سلول‌های پوششی استوانه‌ای مژک‌دار قرار دارند. به علاوه دو نوع سلول دیگر هم وجود دارد. سلول‌های ترششی و قاعده‌ای!



ترشحات مخاطی، که لایه‌ای با ضخامت غیر یکنواخت تشکیل می‌دهند نقش مهم دیگری نیز دارند. این ترشحات هوا را مرطوب می‌کنند. مرطوب کردن هوا برای تبادل گازها ضرورت دارد. گازهای تنفسی تنها در صورتی که محلول در آب باشند، می‌توانند بین شش‌ها و خون مبادله شوند.

**نکته مهم این‌که در همه روش‌های تنفسی در جانوران خشکی‌زی، گازهای تنفسی می‌بایست از لایه نازکی از آب عبور کنند.**

در بینی، شبکه‌ای وسیع از رگ‌هایی با دیواره 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.

هوا با عبور از بینی، دهان، یا هر دو، به حلق وارد می‌شود (شکل ۳). حلق، گذرگاهی با دیواره‌ای ماهیچه‌ای (دارای ماهیچه اسکلتی و غیر ارادی) است که هم هوا و هم غذا از آن عبور می‌کند. انتهای حلق به یک دوراهی ختم می‌شود. در این دوراهی، حنجره در جلو و مری در پشت قرار دارد.

**نکته مهم:** با توجه به این‌که بر اساس کتاب، مباری تنفسی دارای مناط مژک‌دار هستند و تعلق فاقد مژک است، بنابراین تعلق را جز مباری تنفسی به حساب نمی‌آورند!

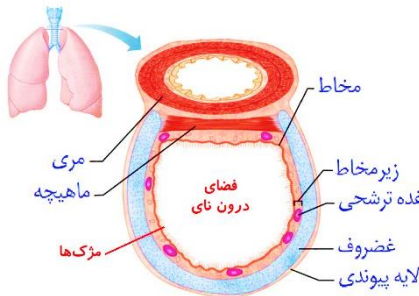
حنجره در ابتدای نای واقع است و در تنفس، دو کار مهم انجام می‌دهد. یکی آنکه دیواره غضروفی آن، مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد و دیگر آنکه در پوشی به نام برچاکنای (اپی‌گلوٹ) دارد که مانع ورود غذا به مجرای تنفسی می‌شود. در تنبره پرده‌های صوتی نیز برای ایجاد صدا هم وجود دارند.

**نکته پالشی:** با توجه به شکل و متن کتاب، می‌توان گفت اپی‌گلوٹ بخشی از تنبره است و تنبره نیز جز نای به شمار می‌رود!

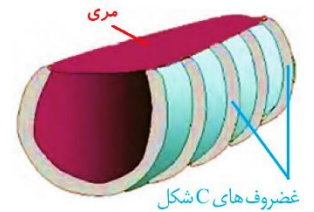


شکل ۳- حلق و حنجره. اپی‌گلوٹ بخشی از تنبره است و تنبره نیز جزء نای است.

دیواره نای، حلقه‌های غضروفی ناکامل شبیه به نعل اسب یا حرف C دارد که مجرای نای را همیشه باز نگه می‌دارند (شکل ۴). دهانۀ غضروف (دهانۀ حرف C) به سمت مری قرار دارد. در نتیجه حرکت لقمه‌های بزرگ غذا در مری با مانعی روبه‌رو نمی‌شود. ساختار دیواره نای در شکل ۵ نشان داده شده است.



- شکل ۵ - ساختار بافتی دیواره نای.
- ۱- پیوندی = بیرونی
  - ۲- غضروفی - ماهیچه‌ای (بیشتر ماهیچه! وجود دارد)
  - ۳- زیرمخاط
  - ۴- مخاط



شکل ۴- حلقه‌های غضروفی نای

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

به علت نداشتن غضروف، نایژک‌ها می‌توانند تنگ و گشاد شوند. در بیماری آسم نایژک‌ها تنگ می‌شوند! این ویژگی نایژک‌ها به دستگاه تنفس امکان می‌دهد تا در شرایط مختلف و تحت تأثیر اعصاب سمپاتی و پاراسمپاتی و برنی (از هورمون‌ها بتواند مقدار هوای ورودی یا خروجی را تنظیم (به ترتیب زیاد و کم) کند. آخرین انشعاب نایژک در بخش هادی، نایژک انتهایی نام دارد. هر نایژک انتهایی به چند نایژک مبادله‌ای متصل می‌شود. هر کدام از این نایژک‌ها در طول خود دارای تعدادی مبادی و در انتها به یک کیسه مبادی منتهی می‌شوند. به عبارت دیگر تعداد کیسه‌های مبادی با تعداد نایژک‌های مبادله‌ای برابر است! همان‌طور که می‌دانیم بینی، نای، نایزده‌ها، نایژک‌های انتهایی جز بخش هادی و نایژک‌های مبادله‌ای، کیسه‌های مبادی و مبادی‌ها به بخش مبادله‌ای تعلق دارند.

جبابک‌ها < کیسه‌های جبابکی = نایژک‌های مبادله‌ای < نایژک‌های انتهایی < نایژک‌ها < نایژه‌های فرعی < دو عدد = نایژه‌های اصلی < یک عدد = نای

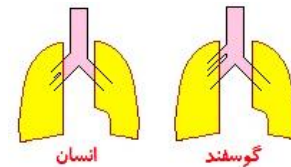
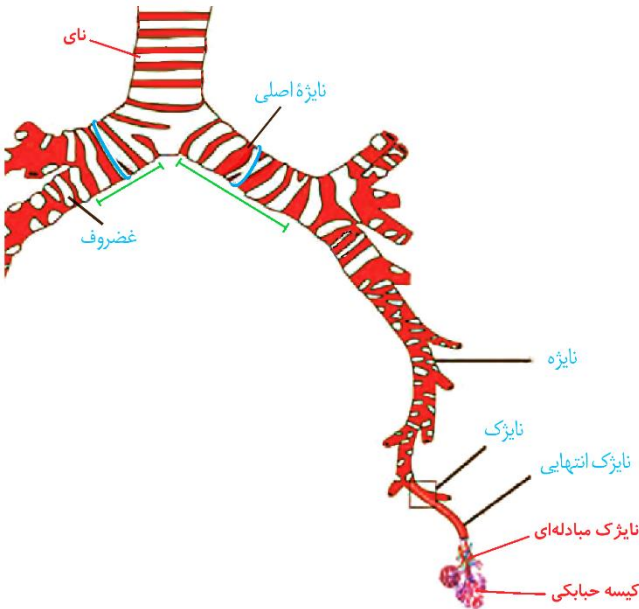
موقعیت قرار گرفتن بخش‌های مختلف دستگاه تنفسی

- ۱) نای: به طور کامل در **فارنج** از شش‌ها و **مابین** آنها قرار دارد. بخش انتهایی نای در پشت بخش بالایی **بناغ** واقع شده است!
- ۲) نایژه‌های اصلی: بخش **ابتدایی** نایژه‌های اصلی در **فارنج** از شش‌ها و **بقیه** آن در درون بافت‌های شش واقع شده است.
- ۳) **بقیه** بخش‌ها: همه نایژه‌های فرعی، نایژک‌ها، جبابک‌ها و کیسه‌های جبابکی به طور **کامل** در درون شش قرار گرفته‌اند.

بنابراین می‌توان گفت بخش‌های مبادله‌ای به طور **کامل** در درون شش‌ها واقع شده‌اند، اما قسمت‌هایی از بخش‌های هادی در بیرون از شش‌ها قرار دارند!

مقایسه نایژه‌های اصلی چپ و راست

- + نایژه اصلی چپ: **طول‌تر و نازک‌تر**، در **انتها منشعب**
- + نایژه اصلی راست: **کوتاه‌تر و قطورتر**، در **انتها دو شاخه**
- جالب است بدانیم در شش گوسفند **انشعاب سومی** در بالای نایژه اصلی سمت راست و قبل از دو نایژه اصلی به شش راست وارد می‌شود! **انشعاب سوم نایژه اصلی** **مغسوب نمی‌شود!**



شکل ۶- انشعابات نای شامل دو نایژه اصلی، نایژه‌های فرعی، نایژک‌ها هستند.

نکاتی در مورد لایه‌های مجاری تنفسی: مربوط به شکل ۵

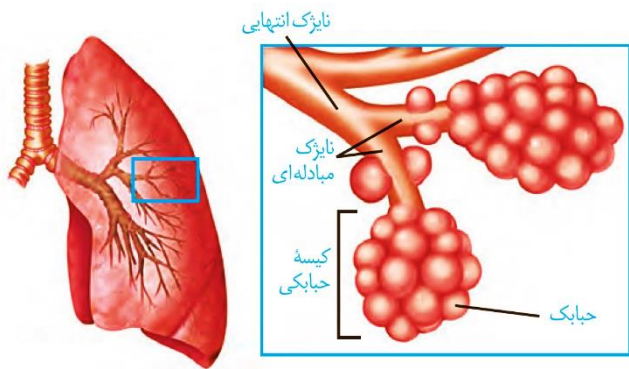
در مجاری تنفسی از بینی تا نایژک انتهایی نیز همانند لوله گوارش از بیرون به سمت درون **چهار لایه** مشاهده می‌شود:

- ۱) لایه **بیرونی**، که از جنس بافت **پیوندی** است.
- ۲) لایه **غضروفی - ماهیچه‌ای**، این لایه در بخش‌های مختلف مجاری تنفسی به صورت **متفاوت** دیده می‌شود.
  - + در **تنبره** که در ابتدای نای قرار دارد، این لایه فقط از **غضروف یک‌پارچه** تشکیل شده است.
  - + در **نای**، این لایه به صورت غضروفی - ماهیچه‌ای است که غضروف‌های آن به صورت **نعلی شکل** مشاهده می‌شوند.
  - + در دو **نایژه اصلی**، این لایه به صورت غضروفی - ماهیچه‌ای است که غضروف‌های آن به صورت **طلقه کامل** هستند.
  - + در **نایژه‌های فرعی** این لایه به صورت غضروفی - ماهیچه‌ای است که غضروف‌های آن به صورت **قطعه‌قطعه** دیده می‌شوند.
  - + در همه انواع **نایژک‌های انتهایی** و مبادله‌ای، این لایه فقط به صورت ماهیچه‌ای و **فاقد غضروف** دیده می‌شود.
- ۳) لایه **زیرمغاطی**، که نوعی بافت پیوندی سست است. در این لایه **جسم** غده‌های مغاطی وجود دارد.
- ۴) لایه **مغاطی**، که نوعی بافت پوششی است.
  - + در نای این لایه به صورت **استوانه‌ای** یک لایه است!
  - + برفی از سلول‌های این لایه، **ترشی** و **برفی** نیز **مژک‌دار** هستند.
  - + غده‌های ترشح کننده ماده مغاطی نیز از لایه مغاطی **منشاء** گرفته! و به درون لایه زیرمغاط **نفوذ** کرده‌اند.
  - + **میرای** غدد مغاطی نیز به فضای درون مجاری تنفسی باز می‌شود.

## بخش مبادله‌ای

بخش مبادله‌ای، با حضور **اجزای کوچکی** به نام **جبابک** مشخص می‌شود (شکل ۷). در هر شش حدود ۳۵۰ میلیون جبابک وجود دارد. نایژکی را که **روی** آن (در طول آن) جبابک وجود دارد، **نایژک مبادله‌ای** می‌نامیم. نایژک مبادله‌ای در انتهای خود به ساختاری شبیه به **خوشه انگور** ختم می‌شود که از اجتماع جبابک‌ها پدید آمده است. هر یک از این خوشه‌ها را یک **کیسه جبابکی** می‌نامند.

بنابراین می‌توان گفت تعداد کیسه‌های جبابکی با تعداد نایژک‌های مبادله‌ای **برابر** است!



مخاط مزکدار در طول نایزک مبادله‌ای به پایان می‌رسد، بنابراین نایزک‌های مبادله‌ای همانند سایر مجاری تنفسی مزکدار هستند ولی در محل حبابک‌ها، این مخاط مزکدار وجود ندارد. به عبارت دیگر در حبابک‌ها بر خلاف مجاری تنفسی، مخاط مزکدار، موسین، لیزوزیم و ... وجود ندارد.

شکل ۷- بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس

برخلاف نایزک‌های انتهایی، در طول نایزک‌های مبادله‌ای حبابک تشکیل می‌شود. در انتهای آنها نیز کیسه حبابکی وجود دارد.



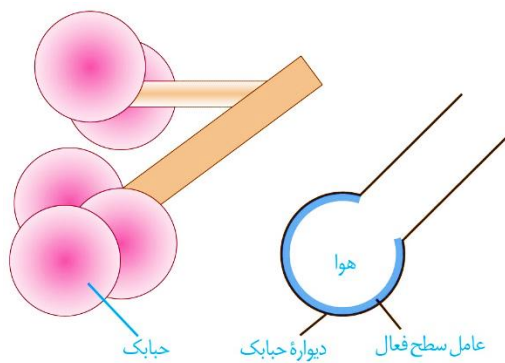
در درون حبابک‌ها، روشن دیگری برای مبارزه با ذرات وارد شده وجود دارد. در این ساقطارها، گروهی از یاخته‌های دستگاه ایمنی بدن به نام **درشت‌خوار (ماکروفاژ)** مستقر شده‌اند (شکل ۸). این یاخته‌ها، باکتری‌ها و ذرات گرد و غباری را که از مخاط مزکدار گریخته‌اند نابود می‌کنند. درشت‌خوارها یاخته‌هایی با ویژگی بیگانه‌خواری و توانایی حرکت‌اند. این یاخته‌ها، نه فقط در کیسه‌های حبابکی شش‌ها، بلکه در دیگر نقاط بدن متنی در مجاری تنفسی نیز حضور دارند. بیگانه‌خواری یا فاکوسیتوز نوعی آندوسیتوز است که بوسیله بسیاری از کلبول‌های سفید، ماکروفاژها و ... انجام می‌شود.

شکل ۸- یاخته‌های درشت‌خوار در حبابک‌ها

**راه‌های دفاعی موجود در دستگاه تنفس**

- ۱) پوست مودار: فقط در ابتدای بینی دیده می‌شود. این بخش مانند بقیه نقاط پوست دارای مو، غدد عرقی، غدد چربی، آنزیم لیزوزیم، pH اسیدی و ... است.
- ۲) مخاط مزکدار: از بینی شروع تا نایزک مبادله‌ای ادامه می‌یابد. ماده مخاطی آن دارای آنزیم لیزوزیم و موسین است. مزک‌های آن نیز در حرکت مؤثر هستند.
- ۳) ماکروفاژها: در درون حبابک‌ها عمل می‌کنند. ماکروفاژها علاوه بر حبابک‌ها، در بقیه بخش‌های بدن از جمله مجاری تنفسی هم وجود دارند و با ذره‌خواری یا فاکوسیتوز ذرات خارجی را از بین می‌برند. می‌توان گفت موقعیت قرار گرفتن ماکروفاژها در بافت‌ها به صورت زیر است.
  - + ماکروفاژهایی که در مجاری تنفسی وجود دارند مانند ماکروفاژهای موجود در بقیه لایه‌های مخاطی در درون بافت پوششی یا پیوندی واقع شده‌اند.
  - + ماکروفاژهایی که در حبابک‌ها وجود دارند در بیرون از بافت پوششی حبابک قرار دارند!

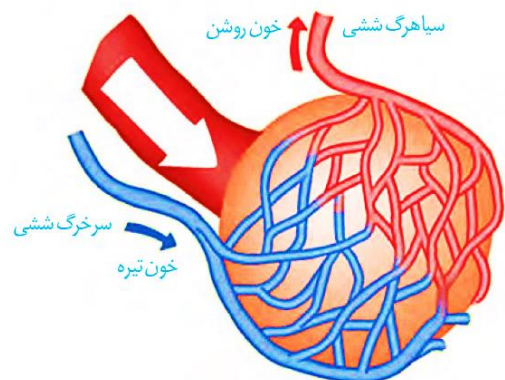
هنگام نفس کشیدن، حجم کیسه‌های حبابکی تغییر می‌کند. هنگام دم بهم آنها افزایش و هنگام بازدم کاهش می‌یابد. لایه نازکی از آب، سطح درونی حبابک



یعنی سطحی از حبابک را که در تماس با هواست پوشانده است؛ بنابراین هنگام دم، حبابک به علت وجود نیروی کشش سطحی آب، در برابر باز شدن مقاومت می‌کند. ماده‌ای لیپوپروتئینی به نام عامل سطح فعال (سورفاکتانت) که از بعضی یاخته‌های حبابک‌ها یا سلول‌های نوع دوم ترشح می‌شود، با کاهش نیروی کشش سطحی، باز شدن حبابک‌ها را هنگام دم آسان می‌کند (شکل ۹). از آنجا که این ماده در اواخر دوره جنینی تا پایان عمر در شش‌ها ساخته می‌شود، بنابراین در بعضی از نوزادانی که زود هنگام به دنیا آمده‌اند، عامل سطح فعال وجود داشته ولی به مقدار کافی ساخته نشده است و بنابراین به زحمت نفس می‌کشند (سندروم زجر تنفسی).

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

اطراف حبابک‌ها را مویرگ‌های خونی فراوان، احاطه کرده‌اند و به این ترتیب، امکان تبادل گازها بین هوا و خون فراهم شده است (شکل ۱۰).



این مویرگ‌ها چون تیره موجود در انشعابات سرخ‌رگ ششی که از بطن راست آمده است را دریافت می‌کنند. چون درون این مویرگ‌ها پس از تبادل گازها، روشن شده و سپاهرگ‌هایی را تشکیل می‌دهد که در نهایت به سپاهرگ‌های ششی می‌پیوندند. این سپاهرگ‌ها نیز چهار عدد بوده که همگی به هملیز پپ قلب متصل می‌شوند.

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



دیوارهٔ حبابک از دو نوع یاخته ساخته شده است:

۱) سلول‌های نوع اول، که سنگ‌فرشی و فراوان‌تر هستند. این سلول‌ها در تبادل گازهای تنفسی نقش دارند.

۲) سلول‌های نوع دوم، با ظاهری کاملاً متفاوت، یعنی غیر سنگ‌فرشی! به تعداد خیلی کمتر دیده می‌شود و ترشح عامل سطح فعال (سورفاکتانت) را بر

عهده دارد (شکل ۱۱). نکته مهم این‌که درشت‌خوارها را جزء یاخته‌های دیوارهٔ حبابک، طبقه‌بندی نمی‌کنند. اما در درون حبابک قرار دارند!

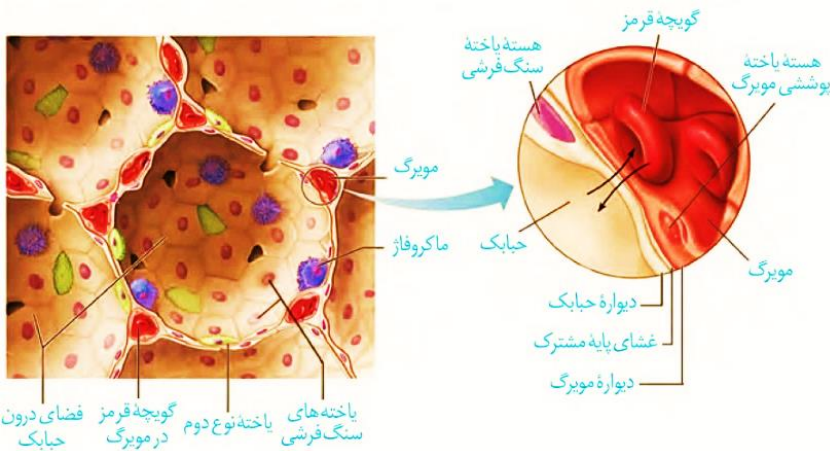
برای این‌که اکسیژن و کربن دی‌اکسید بین هوا و خون مبادله شوند، این مولکول‌ها باید از ضخامت دیوارهٔ حبابک‌ها و دیوارهٔ مویرگ‌ها عبور کنند. هر

دو دیواره، از بافت پوششی سنگ‌فرشی یک لایه ساخته شده‌اند که بسیار نازک است. در جاهای متعدد، (نه همه جا!) بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو فقط یک غشای پایهٔ مشترک دارند؛ در نتیجه مسافت انتشار گازها به حداقل ممکن رسیده است (شکل ۱۱).

نکته مهم: اگرچه لایه‌های سنگ‌فرشی نازک هستند ولی داشتن غشای پایه مشترک، مسافت انتشار گازها را به حداقل ممکن رسانده است نه ضخامت کم سلول‌های سنگ‌فرشی!

شکل ۱۱. ساختار حبابک‌ها

نکاتی در مورد ساختار حبابک‌ها



۱) تبادل گازها در محل حبابک‌ها بر اساس شیب غلظت است و از قوانین انتشار تبعیت می‌کند.

۲) گازها از دو لایه سلول سنگ‌فرشی یعنی چهار لایه غشای سلولی یا هشت لایه فسفولیپید به علاوه یک یا دو لایه غشای پایه عبور می‌کنند.

۳) برای ورود و خروج گازهای تنفسی از حبابک‌ها به گلبول‌های قرمز و برعکس، این گازها می‌بایست از پنج غشای سلولی یا ده لایه فسفولیپید عبور کنند!

۴) در دیواره حبابک فقط در بعضی از نقاط که مویرگ وجود دارد، غشای پایه مشترک مشاهده می‌شود. در بقیه نقاط هر لایه سلول سنگ‌فرشی یک غشای پایه دارد.

۵) مویرگ‌ها همواره در اطراف حبابک‌ها دیده می‌شوند و هیچ‌گاه به درون حبابک نفوذ نمی‌کنند! اما تعدادی از آنها به درون کیسه حبابکی نفوذ می‌کنند!

۶) هر مویرگ می‌تواند با یک، دو یا سه حبابک در تماس باشد. مویرگ‌هایی که فقط با یک حبابک در تماس هستند قطعاً در اطراف کیسه‌های حبابکی قرار دارند.

۷) مویرگ‌های موجود در شش‌ها دو نوع هستند:

+ مویرگ‌های بیرونی: فقط با یک حبابک در تماس هستند و هم در اطراف حبابک‌های منفرد دیده می‌شوند و هم در اطراف کیسه‌ای حبابکی!

+ مویرگ‌های درونی: با دو یا سه حبابک در تماس هستند و فقط در درون کیسه‌های حبابکی دیده می‌شوند.

۸) در یک کیسه حبابکی، اغلب حبابک‌ها به وسیله منافذی به هم راه دارند. به عبارت دیگر همه حبابک‌ها با نایزک‌های مبادله‌ای در تماس مستقیم نیستند!

## 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.

با توجه به این‌که بخش اندکی از این گازها به صورت محلول در خوناب جابه‌جا می‌شوند (حدود ۱۳٪ برای گاز اکسیژن و حدود ۷٪ برای گاز کربن دی‌اکسید)، بنابراین به سازوکارهای دیگری مانند استفاده از پروتئین هموگلوبین و آنزیم کربنیک‌انیدراز! برای حمل این مولکول‌ها در خون نیاز است.

سیتوپلاسم گویچهٔ قرمز سرشار از هموگلوبین است. شیب غلظت گازهای تنفسی تعیین می‌کند که چه مولکولی به هموگلوبین متصل یا از آن جدا شود. غلظت اکسیژن خونی که از قلب به شش‌ها می‌رود، کمتر از غلظت اکسیژن در هوای حبابک‌ها است؛ در نتیجه در شش‌ها 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 کربن دی‌اکسید به هموگلوبین و یا گسستن از آن نیز تابع غلظت کربن دی‌اکسید است. در بافت‌ها، کربن دی‌اکسید به هموگلوبین متصل و در شش‌ها از آن جدا می‌شود.

کربن مونوکسید، مولکول دیگری است که به هنگام سوختن ناقص زغال، نفت، گاز و ... در وسایل گرمایشی! می‌تواند تولید شده و 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 گازی سمی به شمار می‌رود. تنفس این گاز باعث مسمومیت می‌شود و به گاز گرفتگی شهرت دارد.

**بیشترین** مقدار حمل اکسیژن در خون به وسیله **هموگلوبین** انجام می‌شود (حدود ۹۷٪)؛ اما هموگلوبین در ارتباط با حمل کربن دی‌اکسید نقش **کمتری** دارد (حدود ۳٪).

**بیشترین** مقدار کربن دی‌اکسید به صورت **یون بیکربنات** در خون حمل می‌شود (حدود ۷۰٪). در سیتوپلاسم گویچه قرمز، آنزیمی به نام **کربنیک‌انیدراز** وجود دارد که کربن دی‌اکسید را با آب **ترکیب** می‌کند و **کربنیک‌اسید** پدید می‌آورد. کربنیک‌اسید به سرعت به یون **بیکربنات** و **هیدروژن** تجزیه می‌شود. یون بیکربنات از گویچه قرمز **خارج** و به خوناب وارد می‌شود. یون هیدروژن به هموگلوبین می‌پیوندد تا pH خون کاهش پیدا نکند و یون اسیدی نشود؛ بنابراین مولکول هموگلوبین در تنظیم pH خون هم نقش دارد. با رسیدن به شش‌ها، یون بیکربنات دوباره به درون گلبول قرمز **رفته** و با یون هیدروژن ترکیب شده و کربن دی‌اکسید از ترکیب یون بیکربنات **آزاد** می‌شود و از آنجا به هوا **انتشار** می‌یابد.

**نکاتی در مورد مولکول هموگلوبین**

۱) این پروتئین زمانی که گلبول قرمز در **مغز استخوان** ساخته می‌شود، در سیتوپلاسم آن انباشته شده است!

۲) هر گلبول قرمز درون سیتوپلاسم خود حدود ۵۰ میلیون نسخه از مولکول هموگلوبین را ذخیره می‌کند.

۳) هر مولکول هموگلوبین ظرفیت اتصال و جابه‌جایی **چهار** مولکول گاز اکسیژن را داراست.

۴) هر گلبول قرمز در هر لحظه می‌تواند در جابه‌جایی حدود یک میلیارد مولکول اکسیژن نقش داشته باشد!

۵) هر مولکول هموگلوبین از چهار زنجیره پلی‌پپتیدی از دو نوع آلفا و بتا ساخته شده است. هر زنجیره با یک بخش غیر پروتئینی به نام **گروه هم** در ارتباط است.

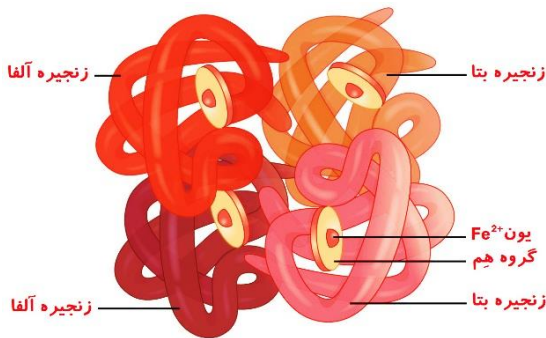
۶) در مرکز هر **گروه هم** یک **یون آهن** وجود دارد که یک مولکول اکسیژن (یا یک مولکول کربن مونواکسید) می‌تواند به آن متصل شود.

۷) در صورت تیره کامل پروتئین هموگلوبین فقط آمینواسید به وجود نمی‌آید! چون این پروتئین دارای گروه آلی دیگری به نام **گروه هم** است که در مرکز آن نیز آهن وجود دارد.

۸) **عمر** هر گلبول قرمز حدود ۱۲۰ روز است، بنابراین تعداد زیادی از گلبول‌های قرمز هر روز از بین می‌روند. از بین رفتن این گلبول‌ها به وسیله ماکروفاژهای موجود در **کبد** و **طحال** انجام می‌شود.

۹) زنجیره‌های پلی‌پپتیدی آلفا و بتای آنها پس از تجزیه به آمینواسید تبدیل می‌شوند. آهن آنها نیز در **کبد** ذخیره یا برای ساختن مجدد گلبول‌های قرمز به **مغز استخوان** منتقل می‌شود.

۱۰) **گروه‌های هم** موجود در آنها نیز به **بیلی‌روبین** و **بیلی‌وردین** تبدیل شده و همراه با صفرا از بدن دفع می‌شوند.



**نکاتی در مورد راه‌های انتقال گازها در خون**

۱) **گاز اکسیژن**: این گاز به **دو روش** در خون منتقل می‌شود:

+ **روش اول**) از طریق هموگلوبین: اتصال اکسیژن به مولکول هموگلوبین موجود در سیتوپلاسم گلبول قرمز، ۹۷٪ از اکسیژن با این روش منتقل می‌شود.

x مولکول اکسیژن به یون آهن **گروه هم** مولکول هموگلوبین متصل می‌شود. نکته جالب این‌که گاز کربن مونواکسید هم به **همان مکان** متصل شده و به **سستی** جدا می‌شود و بنابراین ظرفیت حمل اکسیژن در خون **کم** می‌شود. به همین دلیل این گاز سمی است و باعث **کازکرتگی** می‌شود.

+ **روش دوم**) به صورت محلول در پلاسما: فقط ۳٪ از اکسیژن با این روش منتقل می‌شود.

۲) **گاز کربن دی‌اکسید**: این گاز به **سه روش** در خون منتقل می‌شود:

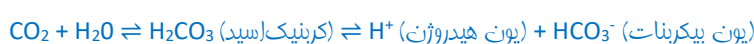
+ **روش اول**) از طریق هموگلوبین: اتصال کربن دی‌اکسید به مولکول هموگلوبین موجود در گلبول قرمز، ۲۳٪ از کربن دی‌اکسید با این روش منتقل می‌شود.

x مولکول کربن دی‌اکسید به یون آهن **گروه هم** هموگلوبین متصل نمی‌شود، بلکه به بخش آمینواسیدی یا گلوبین این مولکول متصل می‌شود!

+ **روش دوم**) به صورت محلول در پلاسما: فقط ۷٪ از کربن دی‌اکسید با این روش منتقل می‌شود.

+ **روش سوم**) به صورت یون بیکربنات: حدود ۷۰٪ از کربن دی‌اکسید با این روش منتقل می‌شود.

x در این روش آنزیمی به نام **کربنیک‌انیدراز** که در سیتوپلاسم گلبول قرمز وجود دارد، وارد عمل می‌شود. این آنزیم با ترکیب نمودن گاز کربن دی‌اکسید و آب اسید ضعیفی به نام کربنیک‌اسید می‌سازد. این اسید تجزیه شده و به یون‌های **بیکربنات** و **هیدروژن** تبدیل می‌شود.



x یون هیدروژن به هموگلوبین **متصل** شده تا pH خون تغییر نکند. یون بیکربنات از گلبول قرمز **خارج** و در پلاسما به صورت محلول جابه‌جا می‌شود. با رسیدن به شش‌ها، واکنش **عکس** انجام و گاز کربن دی‌اکسید آزاد می‌شود.

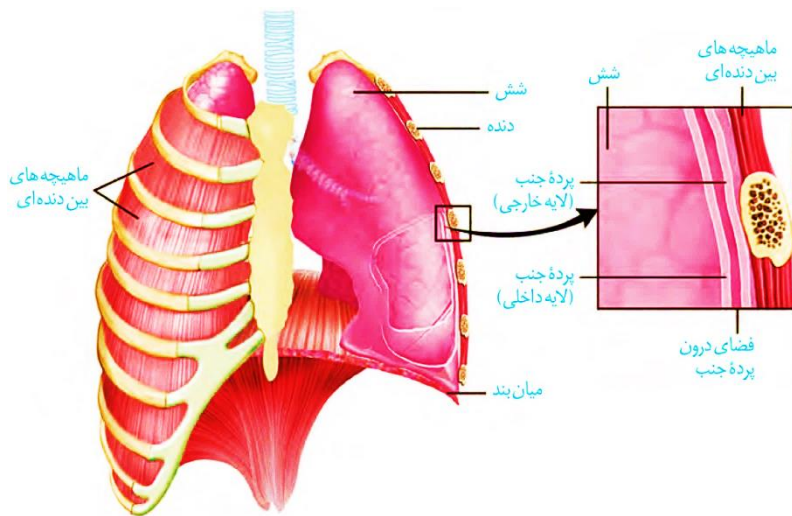
x نکته **جالب**: گلبول‌های قرمز برای جابه‌جایی گاز کربن دی‌اکسید همانند اکسیژن **بیشترین** نقش را دارند!

- زیرا هموگلوبین موجود در گلبول‌های قرمز در انتقال حدود ۲۳٪ و کربنیک‌انیدراز موجود در این سلول‌ها هم در انتقال حدود ۷۰٪ دیگر نقش دارند! به عبارت دیگر گلبول‌های قرمز در جابه‌جا شدن مستقیم یا غیر مستقیم حدود ۹۳٪ از کربن دی‌اکسید موجود در خون نقش دارند.

تهویه 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 قفسه سینه و روی پرده ماهیچه‌ای میان‌بند یا دیافراگم (ماهیچه منط یا اسکلتی، ارادی - غیرارادی!) قرار دارند. شش چپ به علت مجاورت با قلب، از شش راست قدری کوچک‌تر است. بیشتر حجم شش‌ها را کیسه‌های حبابی به خود اختصاص داده‌اند و ساختاری اسفنج‌گونه را به شش می‌دهند. مویرگ‌های خونی فراوان، که اطراف و درون کیسه‌های حبابی ولی فقط اطراف حباب‌ها را همچون تار عنکبوت احاطه کرده، دیگر بخش فراوان در شش‌ها است. بنابراین شش را می‌توان عمدتاً مجموعه‌ای از نایژه‌ها، نایژک‌ها، کیسه‌های حبابی و رگ‌ها شامل رگ‌های لنفی، سرخرگ‌هایی با تون تیره، سیاهرگ‌هایی با تون روشن! و مویرگ‌ها دانست که از بیرون نوعی بافت پیوندی به صورت پرده‌ای دولایه آن را احاطه می‌کند.



هر یک از شش‌ها را پرده‌ای دولایه از جنس بافت پیوندی

متراکم به نام پرده جنب فرا گرفته است (شکل ۱۲). به عبارت دیگر شش راست و چپ هر کدام به وسیله پرده‌های مستقل جنب احاطه شده‌اند! یکی از لایه‌های این پرده، به سطح بیرونی شش چسبیده و لایه دیگر به سطح درونی قفسه سینه متصل است. درون پرده جنب، فضای اندکی وجود دارد که از مایعی به نام مایع جنب، پر شده است. فشار این مایع از فشار جو کمتر است و باعث می‌شود شش‌ها در حالت بازدم، کاملاً جمع نشوند، در صورتی که قسمتی از قفسه سینه سوراخ شود، هر یک از شش‌ها به طور مستقل جمع می‌شوند.

شکل ۱۲ - شش‌ها و قفسه سینه

نکاتی در مورد شش‌ها و قفسه سینه

- ۱) نکته چالشی: فقط بخش پایینی نای در پشت بخش فوقانی جناغ قرار می‌گیرد!
- ۲) ماهیچه دیافراگم به صورت گنبدی شکل و منط دیده می‌شود که بخش سمت راست آن کمی بالاتر از بخش سمت چپ آن قرار گرفته است.
- ۳) جناغ سینه یک استخوان سه تکه و منبر مانند است که در بخش فوقانی کرد و در بخش پایین خود دارای یک بخش نوک تیز است.
- ۴) دنده‌ها ۱۲ جفت بوده و کمابیش به بخش فوقانی، میانی و پایینی استخوان جناغ متصل هستند.
  - + هفت جفت دنده کامل که هر کدام دارای غضروف مستقل هستند.
  - + سه جفت دنده کاذب که همه با یک غضروف به غضروف دنده هفتم و در نهایت استخوان جناغ وصل می‌شوند.
  - + دو جفت دنده آزاد که در این شکل نشان داده نشده‌اند و فاقد غضروف اتصال دهنده به جناغ هستند. این دنده‌ها از اندام‌های بخش عقبی منوطه شکم مانند طحال، کلیه‌ها و کبد محافظت می‌کنند.
- ۵) هر دنده دارای بافت استخوانی متراکم در اطراف و بافت استخوانی اسفنجی حاوی مغز قرمز در وسط خود است. شش‌ها دو ویژگی مهم دارند: یکی پیروی از حرکات قفسه سینه و دیگری ویژگی کشسانی آنها. به هنگام دم، هنگامی که حجم قفسه سینه بر اثر انقباض ماهیچه دیافراگم و بین دنده‌ای خارجی افزایش می‌یابد، شش‌ها باز 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 اولیه خود بازگردند. ویژگی کشسانی شش‌ها در بازدم نقش مهمی دارد.

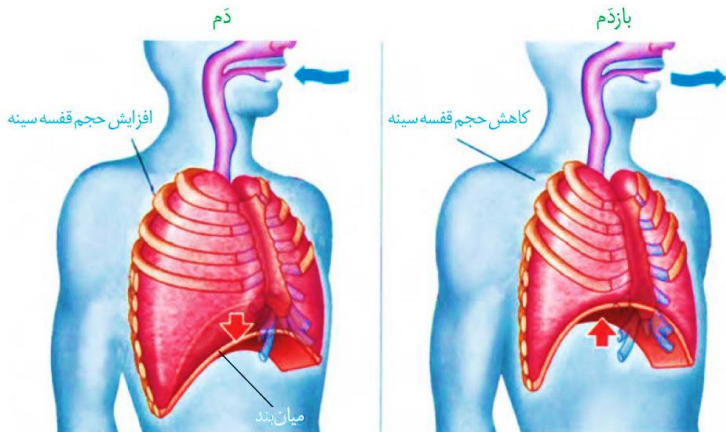
نکاتی در مورد پرده جنب و ویژگی کشسانی شش‌ها

- ۱) پرده جنب: در اطراف هر یک از شش‌ها پرده‌ای دولایه از جنس بافت پیوندی متراکم به نام پرده جنب وجود دارد. لایه بیرونی پرده جنب به سطح درونی قفسه سینه و لایه درونی آن به سطح بیرونی شش چسبیده است.
- ۲) در فضای مابین دو لایه پرده جنب، مایع جنب با فشار کمتر از فشار جو وجود دارد.



۱۳) منشأ این مایع از **پلاسمای خون** است. بنابراین می‌توان گفت این مایع نوعی مایع بین سلولی است!  
 ۱۴) این مایع به وسیله مویرک‌های واقع در این پرده **تراوش** و جمع‌آوری می‌شود. میزان فرووی از ورودی **بیشتر** است.  
 ۱۵) به دلیل تفاوت در میزان فرووی و ورودی مایع جنب نوعی مکش یا فشار **منفی** در این فضا ایجاد می‌شود.  
 ۱۶) این مکش باعث می‌شود که لایه درونی پرده جنب به همراه شش متصل به آن به سمت قفسه سینه حرکت کند.  
 ۱۷) این امر در نهایت باعث می‌شود، حتی در هنگام بازدم عمیق هم شش جمع نشده و همواره **باز** یا **نیمه‌باز** باقی بماند.  
**ویژگی کشسانی شش‌ها:** این ویژگی به خاطر وجود بافت پیوندی دارای رشته‌های **کشسان** فراوان در اطراف جابک‌ها شکل گرفته است.

۱) این ویژگی سبب می‌شود شش‌ها و پرده جنب درونی تمایل داشته باشند از قفسه سینه پرده جنب بیرونی **دورتر** شوند.  
 ۲) این رشته‌های کشسان باعث می‌شوند تا جابک‌ها همانند یک بادکنک پر از باد تمایل به **فالی شدن** داشته باشند.  
 ۳) در هنگام بازدم معمولی، این ویژگی کشسانی شش‌ها باعث **فروخ** هوای بازدمی یا همان هوای جاری از شش‌ها می‌شود.

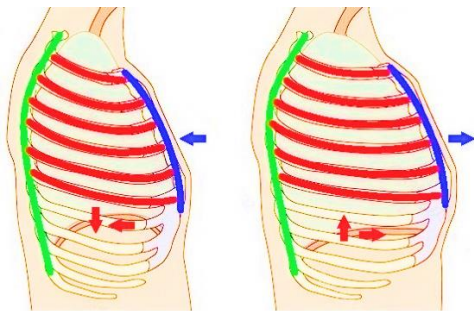


**عمل دم:** دم، فرایندی است که در نتیجه **افزایش** حجم قفسه سینه و کاهش فشار هوای درون آن رخ می‌دهد. در این رویداد، **دو عامل** دخالت دارد. **اول**، ماهیچه اسکلتی **میان‌بند** (دیافراگم) که در حالت استراحت، **گنبدی شکل** است، اما وقتی منقبض می‌شود، به حالت **مسطح** در می‌آید. **دوم**، انقباض ماهیچه‌های اسکلتی **بین دنده‌های خارجی** که **دنده‌ها** را به سمت **بالا** و **جلو** جابه‌جا می‌کند و **جناغ** را به **جلو** می‌راند (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- افزایش و کاهش حجم قفسه سینه در دم و بازدم عادی

در تنفس آرام و طبیعی، میان‌بند **نقش اصلی** را بر عهده دارد. در **دم عمیق**، انقباض ماهیچه‌های اسکلتی ناحیه **گردن** نیز، به **افزایش** حجم قفسه سینه و کاهش فشار درون آن کمک می‌کند.

**عمل بازدم:** با به **استراحت** در آمدن ماهیچه **میان‌بند** و ماهیچه‌های **بین دنده‌های خارجی**، و بر اثر ویژگی **کشسانی شش‌ها**، حجم قفسه سینه و در نتیجه، حجم شش‌ها **کاهش** و فشار هوای درون آنها **افزایش** می‌یابد و هوای درون آنها به بیرون **رانده** می‌شود. در **بازدم عمیق**، انقباض ماهیچه‌های اسکلتی **بین دنده‌های داخلی** و نیز ماهیچه‌های اسکلتی **شکمی**، به **کاهش** حجم قفسه سینه کمک می‌کند.



با توجه به شکل روبه‌رو اگر فرض کنیم ستون مهره‌ها و جناغ سینه دو ضلع بزرگ یک **متوازی‌الاضلاع** و دنده‌های شماره یک و شماره شش هم اضلاع کوچک این متوازی‌الاضلاع باشند، در هنگام دم این متوازی‌الاضلاع به سمت **مستطیل** تغییر شکل می‌یابد. در حالی‌که به هنگام بازدم این متوازی‌الاضلاع **باریک‌تر** شده و بجم قفسه سینه کم‌تر می‌شود.

**نکاتی در مورد تهیه ششی یا عمل دم و بازدم**

**عمل دم:** در این عمل قفسه سینه **بزرگ** می‌شود و اتفاقات زیر به ترتیب رخ می‌دهند:

۱) ابتدا ماهیچه **دیافراگم** از حالت گنبدی به حالت مسطح در می‌آید.  
 + این ماهیچه در تنفس آرام و طبیعی بیشترین نقش را دارد!

۲) **همزمان** با انقباض دیافراگم، ماهیچه‌های **بین دنده‌های خارجی** نیز به حالت انقباض در می‌آیند.

+ در ضمن انقباض ماهیچه‌های **بین دنده‌های خارجی** دو اتفاق زیر می‌افتد:

x دنده‌ها به سمت **بالا** و **جلو** جابه‌جا می‌شوند.

x جناغ سینه به سمت **جلو** رانده می‌شود.

۳) در عمل دم این اتفاقات به **ترتیب** رخ می‌دهند:

+ ارسال پیام عصبی انقباض از بصل‌النوع به ماهیچه‌های دمی → انقباض ماهیچه‌های **بین دنده‌های خارجی** → افزایش بجم قفسه سینه → دور شدن لایه بیرونی جنب از لایه درونی آن → افزایش فاصله دو لایه پرده جنب → کاهش شدید فشار مایع جنب → حرکت لایه درونی جنب و شش‌ها به سمت لایه بیرونی جنب → باز شدن بیشتر جابک‌ها → کاهش فشار هوای درون جابک‌ها → کشیده شدن هوا به درون شش‌ها

۴) در **دم عمیق** نیز مورد زیر به کمک عوامل فوق آمده تا بجم قفسه سینه **بیشتر** شود:

+ انقباض ماهیچه‌های اسکلتی ناحیه **گردن**. این عمل باعث بالا کشیدن بیشتر دنده‌ها و در نتیجه افزایش بیشتر بجم قفسه سینه می‌شود.

عمل بازدم: در این عمل قفسه سینه کوچک می‌شود و اتفاقات زیر به ترتیب رخ می‌دهند:

(۱) به استراحت در آمدن ماهیچه‌های دیافراگم و بین دنده‌ای خارجی

(۲) خاصیت کشسانی شش‌ها باعث جمع شدن آنها می‌شود.

(۳) در عمل بازدم این اتفاقات به ترتیب رخ می‌دهند:

+ استراحت ماهیچه‌های دمی = کاهش حجم قفسه سینه به دلیل وزن قفسه سینه = جمع شدن شش‌ها به خاطر خاصیت کشسانی آنها = دور شدن لایه

درونی جنب از لایه بیرونی آن = افزایش فاصله دو لایه پرده جنب = حرکت لایه بیرونی جنب و قفسه سینه به سمت لایه درونی جنب = افزایش فشار

مايع جنب = کوچک‌تر شدن بیشتر ماباک‌ها = افزایش فشار هوای درون ماباک‌ها = خارج شدن هوا از شش‌ها

(۴) در بازدم عمیق نیز موارد زیر به کمک عوامل فوق آمده تا حجم قفسه سینه کمتر شود:

+ انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای داخلی

x دنده‌ها به سمت پایین و عقب جابه‌جا می‌شوند.

x جناغ سینه به سمت عقب رانده می‌شود.

+ انقباض ماهیچه‌های شکمی. این عمل باعث پایین کشیدن بیشتر دنده‌ها و در نتیجه کاهش بیشتر حجم قفسه سینه می‌شود.

## فعالیت

### تشریح شش گوسفند

**۱- ویژگی ظاهری:** شش به علت دارا بودن کیسه‌های حبابی فراوان، حالتی اسفنج گونه دارد. شش راست از شش چپ بزرگ‌تر است. شش راست از سه قسمت یا لپ (لوب) و شش چپ از دو قسمت تشکیل شده است. بزرگ‌ترین لوب در شش چپ و کوچک‌ترین لوب در شش راست قرار دارند.

**۲- 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 در پشت 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 دهانه 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.

**۳- بررسی ویژگی کشسانی شش‌ها:** با یک تلمبه از نای به درون شش‌ها بدمید و قابلیت کشسانی شش‌ها را مشاهده کنید. در طول، برش دهید تا به نزدیکی شش‌ها برسید. با توجه به این که شش‌ها در بیرون از بدن هم خاصیت کشسانی دارند بنابراین می‌توان گفت این ویژگی به پرده جنب ربطی ندارد!

**۴- بررسی ساختارهای درونی:** نای را از قسمت نرم آن (دهانه حرف C) در طول، برش دهید تا به نزدیکی شش‌ها برسید. در نای گوسفند، بر خلاف انسان قبل از دو نایزه اصلی، یک انشعاب سوم هم مشاهده می‌شود که به شش راست می‌رود. مدخل این انشعاب و سپس نایزه‌های اصلی را مشاهده کنید. مدخل آن در نای و قبل از مدخل نایزه‌های اصلی قرار گرفته است (شکل مقابل). بنابراین نای انسان به دو انشعاب ولی نای گوسفند به سه انشعاب تقسیم می‌شود!

برش طولی نای را از مدخل نایزه اصلی ادامه دهید. دقت کنید که بریدن نایزه اصلی به سادگی نای نیست و این به علت ساختار غضروف‌های نایزه است که در ابتدا به صورت حلقه کامل و بعد به صورت قطعه‌قطعه است. در طول نایزه، مدخل‌های نایزه‌های بعدی قابل مشاهده است.

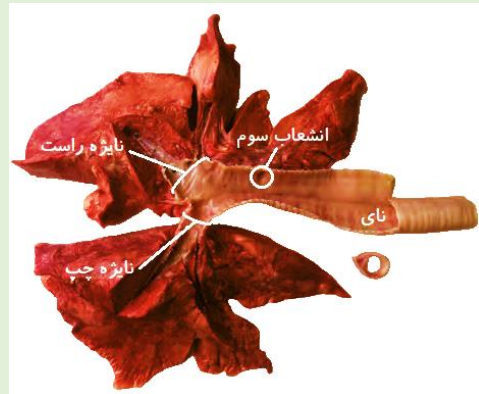
اگر تکه‌ای از شش را ببرید، در مقطع آن سوراخ‌هایی را مشاهده می‌کنید که به سه گروه قابل تقسیم‌اند. نایزه‌ها، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها.

(۱) نایزه‌ها: لبه نایزه‌ها به علت دارا بودن غضروف، زبر است و به این ترتیب از رگ‌ها قابل تشخیص است.

(۲) سرخرگ‌ها: سرخرگ‌ها دیواره محکم‌تری نسبت به سیاهرگ‌ها دارند و به همین علت، برخلاف سیاهرگ‌ها دهانه آنها حتی در نبود خون هم باز است.

(۳) سیاهرگ‌ها: دهانه سیاهرگ‌ها در نبود خون بسته است. بنابراین می‌توان گفت دهانه سیاهرگ‌ها هواره بسته نیست!

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



## 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 دم‌سنج (اسپیرومتر) اندازه می‌گیرند. نموداری که دستگاه دم‌سنج از دم و بازدم‌های فرد رسم می‌کند، دم‌نگاره (اسپیروگرام) نامیده می‌شود (شکل ۱۴). تحلیل دم‌نگاره در تشخیص درست بیماری‌های ششی کاربرد دارد.

**بیم‌های تنفسی:** این بیم‌ها عبارتند از: بیم هوای جاری، بیم ذخیره دم، بیم ذخیره بازدمی، بیم هوای باقی‌مانده و بیم هوای مرده

**بیم هوای جاری:** به مقدار هوایی که در یک دم عادی وارد یا در یک بازدم عادی خارج می‌شود **حجم جاری** می‌گویند. حجم جاری حدود **۵۰۰ میلی‌لیتر** است و به طور **مستقیم** با دستگاه اسپرومتر اندازه‌گیری می‌شود. از حاصل ضرب حجم جاری در تعداد تنفس در دقیقه، **حجم تنفسی در دقیقه** به دست می‌آید. مثال: اگر شخصی در دقیقه ۲۰ بار عمل دم و بازدم انجام دهد، حجم تنفسی او را محاسبه کنید.  $۱۰۰۰۰ \text{ میلی‌لیتر یا } ۱۰ \text{ لیتر} \times ۲۰ = ۲۰۰۰۰$  اما می‌دانیم که با دم یا بازدم عمیق می‌توانیم مقدار **بیشتری** هوا را به شش‌ها وارد یا از آنها خارج کنیم.

**بیم ذخیره دم:** **حجم ذخیره دم**، به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک دم معمولی، با یک دم عمیق به شش‌ها وارد کرد. مقدار این بیم حدود **۱۳۰۰ میلی‌لیتر** است و به طور **غیر مستقیم** با دستگاه اسپرومتر اندازه‌گیری می‌شود. پس از یک دم عمیق **۶۰۰ میلی‌لیتر** هوا در درون شش‌ها وجود دارد (یعنی برابر با کل ظرفیت تام یعنی هوای باقیمانده + هوای ذخیره بازدمی + هوای جاری + هوای ذخیره دم)!

**بیم ذخیره بازدمی:** **حجم ذخیره بازدمی**، به مقدار هوایی گفته می‌شود که می‌توان پس از یک بازدم معمولی با یک بازدم عمیق از شش‌ها خارج کرد. مقدار این بیم حدود **۱۳۰۰ میلی‌لیتر** است و به طور **غیر مستقیم** با دستگاه اسپرومتر اندازه‌گیری می‌شود.

**بیم باقی‌مانده:** حتی بعد از یک بازدم عمیق، مقداری هوا در شش‌ها باقی می‌ماند و به دلیل فشار منفی یا مکش موجود در مایع جنب نمی‌توان آن را خارج کرد. این مقدار را **حجم باقی‌مانده** می‌نامند. مقدار این بیم حدود **۱۱۰۰ میلی‌لیتر** است و به طور **غیر مستقیم** با دستگاه اسپرومتر اندازه‌گیری می‌شود. اگر پرده جنب دچار **برافت** شود شش‌ها به دلیل خاصیت کشسانی خود جمع شده و این هوا هم از شش‌ها خارج می‌شود! حجم باقی‌مانده، به دو دلیل **اهمیت زیادی** دارد؛ دلیل اول چون باعث می‌شود حبابک‌ها همیشه باز بمانند؛ دلیل دوم همچنین **تبادل گازها** را در فاصله بین دو تنفس یعنی در پایان بازدم! ممکن می‌کند.

**بیم هوای مرده:** باید توجه کرد که بخشی از هوای **دمی** در **بخش هادی** دستگاه تنفس می‌ماند و به بخش مبادله‌ای نمی‌رسد. به این هوا که در حدود **۱۵۰ میلی‌لیتر** است، **هوای مرده** می‌گویند.

**نکاتی در مورد بیم هوای مرده**

۱) این بیم جزء هوای **جاری** است و به وسیله دستگاه اسپرومتر اندازه‌گیری نمی‌شود. بنابراین در اسپروگرام هم مشاهده نمی‌شود!

۲) این هوا بخشی از هوای جاری است که در مجاری تنفسی **مانده** و به بخش مبادله‌ای نمی‌رسد. بنابراین مقدار آن با بیم مجاری هادی رابطه **مستقیم** دارد.

۳) این بیم **آفرین** هوایی است که در یک دم معمولی یا عمیق وارد دستگاه تنفس شده و به هنگام بازدم نیز **اولین** هوایی است که خارج می‌شود.

۴) این بیم در یک دامنه زمانی برای یک فرد همواره **مقدار ثابتی** است و تغییر نمی‌کند.

مقدار حجم‌ها در فرد سالم، به **سن** و **جنسیت** او بستگی دارد.

## ظرفیت‌های تنفسی

ظرفیت تنفسی، مجموع دو یا چند **حجم تنفسی** است. ظرفیت‌های تنفسی عبارتند از: ظرفیت **حیاتی** و ظرفیت **تام**

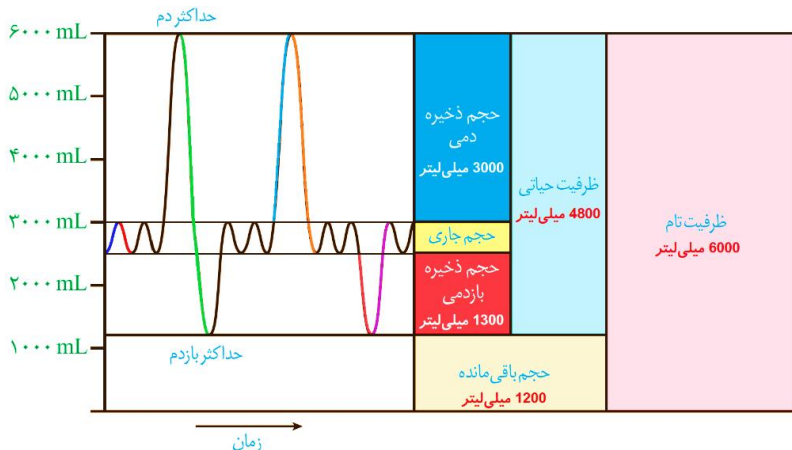
ظرفیت‌های تنفسی را به طور **غیر مستقیم** با دستگاه اسپرومتر اندازه‌گیری می‌کنند.

**ظرفیت حیاتی:** **ظرفیت حیاتی** مقدار هوایی است که پس از یک دم عمیق و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش‌ها خارج کرد و برابر با مجموع حجم‌های جاری، ذخیره دم و ذخیره بازدمی است. مقدار این بیم حدود **۱۴۸۰ میلی‌لیتر** است.

**ظرفیت تام:** **ظرفیت تام**، حداکثر مقدار هوایی است که شش‌ها می‌توانند در خود جای دهند و برابر است با مجموع ظرفیت حیاتی و حجم باقی‌مانده. مقدار این بیم حدود **۶۰۰۰ میلی‌لیتر** است. همان‌طور که قبلاً گفته شد، پس از یک دم عمیق **۶۰۰ میلی‌لیتر** هوا در درون شش‌ها وجود دارد!

شکل ۱۴. دم‌سنج و دم‌نگاره

به هنگام کار کردن با این دستگاه تماماً می‌بایست بینی **بسته** باشد و دم و بازدم فقط از طریق دهان انجام می‌شود.



در منحنی اسپروگرام بالا ده بار عمل دم و نه بار عمل بازدم انجام شده است. دو بار دم عمیق و دو بار هم بازدم عمیق انجام شده است.

در این منحنی، بخش‌های نارنجی و ارغوانی به ترتیب دم و بازدم معمولی هستند نه دم و بازدم عمیق!

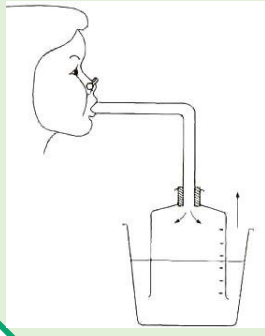
نکته جالب: همواره بیم دم و بازدم معمولی، **۵۰۰ میلی‌لیتر** نیست.

۱۸۰۰ سی‌سی < دم معمولی < ۵۰۰ سی‌سی

۱۲۵۰ سی‌سی < بازدم معمولی < ۵۰۰ سی‌سی



ظرفیت شش‌های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می‌توانید گنجایش شش‌های خود و هم کلاسی‌هایتان



- را اندازه بگیرید. گنجایش ظرف وارونه، حداقل باید پنج لیتر باشد. در ابتدا، ظرف را 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.
- آیا عددی که در اینجا نشان داده می‌شود، ظرفیت واقعی شش‌های شماست؟ نه، دلیل بیاورید. زیرا همیشه مقداری هوا در شش‌ها باقی می‌ماند.
  - چگونه می‌توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه بگیرید؟ درون لوله فوت می‌کنیم، مقدار هوای خارج شده معادل بازدم است. از آنجا که مقدار دم و بازدم در هوای جاری مساوی است، بنابراین عدد به دست آمده همان هوای دمی را هم نشان می‌دهد.

## سایر اعمال دستگاه تنفس

**تکلم:** حنجره محل قرارگیری پرده‌های صوتی است. این پرده‌ها حاصل چین‌خوردگی مخاط به سمت داخل اند. به عبارت دیگر در ساقتمان آنها فقط بافت پوششی یا مخاط به کار رفته است! پرده‌های صوتی با استفاده از هوای بازدمی! صدا را تولید می‌کنند. شکل دهی به صدا و واژه‌سازی! به وسیله بخشی‌هایی مانند لب‌ها و دهان و تنی دندان‌ها! صورت می‌گیرد.

**سرفه و عطسه:** چنانچه ذرات خارجی یا گازهایی که ممکن است مضر یا نامطلوب باشند به مجاری تنفسی (فقط!) وارد شوند، باعث واکنش سرفه یا عطسه به وسیله بصل‌النخاع می‌شود؛ در این حالت هوای بازدمی با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی و دهان (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می‌شود (شکل ۱۵). در افرادی که دخانیات مصرف می‌کنند، به علت از بین رفتن یاخته‌های مژک‌دار مخاط تنفسی، سرفه راه مؤثرتری برای بیرون راندن مواد خارجی است و به همین علت این گونه افراد به سرفه‌های مکرر مبتلا هستند.

- + در سرفه فقط می‌تواند مواد خارجی را از نایزک‌های مبادله‌ای، نایزک‌های انتهایی، نایزک‌ها، نایزک‌ها، نایزک‌های اصلی، نای و تنی تعلق! خارج نماید.
- + در فرایند عطسه می‌تواند ذرات خارجی را علاوه بر مجاری فوق از فتره بینی هم به بیرون هدایت کند!

وضعیت زبان، زبان کوچک و اپی‌گلوت به هنگام سرفه، عطسه، بلع و استفراغ

وضعیت	زبان	زبان کوچک	اپی‌گلوت
سرفه	پایین - پسیبده به کف دهان	بالا	بالا
عطسه	پایین - پسیبده به کف دهان	پایین	بالا
بلع	بالا - پسیبده به سقف دهان	بالا	پایین
استفراغ	پایین - پسیبده به کف دهان	بالا	پایین



شکل ۱۵- عطسه یکی از سازوکارهای بیرون راندن مواد خارجی است.

## تنظیم تنفس

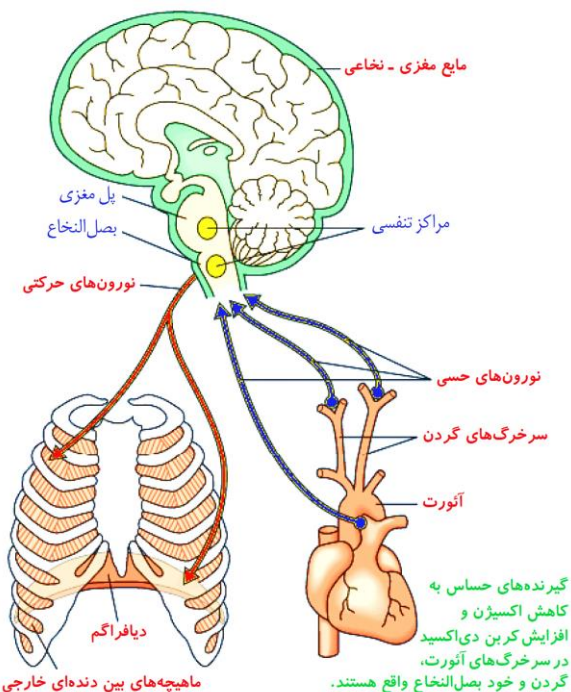
دم، با انقباض میان‌بند و ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی آغاز می‌شود.

انقباض این ماهیچه‌ها با دستوری به صورت پیام حرکتی به وسیله اعصاب پیکری انجام می‌شود که از طرف مرکز تنفس در بصل‌النخاع صادر شده است (شکل ۱۶). با پایان یافتن دم، بازدم بدون نیاز به پیام عصبی، با بازگشت ماهیچه‌ها به حالت استراحت و نیز ویژگی کشسانی شش‌ها انجام می‌شود.

تنفس، مرکز دیگری هم دارد که در پل مغز، واقع است و به وسیله نورون‌های رابط با اثر بر مرکز اصلی تنفس در بصل‌النخاع، دم را خاتمه می‌دهد. در واقع مرکز تنفس در پل مغز با دریافت پیام حسی از شش‌ها می‌تواند مدت زمان دم را تنظیم کند.

افزایش کربن دی‌اکسید و کاهش اکسیژن خون به طور مستقیم یا غیر مستقیم نیز از عوامل مؤثر در تنظیم تنفس اند.

- + این دو فرایند نیز بر بصل‌النخاع اثر گذاشته و باعث تنظیم تنفس می‌شوند.



شکل ۱۶- مراکز عصبی تنفس: مرکز اصلی تنفس در بصل‌النخاع واقع شده است.

همان‌طور که در فصل قبل هم ذکر شد، انجام فعالیت‌های کوارشی و تنفسی با هم هماهنگ هستند. مثلاً هنگام بلع و عبور غذا از حلق، مرکز بلع در بصل‌النخاع، فعالیت مرکز اصلی تنفس واقع در بصل‌النخاع را که در نزدیک آن قرار دارد، مهار می‌کند، در نتیجه، نای به وسیله اپی‌گلوت بسته و تنفس برای زمانی کوتاه، متوقف می‌شود. بنابراین می‌توان گفت تنفس دارای دو مرکز است:

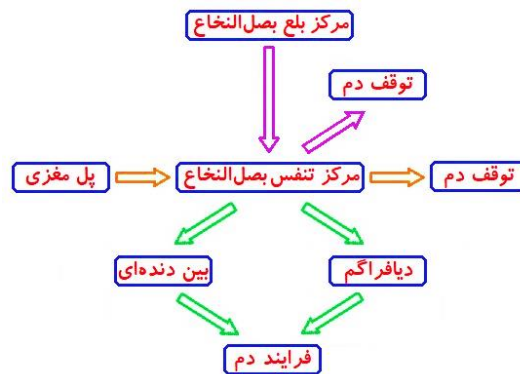
۱) مرکز تنفس در بصل‌النخاع: یکی از این مراکز که در بصل‌النخاع واقع شده و مرکز اصلی تنفس است، دو کار انجام می‌دهد:

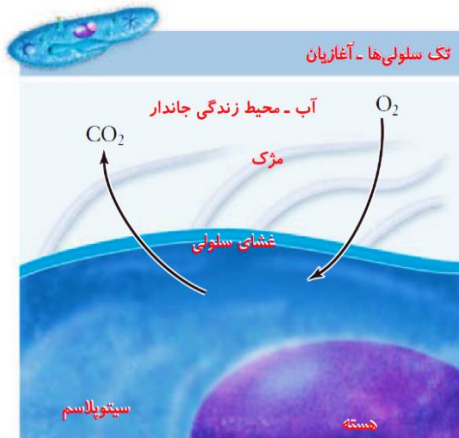
- + این مرکز با ارسال پیام‌های حرکتی به ماهیچه دیافراگم و بین دنده‌ای خارجی سبب انجام فرایند دم می‌شود (مسیر سبز).
- + همچنین این مرکز با دستور گرفتن از مرکز بلع واقع در بصل‌النخاع باعث توقف تنفس در زمان بلع می‌شود (مسیر ارغوانی).

۲) مرکز تنفس در پل مغزی: مرکز دیگر تنفس در پل مغزی واقع شده است. این مرکز هم دو کار انجام می‌دهد:

- + ابتدا تحت تأثیر پیام‌های حسی آمده از ماهیچه‌های صاف دیواره نایژه‌ها و نایژک‌ها قرار گرفته و متوجه پر شدن شش‌ها می‌شود.
- + سپس به وسیله نورون‌های رابط با تأثیر بر روی بصل‌النخاع دم را متوقف و بنابراین مدت زمان دم را مشخص می‌کند (مسیر قهوه‌ای).

۳) عمل دم هم در شروع و هم در پایان نیاز به پیام عصبی دارد اما عمل بازدم بدون نیاز به پیام عصبی و بر اثر استراحت ماهیچه‌های دمی و فاصیبت کشسانی شش‌ها اتفاق می‌افتد.





در تک‌یاخته‌ای‌ها (شکل ۱۷) و جانورانی مانند هیدر که همهٔ یاخته‌های بدن می‌توانند از طریق انتشار با محیط تبادلات گازی داشته باشند، ساختار ویژه‌ای برای تنفس وجود ندارد؛ اما در سایر جانوران، ساختارهای تنفسی ویژه‌ای مشاهده می‌شود که این ساختارها ارتباط یاخته‌های بدن را با محیط فراهم می‌کنند. در این جانوران، چهار روش اصلی برای تنفس مشاهده می‌شود که عبارتند از تنفس ناپیدیسی، تنفس پوستی، تنفس آبششی و تنفس ششی.

شکل ۱۷. تنفس از طریق انتشار در تک‌یاخته‌ای‌ها (پارامسی)

روش‌های تبادلات گازی در جانداران: جانداران دو نوع روش برای تبادلات گازی دارند: جاندارانی بدون ساختار ویژه تنفسی و جاندارانی دارای ساختار ویژه تنفسی

(۱) جاندارانی بدون ساختار ویژه تنفسی: در آغازیان جانور مانند از قبیل پارامسی که همگی تک سلولی هستند و جانوران ابتدایی نظیر اسفنج‌ها، مرجان‌ها (مانند هیدر)، کرم‌های پهن (مانند کرم کدو، پلاناریا و ...) هیچ گونه ساختار تنفسی ویژه به وجود نیامده است. در این جانداران سلول یا سلول‌های بدن به طور مستقیم یا غیر مستقیم با محیط بیرون در تماس بوده و تبادلات گازی از طریق انتشار ساده انجام می‌شود. بدیهی است این جانداران هم مانند بقیه جانداران برای تبادلات گازی به مایعی برای انتقال گازهای تنفسی نیاز دارند.

+ نکته مهم: در برخی از کرم‌های پهن مانند کرم تنفس بلدی مشاهده می‌شود که با تنفس پوستی متفاوت است؛ در این جانوران پوست وجود ندارد! و سلول‌های لایه بیرونی، گازهای تنفسی را با انتشار مبادله می‌کنند. بدن پهن این امکان را در اختیار آنها گذاشته است تا سلول‌های درونی‌تر هم بتوانند تبادلات گازی را انجام دهند.

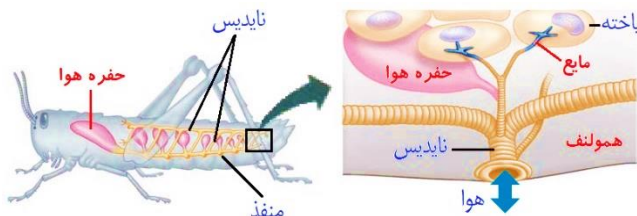
+ همان‌طور که می‌دانیم در مرجان‌ها مانند عروس دریایی و هیدر و کرم پهن پلاناریا، صفره گوارشی در تبادل گازها نیز نقش دارد. در فصل بعد می‌توانیم که در این جانوران صفره گوارشی در انتقال مواد هم نقش دارد. به عبارت دیگر صفره گوارشی کار سه دستگاه گوارش، تنفس و گردش مواد را انجام می‌دهد!

(۲) جانورانی دارای ساختار ویژه تنفسی: در بقیه جانوران ساختار ویژه تنفسی به وجود آمده است. این ساختارها عبارتند از (۱) تنفس ناپیدیسی، (۲) تنفس پوستی، (۳) تنفس آبششی و (۴) تنفس ششی

## تنفس ناپیدیسی

ناپیدیسی‌ها، لوله‌های منشعب و مرتبط به هم هستند که از طریق منافذ تنفسی به خارج راه دارند (شکل ۱۸). منافذ تنفسی در ابتدای ناپیدیسی قرار دارند. ناپیدیسی به انشعابات کوچک‌تری تقسیم می‌شود.

انشعابات پایانی، که در کنار همهٔ یاخته‌های بدن قرار می‌گیرند، بن‌بست بوده و دارای مایعی است که تبادلات گازی را ممکن می‌کند؛ حشرات چنین تنفسی دارند. در این جانوران دستگاه گردش مواد، نقشی در انتقال گازهای تنفسی ندارد.



شکل ۱۸. تنفس ناپیدیسی

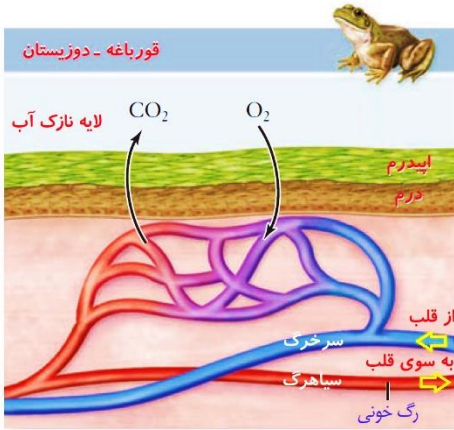
نکاتی در مورد تنفس ناپیدیسی

- (۱) این روش در گروهی از بی‌مهرگان یعنی حشرات (پروانه، ملغ و ...) یافت می‌شود.
- (۲) در این روش لوله‌های منشعب و متصل به هم به نام ناپیدیسی وجود دارد.
- (۳) فقط ناپیدیسی‌های بزرگ‌تر به وسیله منافذی با بیرون بدن شش در تماس هستند.
- (۴) از راه این منافذ گازهای تنفسی به درون بدن وارد یا از آن خارج می‌شوند.
- (۵) منافذ تنفسی در منطقه شکم جانور به فراوانی یافت می‌شوند.
- (۶) انتهای انشعابات انتهایی بن‌بست بوده و دارای مایعی برای تبادل گازهای تنفسی هستند.



- ۷) این انشعابات در کنار همه سلول‌های بدن مشته قرار می‌گیرند.
- ۸) بر اساس شکل هر سلول بدن مشته با سه انشعاب انتهایی در تماس است!
- ۹) این جانوران، برای انتقال گازهای تنفسی نیازی به دستگاه گردش مواد ندارند.
- ۱۰) می‌توان گفت در مایعات بدن مشرات یعنی در همولف آنها گازهای تنفسی وجود ندارند!
- ۱۱) در مشرات، صفه‌های پر از هوا و مرتبط با انشعابات کوچک‌تر ناپدید می‌شوند.

## تنفس پوستی



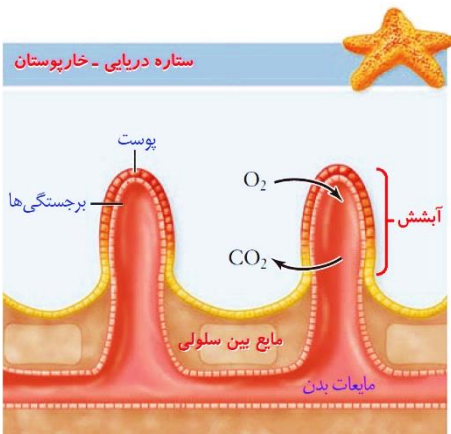
پوست ساده‌ترین اندامی است، که در برخی از جانوران می‌تواند در امر تنفس نقش داشته باشد! در تنفس پوستی شبکه مویرگی زیرپوستی با مویرگ‌های فراوان وجود دارد و گازها با محیط اطراف از طریق پوست مبادله می‌شوند. سطح پوست در جانورانی که تنفس پوستی دارند، مرطوب نگه داشته می‌شود. کرم ناکه که از بی‌مهرگان است، فقط تنفس پوستی دارد. تنفس پوستی در دوزیستان که مهره‌دار هستند، نیز وجود دارد (شکل ۱۹) اما تنها روشن تنفسی نیست، چون تنفس ششی هم دارند. دوزیستان در نوزادی تنفس آبششی هم دارند.

شکل ۱۹- تنفس پوستی در قورباغه

### نکاتی در مورد تنفس پوستی

- ۱) این روشن در بی‌مهرگان یعنی کرم ناکه و مهره‌داران یعنی دوزیستان بالغ یافت می‌شود.
- ۲) در دوزیستان بالغ علاوه بر تنفس پوستی، تنفس ششی هم دیده می‌شود.
- ۳) نکته مهم این که در دوزیستان نوزاد فقط تنفس آبششی یافت می‌شود.
- ۴) در زیر پوست این جانوران مویرگ‌های ثونی فراوان وجود دارد.
- ۵) شبکه مویرگی زیر پوستی از یک طرف با سرخرگ‌های دارای ثون تیره و از یک طرف با سیاهرگ‌های دارای ثون روشن در ارتباط است.
- ۶) در قورباغه، سرخرگ‌های دارای ثون تیره از بطن آمده‌اند و سیاهرگ‌های دارای ثون روشن نیز به دهلیز چپ بر می‌گردند.
- ۷) برای تبادل گازهای تنفسی، پوست در این جانوران همواره مرطوب است.

## تنفس آبششی



ساده‌ترین آبشش‌ها، برجستگی‌های کوچک و پراکنده پوستی هستند، مانند آبشش‌های ستاره دریایی (شکل ۲۰). در سایر بی‌مهرگان، آبشش‌ها به نواحی خاص محدود می‌شوند. ماهیان نوزاد و بالغ و نوزاد دوزیستان نیز آبشش دارند (شکل ۲۱). تبادل گاز از طریق آبشش، بسیار کارآمد است. جهت حرکت خون در مویرگ‌ها، و جهت عبور آب در طرفین تیغه‌های آبششی، برخلاف یکدیگر است.

شکل ۲۰- ساده‌ترین آبشش در ستاره دریایی

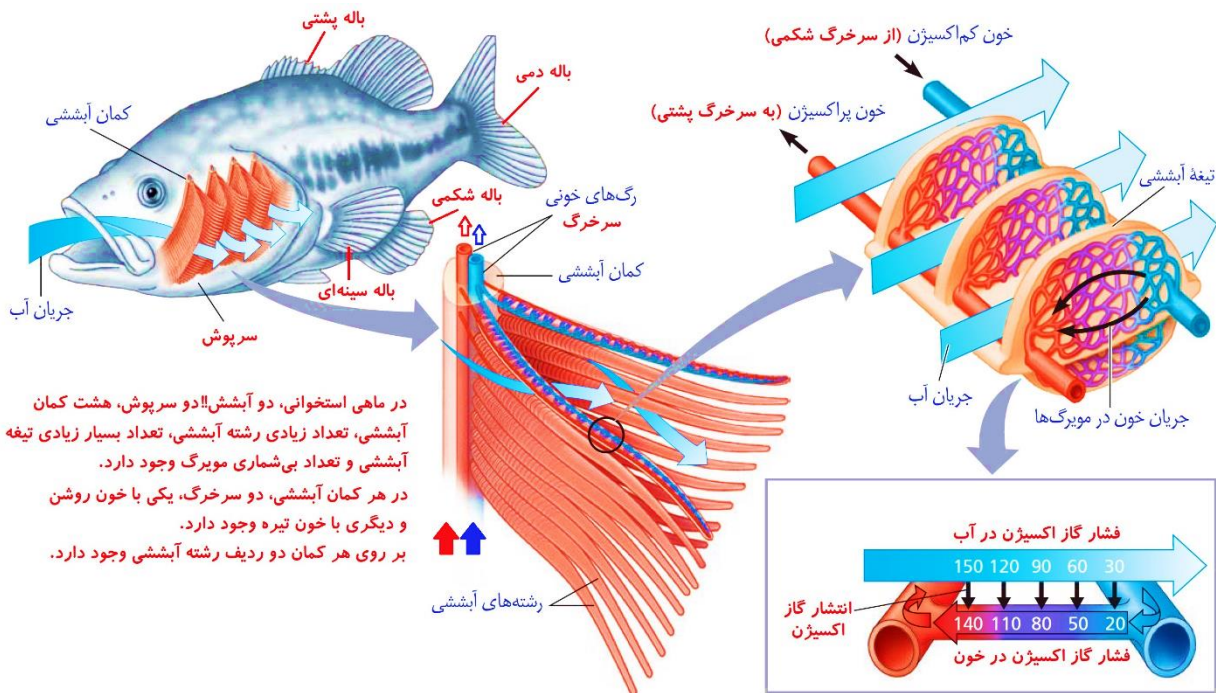
### نکاتی در مورد تنفس آبششی

- ۱) این روشن در بی‌مهرگانی مانند ستاره دریایی و مهره‌دارانی مانند ماهیان نوزاد و بالغ و دوزیستان نوزاد یافت می‌شود.
- ۲) در بی‌مهرگان، آبشش‌ها یا در همه سطح پوست قرار دارند مانند ستاره دریایی یا محدود به نقاط خاصی از پوست می‌شوند مانند سفت پوستان.
- ۳) در مهره‌داران، آبشش‌ها همواره محدود به بخش‌هایی از بدن می‌شوند.
- ۴) در دوزیستان بالغ علاوه بر تنفس پوستی، تنفس ششی هم دیده می‌شود.
- ۵) در دوزیستان نوزاد فقط تنفس آبششی یافت می‌شود.
- ۶) در ستاره دریایی موارد زیر حائز اهمیت هستند:

+ به تعداد بی‌شمار آبشش وجود دارد! تبادل گازها فقط از طریق آبشش‌ها انجام شده و از بقیه بخش‌های پوست انجام نمی‌شود!

+ هر آبشش از دو لایه سلول پوششی مکعبی شکل! تشکیل شده است که بین آنها مایع بین سلولی و درون آن مایعات بدن وجود دارند.  
 + در زیر پوست آن، برجستگی‌هایی وجود دارد که درون آنها مایعات بدن قرار دارند نه فون! این مایعات همان دستگاه گردش مواد هستند.  
 (۲) در ماهی‌های استخوانی موارد زیر حائز اهمیت هستند:

- + در دو طرف سر ماهی، دو سرپوش وجود دارد که در زیر هر کدام چهار کمان آبششی یافت می‌شود. بنابراین آبشش‌ها درونی هستند!
- + در کمان‌های آبششی فقط سرفرگ‌های منشعب از سرفرگ شکمی (آورت) و سرفرگ‌های متصل به سرفرگ پشتی وجود دارند.
- + بر روی هر کمان آبششی دو ردیف رشته آبششی قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر هر ماهی استخوانی دارای ۱۶ ردیف رشته آبششی دارد!
- + دو ردیف رشته واقع بر روی هر کمان آبششی به صورت غیر هم‌جهت قرار گرفته‌اند! جهت جریان آب ورودی به لایه‌های رشته‌ها نیز مخالف است!
- + هر رشته آبششی از به دنبال هم قرار گرفتن تعداد زیادی تیغه آبششی غیر هم اندازه تشکیل شده است.
- + علاوه بر تیغه‌ها در طول رشته‌های آبششی، انشعاباتی از سرفرگ‌های دارای فون تیره و روشن نیز مشاهده می‌شود.
- + در هر کمان سرفرگ‌های دارای فون تیره به رشته‌ها نزدیک تر هستند، در حالی که سرفرگ‌های دارای فون روشن به نارهای آبششی نزدیک‌ترند!
- + در طول هر رشته آبششی دو سرفرگ مشاهده می‌شود که همواره سرفرگ دارای فون تیره کوتاه‌تر از سرفرگ دارای فون روشن است.
- + تیغه‌های آبششی دور از کمان آبششی واقع در نوک رشته‌ها کوچک‌ترین تیغه‌ها هستند. بقیه تیغه‌ها کمابیش هم‌اندازه هستند.
- + در تیغه‌های آبششی فقط و فقط مویرگ‌ها وجود دارند. این مویرگ‌ها از هر دو طرف خود با سرفرگ در تماس هستند!
- + جهت جریان فون در سرفرگ‌های تیره و روشن موجود در هر کمان آبششی یکسان و به از پایین به بالا است.
- + جهت جریان آب و جریان فون موجود در مویرگ‌های موجود در تیغه‌های آبششی همواره موازی و در خلاف جهت همدیگر است.
- + جهت جریان آب و جریان فون موجود در سرفرگ‌های موجود در رشته‌های آبششی عمود بر همدیگر است.



شکل ۲۱. تنفس آبششی در ماهی. به تفاوت جهت حرکت آب و خون دقت کنید. آبشش در برقی از ماهیان آب شور در دفع یونها نیز نقش دارد.

### تنفس ششی

حلزون از بی‌مهرگان خشکی‌زی است که برای تنفس، از شش استفاده می‌کند. شش در این جانور ساده بوده و قابل مقایسه با شش مهره‌داران نیست! در مهره‌داران شش‌دار سازوکارهایی برای تهویه ششی (تنفس کشیدن!) یعنی عمل دم و بازدم وجود دارد که باعث می‌شود جریان پیوسته‌ای از هوای تازه در مجاورت بخش مبادله‌ای برقرار شود. این سازوکارها به سازوکارهای تهویه‌ای شهرت دارند.

مهره‌داران دو نوع سازوکار متفاوت در تهویه دارند:

۱) سازوکار پمپ فشار مثبت: مثلاً قورباغه به کمک ماهیچه‌های (سکلتی دهان و حلق، هوا را با حرکتی شبیه «قورت دادن») با فشار به شش‌ها می‌راند؛ به این سازوکار پمپ فشار مثبت می‌گویند (شکل ۲۲).

۲) سازوکار پمپ فشار منفی: در انسان سازوکار فشار منفی وجود دارد که در آن، هوا به وسیله مکش حاصل از مایع جنب، فشار منفی قفسه سینه، به شش‌ها وارد می‌شود.

پرنندگان به علت پرواز، نسبت به سایر مهره‌داران انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و بنابراین به اکسیژن بیشتری نیاز دارند. پرنندگان علاوه بر شش، دارای ساختارهایی به نام کیسه‌های هوادار هستند که کارایی تنفس آنها را نسبت به پستانداران افزایش می‌دهد (شکل ۲۳).

+ نکته مهم: در این کیسه‌ها تبادل گازها انجام نمی‌شود! در واقع کیسه‌های هوادار عقبی و جلویی به ترتیب با با ذخیره کردن هوای دمی و بازدمی در غیر از زمان خود باعث می‌شوند تا همواره جریان یک طرفه‌ای از هوای تازه در شش‌های لوله‌ای پرند برقرار باشد.

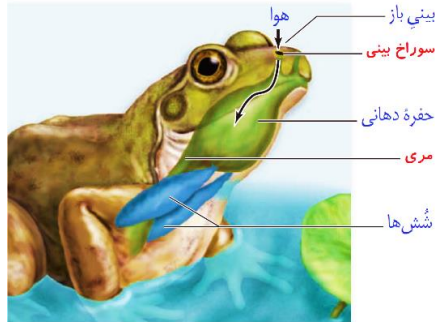
#### نکاتی در مورد تنفس ششی

(۱) در این روش، دستگاه تنفس با حداقل یک یا حداکثر دو منفذ به بیرون راه دارد.

(۲) این روش در بی‌مهرگانی مانند ملزوم و مهره‌دارانی مانند دوزیستان، فزندگان، پرنندگان و پستانداران یافت می‌شود.

(۳) در مهره‌داران شش‌دار، دو نوع سازوکار تنفسی وجود دارد تا همواره جریان پیوسته‌ای از هوای تازه در مجاورت بخش مبادله‌ای برقرار شود.

+ سازوکار پمپ فشار مثبت: این روش در قورباغه (شکل رویه‌رو - ۱۲) دیده می‌شود. هوای دمی با حرکتی مانند بلعیده شدن از دهان وارد شش‌ها می‌شود. در این روش هوا به درون شش‌ها رانده می‌شود.



+ سازوکار پمپ فشار منفی: این روش در انسان و سایر پستانداران دیده می‌شود. در این نوع سازوکار، مکش حاصل از فشار منفی قفسه سینه که به خاطر پرده جنب و مایع درون آن به وجود آمده است، در این روش، هوا به درون شش‌ها مکیده می‌شود.

#### (۴) نکاتی در مورد دستگاه تنفس قورباغه

+ دم دارای دو مرحله است:

x ابتدا با باز نمودن بینی هوا وارد صفره دهانی می‌شود.

x سپس با بسته نمودن بینی و انقباض ماهیچه‌های اسکلتی دهان و تعلق، هوا از صفره دهانی وارد شش‌ها می‌شود.

+ بدیهی است تعلق قورباغه به صورت یک دو راهی! است و انقباض ماهیچه‌های آن مانع از ورود هوا به مری می‌شود.

+ گنپایش صفره دهانی با گنپایش هر دو شش قورباغه تقریباً برابر است.

+ سه اندام به صفره دهانی متصل هستند، یکی از آنها مری و دو اندام دیگر شش‌ها هستند.

+ در دستگاه تنفس قورباغه، نای و نایژه‌های اصلی دیده نمی‌شوند و شش‌ها به طور مستقیم با صفره دهانی در ارتباط هستند!



#### (۵) نکاتی در مورد دستگاه تنفس پرنندگان

+ علاوه بر شش‌ها تعدادی کیسه هوادار با مجاری تنفسی و شش‌ها در ارتباط هستند.

+ کیسه‌های هوادار نه عدد هستند:

x کیسه‌های هوادار به جزء یکی از آنها که بین دو نیمه بدن مشترک هستند به صورت زوج دیده می‌شوند.

x کیسه‌های هوادار عقبی چهار عدد هستند و بزرگ‌ترین کیسه‌های هوادار را به خود اختصاص می‌دهند.

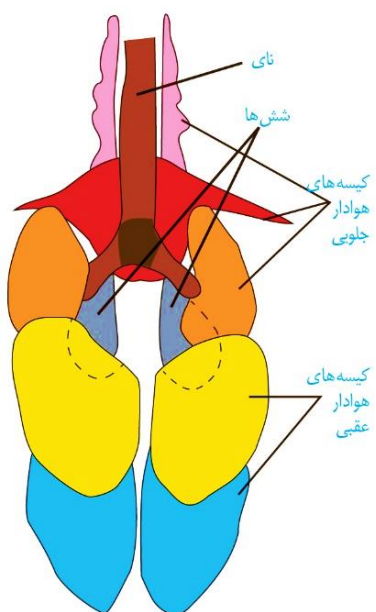
x کیسه‌های هوادار جلویی که پنج عدد بوده و کیسه‌های هوادار گردنی از بقیه گنپایش کم‌تری دارند.

x یکی از کیسه‌های هوادار جلویی بین دو نیمه بدن مشترک است (کیسه هوادار قرمز رنگ)!

+ تبدلات گازی فقط در درون شش‌ها انجام شده و کیسه‌های هوادار فاقد این توانایی هستند.

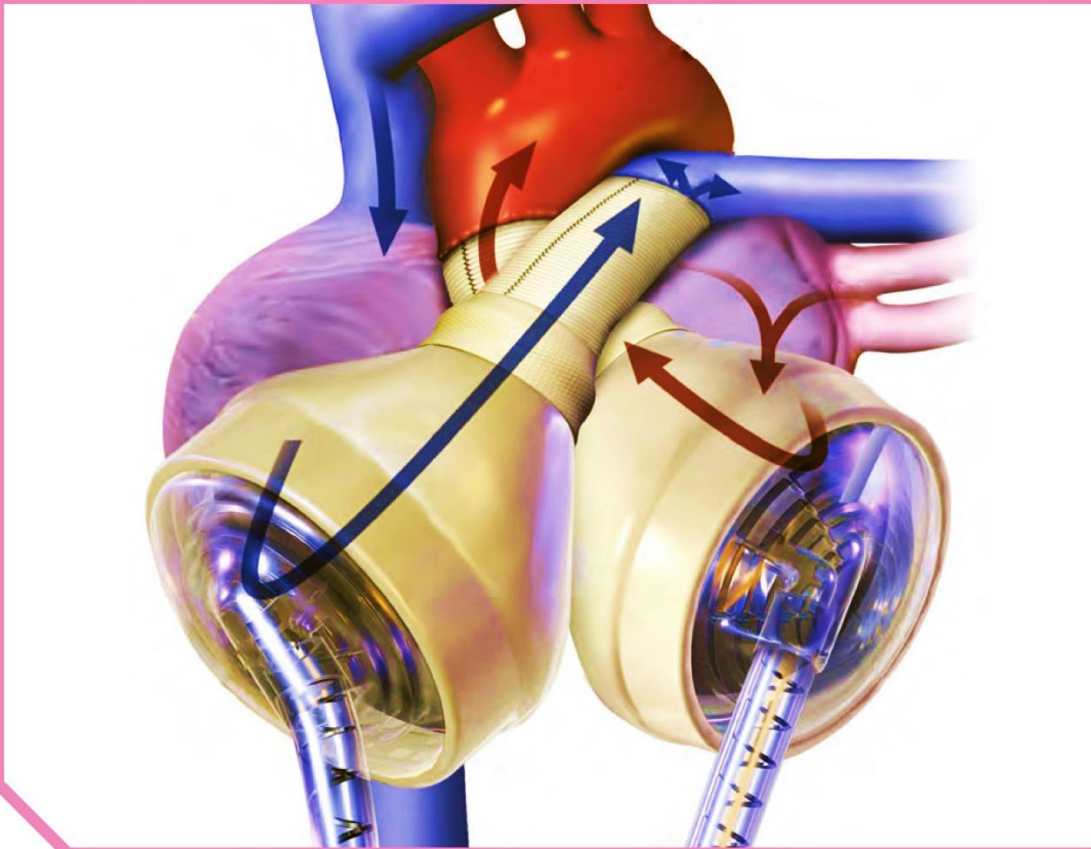
+ به طور معمول، گنپایش شش‌ها از گنپایش کیسه‌های هوادار کم‌تر است.

+ شش‌ها و تعدادی از کیسه‌های هوادار با نای و نایژه‌های اصلی در ارتباط مستقیم هستند.



شکل ۲۳- دستگاه تنفسی در پرنندگان





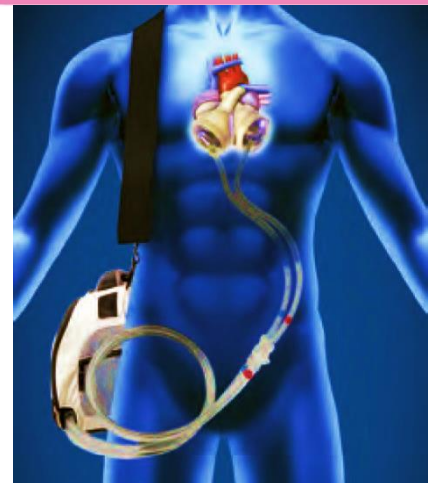
## فصل ۴

# گردش مواد در بدن

این شکل‌ها مربوط به اولین قلب مصنوعی هستند که توسط پروفسور **توفیق موسیوند** در آمریکا ساخته شده است. در واقع در این قلب مصنوعی، فقط بطن‌های قلب فرد بیمار با بطن‌های مصنوعی جایگزین شده‌اند، بنابراین دهلیزها طبیعی هستند. این قلب به وسیله باتری کار می‌کند. به هنگام استتمام، باتری کار گذاشته شده در درون قفسه سینه به مدت ۱۴ دقیقه می‌تواند انرژی الکتریکی برای انقباض را فراهم کند!

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

**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 اکیلی (کرونر)** قلبش گرفته است و باید عمل کند. رفتم آزمایش خون دادم **چربی خون** من بالاست. **خون‌بهر (هماتوکریت)** من طبیعی است.



منظور از **رگ‌نگاری، رگ‌های اکیلی، قلب مصنوعی، برون‌ده قلب** و ... چیست؟ تصویربرداری از رگ‌های اندام‌های متلف بدن با استفاده از پرتو ایکس، رگ‌نگاری نام دارد. آیا همه جانداران گردش مواد دارند؟ خیر، در تک‌سلول‌ها وجود ندارد. گردش مواد در انسان با بقیه مهره‌داران چه تفاوتی دارد؟ در انسان مانند بقیه پستانداران و پرندگان و برخی از فزندگان، گردش خون مضاعف و کامل وجود دارد، در حالی‌که در بقیه مهره‌داران مانند برخی از فزندگان و دوزیستان گردش خون مضاعف و ناقص وجود دارد. در ماهی‌ها نیز دستگاه گردش خون ساده وجود دارد. در این فصل با آشنایی بیشتر با دستگاه گردش مواد در انسان و بعضی جانوران، پاسخ بسیاری از پرسش‌ها را خواهید یافت.

در سال‌های گذشته آموختید که دستگاه گردش مواد در انسان، از (۱) قلب، (۲) رگ‌ها و (۳) خون تشکیل شده است. در شکل ۱، بخش‌های تشکیل دهنده قلب و رگ‌های متصل به آن را می‌بینید.

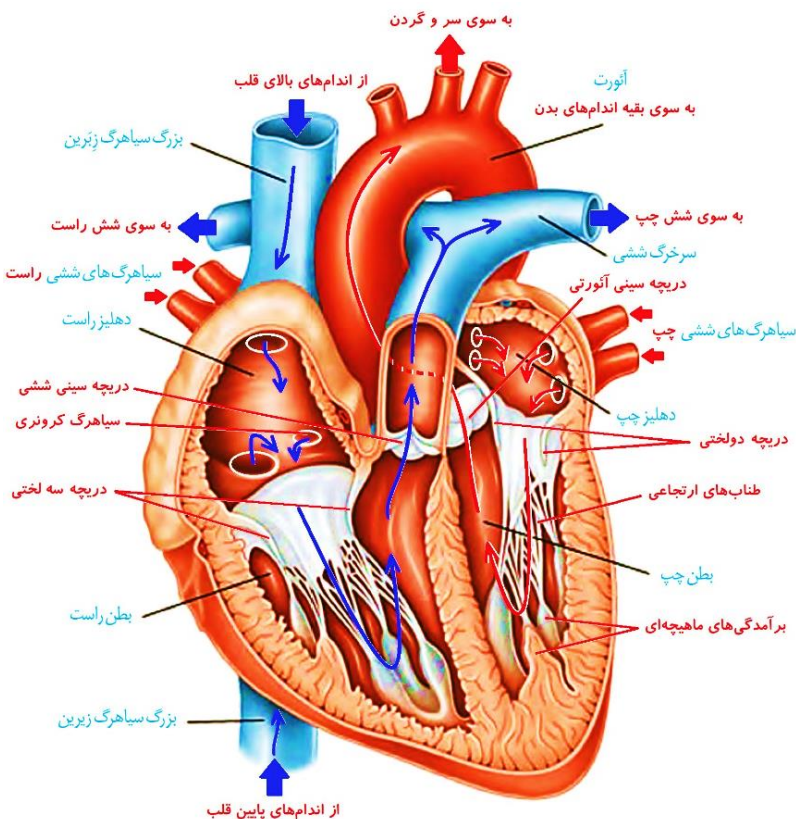
+ از قوس آئورت سه سرترک منشاء می‌گیرند که به سوی سر، گردن و دست‌ها می‌روند.  
+ دیواره آئورت از یک طرف با دیواره سرترک ششی و از طرف دیگر با دیواره بزرگ سیاهرگ زیرین در تماس است.

### شکل ۱- قلب و رگ‌های متصل به آن

نُه عدد رگ شامل دو سرترک و هفت سیاهرگ به قلب متصل هستند:

(۱) سرترک آئورت با خون روشن به بطن چپ متصل است. (۲) سرترک ششی با خون تیره به بطن راست متصل است. (۳) سیاهرگ بزرگ زیرین و (۴) سیاهرگ زیرین و (۵) سیاهرگ کرونری با خون تیره به دهلیز راست متصل هستند.

(۶)، (۷)، (۸) و (۹) چهار عدد سیاهرگ ششی با خون روشن به دهلیز چپ متصل هستند. سیاهرگ‌های ششی راست از چپ طول بیشتری دارند!



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

### گردش خون عمومی

هدف: رساندن خون روشن به بافت‌ها و اندام‌های بدن و دور کردن کربن دی‌اکسید از آنها

مسیر: (۱) بطن چپ ⇨ (۲) سرترک آئورت ⇨ (۳) سرترک‌های کوچک موجود در اندام‌ها ⇨ (۴) مویرگ‌های اندام‌ها ⇨ (۵) سیاهرگ‌های کوچک موجود در اندام‌ها ⇨ (۶) بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و زیرین ⇨ (۷) دهلیز راست

### گردش خون ششی

هدف: انتقال خون تیره به شش‌ها برای دریافت اکسیژن و رها نمودن کربن دی‌اکسید

مسیر: (۸) بطن راست ⇨ (۹) سرترک ششی ⇨ (۱۰) سرترک‌های کوچک موجود در شش‌ها ⇨ (۱۱) مویرگ‌های شش‌ها ⇨ (۱۲) سیاهرگ‌های کوچک موجود در شش‌ها ⇨ (۱۳) چهار عدد سیاهرگ ششی ⇨ (۱۴) دهلیز چپ

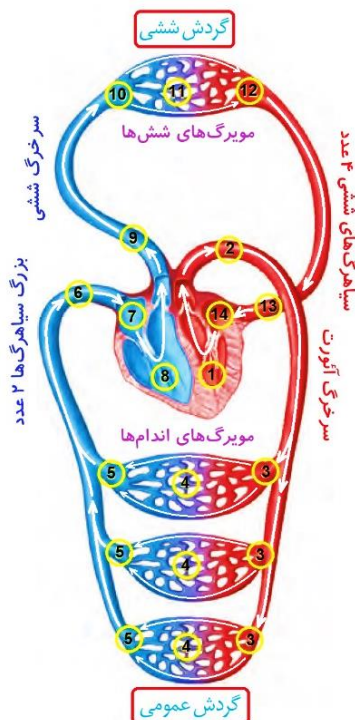
با توجه به آنچه قبلاً آموختید، در گروه‌های درسی خود در مورد پرسش‌های زیر با همدیگر گفت و گو کنید و پاسخ مناسبی برای آنها بیابید:

### نکات مهم در مورد سرترک‌ها و سیاهرگ‌ها

- سرترک‌ها همواره خون را از قلب دور می‌کنند! و ممکن است خون روشن یا تیره داشته باشند.  
+ در گردش عمومی، خون روشن و در گردش ششی، خون تیره دارند.
- سیاهرگ‌ها همواره خون را به قلب نزدیک می‌کنند! و ممکن است خون روشن یا تیره داشته باشند.  
+ در گردش عمومی، خون تیره و در گردش ششی، خون روشن دارند.
- در حالت عادی، در ابتدای مویرک، سرترک و در انتهای آن سیاهرگ وجود دارد.

### شکل ۲- گردش خون عمومی و ششی

- هر دهلیز خون را از کجا دریافت می‌کند؟ دهلیز راست خون تیره را از بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و زیرین که دو عدد هستند و نیز سیاهرگ کرونری می‌گیرد و دهلیز چپ خون روشن را از سیاهرگ‌های ششی که چهار عدد هستند دریافت می‌کند.



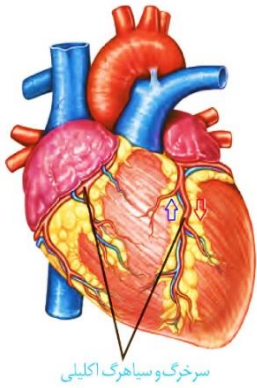


- هر بطن خون را به کجا می‌فرستد؟ بطن راست خون تیره را با استفاده از سرخرگ ششی، به شش‌ها و بطن چپ خون روشن را با استفاده از سرخرگ آئورت به کل بدن می‌فرستد.

- خون طرف چپ و راست قلب، با هم چه تفاوت‌هایی دارد؟ خون طرف چپ، روشن و خون طرف راست، تیره است.  
- چرا ضخامت دیواره بطن‌های چپ و راست با هم متفاوت است؟ ضخامت دیواره بطن چپ از بطن راست بیشتر است، زیرا بطن چپ خون را به سراسر بدن فرستاده و در گردش خون عمومی مؤثر است ولی بطن راست خون را فقط به شش‌ها می‌فرستد و در گردش خون ششی نقش دارد.

## تأمین اکسیژن و مواد مغذی قلب

خونی که از درون قلب عبور می‌کند، نمی‌تواند نیازهای تنفسی و غذایی قلب را برطرف کند. به همین دلیل ماهیچه قلب (یعنی فقط لایه میانی!) با رگ‌های ویژه‌ای به نام سرخرگ‌های اکیلی (کرونی) که از ابتدای آئورت منشعب شده‌اند، تغذیه می‌شود. این رگ‌ها پس از رفع نیاز یاخته‌های قلبی، با هم یکی می‌شوند و به صورت سیاهرگ اکیلی به دهلیز راست متصل می‌شوند. بسته شدن این سرخرگ‌ها توسط لخته یا سخت شدن دیواره آنها (تصلب شرایین)، ممکن است باعث سکته قلبی شود؛ چون در این حالت به بخشی از ماهیچه قلب، اکسیژن نمی‌رسد و یاخته‌های آن می‌میرند (شکل ۳).



نکته پالشی: لایه درونی یا آندوکارد و لایه بیرونی یا اپی‌کارد قلب از رگ‌های کرونر خون دریافت نمی‌کنند! همان‌طور که از شکل قلب بر می‌آید، نوک قلب که بخشی از بطن چپ است به سمت چپ قلب متمایل است!  
شکل ۳- رگ‌های اکیلی قلب، سرخرگ‌های کرونری اتصال مستقیم با قلب ندارند، در حالی که سیاهرگ کرونری به دهلیز راست متصل است.

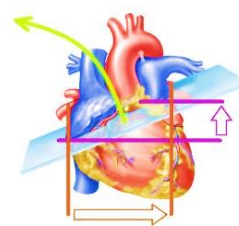
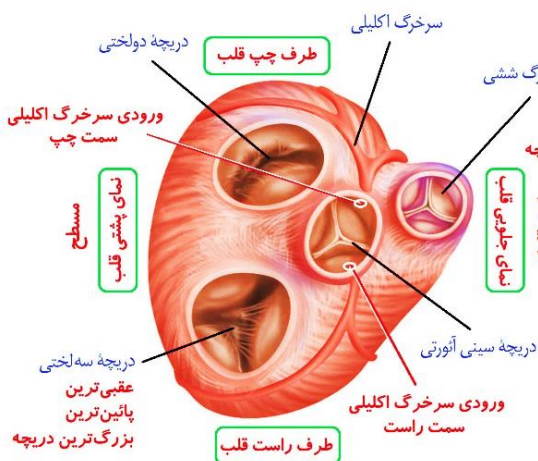
## نکاتی در مورد تأمین اکسیژن و مواد مغذی قلب

- 1) لایه درونی قلب (آندوکارد) که سنگ‌فرشی بوده و در تماس مستقیم با خون درون فرفره‌های قلب بوده و مواد غذایی و اکسیژن را از آن می‌گیرد.
- 2) آندوکارد از بافت پوششی سنگ‌فرشی تشکیل شده که مانند بقیه بافت‌های پوششی فاقد رگ فونری و رشته‌های عصبی است.
- 3) فرفرات نیمه چپ قلب همواره با خون روشن و فرفرات نیمه راست آن همواره با خون تیره در تماس مستقیم هستند!
- 4) ماهیچه قلب (میوکارد) فقط توسط رگ‌های کرونر شامل سرخرگ‌ها، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها تغذیه و اکسیژن‌رسانی می‌شود.
- 5) دو سرخرگ کرونر از ابتدای آئورت منشأ می‌گیرند، بنابراین اولین انشعابات آئورت هستند. یکی از آنها به راست و دیگری به چپ قلب منفرج می‌شوند.
- 6) مدفل یا ورودی این دو سرخرگ در بالای دریچه سینی آئورتی قرار دارد و به هنگام بسته شدن دریچه سینی آئورتی باز می‌شوند!
- 7) لازم به ذکر است، سرخرگ‌های کرونر با استفاده از خون حاصل از فشار کمینه یعنی خون حاصل از فشار دیواره آئورت پر می‌شوند!
- 8) همان‌طور که از شکل کتاب بر می‌آید، در امتداد رگ‌های کرونر، مقداری بافت پیوندی از نوع بافت چربی مشاهده می‌شود.
- 9) در صورت بسته شدن سرخرگ‌های کرونر، ممکن است فرد دچار سکته قلبی شود. در این حالت تعدادی از سلول‌های قلبی می‌میرند.
- 10) بسته شدن سرخرگ‌های کرونر به دو دلیل انجام می‌شود: (الف) ایجاد لخته در جریان خون ب) بیماری سخت شدن رگ‌ها یا تصلب شرایین (افزایش LDL)

## دریچه‌های قلب

وجود دریچه‌ها در هر بخشی از دستگاه گردش مواد باعث یک طرفه شدن جریان خون در آن قسمت می‌شود. در ساختار دریچه‌ها، بافت ماهیچه‌ای به کار نرفته بلکه همان بافت پوششی است که چین خورده است و دریچه‌ها را می‌سازد؛ وجود بافت پیوندی در این دریچه‌ها به استحکام آنها کمک می‌کند. دو عامل باعث باز یا بسته شدن دریچه‌ها می‌شود: (1) ساختار خاص دریچه‌ها و (2) تفاوت فشار خون در دو طرف آنها.

بین دهلیز و بطن دریچه‌ای وجود دارد که در هنگام انقباض بطن؛ از بازگشت خون به دهلیز، جلوگیری می‌کند. دریچه بین دهلیز و بطن چپ را دریچه دولختی یا دریچه میترال می‌گویند، زیرا از دو قطعه آویخته تشکیل شده است. بین دهلیز و بطن راست، دریچه سه‌لختی قرار دارد. در ابتدای سرخرگ‌های خروجی از بطن‌ها، دریچه‌های سینی قرار دارند که از بازگشت خون به بطن‌ها جلوگیری می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴- دریچه‌های قلب شامل چهار دریچه هستند و در ساختمان آنها دو لایه از سه لایه تشکیل دهنده قلب شرکت می‌کنند!



اگر گوش خود را به سمت چپ قفسه سینه کسی بچسبانید یا **گوشی پزشکی** را روی قفسه سینه خود یا شخصی دیگر قرار دهید، صداهای قلب را می شنوید.

**صدای اول (پوم) قوی، گنگ و طولانی تر است و به بسته شدن دریچه های دولختی و سه لختی هنگام شروع انقباض بطن ها مربوط است. صدای دوم (تاک) واضح و کوتاه تر و مربوط به بسته شدن دریچه های سینی ابتدای سرخرگ ها است که با شروع استراحت بطن ها، همراه است و زمانی شنیده می شود که خون وارد شده به سرخرگ های آنورت و ششی، قصد برگشت به بطن ها را دارد و با بسته شدن دریچه های سینی، جلوی آن گرفته می شود. متخصصان با گوش دادن دقیق به صداهای قلب و نظم آنها، از سالم بودن قلب آگاه می شوند. در برخی بیماری ها به ویژه (الف) اختلال در ساختار دریچه ها، (ب) بزرگ شدن قلب یا (ج) نقایص مادرزادی مثل کامل نشدن دیواره میانی حفره های قلب یعنی دیواره بین دو دهلیز یا دو بطن، امکان است صداهای غیر عادی شنیده شود.**

### نکاتی در مورد صداهای قلب

صداهای قلب سه نوع هستند: صدای اول، صدای دوم و صداهای غیر طبیعی

(۱) **صدای اول**: نام آن «پوم» است. این صدا قوی، گنگ و طولانی تر بوده و مربوط به بسته شدن دریچه های دولختی و سه لختی است. این صدا هنگام شروع

انقباض بطن ها شنیده می شود. این عمل مانع بازگشت خون از بطن ها به دهلیزها می شود.

(۲) **صدای دوم**: نام آن «تاک» است. این صدا واضح و کوتاه تر بوده و مربوط به بسته شدن دریچه های سینی ابتدای سرخرگ ها است. این صدا هنگام شروع

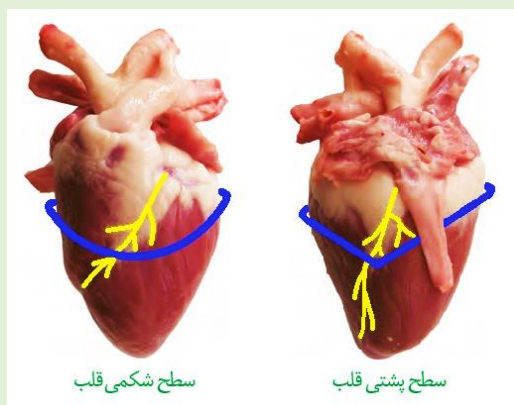
استراحت بطن ها شنیده می شود.

(۳) **صداهای غیر طبیعی**: در حالت های غیر معمول یا بیماری نیز صداهای غیر عادی نیز شنیده می شود مانند

(الف) اختلال در ساختار دریچه ها (ب) بزرگ شدن قلب (ج) نقایص مادرزادی مانند کامل نشدن دیواره بین دو دهلیز یا دو بطن!

### فعالیت

#### تشریح قلب گوسفند



**وسایل و مواد لازم:** قلب سالم گوسفند، تشک تشریح، قیچی، گمانه (سوند) شیاردار

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

ضخامت دیواره قلب در بطن ها را با هم مقایسه کنید. چرا بطن چپ، دیواره قطورتری دارد؟ زیرا بطن چپ در گردش عمومی نقش دارد.

- **رگ های اکلیلی** را مشاهده و آنها را در جلو و عقب قلب مقایسه کنید. رگ های کرونر در سطح شکمی حالت مورب دارند. در حالی که در سطح پشتی حالتی تقریباً قائم پیدا کرده اند. بر خلاف انسان، به علت وضعیت قرار گرفتن اندام های حرکتی جلویی در گوسفند سطح شکمی قلب حالتی تقریباً مسطح و سطح پشتی آن حالتی تقریباً زاویه دار دارد. (انسان) ●، (گوسفند) ●

- در بالای قلب، سرخرگ ها و سیاهرگ ها قابل مشاهده اند. دیواره سرخرگ ها و سیاهرگ ها را با هم مقایسه کنید. دیواره سرخرگ های آنورت و ششی نسبت به دیواره بزرگ سیاهرگ های زیرین و زبرین و نیز سیاهرگ های ششی، هم ضخامت بیشتر و هم انعطاف پذیری بیشتری دارند.

- با وارد کردن سوند یا مداد به داخل رگ ها و این که به کجا می روند، می توان آنها را از یکدیگر تمیز داد.

#### (ب) مشاهده بخش های درونی قلب

- سوند شیاردار را از دهانه سرخرگ ششی به بطن راست وارد کنید. دیواره سرخرگ و بطن را در امتداد سوند، با قیچی ببرید. با باز کردن آن، دریچه سینی سرخرگ ششی، دریچه سه لختی، برآمدگی های ماهیچه ای و طناب های ارتجاعی را می توان دید. این اجزا به هنگام بسته شدن دریچه ها کشیده می شوند.

- به همین روش، سرخرگ آنورت و بطن چپ را شکاف دهید و جزئیات بطن چپ را مشاهده کنید. با باز کردن آن، دریچه سینی آنورتی، دریچه دولختی یا میترال، برآمدگی های ماهیچه ای و طناب های ارتجاعی موجود در درون بطن چپ را نیز می توان دید.

- در ابتدای سرخرگ آنورت، بالای دریچه سینی، می توانید دو ورودی سرخرگ های اکلیلی را ببینید. همان طور که قبلاً گفته شد به هنگام انقباض بطن ها، قطعات دریچه سینی مسیر این ورودی ها را بسته، بنابراین به هنگام استراحت بطن ها، خون دریافت می کنند! سرخرگ های کرونر مستقیماً به قلب متصل نیستند!

- با عبور دادن سوند از میان دریچه های دولختی و سه لختی به سمت بالا و بردن دیواره در مسیر سوند، می توانید دیواره داخلی دهلیزها و سیاهرگ های متصل به آنها را بهتر ببینید.

به دهلیز چپ، چهار سیاهرگ ششی و به دهلیز راست، سه سیاهرگ یعنی سیاهرگ های زبرین، زبرین و سیاهرگ اکلیلی وارد می شود. اگر رگ های قلب از ته بریده نشده باشد، با سوند به راحتی می توان آنها را تشخیص داد.

## ساختار بافتی قلب

قلب اندامی ماهیچه‌ای است و دیواره آن سه لایه دارد (شکل ۵).

(۱) **آندوکارد:** داخلی‌ترین لایه آن آندوکارد یا **درون‌شامه** و شامل یک لایه نازک **بافت پوششی سنگ‌فرشی** است که در زیر آن، **بافت پیوندی** سست وجود دارد. این بافت، درون‌شامه را به لایه میانی یا ماهیچه‌ای قلب **می‌چسباند**. درون‌شامه در **تشکیل دریچه‌های قلب** نیز شرکت می‌کند.

**نکته پالشی:** با توجه به این‌که بافت‌های پوششی **فاقد** رگ فونی هستند، پس می‌توان گفت فون موجود در قلب، لایه درون‌شامه را **تغذیه** می‌کند!

+ هر چند سلول‌های پیوندی این لایه با فون در تماس مستقیم نیستند.

(۲) **میوکارد:** لایه میانی ضخیم‌ترین لایه قلب است که میوکارد یا **ماهیچه قلب** نیز نامیده می‌شود. این لایه **بیشتر** از یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی تشکیل شده است. **بین** این یاخته‌ها، **بافت پیوندی متراکم** و رشته‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک نیز قرار دارد. **بسیاری** از (نه همه!) یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب به

رشته‌های **کلاژن** موجود در این بافت پیوندی **متصل** هستند. بافت پیوندی متراکم باعث **استحکام دریچه‌های قلبی** می‌شود.

**نکته پالشی:** ماهیچه قلب در استحکام دریچه‌ها نقش دارد، اما در سانتار آنها سلول ماهیچه‌ای وجود ندارد! (۳) **اپی‌کارد:** بیرونی‌ترین لایه دیواره قلب اپی‌کارد یا **برون‌شامه** است. این لایه در سمت بالایی قلب، روی خود **برمی‌گردد** و **پری‌کارد** یا **پیراشامه** را به وجود می‌آورد. برون‌شامه و پیراشامه از بافت پوششی سنگ‌فرشی و بافت پیوندی متراکم تشکیل شده‌اند.

**بین** برون‌شامه و پیراشامه **فضایی** وجود دارد که با **مایع** پر شده است. این مایع ضمن (۱) **محافظت** از قلب، به (۲) **حرکت روان** آن کمک می‌کند.

**شکل ۵- ساختار بافتی قلب.** در سانتار دریچه‌های بافت پوششی و پیوندی آندوکارد و بافت پیوندی میوکارد وجود دارند!

**نکاتی در مورد سانتار بافتی قلب**

(۱) **دیواره قلب:** دیواره قلب سه لایه دارد.

+ درون‌شامه یا آندوکارد: از بافت سنگ‌فرشی ساده تشکیل شده است که در زیر آن بافت پیوندی سست هم وجود دارد. این بافت در تشکیل دریچه‌های قلب هم شرکت می‌کند.

+ ماهیچه قلب یا میوکارد: این لایه خود سه بخش دارد:

x بیشترین تعداد سلول‌های آن سلول‌های ماهیچه‌ای قلب هستند.

x در لایه‌های سلول‌های ماهیچه‌ای قلب، سلول‌های بافت پیوندی رشته‌ای با رشته‌های کلاژن ضمیمه وجود دارد که **بیشتر** سلول‌های ماهیچه‌ای قلب به این رشته‌ها متصل هستند.

**نکته مهم:** رشته‌های کلاژن لایه میوکارد در استحکام دریچه‌های قلب شرکت می‌کنند. پس در تشکیل دریچه‌ها علاوه بر بافت پوششی لایه درون‌شامه، رشته‌های کلاژن (فقط!) لایه ماهیچه قلب هم حضور دارند.

x رشته‌های عصبی! اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک هم در میوکارد وجود داشته و باعث افزایش یا کاهش ضربان قلب در حالت فعالیت یا استراحت می‌شوند.

x اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک که هر دو از اعصاب مرکزی **نودمنتار** هستند نیز در لایه اپی‌کارد و پری‌کارد وجود دارند.

+ **برون‌شامه یا اپی‌کارد:** این لایه متشکل از بافت پیوندی رشته‌ای و بافت پوششی سنگ‌فرشی است. در بخش بالایی قلب این لایه روی خود تا خورد و

پری‌کارد را به وجود می‌آورد. بنابراین ترتیب قرار گرفتن بافت‌های پیوندی و پوششی در آن **وارونه** می‌شود! بین این دو لایه فضایی پر از مایع وجود دارد.

(۲) **لایه‌ها و بافت‌های قلب:** لایه‌ها و بافت‌های تشکیل دهنده قلب از داخل به خارج عبارتند از:

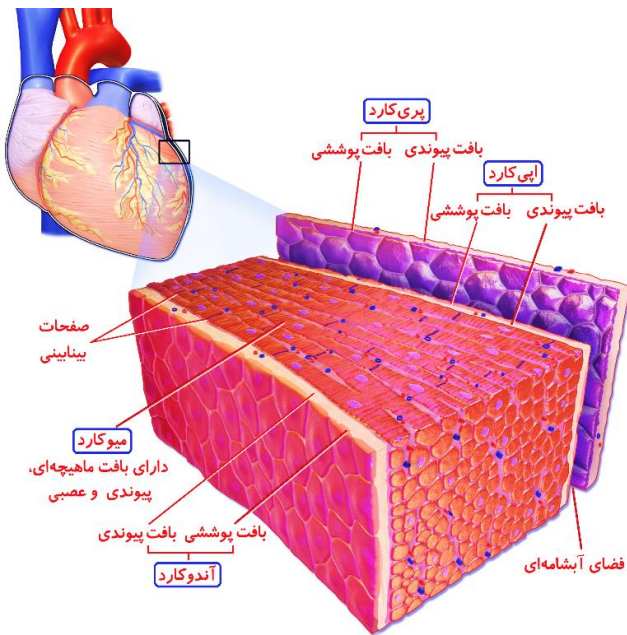
+ لایه درون‌شامه یا آندوکارد شامل بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده است و در زیر آن بافت پیوندی سست وجود دارد.

+ ماهیچه قلب یا میوکارد شامل بافت ماهیچه قلبی، بافت پیوندی رشته‌ای و بافت عصبی دارای رشته‌های عصبی است.

+ لایه برون‌شامه یا اپی‌کارد که دارای بافت پیوندی رشته‌ای و بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده است.

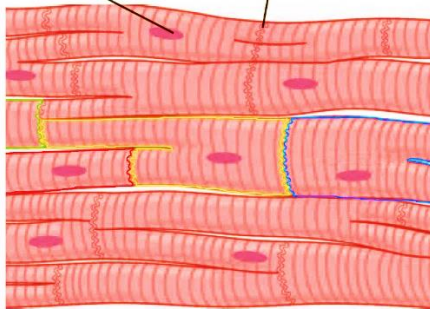
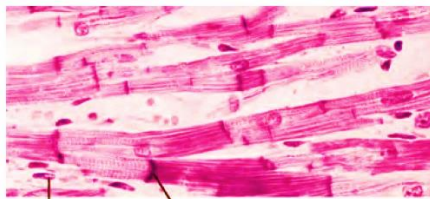
+ فضای آبشامه‌ای که بین لایه برون‌شامه و پیراشامه قرار دارد. این فضای حاوی مایعی است که باعث مقاقت و حرکت روان قلب می‌شود.

+ لایه پیراشامه یا پری‌کارد که از بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده و بافت پیوندی رشته‌ای تشکیل شده است. که جزء لایه‌های قلب محسوب نمی‌شود!



## ساختار ماهیچه قلب

ماهیچه قلبی، ترکیبی از ویژگی‌های ماهیچه اسکلتی و صاف دارد. همانند ماهیچه اسکلتی، دارای ظاهری **مخطط** است. از طرف دیگر همانند یاخته‌های ماهیچه صاف، به طور **غیر ارادی** منقبض می‌شوند. **بیشتر** یاخته‌های آن **یک هسته‌ای** و **بعضی** از آنها **دو هسته‌ای** اند. یکی از ویژگی‌های



یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب ارتباط آنها از طریق **صفحات بینابینی** (در هم رفته) است. این صفات باعث **افزایش** سطح تماس سلول‌ها با همدیگر می‌شود! ارتباط یاخته‌ای در این صفحات به گونه‌ای است که باعث می‌شود پیام **انقباض** و **استراحت** به **سرعت** بین یاخته‌های ماهیچه قلب **منتشر** شود و قلب در انقباض و استراحت مانند یک **توده یاخته‌ای واحد** عمل کند (شکل ۶). البته در محل **ارتباط** ماهیچه دهلیزها به ماهیچه بطن‌ها، **بافت پیوندی عایقی** وجود دارد که **مانع** از انقباض **هم‌زمان** دهلیزها و بطن‌ها می‌شود. در محل این بافت عایق، **قطب** دسته تار بافت هادی خارج شده از کره دوم عبور می‌کند!

### شکل ۶- ساختار ماهیچه قلب و ارتباط‌های یاخته‌ای آن

- (۱) هر سلول قلبی در امتداد **طولی** نمود از طریق دیواره **عرضی** نمود با سلول‌های دیگر ارتباط در هم رفته دارد.
- + بنابراین **نمی‌توان** گفت هر سلول قلبی با همه سلول‌های مجاور نمود دارای صفات بینابینی است!
- (۲) در فواصل بین سلولی نیز بافت پیوندی **رشته‌ای** و رشته‌های عصبی **سمپاتیک** و **پاراسمپاتیک** وجود دارند.
- + رشته‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک نیز مسئول تغییر **سریع** نمودن یا **کند** کردن ضربان‌های قلب هستند.
- (۳) رشته‌های کلاژن بافت پیوندی، **اسکلت فیبری** را می‌سازند که بیشتر سلول‌های قلبی بر روی آن **سوار** می‌شوند.

## شبکه هادی قلب

**بعضی** از یاخته‌های ماهیچه قلب (حدود یک درصد از آنها!) ویژگی‌هایی (فیزیولوژیک نه ظاهری!) دارند که آنها را برای **تحریک خود به خودی** قلب اختصاصی کرده است. پراکندگی این یاخته‌ها به صورت **شبکه‌ای** از **رشته‌ها** و **گره‌ها** در **بین** سایر یاخته‌های **میوکارد** است که به مجموع آنها **شبکه هادی قلب** می‌گویند. یاخته‌های این شبکه علاوه بر **ارتباط بین** نمود، با دیگر یاخته‌های ماهیچه قلبی ارتباط دارند. در این شبکه **پیام‌های الکتریکی** برای شروع انقباض ماهیچه قلبی **ایجاد** می‌شوند و به **سرعت** در همه قلب گسترش می‌یابند.

شبکه هادی قلب شامل **دو گره** و **دسته‌هایی** از تارهای تخصص یافته برای (۱) **ایجاد** و (۲) **هدایت سریع** جریان الکتریکی است.

**گره اول** یا **گره سینوسی** - **دهلیزی** در دیواره پستی دهلیز راست و زیر منفذ یا ورودی یا سینوس بزرگ سیاهرگ زبرین قرار دارد. این گره بزرگ‌تر و شروع کننده پیام‌های الکتریکی است، به همین دلیل به آن **پیشاهنگ** یا **ضربان‌ساز** می‌گویند.

**گره دوم** یا **گره دهلیزی-بطنی** در دیواره پستی دهلیز راست و در عقب دریچه سه لختی است. ارتباط بین این دو گره از طریق **رشته‌های شبکه هادی** (سه رشته!) انجام می‌شود که جریان الکتریکی ایجاد شده در گره پیشاهنگ را به گره دوم **منتقل** می‌کند. پس از گره دهلیزی-بطنی رشته‌هایی از بافت هادی که در **دیواره بین دو بطن** وجود دارند به **دو مسیر راست** و **چپ** تقسیم می‌شوند و جریان الکتریکی را در بطن‌ها **پخش** می‌کنند. در اینجا ابتدا **سرعت هدایت پیام کم**، سپس **زیاد** می‌شود! تا به دهلیزها فرصت انقباض داده شود. در نتیجه پیام الکتریکی به یاخته‌های ماهیچه قلبی منتقل می‌شود و بطن‌ها به طور هم‌زمان **منقبض** می‌شوند (شکل ۷).

شکل ۷- شبکه هادی قلب؛ این شبکه به رنگ سبز نمایش داده شده است. تحریک از A تا I ادامه دارد.

### نکاتی در مورد شبکه هادی قلب

- (۱) حدود یک درصد از سلول‌های ماهیچه قلب برای تحریک نمود به خودی قلب اختصاصی شده‌اند.
- (۲) پراکندگی این سلول‌ها به صورت شبکه‌ای از رشته‌ها و گره‌ها در **بین** سایر سلول‌هاست که به مجموع آنها شبکه هادی قلب می‌گویند.
- (۳) سلول‌های این شبکه با دیگر سلول‌های ماهیچه قلبی **ارتباط** دارند. در این شبکه پیام‌های الکتریکی برای شروع انقباض ماهیچه قلبی ایجاد می‌شوند و به سرعت در همه قلب گسترش می‌یابند.
- (۴) بخش‌های تشکیل دهنده شبکه هادی قلب:

+ **کره اول:** بزرگ‌تر به نام گره سینوسی - دهلیزی یا پیشاهنگ یا ضربان‌ساز واقع در دیواره پستی دهلیز راست و زیر منفذ (سینوس) بزرگ سیاهرگ زبرین

+ **کره دوم:** کوچک‌تر به نام گره دهلیزی-بطنی واقع در دیواره پستی دهلیز راست و در عقب دریچه سه لختی



+ **دسته تارهای ماهیچه‌ای** که ارتباط بین کره‌ها و بخش‌های دیگر قلب را برقرار می‌کنند.

x سه دسته! تار ماهیچه‌ای تخصص‌یافته که ارتباط بین دو کره را برقرار می‌کنند.

x دسته تار وارد شده به دهلیز چپ که در واقع یک **انشعاب** جدا شده از دسته تار سمت چپ بین دو کره است.

x دسته تار خارج شده از کره دوم یا کره دهلیزی - بطنی که وارد دیواره بین دو بطن شده و دو انشعاب یا دو مسیر پر انشعاب **راست** و **چپ** به وجود می‌آورد.

x دو انشعاب وارد شده به دیواره بطن‌ها که در **نوک قلب** انشعابات بیشتری پیدا نموده و به سمت بالا تا **صفحه عایق** بین دهلیزها و بطن‌ها پیش می‌روند.

- پس از برقراری جریان الکتریکی در بطن‌ها پیام الکتریکی به سلول‌های ماهیچه قلبی منتقل می‌شود و بطن‌ها به طور هم‌زمان منقبض می‌شوند.

(۵) دو کار مهم شبکه هادی قلب:

+ کره اول یا کره سینوسی - دهلیزی: مسئول **ایجاد پیام** الکتریکی در قلب است.

x قلب هم مانند لوله کوارش **مستقل** از دستگاه عصبی مرکزی کار می‌کند. در لوله کوارش سلول‌های عصبی و در قلب سلول‌های ماهیچه‌ای نقش دارند.

+ کره دوم یا کره دهلیزی - بطنی و دسته تارهای خارج شده از آنها: مسئول **هدایت سریع** جریان الکتریکی در قلب هستند.

## فعالیت

با توجه به شکل **بافت گرهی** (منظور همان شبکه هادی است!) در قلب، **اهمیت** دو مورد زیر را در کار قلب توضیح دهید:

۱- فرستادن پیام از گره دهلیزی - بطنی به درون بطن (یعنی از نقطه C به نقطه D)، با **فاصله زمانی** انجام می‌شود. در واقع سرعت هدایت پیام در دسته تار خارج شده از کره دوم **کم** و سپس در دو انشعاب یا دو مسیر راست و چپ سرعت **زیاد** می‌شود. این ویژگی باعث می‌شود **ابتدا** دهلیزها و سپس به دنبال آن با **فاصله زمانی** بطن‌ها منقبض شوند.

۲- انقباض بطن‌ها از قسمت **پایین** آنها شروع می‌شود و به سمت **بالا** ادامه می‌یابد. صروف نشان داده شده نمایانگر ترتیب تریک و انقباض هستند و فروچی بطن‌ها یعنی سرفرگ‌های **آئورت** و ششی در سمت **بالای** بطن‌ها واقع شده‌اند!

## چرخه ضربان قلب

قلب تقریباً در **هر ثانیه**، **یک ضربان** دارد و ممکن است در یک فرد با عمر متوسط در طول عمر، نزدیک به **سه میلیارد بار** منقبض شود، بدون این که مانند ماهیچه‌های اسکلتی بتواند استراحتی **پیوسته** داشته باشد. استراحت (**دیاستول**) و انقباض (**سیستول**) قلب را، که به طور **متناوب** انجام می‌شود، **چرخه** یا **دوره قلبی** می‌گویند. در هر چرخه، قلب با خون سیاهرگ‌ها **پر**، و سپس **منقبض** می‌شود و خون را به سراسر بدن می‌فرستد. در هر چرخه، این مراحل دیده می‌شود (شکل ۸).

۱- **استراحت عمومی**: تمام قلب در حال استراحت است. خون تیره **بزرگ سیاهرگ‌ها** وارد **دهلیز راست** و خون روشن **سیاهرگ‌های ششی** به **دهلیز چپ** وارد می‌شود. به دلیل **باز بودن** دریچه‌های دهلیزی - بطنی، **مقداری** خون هم وارد بطن‌ها می‌شود! دریچه‌های **سینی بسته** و دریچه‌های دو لختی و سه لختی **باز** هستند. بنابراین می‌توان گفت فشار خون دهلیزها از بطن‌ها **بیشتر** است، و فشار خون آئورت و سرفرگ‌های ششی هم از بطن‌ها **بیشتر** است. زمان: حدود  $0/4$  ثانیه

۲- **انقباض دهلیزی**: بسیار **زودگذر** است و **انقباض دهلیزها** صورت می‌گیرد و با انجام آن، بطن‌ها به **طور کامل** با خون پر می‌شوند. دریچه‌های **سینی بسته** و

دریچه‌های دو لختی و سه لختی **باز** هستند. بنابراین

می‌توان گفت فشار خون دهلیزها از بطن‌ها **بیشتر**

است، و فشار خون آئورت و سرفرگ‌های ششی هم

از بطن‌ها **بیشتر** است. زمان: حدود  $0/1$  ثانیه

۳- **انقباض بطنی**: **انقباض بطن‌ها** صورت

می‌گیرد و خون از طریق **سرخرگ‌ها** به همه

**قسمت‌های بدن** ارسال می‌شود. **برخلاف** دو مرحله

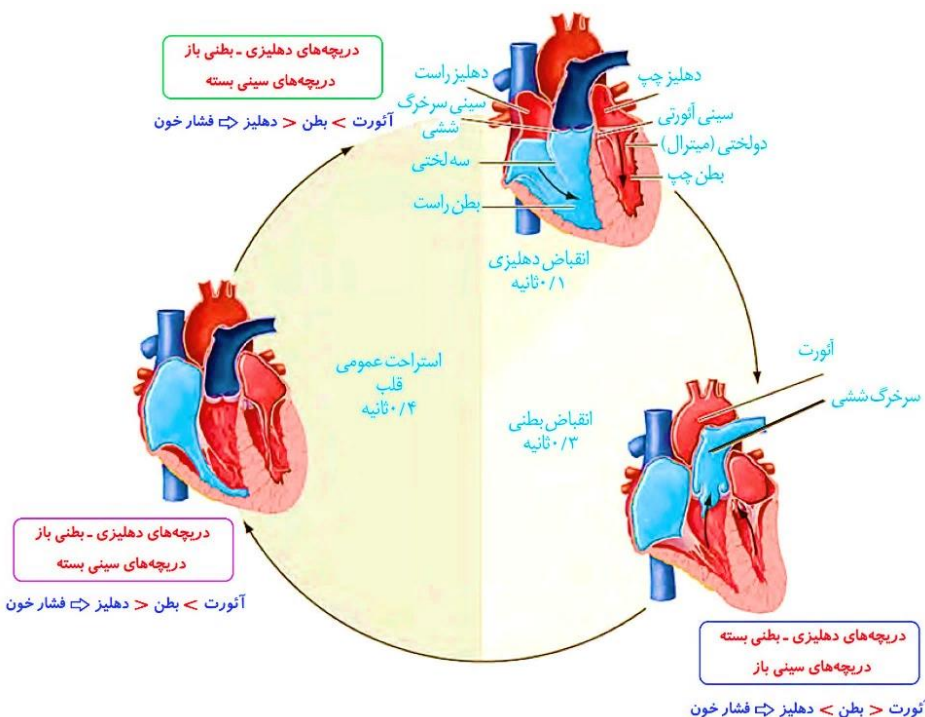
قبلی دریچه‌های **سینی باز** و دریچه‌های دو لختی و سه

لختی **بسته** هستند بنابراین می‌توان گفت فشار

خون بطن‌ها از دهلیزها **بیشتر** است، و فشار خون

بطن‌ها از آئورت و سرفرگ‌های ششی هم **بیشتر**

است. زمان: حدود  $0/3$  ثانیه



شکل ۸- مراحل چرخه ضربان قلب

با توجه به این که در پهنه‌های دهلیزی - بطنی همواره باز هستند به جز هنگام انقباض بطن‌ها و در پهنه‌های سینی همواره بسته هستند به جز هنگام انقباض بطن‌ها، به نظر می‌رسد این دو نوع دریچه هیچ‌گاه به طور هم‌زمان بسته و یا به طور هم‌زمان باز نباشند!

اما در واقع **مشاهدات تجربی** نشان داده است پس از شنیدن صدای اول قلب، که در پهنه‌های دهلیزی - بطنی بسته می‌شوند، در فاصله زمانی بسیار کوتاهی در پهنه‌های سینی هنوز بسته هستند. بنابراین **در شروع انقباض بطن‌ها هر چهار دریچه بسته هستند** در پایان انقباض بطن‌ها نیز در لظه کوتاهی که در پهنه‌های دهلیزی - بطنی هنوز بسته هستند، در پهنه‌های سینی هم بسته می‌شوند. بنابراین **در پایان انقباض بطن‌ها نیز هر چهار دریچه بسته هستند!** نکته مهم این که این چهار دریچه هیچ‌گاه هم‌زمان با هم باز نمی‌شوند!

جدول زیر موارد بالا را به اثبات می‌رساند. (در این جدول فشار خون بر اساس میلی‌متر جیوه و زمان بر حسب ثانیه است.)

دوره قلبی	زمان	فشار خون دهلیز چپ	فشار خون بطن چپ	فشار خون آئورت	وضعیت باز و بسته بودن دریچه‌ها
انقباض دهلیزها	۰.۱ - ۰	۱۰	< ۵	> ۸۰	دو لفتی باز - سینی بسته
انقباض بطن	۰.۱ - ۰.۱	۱۰	> ۵۰	> ۸۰	دو لفتی بسته - سینی بسته
	۰.۱۵ - ۰.۱	۱۰	> ۱۱۵	< ۱۱۵	دو لفتی بسته - سینی باز
	۰.۱۵ - ۰.۱۵	۵	> ۶۰	> ۸۰	دو لفتی بسته - سینی بسته

### فعالیت

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

الف) در هر مرحله از چرخه قلبی، وضعیت دریچه‌های قلبی را بررسی، و باز یا بسته بودن آنها را مشخص کنید.

**استراحت عمومی:** دریچه‌های سینی بسته و دریچه‌های دو لفتی و سه لفتی باز

**انقباض دهلیزی:** دریچه‌های سینی بسته و دریچه‌های دو لفتی و سه لفتی باز

**انقباض بطنی:** دریچه‌های سینی باز و دریچه‌های دو لفتی و سه لفتی بسته

ب) با توجه به زمان‌های مشخص شده در چرخه قلبی، تعداد ضربان طبیعی قلب را در دقیقه محاسبه کنید. در هر دقیقه ۷۵ بار

$$۶۰ / ۰.۸ = ۷۵$$

### برون‌ده قلبی

حجم خونی که در هر انقباض بطنی از یک بطن (یا چپ یا راست) خارج و وارد سرخرگ (یا آئورت یا ششی) می‌شود، **حجم ضربه‌ای** نامیده می‌شود. اگر این مقدار را در تعداد ضربان قلب در دقیقه ضرب کنیم، **برون‌ده قلبی** به دست می‌آید. برون‌ده قلبی متناسب با سطح فعالیت بدن تغییر می‌کند و عواملی مانند سوخت و ساز پایه بدن، مقدار فعالیت بدنی، سن و اندازه بدن، در آن مؤثر است. میانگین برون‌ده قلبی در بزرگسالان در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است.

### فعالیت

گفتیم که برون‌ده قلبی در بزرگسالان، در حالت استراحت حدود پنج لیتر در دقیقه است. با توجه به تعداد ضربان قلب در دقیقه، **حجم ضربه‌ای**

را بر حسب میلی‌لیتر محاسبه کنید. حدود ۷۰ میلی‌لیتر

$$۵۰۰۰ / ۷۵ = ۶۶.۶۷$$

نکته مهم: هر بطن پس از انقباض دهلیز، حدود ۱۲۰ میلی‌لیتر خون دریافت می‌کند. پس از انقباض بطن، حدود ۷۰ میلی‌لیتر خون، از بطن خارج شده و ۵۰ میلی‌لیتر دیگر در درون آن باقی می‌ماند.

### نوار قلب چه می‌گوید؟

شاید تا به حال **نوار قلب** یا الکتروکاردیوگرام کسی را دیده باشید. **منحنی** رسم شده، نشانگر چیست؟ این منحنی فعالیت الکتریکی سلول‌های ماهیچه‌ای قلب را به صورت موج‌هایی بر روی کاغذ یا صفحه مانیتور ثبت می‌کند.

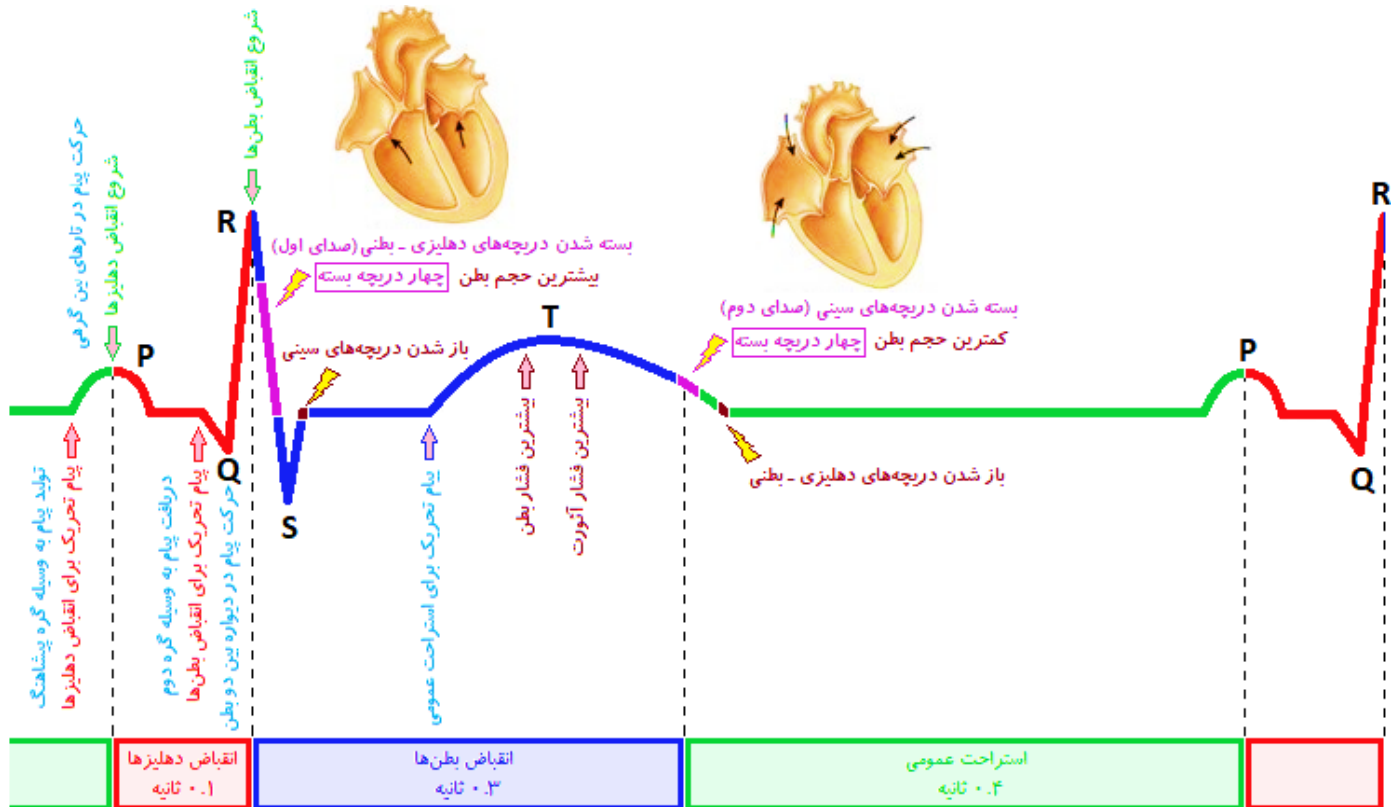
این منحنی به وسیله دستگاهی به نام الکتروکاردیوگراف رسم می‌شود و این روش را الکتروکاردیوگرافی می‌گویند.

یاخته‌های ماهیچه قلبی در هنگام چرخه ضربان قلب، **فعالیت الکتریکی** را نشان می‌دهند. در واقع جریان الکتریکی ایجاد شده در یکی از سلول‌های کره پیشاهنگ باعث برقراری جریان الکتریکی در کل قلب شده و در نهایت سبب انقباض قلب می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم جریان الکتریکی ایجاد شده ابتدا از کره پیشاهنگ به دهلیزها و سپس به کره دهلیزی - بطنی و در نهایت به دیواره بین دو بطن و بقیه قسمت‌های بطن منتقل می‌شود. جریان الکتریکی حاصل از فعالیت ماهیچه قلب را می‌توان در نقاط مختلفی از **سطح پوست بدن** دریافت و به صورت **نوار قلب** ثبت کرد.

نوار قلب شامل سه موج P، QRS و T است (شکل ۹). فعالیت الکتریکی دهلیزها به شکل موج P و فعالیت الکتریکی بطنها به شکل موج QRS ثبت می‌شود. انقباض هر یک از این بخش‌ها، اندکی پس از شروع فعالیت الکتریکی آن بخش است. موج T اندکی پیش از پایان یافتن انقباض بطنها و بازگشت آنها به حالت استراحت ثبت می‌شود.

امواج نوار قلب

موج P: اندکی پیش از انقباض دهلیزها مشاهده می‌شود. در واقع انقباض دهلیزها در قله موج P آغاز می‌شود.  
 موج QRS: اندکی پیش از انقباض بطنها مشاهده می‌شود. در واقع انقباض بطنها در قله موج QRS آغاز می‌شود.  
 موج T: اندکی پیش از پایان یافتن انقباض بطنها و بازگشت آنها به حالت استراحت عمومی ثبت می‌شود.  
 بررسی تغییراتی که در نوار قلب رخ می‌دهد، می‌تواند به متخصصان در تشخیص بیماری‌های قلبی کمک کند.



شکل ۹- نوار قلب

در این شکل تمام اتفاقاتی که در طول یک دوره قلبی رخ می‌دهد را بر روی نمودار نوار قلب نشان داده‌ایم.

هر دوره قلبی شامل دو بخش است:

بخش اول (سیستول) یا انقباض که ۰.۱ ثانیه به طول انجامیده و خود به دو بخش تقسیم می‌شود: انقباض دهلیزها ۰.۰۵ ثانیه و انقباض بطنها ۰.۰۵ ثانیه

بخش دوم (دیاستول) یا استراحت عمومی که این هم ۰.۴ ثانیه به طول می‌انجامد.

بدیهی است سیستول دهلیزی ۰.۰۵ و دیاستول دهلیزی ۰.۰۷ ثانیه به طول می‌انجامد. هم‌پنین سیستول بطنی ۰.۰۵ و دیاستول بطنی ۰.۰۵ ثانیه طول می‌کشد.



در دستگاه گردش خون انسان، سه نوع رگ **نونی**! در شبکه‌ای مرتبط به هم با حدود یکصد هزار کیلومتر! وجود دارد. این شبکه، که از **قلب** شروع می‌شود و پس از عبور از بافت‌ها با به **قلب** باز می‌گردد، از **سرخ‌رگ‌ها**، **مویرگ‌ها** و **سیاهرگ‌ها** تشکیل شده است.

معمولاً مویرگ‌ها، در یک طرف **نود** با **سرخ‌رگ** و در طرف دیگر **نود** با **سیاهرگ** در تماس هستند!

**سرخ‌رگ** ⇌ **مویرگ** ⇌ **سیاهرگ**

**سرخ‌رگ‌ها** و **سیاهرگ‌های** عمومی به ترتیب **نون روشن** و **نون تیره** و **سرخ‌رگ‌ها** و **سیاهرگ‌های** **ششی** و **بفش جنینی** به ترتیب **نون تیره** و **نون روشن** دارند.

### گردش نون عمومی

**بطن چپ** ⇌ **سرخ‌رگ آئورت** ⇌ **سرخ‌رگ‌های کوچک** ⇌ **مویرگ‌های بافت‌ها** ⇌ **سیاهرگ‌های کوچک** ⇌ **بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و برین** ⇌ **دهلیز راست**

### گردش نون ششی و بفش جنینی

**بطن راست** ⇌ **سرخ‌رگ ششی** ⇌ **سرخ‌رگ‌های کوچک** ⇌ **مویرگ‌های شش‌ها** ⇌ **سیاهرگ‌های کوچک** ⇌ **سیاهرگ‌های ششی (پهار عدد)** ⇌ **دهلیز چپ**

استثنائاتی نیز در گردش نون انسان وجود دارند:

### استثنائات موجود در بدن انسان

#### ۱) در گردش نون کبد

در دو طرف **مویرگ‌های کبدی**، **سیاهرگ‌های باب کبدی** و **فوق کبدی** با **نون تیره** وجود دارند.

**بطن چپ** ⇌ **سرخ‌رگ آئورت** ⇌ **سرخ‌رگ‌های کوارش** ⇌ **مویرگ‌ها** ⇌ **سیاهرگ‌های کوچک** ⇌ **سیاهرگ باب کبدی** ⇌ **مویرگ‌های کبد** ⇌ **سیاهرگ فوق کبدی**

⇌ **بزرگ سیاهرگ زیرین** ⇌ **دهلیز راست**

#### ۲) در هیپوفیز پیشین

در **بفش پیشین هیپوفیز** نیز وضعیتی مشابه **کبد** وجود دارد.

**بطن چپ** ⇌ **سرخ‌رگ آئورت** ⇌ **سرخ‌رگ هیپوتالاموس** ⇌ **مویرگ‌های هیپوتالاموس** ⇌ **سیاهرگ باب هیپوفیز** ⇌ **مویرگ‌های هیپوفیز پیشین** ⇌ **سیاهرگ ثروچی**

⇌ **بزرگ سیاهرگ زیرین** ⇌ **دهلیز راست**

#### ۳) در نفرون‌های کلیه

در دو طرف شبکه **لواک مویرگ** یا **گلوبول (کلافک)** موجود در **نفرون** هم **سرخ‌رگ‌های آوران** و **وایران** با **نون روشن** وجود دارد.

**بطن چپ** ⇌ **سرخ‌رگ آئورت** ⇌ **سرخ‌رگ آوران** ⇌ **مویرگ‌های شبکه اول مویرگی (کلافک)** ⇌ **سرخ‌رگ وایران** ⇌ **شبکه دوم مویرگی (دور لوله‌ای)** ⇌ **سیاهرگ‌های کلیه** ⇌ **بزرگ سیاهرگ زیرین** ⇌ **دهلیز راست**

### استثنائات موجود در جانوران

#### در گردش نون ماهی

در دستگاه گردش نون ماهی نیز در دو طرف **مویرگ‌های آبششی**، **سرخ‌رگ شکمی** با **نون تیره** و **سرخ‌رگ پشتی** با **نون روشن** وجود دارد.

**بطن** ⇌ **مفروض سرخرگی** ⇌ **سرخ‌رگ شکمی (آئورت شکمی)** ⇌ **سرخ‌رگ‌های ورودی آبشش‌ها** ⇌ **مویرگ‌های آبشش‌ها** ⇌ **سرخ‌رگ‌های خروجی (ز آبشش‌ها)**

⇌ **سرخ‌رگ پشتی (آئورت پشتی)** ⇌ **سرخ‌رگ‌های عمومی** ⇌ **مویرگ‌های عمومی** ⇌ **سیاهرگ‌های عمومی** ⇌ **سیاهرگ شکمی** ⇌ **سینوس سیاهرگی** ⇌ **دهلیز**

**ساختار** هر یک از این رگ‌ها متناسب با **کاری** است که انجام می‌دهد (رابطه ساختار و کار). دیواره همه سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از **سه لایه اصلی** تشکیل

شده است (شکل ۱۰).

این لایه‌ها از داخل به خارج عبارتند از:

۱) **لایه داخلی** آنها بافت پوششی **سنگ‌فرشی** است که در زیر آن، **غشای پایه** قرار گرفته است.

+ **غشای پایه** شامل رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی! است.

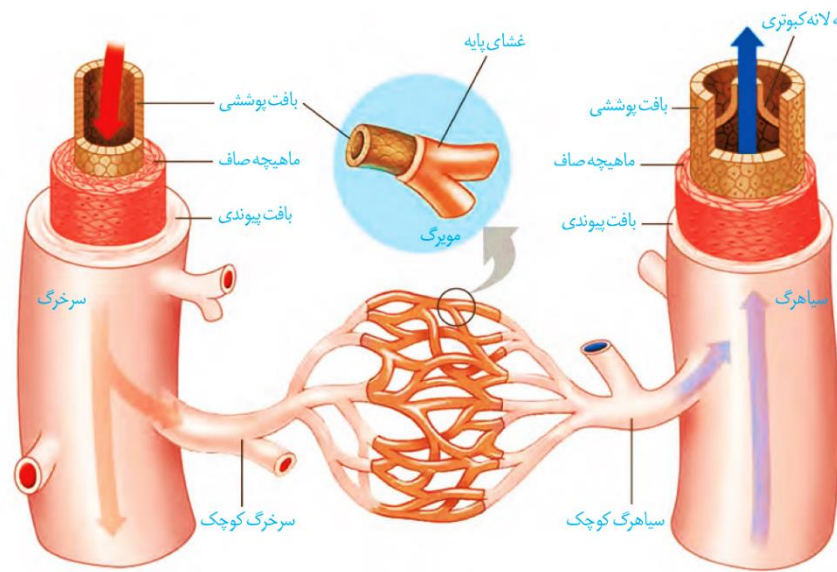
۲) **لایه میانی** آن، **ماهیچه‌ای صاف** است که همراه این لایه رشته‌های **کشسان (الاستیک)** زیادی از بافت پیوندی! وجود دارد.

+ در **لایه‌های سلول‌های ماهیچه‌ای صاف** واقع در لایه میانی، سلول‌های پراکنده پیوندی، ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی کشسان هم مشاهده می‌شوند.

۳) **آخرین لایه**، بافت **پیوندی** است که **لایه خارجی** آنها را می‌سازد.

+ **بدیهی** است در این لایه نیز سلول‌های پراکنده پیوندی، ماده زمینه‌ای و رشته‌های پروتئینی هم وجود دارند.

اگرچه ساختار پایه‌ای سرخرگ‌ها با سیاهرگ‌ها شباهت دارد، ضخامت لایه‌های ماهیچه‌ای و پیوندی در سرخرگ‌ها بیشتر است تا بتوانند فشار زیاد وارد شده از سوی قلب را تحمل و هدایت کنند. به همین دلیل بیشتر سرخرگ‌ها در برش عرضی، گرد دیده می‌شوند، در حالی که سیاهرگ‌های هم‌اندازه آنها، دیواره‌ای نازک‌تر دارند و حفره داخل آنها بزرگ‌تر است. نکته مهم این‌که بیشترین مقدار خون بدن در درون سیاهرگ‌ها واقع شده است! در عین حال، بسیاری از سیاهرگ‌ها به عنوان مثال سیاهرگ‌های دست و پا دریچه‌هایی دارند که جهت حرکت خون را یک طرفه می‌کنند.



این دریچه‌ها را دریچه‌های لانه کبوتری می‌گویند. در ساختار این دریچه‌ها فقط بافت پوششی سنگ‌فرشی یافت می‌شود. بنابراین عاملی که باعث باز و بسته شدن آنها می‌شود طرز قرار گرفتن و اختلاف فشار خون در دو طرف آنهاست.

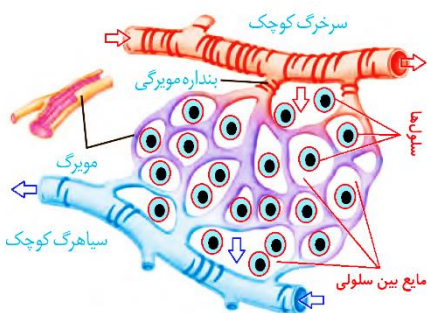
شکل ۱۰. مقایسه انواع رگ‌های خونی و ساختار آنها

بر اساس شکل کتاب

(۱) ضخامت لایه میانی و بیرونی در سرخرگ‌ها بسیار بیشتر از سیاهرگ‌هاست.

(۲) دریچه‌های لانه کبوتری فقط از یک لایه سلول سنگ‌فرشی تشکیل شده‌اند و در ساختار آنها هیچ گونه سلول ماهیچه‌ای و پیوندی وجود ندارد.

مویرگ‌ها فقط یک لایه بافت پوششی سنگ‌فرشی همراه با غشای پایه دارند. این ساختار با وظیفه آنها که تبادل مواد بین خون و مایع میان‌بافتی است، هماهنگی دارد. در دیواره مویرگ‌ها لایه ماهیچه‌ای وجود ندارد ولی در ابتدای بعضی از آنها حلقه‌های ماهیچه‌ای از جنس ماهیچه صاف واقع شده که میزان جریان خون در آنها را تنظیم می‌کند و به آن بنداره مویرگی می‌گویند. اگرچه تنظیم اصلی جریان خون در مویرگ‌ها بر اساس نیاز بافت به اکسیژن و مواد مغذی با تنگ و گشاد شدن سرخرگ‌های کوچک انجام می‌شود که قبل از مویرگ‌ها قرار دارند (شکل ۱۱).



بنابراین می‌توان گفت تنظیم جریان خون در بافت‌ها به وسیله دو نوع ماهیچه صاف انجام می‌شود:

(۱) تنظیم اولیه: بنداره مویرگی که به صورت یک تلقه در ابتدای برنی از مویرگ‌ها وجود دارد.

(۲) تنظیم اصلی: ماهیچه‌های صاف موجود در لایه میانی سرخرگ‌ها کوچک که تنظیم اصلی را انجام می‌دهد.

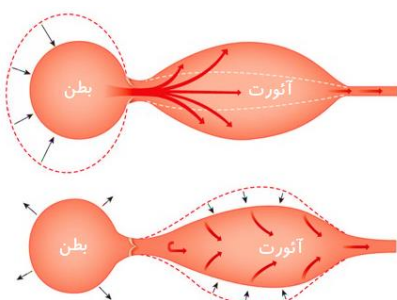
+ نکته مهم: مقدار رشته‌های کشسان در سرخرگ‌های کوچک (مانند سرخرگ‌های آوران و وایرانت کلیه) بسیار کم است بنابراین در مقابل جریان خون از خود مقاومت نشان داده و تقریباً فاقد نبض هستند!

شکل ۱۱. ساختار مویرگ و بنداره مویرگی

## سرخرگ‌ها

همان طور که می‌دانید سرخرگ‌ها دو وظیفه مهم بر عهده دارند: (۱) آنها خون را از قلب خارج می‌کنند و به بافت‌های بدن می‌رسانند. (۲) علاوه بر این باعث حفظ پیوستگی جریان خون و هدایت آن در این رگ‌ها می‌شوند. دیواره سرخرگ به دلیل دارا بودن رشته‌های پروتئینی کشسان در لایه میانی خود قدرت کشسانی زیادی دارد. دیواره کشسان سرخرگ‌ها باعث به وجود آمدن نبض در طول آنها می‌شود از طرفی به واسطه این خاصیت می‌تواند فشار خون ماکزیمم و مینیمم را در طول سرخرگ‌ها دنبال نمود.

وقتی بطن منقبض می‌شود، ناگهان مقدار زیادی خون از آن به درون سرخرگ پمپ می‌شود (فشار خون ماکزیمم). سرخرگ‌ها در این حالت به علت دارا بودن رشته‌های کشسان فراوان موجود در لایه میانی خود گشاد می‌شوند تا خون رانده شده از بطن را در خود جای دهند. در هنگام استراحت بطن یعنی وقتی که دیگر خونی از قلب خارج نمی‌شود، دیواره کشسان سرخرگ‌ها به حالت اولیه باز می‌گردد و خون را با فشار به جلو می‌رانند (فشار خون مینیمم). این فشار مینیمم باعث (۱) هدایت خون در رگ‌ها و (۲) پیوستگی جریان خون در هنگام استراحت قلب می‌شود. تغییر حجم سرخرگ، به دنبال هر انقباض بطن، به صورت یک موج در طول سرخرگ‌ها پیش می‌رود و به صورت نبض احساس می‌شود.



دو عامل جلو برنده خون در رگ‌ها


عامل اول: انقباض ماهیچه قلب یا میوکارد که فشار ماکزیمم را به وجود می‌آورد (بالا).

عامل دوم: خاصیت کشسانی دیواره سرخرگ آئورت هنگام استراحت که فشار مینیمم را به وجود می‌آورد (پایین).

در سرخرگ‌های کوچک‌تر (مانند سرخرگ‌های آوران و وایرات کلیه)، میزان رشته‌های کشسان، کمتر و میزان ماهیچه‌های صاف، بیشتر است. این ساختار باعث می‌شود با ورود خون، قطر این رگ‌ها تغییر زیادی نکند و در برابر جریان خون مقاومت کنند. میزان این مقاومت در زمان انقباض ماهیچه 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 مزیت آن چیست؟ این ویژگی باعث می‌شود تا در صورت ایجاد جراحت، دچار خون‌ریزی کمتری شویم.

می‌دانید فشار خون، نیرویی است که از سوی خون بر دیواره رگ وارد می‌شود و ناشی از انقباض دیواره بطن‌ها (فشار ماکزیمم) یا ناصیت کشسانی دیواره سرخرگ‌ها (فشار مینیمم) 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.



### اندازه‌گیری فشار خون

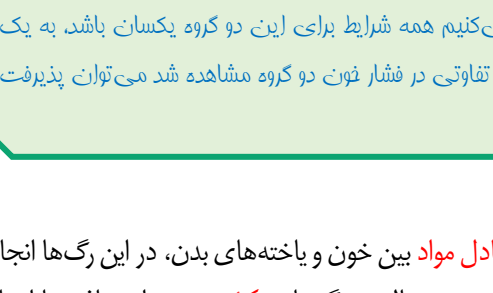
دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار خون انواع زیادی دارند، از جمله عقربه‌ای و جیوه‌ای که انواع رقمی (دیجیتال) هم به آنها اضافه شده است. یکی از انواع آن را به کلاس بیابوید و با کمک معلم خود فشار خون هم کلاسان را اندازه‌گیری کنید. در این دستگاه‌ها ابتدا باید وارد کردن هوا به درون کیسه لاستیکی، مسیر جریان خون در سرخرگ‌ها قطع شود. سپس با کم کردن فشار درون این کیسه، جریان خون برقرار شده و با صدا در طول سرخرگ حرکت می‌کند. این فشار همان فشار ماکزیمم است. زمانی که صدا قطع شد دوباره فشار را می‌توانیم، این فشار نیز فشار مینیمم است.

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

در یک فرد سالم و معمولی، فشار ماکزیمم بین ۱۱۰ تا ۱۴۰ و فشار مینیمم بین ۷۰ تا ۹۰ میلی‌متر جیوه است. فشار خون پایین: به فشار ماکزیمم کمتر از ۱۱۰ گفته می‌شود و در بعضی افراد ممکن است ناشی از فقر غذایی یا بی‌نظمی در کارکرد غدد تیروئید یا فوق کلیه باشد. فشار خون بالا: به فشار خون ماکزیمم بیشتر از ۱۴۰ و فشار مینیمم بیشتر از ۹۰ گفته می‌شود. این عارضه می‌تواند به قلب فشار وارد کند و ماهیچه قلب به طور زودرس به مرحله فرسودگی برسد یا در بافت پوششی رگ‌ها شکاف‌هایی ایجاد کند که احتمال رسوب مواد و بستن رگ‌ها را افزایش دهد.

#### مقایسه فشار ماکزیمم و مینیمم

- ۱) فشار ماکزیمم یا بیشینه: فشار وارد شده از طرف دیواره بطن چپ به خون است و به هنگام سیستول بطنی مشاهده می‌شود. فشار ماکزیمم نتیجه انقباض ماهیچه قلب یا میوکارد است.
  - ۲) فشار مینیمم یا کمینه: نیز فشار وارد شده از طرف دیواره سرخرگ آئورت به خون بوده و به هنگام دیاستول بطنی قابل مشاهده است. فشار مینیمم نیز نتیجه ناصیت کشسانی لایه میانی سرخرگ آئورت است.
- عوامل مختلفی می‌تواند روی فشار خون تأثیر بگذارد، از جمله: چاقی، تغذیه نامناسب به ویژه مصرف چربی و نمک زیاد، دخانیات، استرس (فشار روانی) و سابقه خانوادگی.



### فعالیت

در مورد این که آیا نوشیدن قهوه بر افزایش فشار خون 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. در دو گروه از افراد این پژوهش را دنبال می‌کنیم. سعی می‌کنیم همه شرایط برای این دو گروه یکسان باشد. به یک گروه قهوه به عنوان نوشیدنی می‌خورانیم. پس از مدتی فشار خون هر دو گروه را اندازه‌گیری می‌کنیم. اگر تفاوتی در فشار خون دو گروه مشاهده شد می‌توان پذیرفت که «نوشیدن قهوه» بر افزایش «فشار خون» تأثیر مستقیم دارد.

### مویرگ‌ها

سرخرگ‌های کوچک به مویرگ‌هایی منتهی می‌شوند که کوچک‌ترین رگ‌های بدن هستند. تبادل مواد بین خون و باخته‌های بدن، در این رگ‌ها انجام می‌شود. دیواره نازک و جریان خون کند، امکان تبادل مناسب مواد را در مویرگ‌ها فراهم می‌کند. در عین حال مویرگ‌ها شبکه وسیعی را در بافت‌ها ایجاد می‌کنند به طوری که فاصله بیشتر باخته‌های بدن (نه همه آنها!) تا مویرگ‌ها حدود ۰/۰۲ میلی‌متر (۲۰ میکرومتر) است. این فاصله کم، مبادله سریع مولکول‌ها را از طریق انتشار، آسان‌تر می‌کند.



با توجه به موارد بالا می‌توان گفت همه سلول‌های بدن به طور مستقیم با مویرگ‌ها در ارتباط نیستند. البته بعداً خواهیم دید که برخی از بافت‌ها و اندام‌های بدن مانند بافت پوششی، عدسی و قرنیه چشم و ... کلاً فاقد رگ فونی هستند!

دیواره مویرگ‌ها، فقط از یک لایه یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساخته شده است و ماهیچه صاف ندارد. سطح بیرونی مویرگ‌ها را غشای پایه یعنی رشته‌های پروتئینی و کلیکو پروتئینی، احاطه می‌کند و نوعی صافی برای محدود کردن عبور مولکول‌های بسیار درشت به وجود می‌آورد. همان‌طور که می‌دانیم، مواد حاصل از گوارش لیپیدها نمی‌توانند وارد مویرگ‌ها شوند. این مواد وارد مویرگ‌های لنفی می‌شوند. مویرگ‌های بدن در سه گروه قرار می‌گیرند:

**الف) مویرگ‌های پیوسته:** در مویرگ‌های پیوسته یاخته‌های بافت پوششی با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند، هر چند بین آنها فاصله اندکی وجود دارد. چنین مویرگ‌هایی به عنوان مثال در دستگاه عصبی مرکزی یعنی مغز و نخاع (سد فونی - مغزی و سد فونی - نخاعی) یافت می‌شوند که ورود و خروج مواد در آنها به شدت تنظیم می‌شود (شکل ۱۲ - الف).

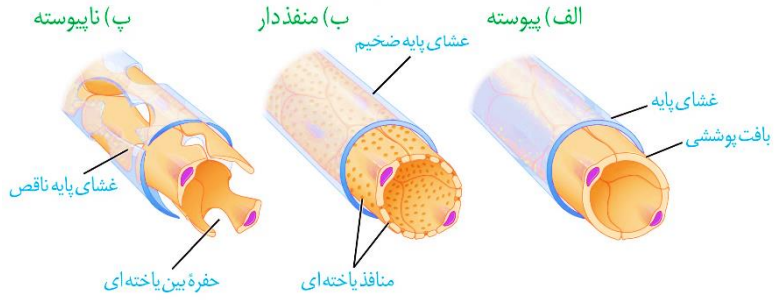
+ مواد برای عبور از این مویرگ‌ها از فاصله اندک بین دو یا چند سلول پوششی عبور می‌کنند.

**ب) مویرگ‌های منفذدار:** در واقع سلول‌های پوششی موجود در دیواره مویرگ‌های منفذدار همانند گروه قبلی با همدیگر ارتباط تنگاتنگی دارند ولی منافذ فراوانی در غشای سلول‌های پوششی دارند. غشای پایه در این مویرگ‌ها ضخیم است که، عبور مولکول‌های درشت مثل پروتئین‌ها را محدود می‌کند (شکل ۱۲ - ب). این مویرگ‌ها به عنوان مثال در کلافک یا کولمرا کلیه، غدد درون‌ریز و روده یافت می‌شوند.

+ مواد برای عبور از این مویرگ‌ها از لوله‌ها یا منافذ یک سلول پوششی عبور می‌کنند.

**ج) مویرگ‌های ناپیوسته:** در مویرگ‌های ناپیوسته فاصله یاخته‌های بافت پوششی در برخی از نقاط آن قدر زیاد است که به صورت حفره‌هایی در دیواره مویرگ دیده می‌شود (شکل ۱۲ - ج). چنین مویرگ‌هایی به عنوان مثال در جگر، طحال و مغز قرمز استخوان یافت می‌شوند. در این مویرگ‌ها غشای پایه به صورت ناقص قابل مشاهده است.

+ مواد برای عبور از این مویرگ‌ها از فاصله زیاد بین دو یا چند سلول پوششی عبور می‌کنند.



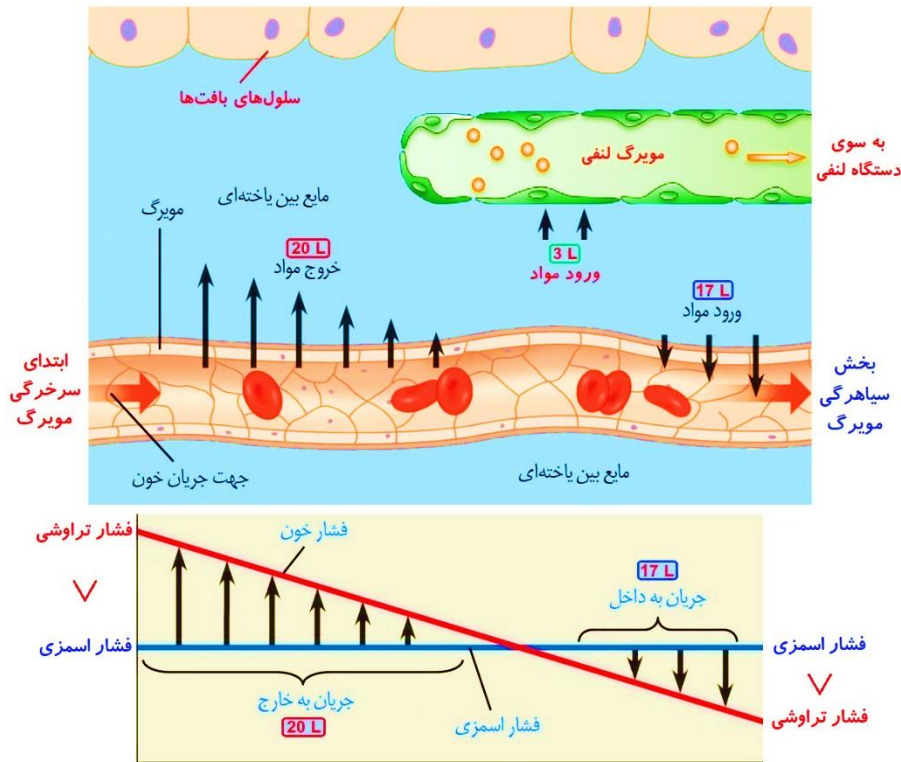
شکل ۱۲- انواع مویرگ

**فعالیت**  
**پیوسته بودن مویرگ‌ها در مغز و ناپیوسته بودن آنها در جگر چه مزیتی دارد؟**  
 در دستگاه عصبی مرکزی فقط مواد خاصی مانند اکسیژن، گلوکز و آمینواسید از خون وارد بافت مغز و نخاع می‌شوند. در کبد، طحال و مغز قرمز استخوان فاصله بین سلول‌ها آن قدر زیاد است که حتی سلول‌های فونی تولید شده هم از آن عبور می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم، در کبد و طحال، گلبول‌های قرمز پیر و فرسوده از مویرگ‌ها خارج شده و به وسیله ماکروفاژهای موجود در این اندام‌ها از بین می‌روند. در مغز استخوان نیز سلول‌های ساخته شده در این اندام می‌توانند از طریق مویرگ‌های ناپیوسته وارد خون شوند.

### تبادل مواد در مویرگ‌ها

تبادل مواد بین خون و بافت‌ها در مویرگ‌ها انجام می‌شود. مولکول‌های مواد از دو مسیر کلی وارد مویرگ شده یا از آن خارج می‌شوند: مسیر اول) این مولکول‌ها ممکن است از غشای یاخته‌های پوششی مویرگ و از طریق فرایندهایی مانند انتشار ساده، اسمز، انتشار تسهیل شده، انتقال فعال و یا حتی از طریق پدیده‌های آندوسیتوز و اگزوسیتوز عبور کنند. مسیر دوم) مولکول‌ها از لابه‌لای سلول‌های سنگ‌فرشی دیواره مویرگ‌ها یعنی از فاصله‌های بین این یاخته‌ها عبور کنند. همان‌طور که می‌دانیم در طول مویرگ‌ها، فشار خون به تدریج کاهش می‌یابد ولی فشار اسمزی به دلیل عدم خروج پروتئین‌های پلاسما تقریباً ثابت می‌ماند. در ابتدای سرخرگی مویرگ، فشار خون که به آن فشار تراوشی می‌گویند و ناشی از انقباض میوکارد است و ATP مصرف می‌کند نسبت به فشار اسمزی بیشتر است، باعث خروج مواد از مویرگ می‌شود. در اینجا بخشی از خونابه به جز مولکول‌های درشت از مویرگ خارج و به بافت وارد می‌شوند. در نتیجه

خروج خوناب، فشار اسمزی درون مویرگ نسبت به فشار تراوشی به تدریج افزایش می‌یابد؛ به طوری که در **بخش سیاهرگی مویرگ**، فشار اسمزی درون مویرگ از فشار تراوشی **بیشتر** است، در نتیجه آب همراه با مولکول‌های متفاوت از جمله مواد دفعی یاخته‌ها، **وارد** مویرگ می‌شوند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- تبادل مواد در مویرگ‌ها

کمبود پروتئین‌های خون با کاهش فشار اسمزی پلاسما و (۱۲) افزایش فشار خون درون سیاهرگ‌ها می‌تواند سرعت بازگشت مایعات از بافت به خون را کاهش دهد. در نتیجه، **بخش‌هایی** از بدن، متورم می‌شوند که به این حالت «**خیز**» یا «**ادم**» می‌گویند. مصرف زیاد نمک و مصرف کم مایعات نیز هر دو با افزایش فشار خون یا فشار تراوشی می‌توانند منجر به خیز شوند. در هر دو مورد اذیت، هورمون ضد ادراری آب را در بدن معیوس می‌کند.

#### عوامل ایجاد کننده ادم یا خیز

به طور کلی هرگاه مقدار مواد خارج شده از مویرگ‌های نونی از مقدار بازگشتی به مویرگ‌های نونی و لنفی بیشتر باشد «ادم» اتفاق می‌افتد. عوامل زیادی در ایجاد این عارضه مؤثر هستند، اما می‌توان آنها را به دو دسته تقسیم نمود:

**دسته اول** عواملی که باعث افزایش خروج مایعات از مویرگ به فضای بین سلولی می‌شوند:

- (۱) مصرف زیاد نمک در رژیم غذایی با افزایش فشار خون یا فشار تراوشی
- (۲) مصرف کم مایعات در رژیم غذایی با افزایش فشار خون یا فشار تراوشی
- (۳) آسیب دیدن دیواره مویرگ‌های نونی با نشست شدید مواد از آنها

**دسته دوم** عواملی که مانع از بازگشت مایعات از فضای بین سلولی به درون مویرگ می‌شوند:

- (۱) کمبود پروتئین‌های پلاسما با کاهش فشار اسمزی خون
- (۲) افزایش فشار خون درون سیاهرگ‌ها در نتیجه افزایش فشار خون
- (۳) ممانعت از بازگشت مواد به داخل مویرگ‌های نونی و لنفی با مسدود شدن آنها

**نکته یالب:** به هنگام ادم هم‌پنانه مانند حالت عادی روابط بین فشار تراوشی و فشار اسمزی در ابتدای سرخرگی و بخش سیاهرگی مویرگ یکسان و به صورت زیر است:

فشار اسمزی > فشار تراوشی

- در ابتدای سرخرگی مویرگ ⇐

فشار تراوشی > فشار اسمزی

- در بخش سیاهرگی مویرگ ⇐

#### سیاهرگ‌ها

همان طور که در شکل ۱۰ دیدید، سیاهرگ‌ها با داشتن فضای داخلی وسیع و دیواره‌ای با مقاومت کمتر، می‌توانند **بیشتر حجم خون** را در خود جای دهند. باقیمانده فشار سرخرگی باعث **ادامه** جریان خون در سیاهرگ‌ها می‌شود اما به علت کاهش شدید فشار خون و جهت حرکت خون در سیاهرگ‌ها که در **بیشتر** آنها به سمت بالا است لازم است عواملی (سه عامل زیر) به جریان خون در سیاهرگ‌ها کمک کند.

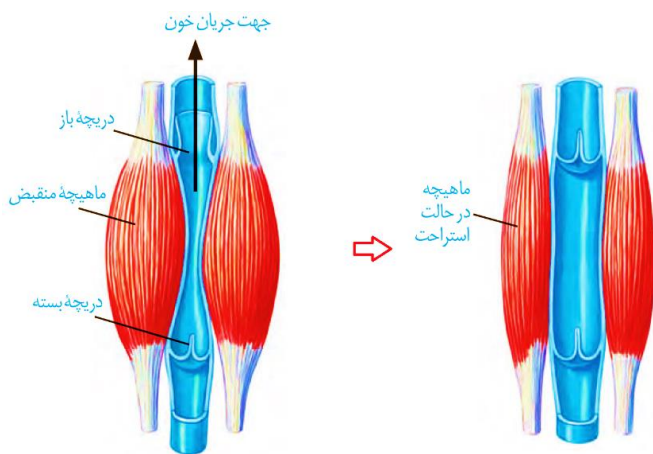
**نکته بسیار مهم:** هر سه نوع ماهیچه قلبی، اسکلتی و صاف در حرکت خون در رگ‌ها نقش دارند!

+ عامل اول) **تلمبه ماهیچه 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 میان‌بند به سیاهرگ‌های مجاور خود فشاری وارد می‌کنند که باعث حرکت خون در سیاهرگ به سمت قلب می‌شود (شکل ۱۴). در دست و پا، دریچه‌های لانه کبوتری مکمل این تلمبه هستند. به هنگام استراحت ماهیچه اسکلتی، دریچه‌های مجاور آن بسته هستند.

+ عامل دوم) **دریچه‌های لانه کبوتری**: این دریچه‌ها فقط! در سیاهرگ‌های دست و پا وجود داشته، جریان خون را یک طرفه و به سمت بالا هدایت می‌کنند. در هنگام انقباض هر ماهیچه در سیاهرگ مجاور آن، دریچه‌های بالایی، باز و دریچه‌های پایینی، بسته می‌شوند (شکل ۱۴).

+ عامل سوم) **فشار مکشی قفسه سینه**: این فشار به هنگام وقوع فرایند دم به وجود می‌آید، که قفسه سینه باز می‌شود. این اتفاق در زمان انقباض ماهیچه‌های دیافراگم و بین دنده‌ای خارجی که دنده‌ها به سمت بالا حرکت می‌کنند و جناغ به سمت جلو رانده می‌شود اتفاق می‌افتد. در این حالت فشار از روی سیاهرگ‌های نزدیک قلب برداشته می‌شود و درون آنها فشار مکشی ایجاد می‌شود که خون را به سمت بالا می‌کشد. به عبارت دیگر به هنگام وقوع فرایند دم که فشار قفسه سینه و فشار مایع جنب بسیار کاهش می‌یابد، نوعی فشار منفی یا مکش ایجاد می‌کند که این مکش باعث ورود خون بیشتر از بزرگ سیاهرگ‌ها به درون دهلیز راست قلب می‌شود.

### حرکت خون در سیاهرگ‌ها



۱) عامل اصلی یا ادامه حرکت خون در سیاهرگ‌ها:

+ این امر ناشی از باقیمانده فشار خون سرخرگی است.

۲) عوامل کمک کننده به جریان خون در سیاهرگ‌ها:

+ سه عامل به این امر کمک می‌کنند.

x تلمبه ماهیچه اسکلتی

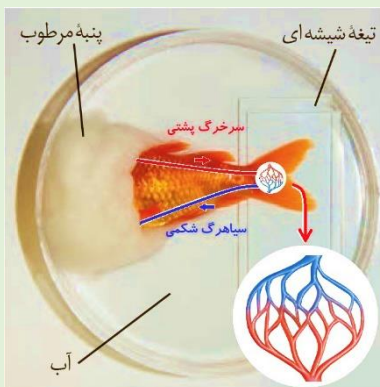
x دریچه‌های لانه کبوتری

x فشار مکشی قفسه سینه

شکل ۱۴- تلمبه ماهیچه اسکلتی و عملکرد دریچه‌های لانه کبوتری

### فعالیت

#### مشاهده گردش خون در باله دمی ماهی



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

- با توجه به معکوس بودن تصویر در میکروسکوپ، چگونه می‌توانید سرخرگ و سیاهرگ را در باله دمی، تشخیص دهید؟ همان طور که می‌دانیم سرخرگ در بالا و سیاهرگ در پایین دم قرار گرفته است، با توجه به معکوس بودن تصویر میکروسکوپ، می‌بایست رگ بالایی را سیاهرگ و رگ پایینی را سرخرگ در نظر بگیریم. یادآوری: تصویر در میکروسکوپ نوری معمولی از هر دو جهت معکوس و وارونه است. به عنوان مثال حرف F

در زیر آن به صورت d دیده می‌شود!

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

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

### دستگاه لنفی

دستگاه لنفی در کنار دستگاه گردش خون فعالیت می‌کند و شامل لنف، رگ‌های لنفی، مجاری لنفی، گره‌های لنفی و اندام‌های لنفی است.

**نکته پالشی**: بر اساس کتاب، گره‌های لنفی اندام لنفی متسوب نمی‌شوند! اندام‌های لنفی عبارتند از: لوزه‌ها، تیموس، طحال، آپاندیس و مغز استخوان

دستگاه لنفی سه کار مهم انجام می‌دهد:

۱) کار اصلی آن، تصفیه و بازگرداندن آب و مواد دیگری است که از مویرگ‌ها به فضای میان‌بافتی نشت پیدا می‌کنند و به مویرگ‌ها برنمی‌گردند (سه لیتر!). نشت این مواد در جریان ورزش و بعضی بیماری‌ها، افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند و باعث بروز ادم می‌شود! لنف مایعی تشکیل شده از مواد مختلف و گویچه‌های سفید است.



۱۲) کار دیگر دستگاه لنفی، **انتقال چربی‌های** جذب شده از دیواره روده باریک به خون است. همان‌طور که می‌دانیم مواد حاصل از گوارش لیپیدها نمی‌توانند وارد مویرگ‌های ثونی شوند. این مواد وارد مویرگ‌های لنفی واقع در درون پرزهای روده باریک می‌شوند. مویرگ‌های لنفی به هم ملحق شده و وارد رگ‌های لنفی می‌شوند. این رگ‌ها در نهایت به یکدیگر ادغام شده و مبرای لنفی **چپ** و **راست** را به وجود می‌آورند. این دو مبر را نیز در ناحیه سینه، متوتیات خود را به سیاهرگ‌های زیرترقوه‌ای چپ و راست می‌ریزند. این سیاهرگ‌ها هم به بزرگ سیاهرگ زیرین متصل هستند.

۱۳) همچنین کار **سوم** و مهم دستگاه لنفی از بین بردن **میکروب‌های بیماری‌زا** و **یاخته‌های سرطانی** است. این کار دستگاه لنفی در سال بعد بررسی می‌شود. لنف بعد از عبور از مویرگ‌ها، گره‌های لنفی و رگ‌های لنفی از طریق **دو رگ بزرگ لنفی** به نام **مجرای لنفی** به سیاهرگ‌های زیرترقوه‌ای چپ و راست واقع در ناحیه سینه می‌ریزد. بنابراین، لنف پس از **تصفیه شدن** به دستگاه گردش خون **برمی‌گردد** (شکل ۱۵).

**لوزه‌ها، تیموس، طحال، آپاندیس و مغز قرمز استخوان** اندام‌های لنفی نامیده می‌شوند. پس می‌توان گفت هر سه فرایند تولید، بلوغ و فعال شدن لنفوسیت‌ها در اندام‌های لنفی اتفاق می‌افتد!

### نکاتی در مورد دستگاه لنفی

#### رگ‌های لنفی

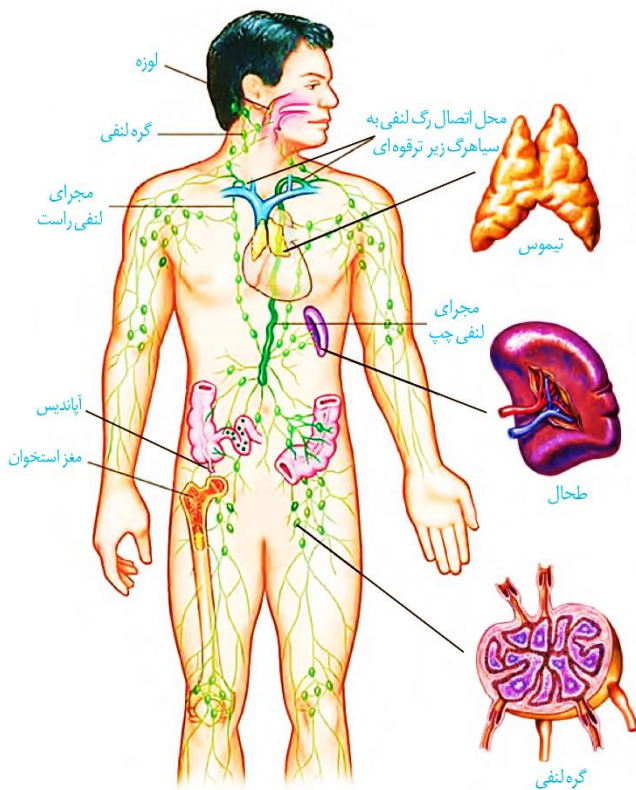
- ۱) درون رگ‌های لنفی در پیه‌هایی برای یک طرفه کردن جریان لنف وجود دارد. این در پیه‌ها با دریچه‌های لانه کبوتری قابل مقایسه هستند.
- ۲) رگ‌های بزرگ لنفی یا همان مبرای لنفی دو عدد بوده و از ناحیه شکم تا سینه امتداد می‌یابند.
- ۳) مبرای لنفی چپ **ظورت‌تر** و **طویل‌تر** از مبرای لنفی راست است.
- ۴) در طول مبرای لنفی راست بر خلاف مبرای لنفی چپ، تعدادی **گره لنفی** وجود دارد!

#### گره‌های لنفی

- ۵) گره‌های لنفی در همه جای بدن یافت شده ولی در محل مفاصل **زانو، کشاله ران، مویز شکم، زیر بغل، گردن** و **ناحیه آرنج** بیشتر وجود دارند.
- ۶) هر گره لنفی از دو سمت خود با چندین رگ لنفی در تماس است. **تعداد بیشتری** رگ لنفی ورودی به ناحیه پشتی آن وارد و **تعداد کمتری** رگ لنفی خروجی از ناحیه شکمی یا ناف آن خارج می‌شوند.

#### نکاتی در مورد بخش‌های دیگر دستگاه لنفی

- ۷) طحال در سمت چپ **مفره شکم** و بالای **کلیه** چپ قرار گرفته است.
- ۸) یک **سرفرگ** ثون را به طحال وارد نموده و در محل **ناف منشعب** می‌شود. تعدادی سیاهرگ کوچک نیز ثون را از طحال خارج نموده و در محل **ناف** به هم **ملحق** شده **سیاهرگ طحال** را می‌سازند.
- ۹) در **طول** استخوان ران **مغز زرد** مشاهده می‌شود. در حالی‌که در **سر** متصل به لگن **مغز قرمز** وجود دارد.
- ۱۰) تیموس در ناحیه **سینه** و در جلوی قلب واقع شده است. این اندام **دو لوب** داشته و ظاهری شبیه به پروانه یا پاپیون دارد.
- ۱۱) لوزه‌ها در انتهای **مفره دهان** و در مجاورت زبان کوچک واقع شده‌اند.



شکل ۱۵- اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون

### تنظیم دستگاه گردش خون

در دوره جنینی، قلب همانند لوله گوارش **قبل** از شکل گرفتن دستگاه عصبی به وجود آمده است. بنابراین فعالیت این اندام هم مستقل از دستگاه عصبی است. تا زمانی که مواد غذایی و اکسیژن به قلب برسد، شبکه **هادی قلب** به واسطه گره پیشاهنگ یا ضربان‌ساز، ضربان‌های منظمی را ایجاد می‌کند. اما **افزایش** یا **کاهش** تعداد این ضربان‌ها تحت تأثیر عوامل دیگری انجام می‌شود که در زیر به برقی از آنها می‌پردازیم. همان‌طور که می‌دانیم گره ضربان‌ساز، به صورت ذاتی و **ثویدیه‌ثودی**، تکانه‌های **منظمی** را **ایجاد** و در قلب **منتشر** می‌کند تا چرخه ضربان قلب به طور منظم **تکرار** شود. در حالت **عادی** این ضربان و برون‌ده قلبی ناشی از آن، نیاز **اکسیژن** و **مواد مغذی** اندام‌های بدن را برطرف می‌کند. اما در هنگام **فعالیت ورزشی** یا در حالت **استراحت**، برون‌ده قلب باید **تغییر** یابد. این تنظیم‌ها با سازوکارهای **مختلفی** انجام می‌شود:

+ **نقش دستگاه عصبی خودمختار:** افزایش و کاهش فعالیت قلب متناسب با شرایط، به وسیله اعصاب دستگاه عصبی خودمختار انجام می‌شود. مرکز هماهنگی این اعصاب در **بصل النخاع و پل مغزی** و در **نزدیکی** مرکز تنظیم تنفس قرار دارد و **همکاری** این مراکز، نیاز بدن به مواد مغذی و اکسیژن را در شرایط خاص به خوبی تأمین می‌کند. در واقع به هنگام **فعالیت**، اعصاب **سمپاتیک** و در هنگام **استراحت**، اعصاب **پاراسمپاتیک** فعال شده و تعداد ضربان‌های قلب را به ترتیب **افزایش** یا **کاهش** می‌دهند.

+ **نقش دستگاه درون‌ریز یا هورمون‌ها:** وقتی در **فشار روانی** مثل **نگرانی**، **ترس** و **استرس** امتحان قرار می‌گیریم، ترشح **بعضی هورمون‌ها** از غدد درون‌ریز مثل **فوق کلیه**، افزایش می‌یابد. این هورمون‌ها مثلاً با اثر بر **قلب**، **ضربان قلب** و **فشار خون** را افزایش می‌دهند. در واقع بدن انسان به فشارها و نامایمات سه گونه پاسخ می‌دهد:

(۱) پاسخ **آنی و سریع:** این کار به وسیله اعصاب **سمپاتیک** انجام می‌گیرد.

(۲) پاسخ **کوتاه‌مدت:** این کار به وسیله **بشش مرکزی** غده فوق کلیه و با ترشح **هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین** صورت می‌گیرد.

(۳) پاسخ **دیرپا و طولانی‌مدت:** این کار به وسیله **بشش قشری** غده فوق کلیه و با ترشح **هورمون‌های کورتیزول و آلدوسترون** اتفاق می‌افتد.

+ **تنظیم موضعی جریان خون در بافت‌ها:** افزایش **کربن دی‌اکسید**، با تأثیر بر روی ماهیچه‌های صاف و اسفنجی‌های مویرگی و در نهایت با به **استراحت** در آوردن ماهیچه‌های صاف و **گشاد کردن** سرخرگ‌های کوچک میزان جریان خون را در آنها **افزایش** می‌دهد.

+ **نقش گیرنده‌های مسی در حفظ فشار سرخرگی:** گیرنده‌های مکانیکی **حساس به فشار خون**، گیرنده‌های شیمیایی **حساس به کمبود اکسیژن** و گیرنده‌های **حساس به افزایش کربن دی‌اکسید** و **افزایش یون هیدروژن** واقع در دیواره **سرخرگ‌ها** پس از تحریک، به مراکز عصبی پیام **مسی** می‌فرستند تا پس از ارسال پیام حرکتی اعصاب **ثوتمتار**، **فشار سرخرگی** در حد **طبیعی** حفظ، و نیازهای بدن در شرایط **خاص** تأمین شود.

خون، نوعی بافت پیوندی است که به طور منظم و یک طرفه در رگ‌های خونی جریان دارد و دارای دو بخش است:

(۱) پلاسما یا خوناب که حالت مایع دارد.

(۲) بخش یاخته‌ای که گویچه‌های قرمز، گویچه‌های سفید و گرده (پلاکت)ها را شامل می‌شود.

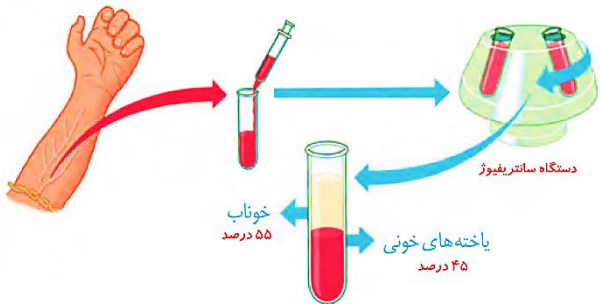
در واقع گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها در حد فاصل بین این دو بخش قرار می‌گیرند، اما بر اساس کتاب، می‌بایست آنها را جز بخش سلولی به حساب آورد.

اگر مقداری از خون را گریزانه (سانتریفیوژ) کنیم، دو بخش خون از هم جدا

می‌شوند و می‌توان درصد هر کدام از آنها را مشخص کرد. معمولاً در فرد سالم و بالغ

۵۵ درصد حجم خون را خوناب (پلاسما) و ۴۵ درصد را بخش یاخته‌ای تشکیل

می‌دهد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- بخش‌های خون پس از گریزانه

در این عمل مواد بر اساس چگالی از یکدیگر جدا می‌شوند. مواد کم‌چگال با سرعت کمتر، در بالای

لوله و مواد پرچگال با سرعت بیشتر در کف لوله جمع می‌شوند.

از کارهای خون، (۱) انتقال مواد غذایی، (۲) انتقال اکسیژن، (۳) انتقال کرین دی‌اکسید، (۴) انتقال هورمون‌ها و (۵) انتقال مواد دیگر است. خون (۶) ارتباط شیمیایی بین همه! یاخته‌های بدن را امکان‌پذیر می‌سازد و به (۷) تنظیم دمای بدن و (۸) یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند. همچنین در (۹) ایمنی و دفاع در برابر عوامل خارجی نقش اساسی دارد و (۱۰) در هنگام خون‌ریزی، به کمک عواملی، از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کند.

همان‌طور که در بالا گفته شد، خون از دو بخش تشکیل شده است، پلاسما و بخش سلولی

### بخش اول: پلاسمای خون

بیش از ۹۰ درصد خوناب، (۱) آب است و بقیه آن را موادی مانند (۲) پروتئین‌ها، (۳) مواد غذایی، (۴) یون‌ها و (۵) مواد دفعی تشکیل می‌دهند. پروتئین‌های خوناب نقش‌های گوناگونی دارند از جمله حفظ فشار اسمزی خون، انتقال مواد، تنظیم pH، انعقاد خون و ایمنی بدن. به عنوان مثال آلبومین، فیبرینوژن و گلوبولین‌ها از پروتئین‌های خوناب‌اند. 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. تنظیم pH توسط گلوبولین‌های پلاسما و هموگلوبین موجود در سیتوپلاسم گلبول‌های قرمز انجام می‌شود.

### برخی از پروتئین‌های خون

برخی از آنها به صورت متلول در پلاسما و برخی در درون گلبول‌ها یا سطح غشای آنها قرار دارند.

### (الف) پروتئین‌های متلول در پلاسما

- + آلبومین: کار آن حفظ فشار اسمزی خون و انتقال بعضی از داروها مانند پنی‌سیلین است.
- + پروترومبین: این نوع پروتئین بر اثر فعالیت آنزیم پروترومبیناز به ترومبین تبدیل می‌شود. ترومبین نیز در ایجاد لخته خون نقش دارد.
- + فیبرینوژن: در فرآیند انعقاد خون بر اثر فعالیت ترومبین به فیبرین تبدیل می‌شود. رشته‌های فیبرین باعث ایجاد لخته خون در خون‌ریزی‌های شدید می‌شوند.
- + گلوبولین‌ها: این مواد همانند پادتن‌ها در ایمنی بدن و مبارزه با عوامل بیماری‌زا نقش دارند. هم‌چنین در تنظیم pH خون هم نقش دارند.
- + آنتی‌بادی‌ها: همان پادتن‌ها هستند. این پروتئین‌ها به وسیله لنفوسیت‌های نوع B ساخته شده و در دفاع اختصاصی نقش دارند.
- + پروتئین‌های مکمل: موادی که بعد از پیوستن به یکدیگر، در غشای سلول‌های بیگانه منافذی ایجاد نموده و بنابراین در ایمنی غیر اختصاصی نقش دارند.

### (ب) پروتئین‌های موجود در سیتوپلاسم گلبول‌ها

- + هموگلوبین: همان‌طور که می‌دانیم این پروتئین در سیتوپلاسم گلبول‌های قرمز یافت شده و کار اصلی آن انتقال گازهای تنفسی است.
- + کریستیک‌انیدراز: نوعی آنزیم که در سیتوپلاسم گلبول‌های قرمز یافت شده و کرین دی‌اکسید را به یون بیکربنات تبدیل می‌کند.

### (ج) پروتئین‌های موجود در سطح غشای گلبول‌ها

- + پروتئین D: واقع بر سطح غشای گلبول‌های قرمز که وجود آن باعث پدید آمدن گروه خونی مثبت می‌شود!
  - + گیرنده‌های آنتی‌ژنی: واقع بر سطح غشای لنفوسیت‌ها که به هنگام دفاع اختصاصی، با آنتی‌ژن‌ها رابطه مکرملی برقرار می‌کنند.
- وجود یون‌های پتاسیم و سدیم در خوناب، اهمیت زیادی دارد؛ چون در فعالیت یاخته‌های بدن نقش کلیدی دارند. یکی از مهم‌ترین نقش‌های یون‌های سدیم و پتاسیم، ایجاد پتانسیل الکتریکی در سلول‌ها به ویژه در نورون‌هاست.



بخش دوم خون شامل **گویچه‌های قرمز**، **گویچه‌های سفید** و **گرده‌ها** هستند که دو گروه اول، یاخته‌های خونی کامل و گرده‌ها، قطعاتی از یاخته‌های بزرگ‌تر به نام **مکاکاریوسیت‌ها** هستند. در یک **فرد بالغ**، تولید یاخته‌های خونی و گرده‌ها در **مغز قرمز استخوان** (نوعی اندام لنفی!) انجام می‌شود. البته در **دوران جنینی**، علاوه بر مغز قرمز استخوان، یاخته‌های خونی و گرده‌ها در اندام‌های دیگری مثل **کبد** و **طحال** نیز ساخته می‌شوند.

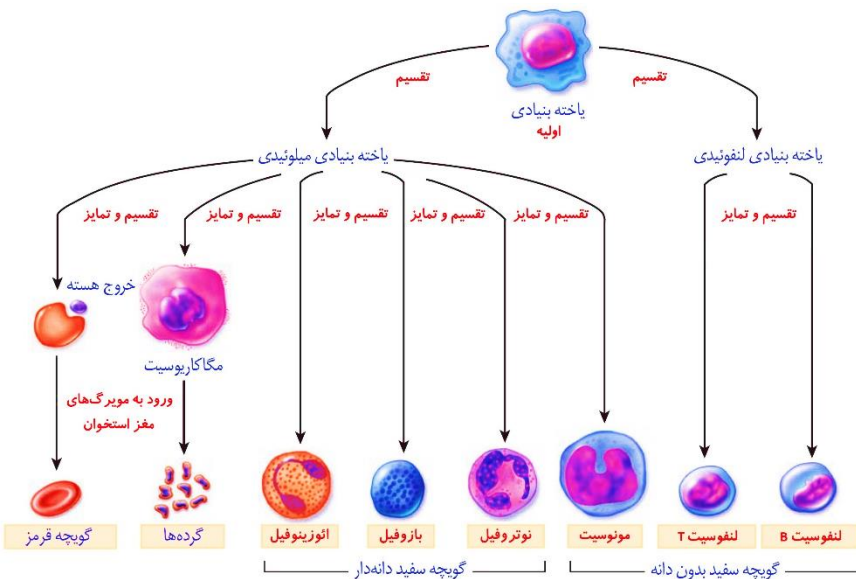
در مغز استخوان **یاخته‌های بنیادی** وجود دارند که با تقسیمات **میتوز** خود، این بخش خون را تولید می‌کنند. یاخته‌های بنیادی مغز استخوان، یاخته‌هایی

هستند که توانایی **تقسیم و تولید** چندین نوع یاخته (تمایز) را دارند. ابتدا این یاخته‌ها تقسیم می‌شوند و **دو نوع** یاخته بنیادی دیگر را **ایجاد** می‌کنند:

یاخته‌های نوع اول، یاخته‌های بنیادی **لنفونیدی** که در جهت تولید **لنفوسیت‌های B و T** عمل می‌کنند.

یاخته‌های نوع دوم، یاخته‌های بنیادی **میلونیدی** که منشأ بقیه یاخته‌های خونی شامل **کلبول‌های قرمز** و **سفید** و **گرده‌ها** هستند (شکل ۱۷).

شکل ۱۷- تولید بخش یاخته‌ای و گرده‌ها توسط یاخته‌های بنیادی مغز استخوان



### نکاتی در مورد تولید بخش سلولی خونی

- ۱) در مغز استخوان حداقل سه نوع سلول بنیادی وجود دارد! سلول‌های بنیادی نوع اول فقط **تقسیم** می‌شوند! انواع دیگر علاوه بر تقسیم، **دچار تمایز** می‌شوند.
- ۲) خروج هسته از کلبول‌های قرمز در فرایندی مشابه **اکروسیتوز** در مغز استخوان انجام می‌شود. پس کلبول قرمز مستقیماً از سلول‌های بنیادی به وجود نمی‌آید!
- ۳) مکاکاریوسیت‌ها در مغز استخوان قرار داشته و تکه‌هایی از آنها به نام **پلاکت** از طریق فتره‌های موجود در مویرگ‌های **ناپوسته** به درون خون راه پیدا می‌کنند.
- ۴) از لحاظ اندازه، مونوسیت‌ها **درشت‌ترین** و لنفوسیت‌ها **ریزترین** کلبول‌های سفید موجود در خون هستند. لنفوسیت‌ها قدرت تقسیم خود را حفظ می‌کنند!
- ۵) مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها در سیتوپلاسم خود فاقد دانه‌اند، در حالی‌که نوتروفیل‌ها، بازوفیل‌ها و ائوزینوفیل‌ها دارای دانه هستند.

### یاخته‌های خونی قرمز

در انسان بیش از **۹۹ درصد** یاخته‌های خونی را **گویچه‌های قرمز** تشکیل می‌دهند که به خون، ظاهری **قرمز رنگ** می‌دهند. این یاخته‌ها **کروی** شکل بوده از دو طرف، حالت **فرورفته** دارند، و در هنگام تشکیل در مغز استخوان، ابتدا **هسته** خود را از دست می‌دهند و سپس **سیتوپلاسم** آنها از هموگلوبین پر شده و در نهایت از طریق مویرگ‌های ناپوسته موجود در مغز قرمز استخوان، وارد خون می‌شوند (شکل ۱۸).

نسبت **حجم گویچه‌های قرمز خون** به **حجم خون** که به صورت درصد بیان می‌شود، **خون‌بهر (هماتوکریٹ)** گفته می‌شود.

نقش اصلی گویچه‌های قرمز، **انتقال گازهای تنفسی (هم اکسیژن و هم کربن دی‌اکسید)** است. متوسط عمر گویچه‌های قرمز **۱۲۰ روز** است. تقریباً یک



**درصد** از گویچه‌های قرمز، روزانه **تخریب** و باید **جایگزین** شوند. تخریب یاخته‌های خونی قرمز **آسیب‌دیده** و **مرده** به وسیله **ماکروفاژهای موجود 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 دوباره** گویچه‌های قرمز مورد استفاده قرار می‌گیرد. **آمینواسیدهای آن** نیز در ساخت مجدد پروتئین مورد استفاده قرار می‌گیرند و «گروه هم» آن نیز به **بیلی‌روبین** و **بیلی‌وردین** تبدیل می‌شود.

شکل ۱۸- یاخته‌های خونی قرمز

### فعالیت

به نظر شما چرا در انسان و بسیاری از پستانداران، گویچه‌های قرمز، **هسته** و **بیشتر اندام‌های خود را از دست می‌دهند**؟ تا بتوانند مقدار بیشتری هموگلوبین را در خود جای دهند.

چرا غشای گویچه‌های قرمز در دو طرف، **حالت فرورفته** دارد؟ تا بتوانند از مویرگ‌های باریک به راحتی عبور کنند.

**محصور بودن** هموگلوبین در غشای گویچه‌های قرمز چه اهمیتی دارد؟ چون در این صورت باعث بالا رفتن فشار اسمزی خون می‌شود. هم‌پنین این مولکول در پلاسما بیشتر تیزه می‌شود.

برای ساخته شدن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان، علاوه بر وجود (I) آهن، (II) ویتامین «B<sub>12</sub>» و (III) فولیک اسید نیز لازم است. فولیک اسید، نوعی ویتامین از خانواده B است که برای تقسیم طبیعی یاخته‌ای همه سلول‌ها! لازم است. کمبود آن باعث می‌شود یاخته‌های بنیادی به ویژه در مغز استخوان، تکثیر نشوند و تعداد گویچه‌های قرمز کاهش یابد.

(I) سبزیجات با برگ سبز تیره، (II) حبوبات، (III) گوشت قرمز و (IV) جگر از منابع آهن و فولیک اسیدند. کارکرد صحیح فولیک اسید به وجود ویتامین «B<sub>12</sub>» وابسته است. این ویتامین فقط در غذاهای جانوری وجود دارد. البته در روده بزرگ مقداری ویتامین «B<sub>12</sub>» به وسیله میکروب‌ها تولید می‌شود. تنظیم تولید گویچه‌های قرمز: اگرچه تولید گویچه‌های قرمز به وجود (I) آهن، (II) فولیک اسید و (III) ویتامین «B<sub>12</sub>» وابسته است؛ در بدن ما تنظیم میزان گویچه‌های قرمز، به ترشح هورمونی به نام اریتروپوئین بستگی دارد. این هورمون همواره توسط گروه ویژه‌ای از یاخته‌های پراکنده موجود در کلیه و کبد که از بقیه سلول‌های این دو اندام متمایز هستند! به درون خون ترشح می‌شود و روی سلول‌های بنیادی مغز استخوان اثر می‌کند تا سرعت تولید گویچه‌های قرمز را زیاد کند. این هورمون به طور طبیعی به مقدار کم ترشح می‌شود تا کاهش معمولی تعداد گویچه‌های قرمز را جبران کند. اما هنگام کاهش مقدار اکسیژن خون، مقدار این هورمون افزایش می‌یابد که این حالت در کم‌خونی، بیماری‌های تنفسی و بیماری‌های قلبی، ورزش‌های طولانی یا قرار گرفتن در ارتفاعات، ممکن است رخ دهد.

### فعالیت

شاید برگه‌های جواب آزمایش خون را دیده باشید. در این برگه‌ها اطلاعات زیادی در مورد یاخته‌ها و ترکیبات خون وجود دارد. یکی از این برگه‌ها را بررسی کنید و با توجه به آن، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- تعداد طبیعی هر یک از یاخته‌های خونی (کلبول‌های سفید WBC و کلبول‌های قرمز RBC) و گرده‌ها (PLT) را در واحد اندازه‌گیری میکرولیتر (μL) مشخص کنید.

مقدار WBC: ۴۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ در هر میکرولیتر خون      مقدار RBC: ۵.۰۰۰.۰۰۰ تا ۵.۰۰۰.۰۰۰ در هر میکرولیتر خون      مقدار PLT: ۲۵۰.۰۰۰ تا ۴۰۰.۰۰۰ در هر میکرولیتر خون

۲- میزان انواع لیپیدهایی را که در آزمایش خون سنجیده می‌شود؛ مشخص کنید.

تری‌گلیسرید: کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر      کلسترول: کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر

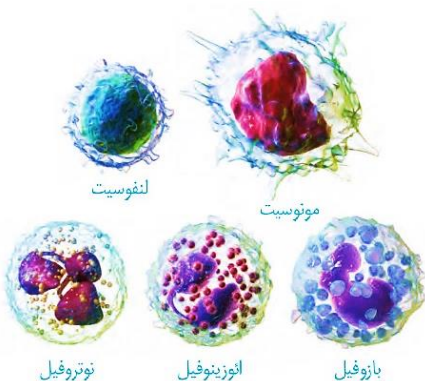
HDL: بیشتر از ۶۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر      LDL: کمتر از ۱۳۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر

۳- گفتیم که روزانه تقریباً یک درصد گویچه‌های قرمز تخریب می‌شود. با توجه به تعداد RBC اگر حجم کل خون ما پنج لیتر باشد، روزانه چه تعداد از این یاخته‌ها تخریب می‌شوند و باید جایگزین شوند؟ هر لیتر ۱.۰۰۰.۰۰۰ میکرولیتر است. پس کل خون، ۵.۰۰۰.۰۰۰ میکرولیتر است و در هر میکرولیتر هم حدود ۵.۰۰۰.۰۰۰ کلبول قرمز وجود دارد. بنابراین در کل خون ۲۵.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ کلبول قرمز وجود دارد. یک درصد کل کلبول‌های قرمز هم حدود ۲۵۰.۰۰۰.۰۰۰ عدد است.

### یاخته‌های خونی سفید

یاخته‌های خونی، که ضمن گردش در خون، با عمل دیپدز در بافت‌های مختلف بدن نیز پراکنده می‌شوند، گویچه‌های سفید هستند. بنابراین می‌توان گفت تقریباً همه انواع کلبول‌های سفید بین خون، لنف و مایع بین سلولی در گردش هستند. نقش اصلی آنها، دفاع از بدن در برابر عوامل خارجی یا آنتی‌ژن‌ها است. همه انواع این یاخته‌ها هسته دارند. انواع کلبول‌های سفید و ویژگی‌های ظاهری آنها را در شکل ۱۹ مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۹- یاخته‌های خونی سفید



- ۱- بازوفیل: هسته دو قسمتی روی هم افتاده - سیتوپلاسم با دانه‌های تیره درشت - هسته نامشخص!
  - ۲- ائوزینوفیل: هسته دو قسمتی دمبلی، دارای رشته باریک نقرمانند - سیتوپلاسم با دانه‌های روشن درشت
  - ۳- نوتروفیل: هسته چند قسمتی، دارای رشته‌های باریک نقرمانند - سیتوپلاسم با دانه‌های روشن ریز
  - ۴- مونوسیت: درشت‌ترین، با زواید سیتوپلاسمی - هسته تکی خمیده یا لوبیایی - سیتوپلاسم بدون دانه
  - ۵- لنفوسیت: ریزترین - هسته تکی گرد یا بیضی - نسبت هسته به سیتوپلاسم زیاد - سیتوپلاسم بدون دانه
- لنفوسیت‌ها برای انجام عمل خود باید سه مرحله را پشت سر بگذارند: هر سه فرایند در اندام‌های لنفی! رخ می‌دهند.
- (I) تولید در مغز استخوان (II) بلوغ در مغز استخوان و تیموس (III) فعال شدن در کره‌های لنفی

### فعالیت

#### مشاهده یاخته‌های خونی قرمز و سفید

- با کمک معلم و رعایت نکات ایمنی، گسترش خونی تهیه کنید. قطره‌ای از خون را روی لام کسترانده و با استفاده از الکل آن را تثبیت می‌کنیم.

- در صورتی که امکانات لازم برای رنگ‌آمیزی یاخته‌های خونی در آزمایشگاه شما وجود دارد، گسترش خونی را رنگ‌آمیزی کنید. با استفاده از کیمسا

- همچنین می‌توانید از نمونه‌های آماده یاخته‌های خونی که رنگ‌آمیزی شده‌اند، نیز استفاده کنید و انواع یاخته‌های خونی را با استفاده از میکروسکوپ در آن تشخیص دهید. نوتروفیل‌ها فراوان‌ترین سلول‌های سفید خون هستند. هسته آنها چند قسمتی است که با بخش‌های نقرمانند به هم متصل می‌شوند. بازوفیل‌ها و ائوزینوفیل‌ها مشابه بوده ولی بازوفیل‌ها دانه‌های درشت و تیره با هسته نامشخص دارند. مونوسیت‌ها درشت‌ترین و لنفوسیت‌ها هم ریزترین سلول‌ها هستند.

گرده‌ها قطعات باخته‌ای بی‌رنگ دارای غشاء و سیتوپلاسم و بدون هسته‌ای هستند که درون خود دانه‌های زیادی درون سیتوپلاسم خود دارند و از گویچه‌های خون کوچک‌ترند. گرده‌ها در مغز استخوان، زمانی تولید می‌شوند که یاخته‌های بزرگ و هسته‌داری؛ به نام **مگاکاریوسیت** قطعه‌قطعه و قطعات ناصح از آنها ضمن عبور از سفه‌های بین سلولی دیواره مویرگ‌های نایبسته وارد جریان خون می‌شوند (شکل ۱۷). درون هر یک از قطعات، دانه‌های کوچک پر از ترکیبات فعال حاوی آنزیم پروترومبیناز وجود دارند. گرده‌ها به چند طریق از هدر رفتن خون جلوگیری می‌کنند که دو مورد از آن در زیر توضیح داده شده‌اند.

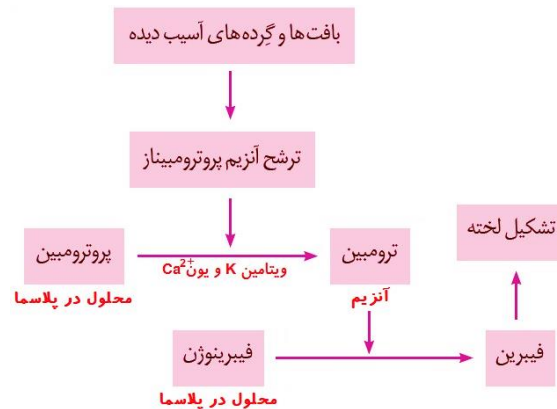
+ در خون‌ریزی‌های محدود، که دیواره رگ‌ها آسیب جزئی می‌بیند، در محل آسیب، گرده‌ها دور هم جمع می‌شوند، به هم می‌چسبند و ایجاد درپوش می‌کنند. این درپوش جلوی خروج خون از رگ آسیب دیده را می‌گیرد.



+ در خون‌ریزی‌های شدیدتر، گرده‌ها در تولید **لخته خون**، نقش اصلی را دارند. آنها با آزاد کردن موادی مانند آنزیم پروترومبیناز و با کمک پروتئین‌های موجود در خوناب مثل پروترومبین و فیبرینوژن، لخته را ایجاد می‌کنند. تشکیل لخته در محل زخم، جلوی خون‌ریزی را می‌گیرد (شکل ۲۰). وجود ویتامین K و یون  $Ca^{+2}$  در انجام روند انعقاد خون و تشکیل لخته لازم است.

شکل ۲۰- رشته‌های پروتئینی فیبرین که یاخته‌های خونی و گرده‌ها را دربرگرفته و لخته را تشکیل داده‌اند. نکته مهم: لفته خون از رشته‌های فیبرین، سلول‌های خونی و پلاکت‌ها تشکیل شده است.

مراحل انعقاد خون با کمک گرده‌ها و عوامل انعقادی دیگر را در نمودار زیر می‌بینید.



مراحل انعقاد خون

- ۱) از بافت‌ها و پلاکت‌های آسیب‌دیده، آنزیمی به نام **پروترومبیناز** ترشح می‌شود.
- ۲) این آنزیم نوعی پروتئین موجود در پلاسمای خون (پروترومبین) را به **ترومبین** تبدیل می‌کند.
- ۳) ترومبین به نوبه خود پروتئین دیگر موجود در پلاسمای خون یعنی فیبرینوژن را به **فیبرین** تبدیل می‌کند.
- ۴) فیبرین به صورت رشته‌های جامد تور مانند در می‌آید تا سلول‌های خونی در آن به دام افتاده و لفته خون تشکیل شود.

نکات دیگری در مورد انعقاد خون

- الف) موادی که برای تشکیل لفته به هنگام خون‌ریزی مورد نیاز هستند:
- + **فاکتور VIII**، که در تولید آنزیم پروترومبیناز نقش دارد.
  - + **ویتامین K**، که در تبدیل پروترومبین به ترومبین مؤثر است.
  - + **یون کلسیم**، که در تبدیل پروترومبین به ترومبین مؤثر است.
- ب) موادی که برای تجزیه لفته‌های تشکیل شده در افراد دچار **سکته قلبی** یا **سکته مغزی** مورد نیاز هستند:
- + **هپارین**، ماده‌ای که در غیرفعال کردن ترومبین و آنزیم پروترومبیناز نقش داشته و در حالت عادی مانع از تشکیل لفته خون می‌شود.
  - + **پلاسمین**، آنزیمی که رشته‌های فیبرین را تجزیه نموده و برای جلوگیری از تشکیل لفته کاربرد دارد.



## انواع گردش مواد جانداران

از نظر گردش مواد، جانداران به چند گروه تقسیم می‌شوند:

گروه اول) جانداران تک سلولی: در جانداران تک سلولی مانند آمیب و پارامسی که از **آغازیان** هستند، تبادل گازها، تغذیه و دفع مواد زائد از سطح غشای سلولی و به روش انتشار یا روش‌های دیگر انجام می‌شود.

گروه دوم) جانوران (پرسلولی): در این جانداران همه سلول‌ها با بیرون در تماس نیستند، بنابراین در **اغلب** آنها دستگاه گردش مواد به وجود آمده است.

+ جانوران فاقد دستگاه گردش مواد در جانورانی مانند **کرم کدو** کلاً پنین دستگاهی وجود ندارد.

+ جانوران فاقد دستگاه گردش مواد **اقتصادی** در این جانداران، دستگاهی به وجود آمده است که غیر اقتصادی بوده و علاوه بر گردش مواد، در گوارش مواد غذایی و انتقال گازهای تنفسی هم نقش دارد. به عنوان مثال در **اسفنج‌ها** سامانه گردش آب و در جانوران دیگری مانند **هیدر** و **پلاناریا** فتره گوارشی یا کیسه گوارشی این وظایف را بر عهده دارد.

+ جانوران دارای دستگاه گردش مواد **اقتصادی** در این جانوران، دستگاه اقتصادی **ناوی قلب** و نوعی **مایع** برای گردش مواد به وجود آمده است. در گروه‌های مختلف جانوری ممکن است سامانه گردش بار یا بسته وجود داشته باشد.

x سامانه گردش باز: این دستگاه مخصوص بی‌مهرگانی مانند بندپایان (ملخ) است. مایع موجود در این دستگاه **همولنف** نامیده می‌شود.

x گردش ثون بسته: این دستگاه مخصوص بی‌مهرگانی مانند کرم‌فاکی و همه مهرداران است. مایع موجود در این دستگاه **ثون** نامیده می‌شود.

- گردش ثون ساده: ثون در هر گردش یک بار از قلب می‌گذرد و قلب **دو** فتره‌ای است. مانند ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان

- گردش ثون مضاعف: ثون در هر گردش دو بار از قلب می‌گذرد و قلب **سه** یا **چهار** فتره‌ای است. مانند دوزیستان بالغ، فزندگان، پرندگان و پستانداران

\* در دوزیستان قلب **سه** فتره‌ای، در بیشتر فزندگان **سه** فتره‌ای با دیواره ناقص و در بقیه مهرداران قلب دارای **چهار** فتره است.

در تک‌یاخته‌ای‌ها تبادل گاز، تغذیه و دفع بین محیط و یاخته با روش‌های مختلف از قبیل انتشار و ... از **سطح** غشای آن انجام می‌شود.

در **جانداران پریخته‌ای** به دلیل زیاد بودن تعداد یاخته‌ها، همه یاخته‌ها با محیط بیرون ارتباط **ندارند** و لازم است در آنها دستگاه گردش موادی به وجود

آید تا یاخته‌ها **نیازهای غذایی** و **دفع مواد زائد** خود را با کمک آن برطرف کنند. البته در کرم کدو پنین دستگاهی به وجود نیامده است؛ در برخی از پرسلولی‌ها دستگاه

گردش مواد غیر اقتصادی به وجود آمده است و در برخی نوع **اقتصادی** آن؛ دستگاه‌های گردش مواد در **جانوران مختلف** به صورت‌های زیر است:

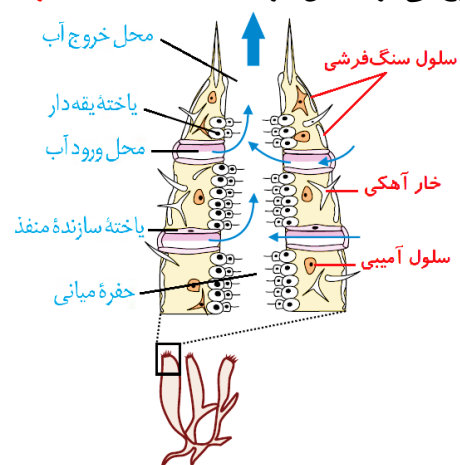
## الف) دستگاه گردش مواد غیر اقتصادی

۱) **سامانه گردش آب**: در **اسفنج‌ها**، آب از محیط بیرون از طریق **سوراخ‌های دیواره** به **حفره** یا **حفره‌هایی** وارد و پس از آن از **سوراخ** یا **سوراخ‌های**

**بزرگ‌تری** خارج می‌شود. عامل حرکت آب، یاخته‌های **یقه‌دار** هستند که **تاژک** دارند (شکل‌های ۲۱ و ۲۲).



شکل ۲۲- شکل نوعی اسفنج

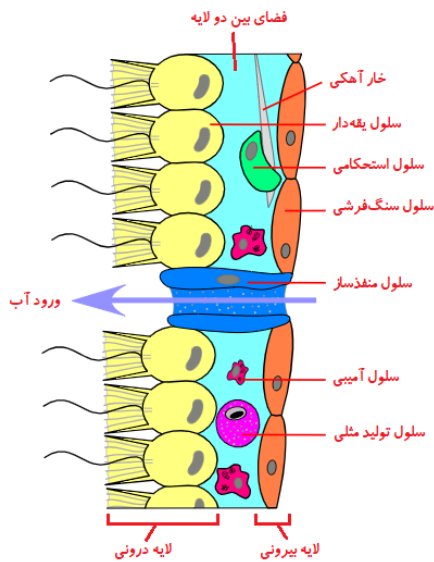


شکل ۲۱- گردش آب در بدن نوعی اسفنج

## نکاتی در مورد گردش آب در اسفنج‌ها

۱) سامانه گردش آب در اسفنج‌ها کار دستگاه گوارش و دستگاه تنفس را نیز انجام می‌دهد.

۲) بدن اسفنج‌ها از **دو لایه** سلول تشکیل شده است: لایه بیرونی با سلول‌های **سنگ‌فرشی** و لایه درونی با سلول‌های **یقه‌دار**



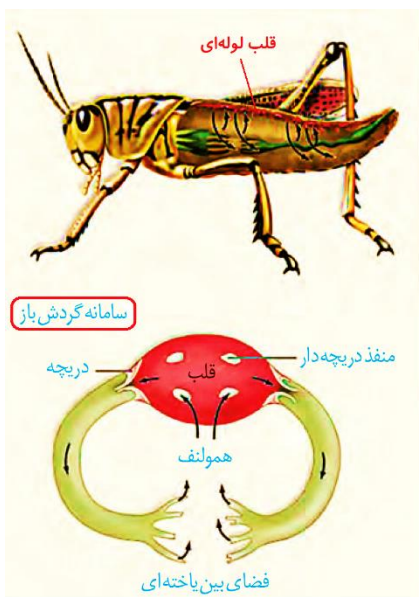
- ۱۳) هر سلول یقه‌دار دارای یک تازگی است که با حرکت خود به گردش آب کمک می‌کند.
- ۱۴) لایه داخلی پیکر اسفنجی در محل‌های خروج آب فاقد سلول یقه‌دار بوده و سلول‌های سنگ‌فرشی دارد.
- ۱۵) در بین دو لایه سلولی اسفنجی سلول‌های پراکنده‌ای وجود دارد که نقش‌های متفاوتی دارند.
- ۱۶) در فاصله بین سلول‌های لایه بیرونی و در فضای بین دو لایه سلولی تعدادی «خار آهکی» وجود دارد.
- ۱۷) سلول سازنده منفذ، بزرگ بوده و هر دو لایه سلولی پیکر جانور را به هم متصل می‌کند.
- ۱۸) سلول سازنده منفذ در وسط خود دارای یک منفذ برای ورود آب به درون صفره میانی جانور است.
- ۱۹) سلول سازنده منفذ یک سلول بزرگ است که غشای آن در محل هسته برآمده شده است.

۲) **حفره گوارشی:** حفره گوارشی در هیدر پر از مایعات است و علاوه بر گوارش، وظیفه گردش مواد و تنفس را نیز بر عهده دارد. در کرم‌های پهن آزادی مثل پلاناریا، انشعابات حفره گوارشی به تمام نواحی بدن نفوذ می‌کنند به طوری که فاصله انتشار مواد تا یاخته‌ها بسیار کوتاه است. در این جانوران حرکات ماهیچه‌های بدن به جابه‌جایی مواد کمک می‌کند.

### ب) دستگاه گردش مواد (تخصصی)

در جانوران پیچیده‌تر، دستگاه اختصاصی برای گردش مواد شکل می‌گیرد که در آن مایعی (در بعضی از آنها همولنف و در بعضی دیگر خون) برای جابه‌جایی مواد وجود دارد. در این جانوران، دو نوع سامانه گردش مواد مشاهده می‌شود.

**سامانه گردش باز:** این سامانه فقط در برخی از بی‌مهرگان یافت می‌شود. قلب در سامانه باز، مایعی به نام همولنف را به حفره‌های بدن پمپ می‌کند.



همولنف نقش‌های خون، لنف و آب میان‌بافتی را بر عهده دارد. جانورانی که سامانه گردش باز دارند، مویرگ ندارند و همولنف مستقیماً به فضای بین یاخته‌های بدن آنها وارد می‌شود و در مجاورت آنها جریان می‌یابد. بندپایانی مانند ملخ سامانه گردش باز دارند.

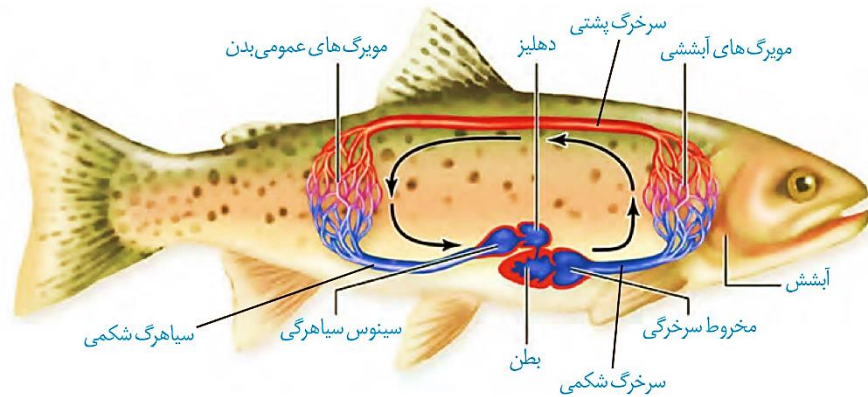
**سامانه گردش بسته:** این سامانه علاوه بر برخی بی‌مهرگان در همه مهره‌داران هم یافت می‌شود. ساده‌ترین سامانه گردش بسته در کرم‌های حلقوی، نظیر کرم خاکی وجود دارد. در این سامانه مویرگ‌ها در کنار یاخته‌ها و با کمک آب میان‌بافتی، تبادل مواد غذایی، دفعی و گازها را انجام می‌دهند (شکل ۲۳).

شکل ۲۳- مقایسه سامانه گردش باز و بسته در کرم‌خاکی و ملخ

### نکاتی در مورد سامانه گردش باز در ملخ

- ۱) قلب لوله‌ای همان رگ پشتی بهیم شده است که به صورت پشتی در بالای لوله گوارش، لوله‌های مالپیگی و طناب عصبی جانور قرار دارد.
- ۲) قلب دارای بخش‌های بهیم شده ماهیچه‌ای و کوکتل مانند است که با انقباض خود باعث به گردش در آوردن همولنف می‌شود.
- ۳) هر بخش بهیم شده قلب دارای دو دریچه در طرفین خود است که به هنگام انقباض قلب، این دریچه‌ها جریان همولنف را یک طرفه می‌کنند.
- ۴) به هنگام انقباض قلب یعنی پمپ نمودن همولنف، این ماده به صورت دوطرفه از قلب خارج می‌شود.
- ۵) هر بخش بهیم شده هم‌پنین دارای چهار منفذ دریچه‌دار است که به هنگام انقباض قلب همولنف از طریق دریچه‌های یک طرفه آنها به درون قلب برمی‌گردد.
- ۶) منافذ دریچه‌دار فقط برای ورود همولنف به بخش‌های بهیم شده قلب و دریچه‌ها برای خروج همولنف از بخش‌های بهیم شده قلب عمل می‌کنند.
- ۷) رگ‌های متصل به بخش‌های بهیم شده در انتهای خود انشعابات کوچک‌تری را به وجود می‌آورند.
- ۸) انشعابات پایانی رگ‌های جانور، همولنف را به طور مستقیم به درون صفره‌های بدن یا فضای بین سلولی می‌ریزند.
- ۹) می‌توان گفت همه سلول‌های پیکر جاندار با همولنف به طور مستقیم! در ارتباط هستند.
- ۱۰) همولنف می‌تواند وظایف خون، لنف و مایع بین سلولی را انجام دهد. البته همولنف در انتقال گازهای تنفسی نقش ندارد!
- ۱۱) در بدن این جانوران سرخرگ، مویرگ، سیاهرگ و رگ لنفی وجود ندارد اما رگ وجود دارد!

- ۱) قلب لوله‌ای بخشی از **رگ پشتی** **بیم شده** است که اجزای آن دور لوله گوارش را در قسمت جلویی جانور احاطه نموده‌اند.
  - ۲) قلب دارای بخش‌های **بیم شده** و **کوکتل** مانند! است که با انقباض خود باعث به گردش درآوردن **نون** می‌شود.
  - ۳) هر بخش **بیم شده** قلب دارای **دو دریچه** در طرفین خود است که جریان نون را **یک طرفه** می‌کنند.
  - ۴) جریان نون در بخش‌های **بیم شده** قلب همواره به صورت **یک طرفه** است.
  - ۵) در بدن کرم ناکی انواع رگ‌ها شامل **سرفرگ**، **مویرگ**، **سیاهرگ** و **رگ لنفی** وجود دارند.
  - ۶) در این جانور همولنف وجود **ندارد** و به جای آن، نون، لنف و مایع بین سلولی مشاهده می‌شود.
  - ۷) نون در انتقال مواد غذایی، مواد دفعی، هورمون‌ها و مواد دیگر و **نتی** گازهای تنفسی هم نقش دارد.
- تمام مهره‌داران، سامانه‌گردشی بسته دارند.** گردش خون در مهره‌داران به صورت **ساده** و یا **مضاعف** است. در گردش ساده مثل **ماهی** و **نوزاد دوزیستان**، خون، ضمن **یک بار** گردش در بدن، **یک بار** از قلب **دو حفره‌ای** آن عبور می‌کند. **مزیت** این سیستم، انتقال **یکباره** خون اکسیژن‌دار به مویرگ‌های تمام اندام‌ها از جمله آبشش‌ها! است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- گردش خون ماهی

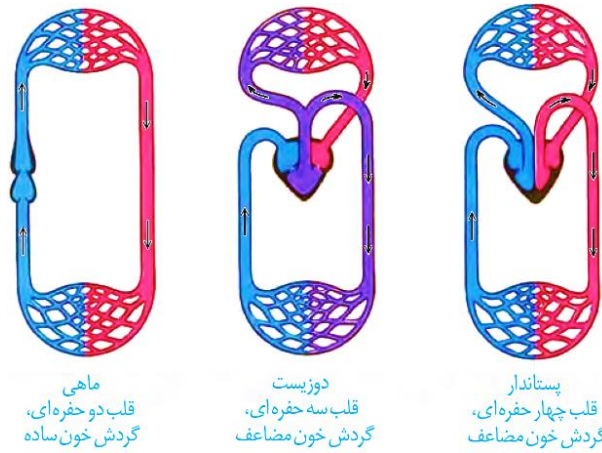
خون همه بدن از طریق سیاهرگ شکمی به دهلیز و سپس به بطن وارد می‌شود. انقباض بطن، خون را از طریق سرخرگ شکمی به آبشش‌ها می‌فرستد. پس از تبادل گازهای تنفسی، خون تحت همان فشار اولیه! از طریق سرخرگ پشتی به تمام بدن هم به سمت عقب و هم به سمت جلو! و پس از تبادل مویرگی با یاخته‌های بدن از جمله قلب! وارد سیاهرگ شکمی می‌شود و به قلب برمی‌گردد. قبل از دهلیز، سینوس سیاهرگی و بعد از بطن، مخروط سرخرگی قرار دارد. آبشش در برخی از ماهیان آب شور در دفع یون‌ها نیز نقش دارد.

#### نکاتی در مورد سامانه گردش بسته در ماهی

- ۱) در همه ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان نون در ضمن **یک بار** گردش در بدن، فقط **یک بار** از قلب می‌گذرد.
  - ۲) نون تحت فشار دیواره دیواره ماهیچه‌ای بطن **ابتدا** به آبشش‌ها و سپس تحت همان فشار به همه اندام‌ها می‌رود.
  - ۳) مویرگ‌های موجود در آبشش‌ها در **دو طرف** خود سرفرگ دارند! در یک طرف سرفرگ با نون تیره و در طرف دیگر سرفرگ با نون روشن!
  - ۴) قلب دارای **دو حفره** است، یک دهلیز در بالا و یک بطن در پایین قرار دارد.
  - ۵) از لحاظ کنیایش، اندازه دهلیز کوچک‌تر از اندازه بطن بوده و دارای دیواره **نازک‌تر** است.
  - ۶) بین دهلیز و بطن یک دریچه **یک طرفه** کننده نون از دهلیز به بطن وجود دارد.
  - ۷) قبل از دهلیز، یک **سینوس سیاهرگی** با کنیایش بزرگ‌تر از دهلیز و به وسیله یک دریچه به دهلیز متصل می‌شود.
  - ۸) بعد از بطن نیز یک **مخروط سرفرگی** با کنیایش بزرگ‌تر از بطن و به وسیله یک دریچه به بطن متصل می‌شود.
  - ۹) قلب جانور در مطوطه شکمی و متمایل به سر جانور قرار داشته و از آن فقط **نون تیره** می‌گذرد.
  - ۱۰) سرفرگ شکمی دارای نون تیره بوده و به واسطه وجود مخروط سرفرگی به طور مستقیم به بطن اتصال **ندارد**.
  - ۱۱) سیاهرگ شکمی از **اجتماع** مویرگ‌ها و سیاهرگ‌های فرعی از اندام‌ها به وجود آمده است.
  - ۱۲) سیاهرگ شکمی دارای نون تیره بوده و به واسطه وجود سینوس سیاهرگی به طور مستقیم به دهلیز اتصال **ندارد**.
  - ۱۳) سرفرگ پشتی که از اجتماع مویرگ‌ها و سرفرگ‌های فرعی از آبشش‌ها به وجود آمده، دارای نون روشن بوده و انشعاباتی از آن به همه اندام‌ها می‌رود.
- در گردش **مضاعف**، که در سایر مهره‌داران دیده می‌شود، خون ضمن **یک بار** گردش در بدن، **دو بار** از قلب عبور می‌کند. در این سامانه، قلب به صورت **دو تلمبه** عمل می‌کند: یک تلمبه با فشار **نون کمتر** برای **تبادلات گازی** و تلمبه دیگر با فشار **نون بیشتر** برای **گردش عمومی** فعالیت می‌کند.
- سامانه گردش مضاعف، از **دوزیستان** به بعد شکل گرفته است. دوزیستان، قلب **سه حفره‌ای** با دو دهلیز و یک بطن دارند که بطن خون را **یک بار** به **شش‌ها** و پوست و سپس به بقیه بدن تلمبه می‌کند (شکل ۲۵).



### شکل ۲۵- قلب در انواع مهره‌داران



ماهی  
قلب دو حفره‌ای،  
گردش خون ساده

دوزیست  
قلب سه حفره‌ای،  
گردش خون مضاعف

پستاندار  
قلب چهار حفره‌ای،  
گردش خون مضاعف

(۱) بر اساس شکل در قلب سه حفره‌ای، خون تیره و روشن در بطن با هم ترکیب می‌شوند.  
(۲) به خاطر اختلاف زمانی کوچک که بین انقباض دهلیز راست و چپ وجود دارد و نیز تشکیل دریچه مارپیچی، خون از طریق بطن یک بار به شش‌ها و پوست و یک بار به بقیه بدن ارسال می‌شود.  
+ می‌توان گفت در بطن ترکیب شدن خون تیره و روشن، به صورت فیلی جزئی اتفاق می‌افتد.  
(۳) هم‌پنین بر اساس کتاب می‌توان برداشت نمود انقباض بطن دو برابر بیشتر از هر دهلیز انجام می‌شود!!! ⊕⊕⊕

+ قلب دو حفره‌ای مخصوص همه ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان است.

+ قلب سه حفره‌ای در دوزیستان بالغ و برخی از خزندگان اولیه وجود دارد.

+ قلب چهار حفره‌ای در بیشتر خزندگان مانند کروکودیل‌ها، همه پرندگان و پستانداران وجود دارد.

### قلب و سامانه‌های گردش در پرندگان و پستانداران

جدایی کامل بطن‌ها در پرندگان و پستانداران و برخی خزندگان مثل کروکودیل‌ها رخ می‌دهد. در این جانوران قلب چهار حفره‌ای همانند دو قلب دو حفره‌ای مجزا عمل می‌کند. از نیمه راست آن فقط خون تیره و از نیمه چپ آن فقط خون روشن می‌گذرد. این حالت، حفظ فشار در سامانه گردش مضاعف را آسان می‌کند. فشار خون بالا برای رساندن سریع مواد غذایی و خون غنی از اکسیژن به بافت‌ها در جانورانی با نیاز زیاد به انرژی مهم است.



## فصل ۵

# تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد

شکل بالا تعدادی پودوسیت (قرمز رنگ) را نشان می‌دهد که در اطراف مویرگ‌های شبکه اول مویرگی یا کلافک یا کلمروال (آبی رنگ) پنبیره زده‌اند! این تصویر به وسیله نوعی میکروسکوپ الکترونی به نام نگاره (SEM) تهیه شده و رنگ‌ها غیر واقعی هستند.

گرچه ما انسان‌ها در خشکی زندگی می‌کنیم اما یاخته‌های ما با محیط مایع یا همان مایع بین سلولی در ارتباط‌اند. آنچه دربارهٔ این محیط مایع حائز اهمیت است، مشابه بودن غلظت آن با غلظت درون یاخته‌ها یا به عبارت دقیق‌تر مشابه بودن فشار اسمزی آنهاست. یعنی سلول‌های بدن ما در یک محیط هم‌فشار قرار گرفته‌اند! اگر غلظت مایع اطراف یاخته‌ها رقیق‌تر یا غلیظ‌تر از یاخته‌ها باشد، تهدیدی جدی برای ادامهٔ حیات ما خواهد بود؛ چون ممکن است به ورود بیش از حد آب به یاخته یا خروج آب از آن منجر شود. بدن ما چگونه فشار اسمزی مایع اطراف یاخته‌ها را تنظیم می‌کند؟ با استفاده از پروتئین‌ها و یون‌ها چگونه ترکیب شیمیایی آن را ثابت نگه می‌دارد؟ به وسیله دستگاه دفع مواد زائد یا همان دستگاه ادراری. آیا روش‌هایی که بدن انسان به کار می‌گیرد، در سایر جانوران هم دیده می‌شوند؟ بله کمابیش دیده می‌شوند. ادرار چگونه تشکیل می‌شود؟ با انجام سه مرحله به نام‌های تراوش، بازجذب و ترشح به وسیله نفرون‌های موجود در کلیه‌ها از پلاسمای خون منشأ می‌گیرد. ترکیب شیمیایی ادرار چه اطلاعاتی را دربارهٔ وضعیت درونی بدن فراهم می‌کند؟ اگر درون آن مواد زائد کمی وجود داشته باشد و یا برعکس در درون آن مواد مورد نیاز سلول‌های بدن وجود داشته باشد یعنی وضعیت درونی بدن دچار اختلال و مشکل شده است. اینها نمونه پرسش‌هایی است که پاسخ آنها را در این فصل خواهیم یافت.

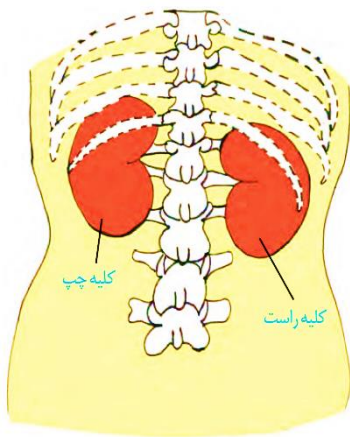
اگر در یک روز گرم تابستانی ورزش کنید، عرق می‌کنید و احتمالاً متوجه خواهید شد که از مقدار ادرار شما کاسته خواهد شد. می‌دانید چرا؟ عرق کردن به منظور خنک شدن بدن انجام می‌گیرد. هورمون ضد ادراری که از هیپوفیز پسین ترشح می‌شود با تأثیر بر روی کلیه و افزایش بازپذب آب، باعث ماندن بیشتر آب در بدن می‌شود. چون بدن شما در نتیجه عرق کردن، آب از دست می‌دهد و بنابراین مقدار ادرار را کاهش می‌دهد تا آب از دست رفته را جبران کند. کمبود آب، اکسیژن و مواد مغذی یا انباشته شدن مواد دفعی یاخته‌ها مثل کربن دی‌اکسید و مواد دفعی نیتروژن‌دار از جمله مواردی‌اند که ادامه حیات را تهدید می‌کنند. حفظ وضعیت درونی بدن در محدوده‌ای ثابت (هم ایستایی)، برای تداوم حیات، ضرورت دارد. همان‌طور که می‌دانیم یکی از ویژگی‌های مهم حیات، حفظ حالت پایدار بدن در یک محدوده ثابت یا همان همئوستازی یا هم ایستایی است.

اگر وضعیت درونی بدن از تعادل خارج شود، بعضی مواد، بیش از حد لازم یا کمتر از حد لازم به یاخته‌ها می‌رسند. بسیاری از بیماری‌ها در نتیجه بر هم خوردن هم ایستایی پدید می‌آیند.

کلیه‌ها کارهای مختلفی انجام می‌دهند: (۱) در هم ایستایی نقش اساسی دارند. (۲) حفظ تعادل آب، (۳) حفظ تعادل اسید-باز، (۴) حفظ تعادل یون‌ها و نیز (۵) دفع مواد سمی و (۶) دفع مواد زائد نیتروژن‌دار، از جمله وظایف کلیه‌اند. مواد زائد و مواد سمی یکسان نیستند! برخی مواد زائد، سمی نیستند!

### کلیه‌ها

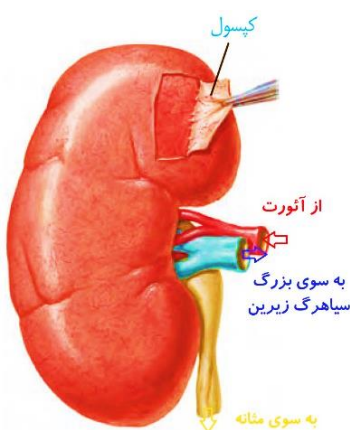
**ساختار بیرونی کلیه و حفاظت از آن:** کلیه‌ها، اندام‌هایی لوبیایی شکل‌اند و به تعداد دو عدد در طرفین ستون مهره‌ها و پشت محوطه شکمی قرار دارند. اندازه کلیه در فرد بالغ، تقریباً به اندازه مشت بسته اوست. به علت موقعیت قرارگیری و شکل کبد، کلیه راست قدری پایین‌تر از کلیه چپ واقع شده است (شکل ۱). روی هر کلیه یک غده به نام غده فوق کلیه وجود دارد که یکی از هورمون‌های بخش قشری آن به نام آلدوسترون در تنظیم کار کلیه نقش دارد.



#### شکل ۱- موقعیت کلیه‌ها در انسان از نمای پشت

کلیه چپ به وسیله دو دنده آزاد و کلیه راست فقط به وسیله یک دنده آزاد محافظت می‌شود.

دنده‌ها از بخش بالایی کلیه محافظت می‌کنند. علاوه بر این، پرده‌ای از جنس بافت پیوندی به نام کپسول کلیه، هر یک از کلیه‌ها را در بر گرفته است (شکل ۲). به عبارت دیگر هر کدام از کلیه‌ها یک کپسول مخصوص به خود دارد. چربی اطراف کلیه، علاوه بر این که کلیه را از ضربه محافظت می‌کند در حفظ موقعیت کلیه نقش مهمی دارد. بنابراین می‌توان گفت کلیه‌ها هر چند در محوطه شکمی قرار دارند اما به پرده صفاق متصل نیستند! تحلیل بیش از حد این چربی در افرادی که برنامه کاهش وزن سریع و شدید به کار می‌گیرند ممکن است سبب افتادگی کلیه و تاخوردگی میزنا‌ی شود. در این صورت، فرد با خطر بسته شدن میزنا‌ی و عدم تخلیه مناسب ادرار از کلیه روبه‌رو می‌شود که در نهایت به نارسایی کلیه و از دست رفتن همئوستازی بدن! خواهد انجامید.



#### شکل ۲- کپسول کلیه: جنس آن از بافت پیوندی است. این کپسول در برابر ورود میکروب‌ها از کلیه محافظت می‌کند!

همان‌طور که در شکل می‌بینیم فرورفتگی‌هایی در سطح خارجی کلیه مشاهده می‌شوند. بر اساس شکل در محل ناف از بالا به پایین، به ترتیب سرفک، سیاهرگ و میزنا‌ی قرار دارند.

#### نکاتی در مورد حفاظت از کلیه‌ها

- ۱) دنده‌ها: این استخوان‌ها فقط از بخش بالایی کلیه‌ها محافظت می‌کنند. کلیه چپ به وسیله دو دنده و کلیه راست فقط به وسیله یک دنده آزاد محافظت می‌شوند.
- ۲) کپسول کلیه: پرده‌ای است از جنس بافت پیوندی که کلیه را در بر گرفته است. به عبارت دیگر هر کدام از کلیه‌ها یک کپسول مخصوص به خود دارد.
- ۳) پرده‌های اطراف کلیه: این پرده‌ها که جزء بافت‌های پیوندی به شمار آمده، در اطراف کپسول کلیه قرار دارند و دو کار مهم انجام می‌دهند: الف) کلیه‌ها را از ضربه محافظت می‌کنند. ب) در حفظ موقعیت کلیه نقش مهمی دارند.



**ساختار درونی کلیه:** در برش طولی کلیه، سه بخش مشخص دیده می‌شود که از بیرون به درون عبارت‌اند از بخش قشری، بخش مرکزی و لگنچه (شکل ۳).

در بخش مرکزی، تعدادی ساختار هرمی شکل دیده می‌شود که **هرم‌های کلیه** نام دارند. **قاعده** هرم‌ها به سمت بخش قشری و **رأس** آنها به سمت لگنچه است. هر **هرم** و ناحیه قشری مربوط به آن را، یک **لپ** یا **لوب کلیه** می‌نامند.

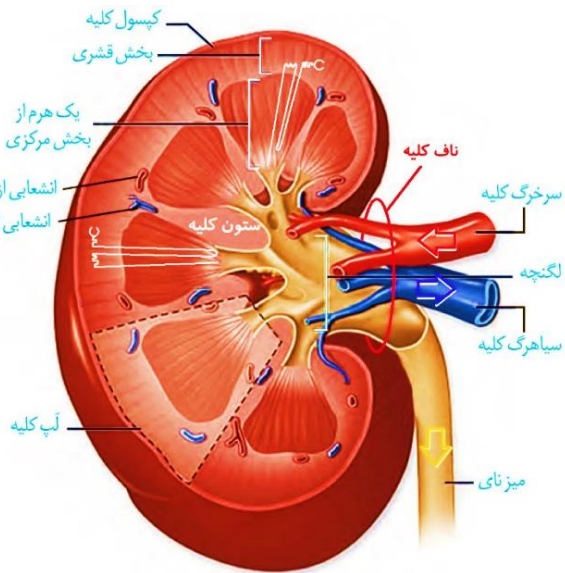
مابین هرم‌های کلیه، بخش‌هایی به نام **ستون‌های کلیه** واقع شده‌اند. نکته جالب این‌که ستون‌های کلیه اگرچه در مجاورت هرم‌های بخش مرکزی واقع شده است اما جزء بخش قشری محسوب می‌شوند پس دارای نفرون است! در این ستون‌ها انشعاب سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های کلیه هم واقع شده‌اند.

لگنچه، ساختاری شبیه به قیف دارد. ادرار تولید شده، به آن وارد و به میزنای هدایت می‌شود تا کلیه را ترک کند.

لگنچه دارای انشعاباتی به نام کالیسن است که هر کدام از آنها به رأس یک هرم در ارتباط بوده و ادرار تولید شده ابتدا به درون آنها و سپس لگنچه وارد می‌شود. در لابه‌لای کالیسن‌ها مقداری بافت پیوندی از نوع بافت چربی وجود دارد.

### شکل ۳- برش طولی کلیه

در برش عرضی سه بخش دیده می‌شود: بخش قشری که ظاهر دانه‌دانه دارد، بخش مرکزی که ظاهری منطط دارد و لگنچه که صاف است. دیواره انشعابات سرخرگ کلیه و دیواره انشعابات سیاهرگ کلیه، با لگنچه در تماس مستقیم هستند.



### نکات مهم در مورد ساختار درونی کلیه

- ۱) بخش قشری به دلیل تجمع گلوبول‌ها و کپسول‌های بومن ظاهر دانه‌دانه دارد.
- ۲) بخش مرکزی به دلیل وجود لوله‌های هنله و لوله‌های جمع کننده ادرار ظاهر منطط دارد.
- ۳) لگنچه نیز ظاهر صاف دارد.

### نکاتی در مورد رگ‌های کلیه و میزنای

- ۱) سرخرگ ورودی به کلیه از محل ناف کلیه به طور غیر مستقیم با کلیه در ارتباط است.
  - + این سرخرگ در نزدیکی ناف کلیه منشعب شده و انشعابات آن از راه ناف وارد کلیه شده و انشعابات کوچک‌تری به وجود می‌آورند.
  - ۲) انشعابات سرخرگ کلیه از راه **ستون‌های کلیه** به سمت بخش قشری کلیه رفته و در آنها بیشتر منشعب می‌شوند.
  - ۳) آفرین انشعابات سرخرگ‌های کلیه، سرخرگ‌های **آوران** را تشکیل می‌دهند.
    - + سرخرگ آوران در درون کپسول بومن به مویرگ‌های **شبه اول** مویرگی یا کلافک یا گلوبول متصل است.
    - ۴) مویرگ‌های شبه اول به هم ملحق شده به سرخرگ **وابران** که قطر کمتری نسبت به سرخرگ آوران دارد متصل می‌شوند.
    - ۵) سرخرگ وابران در مجاورت بخش‌های دیگر نفرون **دو انشعاب** به وجود می‌آورد:
      - + انشعاب اول در اطراف لوله پیچ‌خورده نزدیک و پیچ‌خورده دور قرار گرفته و **شبه دوم** مویرگی یا شبکه دور لوله‌ای را به وجود می‌آورد.
      - + انشعاب دوم در اطراف لوله هنله **ادامه** شبکه دوم مویرگی یا شبکه دور لوله‌ای را به وجود می‌آورد.
      - + بنابراین می‌توان گفت نفون سرخرگ وابران به طور **همزمان** وارد لوله پیچ‌خورده نزدیک، لوله پیچ‌خورده دور و لوله هنله می‌شود!
    - ۶) شبکه دوم مویرگی با سیاهرگ‌های کوچکی در ارتباط است و این سیاهرگ‌ها نیز به سیاهرگ‌های بزرگتری در **ستون‌های کلیه** ملحق می‌شوند.
    - ۷) در نهایت **پندین** سیاهرگ از محل ناف کلیه خارج شده و در نزدیکی ناف به هم متصل شده تا سیاهرگ فروبی کلیه را بسازند.
    - ۸) بنابراین می‌توان گفت، سیاهرگ فروبی کلیه هم به طور **غیر مستقیم** با کلیه در ارتباط است!
    - ۹) در محل ناف، میزنای به طور **مستقیم** به لگنچه کلیه متصل است.
    - ۱۰) بخش ابتدایی میزنای نسبت به بقیه بخش‌های آن کمی **ضخیم‌تر** است.
    - ۱۱) با توجه به موارد بالا می‌توان گفت در محل ناف کلیه **بیش از سه** ساختار لوله مانند به کلیه متصل هستند!

وسایل لازم: کلیه گوسفند، قیچی، چاقوی جراحی، گمانه

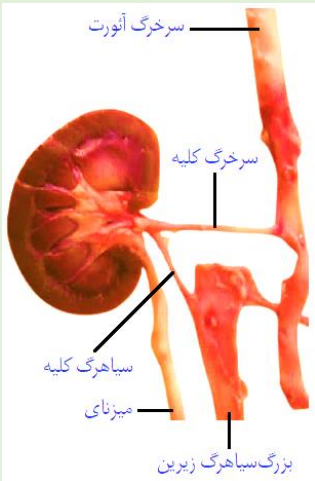
۱- یک عدد کلیه گوسفند تهیه کنید. اگر چربی‌های اطراف آن کنده نشده باشد بهتر است. زیرا در این صورت می‌توان میزنازی، سرترگ و سیاهرگ کلیه را در لابه‌لای بافت چربی مشاهده نمود.

۲- در بین چربی‌ها میزنازی، سرخرگ و سیاهرگ کلیه را تشخیص دهید. میزنازی از همه قطورتر است و به فضای لگنچه راه دارد. سرترگ از همه تنگ‌تر ولی دهانه آن باز و تقریباً دایره‌ای شکل است. دهانه سیاهرگ هم گشاد دارای دیواره نازک و روی هم افتاده است. شکل روبه‌رو مربوط به کلیه راست است، چون سرترگ آن از سیاهرگ آن بلندتر است!!!

۳- کپسول کلیه با بریدن قسمتی از آن، به راحتی جدا می‌شود. کپسول در واقع همان بافت پیوندی شفاف اطراف کلیه است. در محل ناف کلیه، این بافت با بافت پیوندی اطراف رگ‌ها و میزنازی ادغام می‌شود.

۴- با یک برش طولی در سطح محدب کلیه، آن را باز کنید و مطابق شکل روبه‌رو بخش‌های مختلف آن را تشخیص دهید. در این نوع برش، ستون‌های کلیه، انشعابات سرترگ‌ها و سیاهرگ‌ها، کالیس‌ها و لگنچه، هرم‌ها و لوب‌های کلیه قابل تشخیص هستند. در بین کالیس‌ها مقداری بافت چربی وجود دارد.

۵- در وسط لگنچه، منفذ میزنازی مشخص است. با وارد کردن گمانه و جلو بردن آن درون میزنازی، می‌توانید اطمینان پیدا کنید که میزنازی را درست تشخیص داده‌اید.



### گردیزه (نفرون‌ها)

هر کلیه از حدود یک میلیون گردیزه تشکیل شده است که فرایند تشکیل ادرار در آنها انجام می‌شود. ابتدای گردیزه شبیه قیف است و کپسول بومن نام دارد. ادامه گردیزه، لوله‌ای شکل است و در قسمت‌هایی از طول خود، پیچ‌خوردگی‌هایی دارد و بر این اساس، به قسمت‌های مختلفی نام‌گذاری می‌شود

(شکل ۴). این قسمت‌ها به ترتیب عبارت‌اند از لوله پیچ‌خورده نزدیک، قوس هنله

که U شکل است و لوله پیچ‌خورده دور که گردیزه را به مجرای جمع‌کننده ادرار متصل می‌کند. لوله‌های پیچ‌خورده نزدیک و دور در تمام طول خود قطر یکسان دارند. قطر لوله پیچ‌خورده نزدیک از قطر لوله پیچ‌خورده دور بیشتر است! لوله هنله در ابتدا قطور سپس بسیار نازک و در نهایت ضعیف‌تر می‌شود. مجرای جمع‌کننده ادرار هم در در انتهایی خود قطورتر است.

شکل ۴- گردیزه و مجرای جمع‌کننده. هر نفرون با یک لوله رابط به لوله جمع‌کننده ادرار متصل است! همان‌طور که می‌بینیم، پندین نفرون هر یک به وسیله لوله‌های رابط خود، به یک لوله جمع‌کننده ادرار متصل هستند. برخی از آنها به بخش ابتدایی و برخی به بخش انتهایی آن متصل هستند. بنابراین می‌توان گفت نفرون‌ها در یک راستا قرار ندارند.

(ن) در واقع نفرون‌ها از نظر محل قرارگیری خود در کلیه به دو گروه تقسیم می‌شوند:

+ گروه اول: نفرون‌های قشری که دارای لوله هنله کوتاه بوده و تقریباً همه بخش‌های آنها در بخش قشری کلیه واقع شده است. این نفرون‌ها به ابتدای لوله جمع‌کننده ادرار متصل هستند.  
+ گروه دوم: نفرون‌های مجاور مرکز که دارای لوله هنله طویل بوده و بیشتر طول لوله هنله آنها در بخش مرکزی واقع است. این نفرون‌ها به بخش انتهایی لوله جمع‌کننده ادرار متصل هستند.

### نکاتی در مورد نفرون

(۱) نفرون دارای دو بخش اصلی است:

+ بخش قیف مانند یا کپسول بومن که دو لایه سلول دارد.

+ بخش لوله مانند که شامل لوله پیچ‌خورده نزدیک، لوله هنله و لوله پیچ‌خورده دور است.

کپسول بومن: ابتدای نفرون قیف مانند بوده و دارای دو لایه سلول است:

+ لایه بیرونی کپسول بومن از سلول‌های سنگ‌فرشی یک لایه تشکیل شده است که در بیرون آنها غشای پایه وجود دارد.

x یادآوری: نکته مهم این‌که در زیر غشای پایه نفرون بافت پیوندی زیرین حضور ندارد!

+ لایه درونی کپسول بومن از سلول‌های پادار یا پودوسیت‌ها تشکیل شده است.

لوله نفرون: ادامه نفرون، لوله‌ای شکل بوده و از سلول‌های مکعبی شکل! یک لایه‌ای و کمابیش ریزپرزدار تشکیل شده است.

+ بخش لوله‌ای شکل نفرون از سه قسمت تشکیل شده است: لوله پیچ‌خورده نزدیک، لوله هنله و لوله پیچ‌خورده دور

× لوله پیچ‌خورده نزدیک، از یک طرف به کپسول بومن و از یک طرف به بخش نزولی هنله متصل است.

- سلول‌های مکعبی‌شکل لوله پیچ‌خورده نزدیک دارای ریزپرز فراوان هستند.

× لوله هنله که دارای دو بخش نزولی و صعودی است و ابتدای بخش نزولی قَطرِتر از انتهای بخش صعودی آن است.

- لوله هنله که شبیه به حرف U است و قوس هنله نام دارد، در میانه خود بسیار نازک است، طول بخش نازک نزولی از بخش صعودی آن بیشتر است.

× لوله پیچ‌خورده دور کوتاه‌ترین بخش لوله نفرون است و از یک طرف با بخش صعودی هنله و از طرفی با مبرای جمع‌کننده ادرار در تماس است.

(۸) نکته مهم این‌که مبرای جمع‌کننده ادرار جزء نفرون محسوب نمی‌شود!

(۹) سرخرگ آوران خون را به کپسول بومن وارد کرده و سرخرگ وایبران خون را از آن خارج می‌کند.

(۱۰) قطر سرخرگ آوران و فشار آن! از قطر سرخرگ وایبران و فشار آن! بیشتر است. این امر در تراوش مواد در کپسول بومن نقش بسیار مهمی دارد.

## گردش خون در کلیه

منشأ ادرار از خون است و بنابراین بین گردیزه و رگ‌های خونی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. با توجه به این‌که تبادل مواد از طریق مویرگ‌ها رخ می‌دهد در اینجا نیز شبکه‌های مویرگی را می‌بینیم. دو شبکه مویرگی در ارتباط با گردیزه مشاهده می‌شود. اولی به نام کلافاک (گلوامرول) که درون کپسول بومن قرار دارد و از نوع مویرگ‌های منفذدار است، و دومی به نام دور لوله‌ای که اطراف قسمت‌های دیگر گردیزه را فراگرفته است. بر اساس شکل کتاب شبکه مویرگی دور لوله‌ای در اطراف لوله جمع‌کننده ادرار مشاهده نمی‌شود!

به هر کلیه، یک سرخرگ به صورت غیر مستقیم از محل ناف وارد می‌شود. انشعابات این سرخرگ از فواصل بین هرم‌ها یا همان ستون‌های کلیه عبور می‌کند و در بخش قشری به سرخرگ‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود. انشعاب انتهایی این سرخرگ‌ها، سرخرگ آوران نامیده می‌شود. خون از طریق سرخرگ آوران به کلافاک وارد می‌شود و از طریق سرخرگ وایبران آن را ترک می‌کند. سرخرگ وایبران در اطراف لوله‌های پیچ‌خورده و قوس هنله، شبکه مویرگی دور لوله‌ای را می‌سازد. از آنجا که سرخرگ‌های آوران و وایبران جزء سرخرگ‌های کوچک محسوب می‌شوند، بنابراین در دیواره خود رشته‌های کشسان اندک بوده اما دارای ماهیچه صاف هستند که قطر آنها را دچار تغییر می‌کند! این مویرگ‌ها به یکدیگر می‌پیوندند و سیاهرگ‌های کوچکی به وجود می‌آورند که پس از عبور از فواصل بین هرم‌ها یا همان ستون‌های کلیه سرانجام سیاهرگ کلیه را می‌سازند. این سیاهرگ، هم به طور مستقیم به ناف کلیه متصل نیست و خون را از کلیه بیرون می‌برد (شکل ۵).

شکل ۵- شبکه‌های مویرگی مرتبط با گردیزه

دو شبکه مویرگی در ارتباط با کلیه وجود دارد:

(۱) شبکه اول مویرگی یا کلافاک یا گلوامرول فقط درون کپسول بومن واقع شده و خون روشن دارد.

(۲) شبکه دوم مویرگی یا شبکه دور لوله‌ای که تقریباً به طور هم‌زمان در اطراف لوله پیچ‌خورده نزدیک،

لوله هنله و لوله پیچ‌خورده دور قرار می‌گیرد و دارای خون روشن و تیره است.

### نکاتی در مورد گردش خون در کلیه

(۱) سرخرگ‌های آوران و وایبران هر دو از انواع سرخرگ‌های کوچک بوده و بنابراین خاصیت کشسان کمی دارند!

(۲) سرخرگ آوران کمی قبل از ورود به کپسول بومن منشعب شده و مویرگ‌های تاصل از آن وارد کپسول بومن می‌شوند.

(۳) مویرگ‌های گلوامرول یا کلافاک که از نوع منفذدار هستند، کمی بعد از فروع از کپسول بومن به هم ملحق شده و سرخرگ وایبران را به وجود می‌آورند.

(۴) سرخرگ وایبران در مجاورت کپسول بومن منشعب شده و دو انشعاب آن مسیرهای متفاوتی را طی می‌کنند.

+ انشعاب اول که ابتدا در اطراف لوله پیچ‌خورده نزدیک و سپس در اطراف لوله پیچ‌خورده دور قرار می‌گیرد.

× درون بخش اول شبکه مویرگی دوم یا بخش اول شبکه دور لوله‌ای فقط خون روشن وجود دارد.

+ انشعاب دوم که ابتدا در اطراف بخش صعودی هنله و سپس در اطراف بخش نزولی آن قرار می‌گیرد.

× تمام خون بخش اول شبکه مویرگی دور لوله‌ای نیز به انشعاب دوم وارد می‌شود.

× انشعاب دوم در اطراف بخش صعودی هنله فقط دارای خون روشن دارد اما در اطراف بخش نزولی هنله فقط دارای خون تیره است.

× سیاهرگ تاصل از شبکه دوم مویرگی در مجاورت کپسول بومن خون تیره را به سوی سیاهرگ کلیه هدایت می‌کند.

(۵) نکته جالب این‌که جهت جریان خون و جریان مواد در لوله پیچ‌خورده نزدیک یکسان اما در دیگر بخش‌های لوله نفرون یعنی بخش نزولی هنله، بخش صعودی

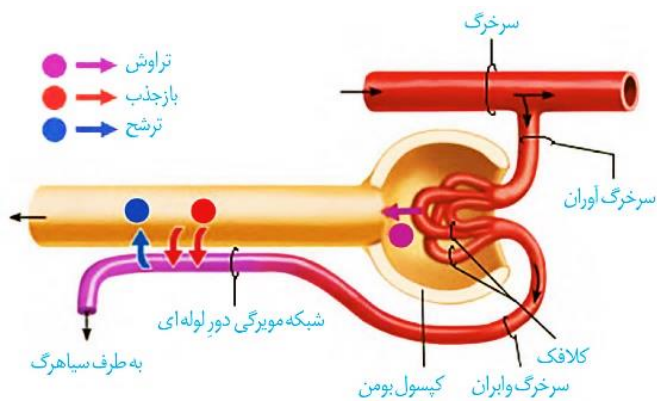
هنله و لوله پیچ‌خورده دور بر خلاف همدیگر است.



فرایند تشکیل ادرار، شامل سه مرحله (۱) **تراوش**، (۲) **بازجذب** و (۳)

**ترشح** است (شکل ۶).

شکل ۶- فرایند تشکیل ادرار



(۱) تراوش فقط در درون کپسول بومن و با دفالت شبکه اول مویرگی یا کلافک و تحت تأثیر

فشار خون آنورت که ناشی از انقباض دیواره بطن چپ است، انجام می‌شود.

(۲) بازجذب و ترشح نیز معمولاً به صورت فعال یا غیرفعال در طول لوله نفرون یعنی لوله

پیچ‌خورده نزدیک، لوله هنله و لوله پیچ‌خورده دور و حتی لوله جمع‌کننده (ادرار) و با دفالت شبکه

دوم مویرگی یا شبکه دور لوله‌ای اتفاق می‌افتد.

(۳) تراوش و ترشح هم‌جهت هستند، یعنی مواد از خون خارج شده و به درون نفرون وارد

می‌شوند. بازجذب نیز در جهت مخالف یعنی از نفرون به خون رخ می‌دهد.

**تراوش:** تراوش، نخستین مرحله تشکیل ادرار است. در این مرحله بخشی از **خوناب** در نتیجه فشار خون یا فشار تراوشی از کلافک خارج شده به

کپسول بومن وارد می‌شوند. این فرایند را **تراوش** می‌نامند. هم ساختار مویرگی‌های کلافک و هم ساختار کپسول بومن برای تراوش متناسب شده است.

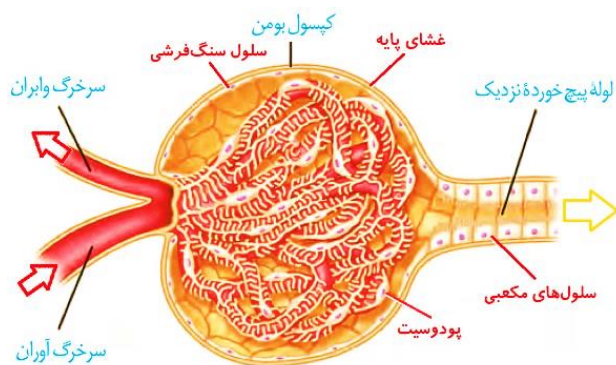
مویرگی‌های کلافک از نوع **منفذدار** یا غشای پایه ضمیم هستند و بنابراین امکان خروج مواد از آنها به خوبی فراهم شده است. مولکول‌های بزرگ مانند

پروتئین‌های موجود در خون و نیز سلول‌های خونی نمی‌توانند وارد کپسول بومن شوند.

برای این که فشار تراوشی به حد کافی زیاد باشد سازوکار ویژه‌ای در نظر گرفته

شده است. قطر سرخرگ اوران بیشتر از قطر سرخرگ وایبران است و این، فشار

تراوشی را در مویرگی‌های کلافک افزایش می‌دهد (شکل ۷).



شکل ۷- کلافک یا شبکه اول مویرگی یا گلوبروم درون کپسول بومن

همان‌طور که می‌بینیم کپسول بومن همانند یک بادکنک بزرگ است و کلافک همانند یک مشت

بسته درون آن است. انگشتان دست مویرگی‌های کلافک هستند.

اطراف کلافک را **کپسول بومن** احاطه کرده است. کپسول بومن شامل دو دیواره است؛ یکی بیرونی و دیگری درونی.

(۱) **دیواره بیرونی** از باخته‌های پوششی سنگ‌فرشی ساده تشکیل شده است که غشای پایه آنها در سمت بیرون کپسول قرار گرفته است.

(۲) **دیواره درونی** که با کلافک در تماس است، از باخته‌هایی از بافت پوششی به

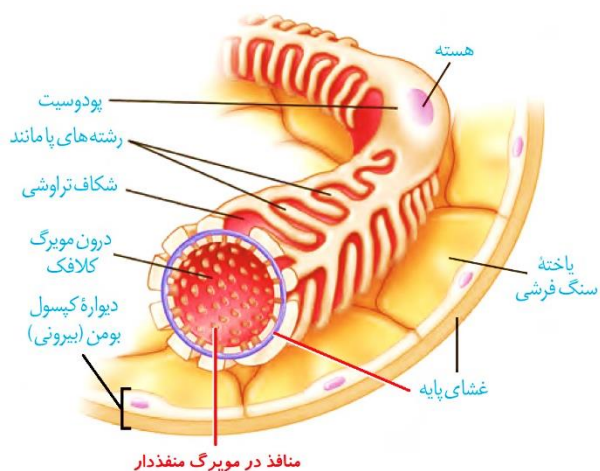
نام **پودوسیت** تشکیل شده است (شکل ۸). هر یک از پودوسیت‌ها

رشته‌های کوتاه و پا مانند فراوانی دارد. پودوسیت‌ها با پاهای خود اطراف

مویرگی‌های کلافک را احاطه کرده‌اند.

شکاف‌های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد به خوبی امکان

نفوذ مواد را به دیواره درونی فراهم می‌کند.



شکل ۸- دیواره بیرونی و درونی کپسول بومن

نکاتی در مورد تراوش

(۱) **محل انجام تراوش:** تراوش نخستین مرحله تشکیل ادرار است و فقط در درون کپسول بومن و با دفالت شبکه اول مویرگی یا کلافک انجام می‌گیرد.

+ در عمل تراوش، مواد متلف از دیواره مویرگ‌ها و دیواره درونی کپسول بومن گذشته و وارد نفرون می‌شوند.

x مویرگی‌های کلافک از نوع **منفذدار** یا غشای پایه ضمیم هستند و بنابراین امکان خروج مواد از آنها به خوبی فراهم شده است.

x کپسول بومن نیز دو دیواره دارد: (الف) دیواره بیرونی و (ب) دیواره درونی

(الف) دیواره بیرونی: با سلول‌های سنگ‌فرشی ساده و نفوذناپذیر!! که غشای پایه آنها در سمت بیرون کپسول قرار گرفته است.  
 (ب) دیواره درونی: با سلول‌هایی از نوع خاصی از بافت پوششی به نام پودوسیت که دارای رشته‌های کوتاه و پا مانند فرالوانی هستند.  
 - غشای پایه پودوسیت‌ها در مجاورت غشای پایه سلول‌های تشکیل دهنده مویرگ‌های کلافک قرار گرفته و با آن ادغام شده است.  
 - مواد متغلف مفید و مضر! بر اساس اندازه از شکاف‌های باریک متعددی که در فواصل بین پاها وجود دارد عبور می‌کنند.

(د) عامل انجام تراوش: تراوش تحت تأثیر فشار خون آنورت که ناشی از انقباض دیواره بطن چپ است، اتفاق می‌افتد.

+ می‌توان گفت برای انجام این مرحله انقباض ماهیچه‌های قلبی و مصرف ATP به صورت غیر مستقیم رخ داده است!

(۱۳) عامل کمکی تراوش: تفاوت قطر سرخرگ آوران و وایران که در سرخرگ آوران قطر بیشتر است. این ویژگی، فشار تراوشی را در طول کلافک افزایش می‌دهد.

(۱۴) ویژگی‌های مواد تراوش شده: در تراوش، مواد فقط و فقط بر اساس اندازه عبور نموده و هیچ انتقاب دیگری صورت نمی‌گیرد.

+ بنابراین می‌توان گفت، هم مواد دفعی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به نفرون وارد می‌شوند.

+ مولکول‌های بزرگ مانند پروتئین‌های موجود در پلاسما می‌توانند وارد کپسول بومین شوند.

**بازجذب:** در تراوش، مواد بر اساس اندازه وارد گردیزه می‌شوند و هیچ انتخاب دیگری صورت نمی‌گیرد. بنابراین، هم مواد دفعی مثل اوره و هم مواد مفید مثل گلوکز و آمینواسیدها به گردیزه وارد می‌شوند. مواد مفید دوباره باید به خون بازگردند. این مواد از طریق مویرگ‌های دور لوله‌ای، دوباره جذب و به این ترتیب به خون وارد می‌شوند. این فرایند را **بازجذب** می‌نامند. بنابراین می‌توان گفت فرایند بازجذب مقدار ادرار را کاهش می‌دهد.

به محض ورود مواد تراوش شده به لوله پیچ‌خورده نزدیک، بازجذب آغاز می‌شود. دیواره لوله پیچ‌خورده نزدیک از یک لایه بافت پوششی مکعبی تشکیل شده است که **ریزپرز** دارند. ریزپرزها سطح بازجذب را افزایش می‌دهند. به علت وجود ریزپرزهای فراوان در لوله پیچ‌خورده نزدیک، مقدار مواد بازجذب شده در این قسمت از گردیزه، بیش از سایر قسمت‌هاست (شکل ۹). همه بخش‌های لوله نفرون، سلول‌های مکعبی دارند، اما لوله هنله سلول‌های سنگ‌فرشی دارد!

شکل ۹- یاخته‌های ریزپرزدار لوله پیچ‌خورده نزدیک

(۱) ریزپرزها فقط در غشای سلول‌های لوله نفرون که به سمت فضای داخلی نفرون است وجود داشته و باعث افزایش سطح بازجذب می‌شوند.

(۲) این سلول‌ها دارای میتوکندری‌های فراوان هستند تا با تنفس سلولی، ATP لازم را برای بازجذب فراهم کنند.

(۳) سطح پشتی سلول‌های نفرون در مجاورت غشای پایه، دارای شکاف‌هایی برای افزایش سطح بازجذب است.

(۴) پروتئین‌های غشایی که در بازجذب نقش دارند، هم در سطحی که دارای ریزپرز است قرار دارند و هم در سطحی که دارای شکاف است. بنابراین مواد بازجذب شده وارد سیتوپلاسم این سلول‌ها می‌شوند!

در بیشتر موارد، بازجذب به صورت فعال قابل انجام است و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد؛ گرچه بازجذب ممکن است غیرفعال باشد مثل بازجذب آب که با اسمز انجام می‌شود.

### نکاتی در مورد بازجذب

(۱) محل انجام بازجذب: این مرحله در طول لوله نفرون به صورت همزمان با ترشح و با دفالت شبکه دوم مویرگی یا شبکه دور لوله‌ای انجام می‌گیرد.

+ در واقع پروتئین‌های موجود در غشای سلول‌های پوششی دیواره نفرون و غشای سلول‌های سنگ‌فرشی دیواره مویرگ در امر بازجذب نقش دارند!

x سلول‌های پوششی دیواره نفرون برای افزایش سطح بازجذب در یک سطح خود دارای ریزپرز و در سطح مقابل دارای شکاف هستند.

- همه سلول‌های دیواره لوله نفرون و حتی سلول‌های دیواره لوله جمع‌کننده ادرار دارای ریزپرز هستند!

- تعداد و اندازه ریزپرزها در لوله پیچ‌خورده نزدیک از بقیه بخش‌های لوله نفرون به مراتب بیشتر و بزرگ‌تر است.

(۲) عامل انجام بازجذب: بازجذب به صورت فعال با مصرف انرژی زیستی و یا غیر فعال مانند اسمز اتفاق می‌افتد.

+ بنابراین برای انجام بازجذب، مصرف ATP به صورت مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند رخ دهد!

(۱۳) عامل کمکی بازجذب: وجود ریزپرزها در یک سطح سلول‌های پوششی دیواره نفرون و شکاف‌ها در سطح مقابل این سلول‌ها، بازجذب را افزایش می‌دهد.

(۱۴) مواد بازجذب شده: مواد ضروری بدن که اغلب به صورت اختصاصی از طریق پروتئین‌های غشایی دیواره نفرون و مویرگ بازجذب می‌شوند.

+ بنابراین می‌توان گفت، در این مرحله فقط مواد ضروری و مفید مانند آب، گلوکز و آمینواسیدها به خون بازگردانده می‌شوند.

**ترشح:** ترشح در جهت مخالف بازجذب رخ می‌دهد و در آن موادی که لازم است دفع شوند از (۱) مویرگ‌های دور لوله‌ای یا (۲) خود یاخته‌های گردیزه به درون گردیزه ترشح می‌شوند. این فرایند را **ترشح** می‌نامند. بنابراین می‌توان گفت در همه بخش‌های نفرون از جمله کپسول بومین هم فرایند ترشح انجام می‌شود! ترشح در بیشتر موارد به روش فعال و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد. همه مواد دفعی که با ترشح از بدن دفع می‌شوند، الزاماً سمی نیستند!

به عبارت دیگر می‌توان گفت ترشح به صورت غیر فعال هم به ندرت انجام می‌شود! هم‌پنین می‌توان گفت فرایند ترشح مقدار ادرار را افزایش می‌دهد. ترشح در تنظیم میزان pH خون، نقش مهمی دارد. اگر pH خون کاهش یابد، یعنی غلظت یون هیدروژن در خون زیاد شود. کلیه‌ها یون هیدروژن را ترشح می‌کنند. اگر pH خون افزایش یابد، یعنی غلظت یون بیکربنات در خون زیاد شود. کلیه بیکربنات بیشتری دفع می‌کند و به این ترتیب pH خون را در محدوده ثابتی نگه می‌دارد. بعضی سموم و داروها به وسیله ترشح دفع می‌شوند.

**نکاتی در مورد ترشح:** نکته مهم این‌که دفع و ترشح هر دو باعث خروج مواد از بدن می‌شوند. اما دفع بر خلاف ترشح می‌تواند حاصل تراوش هم باشد!

(۱) **معل انجام ترشح:** این مرحله در کل نفرون! به صورت همزمان با بازیذب و با دفالت شبکه دوم مویرگی یا شبکه دور لوله‌ای انجام می‌گیرد!

+ در واقع پروتئین‌های موجود در غشای سلول‌های سنگ‌فرشی دیواره مویرگ و غشای سلول‌های پوششی کل دیواره نفرون در امر ترشح نقش دارند!

(۲) **عامل انجام ترشح:** ترشح به صورت فعال با مصرف انرژی زیستی و یا به ندرت به صورت غیر فعال (اتفاق می‌افتد)

+ بنابراین برای انجام ترشح، مصرف ATP به صورت مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند رخ دهد!

(۳) **عامل کمکی ترشح:** وجود ریزپرزا در یک سطح سلول‌های مکعبی دیواره نفرون و شکاف‌ها در سطح مقابل این سلول‌ها، ترشح را افزایش می‌دهد.

(۴) ویژگی‌های مواد ترشح شده: مواد دفعی، سمی و داروها که اغلب به صورت اختصاصی از طریق پروتئین‌های غشایی دیواره نفرون و مویرگ ترشح می‌شوند.

+ بنابراین می‌توان گفت، در این مرحله فقط مواد دفعی و مضر مانند اوره، اوریک‌اسید، کراتینین، سموم و داروها به نفرون وارد می‌شوند.

+ نکته مهم این‌که همه مواد دفعی که با ترشح از بدن دفع می‌شوند، الزاماً سمی نیستند!

(۵) **نقش ترشح در تنظیم pH خون:** ترشح در تنظیم میزان pH خون و ایجاد تعادل اسید- باز نقش مهمی دارد.

+ در صورت کاهش pH خون: غلظت یون هیدروژن در خون زیاد شده، بنابراین کلیه‌ها یون هیدروژن را ترشح می‌کنند تا pH خون به حالت فیزیکی برگردد.

+ در صورت افزایش pH خون: غلظت یون بیکربنات در خون زیاد شده، بنابراین کلیه‌ها یون بیکربنات را دفع می‌کنند تا pH خون به حالت فیزیکی برگردد.

## تخلیه ادرار

ادرار پس از تشکیل شدن در کلیه، از طریق میزنای به مثانه وارد می‌شود (شکل ۱۰). حرکت کرمی دیواره میزنای، که نتیجه انقباضات ماهیچه صاف دیواره آن است، ادرار را به پیش می‌راند. دو میزنای به بالای مثانه وصل نمی‌شوند، بلکه از بخش پشتی و پائینی مثانه به آن متصل می‌شوند. پس از ورود به مثانه، دریچه‌ای که حاصل چین‌خوردگی مخاط مثانه روی دهانه میزنای است، مانع بازگشت ادرار به میزنای می‌شود.

با توجه به این‌که مناط حداقل ادراری دو لایه پوششی مناطی و پیوندی مناطی است، بنابراین در ساق‌تار این دریچه دو نوع بافت پوششی و پیوندی وجود دارند. هم‌پنین در ساق‌تار این دریچه بافت ماهیچه‌ای دیده نمی‌شود!

**شکل ۱۰- دستگاه دفع ادرار در انسان و گوسفند - آیا می‌توانید اجزای شکل را نام‌گذاری کنید؟**

با توجه به این‌که شکل کتاب دارای مشکلاتی بود، ابتدا شکل اصلاح و سپس نام‌گذاری شده است.

**نکاتی در مورد دستگاه دفع ادرار**

(۱) در قسمت پشتی مویه شکمی سرفرگ آئورت و بزرگ سیاهرگ زیرین به موازات همدیگر قابل مشاهده هستند.

(۲) از آئورت دو انشعاب وارد دو کلیه می‌شود. انشعابی که به کلیه راست وارد می‌شود **طویل‌تر** از انشعابی است که به کلیه چپ می‌رود.

(۳) دو سیاهرگ فرجی از دو کلیه در مجاورت انشعابات وارد شده به کلیه‌ها و در جلوی آنها قرار می‌گیرند.

(۴) سیاهرگ خارج شده از کلیه چپ **طویل‌تر** از سیاهرگ خارج شده از کلیه راست است.

(۵) در بخش پائین‌تر مویه شکمی آئورت دو شانه شده و هر انشعاب آن وارد یکی از پاها می‌شود.

(۶) در بخش پائین مویه شکمی دو سیاهرگ که از پاها می‌آیند به همدیگر ملحق شده و بزرگ سیاهرگ زیرین را می‌سازند.

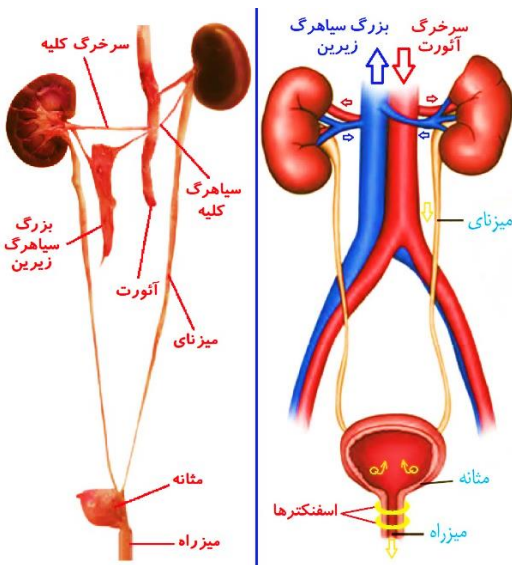
(۷) وضعیت قرار گرفتن انشعابات آئورت و بزرگ سیاهرگ زیرین به گونه‌ای است که انشعابات سیاهرگ نسبت به سرفرگ **عقبی‌تر** هستند.

(۸) دو میزنای خارج شده از دو کلیه در **مجاورت** دو سیاهرگ فرجی از کلیه و پشت آنها قرار گرفته‌اند. میزنای چپ از میزنای راست **طویل‌تر** است.

(۹) بخش ابتدای میزنای‌ها که به ناف کلیه متصل است، نسبت به بقیه بخش‌های آنها **قطر بیشتری** دارد.

(۱۰) اگرچه مثانه در انبار کردن موقتی ادرار نقش دارد اما اندازه مثانه از هر یک از کلیه‌ها **کوچک‌تر** است.

(۱۱) در ابتدا و میانه میزراه دو اسفنکتر وجود دارد: **اسفنکتر داخلی** از ماهیچه صاف غیر ارادی و اسفنکتر خارجی از ماهیچه منط (ارادی) تشکیل شده است.





مئانه، کیسه‌ای است **ماهیچه‌ای** که ادرار را موقتاً ذخیره می‌کند. چنانچه ادرار جمع شده از حجم مشخصی فراتر رود، **کشیدگی** دیواره مئانه باعث تحریک گیرنده‌های **کششی** یا مکانیکی موجود در دیواره مئانه و فرستادن پیام **عصبی** به نفاق می‌شود و به این ترتیب باعث فعال شدن **سازوکار تخلیه ادرار** می‌شود. نفاق نیز با فرستادن پیام **عصبی حرکتی** به مئانه، ماهیچه‌های صاف دیواره مئانه را منقبض می‌کند. با افزایش شدت انقباض، ادرار از مئانه خارج و به میزراه وارد می‌شود. در دستگاه ادراری انسان دو اسفنکتر برای کنترل خروج ادرار وجود دارد. در محل اتصال مئانه به میزراه، **بنداره‌ای** قرار دارد که به هنگام ورود ادرار باز می‌شود. این بنداره، که **بنداره داخلی میزراه** نام دارد، از نوع ماهیچه صاف و غیر ارادی است. بعد از این بنداره، بنداره دیگری به نام **بنداره خارجی میزراه** وجود دارد که از نوع ماهیچه **مخطط و ارادی** است. در **نوزادان و کودکانی** که هنوز ارتباط **مغز و نخاع** آنان به طور کامل شکل نگرفته است، تخلیه مئانه به صورت **غیر ارادی** صورت می‌گیرد. اسفنکتر داخلی که ماهیچه صاف و غیر ارادی دارد، تحت کنترل **نفاق** و اسفنکتر بیرونی که ماهیچه اسکلتی و ارادی دارد تحت کنترل **مغز** است. در کتاب‌های قدیمی‌تر سازوکار تخلیه ادرار را که حاصل انقباض ماهیچه‌های صاف است، نوعی انعکاس در نظر می‌گرفتند. در کتاب‌های جدیدتر انعکاس را فقط در مورد ماهیچه‌های **اسکلتی** به کار می‌برند!

**ترکیب شیمیایی ادرار:** دو فرایند **بازجذب و ترشح**، ترکیب مایع تراوش شده را هنگام عبور از **گردیزه** و مجرای **جمع‌کننده**، تغییر می‌دهند و آنچه به لگنچه می‌ریزد، ادرار است.

**نکته بسیار مهم:** با توجه به جمله بالا می‌توان گفت دو فرایند **بازجذب و ترشح** نه تنها در طول نفرون، بلکه در **لوله جمع‌کننده ادرار** هم اتفاق می‌افتند!! حدود **۹۵ درصد** ادرار را **آب** تشکیل می‌دهد. **دفع آب** از طریق ادرار، راهی برای **تنظیم** مقدار آب بدن است. **یون‌ها** نیز بخش مهمی از ادرار را تشکیل می‌دهند که **دفع** آنها برای حفظ **تعادل یون‌ها** صورت می‌گیرد.

**فراوان‌ترین ماده دفعی آلی نیتروژن‌دار** در ادرار، **اوره** است. اوره چرا و چگونه تشکیل می‌شود؟ در نتیجه تجزیه موادمانند **آمینواسیدها** در درون سلول‌ها، **آمونیاک** تولید می‌شود که **بسیار سمی** است. آمونیاک از سلول‌ها خارج شده و پس از عبور از مایع بین سلولی وارد **نون** می‌شود. **تجمع** آمونیاک در **خون** به سرعت به **مرگ** می‌انجامد. **کبد**، آمونیاک را از طریق **ترکیب آن با کربن دی‌اکسید** به **اوره** تبدیل می‌کند. ویژگی سمی بودن اوره از آمونیاک بسیار **کمتر** است و بنابراین، امکان **انباشته شدن آن** و **دفع** با **فواصل زمانی** امکان‌پذیر است. **کلیه‌ها** اوره را از خون می‌گیرند و همراه با ادرار از بدن **دفع** می‌کنند.



واکنش فاصله شده تولید اوره از آمونیاک در کبد به صورت زیر است:

دیگر ماده دفعی آلی نیتروژن‌دار در ادرار **اوریک اسید** است. این ماده در نتیجه سوخت و ساز نوکلئیک‌اسیدها حاصل می‌شود. اوریک اسید انحلال‌پذیری زیادی در آب ندارد؛ بنابراین تمایل آن به **رسوب کردن** و تشکیل **بلور** زیاد است. رسوب بلورهای اوریک اسید در کلیه‌ها باعث ایجاد **سنگ کلیه** و در مفاصل باعث **بیماری نقرس** می‌شود. نقرس یکی از بیماری‌های مفصلی است که با **دردناک** شدن مفاصل و **التهاب** آنها همراه است.

**تنظیم آب:** تنظیم آب تحت تنظیم عوامل مختلفی مثل **هورمون‌ها** قرار دارد. یکی از سازوکارها به **غلظت** مواد حل شده در **خوناب** ارتباط دارد. اگر غلظت این مواد از حد مشخصی **فراتر** رود، مرکز تشنگی توسط گیرنده‌های **اسمزی** واقع در **هیپوتالاموس** تحریک می‌شود که نتیجه آن از یک طرف فعال شدن **مرکز تشنگی** و تمایل به نوشیدن آب و از طرف دیگر ترشح هورمون **ضد ادراری** از غده هیپوفیز پسین است. این هورمون با اثر بر **کلیه‌ها**، یعنی نفرون‌ها و لوله‌های جمع‌کننده ادرار **بازجذب آب** را **افزایش** می‌دهد و به این ترتیب دفع آب از راه ادرار **کاهش** پیدا می‌کند.

اگر بنا به **عللی** هورمون ضد ادراری ترشح نشود، مقدار زیادی ادرار **رقیق** از بدن دفع می‌شود. چنین حالتی به **دیابت بی‌مزه** معروف است. مبتلایان به این بیماری احساس **تشنگی** می‌کنند و مایعات زیادی می‌نوشند. این بیماری به علت **برهم زدن** توازن آب و یون‌ها در بدن، نیازمند توجه **جدی** است.

**نکاتی در مورد ترکیب شیمیایی ادرار**

مواد معدنی موجود در ادرار: شامل آب و یون‌های مختلف از قبیل یون هیدروژن، یون سدیم، یون بیکربنات و ...

(۱) مقدار آب موجود در ادرار حدود ۹۵ درصد است. پنج درصد باقی مانده شامل مواد یون‌ها و مواد آلی است.

(۲) به منظور حفظ تعادل آب و یون‌ها، کلیه‌ها همواره مقادیر زیادی از آب و یون‌ها را دفع می‌کنند.

(۳) به منظور کاهش سمیت مواد آلی نیتروژن‌دار مانند آمونیاک و اوره، دفع آب هم انجام می‌شود.

مواد آلی موجود در ادرار: این مواد شامل اوره، کرآتینین، اوریک اسید و ... هستند.

(۱) اوره: این ماده فراوان‌ترین ماده دفعی آلی نیتروژن‌دار در ادرار است.

+ اوره حاصل تهریه پروتئین‌ها است.

+ در نتیجه تجزیه موادمانند **آمینواسیدها** در درون سلول‌ها، آمونیاک تولید می‌شود که بسیار سمی است.

+ آمونیاک از سلول‌ها خارج شده و پس از عبور از مایع بین سلولی وارد **نون** می‌شود.

+ آمونیاک بسیار سمی بوده و تجمع آن در نون به سرعت به **مرگ** می‌انجامد.

- + کبد، آمونیاک را از طریق ترکیب آن با **کربن دی‌اکسید** به اوره تبدیل می‌کند.
- x نکته جالب و البته (عمقانه) (۱۰) این‌که در سلول‌های کبد هم با استفاده از کربن دی‌اکسید، ماده آلی ساخته می‌شود!
- x بنابراین فقط سلول‌های گیاهی **نیستند** که توانایی ساختن ماده آلی از کربن دی‌اکسید را دارند (۱۱)!
- + کلیه‌ها اوره را از خون می‌گیرند و همراه با ادرار از بدن دفع می‌کنند.
- x ویژگی سمی بودن اوره از آمونیاک بسیار کمتر است و بنابراین، امکان **انباشته شدن** آن در بدن وجود دارد.
- x دفع اوره به همراه ادرار با **فواصل زمانی** از طریق مثانه امکان‌پذیر است.
- (۱۲) **کرآتینین**: ماده آلی دفعی نیتروژن‌دار دیگری که با ادرار دفع می‌شود کرآتینین است که از کرآتین فسفات تولید می‌شود.
- + کرآتین فسفات، مولکولی است که در **ماهیچه‌های اسکلتی** به منظور تأمین انرژی مصرف می‌شود.
- + در واقع هنگام فعالیت ماهیچه اسکلتی، گروه فسفات کرآتین فسفات به **ADP منتقل** و **ATP تولید** می‌شود.
- x این روشن تولید ATP در سلول را «**تولید ATP در سطح پیش‌ماده**» می‌گویند. پیش‌ماده این واکنش کرآتین فسفات است.
- + پس از انجام این واکنش، کرآتین باقی‌مانده به کرآتینین تبدیل می‌شود که توسط کلیه‌ها از بدن دفع می‌شود.
- (۱۳) **اوریک اسید**: ماده دفعی آلی نیتروژن‌دار دیگر موجود در ادرار اوریک اسید است.
- + این ماده در تبیه سوخت و ساز **نوکلئیک‌اسیدها** حاصل می‌شود.
- + اوریک اسید اختلال‌پذیری زیادی در آب ندارد، بنابراین تمایل آن به **رسوب کردن** و **تشکیل بلور** زیاد است.
- x رسوب بلورهای اوریک اسید در کلیه‌ها باعث ایجاد **سنگ کلیه** و در مفاصل باعث **بیماری تقرس** می‌شود.
- تقرس یکی از بیماری‌های مفصلی است که با **دردناک شدن مفاصل** و **التهاب** آنها همراه است.
- نکاتی در مورد تنظیم آب توسط کلیه‌ها**: برای تنظیم آب عواملی **سبب ورود آب به بدن** و **یا مانع از خروج آب از بدن** می‌شوند.
- + تنظیم آب تحت تأثیر عوامل **متغلی** مثل **هورمون‌ها** قرار می‌گیرد.
- + دو نوع سازوکار برای تنظیم آب در بدن وجود دارد. این سازوکارها تحت تأثیر هورمون‌های **ضدادراری** و **آلدوسترون** انجام می‌شوند.
- + هورمون‌های **ضدادراری** و **آلدوسترون** که به ترتیب از غده هیپوفیز پسین و فوق کلیه ترشح می‌شوند، این نقش را بر عهده دارند.
- سازوکار اول**: این سازوکار به غلظت مواد حل شده در پلاسما ارتباط دارد. این سازوکار سبب ترشح هورمون **ضدادراری** از هیپوفیز پسین می‌شود.
- + اگر غلظت مواد حل شده در پلاسما از حد مشخصی **فرا تر** رود، این اتفاقات به ترتیب می‌افتند تا آب بدن تنظیم شود.
- (۱) ابتدا گیرنده‌های (سمزی) واقع در مرکز تشنگی **هیپوتالاموس** مغز تحریک می‌شوند.
- (۲) تبیه این تحریک **دو اتفاق** زیر است:
- x از یک طرف فعال شدن مرکز تشنگی و تمایل به **نوشیدن آب** رخ می‌دهد.
- به این ترتیب این عمل **سبب ورود آب به بدن** می‌شود تا کمبود آب را جبران نماید.
- x از طرف دیگر باعث ترشح هورمون **ضدادراری** از غده هیپوفیز پسین می‌شود.
- این هورمون با اثر بر کلیه‌ها، یعنی **نفرون‌ها** و لوله‌های **جمع‌کننده** ادرار **بازجذب** آب را افزایش می‌دهد.
- به این ترتیب دفع آب از راه ادرار کاهش یافته و **مانع از خروج آب از بدن** می‌شود.
- (۳) اگر بنا به عللی هورمون ضد ادراری ترشح نشود، مقدار زیادی ادرار رقیق از بدن دفع می‌شود. چنین حالتی به **دیابت بجمزه** معروف است.
- x مبتلایان به دیابت بجمزه احساس **تشنگی** می‌کنند و به علت به هم خوردن توازن آب و یون‌ها در بدن، نیازمند توجه جدی است.
- سازوکار دوم**: این سازوکار به کاهش مقدار آب خون و کاهش **بجم آن** ارتباط دارد. این سازوکار سبب ترشح هورمون **آلدوسترون** از غده فوق کلیه می‌شود.
- + اگر مقدار آب خون و **بجم خون** کاهش یابد، این اتفاقات به ترتیب می‌افتند تا آب بدن تنظیم شود.
- (۱) ابتدا جریان خون و فشار خون در **سرفرگ آوران** کاهش می‌یابد.
- (۲) در این وضعیت، از دیواره **سرفرگ آوران آنژیومی** به نام **رنین** به درون خون ترشح می‌شود.
- (۳) آنزیم رنین بر روی یکی از پروتئین‌های پلاسما به نام **آنژیوتانسین** تأثیر می‌گذارد.
- (۴) سیستم **رنین - آنژیوتانسین** باعث راه‌اندازی مجموعه‌ای از واکنش‌ها شده تا از غده فوق کلیه، هورمون **آلدوسترون** ترشح شود.
- (۵) هورمون **آلدوسترون** با اثر بر کلیه‌ها باعث **بازجذب یون سدیم** می‌شود.
- (۶) در تبیه **بازجذب یون سدیم**، **بازجذب آب** هم در کلیه‌ها افزایش می‌یابد.
- به این ترتیب دفع آب از راه ادرار کاهش یافته و **مانع از خروج آب از بدن** می‌شود.

تنظیم اسمزی و دفع مواد زاید: این فرایند در جانداران متغلف به حالت‌های متفاوت وجود دارد:

در جانداران تک سلولی: با روش‌های انتشار و یا فرایندی مشابه **اکروسیتوز** انجام می‌گیرد.

x تنظیم اسمزی در بیشتر تک سلولی‌ها به وسیله انتشار و در برخی از آنها مانند پارامسی از طریق فرایندی مشابه **اکروسیتوز** رخ می‌دهد.

در جانداران پرسلولی: برخی از آنها فاقد ساختار مشخص برای تنظیم اسمزی هستند ولی بیشتر آنها دارای پنین ساختاری هستند.

+ جانداران پرسلولی فاقد ساختار مشخص: برخی از پرسلولی‌ها فاقد ساختار مشخص و ویژه برای تنظیم اسمزی هستند.

x به عنوان مثال در اسفنج‌ها، مرجان‌ها و برخی از کره‌های پهن مانند کره کدو ساختار مشخصی برای تنظیم اسمزی وجود ندارد.

+ جانداران پرسلولی دارای ساختار مشخص: بیشتر پرسلولی‌ها دارای ساختار مشخصی برای تنظیم اسمزی و دفع مواد زاید هستند.

x در گروه‌های متغلف بی‌مهرگان می‌تواند به صورت نفریدی، آبشش، لوله‌های مالپیگی، و در مهره‌داران فقط به صورت کلیه مشاهده شود.

### (الف) در جانداران تک سلولی

۱) در بسیاری از تک‌بافته‌ای‌ها تنظیم اسمزی بدون مصرف انرژی و با کمک انتشار انجام می‌شود.

۲) در برخی دیگر از تک سلولی‌های آب شیرین مانند پارامسی، آبی که در نتیجه اسمز وارد می‌شود به همراه مواد

دفعی با مصرف انرژی و توسط واکنش‌های انقباضی دفع می‌شود (شکل ۱۱).

بنابراین در این جانداران آب بدون مصرف انرژی و با اسمز وارد سلول شده ولی با مصرف ATP و با فرایندی مشابه

اکروسیتوز! خارج می‌شود!

شکل ۱۱- واکنش‌های انقباضی در پارامسی

### (ب) در جانداران پرسلولی

روش‌های زیادی برای تنظیم اسمزی و دفع مواد زاید در پرسلولی‌ها وجود دارد. در زیر نمونه‌هایی از این فرایند در بی‌مهرگان و مهره‌داران توضیح داده شده است. در

بی‌مهرگان روش‌های متنوعی برای تنظیم اسمزی و دفع مواد زاید وجود دارد، ولی در مهره‌داران فقط کلیه وجود دارد، هر چند در عده‌ای از آنها مانند ماهیان غضروفی غدد

راست‌روده‌ای و در برخی پرندگان و فزندگان غدد نمکی هم در این کار نقش دارند.

### در بی‌مهرگان

نفریدی: بیشتر بی‌مهرگان دارای ساختار مشخصی برای دفع هستند. یکی از این ساختارها نفریدی است که برای (۱) دفع، (۲) تنظیم اسمزی یا (۳)

هر دو مورد به کار می‌رود. نفریدی لوله‌ای است که با منفذی به بیرون بدن باز و دفع

مواد زاید از طریق آن انجام می‌شود.

آبشش: در سخت‌پوستان، مواد دفعی نیتروژن‌دار مانند آمونیاک با انتشار ساده،

از طریق اندام‌های تنفسی یعنی آبشش‌ها دفع می‌شوند.

لوله‌های مالپیگی: حشرات سامانه دفعی متصل به روده به نام لوله‌های

مالپیگی دارند (شکل ۱۲). ماده دفعی نیتروژن‌دار در حشرات، فقط اوریک اسید است.

اوریک اسید که ماده‌ای جامد و بلوری همراه با آب و یون‌هایی مانند کلر و پتاسیم به لوله‌های

مالپیگی وارد می‌شود. محتوای لوله‌های مالپیگی به روده، تخلیه و با عبور مایعات در

روده، آب و یون‌های موجود در آن بازجذب می‌شوند. اوریک اسید از طریق روده و راست

روده به منفرج رفته و همراه با مواد دفعی دستگاه گوارش یعنی همراه با مدفوع دفع می‌شود.

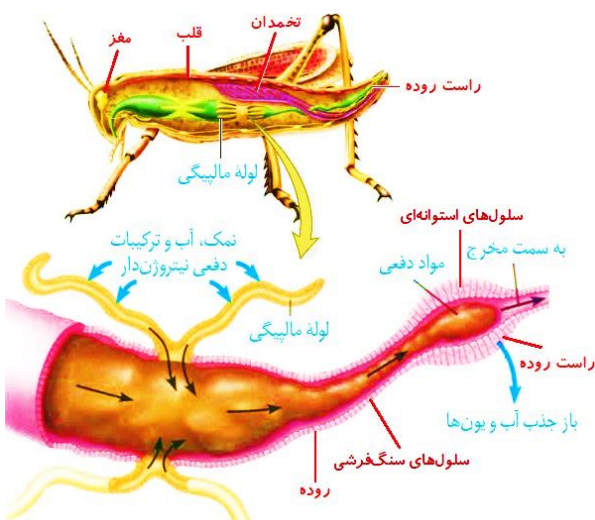
شکل ۱۲- لوله‌های مالپیگی متصل به روده در حشرات

نکاتی در مورد تنظیم اسمزی و دفع مواد زاید در بی‌مهرگان: از لحاظ فرایند دفع، بی‌مهرگان دو گروه هستند.

۱) بی‌مهرگان بدون ساختار دفع و تنظیم اسمزی: برخی از بی‌مهرگان فاقد ساختار مشخصی برای دفع مواد زاید یا تنظیم اسمزی هستند.

+ به عنوان مثال اسفنج‌ها، مرجان‌ها و برخی از کره‌های پهن مانند کره کدو ساختار مشخصی برای تنظیم اسمزی وجود ندارند.

۲) بی‌مهرگان دارای ساختار دفع و تنظیم اسمزی: این بی‌مهرگان دارای ساختارهای متفاوتی دارند:





**تفریدی:** یکی از ساقترهای مشخص برای دفع در برقی از بی‌مه‌رگان است که با منفذی به بیرون باز شده و برای سه منظور به کار می‌رود.

+ دفع مواد زائد نیتروژن‌دار از بدن + تنظیم اسمزی آب + هم برای دفع مواد زائد نیتروژن‌دار از بدن و هم برای تنظیم اسمزی آب + در پلاناریا نوع ابتدایی و ساده تفریدی به نام پروتوتفریدی و در کرم فاکس نوع پیشرفته آن به نام متاتفریدی یافت می‌شود.

**آبشش:** این ساقتر علاوه بر بی‌مه‌رگان در مه‌ردارانی مانند ماهی‌ها و دوزیستان نابالغ هم وجود دارد.

+ در **سفت‌پوستان**، مواد دفعی نیتروژن‌دار با انتشار ساده، از طریق اندام‌های تنفسی یعنی **آبشش‌ها** دفع می‌شوند.

**لوله‌های مالپیگی:** این ساقترها در بی‌مه‌رگانی مانند **حشرات** یافت می‌شوند.

+ این ساقتر از لوله‌های متصل به **روده** به نام لوله‌های مالپیگی تشکیل شده است.

+ ماده دفعی نیتروژن‌دار در **حشرات**، فقط اوریک‌اسید است.

+ اوریک‌اسید که ماده‌ای **جامد** و **بلوری** است همراه با آب و یون‌هایی مانند **کلر** و **پتاسیم** به لوله‌های مالپیگی وارد می‌شود.

+ متوای لوله‌های مالپیگی به روده، تقلیه و با عبور مایعات در روده، آب و یون‌های موجود در آن **بازجذب** می‌شوند.

+ اوریک‌اسید از طریق روده و راست روده به مترج رفته و به **همراه** مواد دفعی دستگاه گوارش دفع می‌شود.

+ لوله‌های مالپیگی، روده و راست‌روده فقط از یک لایه سلول پوششی تشکیل شده‌اند.

+ در لوله‌های مالپیگی و روده، سلول‌ها **سنگ‌فرشی** و در راست‌روده **استوانه‌ای شکل** هستند.

+ لوله‌های مالپیگی مواد دفعی را از **همولف** می‌گیرند و وارده لوله گوارش می‌کنند.

+ سلول‌های روده و راست‌روده آب و یون‌ها را از متوایات روده گرفته و به **همولف** برمی‌گردانند!

**ساقترهای دیگر:** در برقی از سفت‌پوستان مانند میگوها و فرپنگ‌ها غدد شافکی وجود دارند که مواد دفعی، از فتره عمومی بدن به این غده تراوش و از منفذ دفعی نزدیک شافک، دفع می‌شوند.

## در مه‌رداران

همه مه‌رداران کلیه دارند. ماهیان **غضروفی** (مثل **کوسه‌ها** و **سفره‌ماهی‌ها**) که همگی ساکن آب شور هستند، علاوه بر کلیه‌ها، دارای **غدد راست‌روده‌ای** هستند که محلول نمک (سدیم کلرید) بسیار غلیظ را به فضای درون **راست‌روده** ترشح می‌کنند.

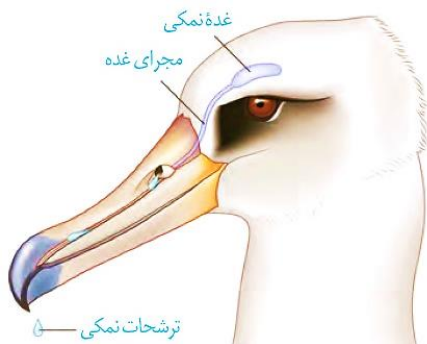
در ماهیان آب شیرین که همگی جزء ماهیان **استخوانی** هستند فشار اسمزی مایعات بدن از محیط **بیشتر** است؛ بنابراین آب می‌تواند وارد بدن شود. برای مقابله با چنین مشکلی، ماهیان آب شیرین معمولاً **آب زیادی نمی‌نوشند** (باز و بسته شدن دهان در ماهی‌ها تنها به منظور عبور آب و **تبادل گازها** در آبشش‌هاست). این ماهی‌ها حجم زیادی از آب را به صورت **ادرار رقیق** دفع می‌کنند.

در **ماهیان آب شور** که برقی از آنها جزء ماهیان غضروفی و برقی جزء ماهیان استخوانی هستند فشار اسمزی مایعات بدن **کمتر** از فشار اسمزی محیط است؛ بنابراین آب، **تمایل به خروج** از بدن دارد. در نتیجه، ماهیان دریایی مقدار **زیادی آب می‌نوشند**. در این ماهیان **برخی** از یون‌ها توسط کلیه به صورت **ادرار غلیظ** و برخی نیز از طریق یاخته‌های **آبشش** دفع می‌شوند. لازم به ذکر است که **آبشش** در بی‌مه‌رگانی مانند سفت‌پوستان در دفع مواد زائد نیتروژن‌دار نقش دارد!

کلیه دوزیستان مشابه کلیه ماهیان آب شیرین است. مثانه **دوزیستان** محل ذخیره آب و یون‌هاست. به هنگام **خشک** شدن محیط، دفع ادرار **کم**، و مثانه برای ذخیره بیشتر آب **بزرگ‌تر** می‌شود و سپس **بازجذب آب** از مثانه به خون افزایش پیدا می‌کند.

**فرزندگان**، **پرندهگان** و **پستانداران**، پیچیده‌ترین شکل کلیه را دارند. کلیه در **خزندگان** و **پرندهگان** توانمندی **زیادی** در بازجذب آب دارد. **برخی** خزندگان و پرندهگان دریایی و بیابانی که آب دریا یا غذای **نمک‌دار** مصرف می‌کنند، می‌توانند نمک اضافه را از مویرگ‌های **ثون** گرفته و از طریق **غدد نمکی نزدیک چشم** یا **زبان**، به صورت قطره‌های **غلیظ** دفع کنند (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- غده نمکی



**نکاتی در مورد تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد در مه‌رداران:** همه مه‌رداران کلیه دارند. که ساقتر متفاوت، ولی عملکرد مشابهی در میان آنها وجود دارد.

(۱) در ماهیان **غضروفی**؛ مانند سفره‌ماهی و کوسه‌ها، که همگی ساکن آب شور هستند همانند بقیه ماهی‌های آب شور، مقدار **زیادی آب می‌نوشند**.

+ برقی از یون‌ها توسط کلیه به صورت ادرار **غلیظ** و برقی نیز از طریق **آبشش‌ها** دفع می‌شوند.

+ این ماهی‌ها دارای **غدد راست‌روده‌ای** هم هستند که مطلقاً بسیار غلیظ نمک را از **ثون** و مایعات بدن گرفته و به فضای درون **راست‌روده** ترشح می‌کنند.

(۲) در ماهیان **استخوانی**؛ برقی از آنها ساکن آب شور و برقی ساکن آب شیرین هستند (نوعی که در آب شیرین هستند معمولاً آب کمی می‌نوشند).

+ در ماهی‌های استخوانی **آب شور** برقی از یون‌ها توسط کلیه به صورت ادرار **غلیظ** و برقی نیز از طریق **آبشش‌ها** دفع می‌شوند.

- + در ماهی‌های استخوانی آب شیرین حجم زیادی از آب به صورت ادرار رقیق دفع می‌شود.
- (۱۳) در دوزیستان: کلیه دوزیستان مشابه کلیه ماهیان آب شیرین بوده و در زمانی که آب فراوان است حجم زیادی از آب به صورت ادرار رقیق دفع می‌شود.
- + مثانه دوزیستان محل ذخیره آب و یونهاست.
- به هنگام فشک شدن محیط، دفع ادرار کم، و مثانه برای ذخیره بیشتر آب بزرگ‌تر می‌شود.
- سپس باز جذب آب از مثانه به خون افزایش پیدا می‌کند.
- (۱۴) در بقیه مهره‌داران: فزندگان، پرنده‌گان و پستانداران، پیچیده‌ترین شکل کلیه را دارند.
- + کلیه در فزندگان و پرنده‌گان توانایی زیادی در باز جذب آب دارد.
- + برخی از فزندگان و پرنده‌گان می‌توانند نمک اضافه را از خون گرفته و از طریق غدد نمکی نزدیک چشم، یا زبان، به صورت قطره‌های غلیظ دفع کنند.
- این جانوران در زیستگاه‌های دریایی و بیابانی زندگی می‌کنند. بنابراین آب دریا یا غذای نمک‌دار مصرف می‌کنند.



درخت انجیر معابد

## فصل ۶

# از یاخته تا گیاه

در شکل بالا فقط یک! درخت دیده می‌شود. این درخت **عظیم** دارای **ریشه‌های هوایی** زیادی است که از شاخه‌های آن منشأ گرفته و **تنه‌های کاذب** ساخته‌اند. امروزه **نهان‌دانگان** بیشترین گونه‌های گیاهی روی زمین را تشکیل می‌دهند. این گروه از گیاهان مانند بقیه گیاهان گرچه در جای خود **تابت** اند؛ اما مانند جانوران به **ماده و انرژی** نیاز دارند. همان‌طور که می‌دانیم اغلب گیاهان فقط به **مواد معدنی و نور** **تورشید** به عنوان منبع انرژی نیاز دارند تا زنده بمانند. گیاهان برخلاف جانوران **نمی‌توانند** برای تأمین ماده و انرژی مورد نیاز خود از جایی به جای دیگر بروند و با احساس خطر، **فرار** یا به عامل خطر **حمله** کنند. چه ویژگی‌هایی به گیاهان کمک می‌کند تا بتوانند بر **محدودیت ساکن بودن** در محیط غلبه کنند؟ بافت‌های پوچی شده متکم، مواد سمی، وجود خارها و تیغ‌ها روی بخش‌های رویشی نمود و ... چگونه گیاهان می‌توانند در محیط‌های **متفاوت**، زندگی کنند؟ سازش‌پذیری بالای آنها با شرایط محیطی مختلف از طرفی گیاهان افزون بر این که **منبع غذا** برای مردم‌اند، تأمین‌کننده مواد اولیه صنعتی، مانند **داروسازی و پوشاک** نیز هستند. گیاهان چه ویژگی‌هایی دارند که مواد اولیه چنین صنعتی را تأمین می‌کنند؟ **ترکیبات شیمیایی** موجود در گیاهان مانند آلکالوئیدها، اسانس‌ها و ... در داروسازی و **الیاف سلولزی** آنها مانند پنبه و کتان نیز در صنایع پوشاک مصرف می‌شوند. **اولین** قدم برای یافتن پاسخ چنین پرسش‌هایی، دانستن ویژگی‌های **یاخته گیاهی** و چگونگی سازمان‌یابی یاخته‌ها و تشکیل بافت و اندام در گیاهان آوندی و شکل‌گیری بیکر آنهاست.

**گروه‌های مختلف گیاهان:** گیاهان **پهار گروه اصلی** دارند که بر اساس داشتن یا نداشتن **آوند، دانه، گل و میوه** رده‌بندی شده‌اند!

- (۱) **نژده گیاهان:** فاقد هر گونه بافت و اندام هستند. بنابراین فاقد **آوند، دانه، گل و میوه** بوده و بیکر آنها معمولاً **کوچک** باقی می‌ماند.
- (۲) **سرسن‌ها:** دارای بافت و اندام هستند. **آوند دارند**، اما دانه، گل و میوه ندارند. زندگی آنها به محیط‌های **مرطوب** وابسته است. **آزولا** نوعی سرسرس است.
- (۳) **بازدانگان:** دارای بافت و اندام هستند. **آوند و دانه دارند**، اما گل و میوه ندارند. همه آنها گیاهانی **پوچی** هستند. **کاج، سرو و درخت کبوس**، بازدانه به شمار می‌آیند.
- (۴) **نهان‌دانگان:** دارای بافت، اندام، **آوند، گل، دانه و میوه** هستند. **تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها** دو گروه نهان‌دانگان هستند که در گفتار دوم درباره آنها بحث خواهیم کرد.



اگر از شما بپرسند که یاخته در گیاهان چه تفاوتی با یاخته در جانوران دارد، احتمالاً علاوه بر سبزیسه (کلروپلاست)، دیواره سلولی و واکوئول مرکزی را نیز نام می‌برید. یاخته، اولین بار در بافت چوب‌پنبه، مشاهده شد (شکل ۱).

به عبارت دیگر سلول گیاهی سه جزء دارد که سلول جانوری فاقد آنهاست. این سه جزء عبارتند از: دیواره سلولی، پلاست‌ها و واکوئول مرکزی که به ترتیب در این گفتار شرح داده می‌شوند.

بافت چوب‌پنبه از یاخته‌های مرده تشکیل شده است. یاخته‌های این بافت در مشاهده با میکروسکوپ به صورت مجموعه حفره‌هایی توخالی دیده می‌شوند که دیواره‌هایی آنها را از یکدیگر جدا کرده‌اند. این دیواره‌ها، دیواره یاخته‌ای و تنها بخش باقی‌مانده از یاخته گیاهی در بافتی مرده‌اند.

شکل ۱- میکروسکوپ ابتدایی رابرت هوک و آنچه مشاهده کرد.

در واقع هوک سلول گیاهی را مشاهده نکرد! بلکه او فقط دیواره‌های سلولی به جای مانده از سلول‌های بافت مرده چوب‌پنبه را در پریدرم ساقه بلوط مشاهده نمود. دیواره سلولی در این سلول‌ها دارای ماده‌ای لیبیدی به نام چوب‌پنبه یا سوپرین است. هوک این اتاقک‌ها را «سلول» نامید.



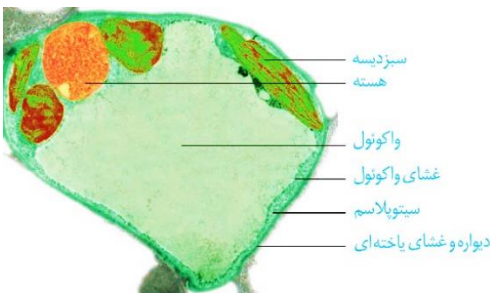
دیواره یاخته‌ای در بافت‌های زنده گیاه، بخشی به نام پروتوپلاست را در بر می‌گیرد. پروتوپلاست شامل غشا، سیتوپلاسم و هسته است (شکل ۲).

بدیهی است در بافت‌های مرده مانند آوند‌های چوبی، فیبرها، اسکلتی‌دها، بافت چوب‌پنبه و ... دیواره سلولی تنها بخش باقی‌مانده سلول است. در این بافت‌ها دیواره سلولی، فضایی خالی را در بر می‌گیرد. این فضا قبل از مرگ سلولی محل قرار گرفتن پروتوپلاست سلول یعنی غشاء، سیتوپلاسم و هسته بوده است.

شکل ۲- نوعی یاخته گیاهی

در سیتوپلاسم، علاوه بر هسته و سایر اندامک‌ها، دو عدد کلروپلاست و یک واکوئول مرکزی بزرگ دیده می‌شود. در سلول‌های غیر مریستمی، واکوئول مرکزی بیشتر بجم سیتوپلاسم را به خود اختصاص می‌دهد.

نکاتی در مورد سلول گیاهی



سلول گیاهی زنده دارای دو بخش اصلی است: دیواره سلولی و پروتوپلاست که به ترتیب بخش غیر زنده و زنده سلول را تشکیل می‌دهند.

+ دیواره سلولی شامل لایه‌های از سلولز و ترکیبات دیگر است که مانند یک قالب پروتوپلاست را در بر می‌گیرد.

+ پروتوپلاست نیز شامل سه قسمت است: غشای سلولی، سیتوپلاسم و هسته (پروتوپلاست هم‌ارز یا معادل سلول جانوری است).

- سیتوپلاسم شامل ماده زمینه سیتوپلاسم و اندامک‌ها است.

- بر اساس کتاب، اندامک‌ها دو گروه هستند: اندامک‌های بدون غشاء و اندامک‌های غشاء‌دار

x اندامک‌های بدون غشاء شامل ریبوزوم‌ها و اسکلت سلولی (ریزشته‌ها یا میکروفیلان‌ها و ریزلوله‌ها یا میکروتوبول‌های پروتئینی) هستند.

نکته مهم: بر اساس کتاب، سانتیول هم نوعی اندامک بدون غشاء می‌باشد و در سلول‌های گیاهی یافت نمی‌شود.

x اندامک‌های غشاء‌دار شامل شبکه آندوپلاسمی، دستگاه گلژی، واکوئول مرکزی، کلروپلاست، میتوکندری و ...

نکته مهم: بر اساس «نظریه درون‌همزیستی» کلروپلاست و میتوکندری منشأ پروکاریوتی داشته که با یوکاریوت‌های باستانی همزیست شده‌اند.

انواع سلول‌های گیاهی: سلول‌های گیاهی دو نوع هستند. سلول‌های مریستمی و سلول‌های غیر مریستمی

(۱) سلول‌های مریستمی: همه سلول‌های گیاهی از تقسیم و تمایز مریستم‌ها به وجود می‌آیند.

+ مریستم‌ها دو نوع هستند: مریستم‌های نخستین یا انتهایی و مریستم‌های پسین یا کامبیوم

+ در سلول‌های مریستمی نسبت هسته به سیتوپلاسم بزرگ است و واکوئول‌های ریز و متعدد دارند.

(۲) سلول‌های غیر مریستمی: این سلول‌ها سه گروه هستند: سلول‌های زنده، سلول‌های زنده بدون

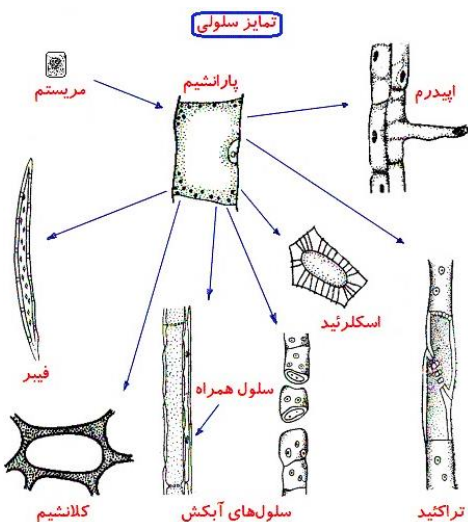
هسته و سلول‌های مرده

سلول‌های زنده: در این سلول‌ها پروتوپلاست فعال است و فقط دیواره نخستین تشکیل شده است!

این سلول‌ها معمولاً دارای واکوئول مرکزی بزرگ هستند.

(۱) سلول‌های اپیدرمی: سطح بیرونی همه اندام‌های جوان را می‌پوشانند. برخی از آنها دارای

کوئیکول، کرک، تار کشنده و ... هستند.



۱۶) سلول‌های پاراننشیمی: در بین سلول‌های بافت‌های دیگر وجود داشته و نقش‌های مختلفی را در گیاهان ایفا می‌کنند.

- + پاراننشیم ذخیره‌ای: در بخش غوراکه دانه‌ها، میوه‌ها، ساقه‌ها، برگ‌ها و ... یافت می‌شود. مواد مختلفی در سلول‌های آنها ذخیره می‌شود.
- + پاراننشیم فتوسنتز کننده: نام دیگر آن کلراننشیم است و در همه بخش‌های سبز گیاه یافت می‌شود. در برگ‌ها، میانبرگ یا مزوفیل نامیده می‌شود.
- + پاراننشیم هواردار: نام دیگر آن آنراننشیم است و در برگ‌ها و ساقه‌های گیاهان آبزی یا غوطه‌ور در آب وجود داشته و در تنفس گیاه نقش دارند.
- + سلول‌های آندودرمی: که آفرین سلول‌های پوست در ریشه هستند. سلول‌های آن در چهار یا پنج وجه خود دارای چوب پنبه بوده اما زنده هستند!
- + سلول‌های لایه ریشه‌زا: نام دیگر آن این سلول‌ها، دایره محیطیه یا پریمیکل است. این لایه در اطراف استوانه آوندی در ریشه‌ها قرار دارد.

۱۷) سلول‌های کلاننشیمی: سلول‌های استکامی بوده و معمولاً در زیر روپوست اندام‌های هوایی واقع شده‌اند. سلول‌ها کشیده و دارای دیواره نئستین بسیار ضمیم یا ضخامت غیر یکنواخت هستند.

سلول‌های زنده بدون هسته: دارای دیواره نئستین و پروتوپلاست زنده اما بدون هسته و اندامک هستند. بنابراین برای فعالیت به سلول‌های همراه نیاز دارند.

+ آوندهای آبکش: سلول‌های طولی که دیواره عرضی آنها آبکش‌مانند است. کار آنها انتقال شیره پروده یا مواد آلی در گیاه است.

سلول‌های مرده: در این سلول‌ها تنها بخش باقی‌مانده سلول فقط دیواره است. دیواره پسین در آنها ضمیم بوده و بنابراین اغلب نقش استکامی نیز دارند.

۱) سلول‌های اسکلراننشیمی: سلول‌های استکامی بوده و در بخش‌های مختلفی حضور دارند. دو نوع سلول اسکلراننشیمی وجود دارد: فیبرها و اسکلرئیدها

+ فیبرها: سلول‌های طولی هستند که اغلب در میان سلول‌های بافت پاراننشیم و نیز اطراف دستجات آوندی در ساقه گیاهان وجود دارند.

+ اسکلرئیدها: سلول‌های کوتاهی هستند که اغلب در پوسته دانه‌ها و میوه‌ها یافت می‌شوند.

۲) سلول‌های چوب پنبه: نازج‌ترین لایه در بخش‌های مسن گیاهان را تشکیل می‌دهند. در دیواره پسین خود ماده چوب پنبه یا سوبرین به مقدار زیاد دارند.

+ عدسک‌ها: در برخی از نقاط بافت چوب پنبه عدسک‌ها به وجود آمده‌اند تا تبادلات گازی از طریق آنها انجام شود.

۳) آوندهای چوبی: سلول‌های کمابیش طولی هستند که ماده چوب یا لیگنین به صورت‌های مختلف ماریپی، طلقوی، مشبک و ... در دیواره آنها رسوب

نموده است. این سلول‌ها به دو صورت تراکئید و عنصر آوندی در انتقال شیره خام یا مواد معدنی در گیاه نقش دارند.

+ تراکئیدها: سلول‌های طولی و دوکی‌شکلی بوده که در همه گیاهان آوندی وجود داشته و ارتباط آنها از طریق لان‌های دیواره‌های طولی صورت می‌گیرد.

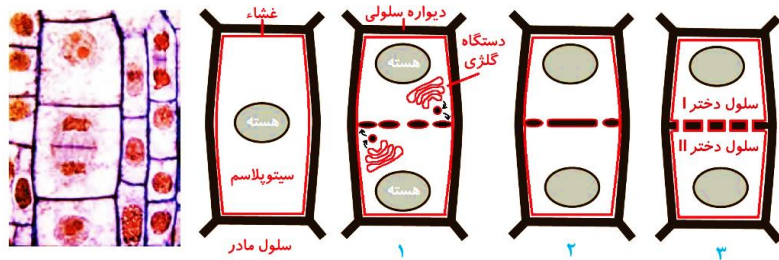
+ عناصر آوندی: فقط در گیاهان گل‌دار یافت می‌شوند. در این آوندها، سلول‌های کوتاه به صورت متوالی ردیف شده و پس از تخلیه دیواره‌های عرضی

آنها، آوندهایی با مقطع بزرگ تشکیل می‌دهند.

## دیواره سلولی

دیواره عملکردهای متفاوتی دارد. ۱) حفظ شکل و استحکام یاخته‌ها و در نتیجه استحکام پیکر گیاه، ۲) کنترل تبادل مواد بین یاخته‌ها و ۳) جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا؛ از کارهای دیواره یاخته‌ای است. برای پی بردن به نقش دیواره در هر یک از این کارها ابتدا باید ساختار دیواره را بشناسیم.

به شکل ۳ توجه کنید! در تقسیم یاخته گیاهی بعد از تقسیم هسته یا میتوز، و به هنگام تقسیم سیتوپلاسم یا در مرحله سیتوکینز، با همکاری وزیکول‌های دستگاه کلژی، لایه‌ای به نام تیغه میانی تشکیل می‌شود. این لایه، سیتوپلاسم را به دو بخش تقسیم می‌کند و در نتیجه، دو یاخته دختر ایجاد می‌شود. تیغه میانی از



پکتین ساخته شده است. پکتین مانند چسب عمل می‌کند و دو یاخته را به هم متصل نموده و در کنار هم نگه می‌دارد.

شکل ۳- تشکیل تیغه میانی پکتینی با همکاری دستگاه کلژی

## نکاتی در مورد تیغه میانی

۱) با توجه به متن کتاب، علاوه بر سه وظیفه دیواره که در بالا ذکر شد، دیواره سلولی وظایف دیگری نیز دارد!

۲) در چرخه سلولی خواهیم دید، بعد از تقسیم هسته یا میتوز، معمولاً تقسیم سیتوپلاسم یا فرایند سیتوکینز رخ می‌دهد.

+ در واقع نوعی هم‌پوشانی زمانی بین دو فرایند میتوز و سیتوکینز وجود دارد.

+ در مرحله آنافاز میتوز، با ظهور وزیکول‌های کلژی فرایند سیتوکینز شروع می‌شود.

- در این مرحله، سیتوپلاسم دو سلول دختر در حال تشکیل، وزیکول‌های کلژی را به سطح استوای سلولی می‌فرستند.

- این وزیکول‌ها حاوی پکتین یا پیش‌سازهای تیغه میانی و در مرحله بعدی پیش‌سازهای دیواره سلولی هستند.

۳) تا زمانی که تقسیم سیتوپلاسم انجام نشود، تقسیم سلولی انجام نشده است. به عبارت دیگر تقسیم میتوز منجر به تقسیم سلولی نمی‌شود!

۴) بر اساس کتاب، تیغه میانی جزء لایه‌های تشکیل دهنده دیواره سلولی محسوب نمی‌شود! ⊗ ⊗

۵) نکته مهم این که برای تشکیل تیغه میانی، حداقل می‌بایست دو سلول گیاهی وجود داشته باشد.

+ بدیهی است، حتی یک سلول گیاهی منفرد مانند دانه کرده نارس، می‌تواند دیواره داشته باشد!

۶) نکته جالب دیگر این که سلول‌های سطحی گیاهان که با محیط بیرون در تماس هستند در وجه بیرونی خود فاقد تیغه میانی هستند.

+ به همین خاطر اگر سطح برگ یا ساقه جوان گیاه را لمس کنیم، دست ما به دیواره سلولی برخورد می‌کند نه تیغه میانی!

۷) تیغه میانی باعث به هم متصل ماندن سلول‌های گیاهی به یکدیگر می‌شود. (مشابه کار غشای پایه در سلول‌های جانوری!)

+ استثنائاتی وجود دارد که در آنها سلول‌ها به هم متصل باقی نمی‌مانند: مانند دانه‌های کرده رسیده، سلول‌های واقع در محل عدسک، پارانشیم هوادار و ...

پروتوپلاست هریک از یاخته‌های تازه تشکیل شده، دیواره نخستین را برای خودش! ☺ می‌سازد. در این دیواره، علاوه بر پکتین، رشته‌های سلولز نیز وجود دارند. دیواره نخستین، مانند قالبی، پروتوپلاست را در بر می‌گیرد؛ اما مانع رشد آن نمی‌شود؛ زیرا قابلیت گسترش و کشش دارد و همراه با رشد پروتوپلاست و اضافه شدن ترکیبات سازنده دیواره، اندازه آن نیز افزایش می‌یابد. در بعضی یاخته‌های گیاهی، لایه‌های دیگری نیز ساخته می‌شود که به مجموع آنها دیواره پسین می‌گویند. رشته‌های سلولزی در هر لایه از دیواره پسین با هم موازی و با لایه دیگر زاویه‌دار هستند. استحکام و تراکم این دیواره از دیواره نخستین بیشتر است (شکل ۴). دیواره پسین فاقد انحطاف بوده و مانع از رشد یاخته می‌شود. اگر در دیواره سلولی، ماده چوب یا لیگنین رسوب کند باعث مرگ سلول می‌شود! معمولاً رسوب ماده چوب‌پنبه یا سوبرین در دیواره نیز سبب مرگ سلول می‌شود.

شکل ۴- چگونگی تشکیل دیواره یاخته‌ای. با تشکیل دیواره‌های نخستین و پسین، تیغه میانی از پروتوپلاست دور می‌شود.

۱) بر اساس شکل کتاب، دیواره نخستین فقط یک لایه است ولی

دیواره پسین همواره چند لایه است!

۲) هم‌پسین می‌توان گفت در یک سلول گیاهی مسن، دیواره

نخستین نسبت به لایه‌های دیواره پسین از پروتوپلاست فاصله

بیشتری می‌گیرند.

نکاتی در مورد دیواره سلولی



۱) بر اساس کتاب، پیش‌سازهای دیواره سلولی نیز همانند پیش‌سازهای تیغه میانی به وسیله وزیکول‌های کلژی از طرف پروتوپلاست سلول‌های دقت می‌آیند!

۲) در دیواره سلول گیاهی، علاوه بر ماده پکتین، رشته‌های سلولزی و مواد دیگر هم وجود دارند.

+ برخی از تغییرات شیمیایی که سبب اضافه شدن مواد دیگر به دیواره سلولی می‌شوند عبارتند از:

- سیلیسی شدن: اضافه شدن سیلیس به وجه خارجی سلول‌های اپیدرم در برگ غلات

- کوتینی شدن: اضافه شدن کوتین (نوعی لیپید) به وجه خارجی سلول‌های اپیدرم در اندام‌های هوایی جوان همه گیاهان مانند برگ‌ها

- ژله‌ای شدن: اضافه شدن پکتین اضافی به دیواره سلول‌های پوسته برخی از دانه‌ها مانند تخم شربتی

- چوبی شدن: اضافه شدن لیگنین به دیواره آوندهای چوبی و سلول‌های اسکلرانشیم (فیبرها و اسکلرئیدها)

x بر اساس کتاب، چوبی شدن دیواره سلولی سبب مرگ سلول گیاهی می‌شود!

- چوب‌پنبه‌ای شدن: اضافه شدن سوبرین (نوعی لیپید) به دیواره سلول‌های آندودرم و پریدرم

x چوب‌پنبه‌ای شدن در سلول‌های آندودرمی سبب مرگ نشده در حال که در سلول‌های پریدرمی سبب مرگ آنها می‌شود!

۳) دیواره در دو مرحله ساخته می‌شود: ابتدا دیواره نخستین و سپس دیواره پسین شکل می‌گیرد.

۴) بر اساس شکل کتاب، دیواره نخستین فقط یک لایه دارد! در حالی که دیواره پسین همواره چند لایه‌ای ساخته می‌شود.

۵) دیواره نخستین قابلیت کشش و گسترش دارد در حالی که دیواره پسین مستحکم، متراکم و غیر قابل انحطاف است.

۶) رشته‌های سلولزی در هر لایه از دیواره پسین، به موازات یکدیگر کشیده می‌شوند.

۷) رشته‌های سلولزی هر لایه از لایه‌های دیواره پسین با لایه مجاور خود همواره زاویه‌دار است.

۸) به هنگام تشکیل دیواره نخستین، تیغه میانی از غشای سلولی هر کدام از سلول‌های دقت فاصله می‌گیرد.

۹) به هنگام تشکیل دیواره پسین، دیواره نخستین نیز از غشای سلولی هر کدام از سلول‌های دقت فاصله می‌گیرد.

۱۰) جدیدترین لایه دیواره پسین با غشای سلولی تماس مستقیم دارد.

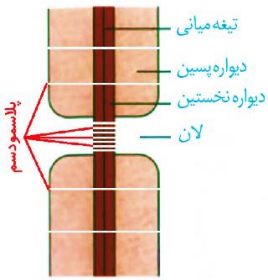
۱۱) اگر بفرضیم از سیتوپلاسم سلول یک به سیتوپلاسم سلول دو برویم باید لایه‌های زیر را به ترتیب پشت سر بگذاریم:

سیتوپلاسم سلول یک ← غشای سلول یک ← دیواره پسین سلول یک (به ترتیب لایه‌های سوم، دوم و اول) ← دیواره نخستین سلول یک ← تیغه میانی

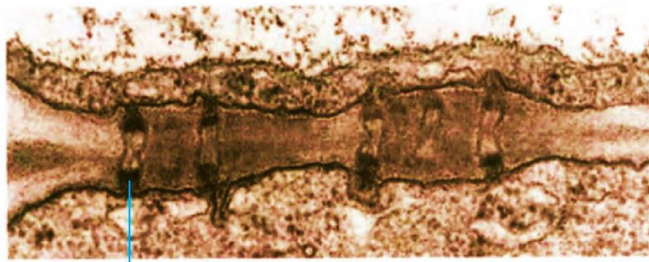
← دیواره نخستین سلول دو ← دیواره پسین سلول دو (به ترتیب لایه‌های اول، دوم و سوم) ← غشای سلول دو ← سیتوپلاسم سلول دو



دیدیم که دیوارهٔ یاخته‌ای، دور تا دور یاخته را می‌پوشاند. همان‌طور که قبلاً هم گفته شد تیغه میانی این ویژگی را ندارد! آیا این دیواره، یاخته‌ها را به طور کامل از هم جدا می‌کند؟ فیبر به دلیل وجود باریکه‌هایی از پروتوپلاسم، این سلول‌ها به هم متصل باقی می‌مانند! مشاهدهٔ بافت‌های گیاهی با میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که کانال‌های سیتوپلاسمی از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر کشیده شده‌اند. به این کانال‌ها، پلاسمودسم می‌گویند (شکل ۵). مواد مغذی و ترکیبات دیگر از قبیل هورمون‌های گیاهی، پروتئین‌ها، نوکلئیک‌اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی می‌توانند از راه پلاسمودسم‌ها از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر بروند.



(ب)



(الف)

پلاسمودسم‌ها در مناطقی از دیواره به نام لان، به فراوانی وجود دارند. لان به منطقه‌ای گفته می‌شود که دیوارهٔ یاخته‌ای در آنجا نازک مانده است. لان‌ها که بخشی از دیواره سلولی هستند، در زیر میکروسکوپ نوری قابل مشاهده‌اند. شکل ۵- تصویر پلاسمودسم با میکروسکوپ الکترونی (الف)، لان در دیوارهٔ یاخته‌ای (ب)

نکاتی در مورد پلاسمودسم و لان

۱) پلاسمودسم باریکه یا کانالی از جنس سیتوپلاسم است که به جز هسته، تقریباً تمام اجزای پروتوپلاست را دارد.

+ به عنوان مثال دارای غشای سلولی، سیتوپلاسم و حتی شبکه آندوپلاسمی است.

+ بنابراین می‌توان گفت که پلاسمودسم از اجزای بخش زنده سلول گیاهی یا پروتوپلاست متسوب می‌شود!

+ نکته بسیار مهم این که پلاسمودسم‌ها فقط در

سلول زنده گیاهی وجود دارند.

۲) لان نوعی نازک‌ماندگی یا فرورفتگی در دیواره سلول

گیاهی است. لان محل تجمع پلاسمودسم است!

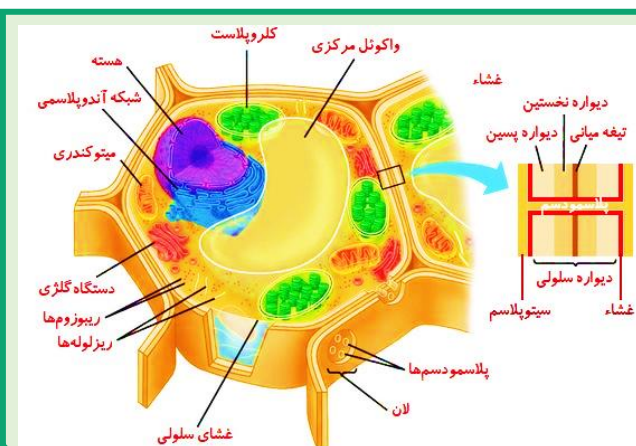
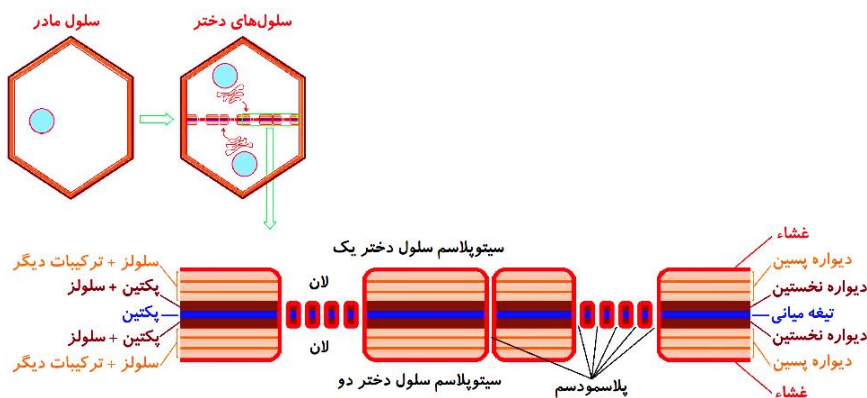
+ بنابراین می‌توان گفت که لان، جزء بخش غیر زنده

سلول گیاهی یعنی جزء دیواره سلولی متسوب

می‌شود!

+ نکته بسیار مهم این که لان‌ها هم در سلول‌های

زنده و هم در سلول‌های غیر زنده وجود دارند.



### مدل سلول گیاهی

### فعالیت

با استفاده از ابزار و مواد مناسب، نمونه‌ای از یاختهٔ گیاهی بسازید. در این نمونه، لایه‌های دیواره و ارتباط بین یاخته‌های گیاهی به وسیله پلاسمودسم را نیز نشان دهید. اگر بتوانیم با گذشتن از دیواره سلولی از سیتوپلاسم یک سلول به سیتوپلاسم سلول دیگر برویم باید از این لایه‌ها عبور کنیم:

سیتوپلاسم سلول اول ← غشای سلول اول ← دیواره پسین سلول اول ← دیواره نخستین سلول اول ← تیغه میانی ← دیواره نخستین سلول دوم ← دیواره پسین سلول دوم ← غشای سلول دوم ← سیتوپلاسم سلول دوم

### واکئول مرکزی

سلول‌های مرستمی دارای واکئول‌های ریز و متعدد هستند. سایر سلول‌های زنده گیاهی که از تمایز این سلول‌ها به وجود می‌آیند دارای یک واکئول مرکزی بزرگ هستند. درون واکئول مرکزی مواد مختلفی ذخیره می‌شوند: از جمله آب، نمک، مواد سمی، مواد غذایی، مواد رنگی، اسیدهای آلی، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و...

### واکئول، محلی برای ذخیره

چگونه گیاه پژمرده بعد از آبیاری شاداب می‌شود؟ آب بر اثر فرایند اسمز، وارد سلول‌ها شده و پس از عبور از غشای واکئول مرکزی به درون این اندامک‌ها نفوذ می‌کند. فشار تورژسانس حاصل از ورود آب، سبب افزایش حجم واکئول مرکزی و در نهایت افزایش حجم پروتوپلاست سلول‌ها و فشار وارد کردن به دیواره شده و این

عمل سبب **افراشته شدن** مجدد ساقه‌ها و شاخه‌ها و در نتیجه **شاداب شدن** گیاه می‌شود. برای پاسخ به این پرسش باید نگاهی **دقیق** به یاخته گیاه داشته باشیم. می‌دانیم یکی از ویژگی‌های یاخته‌های گیاهی، داشتن اندامکی به نام **واکوئول مرکزی** است. در **درون** این اندامک، مایعی به نام **شیره واکوئولی** قرار دارد. شیره واکوئولی ترکیبی از **آب** و **مواد دیگر** مانند **آب، نمک، مواد سمی، مواد غذایی، مواد رنگی، اسیدهای آلی، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها** و... است. مقدار و ترکیب این شیره، از گیاهی به گیاه **دیگر** و حتی از بافتی به بافت **دیگر** فرق می‌کند. با توجه به نوع ترکیب شیمیایی **انواعی** از واکوئول‌ها در سلول‌های گیاهی وجود دارد. **بعضی** یاخته‌های گیاهی واکوئول درشتی دارند که بیشتر **حجم** یاخته را اشغال می‌کند (شکل ۲). به شکل ۶ نگاه کنید! وقتی تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم در محیط **بیشتر** از یاخته باشد، آب بر اثر فرایند **اسمز وارد** یاخته می‌شود، در نتیجه پروتوپلاست **حجیم** و به دیواره **فشار** می‌آورد. در این حالت واکوئول‌ها **پر آب** و حجیم‌اند. دیواره یاخته‌ای در برابر این فشار تا حدی کشیده می‌شود، اما پاره **نمی‌شود**. یاخته در این وضعیت در حالت **تورژسانس** یا تورم است. حالت تورم یاخته‌ها در بافت‌های گیاهی سبب می‌شود که اندام‌های **غیر چوبی**، مانند برگ و گیاهان علفی **استوار** بمانند. **بدیهی** است استوار ماندن اندام‌های پوپی گیاهان مانند ساقه‌ها و شاخه‌های درختان نتیجه رسوب **ماده پوپی** یا **لیگنین** در بافت‌های پوپی آنها است.

اگر به هر علتی تراکم آب **کم** شود، پروتوپلاست **جمع** می‌شود و از دیواره **فاصله** می‌گیرد. این وضعیت، **پلاسمولیز** نامیده می‌شود. اگر پلاسمولیز **طولانی مدت** باشد، پژمردگی **حتی** با آبیاری فراوان نیز رفع **نمی‌شود** و گیاه به دنبال مرگ یاخته‌هایش، **می‌میرد**.

نکته جالب این‌که در مرحله پلاسمولیز نقاط معدودی از پروتوپلاست با دیواره سلولی در **تماس** هستند. در این نقاط پلاسمودسم‌های **متعددی** وجود دارد!



شکل ۶- تورژسانس و پلاسمولیز در یاخته گیاهی

### انواع واکوئول‌ها در سلول‌های یوکاریوتی

- ۱) **واکوئول ایتقباضی**: نام دیگر آن واکوئول **ضربان‌دار** است. این واکوئول‌ها در آغازیان آب شیرین مانند **آمیب** و **پارامسی** وجود دارند. این اندامک‌ها آب اضافی وارد شده بر اثر فرایند **اسمز** که به سلول وارد شده را جمع‌آوری نموده و با مصرف **انرژی** و ایتقباض خود از سلول خارج می‌کنند.
- ۲) **واکوئول گوارشی**: در آغازیانی مانند **آمیب** و **پارامسی** و در برخی از سلول‌های جانوری مانند سلول‌های لایه درونی **هیدر** و حتی فاکوسیت‌های بدن انسان مانند **نوتروفیل‌ها** و **ماکروفاژها** وجود دارند. این واکوئول‌ها حاصل **ادغام شدن** واکوئول‌های غذایی و لیزوزوم‌ها هستند و پس از جذب مونومرهای موجود در آنها، واکوئول‌های **دفعی** را می‌سازند.
- ۳) **واکوئول مرکزی**: این واکوئول‌ها منصوص سلول‌های **گیاهی** بالغ هستند و همان‌طور که گفته شد مواد مختلفی در آنها **ذخیره** می‌شود، اما مهم‌ترین وظیفه آنها **افراستگی** و **استوار نمودن** بخش‌های جوان گیاهان پوپی و پیکر گیاهان علفی است.

### تورژسانس و پلاسمولیز در یاخته‌های گیاه

#### فعالیت

آب بر اساس **اسمز** می‌تواند از غشای **پروتوپلاست** و **واکوئول**، آزادانه و **بدون** صرف انرژی عبور کند.

الف) برای مشاهده تورژسانس و پلاسمولیز در یاخته گیاهی آزمایشی **طراحی** و **اجرا** کنید. می‌توانیم بافت گیاهی مانند **اپیدرم پیاز** را یک بار در آب مقطر و یک بار در آب شور قرار داد و به این ترتیب **تورژسانس** و پلاسمولیز را در زیر میکروسکوپ مشاهده نمود.

ب) گفتیم که یاخته‌های گیاه بر اساس **تفاوت** فشار اسمزی پروتوپلاست و محیط اطراف، به حالت **تورژسانس** یا **پلاسمولیز** درمی‌آیند. آیا پلاسمولیز و تورژسانس یاخته‌ها، سبب تغییر در **اندازه** یا **وزن** بافت گیاهی می‌شود؟ بله، اندازه کمی افزایش می‌یابد، ولی وزن به مقدار قابل ملاحظه‌ای زیاد می‌شود. چگونه با **روش علمی** به این پرسش پاسخ می‌دهید؟ در سه گروه از گیاهان کاشته شده در گلدان می‌توان با آبیاری با آب معمولی (گروه **شاهد**)، آب مقطر و آب شور (گروه‌های **آزمایشی** **شونده**) تغییر اندازه و وزن بافت‌های گیاهی را مشاهده نمود.

به جز آب، واکوئول محل ذخیره ترکیبات **پروتئینی**، **اسیدی** و **رنگی** است که در گیاه ساخته می‌شوند؛ **آنتوسیانین** یکی از ترکیبات رنگی است که در واکوئول ذخیره می‌شود. **آنتوسیانین** در **ریشه** چغندر قرمز، **برگ‌های کلم بنفش** و میوه‌هایی مانند **پرتقال توسرخ**، به مقدار فراوانی وجود دارد. جالب است که **رنگ** آنتوسیانین در pH‌های **متفاوت** تغییر می‌کند.

**غشای واکوئول** مانند غشای یاخته، ورود مواد به واکوئول و خروج از آن را **کنترل** می‌کند. برگ کلم بنفش را چند دقیقه در آب معمولی قرار دهید، چه اتفاقی می‌افتد؟ **اتفاق خاصی نمی‌افتد!** اکنون آن را به مدت چند دقیقه **بجوشانید**. چه می‌بینید؟ آب به رنگ بنفش درمی‌آید. مشاهده خود را تفسیر کنید. با جوشاندن بافت گیاهی، سلول‌های آن می‌میرند، بنابراین غشاهای آنها ناصیت نفوذپذیری (انتخابی) خود را از دست داده و آنتوسیانین‌های موجود در واکوئول‌های آنها به بیرون **نشت** پیدا می‌کنند.



**پروتئین**، یکی دیگر از ترکیباتی است که در واکوئول **ذخیره** می‌شود. **گلوتن** یکی از این پروتئین‌هاست که در دانه‌های **گندم** و **جو** ذخیره می‌شود و به هنگام رویش دانه برای رشد و نمو **رویان** به مصرف می‌رسد (شکل ۷).  
**شکل ۷** در این شکل یاخته‌هایی که **گلوتن** در واکوئول آنها ذخیره شده است نشان داده شده‌اند.  
 (۱) این ماده در واکوئول‌های موجود در سلول‌های **لایه خارجی** بافت ذخیره دانه یا **آندوسپرم** یافت می‌شوند.  
 (۲) همان‌طور که می‌دانیم پروتئین گلوتن در برخی از افراد سبب ایجاد بیماری **سلیاک** می‌شود.

**پلاست‌ها**

در گیاهان مواد رنگی مختلفی وجود دارد که این مواد می‌توانند علاوه بر واکوئول‌ها، در **پلاست‌ها** هم وجود داشته باشد. در واقع مواد رنگی در گیاهان **دو** نوع هستند:

- (۱) **آنتوسیانین‌ها** که قابل حل در آب بوده و در **درون** واکوئول‌ها ذخیره می‌شوند. رنگ این ترکیبات در pHهای مختلف **تغییر** می‌کند.
- (۲) **رنگیزه‌ها** مانند **کلروفیل** و **کاروتنوئیدها** که قابل حل در لیپید بوده و در **غشای** تیلکوئیدی پلاست‌ها قرار می‌گیرند. رنگ آنها **ثابت** بوده و در **قتوستن** نقش دارند.

**رنگ‌ها در گیاهان**

گیاهان را به سبز بودن می‌شناسیم؛ در حالی که **انواعی** از رنگ‌ها در گیاهان دیده می‌شود. دانستیم که **بعضی** رنگ‌ها به علت وجود مواد رنگی در **درون** واکوئول است. آیا رنگ **زرد** یا **نارنجی** ریشه هویج، و رنگ **قرمز** میوه گوجه فرنگی مربوط به ترکیبات رنگی در واکوئول‌هاست؟ پاسخ **منفی** است. در واقع این مواد رنگی که جزء **کاروتنوئیدها** محسوب شده و به ترتیب **گزانتوفیل**، **کاروتن** و **لیکوپن** نام دارند، در پلاست‌ها وجود دارند.

یکی دیگر از ویژگی‌های یاخته‌های گیاهی، داشتن اندامکی به نام **دیسک (پلاست)** است. **انواعی** از دیسک‌ها در گیاهان وجود دارد (شکل ۸). **سبز دیسک (کلروپلاست)** به مقدار فراوانی سبزینه یا کلروفیل و به مقدار **کمتر** کاروتنوئید دارد. به همین علت گیاهان، **سبز** دیده می‌شوند.

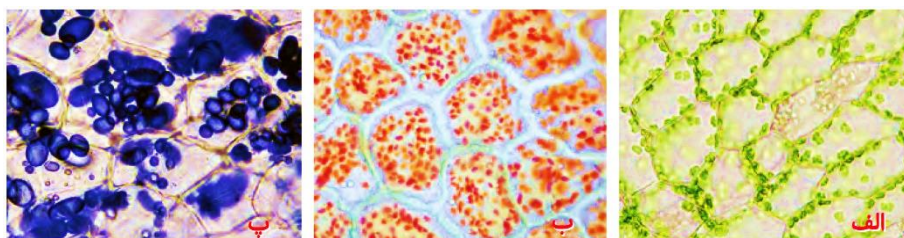
نوع **دیگری** دیسک وجود دارد که در آن، فقط رنگیزه‌هایی با نام **کاروتنوئیدها** به تنهایی! ذخیره می‌شوند. به این دیسک‌ها، **رنگ دیسک (کروموپلاست)** می‌گویند؛ مثلاً رنگ دیسک‌ها در یاخته‌های **ریشه** گیاه هویج، مقدار فراوانی **کاروتن** دارند که نارنجی است.

مشخص شده است که ترکیبات رنگی موجود در واکوئول و رنگ دیسک، **پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)** اند. ترکیبات پاداکسنده در پیشگیری از **سرطان** و نیز بهبود کارکرد **مغز** و بهبود کارکرد **اندام‌های دیگر** نقش مثبتی دارند. آنتی‌اکسیدان‌ها با رادیکال‌های آزاد **اکسیژن** واکنش می‌دهند.

بعضی دیسک‌ها رنگیزه **ندارند**، مثلاً در دیسک‌های یاخته‌های بخش خوراکی سیب زمینی یعنی **ساقه زیرزمینی**، به مقدار فراوانی **نشاسته** ذخیره شده است که به همین علت به آن **نشادیسک (آمیلوپلاست)** می‌گویند. وجود نشادیسک در بخش خوراکی سیب زمینی را چگونه نشان می‌دهید؟ با **استفاده** از ترکیبات **یُددر** مانند **معرف لوکول** که در حضور نشاسته از رنگ قهوه‌ای به رنگ **آبی تیره** در می‌آید.

ذخیره نشاسته، در فرایند تکثیر رویشی یا تکثیر غیر جنسی هنگام **رویش** جوانه‌های سیب زمینی، برای رشد **جوانه‌ها** و تشکیل پایه‌های **جدید** از گیاه سیب زمینی مصرف می‌شود. سبز دیسک‌ها کاروتنوئید **هم** دارند که با رنگ سبزینه پوشیده می‌شوند؛ در پاییز با **کاهش طول روز** و **کم شدن نور**، ساختار سبز دیسک‌ها در **بعضی** گیاهان یعنی **درختان نژاد کننده** تغییر می‌کند و به رنگ دیسک **تبدیل** می‌شوند. در این هنگام سبزینه در برگ **تجزیه** می‌شود و مقدار کاروتنوئیدها **افزایش** می‌یابد.

بنابراین می‌توان گفت در درختان نژاد کننده کاهش طول روز و کم شدن نور از یک طرف باعث **تجزیه کلروفیل** و از طرفی باعث **افزایش مقدار کاروتنوئیدها** می‌شود! در واقع در این حالت کلروپلاست‌ها به کروموپلاست **تبدیل** شده‌اند.



شکل ۸- دیسک در یاخته‌های گیاهان

(الف) یاخته‌های دارای سبز دیسک (ب) رنگ دیسک (پ) نشادیسک



**وسایل و مواد لازم:** تیغه و تیغک، میکروسکوپ نوری، تیغ، آب مقطر، پوست گوجه فرنگی.  
**روش کار:** برای مشاهده رنگ دیسه، با استفاده از تیغ، سمت داخلی پوست گوجه فرنگی را خراش دهید و از آن نمونه میکروسکوپی تهیه و با میکروسکوپ مشاهده کنید. در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی زیاد می‌توان در هر سلول پارانشیمی تعدادی کروموپلاست را مشاهده نمود.  
 گوجه فرنگی در ابتدا سبز رنگ و با گذشت زمان رنگ آن تغییر می‌کند. چه توضیحی برای این رویداد دارید؟ در این حالت کلروپلاست‌ها به کروموپلاست تبدیل شده‌اند. چگونه می‌توانید به طور تجربی، درستی توضیح خود را تأیید کنید؟ در مراحل متلف رسیدن میوه گوجه‌فرنگی می‌توان برش‌های میکروسکوپی تهیه نموده و با میکروسکوپ مشاهده کرد.

### ترکیبات دیگر در گیاهان

معمولاً گیاهان را به عنوان جانداران **غذا ساز** می‌شناسیم، اما گیاهان ترکیبات دیگری می‌سازند که استفاده‌هایی به غیر از غذا دارند (شکل ۹)؛ مثلاً قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی، گیاهان از منابع اصلی تولید رنگ برای **رنگ آمیزی** الیاف بودند. آیا می‌دانید قبل از تولید رنگ‌های شیمیایی از چه گیاهانی برای رنگ آمیزی الیاف فرش استفاده می‌شد؟ بایونه، روناس، کندل و ...



**شکل ۹- گیاهان استفاده‌های متفاوتی دارند.** به ترتیب از راست به چپ: از گلبرگ‌های گل متمدی، از برگ‌های ننا و از ریشه روناس به ترتیب کلاب، عرق ننا و رنگ می‌گیرند. اگر **دمبرگ** انجیر را ببرید یا این که **میوه تازه** انجیر را از شاخه جدا کنید، از محل برش، **شیره سفید** رنگی خارج می‌شود که به آن **شیرابه** می‌گویند. ترکیب شیرابه، در گیاهان متفاوت، فرق می‌کند. **لاستیک** برای اولین بار از شیرابه نوعی درخت به نام **هوا** ساخته شد.



**شکل ۱۰- خروج شیرابه از گیاهان.** شیرابه می‌تواند **ناوی** موادی مانند آلکالوئید باشد.

**آلکالوئیدها** از ترکیبات گیاهی اند و در شیرابه بعضی گیاهان مانند **نشفاش** به مقدار فراوانی وجود دارند. نقش آنها **دفاع از گیاهان در برابر گیاه‌خواران** است. آلکالوئیدها را در ساختن داروهایی مانند **مسکن‌ها، آرام‌بخش‌ها و داروهای ضد سرطان** به کار می‌برند. اما بعضی آلکالوئیدها مثل **مورفین** موجود در **تریاک اعتیادآورند**. امروزه مصرف مواد اعتیادآور، از معضلات بسیاری از کشورهاست که سلامت و امنیت آنها را تهدید می‌کند.  
 آیا گیاهی بودن یک ترکیب به معنی بی‌ضرر بودن آن است؟ **نیر به هیچ وجه!** شرکت‌های تجاری در تبلیغ محصولات خود و تشویق مردم برای خرید، عبارت «**محصول کاملاً گیاهی است و هیچ ضرری ندارد!**» را به کار می‌برند. در حالی که ترکیباتی در گیاهان ساخته می‌شود که در مقادیر متفاوت، ممکن است **سرطان‌زا، مسموم کننده یا حتی کشنده** باشند.



برگ در بعضی گیاهان **علفی** بخش‌های غیر سبز، مثلاً سفید، زرد، قرمز یا بنفش دارد. دیده می‌شود که **کاهش نور** در چنین گیاهانی، سبب **افزایش** مساحت بخش‌های سبز می‌شود. چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ در این حالت کروموپلاست‌ها به کلروپلاست تبدیل شده‌اند. این تغییر رنگ در برگ چه اهمیتی در **ماندگاری** گیاه دارد؟ این امر سبب می‌شود تا گیاه در نور کم بتواند **فتوسنتز بیشتری** انجام دهد!

تقریباً همه انواع پلاست‌ها قابل تبدیل به همدیگر هستند. در زیر مثال‌هایی از این تبدیل‌ها را ذکر می‌کنیم.

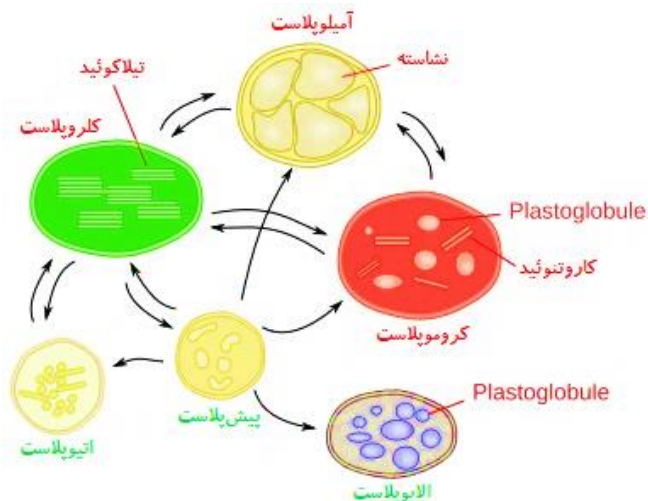
(۱) تبدیل کلروپلاست به کروموپلاست: در گیاهان پهبی و علفی و تحت تأثیر عوامل بیرونی و درونی دیده می‌شود.

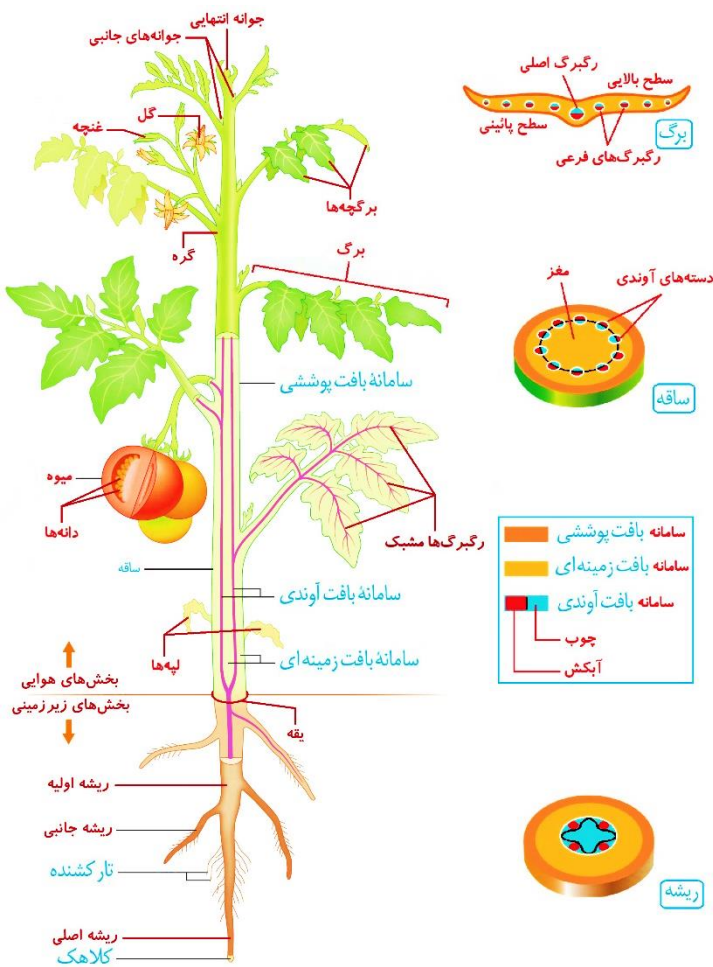
+ در درختان نوزاد کننده در شرایط کاهش طول روز و کم شدن نور، از یک طرف باعث تجزیه کلروفیل و از طرفی افزایش مقدار کاروتنوئیدها می‌شود!

+ در گیاه کوبه فرنگی فرایند رسیدن میوه یعنی تبدیل رنگ سبز آن به رنگ قرمز تحت تأثیر هورمون گیاهی اتیلن که نوعی عامل درونی است، رخ می‌دهد.

(۲) تبدیل کروموپلاست به کلروپلاست: در گیاهان علفی و تحت تأثیر عوامل بیرونی دیده می‌شود.

+ در گیاهان علفی در شرایط کاهش نور، بخش‌های سفید، زرد، قرمز و بنفش به رنگ سبز در می‌آیند.





اگر ریشه بوان، ساقه بوان و برگ را در نهم دانگان برش دهیم، سه بخش در آنها قابل تشخیص است؛ به هر یک از این بخش‌ها **سامانه بافتی** می‌گویند؛ زیرا هر سامانه از بافت‌ها و یاخته‌های گوناگونی تشکیل شده است؛ بنابراین پیکر گیاهان نهم‌داننه (گل‌دار) از سه سامانه بافتی به نام‌های **پوششی**، **زمینه‌ای** و **آوندی** تشکیل می‌شود (شکل ۱۱). هر سامانه بافتی، عملکرد خاصی دارد؛ مثلاً سامانه بافت پوششی، اندام‌ها را در برابر خطرهایی **حفظ** می‌کند که در محیط بیرون قرار دارند. به نظر شما عملکرد دو سامانه دیگر چیست؟ سامانه بافت زمینه‌ای کارهای مختلفی مانند **ذخیره مواد**، **فتوسنتز** و ... انجام می‌دهد. سامانه بافت آوندی نیز در **انتقال** شیره‌نم (مواد معدنی) و شیره پرورده (مواد آلی) نقش دارند. در ادامه، به توضیح هر یک از این سامانه‌ها می‌پردازیم.

شکل ۱۱- سه سامانه بافتی در گیاه

۱) در مرکز ریشه سامانه بافت آوندی قرار دارد، اما در مرکز ساقه سامانه بافت زمینه‌ای مشاهده می‌شود.

۲) در محل **یقه** یعنی محل اتصال ساقه به ریشه، سامانه بافت آوندی که در مرکز ریشه واقع است به **پند** قسمت تقسیم شده و در سامانه بافت زمینه‌ای ساقه پراکنده شده و **دسته‌های آوندی** را به وجود می‌آورد.

۳) **دسته آوندی** دارای آوندهای آبکش در بیرون و آوندهای چوبی در درون می‌باشد و فقط در ساقه دیده می‌شود.

۴) در ریشه همه آوندهای چوبی متصل بوده و آوندهای آبکش در بین بازوهای آنها قرار می‌گیرند. در برگ‌ها نیز دسته‌های آوندی به صورت **رگبرگ** در می‌آیند.

### سامانه بافت پوششی

این سامانه **سراسر** اندام گیاه را می‌پوشاند و آن را در برابر عوامل بیماری‌زا و تخریب‌گر، **حفظ** می‌کند؛ بنابراین عملکردی شبیه **پوست** در جانوران دارد. سامانه بافت پوششی در برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های جوان گیاه **روپوست** (**اپیدرم**) نامیده می‌شود و معمولاً از یک لایه یاخته زنده تشکیل شده است (شکل ۱۲). سامانه بافت پوششی در اندام‌های **مسن** گیاه، **پیراپوست** (**پریدرم**) نامیده می‌شود و برنلاف روپوست همواره از **پندین** لایه سلول زنده و مرده تشکیل شده و با آن در گفتار ۳، آشنا می‌شوید. این سامانه دارای سلول‌های کامبیوم چوب‌پنبه و سلول‌های **ناصل** از آن (سلول‌های پارانشیم و چوب‌پنبه) است. علاوه بر حفاظت از گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا و تخریب‌گر، یکی دیگر از کارهای روپوست، **کاهش** تبخیر آب از اندام‌های هوایی گیاه مانند برگ‌ها، ساقه‌های بوان، کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها و ... است؛ اما روپوست چگونه این کار را انجام می‌دهد؟ به علت **لیپیدی** بودن پوست که در سطح سلول‌های روپوست وجود دارد. در شکل ۱۲ می‌بینید که لایه‌ای روی سطح بیرونی یاخته‌های روپوست قرار دارد. این لایه **پوستک** یا کوتیکول نامیده می‌شود. پوستک از ترکیبات **لیپیدی** یا کوتین ساخته شده است. یاخته‌های روپوستی این ترکیبات را می‌سازند و با فرایند **اکروسیتوز** به دیواره وجه خارجی خود که با محیط بیرون در تماس است اضافه می‌کنند.



پوستک از **رود** نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا یعنی میکروبا به گیاه، نیز **جلوگیری** می‌کند و در حفظ گیاه در برابر **سرما** نیز نقش دارد. بعضی گیاهان پوستک **ضخیم** دارند. پوستک به علت لیپیدی بودن به **کاهش** تبخیر آب از سطح برگ کمک می‌کند. هر پند از سطح آن مقداری تبخیر انجام می‌شود!

شکل ۱۲- روپوست در برگ، بیرونی‌ترین بخش یک برگ پوستک آن است!

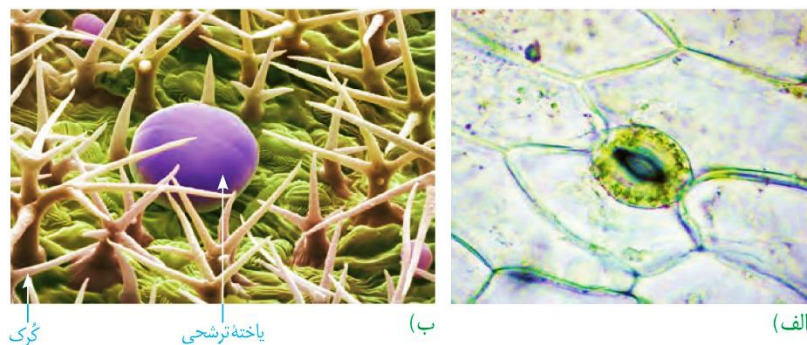
۱) سلول‌های نگهبان روزنه و بقیه سلول‌های روپوست در یک سطح قرار نگرفته‌اند!

۲) همان‌طور که در شکل می‌بینیم، سلول‌های نگهبان روزنه فاقد پوستک یا کوتیکول هستند!

۳) هم‌پنین سلول‌های اپیدرمی روزنه فقط در وجه خارجی خود دارای پوستک یا کوتیکول هستند!



بعضی یاخته‌های روپوستی در اندام‌های هوایی گیاه مانند برگ‌ها، ساقه‌های جوان، کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها و ...، به یاخته‌های نگهبان روزنه، گُرک و یاخته‌های ترشچی، تمایز می‌یابند (شکل ۱۳). یاخته‌های نگهبان روزنه بر خلاف یاخته‌های دیگر روپوست، سبزینه دارند. سلول تار کشنده در ریشه‌های جوان، از تمایز



یاخته‌های روپوست ایجاد می‌شود. روپوست ریشه، پوستک ندارد. به نظر شما این ویژگی چه فایده‌ای دارد؟ زیرا ترکیبات

لیپیدی پوستک، مانع از جذب آب به وسیله ریشه‌ها می‌شوند.

شکل ۱۳- الف) یاخته‌های نگهبان روزنه، ب) یاخته ترشچی و گُرک.

۱) کرک‌ها معمولاً منشعب هستند.

۲) سلول‌های ترشچی نیز نسبتاً بزرگ بوده و مواد موجود در آنها پس از

تقریب سلول ترشچی از آنها خارج می‌شود نه با اکوسیستوز!

### نکاتی در مورد سامانه بافت پوششی

۱) اپیدرم یا روپوست: سطح بیرونی بخش‌های جوان گیاهان را پوشانده و معمولاً یک لایه سلول زنده دارد.

+ در اندام‌های هوایی: در برگ‌ها، ساقه‌های جوان، کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها و ... وجود دارند و می‌توانند ساختارهای دیگری هم تشکیل دهند.

x لایه کوتیکول یا پوستک: که حاصل اضافه شدن ترکیبی لیپیدی به نام کوتین به دیواره و به فاربی سلول‌های اپیدرمی است. وظایف آن عبارتند از:

- حفاظت از گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا و تفریب‌گر

- کاهش تبخیر آب از اندام‌های هوایی گیاه

- جلوگیری از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا یعنی میکروب‌ها به گیاه

- حفاظت از گیاه در برابر سرما

x سلول‌های نگهبان روزنه: که حاصل تمایز بعضی از سلول‌های اپیدرمی بوده ولی بر خلاف آنها دارای کلروپلاست و فاقد کوتیکول یا پوستک هستند.

x کرک‌ها: که حاصل تمایز بعضی از سلول‌های اپیدرمی بوده و برای جلوگیری از تبخیر بیشتر آب و نیز در دفاع از گیاهان نقش دارند.

x سلول‌های ترشچی: که حاصل تمایز بعضی از سلول‌های اپیدرمی بوده و مواد موجود در این سلول‌ها بعد از خروج از آنها اغلب نقش دفاعی دارند.

+ در ریشه‌های جوان: اپیدرم در ریشه‌ها فاقد پوستک یا کوتیکول است تا مانع از جذب آب به وسیله سلول‌های اپیدرمی نشود.

x تارهای کشنده: که حاصل تمایز بعضی از سلول‌های اپیدرمی ریشه‌های جوان بوده و در نزدیک به نوک ریشه به فراوانی یافت می‌شوند

- وظیفه تارهای کشنده: این ساختارها در افزایش جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه‌ها نقش دارند.

۲) اپیدرم یا پیراپوست: سطح بیرونی بخش‌های مسن گیاهان یعنی ساقه‌های مسن و ریشه‌های مسن را پوشانده و همواره چند لایه سلول زنده و مرده دارد.

+ سلول‌ها: در واقع اپیدرم یا پیراپوست از سلول‌های زنده کامبیوم چوب پنبه و پارانشیم و سلول‌های مرده چوب پنبه تشکیل شده است.

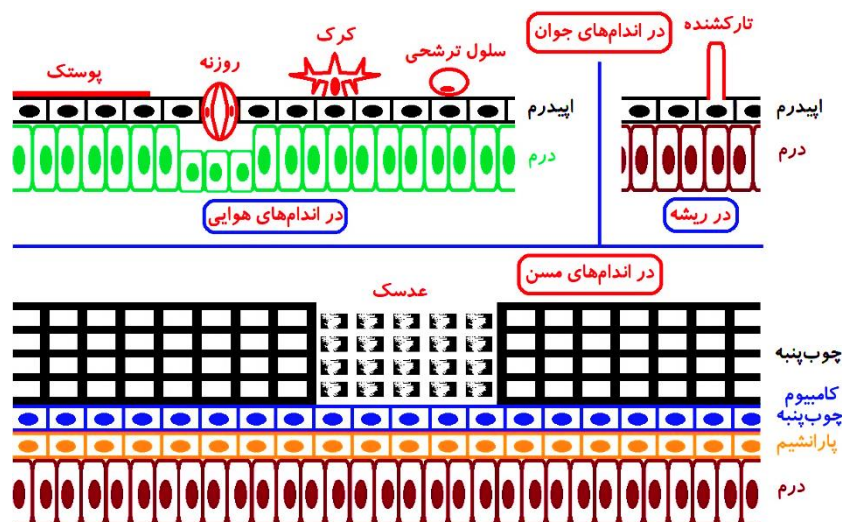
x سلول‌های چوب پنبه مرده و دارای دیواره پسین ضخیم هستند که ماده‌ای از گروه لیپیدها به نام چوب پنبه یا سوپرین در دیواره‌های آنها رسوب کرده است.

- ماده سوپرین یا چوب پنبه، سلول‌های مرده چوب پنبه را غیر قابل نفوذ نموده است.

- لایه چوب پنبه در ساقه‌های مسن به قدری ضخیم است که مانع از تبادل‌های گازهای تنفسی می‌شود.

- به همین خاطر در بعضی از نقاط آن ساختارهایی به نام عدسک برای تبادل گازها به وجود آمده است.

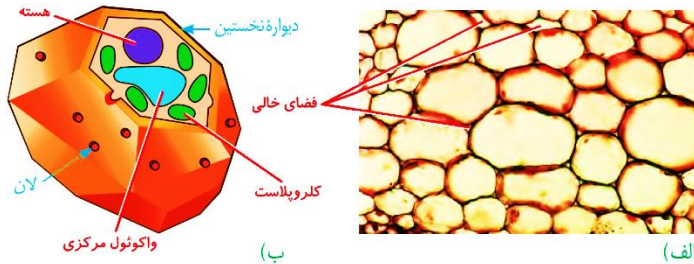
- در محل عدسک، سلول‌های مرده از هم فاصله گرفته تا گازهای تنفسی بتوانند از لایه‌های آنها به بافت‌های زنده درونی نفوذ کنند.



## سامانه بافت زمینه‌ای

این سامانه که فضای بین روی پوست و بافت آوندی را پر می‌کند از سه نوع بافت پارانشیمی (نرم‌آکنه)، کلانشیمی (چسب‌آکنه) و اسکلرانشیمی (سخت‌آکنه) تشکیل می‌شود. آندودرم، لایه ریشه‌زا، مغز، بافت نورش و ... هم جزء سامانه بافت زمینه‌ای به حساب می‌آیند.

**بافت پارانشیمی** که رایج‌ترین بافت در این سامانه است، در مغز ساقه هم یافت می‌شود. یاخته‌های پارانشیمی، دیواره نخستین نازک لان‌دارا و چوبی نشده دارند؛ بنابراین نسبت به آب نفوذپذیرند (شکل ۱۴). وقتی گیاه زخمی می‌شود، یاخته‌های پارانشیمی تقسیم می‌شوند و آن را بازسازی می‌کنند. بافت پارانشیمی همواره زنده بوده و کارهای متفاوتی، مانند (۱) ذخیره مواد و (۲) فتوسنتز انجام می‌دهد. پارانشیم سبزینه‌دار یا کلرانشیم به فراوانی در اندام‌های سبز گیاه، مانند ساقه‌های بویان، کاسبرگ‌ها، میوه‌های نارس و به ویژه در برگ دیده می‌شود. پارانشیم کلروفیل‌دار در برگ‌ها، مزوفیل یا میانبرگ نامیده می‌شود که اغلب به دو صورت میانبرگ نرده‌ای در مجاورت اپیدرم بالایی و میانبرگ اسفنجی در مجاورت اپیدرم زیرین قابل مشاهده است. (۳) پارانشیم هوادار یا آئرنشیم نوع دیگری این بافت است.

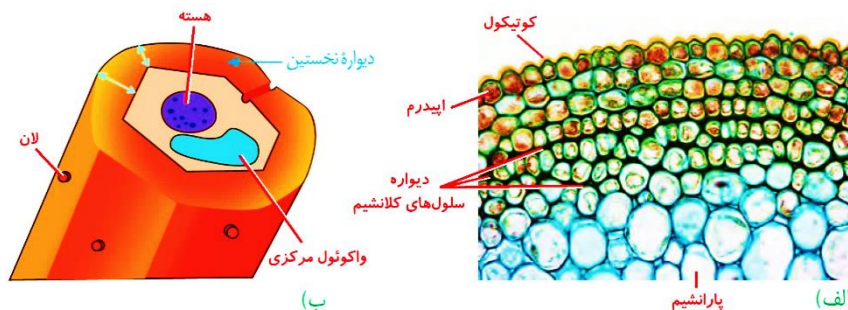


شکل ۱۴- الف) یاخته‌های پارانشیمی با دیواره نازک، ب) ترسیمی از یاخته‌های پارانشیمی (۱) سلول‌های پارانشیمی پند و پهیی بوده و کاملاً زنده و فعال هستند. بنابراین اندامک‌های مختلفی از جمله واکوئول مرکزی بزرگ دارند. (۲) در یک مکان خاص از گیاه، سلول‌های پارانشیمی، اندازه‌های متفاوتی دارند و بین آنها فضاهای خالی زیادی وجود دارد.

فعالیت

سامانه بافت زمینه‌ای در گیاهان آبی از پارانشیمی ساخته می‌شود که فاصله فراوانی بین یاخته‌های آن وجود دارد. این فاصله‌ها با هوا پر شده‌اند. این ویژگی چه اهمیتی برای گیاهی دارد که در آب زندگی می‌کند؟ این بافت که آئرنشیم نام دارد باعث می‌شود که اکسیژن به بافت‌های گیاهی زیر آب برسد تا سلول‌های آنها از بین نروند.

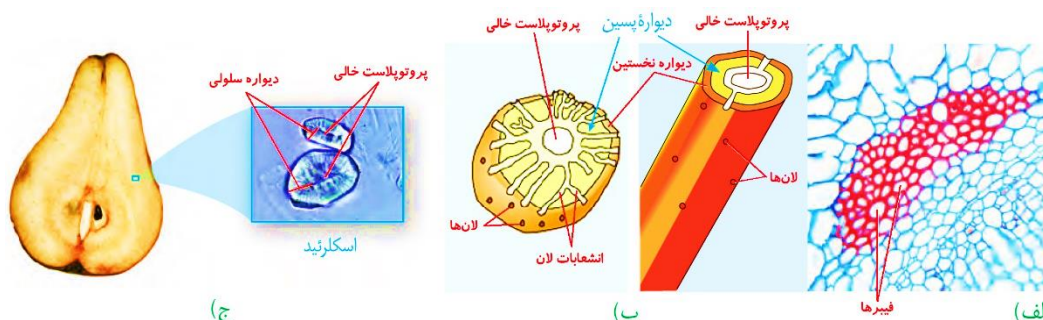
**بافت کلانشیم** از یاخته‌هایی زنده و فعال با همین نام ساخته شده است. این یاخته‌ها دیواره پسین ندارند؛ اما دیواره نخستین آنها ضخیم، لان‌دارا و با ضخامت غیر یکنواخت یا متفاوت است. به همین علت کلانشیم‌ها ضمن ایجاد (۱) استحکام، سبب (۲) انعطاف‌پذیری اندام‌های هوایی می‌شوند. این بافت مانع رشد اندام گیاهی نمی‌شود. یاخته‌های کلانشیمی معمولاً در زیر روی پوست قرار می‌گیرند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- الف) دیواره ضخیم یاخته‌های کلانشیمی به علت رنگ‌آمیزی تیره دیده می‌شود، ب) ترسیمی از یاخته کلانشیمی (۱) سلول‌های کلانشیمی طولی، کشیده، زنده، فعال و دارای اندامک‌های مختلفی از جمله واکوئول مرکزی بزرگ هستند. (۲) ضخامت دیواره در نقاط مختلف، متفاوت است.

**بافت اسکلرانشیم** از یاخته‌هایی مرده با همین نام ساخته شده است. ذره‌های سختی که هنگام خوردن میوه گلابی زیر دندان حس می‌کنیم، مجموعه‌ای از این یاخته‌هاست. یاخته‌های اسکلرانشیمی دیواره پسین ضخیم و چوبی شده دارند. چوبی شدن دیواره، سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود. دیواره پسین این یاخته‌ها ضخیم و به علت تشکیل ماده‌ای به نام لیگنین (چوب) چوبی شده است. گاهی اوقات لان‌های موجود در دیواره آنها منشعب می‌شوند؛ این یاخته‌ها نقش استحکامی دارند و اغلب در پوسته دانه‌ها و میوه‌ها دیده می‌شوند.

دو نوع یاخته اسکلرانشیمی وجود دارد. اسکلرئیدها، یاخته‌های کوتاه و فیبرها، یاخته‌های دراز اسکلرانشیمی‌اند. فیبرها در اطراف دسته‌های آوندی در ساقه‌ها به فراوانی وجود دارند. از فیبرها در تولید طناب و پارچه نیز استفاده می‌کنند.



شکل ۱۶- الف) فیبر در برش عرضی و ترسیمی از آن، ب) اسکلرئید و ترسیمی از آن، ج) اسکلرئید در بخش ثوراک گلابی همان‌طور که می‌بینیم، پروتوپلاست در این سلول‌ها وجود ندارد و خالی شده است.



## سامانه بافت آوندی

این سامانه بافتی، **ترابری** یا **انتقال** مواد را در گیاه بر عهده دارد، زیرا دارای **بافت آوند چوبی** و **بافت آوند آبکشی** است. به یاد می‌آورید این دو نوع بافت چه تفاوت اساسی با هم دارند؟ بله، بافت آوند چوبی دارای سلول‌های مرده و بافت آوند آبکشی دارای سلول‌های زنده ولی بدون هسته و اندامک‌ها است. **اصلی‌ترین** یاخته‌های این بافت‌ها، یاخته‌هایی اند که **آوندها** را می‌سازند (نه خود آوندها! ☹️☹️) و همان‌طور که می‌دانید شیره **خام** و شیره **پرورده** را در سراسر گیاه جابه‌جا می‌کنند. در این بافت‌ها علاوه بر آوندها، یاخته‌های **دیگری** مانند یاخته‌های **پاراننشیمی** و **فیبر** نیز وجود دارد.

**نکته مهم:** سلول‌های پاراننشیم و فیبر هم در سامانه بافت زمینه‌ای مشاهده می‌شوند و هم در سامانه بافت آوندی!

نکاتی در باره مفهوم آوند

**تعریف آوند:** لوله‌ای است که انتقال مواد را در گیاه بر عهده دارد.

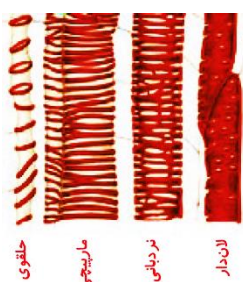
**انواع آوند از نظر تعداد سلول‌ها:** از نظر تعداد سلول‌های تشکیل دهنده، آوندها را به دو گروه تقسیم می‌کنند:

(۱) گروه اول: یک آوند ممکن است از یک سلول به تنهایی ساخته شود مانند **تراکئیدها**

(۲) گروه دوم: یا ممکن است از چندین سلول متصل به هم تشکیل شده است مانند **عناصر آوندی** و **آوندهای آبکش**

### بافت آوند چوبی

آوندهای چوبی یاخته‌های مرده‌ای هستند که فقط دیواره چوبی شده آنها، به جا مانده است. **لیگنین** در دیواره یاخته‌های آوندچوبی به شکل‌های **متفاوتی** مانند **ملقوی**، **مارپیچی**، **نردبانی**، **لان دار** و ... قرار می‌گیرد (شکل ۱۷). **رسوب** لیگنین در این سلول‌ها باعث استحکام آنها و **جلوگیری** از له شدن آنها به هنگام **تعرق شدید** می‌شود!



**شکل ۱۷- آوندهای چوبی به شکل‌های متفاوتی دیده می‌شوند.** آوندهای لان‌دار از **تراکئید** و بقیه از **عناصر آوندی** تشکیل شده‌اند.

**نکته مهم:** آوندهای چوبی علاوه بر انتقال شیره خام، در **استحکام** گیاه هم نقش دارند! حتی بهتر از کلانشیم و اسکلرانشیم! ☹️☹️

**بعضی** آوندهای چوبی از یاخته‌های **دوکی شکل** و **دراز** به نام **تراکئید** ساخته شده‌اند. در حالی که **بعضی** دیگر، از به دنبال هم قرار گرفتن یاخته‌های **کوتاهی** به نام **عناصر آوندی** تشکیل می‌شوند. در عناصر آوندی دیواره **عرضی** از بین رفته و لوله **پیوسته‌ای** تشکیل شده است. بنابراین می‌توان گفت، هر تراکئید به تنهایی یک آوند تشکیل می‌دهد در حالی که چندین عنصر آوندی با هم یک آوند تشکیل می‌دهند.

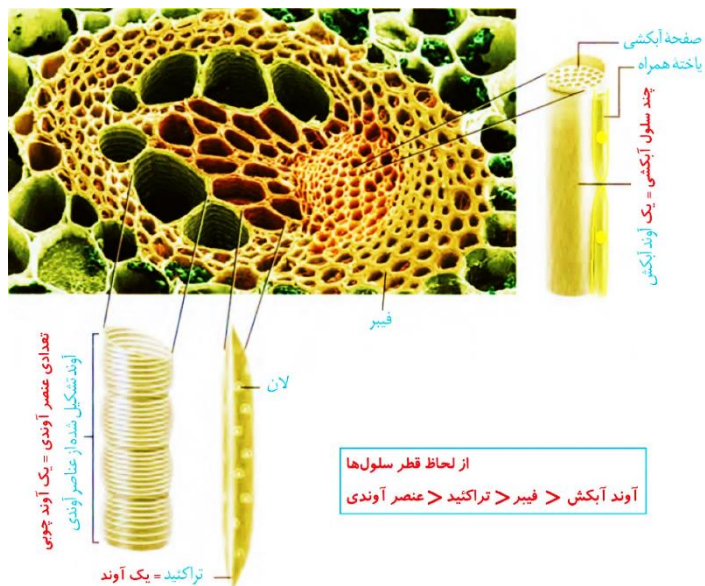
**جهت حرکت** شیره خام (آب و مواد معدنی) در گیاه از ریشه به سمت اندام‌های قوتوسنتز کننده یعنی از **پائین** به بالا است.

### بافت آوند آبکشی

آوند آبکش از **یاخته‌هایی** ساخته می‌شود که دیواره **نخستین سلول‌زی** دارند. دیواره عرضی در این یاخته‌ها **صفحه آبکشی** دارد. شیره پرورده از طریق این صفحات از سلولی به سلول دیگر می‌رود. این یاخته‌ها هسته و اغلب اندامک‌ها را **ندارند**، اما **زنده‌اند**؛ زیرا سیتوپلاسم آنها از بین نرفته است. در کنار آوندهای آبکش نهران دانگان، **یاخته‌های همراه** قرار دارند. این یاخته‌ها به آوندهای آبکش در ترابری شیره پرورده **کمک** می‌کنند (شکل ۱۸). همان‌طور که در شکل ۱۸ می‌بینید، دسته‌های **فیبر**، آوندها را در بر گرفته‌اند.

**جهت حرکت** شیره پرورده (مواد آلی) در گیاه از اندام‌های قوتوسنتز کننده به سمت همه قسمت‌های گیاه یعنی در **همه جهات** است.

**شکل ۱۸- آوندهای چوبی و آبکشی در یک دسته آوندی**



(۱) در ساقه‌ها، آوندها به صورت **دسته آوندی** دیده می‌شوند. بنابراین دسته آوندی **منصوص** ساقه‌هاست. در اطراف دسته‌های آوندی **فیبرها** وجود دارند.

(۲) در ریشه‌ها، همه آوندهای چوبی به هم متصل و در مرکز ریشه قرار گرفته و آوندهای آبکش به صورت تکه‌های جدا از هم در بین بازوهای آن قرار دارند.

(۳) در برگ‌ها، آوندها به صورت **رگبرگ** دیده می‌شوند. رگبرگ مجموعه‌ای از آوندهای چوبی و آبکشی هستند که در اطراف آنها سلول‌های **غلاف آوندی** قرار دارند.

(۴) عناصر آوندی سلول‌های **کوتاه** و طبل مانند هستند که دیواره **عرضی** آنها از بین رفته و انتقال شیره خام به راحتی در آنها انجام می‌شود.

(۵) تراکئیدها سلول‌های **طویل** و دوکی شکل هستند که فاقد دیواره عرضی بوده و ارتباط آنها از طریق لان‌های دیواره **طولی** انجام می‌شود.

(۶) در کنار هر سلول آوند آبکش **یک** سلول همراه وجود دارد. بین این دو سلول تعدادی **پلاسمودسم** وجود دارد که موادی از قبیل **ATP** و **پروتئین‌ها** از طریق آن از سلول همراه به سلول‌های آبکشی رفته و در کار **انتقال** شیره پرورده به آنها کمک می‌کند.



وظایف	دیواره سلولی	محل قرارگیری	انواع سلول‌ها	سامانه بافتی
مقاومت از گیاه	دیواره نقستین نازک و سلولزی	سطح اندام‌های جوان	روپوست	سامانه پوششی
مقاومت از گیاه	دیواره پسین چوب‌پنبه‌ای شده	سطح اندام‌های مسن	پیراپوست	
ذخیره، قوت‌سنتر، رشد و ترمیم	دیواره نقستین نازک و سلولزی	بین روپوست و بافت آوندی	پارانسیم	سامانه زمینه‌ای
استکام و انعطاف‌پذیری	دیواره نقستین ضخیم و سلولزی	معمولاً در زیر روپوست	کلانسیم	
استکام	دیواره پسین ضخیم و چوبی‌شده	بفش‌های سفت مانند دانه‌ها و میوه‌ها	اسکلرانسیم	
انتقال شیره خام	دیواره پسین ضخیم و چوبی‌شده	در بفش میانی گیاه	آوندهای چوب	سامانه آوندی
انتقال شیره پرورده	دیواره نقستین نازک و سلولزی	در بفش میانی گیاه	آوندهای آبکش	

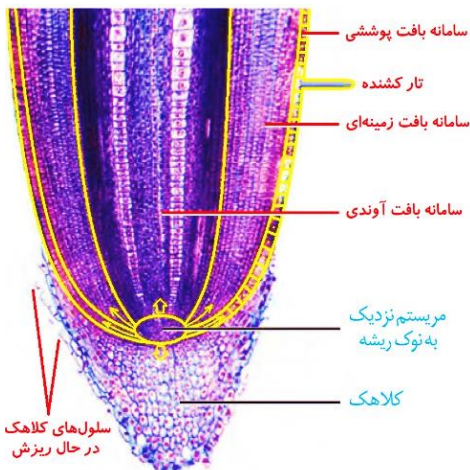
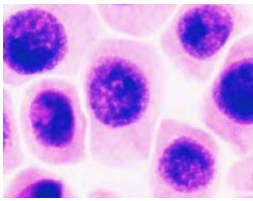
ب) مقدار بافت آوندچوبی در ساقه چوبی شده، به مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است. این وضع چه اهمیتی برای گیاه دارد؟ این امر باعث می‌شود تا در یک ساقه چوبی شده استکام کافی به وجود بیاید. به عبارت دیگر بافت‌های چوبی در استکام نیز نقش دارند!

## از دانه تا درخت

چگونه از دانه‌ای کوچک، گیاهی چندین برابر بزرگ‌تر یا درختی با چندین متر طول ایجاد می‌شود؟ تقسیم سلول‌های مریستمی و تمایز سلول‌های حاصل از آنها. چه چیزی سبب می‌شود که گیاهان، شاخه و برگ جدید تولید کنند؟ تقسیم سلول‌های مریستمی موجود در جوانه‌های جانبی آنها و تمایز سلول‌های حاصل از آنها. یا چرا از شاخه یا ساقه جدا شده، گیاه کاملاً ایجاد می‌شود؟ تقسیم سلول‌های مریستمی موجود در جوانه‌های جانبی و انتهایی آنها و تمایز سلول‌های حاصل از آنها.

تا به اینجا دانستید که پیکر گیاه آوندی از سه سامانه بافتی ساخته می‌شود. اما منشأ این سامانه‌های بافتی چیست؟ سلول‌های مریستمی. برای پاسخ به این پرسش باید به نوک ساقه و ریشه توجه کنیم.

در نوک ساقه و نزدیک به نوک ریشه، یاخته‌های مریستمی وجود دارند که دائماً تقسیم می‌شوند و یاخته‌های مورد نیاز برای ساختن سامانه‌های بافتی را تولید می‌کنند. یاخته‌های مریستمی به طور فشرده قرار می‌گیرند. بنابراین فاصله بین سلول‌های اندکی دارند! این سلول‌ها دارای واکنش‌های ریز و متعدد بوده و بسیار فعال هستند. هسته درشت آنها که در مرکز قرار دارد، بیشتر حجم یاخته را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین نسبت سطح به حجم در آنها بالاست. در ادامه، انواع مریستم را بررسی می‌کنیم. یاخته‌های مریستمی

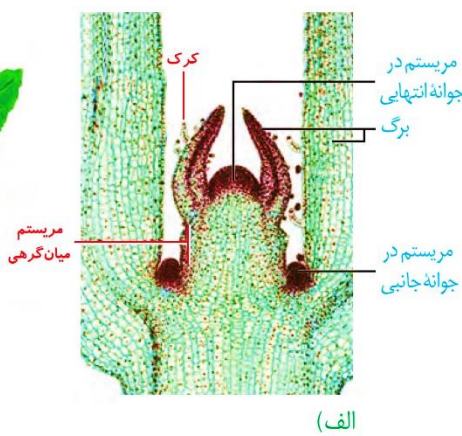


**مریستم نخستین ریشه:** این مریستم به صورت یک توده سلولی نزدیک به انتهای ریشه قرار دارد و با بخش انگشتانه ماندنی به نام کلاهک پوشیده می‌شود. سلول‌های کلاهک ابتدا زنده بوده و با اکزوسیتوز، ترکیب پلی ساکاریدی ترشح می‌کند که سبب لزج شدن سطح آن و در نتیجه نفوذ آسان ریشه به خاک می‌شود. یاخته‌های سطح بیرونی کلاهک پس از مرگ! به طور مداوم می‌ریزند و با یاخته‌های جدید، جانشین می‌شوند. کلاهک، مریستم نزدیک به نوک ریشه را در برابر آسیب‌های محیطی، حفظ می‌کند (شکل ۱۹).

شکل ۱۹- مریستم نزدیک به نوک ریشه در مشاهده با میکروسکوپ نوری

- ۱) سلول‌های مریستمی در جهات مختلف تقسیم سلولی انجام می‌دهند.
- ۲) سلول‌های حاصل از تقسیم به انواع سلول‌های سه سامانه بافتی تمایز می‌یابند.
- ۳) بر اساس کتاب، انشعابات ریشه نیز تپیه فعالیت این مریستم هستند!

**مریستم نخستین ساقه:** این مریستم‌ها عمده‌تاً در جوانه‌ها قرار دارند. جوانه‌ها مجموعه‌ای از یاخته‌های مریستمی و برگ‌های بسیار جوان‌اند. رشد جوانه‌ها علاوه بر افزایش طول ساقه، به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدیدی نیز می‌انجامد. جوانه‌ها را بر اساس محلی که قرار دارند در دو گروه جوانه راسی (انتهایی) و جوانه جانبی قرار می‌دهند (شکل ۲۰).



مریستم نخستین علاوه بر جوانه‌ها، در فاصله بین دو گره در ساقه یا شاخه نیز وجود دارد. گره محلی است که برگ به ساقه یا شاخه متصل است. این مریستم که مریستم میانگره‌ای نام دارد، سبب افزایش طول میانگره‌ها و در نهایت افزایش طول گیاه می‌شود.

بنابراین می‌توان گفت مریستم نخستین ساقه در سه محل دیده می‌شود: ۱) جوانه انتهایی ۲) جوانه‌های جانبی ۳) میانگره‌ها

شکل ۲۰- الف) مریستم ساقه در مشاهده با میکروسکوپ نوری، ب) ترسیمی از ساقه و محل مریستم‌ها در آن. در این شکل چهار عدد برگ دیده می‌شود!

نتیجه فعالیت مریستم‌های نخستین عبارت است از:

۱) افزایش طول ساقه، شانه و ریشه

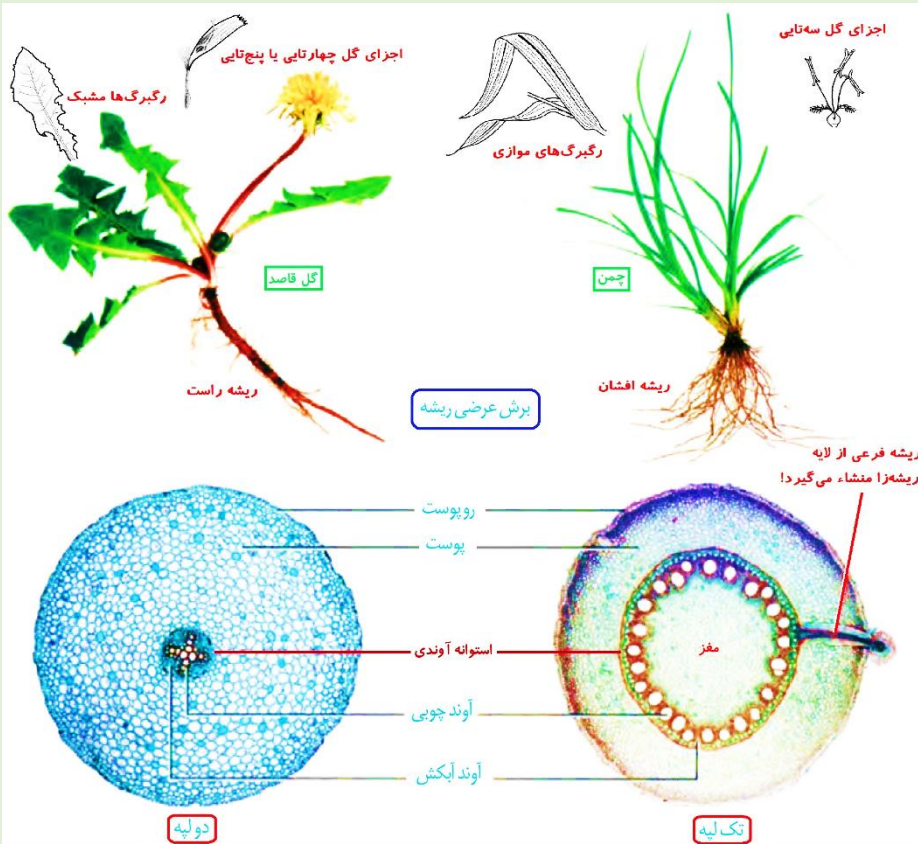
۲) تشکیل برگ‌ها

۳) تا حدودی افزایش عرض ساقه، شاخه و ریشه

۴) تشکیل انشعاب‌های جدید ساقه و ریشه (با واسطه لایه ریشه!!)

چون با فعالیت این مریستم‌ها ساختار نخستین گیاه شکل می‌گیرد، به این مریستم‌ها، مریستم‌های نخستین می‌گویند.

شکل‌های زیر، ساختار نخستین ساقه و ریشه را در نوعی گیاه **تک‌لپه** و نوعی گیاه **دولپه** نشان می‌دهد. برای مشاهده چگونگی قرارگیری سه سامانه بافتی در ساختار نخستین گیاه، باید از ریشه و ساقه، **برش عرضی** تهیه کنیم.  
الف) برای مشاهده ساختار نخستین ریشه و ساقه در گیاهان، با استفاده از میکروسکوپ نوری **روش** زیر را به کار گیرید.



**وسایل و مواد لازم:** میکروسکوپ نوری دو چشمی، تیغه و تیغک، تیغ تیز، شیشه ساعت، آب مقطر، ساقه و ریشه گیاه.

**روش کار:** در شیشه ساعت مقداری آب مقطر بریزید. با استفاده از تیغ، برش‌های **عرضی** و نازک تهیه کنید و در شیشه ساعت قرار دهید. در استفاده از تیغ، **نکات ایمنی** را رعایت کنید!

برش‌ها را با میکروسکوپ مشاهده کنید. برای مشاهده، ابتدا از بزرگنمایی **کم** و سپس از بزرگنمایی **بیشتر** استفاده کنید. شکل برش عرضی را ترسیم و نام‌گذاری کنید.

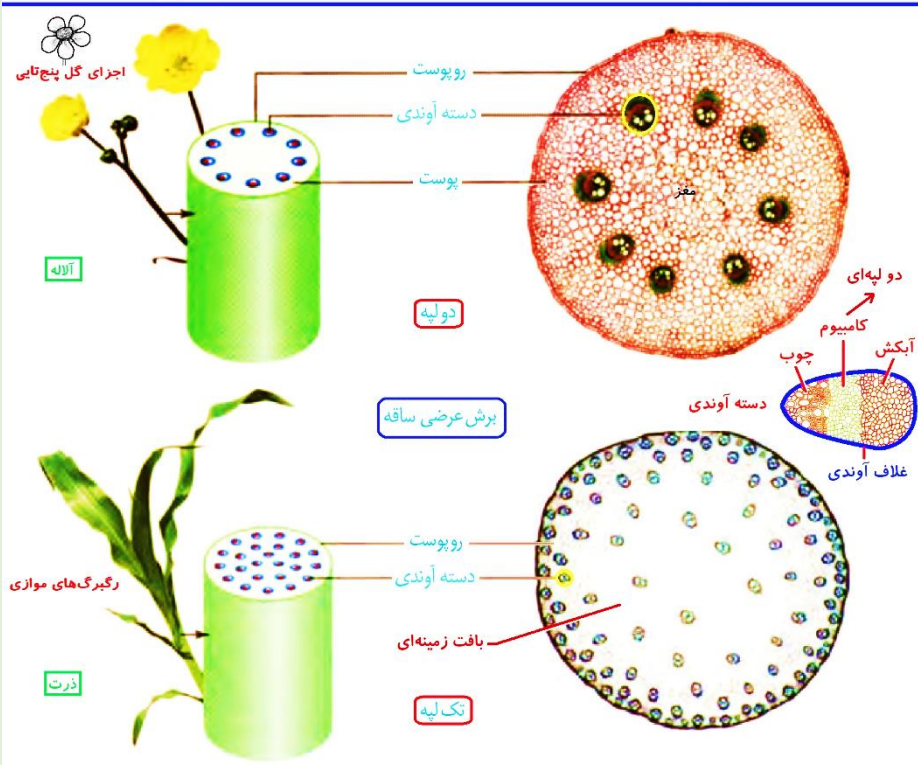
برای مشاهده بهتر می‌توانید برش‌ها را با **یک** یا **دو** رنگ، رنگ آمیزی کنید. برای این کار به محلول رنگ‌بر، یا **سفید کننده**، **استیک اسید** یک درصد (یا سرکه سفید رقیق شده)، رنگ **کارمن زاجی** (رنگ آمیزی بافت‌های سلولزی مانند آوندهای آبکش) و رنگ **آبی متیل** (رنگ آمیزی بافت‌های پوچی مانند آوندهای پوچی) نیاز دارید. برای رنگ‌آمیزی، برش‌ها را **به ترتیب** در هر یک از محلول‌های زیر قرار دهید.

آب مقطر، محلول رنگ‌بر (۱۵ تا ۲۰ دقیقه)، آب مقطر، استیک اسید رقیق (۱ تا ۲ دقیقه)، آب مقطر، آبی متیل (۱ تا ۲ دقیقه)، آب مقطر، کارمن زاجی (۲۰ دقیقه)، آب مقطر.

نکته مهم این‌که پس از هر بار قرار دادن نمونه‌ها در هر یک از محلول‌ها می‌بایست آنها را با **آب مقطر** شستشو نمود (در مجموع پنج بار).

ب) هر یک از بافت‌های آوندی به چه رنگی درآمده‌اند؟ رنگ کارمن زاجی بافت‌های سلولزی مانند آوندهای **آبکش** را به رنگ **قرمز** و رنگ آبی متیل بافت‌های پوچی مانند آوندهای **پوچی** را به رنگ **آبی** در می‌آورد.

پ) با توجه به تصاویر، ساختار نخستین این گیاهان را با هم **مقایسه** کنید.



ریشه	پوست	مغز	استوانه آوندی	دسته آوندی
دولپه‌ای	ضخیم	ندارد	ندارد	ندارد
تک‌لپه‌ای	نازک	دارد	ندارد	ندارد

ساقه	پوست	مغز	استوانه آوندی	دسته آوندی
دولپه‌ای	دارد	دارد	ندارد	کم
تک‌لپه‌ای	ندارد	ندارد	ندارد	بسیار زیاد



گیاهان چهار گروه اصلی دارند که بر اساس داشتن یا نداشتن آوند، گل، دانه و میوه رده‌بندی شده‌اند!

**غزه‌گیاهان:** آوند، گل، دانه و میوه ندارند و پیکر آنها معمولاً کوچک باقی می‌ماند.

مثال: غزه

**سرسس‌ها:** آوند دارند، اما گل، دانه و میوه ندارند. زندگی آنها به محیط‌های مرطوب وابسته است.

مثال: گیاه آبیژی آرزولا

**بازدانگان:** آوند و دانه دارند، اما گل و میوه ندارند. همه آنها گیاهانی پوچی هستند.

مثال: درخت کاج، درخت سرو و درخت گیسو

**نهان‌دانگان:** آوند، گل، دانه و میوه دارند. تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها دو گروه نهان‌دانگان هستند.

مثال برای تک‌لپه‌ای‌ها: کندم، جو، برنج، ذرت، لاله، نرگس، پیاز، سیر، زعفران، زنبق، نقال، مور، آناناس و ...

مثال برای دولپه‌ای‌ها: بقیه گیاهانی که در کتاب آمده‌اند.

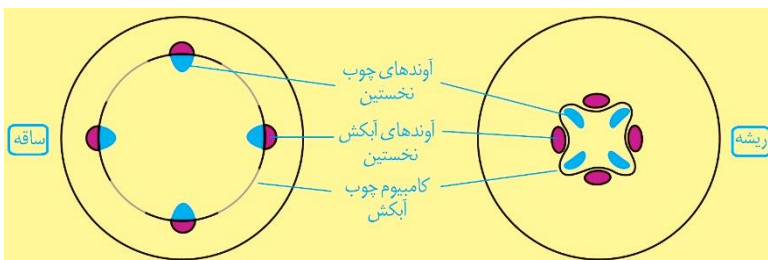
نکاتی در مورد تفاوت‌های تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها

	گل	برگ	ساقه	ریشه	دانه
<b>تک‌لپه‌ای‌ها</b>	اجزای گل سه تایی	رگبرگ‌ها موازی	دسته‌های آوندی پراکنده	افشان آوندهای چوب و آبکش روی یک حلقه	دانه دارای یک لپه
<b>دولپه‌ای‌ها</b>	اجزای گل چهارتایی یا پنج تایی	رگبرگ‌ها مشبک	دسته‌های آوندی روی یک حلقه	راست آوندهای آبکش بین بازوهای چوب	دانه دارای دو لپه

## مریستم‌هایی که بعداً عمل می‌کنند

اگرچه مریستم نخستین تا حدودی سبب ضخیم‌شدن ساقه و ریشه نخستین می‌شود ولی تشکیل ساقه‌ها و ریشه‌هایی با قطر بسیار زیاد در نهان‌دانگان دولپه‌ای و بازدانگان مانند اغلب درفتانی که در اطراف ما هستند، نمی‌تواند فقط حاصل فعالیت مریستم نخستین در این گیاهان باشد. بنابراین باید مریستم‌های دیگری وجود داشته باشند تا بتوانند با تولید مداوم یاخته‌ها، بافت‌های لازم برای این افزایش قطر را فراهم کنند. به این مریستم‌ها که فقط در افزایش ضخامت نقش دارند، **مریستم پسین** می‌گویند. دو نوع مریستم پسین در گیاهان دولپه‌ای وجود دارد که عبارتند از: کامبیوم آوندساز و کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز.

**کامبیوم چوب - آبکش (آوندساز):** این مریستم همان‌طور که از نامش پیداست، منشأ بافت‌های آوندی چوب و آبکش است. این مریستم بین آوندهای آبکش و چوب نخستین در ریشه و ساقه و نیز مابین دسته‌های آوندی فقط در ساقه تشکیل می‌شود و آوندهای چوب پسین را به سمت داخل و آوندهای آبکش پسین را به سمت بیرون تولید می‌کند. مقدار بافت آوند چوبی‌ای که این مریستم می‌سازد، به مراتب بیشتر از بافت آوند آبکشی است. شکل ۲۱ مراحل تشکیل کامبیوم چوب - آبکش را نشان می‌دهد. با فعالیت کامبیوم آوندی، چوب و آبکش نخستین تپلیح رفته و از بین می‌روند!

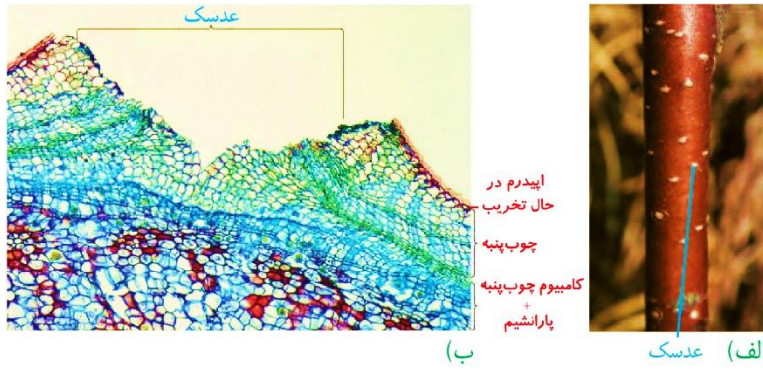


شکل ۲۱- کامبیوم چوب - آبکش در ساقه و ریشه

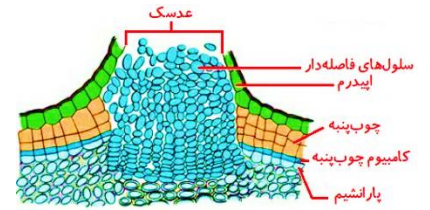
- بفش سیاه رنگ کامبیوم چوب - آبکش بین آوندهای چوب و آبکش نخستین در ریشه و ساقه قرار دارد.
- بفش ناکستری رنگ کامبیوم چوب - آبکش مابین دسته‌های آوندی فقط در ساقه تشکیل می‌شود.

**کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز:** این کامبیوم که در سامانه بافت زمینه‌ای هم در ساقه و هم در ریشه تشکیل می‌شود، به سمت درون، یاخته‌های پارانشیمی به مقدار کم و به سمت بیرون، یاخته‌هایی را به مقدار بیشتر می‌سازد که دیواره آنها به تدریج چوب‌پنبه‌ای می‌شود و در نتیجه، بافتی به نام بافت چوب‌پنبه را تشکیل می‌دهند (شکل ۲۳). چوب‌پنبه از ترکیبات لیپیدی و نسبت به آب نفوذناپذیر است. بافت چوب‌پنبه بافت مرده‌ای است.

**کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز و یاخته‌های حاصل از آن در مجموع پیراپوست (پریدرم) را تشکیل می‌دهند.** پیراپوست در اندام‌های مسن، **جانشین** روی پوست می‌شود. پیراپوست به علت داشتن یاخته‌های چوب‌پنبه‌ای شده، نسبت به گازها نیز نفوذناپذیر است، در حالی که بافت‌های زیر آن زنده‌اند و برای زنده ماندن به اکسیژن نیاز دارند؛ به همین علت در پیراپوست ساقه و ریشه! مناطقی به نام **عدسک** ایجاد می‌شود (شکل ۲۲). در این مناطق یاخته‌ها از هم فاصله دارند و امکان تبادل گازها را فراهم می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت بر اساس کتاب، همه سلول‌های تشکیل دهنده عدسک مرده هستند.

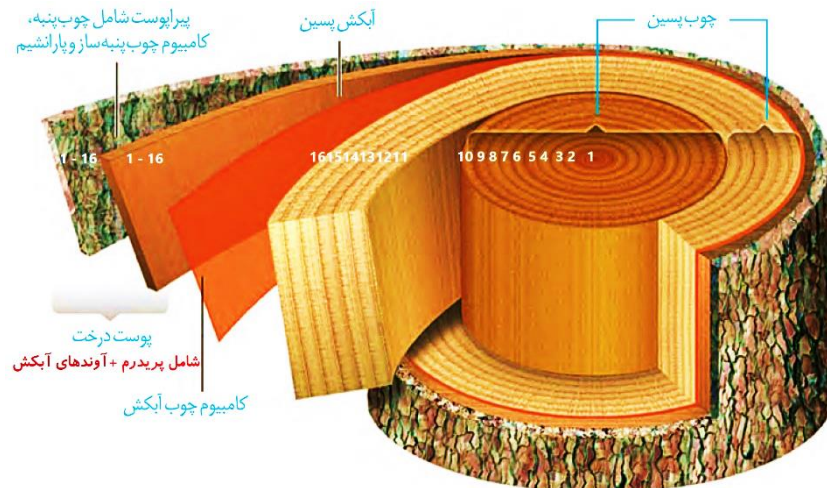


شکل ۲۲- الف) عدسک به صورت برآمدگی در سطح اندام مشاهده می‌شود. ب) عدسک در مشاهده با میکروسکوپ نوری.



آنچه به عنوان «پوست درخت» می‌شناسیم، مجموعه‌ای از لایه‌های بافتی است که از **آوند آبکش پسین** شروع می‌شود و تا **سطح اندام** ادامه دارد (شکل ۲۳). با کندن پوست درخت، **کامبیوم آوندساز** در برابر آسیب‌های محیطی قرار می‌گیرد.

شکل ۲۳- برشی از ساقه درخت نهان‌دانه ۱۶ ساله



- ۱) کامبیوم آوندساز ۱۶ لایه چوب با ضخامت زیاد ساخته و به سمت مرکز ساقه فرستاده است.
- + اولین لایه در مرکز ساقه است و آفرین لایه به کامبیوم آوندی پسییده است.
- ۲) کامبیوم آوندساز ۱۶ لایه آبکش با ضخامت بسیار کم ساخته و به سمت بیرون ساقه فرستاده است.
- + اولین لایه در بخش بیرونی ساقه است و آفرین لایه به کامبیوم آوندی پسییده است.
- ۳) کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز نیز ۱۶ لایه سلول چوب‌پنبه‌ای ساخته و به سمت سطح ساقه فرستاده است.
- + این کامبیوم لایه‌هایی از پارانشیم هم به سمت درون می‌سازد.

مقایسه پریدرم و پوست درخت:

**پریدرم یا پیراپوست:** شامل کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز و سلول‌های متصل از آن یعنی سلول‌های پارانشیم (زنده) و سلول‌های چوب‌پنبه (مرده) است.

سلول‌های پارانشیم + کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز + سلول‌های چوب‌پنبه

**پوست درخت:** با پوست یا «پارانشیم دره» در گیاه علفی متفاوت است. پوست درخت شامل پریدرم به علاوه سلول‌های پارانشیم و آوندهای آبکش است.

آوندهای آبکش + سلول‌های پارانشیم + کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز + سلول‌های چوب‌پنبه

پند نکته در قالب چند سؤال

سؤال ۱) در یک درخت ۱۶ ساله، کدام لایه به کامبیوم آوندساز نزدیک‌تر است؟

- ۱) چوب سال اول      ۲) چوب سال دهم      ۳) آبکش سال اول      ۴) آبکش سال دهم
- رد گزینه ۲: لایه‌های چوب ضمیمه هستند و حتی یک لایه از آنها ضمیمه‌تر از همه لایه‌های آبکش است!

سؤال ۲) در یک درخت ۱۶ ساله، کدام لایه به سطح بیرونی ساقه نزدیک‌تر است؟

- ۱) چوب‌پنبه سال اول       ۲) چوب‌پنبه سال دهم      ۳) آبکش سال اول      ۴) آبکش سال دهم

سؤال ۳) در یک درخت ۱۶ ساله، کدام لایه به مرکز ساقه نزدیک‌تر است؟

- ۱) چوب سال اول       ۲) چوب سال دهم      ۳) آبکش سال اول      ۴) آبکش سال دهم

سؤال ۴) در یک درخت ۱۶ ساله، کدام لایه به کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز نزدیک‌تر است؟

- ۱) چوب‌پنبه سال اول      ۲) چوب‌پنبه سال دهم      ۳) آبکش سال اول       ۴) آبکش سال دهم

رد گزینه ۲: لایه‌های چوب‌پنبه نسبتاً ضمیمه هستند و حتی یک لایه از آنها ضمیمه‌تر از همه لایه‌های آبکش است!



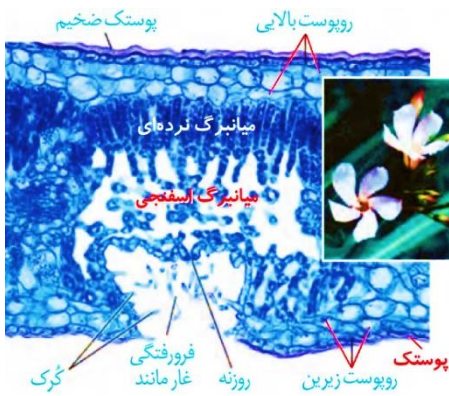
عملکرد	محل تشکیل	در ساقه	مریستم نخستین
رشد طولی و تا حدودی رشد عرضی ساقه، تشکیل برگ و شانه	عمدتاً در جوانه‌ها و در فاصلهٔ بین دو کره	در ریشه	مریستم پسین
رشد طولی و تا حدودی رشد عرضی ریشه، تشکیل انشعابات ریشه	در نزدیک انتهای ریشه	کامبیوم آوندی	
رشد قطری ساقه، درون: پوب پسین زیاد و بیرون: آبکش پسین	بین آوندهای پوب و آبکش نخستین	کامبیوم پوب‌پنبه‌ساز	
تولید پوب پنبه، درون: پارانشیم و بیرون: پوب پنبه زیاد	در سامانه بافت زمینه‌ای ساقه و ریشه		

ب) در یک پژوهش گروهی، سه گیاه علفی در منطقه محل زندگی خود، انتخاب، ساختار ظاهری و بافتی آنها را گزارش کنید. می‌تواند از گیاهان علفی تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای استفاده نمود. در این صورت ساختار ظاهری و بافتی آنها همانند تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌هاست که در بالا ذکر شده است.

## سازش با محیط

مساحت پهناوری از سرزمین ایران را مناطق خشک و کم‌آب تشکیل می‌دهند؛ اما در این مناطق انواعی از گیاهان زندگی می‌کنند. برای این که بدانیم این گیاهان چه ویژگی‌های ساختاری متناسب با محیط دارند، ابتدا باید به این موضوع توجه کنیم که این گیاهان با چه مشکلاتی مواجه‌اند. همان‌طور که از نام این مناطق پیداست، آب در این مناطق کم، و به همین علت پوشش گیاهی اندک است. تابش شدید نور خورشید و دمای بالا، به ویژه در روز، از ویژگی‌های دیگر این مناطق است. در نتیجه، گیاهانی می‌توانند در چنین مناطقی زندگی کنند که توانایی بالایی در جذب آب و نیز سازوکارهایی برای کاهش تبخیر آن داشته باشند.

**زندگی در بیابان - روزنه‌هایی در غار: خرزهره گیاهی در نتیجه‌ای است که به طور خودرو در چنین مناطقی رشد می‌کند. (۱) پوستک در برگ‌های این گیاه ضخیم است و (۲) روزنه‌های آن در فرورفتگی‌های غارمانندی قرار می‌گیرند. (۳) در این فرورفتگی‌ها تعداد فراوانی گُرک وجود دارد. این کرک‌ها با به دام انداختن رطوبت هوا، اتمسفر مرطوبی در اطراف روزنه‌ها ایجاد نموده و مانع خروج بیش از حد آب از برگ می‌شوند (شکل ۲۴).**



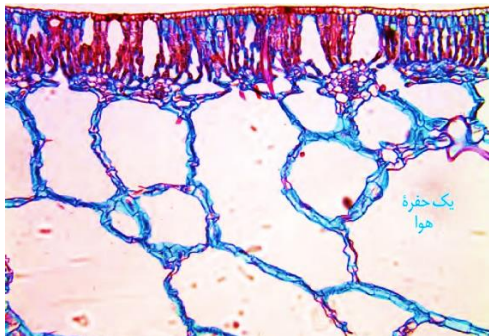
شکل ۲۴- روزنه‌ها در سطح زیرین برگ خرزهره در فرورفتگی‌های غارمانند قرار دارند. در غارها پوستک وجود ندارد!

- ۱) نکته جالب این که اپیدرم در گیاه خرزهره از پند لایه سلول تشکیل شده است.
- ۲) گیاه خرزهره دارای کل‌هایی با اجزای پنج‌تایی است، بنابراین دولپه‌ای محسوب می‌شود.
- ۳) بسته شدن روزنه‌ها بر اثر هورمون آبسبزیک‌اسید نوعی پاسخ به محیط است نه سازش با محیط!

بعضی گیاهان در این مناطق ترکیب‌های پلی‌ساکاریدی در واکوئول‌های خود دارند. این ترکیبات مقدار فراوانی آب جذب می‌کنند و سبب می‌شوند تا آب فراوانی در واکوئول‌ها ذخیره شود. گیاه در دوره‌های کم‌آبی از این آب استفاده می‌کند.

شما چه ویژگی‌های دیگری می‌شناسید که به حفظ زندگی گیاهان در چنین محیط‌هایی کمک می‌کند؟ (استفاده از سیستم ریشه‌ای گسترده و عمیق برای جذب بیشتر آب، پیدایش مسیرهای  $C_4$  و CAM برای فتوسنتز در شرایط گرم، وجود کرک و غار در سطح برگ‌ها و اندام‌های گیاهان برای کاهش تبخیر آب و ... با توجه به این که کشور ما با مشکل کم‌آبی مواجه است، شناخت ساختار گیاهان، نقش مهمی در انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای کشاورزی و توسعه فضای سبز دارد.

**زندگی در آب:** بعضی گیاهان در آب‌ها و یا در جاهایی زندگی می‌کنند که زمان‌هایی از سال با آب پوشیده می‌شوند. این گیاهان با مشکل کمبود اکسیژن مواجه‌اند، به همین علت برای زیستن در چنین محیط‌هایی سازش‌هایی دارند. پارانشیم هوادار در ریشه، ساقه و برگ، یکی از سازش‌های گیاهان آبی مانند نیلوفر آبی است (شکل ۲۵).

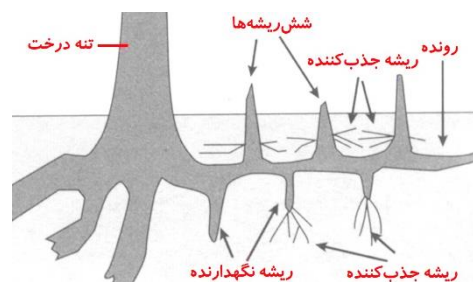
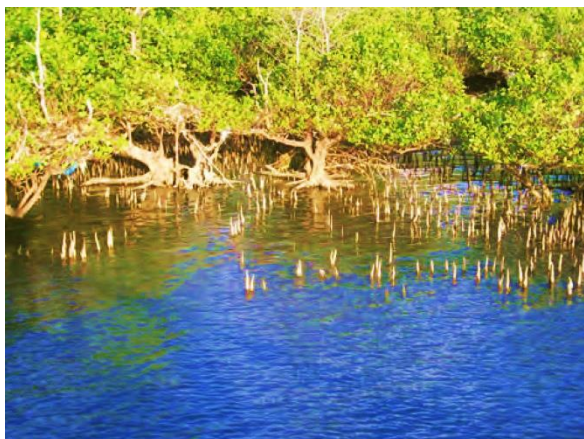


شکل ۲۵- برگ گیاهی آبی (نیلوفر آبی). به حفره‌های بزرگ هوا توجه کنید.

- ۱) این قفره‌ها در فاصله بین سلول‌های میانبرگ اسفنجی برگ‌های این گیاه وجود دارند که علاوه بر رساندن اکسیژن به بافت‌های زیر آب، سبب شناور ماندن برگ‌های این گیاه نیز می‌شود.
- ۲) در سطح بالایی برگ و در زیر اپیدرم بالایی نیز میانبرگ نرده‌ای قابل مشاهده است.

جنگل‌های حَرّا در سواحل استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان از بوم‌سازگان‌های ارزشمند ایران‌اند. ریشه‌های درختان حَرّا در زیر آب و گل قرار دارد. درختان حَرّا برای مقابله با کمبود اکسیژن، ریشه‌هایی دارند که از سطح آب بیرون آمده‌اند. این ریشه‌ها با جذب اکسیژن، مانع از مرگ ریشه‌ها به علت کمبود اکسیژن می‌شوند. به همین علت به این ریشه‌ها، نشش‌ریشه می‌گویند (شکل ۲۶). بدیهی است ریشه‌های دیگری در جذب مواد معدنی نقش دارند.





شکل ۲۶- شش ریشه‌های درخت حزا در سطح آب دیده می‌شوند.

### فعالیت

الف) با مراجعه به منابع معتبر، درباره ویژگی‌های **درخت حزا**، وضعیت جنگل‌های حزا در ایران، نقش این جنگل‌ها در حفظ گونه‌های جانوری و زندگی مردم محلی، به صورت گروهی گزارشی ارائه دهید. نام علمی این درخت *Avicennia marina* بوده که از نام **ابن سینا** اقتباس شده است. این درختان در برخی از مناطق جزر و مدی خلیج فارس و دریای عمان، جنگل‌هایی به نام «مانگرو» تشکیل داده‌اند. این جنگل‌ها اکوسیستم‌های بسیار زیبا و پالایی را در این مناطق تشکیل داده‌اند که در آنها گونه‌های جانوری **زیادی** زندگی می‌کنند. مردم محلی نیز از برگ‌های آنها به عنوان **علوفه** برای دام‌های خود استفاده می‌کنند.

ب) در منطقه‌ای که زندگی می‌کنید، آیا گیاهانی وجود دارند که با **شرایط خاص** آن منطقه سازگاری‌هایی داشته باشند؟ در صورت وجود چنین گیاهانی، گزارشی به صورت گروهی از این سازگاری‌ها ارائه دهید. در استان لرستان پندین گونه **بوم‌زاد** وجود دارد که فقط در این منطقه رویش دارند، از جمله:

- |                                     |                                  |                                   |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Astragalus veiskaramii</i>    | 2. <i>Primula gaubaena</i>       | 3. <i>Onosma khorramabadensis</i> |
| 4. <i>Cousinia khorramabadensis</i> | 5. <i>Sorbus luristanica</i>     | 6. <i>Hesperis luristanica</i>    |
| 7. <i>Centaurea luristanica</i>     | 8. <i>Scorzonera luristanica</i> | 9. <i>Campanula luristanica</i>   |



*Astragalus veiskaramii*



## فصل ۷

# جذب و انتقال مواد در گیاهان

شکل بالا فرایند خروج آب به شیوه تعریق را در گیاه «پوتنتیلا» نشان می‌دهد. در این روش آب و مقداری از مواد معدنی جذب شده توسط گیاه، از طریق روزنه‌های آبی که در ناشیه برگ‌ها قرار دارند به بیرون فرستاده می‌شود. تعریق زمانی انجام می‌شود که هوا اشباع از بخار آب باشد. گرچه بیشتر گیاهان می‌توانند به وسیله فتوسنتز، بخشی از مواد مورد نیاز خود مانند کربوهیدرات و در پی آن پروتئین، نوکلئیک‌اسید و لیپید را تولید کنند؛ اما همچنان به مواد مغذی مانند آب و مواد معدنی نیاز دارند. گیاهان، این مواد را به کمک اندام‌های خود، به ویژه ریشه‌ها جذب می‌کنند.

### گیاهان انگلی

بدیهی است گیاهان انگلی مانند گیاه سس و کل جالبز قوتوسنتز انجام نمی‌دهند. بنابراین مواد مورد نیاز خود را از میزبان خود به دست می‌آورند. گیاه سس فاقد ریشه است، بنابراین مواد معدنی خود را هم از گیاه میزبان به دست می‌آورد؛ ولی کل جالبز دارای ریشه است و می‌تواند تا حدودی مواد معدنی را از خاک جذب کند. گیاهان چه سازوکارهایی برای جذب مواد مورد نیاز و نیز انتقال آنها به اندام‌های خود دارند؟ معمولاً این مواد با استفاده از تارهای کشنده و با فرایندهایی مانند اسمز، انتشار ساده، انتشار تسهیل شده و انتقال فعال مواد را از خاک جذب نموده و از طریق آوندهای چوبی خود و با فرایندهایی مانند نیروهای هم‌پسبی و دگرپسبی، مکش تعرقی و فشار ریشه‌ای آنها را به اندام‌های قوتوسنتز کننده انتقال می‌دهند. مواد حاصل از فرایند فتوسنتز چگونه به سراسر گیاه منتقل می‌شوند؟ با استفاده از آوندهای آبکشی و از طریق فرایندهایی که با مصرف انرژی همراه هستند. در این فصل به فرایندهای مربوط به تغذیه، جذب و انتقال مواد در گیاهان می‌پردازیم.

### مواد مورد نیاز گیاهان

- (۱) مواد معدنی: شامل کربن دی‌اکسید، آب و یون‌ها که اولی معمولاً از هوا گرفته می‌شود ولی آب و یون‌ها تحت نام شیره خام یا مواد مغذی از خاک جذب شده و از طریق آوندهای چوبی به اندام‌های قوتوسنتز کننده وارد می‌شوند.
- (۲) مواد آلی: شامل کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها که نتیجه عمل قوتوسنتز و واکنش‌های دیگر بوده و شیره پرورده نامیده می‌شوند.



گیاهان، مواد مورد نیاز یا مواد مغذی را از هوا، آب یا خاک اطراف خود جذب می‌کنند. کربن دی‌اکسید یکی از مهم‌ترین مواد است که گیاهان از هوا جذب می‌کنند. کربن، اساس ماده‌ی آلی و بنابراین یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است. این عنصر به دو صورت توسط گیاه جذب می‌شود:

(۱) کربن دی‌اکسید به همراه سایر گازها از طریق روزنه‌های واقع در سطح اندام‌های هوایی، وارد فضاهای بین یاخته‌ای گیاه می‌شود.

(۲) مقداری از کربن دی‌اکسید هم با حل شدن در آب، به صورت بیکربنات درمی‌آید که می‌تواند توسط بخش‌های مختلف گیاه (حتی ریشه‌ها) جذب شود. سایر مواد مغذی مانند آب و یون‌های دیگر شامل نیترات، فسفات، سولفات و ... هم بیشتر از طریق خاک جذب می‌شوند.

### خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان

خاک، ترکیبی از مواد آلی، مواد غیر آلی و ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) است. خاک‌های مناطق مختلف به علت تفاوت در این ترکیبات، توانایی متفاوتی در نگهداری آب، مقدار هوای موجود در لابه‌لای ذرات خاک، pH و مواد معدنی دارند.

(۱) مواد آلی خاک یا گیاخاک (هوموس)، لایه سطحی خاک است و به طور عمده از بقایای جانداران (گیاهان، جانوران و ...) و به ویژه اجزای در حال تجزیه آنها تشکیل شده است.

کیافتک دارای سه نقش مهم است:

+ گیاخاک، با داشتن بارهای منفی، یون‌های مثبت را در سطح خود نگه می‌دارند و در نتیجه مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شوند.

+ گیاخاک همچنین باعث اسفنجی شدن حالت خاک می‌شود که برای نفوذ ریشه مناسب است. به عبارت دیگر «فیزیک خاک» را مناسب می‌کند!

+ گیاخاک به مرور زمان تجزیه شده و مواد معدنی مورد نیاز گیاهان را در اختیار آنها قرار می‌دهد. به عبارت دیگر «شیمی خاک» را مناسب می‌کند!

(۲) مواد غیر آلی خاک یا ذرات غیر آلی خاک از تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها در فرایندی به نام هوازدگی ایجاد می‌شوند. این ذرات از اندازه بسیار کوچک رس تا درشت شن و ماسه را شامل می‌شوند.

مثال‌هایی از هوازدگی فیزیکی و شیمیایی عبارتند از:

+ تغییرات متناوب یخ زدن و ذوب شدن، که باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود، نمونه‌ای از اثر هوازدگی فیزیکی است.

+ اسیدهای تولید شده توسط جانداران و نیز ریشه گیاهان هم می‌توانند هوازدگی شیمیایی ایجاد کنند.

(۳) میکروارگانیسم‌های خاک هم بسیار متنوع بوده و شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و آغازیان هستند.

### فعالیت

خاک‌های مختلف، ذراتی با اندازه‌های مختلف دارند. تحقیق کنید که رشد ریشه گیاهان در خاک‌های رسی و ماسه‌ای با چه چالش‌ها و فرصت‌هایی روبه‌روست؟ هر کدام از این دو نوع خاک معایب و مزایایی دارند.

(۱) خاک‌های رسی: دانه‌بندی بسیار ریزی دارند. در این نوع خاک‌ها ظرفیت نگهداری آب بسیار بالا است ولی مولکول‌های آب به راحتی از ذرات رس جدا نمی‌شوند. بنابراین برای رشد گیاهان مناسب نیستند.

(۲) خاک‌های ماسه‌ای: دانه‌بندی بسیار درشتی دارند. در این نوع خاک‌ها ظرفیت نگهداری آب بسیار کم است ولی مولکول‌های آب به راحتی از ذرات ماسه جدا می‌شوند. بنابراین خاک‌های ماسه‌ای هم برای رشد گیاهان مناسب نیستند.

(۳) خاک‌های مناسب برای کشاورزی: در واقع مخلوطی از این دو نوع خاک برای رشد گیاهان مناسب است.

### جذب مواد معدنی خاک

نیتروژن و فسفر دو عنصر مهمی هستند که در ساختار پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و مولکول‌های وراثتی شرکت می‌کنند. گیاهان، ترکیبات این دو عنصر را بیشتر از طریق خاک جذب می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت بخشی از نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاهان از خاک به دست نمی‌آید.

### جذب نیتروژن

با این که جو زمین دارای ۷۸ درصد مولکول نیتروژن ( $N_2$ ) است، گیاهان نمی‌توانند شکل مولکولی نیتروژن را جذب کنند.

روش‌های تولید ترکیبات نیتروژن‌دار: ترکیبات نیتروژن‌دار قابل استفاده در گیاهان به روش‌های مختلفی تولید می‌شوند.

(۱) باکتری‌های آمونیاک‌ساز و نیترات‌ساز: بیشتر نیتروژن مورد استفاده گیاهان به صورت یون آمونیوم ( $NH_4^+$ ) و یا یون نیترات ( $NO_3^-$ ) است. این

ترکیبات در خاک و توسط ریزجانداران تشکیل می‌شوند. خلاصه‌ای از این فرایندها در شکل ۱ نشان داده شده است.



+ باکتری‌های آمونیاک‌ساز: همان‌طور که در شکل می‌بینیم، این باکتری‌ها آمینواسیدهای حاصل از تجزیه پروتئین‌ها را به آمونیم تبدیل می‌کنند.  
 + باکتری‌های نیترات‌ساز: از طرفی باکتری‌های نیترات‌ساز که جزء موجودات شیمیوسنتزکننده هستند، نیز یون‌های آمونیم را به نیترات تبدیل می‌کنند.  
 x این واکنش نوعی واکنش (انرژی‌زا) است و انرژی حاصل از آن سبب ساقته شدن ترکیبات آلی از کربن دی‌اکسید می‌شود (شیمیوسنتز).

(۱) باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن: به تبدیل نیتروژن جو به نیتروژن قابل استفاده گیاهان تثبیت نیتروژن گفته می‌شود. بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن است.

نکته جالب این‌که بخش دیگر آن حاصل عملکرد صاعقه یا تخلیه الکتریکی (برهاسست که نیتروژن هوا را به نیترات تبدیل می‌کند).  
 باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن که نیتروژن هوا را به آمونیم تبدیل می‌کنند، دو نوع هستند:

+ نوع اول - آزادزی: عده‌ای از آنها به صورت آزاد در خاک یافت می‌شوند. مانند برخی از سیانوباکتری‌ها  
 + نوع دوم - همزیست: عده‌ای از آنها نیز همزیست با گیاهان زندگی می‌کنند. مانند ریزوبیوم‌ها و برخی دیگر از سیانوباکتری‌ها  
 نیتروژن تثبیت شده در این باکتری‌ها نیز دو سرنوشت دارد:

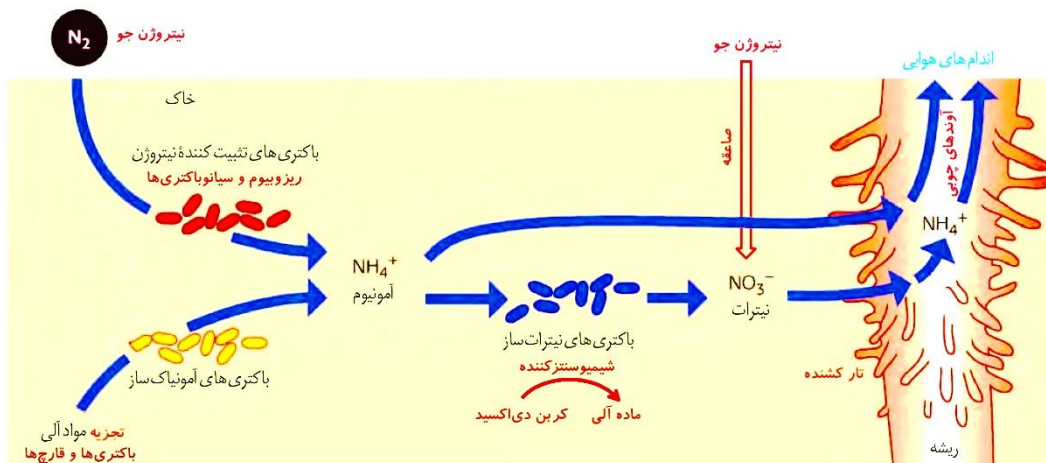
x سرنوشت اول: به مقدار قابل توجهی از سلول‌های آنها به بیرون دفع شده و وارد خاک یا سلول‌های میزبان می‌شود.

x سرنوشت دوم: پس از مرگ آنها از سلول‌های آنها بیرون آمده و برای گیاهان قابل دسترس می‌شود.

مهم‌ترین انواع تثبیت نیتروژن، به وسیله ریزوبیوم‌ها و سیانوباکتری‌ها در ادامه این فصل توضیح داده خواهد شد.

امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است، تا بدون نیاز به این باکتری‌ها، نیتروژن مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

در شکل ۱ انواع دیگری از باکتری‌های خاک دیده می‌شوند. نقش هر یک از آنها در تغییر و تبدیل مواد نیتروژن‌دار چیست؟ رهنمود شود به توضیح شکل



شکل ۱- تغییرات مواد نیتروژن‌دار و چگونگی جذب آنها از خاک

- ۷) تارهای کشنده در بخش ماقبل انتهایی ریشه و در یک منطقه خاص ایجاد می‌شوند نه در همه طول آن!
- ۸) تارهای کشنده‌ای که در بالاتر قرار دارند مسن‌تر و طول‌تر از تارهای کشنده پائینی هستند.
- ۹) بر اساس شکل کتاب، یون‌های نیترات در ضمن عبور از عرض ریشه به آمونیم تبدیل می‌شوند! ⊗
- ۱۰) بر اساس شکل کتاب، در آوندهای چوبی فقط یون‌های آمونیم جریان پیدا می‌کنند! ⊗

- ۱) تجزیه مواد آلی توسط باکتری‌ها و قارچ‌های میکروسکوپی انجام می‌شود.  
 + در این فرایند، پروتئین‌های موجود در اجساد جانداران به آمینواسید تبدیل می‌شود.
- ۲) باکتری‌های آمونیاک‌ساز، این آمینواسیدها را به آمونیم تبدیل می‌کنند.
- ۳) باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نیز نیتروژن هوا را به آمونیم تبدیل می‌کنند.
- ۴) صاعقه یا تخلیه الکتریکی (برهاسست) نیتروژن هوا را به نیترات تبدیل می‌کند.
- ۵) باکتری‌های نیترات‌ساز، یون‌های آمونیم را به نیترات تبدیل می‌کنند.
- ۶) هم یون‌های آمونیم و هم یون‌های نیترات به وسیله تارهای کشنده، جذب ریشه گیاهان می‌شود.

## جذب فسفر

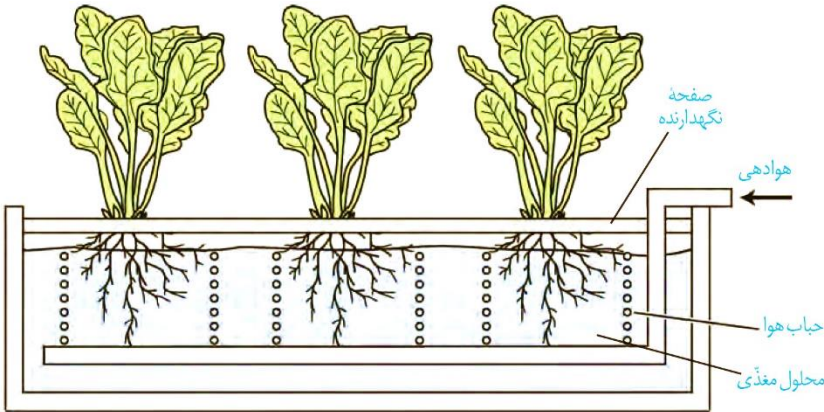
فسفر (P) از دیگر عناصر معدنی است که کمبود آن، رشد گیاهان را محدود می‌کند. این عنصر در سافتار نوکلئیک‌اسیدها و مولکول‌های پر انرژی مانند ATP به کار می‌رود. گیاهان، فسفر مورد نیاز خود را به صورت یون‌های فسفات از خاک به دست می‌آورند. گرچه فسفات در خاک فراوان است، اغلب برای گیاهان غیر قابل دسترس است. یکی از دلایل، این است که فسفات به بعضی ترکیبات معدنی خاک از جمله یون‌های کلسیم و آهن به طور محکمی متصل می‌شود.

گیاهان دو راهکار را در پیش گرفته‌اند که جذب یون فسفات را افزایش می‌دهد:

- ۱) برخی از گیاهان برای جبران، شبکه گسترده‌تری از ریشه‌ها به وجود آورده‌اند.
- ۲) برخی دیگر نیز ریشه‌های دارای تار کشنده بیشتر ایجاد می‌کنند.

خاک مناطق مختلف ممکن است دچار کمبود برخی مواد یا فزونی مواد دیگر باشد. اصلاح این خاک‌ها می‌تواند آنها را برای گیاهان قابل کشت کند. کمبود مواد در خاک: اگر این خاک‌ها دچار کمبود باشند، با افزودن کود می‌توان حاصلخیزی آنها را افزایش داد.

- محلول‌های مغذی، آب و عناصر مغذی را به مقدار معین دارند. زیست‌شناسان از محلول‌های مغذی برای دو هدف زیر استفاده می‌شود:
- + هدف اول) زیست‌شناسان برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای گیاهان، آنها را در محلول‌های مغذی رشد می‌دهند (شکل ۲).
- + هدف دوم) از این شیوه برای تشخیص اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاهان نیز استفاده می‌شود.



شکل ۲. دستگاه ساده‌ای برای کشت گیاهان در محلول‌های مغذی

- این روش را کشت هیدروپونیک یا کشت بدون خاک می‌گویند.
- محلول مغذی حاوی آب و یون‌های مختلف مورد نیاز برای تکمیل پرنه رشد گیاه است.
- هوا نیز به صورت حباب‌هایی وارد محلول شده تا ریشه‌ها بتوانند از آن استفاده کنند.

با وجود این‌که مقدار یون‌های معدنی در خاک فراوان است، اما مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در اغلب خاک‌ها محدود است، به همین دلیل در بیشتر کودها این عناصر وجود دارند.

انواع کودهای مورد استفاده در کشاورزی: کودهای مهم در انواع آلی، شیمیایی و زیستی (بیولوژیک) وجود دارند.

### کودهای آلی

- تعریف: شامل بقایای در حال تجزیه جانداران اند.
- ویژگی: این کودها مواد معدنی را به آهستگی آزاد می‌کنند.
- مزیت: چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند، استفاده بیش از حد آنها به گیاهان آسیب کمتری می‌زند.
- معایب: از معایب این کودها، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زاست.

### کودهای شیمیایی

- تعریف: شامل مواد معدنی مختلفی هستند.
- ویژگی: به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند.
- مزیت: می‌توانند به سرعت، کمبود مواد مغذی خاک را جبران کنند.
- معایب: مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی معایبی دارد:
  - می‌تواند آسیب‌های زیادی به خاک و محیط زیست وارد و بافت خاک را تخریب کند.
  - از طرفی، با نشسته شدن توسط بارش‌ها، این مواد به آب‌ها وارد می‌شوند.
- + حضور این مواد باعث رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبی می‌شود.
- x افزایش این عوامل مانع نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود و می‌تواند باعث مرگ و میر جانوران آبی شود.

### کودهای زیستی

- تعریف: شامل باکتری‌هایی هستند که برای خاک مفیدند.
- ویژگی: این باکتری‌ها با فعالیت و تکثیر خود، مواد معدنی خاک را افزایش می‌دهند.
- مزیت: استفاده از این کودها بسیار ساده‌تر و کم هزینه‌تر است.
- معایب: این کودها معمولاً به همراه کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شوند و معایب دو نوع کود دیگر را ندارند.
- فزونی مواد در خاک: همان‌طور که کاهش عناصر مغذی در خاک برای گیاهان زیان‌بار است، افزایش بیش از حد بعضی مواد در خاک می‌تواند مسمومیت ایجاد کند و مانع رشد گیاهان شود.
- البته بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از این مواد را درون خود به صورت ایمن نگهداری کنند:

مثال (ول) مثلاً نوعی سرخس می‌تواند آرسنیک را که ماده‌ای سمی برای گیاه است، در بافت‌های خود جمع کند.  
 مثال دوم) بعضی گیاهان مانند گیاه گل ادریسی می‌توانند آلومینیوم را نیز در بافت‌ها ذخیره کنند.  
 + وقتی این گیاه در خاک‌های خنثی و قلیایی می‌روید گل‌های آن صورتی رنگ هستند.  
 + وقتی این گیاه در خاک‌های اسیدی می‌روید گل‌های آن آبی رنگ می‌شوند.  
 x این تغییر رنگ به علت تجمع آلومینیوم در گیاه است (شکل ۳).

- به عبارت دیگر این گیاه در محیط اسیدی یون‌های آلومینیوم را به مقدار زیاد جذب می‌کند.  
 مثال سوم) بعضی گیاهان مانند گیاهان شورپسند نیز با جذب و ذخیره نمک‌ها، موجب کاهش شوری خاک می‌شوند.  
 + با کاشت و برداشت این گیاهان در چند سال پی‌درپی می‌توان باعث کاهش شوری خاک و بهبود کیفیت آن شد.



شکل ۳- الف) رنگ گل گیاه ادریسی در خاک‌های اسیدی به دلیل تجمع یون‌های آلومینیوم، آبی می‌شود.

ب) در صورتی که رنگ واقعی گل‌های آن در محیط قلیایی و خنثی، صورتی است.

این مثال در واقع یک نوع فنوتیپ خاص یا ترکیب ژنتیکی را نشان می‌دهد که در دو محیط مختلف دو نوع فنوتیپ یا دو نوع شکل ظاهری را نشان داده است.

این گیاه نوعی نهان‌دانه دولپه‌ای مسوب می‌شود زیرا دارای رگبرگ‌های مشبک و گلبرگ‌های چهارتایی است.

### فعالیت

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان تأثیر کاهش یا افزایش مواد معدنی را در رشد و نمو گیاهان تعیین کرد. یکی از روش‌ها

برای این منظور، کشت گیاهان در محیط کشت بدون خاک یا هیدروپونیک است. در این نوع محیط کشت می‌توان از محیط کشت کامل برای رشد گیاهان به صورت شاهد استفاده نمود. در کنار محیط کشت کامل می‌توان از محیط‌هایی که یکی از مواد معدنی را ندارد استفاده نمود تا اثر این ماده مشخص شود.



گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند. گیاهان با بعضی از این جانداران ارتباط همزیستی (هم‌باری) برقرار می‌کنند. از مهم‌ترین انواع این همزیست‌ها، (۱) قارچ‌ریشه‌ای‌ها (میکوریزا) و (۲) باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند.

### قارچ ریشه‌ای

یکی از معمول‌ترین سازگاری‌ها برای جذب آب و مواد مغذی، همزیستی ریشه گیاهان با انواعی از قارچ‌ها است که به آن قارچ‌ریشه‌ای گفته می‌شود (شکل ۴). حدود ۹۰ درصد گیاهان دانه‌دار با قارچ‌ها همزیستی دارند. این قارچ‌ها در سطح ریشه زندگی می‌کنند. رشته‌های ظریفی به درون ریشه می‌فرستند که تبادل مواد را با آن انجام می‌دهند.

در قارچ‌ریشه‌ای، قارچ، مواد آلی را از ریشه گیاه می‌گیرد و برای گیاه، مواد معدنی و به خصوص فسفات فراهم می‌کند. پیکر رشته‌ای و بسیار ظریف قارچ‌ها، به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم! نسبت به ریشه گیاه با سطح بیشتری از خاک در تماس است و می‌تواند مواد معدنی بیشتری را جذب کند. بنابراین می‌توان گفت، مواد مبادله شده در همزیستی قارچ‌ریشه‌ای عبارتند از:

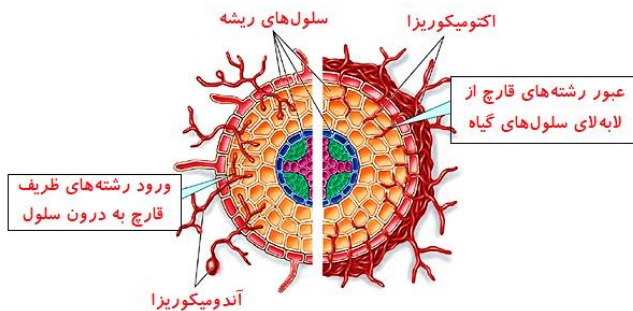
(۱) مواد معدنی که از قارچ به گیاه وارد می‌شوند.

(۲) مواد آلی که از گیاه به قارچ فرستاده می‌شوند.

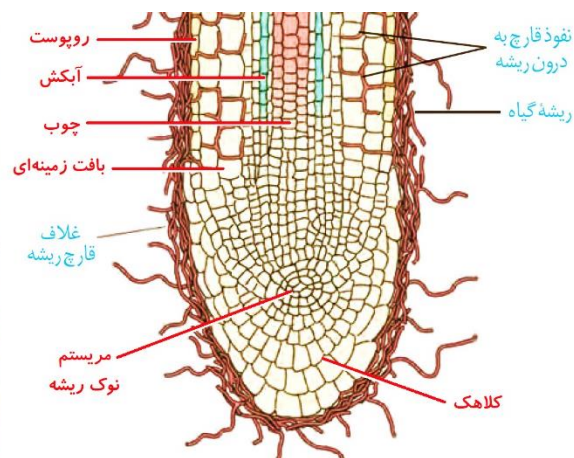
انواع قارچ‌ریشه‌ای: قارچ‌ریشه‌ای‌ها بر اساس نوع نفوذ به درون ریشه گیاهان دو نوع هستند:

**اکتومیکوریزا:** تعداد زیادی از رشته‌های ظریف قارچی به صورت یک غلاف در اطراف ریشه قرار داشته و رشته‌هایی از آنها از لابه‌لای سلول‌های اپیدرم گذشته و نود را به پوست یا سامانه بافت زمینه‌ای می‌رسانند. این رشته‌ها می‌توانند در لابه‌لای سلول‌های بافت زمینه‌ای هم قرار گرفته و با این سلول‌ها تبادلات مواد را انجام دهند (مانند شکل کتاب درسی)

**آندومیکوریزا:** تعداد کمی از رشته‌های ظریف قارچی در بیرون از ریشه قرار داشته و بیشتر در درون سلول‌های اپیدرم و پوست یا بافت زمینه‌ای وارد شده و ظاهری همانند درخت به وجود می‌آورند. بدیهی است رشته‌های قارچی با سیتوپلاسم سلول‌های گیاهان در تماس مستقیم نیستند، بلکه غشای سلول گیاهی در اطراف رشته‌های قارچ گسترده شده است تا از طریق آن تبادلات مواد انجام گیرد.



(ب)



(الف)

شکل ۴- قارچ‌ریشه‌ای

(الف) طرح ساده نوعی قارچ‌ریشه‌ای اکتومیکوریزا که غلافی را روی ریشه گیاه تشکیل می‌دهد. بخش کوچکی از قارچ به درون ریشه نفوذ و در تبادل مواد شرکت می‌کند.

(ب) مقایسه دو گیاه بادمجان که یکی با کمک قارچ‌ریشه‌ای (چپ) و دیگری بدون آن (راست) و در وضعیت برابر محیطی رشد کرده است.

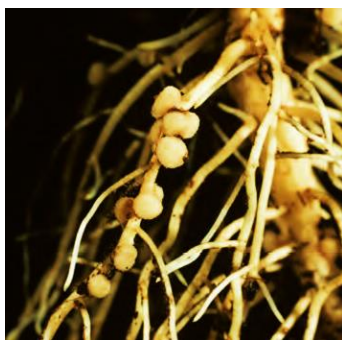
(۱) به عبارت دیگر، در قارچ‌ریشه‌ای اکتومیکوریزا، رشته‌های ظریف قارچ در لابه‌لای سلول‌های اپیدرم و درم یا پوست! قرار می‌گیرند.

(۲) بر اساس شکل کتاب، رشته‌های قارچی فقط وارد درم یا پوست شده و در سامانه بافت آوندی، کلاهک و مریستم نزدیک به نوک ریشه نفوذ نمی‌کنند.

(۳) همان‌طور که می‌بینیم، در حضور قارچ‌ریشه‌ای‌ها رشد گیاهی یک ساله‌ای مانند بادمجان در شرایط یکسان! بسیار چشمگیر خواهد بود.

## همزیستی گیاه با تثبیت کننده‌های نیتروژن

برخی گیاهان با انواعی از باکتری‌ها همزیستی (هم‌باری) دارند که این همزیستی برای به دست آوردن نیتروژن بیشتر است. دو گروه مهم از این باکتری‌ها عبارت‌اند از: **ریزوبیوم‌ها** (هتروتروف یا مصرف کننده) و **سیانوباکتری‌ها** (اتوتروف یا تولید کننده).



**ریزوبیوم:** از گذشته برای تقویت خاک، تناوب کشت انجام می‌شد که در آن گیاهان زراعی مختلف به صورت **پی‌درپی** کشت می‌شد. یکی از انواع گیاهانی که در تناوب کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد، گیاهان تیره پروانه‌واران است (دلیل این نام‌گذاری، شباهت گل‌های آنها به پروانه است). سویا، نخود و یونجه از گیاهان مهم زراعی این تیره هستند. در ریشه این گیاهان و در محل برجستگی‌هایی به نام **گرهک**، نوعی باکتری تثبیت کننده نیتروژن به نام **ریزوبیوم** زندگی می‌کند (شکل ۵). هنگامی که این گیاهان می‌میرند یا بخش‌های هوایی آنها برداشت می‌شود، گرهک‌های آنها در خاک باقی می‌ماند و گیاهاک غنی از نیتروژن ایجاد می‌کنند. ریزوبیوم‌ها با تثبیت نیتروژن، نیاز گیاه را به این عنصر برطرف می‌کنند و گیاه نیز مواد آلی مورد نیاز باکتری را برای آن فراهم می‌کند. ات

### نکات مهم در مورد همزیستی ریزوبیوم و گیاهان

- ۱) سوردسانی از طرف گیاه: گیاه مقداری از محصولات فتوسنتزی خود را در اختیار ریزوبیوم قرار می‌دهد.
  - ۲) سوردسانی از طرف ریزوبیوم: نیتروژن هوا را به آمونیوم تبدیل نموده و به دو صورت آن را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد.
- + سوردسانی به گیاه میزبان: ریزوبیوم، آمونیوم تولید شده در محل گرهک‌ها را در اختیار گیاه میزبان قرار می‌دهد.
- + سوردسانی به گیاهان دیگر: بعد از مرگ گیاه میزبان، گیاهاک غنی از نیتروژن، در اختیار گیاهان دیگر قرار می‌گیرد.

شکل ۵- گرهک‌های ریشه گیاهان تیره پروانه‌واران. بر اساس شکل کتاب، گرهک‌ها بر روی برفی از ریشه‌های فرعی تشکیل شده‌اند!

**همزیستی با سیانوباکتری‌ها:** سیانوباکتری‌ها از باکتری‌های فتوسنتز کننده هستند که بعضی از آنها می‌توانند علاوه بر فتوسنتز، تثبیت نیتروژن هم انجام دهند. این باکتری‌ها همانند ریزوبیوم‌ها نیتروژن هوا را به آمونیوم تبدیل می‌کنند.

دو نوع گیاه همزیست با سیانوباکتری‌ها عبارتند از:

الف) گیاه **آزولا:** گیاهی کوچک از گروه سرفس‌ها است که در تالاب‌های شمال و مزارع برنج کشور به فراوانی وجود دارد. برگ‌های گیاه آزولا با سیانوباکتری‌ها همزیستی دارد و نیتروژن تثبیت شده آن را دریافت می‌کند (شکل ۶ - الف). گیاه نیز **زیستگاه** مناسبی برای رشد این باکتری‌ها فراهم می‌کند!

ب) گیاه **گونرا:** نیز در نواحی فقیر از نیتروژن رشد شگفت‌انگیزی دارد. چگونه این گیاه با وجود کمبود نیتروژن چنین رشدی دارد؟ سیانوباکتری‌های همزیست درون **ساقه** و **دمبرگ** این گیاه، تثبیت نیتروژن انجام می‌دهند و از محصولات فتوسنتزی گیاه استفاده می‌کنند (شکل ۶ - ب).



نکته مهم این‌که، سیانوباکتری‌های همزیست با گونرا تنها موجودات فتوسنتز کننده‌ای هستند که از مواد آلی حاصل از فتوسنتز یک گیاه دیگر استفاده می‌کنند!!

شکل ۶ - الف) گیاه آزولا، ب) گیاه گونرا، دارای رگیبک مشبک بوده، پس نوعی گیاه دولپه‌ای محسوب می‌شود.

### مقایسه همزیستی با قارچ‌ها و همزیستی با باکتری‌ها

#### همزیستی با قارچ‌ها

- ۱) مثال: قارچ‌ریشه‌ای‌ها یا میکوریزاها
- ۲) محل همزیستی: قارچ‌ریشه‌ها فقط با ریشه گیاهان به صورت همزیست وجود دارند.
- ۳) نوع همزیستی: این نوع همزیستی به صورت هم‌باری بین قارچ و گیاه انجام می‌شود.
- ۴) جانداران شرکت کننده: قارچ موجودی مصرف کننده و گیاه موجودی تولید کننده است.
- ۵) مواد مبادله شده: گیاه مواد آلی را در اختیار قارچ قرار می‌دهد، قارچ مواد معدنی به ویژه فسفر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

#### همزیستی با باکتری‌ها

- ۱) مثال: ریزوبیوم‌ها و سیانوباکتری‌ها
- ۲) محل همزیستی: ریزوبیوم‌ها با ریشه و سیانوباکتری‌ها با برگ‌ها و ساقه‌ها همزیست می‌شوند.



- ۴+ در واقع برفی از سیانوباکتری‌ها آزادی هستند و برفی نیز با گیاهان همزیست می‌شوند.
- ۱۳) نوع همزیستی: این نوع همزیستی به صورت هم‌یاری بین باکتری و گیاه انجام می‌شود.
- ۱۴) جانداران شرکت کننده: ریزوبیوم موجودی مصرف کننده ولی سیانوباکتری و گیاه موجوداتی تولید کننده هستند.
- ۱۵) مواد مبادله شده: گیاه مواد آلی را در اختیار باکتری قرار می‌دهد. باکتری نیز نیتروژن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

## روش‌های دیگر به دست آوردن مواد غذایی در گیاهان

**گیاهان حشره‌خوار:** این گیاهان فتوسنتزکننده‌اند، ولی در مناطقی زندگی می‌کنند که از نظر نیتروژن فقیرند. در این گیاهان برخی از برگ‌ها (نه همه برگ‌های آنها!) برای شکار و گوارش جانوران کوچک مانند حشرات، ملزونه‌ها، پوندگان کوچک و ... تغییر کرده است. گیاه **توبره‌واش** که از گیاهان حشره‌خوار است در تالاب‌های شمال کشور می‌روید.

این گیاه حشرات بالغ و لارو آنها را به سرعت به درون بخش کوزه مانند خود می‌کشد و سپس گوارش می‌دهد. در شکل ۸، انواع دیگری از گیاهان حشره‌خوار نشان داده شده است.

شکل ۷- توپره‌واش (شکل روبه‌رو)

شکل ۸- چند نوع گیاه حشره‌خوار (شکل‌های پائین)

۱) گیاهان حشره‌خوار، فتوسنتز انجام می‌دهند. یعنی تولیدکننده بوده و قادر هستند با استفاده از مواد معدنی مانند آب و کربن دی‌اکسید ماده آلی می‌سازند.

+ اما به هر حال این گیاهان به مواد آلی یا آمینواسیدهای بدن طعمه خود نیاز دارند. چون در خاک‌های فقیر از نیتروژن زندگی می‌کنند!

+ به عبارت دیگر این گیاهان همانند سیانوباکتری‌های همزیست با کونزا علاوه بر تغذیه معدنی، دارای تغذیه آلی هم هستند.



۲) در این گیاهان برفی از برگ‌ها (نه همه آنها!) برای هم شکار و هم گوارش جانوران کوچک مانند حشرات، ملزونه‌ها، پوندگان کوچک و ... تغییر کرده است.

۳) در واقع گیاهان حشره‌خوار دارای آنزیم‌های گوارشی از قبیل پروتازها هستند که پروتئین‌های بدن طعمه را به آمینواسید تبدیل نموده و آنها را از طریق برگ‌های خود جذب می‌کنند.

**گیاهان انگل:** انواعی از گیاهان انگل وجود دارند که همه یا بخشی از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتز کننده دریافت می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت برفی از آنها کاملاً غیر فتوسنتز کننده و برفی تا حدودی فتوسنتز کننده (نیمه انگل) هستند. در زیر دو نمونه از گیاهان انگلی شرح داده شده‌اند:

الف) مثال اول: گیاه سس، نمونه‌ای از این گیاهان است که همه مواد مورد نیاز خود را از میزبان دریافت می‌کند. این گیاه ساقهٔ پیمان و بدون برگ نارنجی یا زردرنگی تولید می‌کند که فاقد ریشه است. گیاه سس به دور گیاه سبز میزبان خود می‌پیچد و اندام‌های مکنده ایجاد می‌کند (شکل ۹- الف) که به درون آوندهای پوپی و آبکشی موجود در ساقه گیاه میزبان نفوذ، و مواد مورد نیاز انگل یعنی مواد آلی، آب و مواد معدنی را جذب می‌کند.

ب) مثال دوم: گیاه گل جالیز نمونه دیگری از این گیاهان است که ساقهٔ بدون برگ نارنجی یا زردرنگی تولید می‌کند که دارای ریشه است. این گیاه با ایجاد اندام مکنده و نفوذ آن به درون آوندهای پوپی و آبکشی موجود در ریشه گیاهان جالیزی مانند گوبه‌فرنگی، فیار، هندوانه و ... مواد مغذی یعنی مواد آلی و تا حدودی آب و مواد معدنی را دریافت می‌کند (شکل ۹- ب).



شکل ۹- گیاهان انگل این گیاهان همانند سیانوباکتری‌های همزیست با کونزا علاوه بر تغذیه معدنی، دارای تغذیه آلی از میزبان خود هم هستند.

الف) گیاه سس که ساقه‌های آن به دور ساقه میزبان پیچیده شده و مکنده‌هایی به درون آن می‌فرستند.

ب) گیاه گل جالیز در کنار بوتهٔ گوجه‌فرنگی (گیاه جالیزی!) که ریشه‌های آن به ریشه میزبان متصل شده و مکنده‌هایی به درون آن می‌فرستند.

مقایسه بین گیاهان مختلف از نظر تغذیه‌ای

نام گیاه	اغلب گیاهان	همزیست با قارچ‌ریشه	پروانه‌آساها	سرفس آرزولا	گیاه کونزا	حشره‌خوار	سس	گل جالیز
فتوسنتز	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	ندارد	ندارد
تغذیه معدنی	فاک	فاک، قارچ‌ریشه	فاک، ریزوبیوم	فاک، سیانوباکتری	فاک، سیانوباکتری	فاک	میزبان	فاک، میزبان
تغذیه آلی	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	حشره	میزبان	میزبان

**نکته مهم:** قارچ‌ریشه و ریزوبیوم مواد آلی را از میزبان می‌گیرند. سیانوباکتری‌ها فتوسنتز کننده هستند، اما سیانوباکتری‌ها همزیست با کونزا، از میزبان مواد آلی می‌گیرند.



## انتقال از خاک به برگ

آب و مواد معدنی مورد نیاز گیاهان، که از خاک اطراف ریشه‌ها جذب می‌شود، در مسیرهایی به ساقه و برگ می‌رود. بخش زیادی از آب جذب شده از سطح برگ‌ها به هوا تبخیر می‌شود.

خروج آب به صورت بخار یا گاز از سطح اندام‌های هوایی گیاه تعرق نامیده می‌شود. تعرق، سازوکار لازم را برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی به برگ فراهم می‌کند.

جابه‌جایی مواد در گیاهان را می‌توان در دو مسیر کوتاه و بلند بررسی کرد.

(الف) در مسیر کوتاه، جابه‌جایی آب و مواد در سطح یک یا چند یاخته بررسی می‌شود. انتقال مواد از ناک به آوندها

(ب) در مسیر بلند، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی‌تر بررسی می‌شود. این مسافت در بعضی درختان به بیش از صد متر می‌رسد. انتقال مواد در آوندها

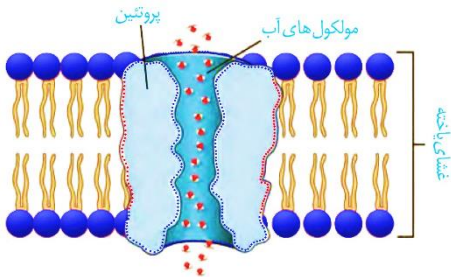
در هر دوی این مسیرها آب به عنوان انتقال دهنده مواد، نقش اساسی دارد که این نقش به علت ویژگی‌های آن است.

## جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه

**انتقال مواد در سطح یاخته‌ای:** در این حالت، جابه‌جایی مواد با فرایندهای فعال و غیر فعال و در حد یاخته انجام می‌شود. با این فرایندها قبلاً آشنا

شدید. شیوه‌هایی مثل انتشار ساده و انتشار تسهیل شده، اسمز و انتقال فعال، نمونه‌هایی از این روش‌هاست. برای انتقال آب در عرض غشای بعضی یاخته‌های

گیاهی و جانوری و غشای واکوئول در بعضی یاخته‌های گیاهی، مولکول‌های پروتئینی به نام «آکوپورین» به نام «آکوپورین» دخالت دارند که سرعت جریان آب را افزایش می‌دهند. هنگام کم‌آبی، ساخت این پروتئین‌ها تشدید می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- پروتئین تسهیل‌کننده عبور آب در غشای بعضی از سلول‌های گیاهی و جانوری و واکوئول‌های بعضی از سلول‌های گیاهی! آمینواسیدهای آبدوست به رنگ آبی و آمینواسیدهای آبگریز به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

**انتقال مواد در عرض ریشه:** در عرض ریشه، انتقال آب و مواد محلول معدنی به سه روش انجام می‌شود: (۱) انتقال از عرض غشا، (۲) انتقال

سیمپلاستی و (۳) انتقال آپوپلاستی.

(۱) انتقال عرض غشایی شامل جابه‌جایی مواد از عرض غشای یک یاخته به یاخته دیگر است.

(۲) سیمپلاست به معنی پروتوپلاست همراه با پلاسمودسم‌ها است. انتقال سیمپلاستی حرکت مواد از پروتوپلاست یک یاخته به یاخته مجاور، از راه

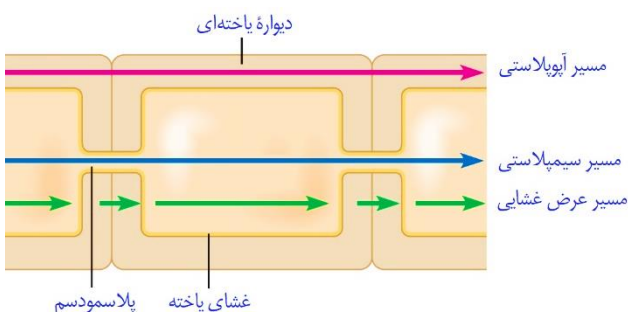
پلاسمودسم‌هاست. آب و بسیاری از مواد محلول می‌تواند از فضای پلاسمودسم به یاخته‌های دیگر منتقل شود (شکل ۱۱). منافذ پلاسمودسم آن

قدر بزرگ هستند که پروتئین‌ها، نوکلئیک‌اسیدها و حتی ویروس‌های

گیاهی از آن عبور می‌کند.

(۳) در مسیر آپوپلاستی، حرکت مواد محلول از فضاهای بین یاخته‌ای و دیواره

یاخته‌ای انجام می‌شود.



شکل ۱۱- شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه.

همان‌طور که می‌دانیم سه روش برای این کار وجود دارد.

مقایسه روش‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه

(۱) انتقال عرض غشایی

+ در این روش پروتئین‌های سراسری موجود در غشای سلولی یا آکوپورین‌ها نقش اصلی را بر عهده دارند.

+ مواد جابه‌جا شده از همه اجزای سلول گیاهی یعنی دیواره سلولی و پروتوپلاست عبور می‌کنند.

+ این نوع انتقال، تحت تأثیر فشار اسمزی قرار می‌گیرد.

## ۱۲) انتقال سیمپلاستی

+ در این روش پلاسمودسم‌ها یا کانال‌های سیتوپلاسمی واقع در بین سلول‌ها نقش دارند.

+ مواد جابه‌جا شده فقط از پروتوپلاست سلول گیاهی عبور می‌کنند.

x در ابتدای مسیر، عبور مواد از دیواره سلولی و پروتئین‌های غشایی یا اکوپورین‌ها هم اتفاق افتاده است!

+ این نوع انتقال، تحت تأثیر فشار اسمزی قرار می‌گیرد.

## ۱۳) انتقال آپوپلاستی

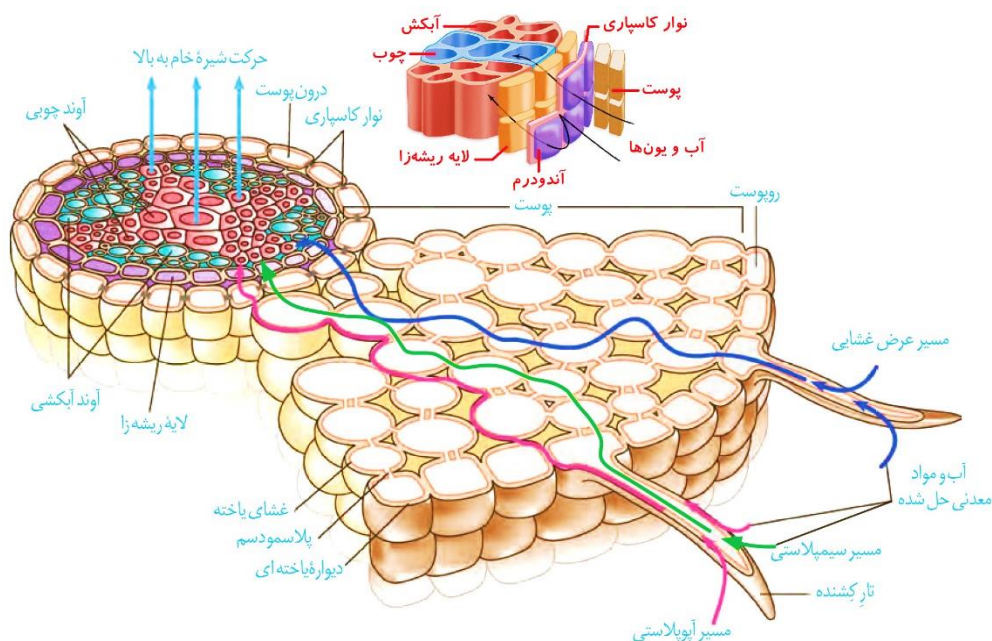
+ در این روش دیواره سلولی و فضاهای موجود در آن نقش دارند.

x بنابراین می‌توان گفت عامل اصلی آن خاصیت مؤینگی یا نیروهای دگرپسبی است.

+ مواد جابه‌جا شده فقط از دیواره سلول گیاهی عبور می‌کنند.

+ این نوع انتقال، تحت تأثیر فشار اسمزی قرار نمی‌گیرد.

آب و مواد محلول در عرض ریشه سرانجام به درونی‌ترین لایه پوست به نام درون‌پوست (آندودرم) می‌رسند. درون‌پوست استوانه‌ای ظریف از یاخته‌ها است که یاخته‌های آن کاملاً به هم چسبیده‌اند و سدی را در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کنند (شکل ۱۲). یاخته‌های درون‌پوست در دیواره جانبی خود دارای نواری از جنس چوب‌پنبه (نوعی لیپید به نام سوبرین) هستند که به آن نوار کاسپاری گفته می‌شود. بنابراین آب و مواد محلول آن نمی‌توانند از طریق مسیر آپوپلاستی وارد یاخته‌های درون‌پوست شوند. یاخته‌های درون‌پوست انتقال مواد را کنترل می‌کنند. این لایه در ریشه مانند صافی عمل می‌کند که مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر مسیر آپوپلاستی به درون گیاه می‌شوند. درون‌پوست، همچنین از برگشت مواد جذب شده به بیرون از ریشه جلوگیری می‌کند. بعد از درون‌پوست حرکت در هر سه مسیر ادامه می‌یابد. مواد به آوندهای چوبی منتقل، و آماده جابه‌جایی برای مسیرهای طولانی‌تر می‌شود که به این فرایند بارگیری چوبی گفته می‌شود.



شکل ۱۲- مسیر آپوپلاستی، سیمپلاستی و عرض غشایی در گیاهان: نوار کاسپاری درون‌پوست، مانع انتقال آپوپلاستی از درون‌پوست به درون آوند چوبی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مواد در بخشی از مسیر می‌تواند آپوپلاستی و یا سیمپلاستی باشد.

(۱) اگر هر سلول آندودرمی را به صورت یک مکعب در نظر بگیریم، در اغلب گیاهان، چهار وجه از شش وجه این مکعب چوب‌پنبه‌ای و غیر قابل نفوذ شده‌اند.

+ دو وجه پشتی و جلویی آن سلولزی بوده و اجازه عبور مواد را از سلول‌های پوست به لایه ریشه‌زا می‌دهند.

(۲) در محل آندودرم این گیاهان، مسیر آپوپلاستی مشاهده نمی‌شود و مواد از طریق عرض غشایی، وارد سلول‌های آندودرم می‌شوند.

(۳) پس از آندودرم، دیواره هر سه مسیر عرض غشایی، آپوپلاستی و سیمپلاستی را می‌توان در لایه ریشه‌زا مشاهده نمود.

نکاتی در مورد ترتیب قرار گرفتن بافت‌ها در برش عرضی ریشه‌ها

در برش عرضی یک ریشه جوان از بیرون به درون به ترتیب این لایه‌ها مشاهده می‌شوند:

(۱) اپیدرم یا روپوست: که از یک لایه سلول تشکیل شده است. برنی از سلول‌های آن دارای زوایدی به نام تار کشنده هستند.

(۲) درم یا پوست: که از چند لایه سلول پارانشیم ذخیره‌ای ساخته شده است.

(۳) آندودرم: درونی‌ترین لایه درم است که در بسیاری از گیاهان چهار وجه از وجه آن و در بعضی از گیاهان پنج وجه از وجه آن چوب‌پنبه‌ای شده است.

+ در گروه اخیر همه و بوجه شش‌گانه برنی از سلول‌های آندودرمی کاملاً سلولزی بوده و سلول **معبر** نامیده می‌شوند!

(۱۴) لایه ریشه‌زا: نام دیگر آن **دایره محیطیه** یا **پریسیکل** است. این لایه، **ببرونی‌ترین** لایه **استوانه مرکزی** است. **ریشه‌های فرعی** از آن منشأ می‌گیرند.

(۱۵) **آوندهای آبکش**: به صورت **پند تکه** در لایه‌های **بازوهای** آوندهای یک پارچه پوبی قرار می‌گیرند.

(۱۶) **آوندهای پوبی**: همه آوندهای پوبی به **همدیگر متصل** بوده و **منظره‌ای بازودار** ایجاد می‌کنند.

در ریشه **بعضی گیاهان**، نوار کاسپاری **علاوه** بر دیواره‌های جانبی درون پوست، **دیواره پستی** را نیز می‌پوشاند و انتقال مواد از این یاخته‌ها را **غیر ممکن** می‌کند. در برش **عرضی** و زیر میکروسکوپ **نوری** این یاخته‌ها ظاهر **نعلی** یا **U شکل** دارند (شکل ۱۳). در این گیاهان یاخته‌های درون پوستی **ویژه‌ای**، به نام **یاخته معبر** وجود دارند که **فاقد** نوار کاسپاری در اطراف خود هستند و انتقال مواد به لایه **ریشه‌زا** و در نهایت **آوندها** از طریق این یاخته‌ها انجام می‌شود.

شکل ۱۳- تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی ریشه نوعی گیاه.

یاخته‌های **معبر** با **پیکان** نشان داده شده‌اند. یاخته‌های درون پوست در این ریشه‌ها به صورت **نعلی شکل (U)** دیده می‌شود.

(۱) اگر هر سلول آندودرمی را در این گیاهان به صورت یک **مکعب** در نظر بگیریم، **پنج** وجه از **شش** وجه این مکعب **چوب پنبه‌ای** و غیر قابل نفوذ شده‌اند.

+ به عبارت دیگر **وجه پستی** آن نیز پوبی شده و تنها **وجه جلویی سلولزی** باقی مانده است.

x بنابراین، این سلول‌ها به طور کامل اجازه عبور مواد را از سلول‌های

**پوست** به لایه **ریشه‌زا** نمی‌دهند.

(۲) برای عبور آب و مواد محلول از پوست به استوانه مرکزی در این گروه از

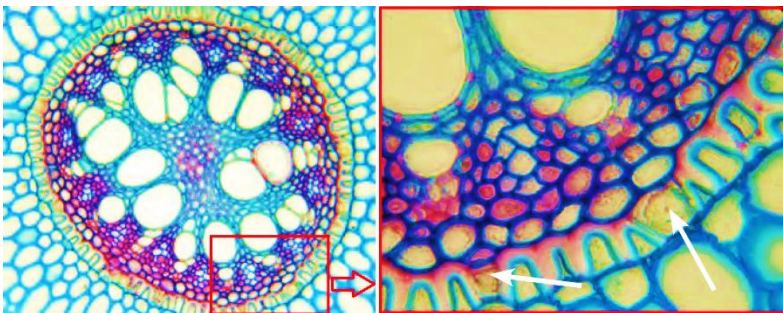
گیاهان، سلول‌های **معبر** به وجود آمده‌اند.

+ دیواره‌های و بوجه شش‌گانه سلول‌های معبر به طور **کامل** سلولزی

است و به آب و یونها اجازه عبور می‌دهد.

(۳) می‌توان گفت، در این گیاهان **بر خلاف** گروه قبلی، **تنی** در محل آندودرم

هم مسیر آپوپلاستی از طریق سلول‌های معبر **ادامه** پیدا می‌کند!



## انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند

**شیره خام** در گیاهان، گاه تا فواصل **بسیار طولانی** جابه‌جا می‌شود. برای فواصل طولانی، **انتشار کارآمد نیست**. در گیاهان، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی توسط **جریان توده‌ای** انجام می‌شود. سرعت **انتشار** آب و مواد در گیاه، فقط به **اندازه چند میلی‌متر در روز** است ولی در **جریان توده‌ای**، این سرعت به **چندین متر در روز** می‌رسد.

جریان توده‌ای در آوندهای چوبی تحت اثر **دو عامل (۱) فشار ریشه‌ای** و **(۲) فرایند تعرق**، و با **همراهی خواص ویژه آب** انجام می‌شود.

عامل (۱) **فشار ریشه‌ای**: یاخته‌های **درون پوست** و یاخته‌های **زنده** پیرامون آوندهای ریشه یعنی سلول‌های لایه **ریشه‌زا** و سلول‌های **پاراننشیمی**، با

**انتقال فعال**، یون‌های معدنی را به درون آوندهای چوبی **منتقل** می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت در غشای این سلول‌ها، پروتئین‌های **سراسری**

وجود دارند که با مصرف **انرژی** یونها را **جابه‌جا** می‌کنند. این عمل باعث **افزایش مقدار** این یونها، **افزایش**

**فشار اسمزی** و در نتیجه **ورود آب** به درون **آوند چوبی** می‌شود. در اثر تجمع آب و یونها، **فشار** در

آوندهای چوبی **ریشه افزایش** می‌یابد و فشار ریشه‌ای را **ایجاد** می‌کند. فشار ریشه‌ای باعث **هل دادن**

شیره خام به سمت **بالا** می‌شود (شکل ۱۴). در **بیشتر گیاهان (درختان بلند)**، فشار ریشه‌ای در صعود

شیره خام نقش **کمی** دارد و در بهترین حالت می‌تواند **چند متر** آن را به بالا بفرستد. پس چه عاملی باعث

حرکت شیره خام به نوک درختان **بسیار بلند** می‌شود؟ عامل **دوم** یعنی **فرایند تعرق!**

رابطه **فشار ریشه‌ای** و **فرایند تعریق**: فرایند تعریق یا **فروغ** آب به صورت **مایع** از انتهای آوندهای چوبی **نتیجه**

عمل **فشار ریشه‌ای** است.

شکل ۱۴- آزمایشی برای اندازه‌گیری **فشار ریشه‌ای**، همه برگ‌های گیاه **قطع** شده‌اند! در این حالت مکش تعرقی تقریباً ناپدید است.

عامل **دوم (فرایند تعرق)**: عامل **اصلی** انتقال شیره خام، **مکش** است که در اثر **تعرق** از سطح گیاه ایجاد می‌شود. علت تعرق نیز حرکت آب از محل

دارای آب **بیشتر** به محل با آب **کمتر** است. **ستون** آب درون آوندهای چوبی **پیوسته** است. این پیوستگی به علت ویژگی‌های **هم‌چسبی** و

**دگرچسبی** مولکول‌های آب است (شکل ۱۵).

**هم‌چسبی** باعث اتصال مولکول‌های آب به **همدیگر** و **دگرچسبی** باعث اتصال مولکول‌های آب به **دیواره** آوندها می‌شود. نام دیگر این دو

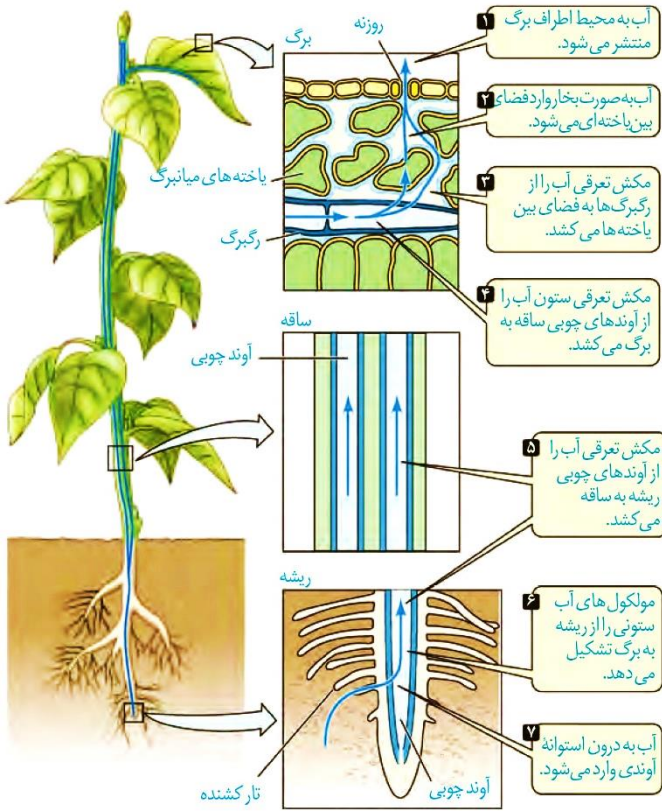
ویژگی در علم فیزیک، به ترتیب **خاصیت کشش سطحی** و **خاصیت موئینگی** است. این دو ویژگی آب، باعث **پیوستگی** **ستون** آب در درون آوندهای

چوبی می‌شوند.



شکل ۱۵. حرکت شیره خام، تحت تأثیر مکش تعرقی. مراحل مکش تعرقی عبارتند از:

- (۱) ابتدا آب به صورت بخار از طریق روزنه‌ها و دیگر بخش‌های هوایی خارج می‌شود.
- (۲) مقدار بخار آب در فضای بین سلول‌های کاهش پیدا نموده و آب از سطح سلول‌ها تبخیر شده و بایگزین آن می‌شود.
- (۳) مکش تعرقی باعث کشیده شدن آب از آوندهای چوبی برگ به فضای بین سلول‌ها می‌شود.
- (۴) مکش تعرقی باعث کشیده شدن ستون آب درون آوندهای چوبی به سمت بالا می‌شود.
- + در این مرحله ویژگی‌های هم‌پسبی و دگرپسبی مولکول‌های آب نقش مهمی دارند.
- (۵) مکش تعرقی باعث کشیده شدن آب از آوندهای چوبی ریشه به آوندهای چوبی ساقه می‌شود.
- (۶) مولکول‌های آب وارد شده به استوانه آوندی ریشه ستون آبی ایجاد می‌کنند که از ریشه تا برگ ادامه دارد.
- + در این مرحله بارگیری چوبی انجام می‌شود. هم‌پسبند «جریان توده‌ای» سبب بالا رفتن آب و یون‌ها می‌شود.
- (۷) آب و یون‌های جذب شده از ناک در سه مسیر کوتاه عرض غشایی، آپوپلاستی، سیمپلاستی وارد استوانه آوندی می‌شوند.
- + سلول‌های آوند درم، لایه ریشه‌زا و پارانشیم موجود در استوانه آوندی باعث ایجاد فشار ریشه‌ای می‌شوند.



بیشتر تعرق گیاهان از روزنه‌های هوایی برگ انجام می‌شود. بنابراین می‌توان گفت از سطح کوتیکول یا پوستک و دیگر بخش‌های هوایی گیاه هم فرایند تعرق انجام می‌شود. نیروی مکش تعرق آن قدر زیاد است که در یک روز گرم می‌تواند باعث کاهش قطر تنه یک درخت شود؛ هر چند این کاهش اندک است. اگر دیواره آوندهای چوبی به علت رسوب لیگنین استحکام کافی نداشت به راحتی در اثر مکش تعرق، له می‌شد. در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود. بیشتر تبادل گازها و در نتیجه تعرق برگ‌ها از منفذ (روزنه) بین یاخته‌های نگهبان روزنه هوایی انجام می‌شود. نکته: روزنه و روزنه با هم تفاوت دارند!

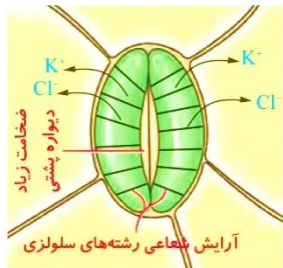
### تنظیم میزان تعرق

روزنه‌های هوایی می‌توانند با باز و بسته شدن، مقدار تعرق را تنظیم کنند.

باز و بسته شدن روزنه به دو دلیل انجام می‌شود: (۱) تغییر فشار تورژسانس یاخته‌های نگهبان روزنه و (۲) ساختار خاص آنها

(۱) تغییرات فشار تورژسانس: به دنبال انباشت مواد محلول جذب آب در یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود. عوامل محیطی مانند نور و دما و عوامل درونی گیاه مانند ترشح هورمون آبسیزین باز و بسته شدن روزنه‌ها را تنظیم می‌کنند.

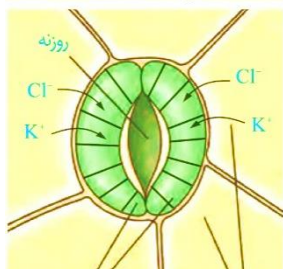
+ عامل محیطی: مثلاً (۱) نور با تحریک (۲) انباشت ساکارز و یون‌های  $K^+$  و  $Cl^-$  در یاخته نگهبان، (۳) فشار اسمزی یاخته‌ها



را افزایش می‌دهد و (۴) آب از یاخته‌های مجاور به یاخته‌های نگهبان روزنه وارد می‌شود. در نتیجه، (۵) یاخته‌ها دچار تورژسانس شده و به علت ساختار ویژه آنها، (۶) روزنه باز می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها هم، به علت خروج آب از یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود (شکل ۱۶).

+ عامل درونی: مثلاً افزایش هورمون آبسیزین یا آبسیزیک‌اسید در شرایط کم‌آبی با فرایندی

مشابه باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق می‌شود.

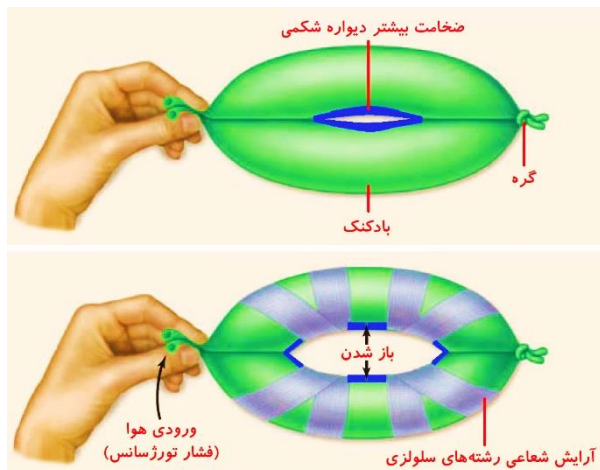


(۲) ساختار یاخته‌های نگهبان روزنه: دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه، ساختار خاصی دارند

که با جذب آب، افزایش طول پیدا می‌کنند. این دو ویژگی باعث می‌شوند هنگام جذب آب و تورژسانس، یاخته‌ها خمیدگی پیدا کند و منفذ روزنه هوایی باز شود. در این حالت امکان تبادل گازها، فراهم می‌شود (شکل ۱۶).

شکل ۱۶. چگونگی باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

+ عامل اول) یکی از این عوامل، **آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی** است که مانند **کمر بندی** دور دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه قرار دارند. این کمر بندی‌های سلولزی، هنگام تورژسانس یاخته، مانع از گسترش **عرضی** یاخته شده، ولی مانع افزایش طول یاخته نمی‌شوند.



+ عامل دوم) عامل دیگر، **اختلاف ضخامت در دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه** است. ضخامت دیواره **پشتی** این سلول‌ها نسبت به دیواره شکمی آنها کمتر است. بنابراین دیواره **پشتی** آنها انعطاف‌پذیری بیشتری دارد. هنگام تورژسانس، به علت ضخامت کمتر، دیواره **پشتی** یاخته نسبت به دیواره شکمی آن بیشتر **منبسط** می‌شود.

## عوامل مؤثر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها

در گیاهان، تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن دی‌اکسید از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه‌های هوایی است. مقدار آب موجود در بافت‌های گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی مانند آبسزیک‌اسید، از عوامل درونی مهم هستند.

+ باز شدن روزنه‌ها: افزایش مقدار نور، دما و کاهش گاز کربن دی‌اکسید، تا حدی معین، می‌تواند باعث باز شدن روزنه‌ها در گیاهان شود.

+ بسته شدن روزنه‌ها: کاهش شدید مقدار رطوبت و خشکی هوا بر اثر نور و دمای شدید با واسطه هورمون آبسزیک‌اسید باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

### سازگاری‌های گیاهان مناطق خشک

۱) پیدایش مسیر قنوسنتزی CAM: رفتار روزنه‌ای برخی گیاهان نواحی خشک مانند بعضی کاکتوس‌ها که از گیاهان CAM هستند، در حضور نور متفاوت است و سبب می‌شود در طول روز یعنی در شرایط نور و دما، روزنه‌ها بسته بمانند و از هدر رفتن آب جلوگیری شود.

۲) کاهش سطح تعرق در برگ‌ها: کاهش تعداد روزنه‌ها، کاهش سطح برگ‌ها نیز از دیگر سازگاری‌های گیاهان برای زندگی در محیط‌های خشک هستند.

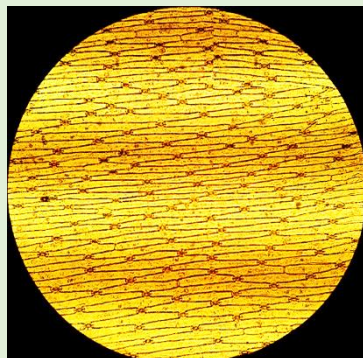
۳) سازگاری‌های دیگر: شما چه سازگاری‌های دیگری را می‌شناسید؟ پیدا شدن مسیر قنوسنتزی C<sub>4</sub>، افزایش کرک، منفی شدن روزنه‌ها در غار و ...

## فعالیت

### مشاهده روزنه‌های سطح پشتی برگ

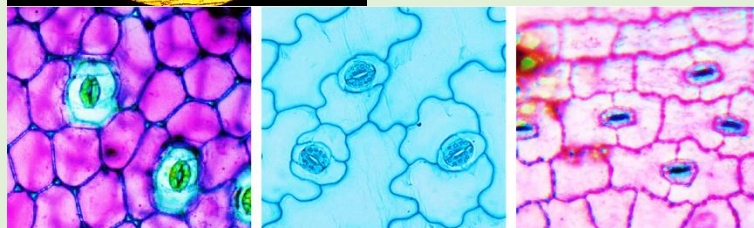
الف) یک برگ شاداب تره را انتخاب کرده و سطح پشتی و رویی آن را مشخص کنید. سطح پشتی آن محدب و سطح رویی آن مقعر است.

ب) برگ را از محل رگبرگ میانی به بیرون شکسته ولی روپوست را پاره نکنید. هر نیمه را به نحوی به طرفین بکشید تا روپوست نازک آن از بافت‌های زیرین جدا شود. این کار اگر با دقت انجام شود روپوست غشایی و بی‌رنگ را جدا می‌کند.



پ) نمونه را در یک قطره آب، روی تیغه شیشه‌ای قرار دهید و با تیغک بیوشانید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده کنید. آیا می‌توانید سبزدیسه‌ها را در این یاخته‌ها ببینید؟ کلروپلاست‌ها فقط در سلول‌های نگهبان روزنه وجود دارند.

ت) تعداد روزنه‌های موجود در میدان دید را شمارش کنید. تعداد روزنه را در واحد سطح برگ تعیین کنید. می‌تواند با توجه به بزرگ‌نمایی عدسی مسامت میدان دید را مناسبه و تعداد روزنه‌های موجود در آن را شمارش نمود. در شکل مقابل بزرگ‌نمایی عدسی 40 X می‌باشد.



ث) با استفاده از تیغ تیز و با احتیاط، نمونه‌های روپوست پشتی را از برگ گیاهان میخک، شمعدانی و برگ‌بیدی تهیه و زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در این گیاهان تره مقایسه کنید. در شکل روبه‌رو به ترتیب از راست به چپ روزنه‌های میفک، شمعدانی و برگ‌بیدی را می‌بینید.

## تعریق

در هنگام شب که هوا سرد می‌شود یا در هوای بسیار مرطوب که شدت تعرق کاهش می‌یابد، یاخته‌های درون پوست و دیگر یافته‌های زنده موجود در استوانه آوندی یعنی سلول‌های لایه ریشه‌زا و سلول‌های پارانشیمی موجود در این استوانه همچنان به پمپ کردن یون‌های معدنی به درون استوانه آوندی ادامه می‌دهند. استوانه آوندی فقط در ریشه‌ها یافت می‌شود و شامل لایه ریشه‌زا و تمام سلول‌های بعد از آن یعنی آوندهای پوپی، آبکش و ... است. اگر مقدار آبی که در اثر فشار ریشه‌ای به برگ‌ها می‌رسد از مقدار تعرق آن از سطح برگ بیشتر باشد، آب به صورت مایع یا به صورت قطراتی از انتها یا لبه برگ‌های بعضی گیاهان علفی خارج می‌شود که به آن تعریق می‌گویند (شکل ۱۷).



گرچه شرایط محیطی ایجاد کننده تعریق مشابه شرایط ایجاد شب‌نم است، این دو پدیده را نباید با هم اشتباه گرفت. قطرات حاصل از شب‌نم بر روی همه سطوح برگ می‌نشیند ولی قطرات حاصل از تعریق فقط در انتها یا لبه برگ‌ها جمع می‌شود تعریق از ساختارهای ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی انجام می‌شود و نشانه عملکرد فشار ریشه‌ای است. این روزنه‌ها بر خلاف روزنه‌های هوایی، همیشه باز هستند و محل آنها در انتها یا لبه برگ‌هاست. در واقع، قطرات حاصل از تعریق از انتهای آوندهای پوپی رگبرگ‌ها و از طریق روزنه‌های آبی خارج می‌شوند. از آنجا که رگبرگ‌ها در دولپه‌ای‌ها به لبه برگ و در تک‌لپه‌ای‌ها به انتهای برگ فتم می‌شوند، بنابراین قطرات حاصل از تعریق در لبه یا انتهای برگ‌ها جمع می‌شوند. همه گیاهان نهان‌دانه دارای روزنه آبی هستند، اما همه آنها دارای تعریق نیستند. تعریق فقط در بعضی از نهان‌دانگان علفی مشاهده می‌شود.

شکل ۱۷- تعریق در گیاهان: خروج آب به صورت مایع از انتها یا لبه برگ‌ها

مقایسه تعرق و تعریق

در جدول زیر مقایسه‌ای بین تعرق و تعریق صورت گرفته است:

فرایند	خروج آب	نوع روزنه	ساقه‌ها روزنه	وضعیت روزنه	موقعیت روزنه	شرایط وقوع	علت وقوع
تعرق	به صورت بخار	روزنه هوایی	دو سلولی	باز یا بسته	سطوح بالا و پایین برگ	کرما، رطوبت کم	مکش تعرقی
تعریق	به صورت مایع	روزنه آبی	پند سلولی	همیشه باز	در انتها یا لبه برگ	سرما، رطوبت زیاد	فشار ریشه‌ای

## فعالیت

### مشاهده باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

الف) همانند فعالیت قبل، روپوست تره یا کاهو را تهیه کنید و درون محلول‌های ۰/۵ درصد KCl، آب خالص و آب نمک ۴ درصد در روشنایی قرار دهید. مشابه این نمونه‌ها را تهیه و در تاریکی قرار دهید.

ب) پس از ۱۵ دقیقه، روپوست را در یک قطره از همان مایعی که درون آن قرار دارد، زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. در کدام محلول‌ها روزنه‌ها باز و در کدام بسته‌اند؟ در روشنایی، روزنه‌ها در آب و محلول ۰/۵ درصد KCl باز و در محلول ۴ درصد آب نمک بسته هستند. روزنه‌ها در تاریکی همواره بسته هستند. آیا میزان باز یا بسته بودن روزنه‌ها یکسان است؟ تیر چرا؟ چون میزان باز بودن روزنه‌ها به عوامل مختلفی پیرونی و درونی وابسته است.

پ) پس از ۱۵ دقیقه نمونه‌های تاریکی را به سرعت زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. چرا باید به سرعت آنها را مشاهده کنیم؟ چون نور میکروسکوپ باعث باز شدن روزنه‌ها می‌شود. وضعیت روزنه‌ها را با مرحله قبل مقایسه کنید. ابتدا در همه نمونه‌های موجود در تاریکی، روزنه‌ها بسته هستند، اما نمونه‌های موجود در درون آب و محلول ۰/۵ درصد KCl باز شده ولی نمونه‌های موجود در محلول ۴ درصد آب نمک هم‌چنان بسته می‌مانند.

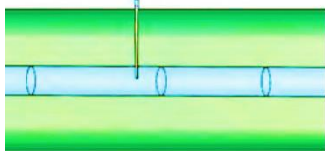
## حرکت شیره پرورده

می‌دانید که شیره پرورده، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کند. حرکت شیره پرورده در همه جهات می‌تواند انجام شود. بخشی از گیاه که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های دیگر گیاه را تأمین می‌کند، محل منبع یا تولید و بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا می‌روند و ذخیره (مثلاً ریشه) یا مصرف (مثلاً گل) می‌شوند، محل مصرف یا ذخیره نامیده می‌شود. برگ‌ها از جمله مهم‌ترین محل‌های منبع هستند. در واقع تمام بخش‌های سبز رنگ گیاهان که عمل فتوسنتز را انجام می‌دهند، محل منبع یا تولید محسوب می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت، گیاهان انگلی مانند گیاه سس و کل جالبیز محل منبع یا تولید ندارند و مواد مغذی در آنها فقط از مکنده‌ها به سمت همه بخش‌های گیاه و به صورت یک طرفه حرکت می‌کند.

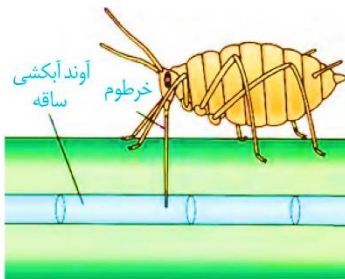
بخش‌های ذخیره کننده مواد آلی، مانند ریشه‌ها، ساقه‌ها، برگ‌های ذخیره‌ای، لپه‌ها و آندوسپرم دانه‌ها هنگام ذخیره این مواد، محل مصرف و هنگام آزادسازی آن، محل منبع به شمار می‌آیند. از آنجا که شته‌ها از مواد آلی یا شیره پرورده گیاهان استفاده می‌کنند، بنابراین فرطوم خود را در آوندهای آبکش فرو می‌برند. به همین دلیل برای تعیین سرعت و ترکیب شیره پرورده می‌توان از شته‌ها استفاده کرد (شکل ۱۸).



شیره پرورده از خرطوم بریده شده به بیرون تراوش می کند.

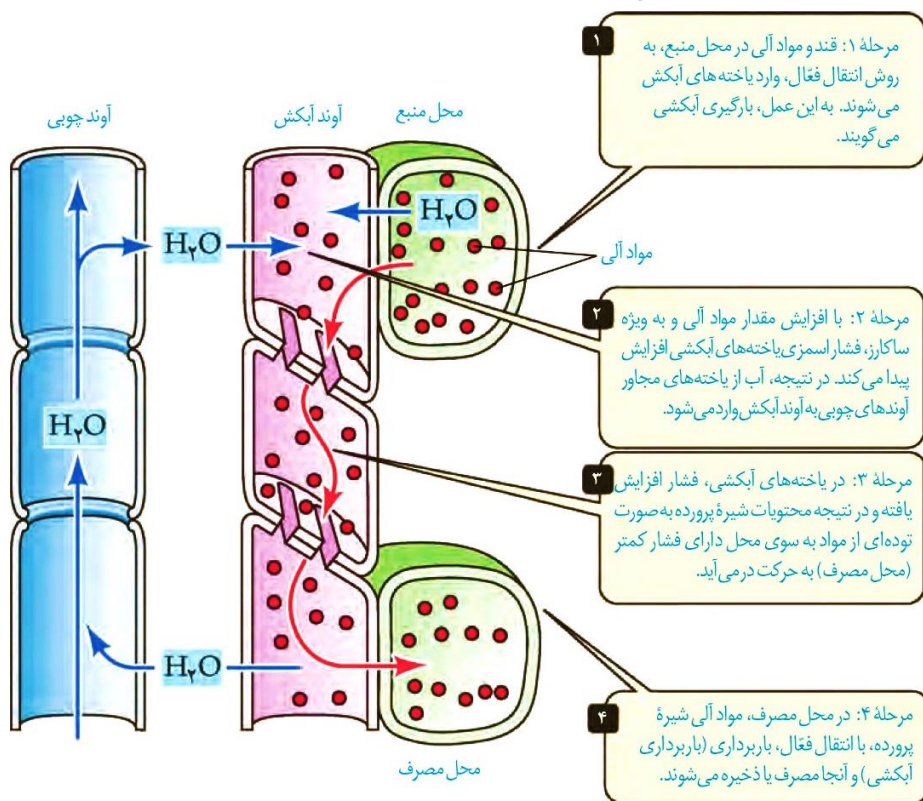


شته را بی حس می کنند و سپس خرطوم آن را می برند.



شکل ۱۸- استفاده از شته برای تعیین سرعت و ترکیب شیره پرورده  
 (۱) سرعت شیره پرورده: به طور متوسط، یک متر بر ساعت است.  
 (۲) ترکیب شیره پرورده: دارای قند ساکارز و آمینواسید است.

**چگونگی حرکت شیره پرورده:** حرکت شیره پرورده از طریق **سیتوپلاسم** یاخته های زنده آبکشی و از یاخته ای به یاخته دیگر انجام می شود. بنابراین حرکت شیره پرورده از شیره خام کندتر و پیچیده تر است. یک گیاه شناس آلمانی به نام ارنست مونش، **الگوی جریان فشاری** را برای جابه جایی شیره پرورده، ارائه داده است که در شکل ۱۹ به طور خلاصه مشاهده می کنید.



- ۱ مرحله ۱: قند و مواد آلی در محل منبع، به روش انتقال فعال، وارد یاخته های آبکشی می شوند. به این عمل، بارگیری آبکشی می گویند.
- ۲ مرحله ۲: با افزایش مقدار مواد آلی و به ویژه ساکارز، فشار اسمزی یاخته های آبکشی افزایش پیدا می کند. در نتیجه، آب از یاخته های مجاور آوندهای چوبی به آوند آبکشی وارد می شود.
- ۳ مرحله ۳: در یاخته های آبکشی، فشار افزایش یافته و در نتیجه محتویات شیره پرورده به صورت توده ای از مواد به سوی محل دارای فشار کمتر (محل مصرف) به حرکت در می آید.
- ۴ مرحله ۴: در محل مصرف، مواد آلی شیره پرورده، با انتقال فعال، باربرداری (باربرداری آبکشی) و آنجا مصرف یا ذخیره می شوند.

شکل ۱۹- چگونگی حرکت مواد در آوند آبکشی

بر اساس مدل **مونش**، الگوی جریان فشاری چهار مرحله دارد:

- (۱) **بارگیری آبکشی:** ورود مواد آلی از سلول تولید کننده به آوند آبکشی با صرف انرژی + این انرژی را سلول های همراه در اختیار آوند آبکشی قرار می دهند.
- (۲) **فشار اسمزی:** انتشار آب از آوند چوبی به آوند آبکشی به دنبال افزایش فشار اسمزی آوندهای آبکشی
- (۳) **جابه جایی یا تراشیدگی:** به راه اقتادن جریان فشاری از طرف محل های منبع یا تولید به سمت محل های مصرف یا ذخیره
- (۴) **باربرداری آبکشی:** خروج مواد آلی از آوند آبکشی به سلول مصرف با صرف انرژی + این انرژی را سلول های همراه در اختیار آوند آبکشی قرار می دهند.

**مواد آلی** در گیاهان به صورت تنظیم شده، تولید و مصرف می شوند. برای مثال در گل دهی یا تولید میوه، گاهی تعداد محل های مصرف، بیشتر از آن است که محل های منبع بتوانند مواد غذایی آنها را فراهم کنند. در این موارد ممکن است گیاه به حذف بعضی گل ها، دانه ها یا میوه های خود اقدام کند تا مقدار کافی مواد قندی به محل های مصرف باقی مانده برسد. در باغبانی، برای داشتن میوه های درشت تر، تعدادی از گل ها یا میوه های جوان را می چینند تا درختان میوه هایی کمتر ولی درشت تر به بار آورند.

شکل ۲۰- طرحی برای نشان دادن محل آوند آبکشی و جهت جریان شیره پرورده (از بالا به پایین). تورم در بالای حلقه نشان می دهد که شیره پرورده فقط در آوند آبکشی و نه در آوند چوبی (بخش باقیمانده در تنه) جریان دارد.

بادآوری: در پوست درخت علاوه بر پریدرم (کامبیوم پوب پنبه ساز + لایه های که می سازد)، آوندهای آبکشی هم وجود دارند! بنابراین بعد از کنده شدن پوست درخت فقط آوندهای چوبی و کامبیوم آوندی باقی ماندند. به همین علت اگر پوست درخت کنده شود بعد از مدتی، درخت می میرد!

حذف پوست به صورت یک حلقه از تنه درخت

مواد آلی در آوند آبکشی بالای حلقه جمع شده و باعث تورم در این بخش می شود.

