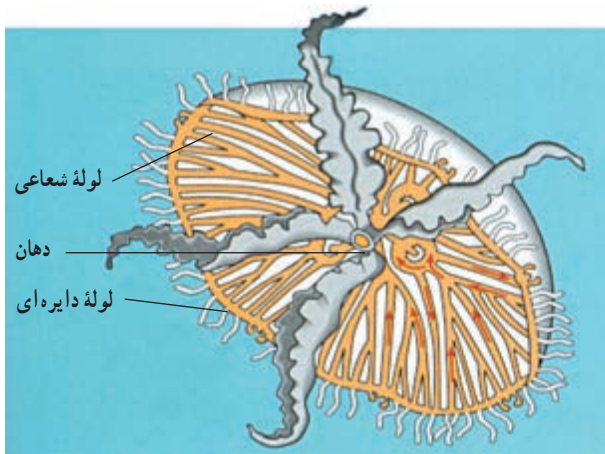


## فصل

### گردش مواد

**دستگاه گردش خون در جانوران گوناگون، متفاوت است**  
کیسه تنان دستگاه گردش خون ندارند. بدن این جانوران از دو یا سه لایه سلولی ساخته شده است. بنابراین همه سلول‌ها می‌توانند به طور مستقل به تبادل مواد با محیط پردازند. در کیسه تنان آب از دهان وارد کیسه گوارشی می‌شود و سپس بار دیگر از همان طریق از آن خارج می‌شود. کیسه تنان خون ندارند. عروس دریایی (شکل ۱-۶) نیز یک کیسه گوارشی دارد، اما این کیسه دارای لوله‌هایی است که به صورت شعاعی به یک لوله دایره‌ای دیگر متصل‌اند. سلول‌های پوشاننده درون این لوله‌ها مژک دارند و زنبق این مژک‌ها آب را در این لوله‌ها به حرکت درمی‌آورد. تنها این سلول‌ها به طور مستقیم با مواد غذایی موجود در آب در تماس‌اند، اما فاصله سایر سلول‌ها با آب، چندان زیاد نیست.



شکل ۱-۶ - دستگاه گردش مواد در عروس دریایی: ساده‌ترین دستگاه گردش مواد در جانوران

جانورانی که بدن آنها چندین لایه سلولی دارد به یک دستگاه گردش مواد و مایعی به نام خون نیازمندند. در جانوران دو نوع

بدن ما دائماً تحت اثر نیروی گرانش زمین قرار دارد. نیروی گرانش زمین به رانده شدن خون به درون بخش‌های پایینی بدن کمک می‌کند. دستگاه گردش خون ما سازگاری جالبی با این گرانش پیدا کرده است. اگر این سازگاری نبود، خون درون پاهای ما جمع می‌شد و پاها متورم می‌شدند.

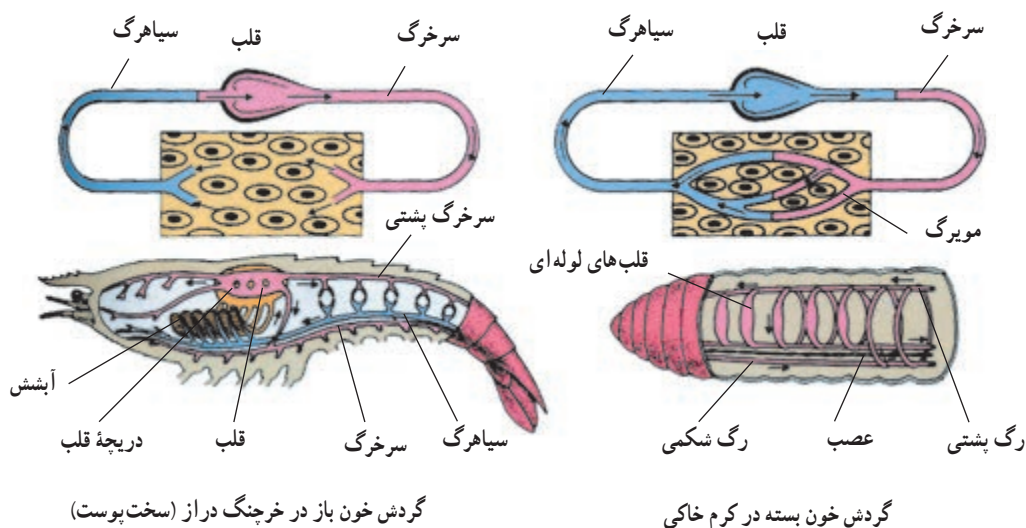
این سازگاری چگونه حاصل شده است؟ بخشی از این سازگاری، وجود قلب ماهیچه‌ای است، بخشی دیگر مربوط به تلمبه ماهیچه‌هاست؛ هنگامی که راه می‌رویم یا می‌دویم، فشاری که از سوی ماهیچه‌های در حال انقباض به رگ‌ها وارد می‌شود، خون درون آنها را به بالا، به سوی قلب می‌راند. در سیاهرگ‌های پاهای ما دریچه‌هایی وجود دارد که به سوی قلب، یک طرفه هستند. علاوه بر این‌ها، مقدار زیادی بافت پیوندی در پا وجود دارد. این بافت از متورم شدن بیش از حد رگ‌های پاها جلوگیری می‌کند. علی‌رغم این سازگاری‌ها، گاه نیروی گرانش زمین پیروز می‌شود؛ گاهی به علت ایستادن بیش از حد، به ویژه در افرادی که معمولاً ایستاده کار می‌کنند، خون در رگ‌های پاها جمع می‌شود. توانایی به گردش درآوردن خون، برخلاف جهت نیروی گرانش، برای جانوران اهمیت بسیار دارد.

همه جانداران باید به تبادل مواد با محیط پردازند و موادی را که از محیط جذب کرده‌اند در درون خود در جهت یا خلاف جهت گرانش زمین به گردش درآورند. بسیاری از جانوران در بدن خود دستگاهی به نام **دستگاه گردش مواد** دارند. کار این دستگاه به گردش درآوردن اکسیژن، دی‌اکسید کربن، مواد غذایی، هورمون‌ها و مواد دیگر در بدن است.

در گیاهان نیز دستگاهی برای انتقال موادی که جذب می‌شود و نیز انتقال فرآورده‌هایی که در گیاه تولید می‌شود، وجود دارد.

انتهای باز بعضی رگ ها خارج می شود و در میان سلول ها گردش می کند (شکل ۲-۶).

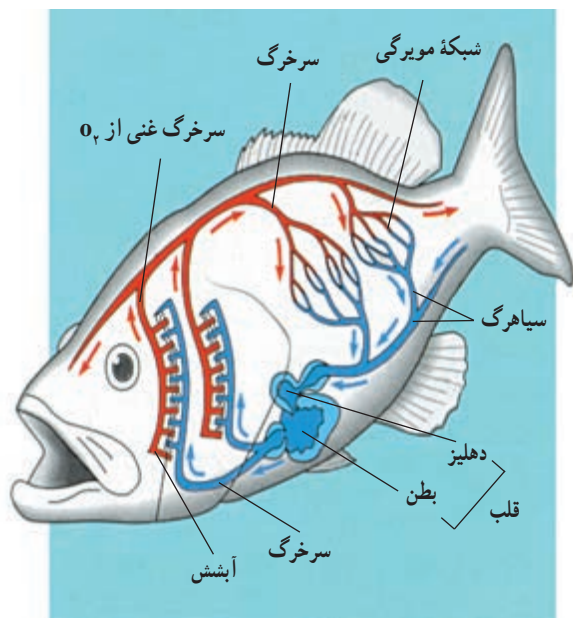
دستگاه گردش خون وجود دارد: بسیاری از بی مهرگان، مانند عنکبوتیان، سخت پوستان و حشرات گردش خون باز دارند. خون در بدن این جانداران درون رگ های بسته جریان ندارد، بلکه از



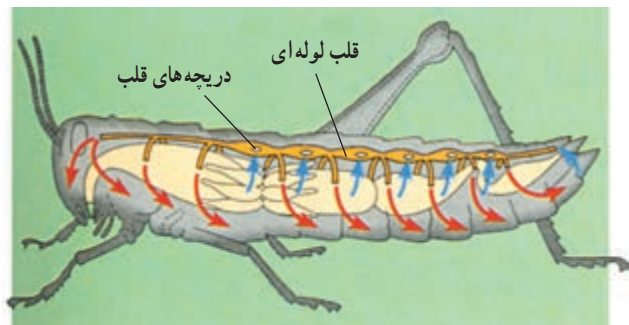
شکل ۲-۶- نمایش گردش خون بسته در کرم خاکی و گردش خون باز در خرچنگ دراز

دستگاه گردش خون ماهی (شکل ۴-۶)، نمونه ای از دستگاه گردش خون بسته است.

قلب ملخ (شکل ۳-۶) لوله ای شکل است و خون را به سوی سر و سایر بخش های بدن می راند. مواد غذایی به طور مستقیم بین خون و سلول های ملخ مبادله می شوند و حرکت ماهیچه های بدن جانور خون را به بخش های عقبی بدن می راند. هنگام استراحت قلب، خون بار دیگر از طریق چند منفذ به قلب باز می گردد. هر یک از این منافذ دریچه ای دارد که هنگام انقباض قلب بسته می شود.



شکل ۴-۶- دستگاه گردش خون ماهی بسته است. (در ماهی های استخوانی معمولاً چهار جفت کمان آبششی و صدها هزار مویرگ آبششی وجود دارد.)



شکل ۳-۶- دستگاه گردش خون ملخ باز است.

مهره داران دستگاه گردش خون بسته دارند. این دستگاه از قلب و شبکه ای از رگ ها ساخته شده است. خون در این نوع دستگاه گردش خون، هنگام گردش از رگ ها خارج نمی شود.

- ۱- دستگاه گردش خون ما برای غلبه بر نیروی گرانش چه سازگاری‌هایی حاصل کرده است؟
- ۲- دستگاه گردش خون را در ملخ و ماهی، با یکدیگر مقایسه کنید.

قلب این جانور دوحفره‌ای است و یک دهلیز و یک بطن دارد. خون از سیاهرگ وارد دهلیز می‌شود و از آنجا به بطن می‌رود. بطن خون را به درون سرخرگ می‌فرستد. خون از سرخرگ به آبشش‌ها می‌رود و در آنجا به تبادل گازها با محیط می‌پردازد. خونی که از آبشش‌ها خارج می‌شود، از راه سرخرگ پشتی به سراسر بدن می‌رود و بار دیگر از سیاهرگ شکمی به قلب باز می‌گردد.

### پیشتر بدانید

#### پیشگامان کشف گردش خون

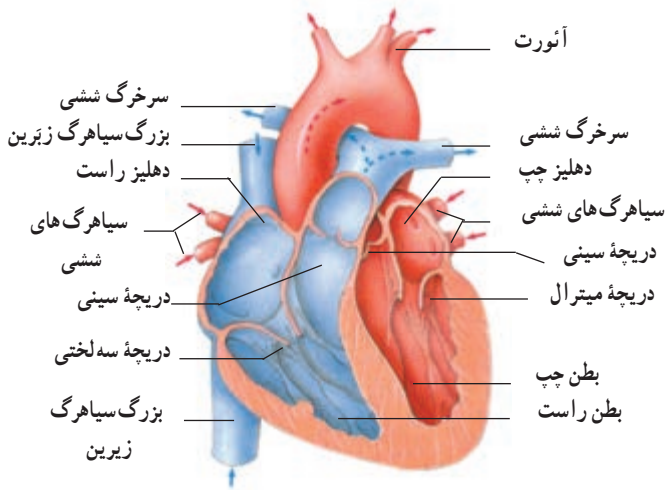
ابن نفیس دانشمند مسلمان قرن هفتم هجری است. پزشکی یکی از رشته‌هایی بود که ابن نفیس در آن تبحر داشت. او پزشکی را در بیمارستان بزرگ آن زمان دمشق آموخت و سپس کار خود را در بیمارستان‌های مصر دنبال کرد. ابن نفیس کاشف گردش کوچک خون (گردش خون میان قلب و شش‌ها) است. تا سال ۱۹۲۴ میلادی، ابن کشف را به یک اسپانیایی به نام میگوئل سروتو (Miguel Serveto) نسبت می‌دادند ولی در این سال یک دانشجوی مصری در رساله دکتری خود اثبات کرد که سیصد سال قبل از سروتو، ابن نفیس برای اولین بار گردش ششی خون را توضیح داده است. ابن نفیس اعتقاد داشت برای این که عمل هر یک از اعضای بدن را بشناسیم، باید فقط به نگاه دقیق و بررسی صادقانه درباره آن عضو تکیه کنیم، بدون ملاحظه این که آیا با آنچه پیشینیان گفته‌اند، مطابقت دارد یا نه. به همین دلیل او بدن انسان و جانوران را تشریح کرد و توانست چیزهای جدیدی را کشف و تصورات دانشمندان قبل از خود را تصحیح کند. او در کتاب خود که شرحی بر بخش تشریح کتاب قانون ابن سیناست، نظریه ویژه خود را درباره گردش ششی خون عرضه کرده است. نظریه او را پیشگام نظریه گردش کلی خون می‌شمارند که ویلیام هاروی در قرن هفدهم میلادی ارائه کرده است.

ابن نفیس ضمن ارائه نظریه خود درباره گردش ششی خون، توضیح می‌دهد که دیواره میان دو بطن ضخیم است و آن طور که جالینوس فکر می‌کرد، مشبک نیست و سیاهرگ‌های ریه با هوا و یا دود پر نشده‌اند، بلکه درون آنها خون جریان دارد. تغذیه قلب هم از طریق سرخرگ‌های جدار آن انجام می‌شود و نه از طریق دهلیز چپ و داخل قلب. هم چنین برخلاف نظر ابن سینا قلب از سه حفره تشکیل نشده است.

ابوالحسن علی بن عباس مشهور به «اهوازی» پزشک ایرانی سده چهارم هجری برای اولین بار در تاریخ پزشکی و برخلاف دانشمندان دیگر آن زمان که عقیده داشتند قلب از سه بطن راست، میانی و چپ تشکیل شده، بیان کرد که قلب از دو بطن راست و چپ تشکیل شده است.

## دستگاه گردش خون انسان شامل قلب، رگها و خون است

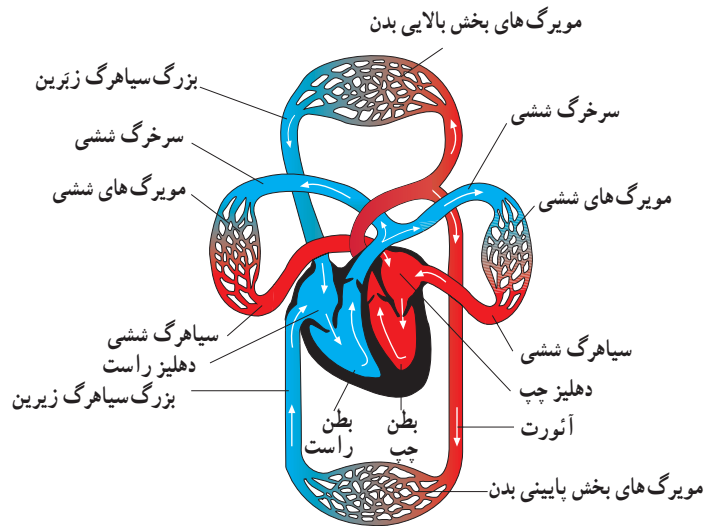
**قلب:** قلب تلمبه مرکزی دستگاه گردش خون است و با زنش های خود، خون را در رگها به جریان می اندازد. جریان خون در ماهی ها به صورت ساده و در سایر مهره داران مضاعف است. منظور از ساده بودن جریان خون در ماهی ها این است که خون تیره ای (دارای CO<sub>2</sub> با تراکم بالا) که به قلب می آید با زنش های قلب به آبشش ها می رود و پس از تبدلات گازی، دیگر به قلب بر نمی گردد، بلکه مستقیماً به بافت های بدن می رود. در حالی که در سایر مهره داران خون تیره از قلب ابتدا به شش ها می رود و پس از تبادل اکسیژن و دی اکسید کربن، به قلب باز می گردد و سپس بار دیگر در گردش عمومی خون به حرکت در می آید و به اندام ها می رود (شکل ۵-۶).



شکل ۶-۶ قلب انسان

ضخیم و بخش قابل انقباض قلب است و لایه خارجی بافت پیوندی است که آبشامه قلب را می سازد. در ساختار قلب، علاوه بر بافت ماهیچه ای میوکاردا، نوعی بافت ماهیچه ای دیگر نیز وجود دارد که بافت گرهی خوانده می شود و در تولید و هدایت تحریک های قلب نقش اساسی دارد.

ویژگی های ماهیچه قلب: میوکاردا دهلیزها و میوکاردا بطن ها، هر کدام جداگانه به صورت یک مجموعه تارهای ماهیچه ای به هم پیوسته به انقباض در می آیند. زیرا تارهای (سلول های) ماهیچه ای هر یک از این ماهیچه ها به یکدیگر متصل هستند و تحریک یک تار به سهولت از راه این اتصال ها به تارهای دیگر انتشار می یابد. در محل ارتباط ماهیچه دهلیزها به ماهیچه بطن ها یک بافت پیوندی عایق وجود دارد، به طوری که انتشار تحریک از دهلیزها به بطن ها، فقط از طریق بافت گرهی صورت می گیرد. قلب ماهیچه ای خودکار است و بافت گرهی، کانون زایش تحریک و انقباض آن است. اعصاب قلب می توانند این انقباض ها را تند یا کند کنند. به انقباض در آمدن ماهیچه قلب را سیستول و بازگشت آن به حالت آرامش را دیاستول می گویند.



شکل ۶-۵ مسیر جریان خون پستانداران و پرندگان

قلب خزندگان، پرندگان و پستانداران از چهار حفره، دو دهلیز در بالا و دو بطن در پایین، ساخته شده است. سمت راست قلب، خون را به شش ها می فرستد. این مسیر را گردش کوچک (ششی) می نامند. سمت چپ قلب خونی را که از شش ها آمده است، در مسیر گردش بزرگ به جریان می اندازد. دیواره قلب از سه لایه داخلی (آندوکاردا)، میانی (میوکاردا) و خارجی (پریکاردا) ساخته شده است. لایه داخلی از جنس بافت پوششی است که حفره های دهلیز و بطن را می پوشاند. لایه میانی ماهیچه ای و

### تشریح قلب گوسفند

مواد لازم: قلب سالم، تشتک تشریح، قیچی، سوند شیاردار

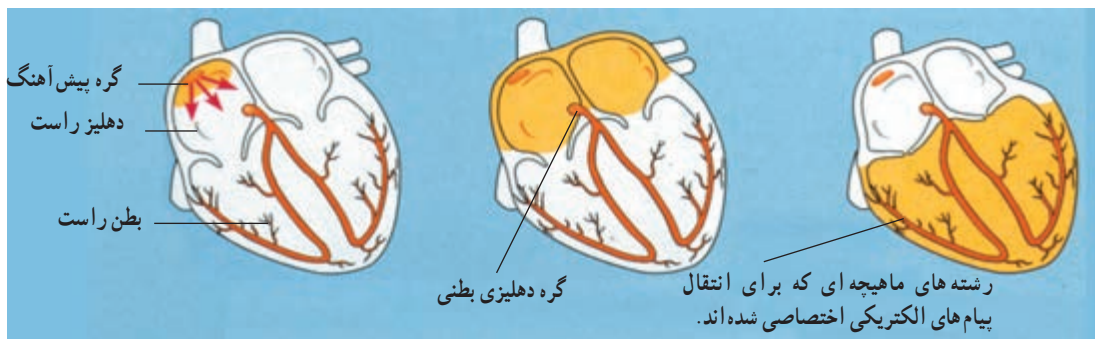
#### الف) مشاهده شکل ظاهری

– سطح پشتی، شکمی، چپ و راست قلب را مشخص کنید.  
– ضخامت بطن‌ها را با هم مقایسه کنید. چرا بطن چپ دیوارهٔ قطورتری دارد؟ رگ‌های غذادهنده قلب (کرونر) را مشاهده کنید.

– در قاعده قلب، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها قابل مشاهده‌اند. با وارد کردن سوند یا مداد به داخل آنها و اینکه به کجا می‌روند، می‌توان آنها را از یکدیگر تمیز داد. دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها را با هم مقایسه کنید.

#### ب) مشاهده بخش‌های 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، سه لختی، برآمدگی‌های ماهیچه‌ای و طناب‌های ارتجاعی را می‌توان دید.  
– به همین روش سرخرگ آئورت و بطن چپ را شکاف دهید و جزئیات بطن چپ را مشاهده کنید.  
– در ابتدای سرخرگ آئورت، بالای دریچهٔ سینی دو مدخل سرخرگ‌های کرونر را می‌توانید ببینید.  
– با عبور دادن سوند از میان دریچه‌های دو لختی و سه لختی به سمت بالا و بریدن دیواره در مسیر سوند می‌توانید دیواره داخلی دهلیزها و سیاهرگ‌های متصل به آنها را بهتر ببینید. به دهلیز چپ، چهار سیاهرگ ششی و به دهلیز راست، سیاهرگ‌های زیرین، زبرین و سیاهرگ کرونر وارد می‌شود. اگر رگ‌های قلب از ته بریده نشده باشند، با سوند به راحتی می‌توان آنها را تشخیص داد.



۱- گره پیش‌آهنگ پیام‌های الکتریکی را تولید می‌کند.

۲- پیام‌های الکتریکی در دهلیزها منتشر می‌شوند.

۳- پیام‌های الکتریکی در بطن‌ها منتشر می‌شوند.

شکل ۷-۶- بافت گرهی قلب و طرز کار آن

بافت گرهی و خودکاری قلب: بافت گرهی که به‌عنوان نقش هدایت‌کنندهٔ خود بافت هادی نیز خوانده می‌شود، تحریک‌کنندهٔ میوکارد قلب است. هنگام به وجود آمدن قلب در جنین همهٔ تارهای ماهیچه‌ای آن قادر به انقباض ذاتی هستند، ولی به تدریج

پایین بدن، دریچه‌های لانه‌کبوتری وجود دارد که به صورت یک طرفه به سوی قلب باز می‌شوند و بازگشت خون از سیاهرگ‌ها به قلب را تسهیل می‌کنند (شکل ۱۵-۶).

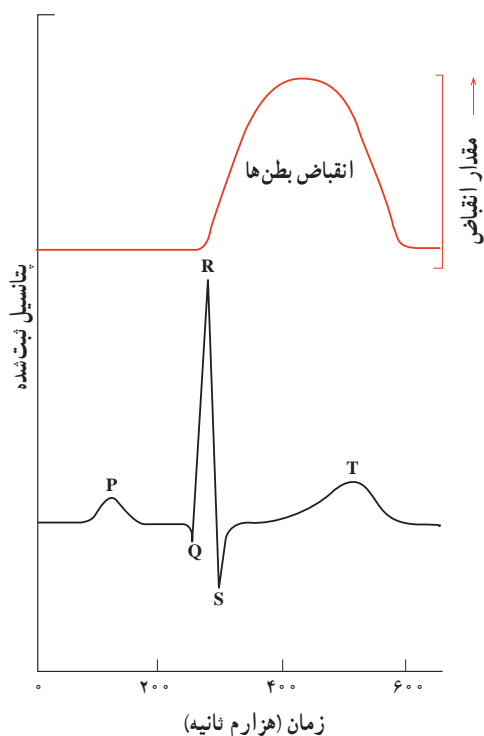
**صداهاى قلب:** در هر دوره قلبی که شامل سیستول و دیاستول دهلیزها و بطن هاست، صداهایی از قلب شنیده می‌شود. این صداها را می‌توان به کمک گوشی طبی از سمت چپ قفسه سینه شنید. دو صدای اصلی از قلب به گوش می‌رسد. صدای اول طولانی‌تر و بم‌تر از صدای دوم است و در هنگام بسته شدن دریچه‌های دهلیزی - بطنی ایجاد می‌شود. صدای دوم مربوط به بسته شدن دریچه‌های سرخرگی (سینی شکل) است. در برخی بیماری‌های قلب و در نقایص مادرزادی در جدار بین دهلیزها یا بطن‌ها، ممکن است صداهای غیرطبیعی و ممتد از قلب شنیده شود.

**کار قلب:** هر دوره کار قلب شامل انقباض دهلیزها، انقباض بطن‌ها و استراحت عمومی قلب است. این دوره در انسان، در حالت استراحت، به ترتیب  $\frac{1}{8}$ ،  $\frac{3}{8}$  و  $\frac{4}{8}$  ثانیه طول می‌کشد. در پایان دیاستول در حدود  $120^\circ$  میلی‌لیتر خون در هر بطن جمع می‌شود که تقریباً  $70^\circ$  میلی‌لیتر آن در سیستول بعدی وارد سرخرگ‌ها می‌شود. به مقدار خونی که در هر ضربان از هر بطن خارج می‌شود **حجم ضربه‌ای** و به حاصل ضرب حجم ضربه‌ای در تعداد زنبش‌های قلب در دقیقه **برون ده قلب** می‌گویند.

**الکتروکاردیوگرافی:** قلب در هر انقباض یک پدیده الکتریکی کلی تولید می‌کند. این پدیده الکتریکی با توجه به هادی بودن بافت‌های بدن تا سطح پوست منتشر می‌شود و ثبت آن الکتروکاردیوگرافی نام دارد. منحنی ثبت شده الکتروکاردیوگرام است که به نوار قلب نیز شهرت دارد. برای الکتروکاردیوگرافی الکترودهای دستگاه الکتروکاردیوگراف را بر روی پوست قرار می‌دهند و جریان الکتریکی قلب که به وسیله دستگاه تقویت می‌شود به صورت یک منحنی روی کاغذ رسم، یا روی یک صفحه حساس نمایان می‌شود. این منحنی‌ها را می‌توان از جلو قفسه سینه و با از اندام‌ها (دست‌ها و پاها) ثبت کرد. شکل منحنی‌ها در انواع مختلف ثبت، کمی متفاوت است. در یک منحنی عادی الکتروکاردیوگرام سه موج ثبت می‌شود که

با تمایز یافتن بافت ماهیچه‌ای قلب و افزایش قدرت انقباض تارها این خاصیت در میوکارد معمولی قلب از بین می‌رود و منحصراً در بافت گرهی قلب، باقی می‌ماند. بافت گرهی قلب انسان شامل یک گره سینوسی - دهلیزی، یک گره دهلیزی - بطنی و رشته‌هایی در دیواره بین دو بطن و در میوکارد بطن هاست. گره اول گره پیشاهنگ خوانده می‌شود و محل زایش تحریکات طبیعی قلب است. این گره در دیواره بستی دهلیز راست و زیر منفذ بزرگ سیاهرگ زیرین قرار گرفته است و از گره دوم بزرگتر است. تارهای ماهیچه‌ای این گره متناوباً به صورت خود به خودی تحریک می‌شوند. این تحریک به سایر تارهای میوکارد قلب منتقل می‌شود و آنها را به انقباض درمی‌آورد. گره دهلیزی - بطنی در حد فاصل بین دهلیزها و بطن‌ها و کمی متمایل به دهلیز راست قرار گرفته است. چند رشته از جنس بافت گرهی، گره‌های سینوسی - دهلیزی و دهلیزی - بطنی را به یکدیگر مربوط می‌سازد. تحریکی که در گره سینوسی - دهلیزی ایجاد می‌شود، سراسر ماهیچه دهلیزها را فرا می‌گیرد و پس از رسیدن به گره دهلیزی - بطنی به لیاف گرهی موجود در دیواره دو بطن منتقل می‌شود و از این راه به نوک بطن و سراسر بافت گرهی که در ماهیچه میوکارد پراکنده است و بالاخره به ماهیچه میوکارد منتشر می‌شود. سرعت انتشار تحریک در میوکارد قلب و بافت گرهی آن زیاد است، به طوری که تحریک به سرعت و به صورت هم‌زمان ماهیچه هر دو بطن را فرا می‌گیرد.

**دریچه‌های قلب و رگ‌ها:** دریچه‌های دهلیزی - بطنی به صورت یک طرفه خون را از دهلیزها به بطن‌ها راه می‌دهند و بسته می‌شوند. این دریچه‌ها شامل دریچه **دولختی (میترال)** بین دهلیز چپ و بطن چپ و دریچه **سه لختی**، بین دهلیز راست و بطن راست است. این دریچه‌ها فاقد بافت ماهیچه‌ای هستند و جهت جریان خون آنها را باز یا بسته می‌کند. دریچه‌ها به وسیله رشته‌هایی به برجستگی‌های ماهیچه‌ای دیواره داخلی قلب اتصال دارند. در ابتدای آئورت و ابتدای سرخرگ ششی دریچه‌های **سینی شکل** دیده می‌شوند. این دریچه‌ها در هنگام ورود خون به سرخرگ‌ها باز می‌شوند و از بازگشت خون از سرخرگ‌ها به درون بطن‌ها جلوگیری می‌کنند. در طول سیاهرگ‌های نواحی



با حروف P، QRS، و T نشان داده می‌شوند. موج P کمی قبل از انقباض دهلیزها و موج QRS کمی قبل از انقباض بطن‌ها رسم می‌شود و بخش T نیز کمی پیش از پایان یافتن انقباض بطن‌ها و بازگشت آنها به حالت آرامش ثبت می‌شود. در بیماری‌های قلبی تغییراتی در این منحنی‌ها پدیدار می‌شود که از آنها برای تشخیص نوع بیماری استفاده می‌کنند. این تغییرات ممکن است در شکل منحنی، ارتفاع آن و یا زمان بخش‌های مختلف پدیدار شود. مثلاً بزرگ شدن قلب در مواردی، مانند فشارخون مزمن و تنگی دریچه‌ها باعث افزایش ارتفاع QRS و انفارکتوس قلب که ناشی از نرسیدن خون به میوکارد است، موجب کاهش این ارتفاع می‌شود و اگر تحریک ایجاد شده در گره سینوسی کندتر از حالت عادی به سوی بطن‌ها هدایت شود، فاصله زمانی P تا Q از حد طبیعی خود بیشتر می‌شود. بی‌نظمی‌های زنبق قلب نیز روی منحنی‌های الکتروکاردیوگرام نمایان می‌شوند (شکل ۸-۶).

شکل ۸-۶ الکتروکاردیوگرام و ارتباط آن با انقباض بطن‌ها

## فعالیت ۲-۶

### سرعت طپش قلب خود را اندازه بگیرید

شما می‌توانید با لمس کردن محل نبض خود در مچ دست، سرعت زنبق قلب خود را اندازه بگیرید.

- ۱- روی صندلی یا نیمکت آرام بنشینید، مطابق شکل سعی کنید تا نبض خود را پیدا کنید. آیا حرکت نبض خود را احساس می‌کنید؟ اگر نبض خود را احساس نمی‌کنید مکان انگشت خود را کمی تغییر دهید تا نبض را احساس کنید.



شکل ۹-۶

- ۲- تعداد ضربان‌های نبض خود را به مدت یک دقیقه بشمارید. آیا تعداد

نبض با ضربان‌های قلب‌تان مساوی است؟ چرا؟

- ۳- مرحله ۲ را چهار بار تکرار کنید و میانگین طپش قلب خود را در یک دقیقه به دست آورید. این عدد سرعت طپش قلب را در حال استراحت نشان می‌دهد.

- ۴- به مدت یک دقیقه بایستید. در حالی که هنوز ایستاده‌اید، ضربان‌های قلب خود را دو دقیقه، اندازه بگیرید. این کار را نیز پنج بار تکرار کنید و میانگین تعداد ضربان‌های قلب خود را در حالت ایستاده محاسبه کنید. بین دو عددی که به دست آورده‌اید چقدر تفاوت وجود دارد؟ فکر می‌کنید چرا این دو عدد متفاوت‌اند؟

زیاد شدن آن با عوامل مختلف ارتباط دارد که قطر رگ ها و تعداد ضربان های قلب را تغییر می دهند. سرخرگ های کوچک در دیواره خود ماهیچه های صاف حلقوی فراوان دارند و مهم ترین نقش را در تغییر مقدار خون بافت ها به عهده دارند، زیرا ماهیچه های دیواره آنها بر اثر مواد شیمیایی و یا تحریک عصبی به سرعت به انقباض یا انبساط درمی آیند و قطر رگ را کم یا زیاد می کنند. اندام هایی که به طور طبیعی متابولیسم شدید دارند و یا به طور موقت فعال تر می شوند خون بیشتری را به سوی خود می کشند، زیرا تغییرات حاصل از متابولیسم، مانند کاهش اکسیژن و افزایش دی اکسید کربن و گرما مستقیماً بر دیواره رگ ها اثر می کند و باعث گشاد شدن رگ ها می شود.

اما رگ های دیواره کیسه های هوایی شش ها در برابر کمبود اکسیژن تنگ می شوند. این سازگاری از ورود گازهای سمی به خون که ممکن است در هوای کم اکسیژن باشند، جلوگیری می کند. فشار سرخرگی: فشار خون در سرخرگ ها بین دو حد، یعنی حداکثر و حداقل، نوسان می کند و به علت خاصیت ارتجاعی دیواره آنها به صفر نمی رسد. فشار خون در مسیر گردش خون به تدریج پایین می آید. در انسان به علت وضعیت قائم بدن، فشار سرخرگی نسبتاً بالاست و خون رسانی به مغز را در حالت ایستاده تأمین می کند.

**گردش خون در رگ ها:** در هر دو مسیر گردش بزرگ و گردش کوچک، رگ ها شامل سرخرگ های بزرگ، سرخرگ های کوچک، مویرگ ها، سیاهرگ های کوچک و سیاهرگ های بزرگ است. بیشترین مقدار خون در سیاهرگ هاست (شکل ۱۰-۶).

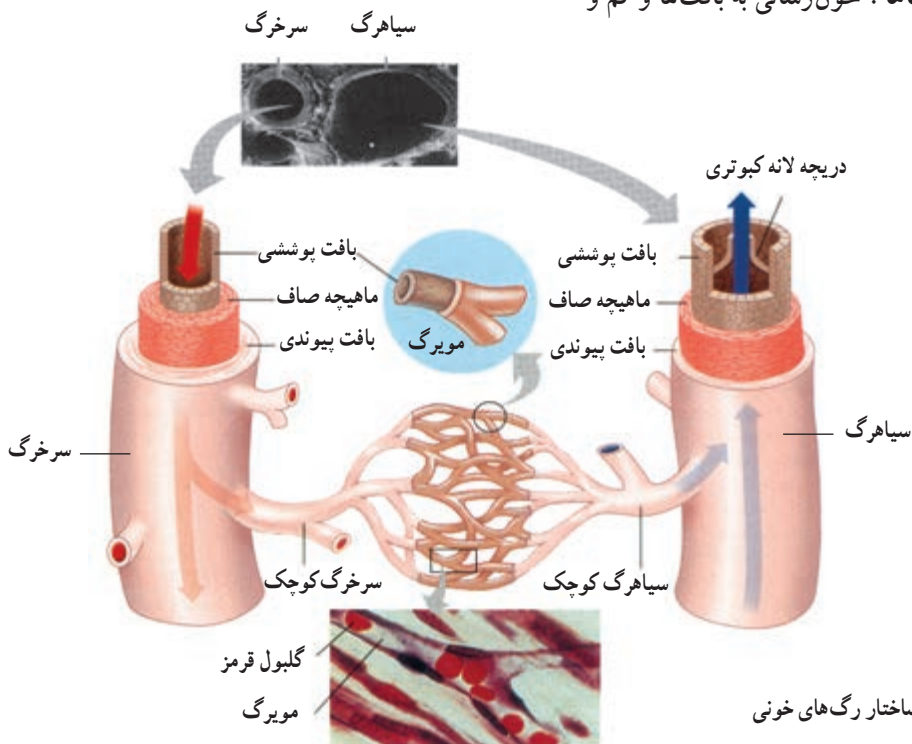
سیاهرگ ها با داشتن قطر زیاد و مقاومت کم دیواره خود، می توانند حجم زیادی خون را در خود جای دهند.

سرخرگ ها با دیواره قابل ارتجاعی خود، بخشی از انرژی سیستول قلب را در دیواره خود ذخیره می کنند و در دیاستول به خون برمی گردانند و به این ترتیب پیوستگی خون در رگ ها را تأمین می کنند.

دیواره مویرگ ها فقط از یک ردیف سلول ساخته شده و باعث تبادلات بین خون و مایع بین سلولی می شود.

تعداد زیاد گلبول های قرمز و پروتئین های پلاسما از یک سو و کمی قطر رگ ها از سوی دیگر، نوعی مقاومت ایجاد می کنند و موجب می شوند که حرکت خون در رگ ها به فشار نسبتاً زیادی نیاز داشته باشد. سرعت سیر خون در وسط رگ ها بیش از کناره های آن است. سرعت متوسط خون در آئورت از رگ های دیگر بیشتر است.

**توزیع خون در بافت ها:** خون رسانی به بافت ها و کم و



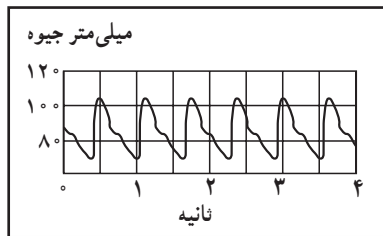
شکل ۱۰-۶- ساختار رگ های خونی



- ۱- منظور از دستگاه گردش خون ساده و مضاعف چیست؟ در هر مورد یک مثال ذکر کنید.
- ۲- خونی که از بخش‌های پایین بدن به طرف قلب می‌رود چه مسیرهایی را طی می‌کند تا به بافت مغز برسد؟
- ۳- نقش بافت هادی را در تولید و هدایت پیام الکتریکی قلب، شرح دهید.
- ۴- در هنگام دیاستول و سیستول چه درجه‌هایی باز و چه درجه‌هایی بسته هستند؟ هریک از صداهای قلب مربوط به بسته شدن چه درجه‌ای است؟
- ۵- بر اساس مثالی که در کتاب برای مدت زمان هریک از مراحل ضربان قلب شرح داده شده است، قلب در هر دقیقه چند ضربان خواهد داشت؟ اگر حجم ضربه‌ای ۶۵ میلی‌لیتر باشد، برون‌ده قلب چقدر خواهد بود؟
- ۶- یک منحنی الکتروکاردیوگرام را رسم کنید. هریک از مراحل آن را مختصراً توضیح دهید.

### فعالیت ۳-۶

- ۱- فشار خون یک شخص را می‌توان با قراردادن دستگاه الکترونیکی حساس به فشار، درون یکی از سرخرگ‌ها به طور دائم اندازه گرفت. نمودار زیر تغییرات فشار خون شخصی را که به ترتیب فوق به دست آمده است، نشان می‌دهد:



شکل ۱۱-۶

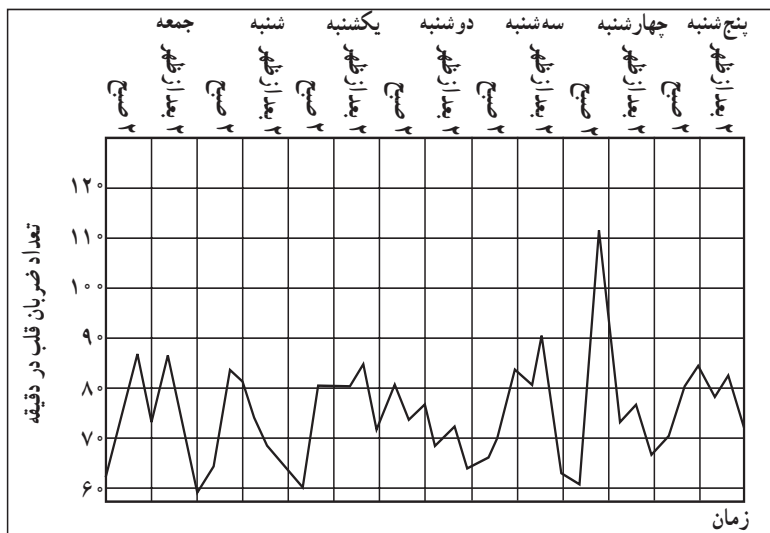
- الف) فکر می‌کنید چرا فشار خون مرتب بالا و پایین می‌رود؟
- ب) چه عواملی ممکن است باعث افزایش تعداد این امواج در واحد زمان بشوند؟

- ۲- برای هر کدام از موارد زیر، حداقل یک دلیل ذکر کنید:
  - الف) دیواره بطن چپ بزرگ‌تر از دیواره بطن راست است.
  - ب) لایه ماهیچه‌ای موجود در دیواره سرخرگ‌ها ضخیم‌تر از لایه ماهیچه‌ای دیواره سیاهرگ‌هاست.
  - ج) دیواره مویرگ‌ها بسیار نازک است.
  - د) در سیاهرگ‌ها درجه‌هایی وجود دارد.
- ۳- آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از نظر خاصیت کشسانی یکسان نیستند.
- ۴- سرعت متوسط خون در سرخرگ‌ها در حدود ۳۵ سانتی‌متر در ثانیه است، اما این سرعت در مویرگ‌ها ۰/۵ میلی‌متر در ثانیه است:

- الف) سرعت حرکت خون در سرخرگ‌ها چند برابر سرعت حرکت خون در مویرگ‌هاست؟
- ب) این تفاوت به چه علت است؟

- ج) چرا لازم است سرعت حرکت خون در مویرگ‌ها، به نسبت آهسته باشد؟
- ۵- نمودار صفحه بعد تعداد ضربان‌های قلب یک بیمار را که هر ۴ ساعت یک‌بار اندازه‌گیری شده است، نشان می‌دهد. الف) آیا می‌توانید تغییراتی تناوبی در تپش‌های قلب این بیمار بیابید؟ اگر پاسخ مثبت است، آن را توصیف کنید.

- (ب) بیشترین و کمترین زنش های قلب چه هنگامی انجام شده اند؟  
 (ج) چند دلیل برای ایجاد این بیشترین و کمترین زنش ها ذکر کنید.

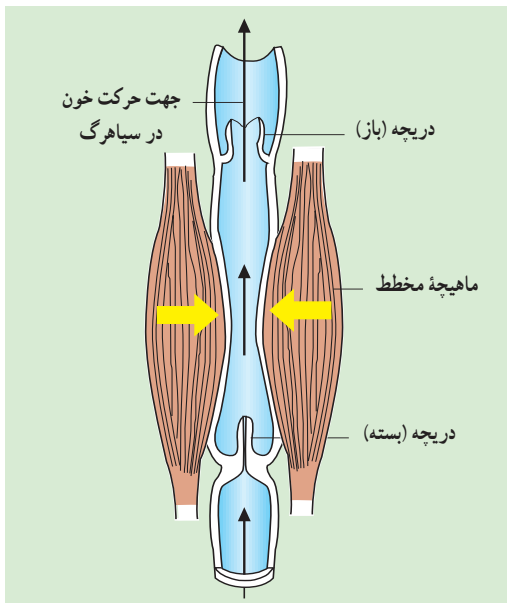


شکل ۱۲-۶

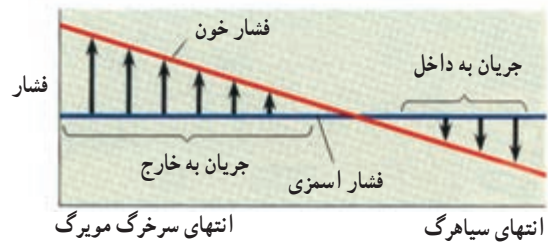
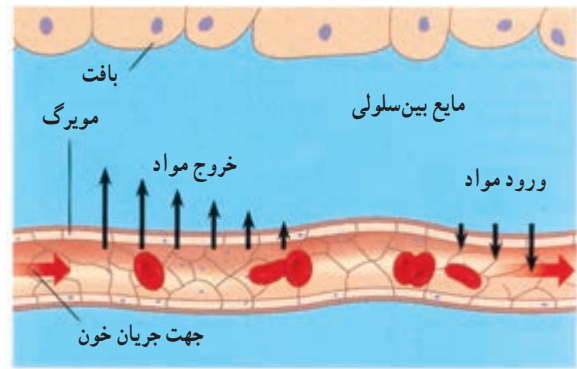
فشار اسمزی است، درحالی که در انتهای مویرگ ها فشار اسمزی بیشتر است (شکل ۱۳-۶). به همین جهت مقدار زیادی از ترکیبات پلاسما در ابتدای مویرگ ها به فضاهای بین سلولی می رود، ولی در حدود ۹۰ درصد حجم این مایع در انتهای مویرگ ها دوباره به درون خون برمی گردد و ۱۰ درصد باقی مانده به وسیله رگ های لنفی به گردش سیاهرگی بازگردانده می شود (شکل ۱۴-۶). کمبود پروتئین در خون، افزایش فشار درون سیاهرگ ها، بسته شدن رگ های لنفی، آسیب دیواره مویرگ ها و افزایش سدیم سبب افزایش غیرطبیعی مایع میان بافتی و ایجاد وضعیتی به نام خیزی ادم می شود. مویرگ های مغز نسبت به سایر مویرگ ها نفوذپذیری کمتری دارند و دیواره آنها از ورود بسیاری از مواد موجود در خون به مغز جلوگیری می کند.

**گردش خون در سیاهرگ ها :** سیاهرگ ها بیشترین مقدار خون را در خود جا داده اند. قطر سیاهرگ ها بیشتر از سرخرگ ها و دیواره آنها کم مقاومت است. باقی مانده فشار سرخرگی باعث ادامه جریان خون در سیاهرگ ها می شود. علاوه بر آن فشار منفی (مکش) قفسه سینه که به سیاهرگ های این ناحیه منتقل

**گردش خون در مویرگ ها :** مویرگ ها تبادل مواد بین خون و مایع میان بافتی را تأمین می کنند. دیواره مویرگ ها از یک ردیف سلول ساخته شده و نفوذپذیری آن زیاد است. در ابتدای هر مویرگ یک ماهیچه صاف حلقوی وجود دارد که به صورت یک دریچه عمل می کند و با انقباض و انبساط خود، دهانه مویرگ را بسته یا باز می کند. به این ترتیب در هر لحظه در اغلب بافت ها، فقط تعدادی از مویرگ ها باز هستند. اغلب مویرگ ها در دیواره خود منافذ زیادی دارند که باعث افزایش نفوذپذیری آنها می شود. از این منافذ علاوه بر آب و گازهای تنفسی مواد غذایی ساده و مولکول های ریز عبور می کنند، ولی گلبول های قرمز و پروتئین های درشت نمی گذرند. در تولید و گردش و بازگشت مایع بین سلولی فشار تراوشی و تفاوت فشار اسمزی شرکت دارند و با یکدیگر مقابله می کنند. فشار تراوش نتیجه فشار خون است که در جهت بیرون راندن مواد از مویرگ اثر می کند. تفاوت فشار اسمزی بین پلاسما و درون مویرگ و مایع بین سلولی در جهت عکس عمل می کند، زیرا فشار اسمزی پروتئین های پلاسما بیش از فشار اسمزی پروتئین های مایع میان بافتی است. در ابتدای مویرگ ها فشار تراوش بیش از



شکل ۱۵-۶ - حرکت خون در سیاهرگ‌ها



شکل ۱۳-۶ - تبادل مواد بین مویگ‌ها و مایع بین سلولی

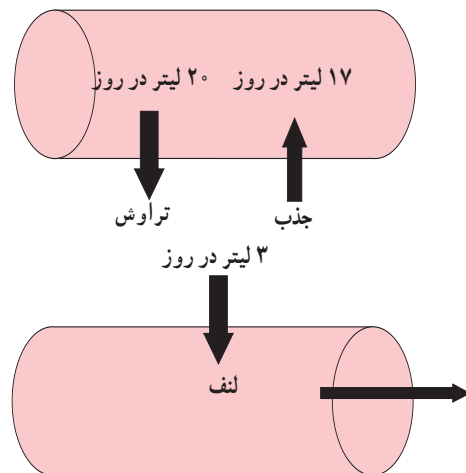
می‌شود و فشاری که بر اثر پایین آمدن برده دیافراگم در هنگام دم بر شکم وارد می‌شود و به خصوص حرکات موزون ماهیچه‌ها که به سیاهرگ‌های مجاور خود اثر می‌گذارند، کمک مؤثری به جریان خون در سیاهرگ‌ها می‌کند. وجود دریچه‌های سیاهرگی یک طرفی در اغلب سیاهرگ‌ها که به سوی قلب باز می‌شوند نیز بازگشت خون به قلب را تسهیل می‌کند و در موقع ایستادن اثر نامساعد نیروی گرانش زمین را بر گردش خون در سیاهرگ‌ها کاهش می‌دهد (شکل ۱۵-۶).

### بیشتر بدانید

#### قلب در فضا

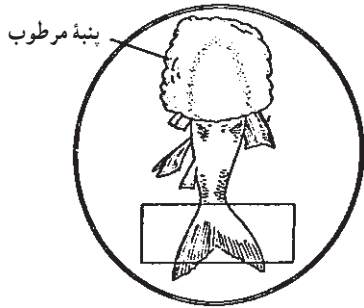
گرایش ناچیز و یا صفر در فضا، بر کار قلب تأثیر می‌گذارد. در حالت معمول، حدود ۳٪ از حجم خون در سیاهرگ‌های پاها وجود دارد. با حذف اثر گرانش، این خون در اندام‌های فوقانی تجمع می‌یابد. افزایش حجم مایعات در این اندام‌ها، سبب ارسال پیامی به مغز می‌شود که نتیجه آن کم شدن حس تشنگی، افزایش دفع مایعات از بدن و سرانجام کاهش حجم خون در فضانوردان است. کاهش حجم خون به کاهش کار قلب و در نتیجه چروکیدگی عضله قلبی می‌انجامد. بنابراین فضانوردان برای ممانعت از این اثرات منفی، باید روزانه تمرین‌هایی را با استفاده از وسایل مخصوصی انجام دهند تا خون بیشتری وارد پاهایشان شود.

همه مویگ‌ها به جز مویگ‌های کلیه



شکل ۱۴-۶ - زایش و گردش مایع بین سلولی

## مشاهده گردش خون ماهی



شکل ۱۶-۶ - طرز استفاده از باله دمی ماهی برای مشاهده جریان خون در رگ ها

بدن یک ماهی کوچک را مطابق شکل ۱۶-۶ در پنبه مرطوب بپیچید به طوری که فقط باله دمی آن بیرون باشد. ماهی را در ظرف پتری که اندکی آب دارد قرار دهید، روی باله دمی یک لام بگذارید تا آن را گسترده نگهدارد. حال آن قسمت از ظرف پتری را که حاوی باله و لام است در زیر میکروسکوپ قرار دهید و ابتدا با بزرگ نمایی کم و سپس با بزرگ نمایی متوسط آن را مشاهده کنید. در صورتی که ماهی به حد کافی کوچک باشد می توانید آن را روی لام مرطوب ببندید و باله دمی آزاد آن را در زیر میکروسکوپ ببینید.

گزارشی از آنچه مشاهده می کنید به معلم خود ارائه دهید.

## پیشتر بدانید

## روش های تشخیص بیماری های قلب و رگ ها

آزمون ورزش: یکی از راه های بررسی عملکرد قلب آزمون ورزش است. در این روش فعالیت راه رفتن و یا دویدن بر روی یک نقاله متحرک، شبیه سازی می شود. فشارخون و نوار قلب فرد را در این حالت اندازه گیری و ثبت می کنند. پزشک متخصص با بررسی و تفسیر نتایج به وجود تنگی در رگ های کرونری قلب پی می برد و با انجام روش های دیگر را توصیه می کند.

ثبت فعالیت های دستگاه گردش خون در یک دوره زمانی: متخصصان با متصل کردن دستگاه های الکترونیکی ویژه ای به بدن فرد، فشارخون و فعالیت الکتریکی قلب او را در مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت تحت نظر قرار می دهند. در این حالت فرد فعالیت های معمول خود را انجام می دهد. پزشکان با بررسی نمودارهای حاصل به چگونگی کار قلب و رگ ها در شرایط مختلف پی می برند.

آنژیوگرافی (رگ نگاری): تصویربرداری از رگ های اندام های مختلف بدن با استفاده از پرتو ایکس، آنژیوگرافی نام دارد. در این روش در قسمتی از سطح بدن که یک سرخرگ زیر آن قرار دارد، شکافی ایجاد و لوله ای را به درون سرخرگ وارد و به سوی رگ مورد نظر هدایت می کنند. سپس از طریق لوله، ماده جذب کننده پرتو ایکس را به درون رگ تزریق و با تاباندن این پرتو از رگ تصویربرداری می کنند. یکی از کاربردهای این روش بررسی وجود تنگی در رگ های کرونری قلب است. پس از آن برای برطرف کردن تنگی، درون رگ بسته شده، یک بادکنک کوچک قرار می دهند و آن را باد می کنند و چند ثانیه در این حالت نگاه می دارند تا رگ باز شود. گاهی هم لازم است با قرار دادن یک لوله مشبک فنری از بسته شدن دوباره رگ جلوگیری کنند.

اسکن قلب: این روش برای تشخیص خون رسانی سرخرگ های کرونری قلب در دو حالت همراه با

آزمون ورزش و استراحت انجام می‌شود. در مرحله نخست فرد مدتی بر روی نقاله متحرک حرکت می‌کند، سپس یک رادیودارو به یکی از سیاهرگ‌های او تزریق می‌شود. پس از آن یک دستگاه آشکارساز پرتوهای حاصل از رادیوداروی موجود در بدن بیمار را به الکتروسیسته تبدیل و آنها را به صورت تصاویر رنگی ثبت می‌کند. در مرحله دوم بدون انجام ورزش به بیمار رادیودارو تزریق و تصویربرداری انجام می‌شود. تصویرهای حاصل از هر دو مرحله را متخصص پزشکی هسته‌ای و گزارش آزمون ورزش را نیز متخصص قلب و عروق تفسیر می‌کند. در این روش بخش‌های آسیب دیده قلب و تنگی موجود در رگ‌های آن مشخص می‌شوند.

خون‌آزمایی

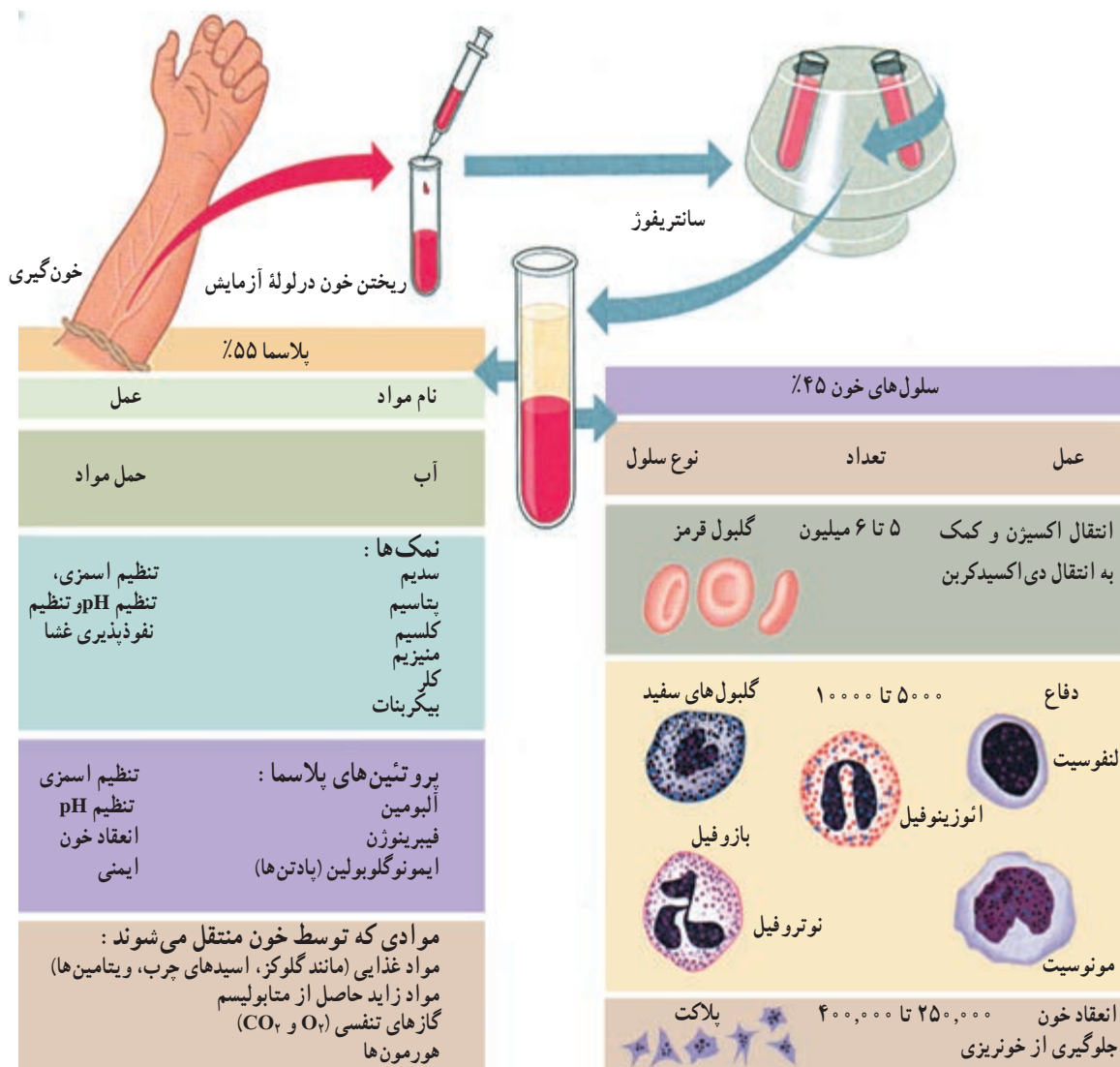
۶-۳

- ۱- توزیع خون در بافت‌ها چگونه کنترل می‌شود و چه عواملی باعث گشادشدن رگ‌های بافت‌ها می‌شوند؟
- ۲- تغییرات فشار خون در سرخرگ‌های گردش بزرگ و گردش ششی، چگونه است؟
- ۳- چه نوع سازگاری‌هایی بین ساختار دیواره سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها و نقش هر یک دیده می‌شود؟

### خون مایعی است که درون رگ‌ها حرکت می‌کند

می‌شود و در مجاورت سلول‌ها جریان می‌یابد. این مایع همولنف نام دارد و نقش خون، مایع میان بافتی و لنف را داراست. در خون گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها (گرده‌ها) در یک محیط مایع به نام پلاسما شناورند. در انسان بالغ خون در حدود ۸ درصد کل وزن بدن را تشکیل می‌دهد. ۵۵ درصد حجم خون را پلاسما و ۴۵ درصد آن را سلول‌های خونی تشکیل می‌دهند. نسبت حجم سلول‌ها به حجم خون هماتوکریت نام دارد که به درصد بیان می‌شود (شکل ۱۷-۶).

خون ارتباط شیمیایی بین سلول‌های بدن را امکان‌پذیر می‌سازد. حرکت خون در بدن علاوه بر انتقال مواد غذایی، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، هورمون‌ها و مواد دیگر، به تنظیم دمای بدن و یکسان کردن دما در نواحی مختلف بدن کمک می‌کند. خون با عمل گلبول‌های سفید در ایمنی بدن و دفاع در برابر عوامل خارجی نقش اساسی دارد. در جانورانی که گردش خون بسته دارند، خون فقط با آن دسته از سلول‌هایی که در دیواره داخلی قلب و رگ‌ها قرار دارند، تماس مستقیم دارد. در این جانوران بخشی از پلاسمای خون از دیواره مویرگ‌ها به فضاهای بین سلول‌ها نفوذ می‌کند و مایع میان بافتی را می‌سازد. این مایع پس از تغذیه سلول‌ها به وسیله رگ‌های لنفی جمع‌آوری و به سیاهرگ‌ها بازگردانده می‌شود. در جانورانی که گردش خون باز دارند در بین سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها شبکه مویرگی کامل وجود ندارد و خون مستقیماً به فضای بین سلول‌های بدن وارد



شکل ۱۷-۶- اجزای خون

می‌روند. در ارتفاعات که فشار اکسیژن هوا کمتر است بر تعداد گلبول‌های قرمز خون افزوده می‌شود. گلبول‌های قرمز به وسیله هموگلوبین خود اکسیژن خون را حمل و پخش می‌کنند و نقش مختصری نیز در جابه‌جایی دی‌اکسیدکربن دارند. گلبول‌های قرمز علاوه بر آن با دارا بودن مقدار زیادی آنزیم آنیدراز کربنیک (فصل ۵) در غشای خود به ترکیب آب و دی‌اکسیدکربن کمک می‌کنند و با این عمل خود در جابه‌جایی و دفع دی‌اکسیدکربن نیز نقش بسیار مهم دارند.

**گلبول‌های قرمز (اریتروسیت‌ها):** این سلول‌ها که در انسان و بسیاری دیگر از جانوران بدون هسته هستند، تقریباً همه اجزای سلولی خود را از دست داده‌اند و از ماده‌ای به نام هموگلوبین پر شده‌اند. در دو طرف مقعر هستند (شکل ۱۸-۶). شکل خاص گلبول‌های قرمز موجب می‌شود تا این سلول‌ها بتوانند تغییر شکل دهند و از مویرگ‌های باریکی که در برخی نواحی بدن از اندازه گلبول‌ها نیز کوچک‌تر هستند، عبور کنند. البته برخی از گلبول‌های پیر در عبور از این رگ‌ها، آسیب می‌بینند و از بین

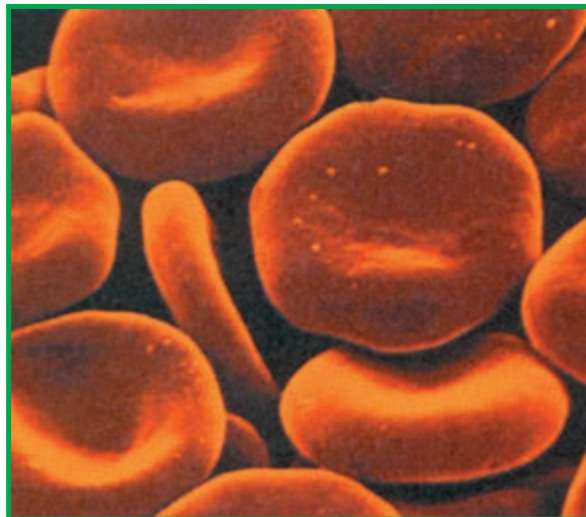
هموگلوبین پروتئین آهن داری است. در بدن فرد بالغ و سالم در حدود ۴ گرم آهن وجود دارد که بخش اصلی آن در هموگلوبین گلبول های قرمز و نیز در میوگلوبین ماهیچه هاست.

کمبود آهن بدن باعث کوچک شدن گلبول های قرمز و کاهش هموگلوبین آنها می شود. هر مولکول هموگلوبین دارای یک بخش پروتئینی به نام گلوبین و یک بخش آهن دار به نام هم است.

مرگ گلبول های قرمز: عمر گلبول های قرمز پس از ورود به خون در حدود ۱۲۰ روز است. با افزایش سن آنها، از مقدار آنزیم های آنها کم و غشا شکننده می گردد. این گلبول ها در موقع عبور از مویرگ های باریک کبد و طحال آسیب می بینند و از بین می روند. هموگلوبین آزاد شده، به وسیله ماکروفاژها تجزیه می شود و آهن آن بار دیگر به مغز استخوان انتقال می یابد و برای ساخته شدن گلبول های جدید به کار می رود. گلوبین نیز وارد چرخه های متابولیک پروتئین ها می شود. بیلی روبین که ماده اصلی رنگی صفراست، به وسیله ماکروفاژها از تجزیه هموگلوبین به وجود می آید.

کاهش تعداد گلبول های قرمز و نیز کاهش مقدار هموگلوبین گلبول ها را آنمی، و به افزایش آنها پلی سیتمی می گویند. از دست دادن خون و کمبود آهن از علل مهم آنمی و کم رسیدن اکسیژن به بافت ها و یا پرکاری غیرطبیعی مغز استخوان علت اصلی پلی سیتمی است.

زایش گلبول های قرمز: در دوره جنینی گلبول های قرمز ابتدا در کیسه زرده و سپس در کبد، طحال، گره های لنفی و مغز استخوان ساخته می شوند. مغز استخوان های دراز و پهن همچنان به تولید گویچه های قرمز ادامه می دهند و از حدود ۵ سالگی به بعد گلبول سازی فقط در مغز استخوان های پهن و بخش کوچکی از استخوان های دراز که به تنه متصل هستند، ادامه می یابد. عامل تنظیم کننده تولید گلبول های قرمز ماده ای به نام اریتروپویتین است که بر اثر کاهش اکسیژن رسانی به بافت ها از کلیه ها و کبد ترشح می شود و بر سلول های زاینده مغز استخوان اثر می کند و تولید گلبول های قرمز را افزایش می دهد. برای تولید گلبول های قرمز وجود ویتامین B<sub>۱۲</sub> و اسید فولیک ضرورت دارد. همان طور که می دانید، با توجه به این که سلول های دیواره معده با ترشح گلیکوپروتئینی (پروتئین + کربوهیدرات) به نام فاکتور داخلی معده از تخریب ویتامین B<sub>۱۲</sub> به وسیله آنزیم های معده جلوگیری می کند، آسیب مخاط معده باعث کم خونی وخیم می شود.



شکل ۱۸-۶- گلبول های قرمز

## ✓ فعالیت ۵-۶

- ۱- در هر میلی متر مکعب خون، به طور متوسط پنج میلیون گلبول قرمز وجود دارد. سطح هر گلبول قرمز ۱۲۰ میکرومتر مربع و حجم خون انسان به طور متوسط ۵ لیتر است:  
الف) در خون انسان حدوداً چند گلبول قرمز وجود دارد؟  
ب) مجموع سطوح گلبول های قرمز خون یک انسان چند مترمربع است؟

ج) وجود این سطح از گلبول قرمز، چه مزیتی دارد؟

۲- چرا از دست دادن بیش از دو لیتر خون خطرناک است؟

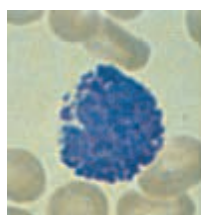
۳- پژوهشگری تعداد متوسط گلبول‌های قرمز افرادی را که در ارتفاع ۵۸۶۰ متری از سطح دریا زندگی می‌کنند و نیز تعداد متوسط گلبول‌های قرمز خون افرادی را که در کنار دریا زندگی می‌کنند، اندازه گرفته است: فکر می‌کنید دلیل این تفاوت چیست؟

در سطح دریا	۵ میلیون در هر میلی‌متر مکعب
در ارتفاع ۵۸۶۰ متری سطح دریا	۷/۴ میلیون در هر میلی‌متر مکعب

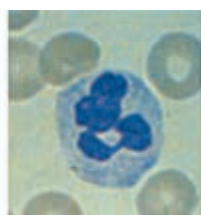
ولی قدرت آندوسیتوز (فصل ۲) آنها کمتر است. ائوزینوفیل‌ها در عفونت‌های انگلی افزایش می‌یابند و با ترشح موادی می‌توانند بسیاری از انگل‌ها را نابود سازند. بازوفیل‌ها در ترشح هیپارین که یک ماده ضد انعقاد خون است و هیستامین که گشاد کننده رگ‌هاست دخالت دارند.

مونوسیت‌ها به همراه نوتروفیل‌ها با حمله به باکتری‌ها، ویروس‌ها و سایر ذرات خارجی که به بدن وارد شده‌اند، آنها را از بین می‌برند. مونوسیت‌ها پس از خروج از خون و ورود به بافت‌های بدن به صورت سلول‌های درشتی به قطر ۸۰ میکرون به نام ماکروفاژ درمی‌آیند و با داشتن لیزوزوم‌های فراوان در مبارزه با عوامل بیماری‌زا نقش مهمی دارند. مونوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها دارای حرکات آمیبی شکل هستند و به کمک پدیده‌ای به نام دیپادز از خون خارج و وارد بافت می‌شوند. در این پدیده، شکل گلبول‌های سفید تغییر می‌کند به طوری که آنها می‌توانند از منافذ مویرگ‌های خونی عبور کنند.

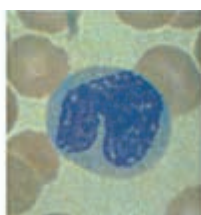
**گلبول‌های سفید:** این سلول‌ها در مغز قرمز استخوان ساخته می‌شوند و به تعداد تقریبی  $7 \times 10^9$  در هر میلی‌متر مکعب خون سیستم دفاعی بدن را می‌سازند. گلبول‌های سفید به دو نوع اصلی گرانولوسیت و آگرانولوسیت تقسیم می‌شوند. گرانولوسیت‌ها خود شامل سه گروه: نوتروفیل، ائوزینوفیل و بازوفیل هستند. آگرانولوسیت‌ها به دو گروه لنفوسیت و مونوسیت تقسیم می‌شوند. طول عمر گلبول‌های سفید به جز مونوسیت‌هایی که در بافت‌ها به ماکروفاژ تبدیل می‌شوند و می‌توانند تا بیش از یک سال زنده بمانند، از چند ساعت تا چند هفته بیشتر نیست. مهم‌ترین اعمال گلبول‌های سفید به شرح زیر است: نوتروفیل‌ها سلول‌هایی هستند که تحرک زیاد دارند. این سلول‌ها به سوی ذرات خارجی یا بافت‌های در حال تخریب کشیده می‌شوند و با پدیده فاگوسیتوز موجب از بین رفتن آنها می‌شوند. ائوزینوفیل‌ها از نظر ظاهری به نوتروفیل‌ها شباهت دارند



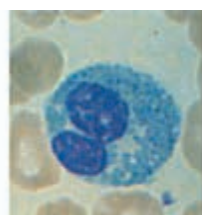
بازوفیل



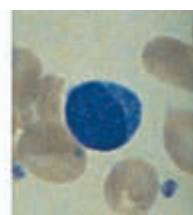
نوتروفیل



مونوسیت



ائوزینوفیل



لنفوسیت

شکل ۱۹-۶- انواع گلبول‌های سفید خون

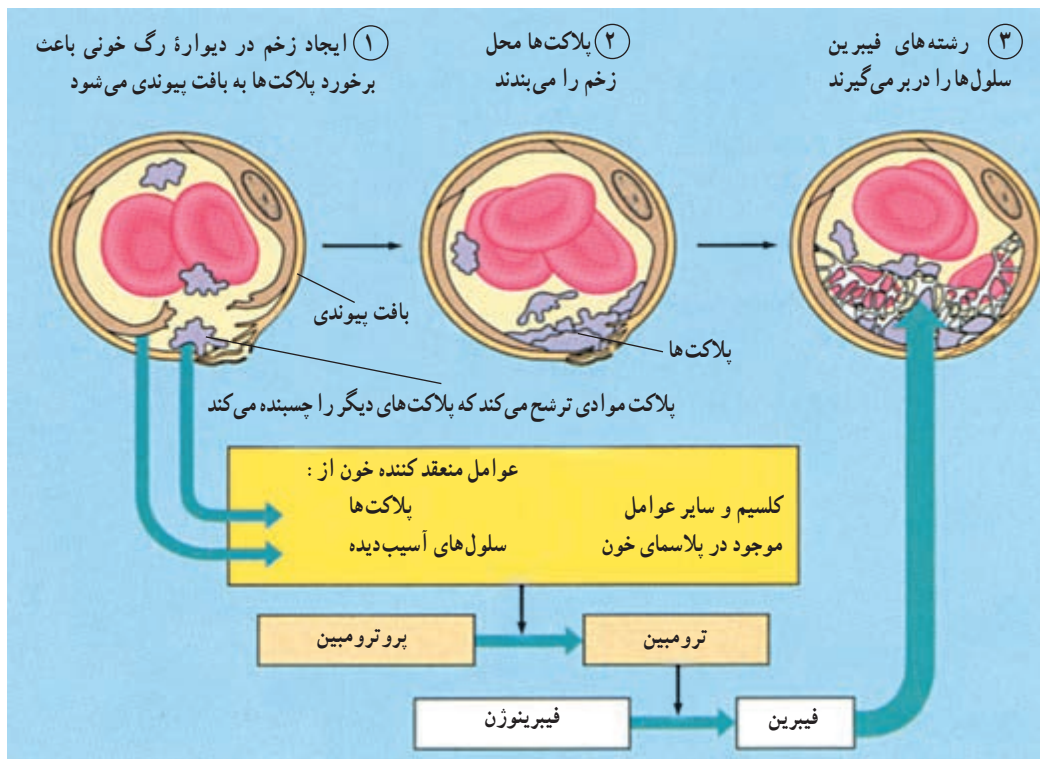


**انعقاد خون:** اگر یک رگ خونی پاره شود، برای جلوگیری از خون ریزی تغییراتی در محل زخم رخ می دهد که اگر پارگی رگ زیاد نباشد، به بسته شدن آن منجر می شود. پلاکت ها در این واکنش ها نقش اساسی دارند.

انقباض ماهیچه های صاف دیواره رگ در محل بریدگی و آماس و به هم چسبیدن پلاکت ها و بالاخره لخته شدن خون مانع خون ریزی می شود. در روند انعقاد، فیبرینوژن محلول در پلاسما، تحت تأثیر ماده ای به نام **ترومبین** به رشته های فیبرین تبدیل می شود و فیبرین گلبول های خون را با خود جمع می کند و لخته را می سازد. ترومبین از شکسته شدن یکی از پروتئین های پلاسما به نام **پرو ترومبین** به وجود می آید. این عمل تحت تأثیر ماده ای به نام **ترومبوپلاستین** صورت می گیرد که از بافت های آسیب دیده جدار رگ ها، یا از پلاکت ها آزاد می شود. وجود ویتامین K و کلسیم برای انجام روند انعقاد خون لازم است.

**گروه های خونی:** در سال گذشته با چهار گروه خونی اصلی به نام های A و B و AB و O آشنا شدید و دیدید که نوع گروه خونی بستگی به نوع آنتی ژن موجود در غشای گلبول قرمز دارد. علاوه بر آنتی ژن A و B گلبول های قرمز اکثر افراد دارای آنتی ژن دیگری به نام Rh نیز هستند.

**آنتی ژن رزوس (Rh):** به افرادی که آنتی ژن Rh دارند، Rh<sup>+</sup> و به کسانی که فاقد آن هستند Rh<sup>-</sup> می گویند. اگر خون Rh<sup>+</sup> را به فرد Rh<sup>-</sup> تزریق کنند، پادتن ضد Rh در خون او ساخته می شود به طوری که اگر چنین تزریقی تکرار شود، واکنش شدیدی در بدن میزبان پدید می آید. در بارداری هایی که Rh مادر منفی و Rh خون جنین مثبت باشد، به علت ورود مقداری آنتی ژن های Rh از خون جنین به خون مادر، پادتن های ضد Rh در بدن مادر به وجود آمده از جفت عبور می کنند و موجب آگلوتینه شدن خون جنین می شوند و به دنبال آن کم خونی و انسداد رگ ها را ایجاد می کنند که ممکن است بسیار خطرناک باشد.



شکل ۲۰-۶- مراحل انعقاد خون

**دستگاه لنفی به گردش خون و نیز به ایمنی بدن کمک می‌کند**  
گاهی ممکن است پزشک زیر چانه و گردن ما را برای پیدا کردن «غده‌ها» لمس کرده باشد. متورم بودن این گره‌ها، علامت بیماری است. کار این گره‌ها چیست؟ برای یافتن پاسخ این پرسش، لازم است دستگاه گردش خون را بار دیگر مرور کنیم.

هنگامی که خون درون مویرگ‌ها حرکت می‌کند، مایعی از میان دیواره مویرگ‌ها به خارج آنها نشت می‌کند. این مایع که از پلاسما منشأ می‌گیرد، در بافت‌هایی که در مجاورت آن مویرگ قرار دارند، به گردش درمی‌آید و در این حالت مایع میان بافتی نامیده می‌شود. پروتئین‌ها و گلبول‌های خون از مویرگ خارج نمی‌شوند. بخشی از مایع میان بافتی پس از تبادل مواد با سلول‌ها بار دیگر به مویرگ‌ها باز می‌گردد؛ اما بخشی از آن به رگ‌های باریکی که مویرگ لنفی نامیده می‌شوند، وارد می‌شود. مایع مذکور هنگامی که درون دستگاه لنفی در جریان است، لنف نامیده می‌شود. لنف مایعی بی‌رنگ است.

رگ‌های لنفی در همه جای بدن حضور دارند و شبکه‌ای به نام دستگاه لنفی تشکیل می‌دهند. لنف سرانجام به یکی از سیاهرگ‌های بدن می‌ریزد و به این طریق دوباره به خون باز می‌گردد. دریچه‌هایی که در رگ‌های لنفی قرار دارند، از بازگشت مایع درون آنها جلوگیری می‌کنند.

در مسیر رگ‌های لنفی برآمدگی‌هایی به نام گره لنفی وجود دارد. این گره‌ها اسفنجی هستند. لنف در میان حفره‌ها و مجاری اسفنج مانند این گره‌ها حرکت می‌کند و میکروب‌ها و ذرات درشت خود را در آنجا بر جای می‌گذارد. ماکروفاژها در این گره‌ها حضور

دارند و با میکروب‌ها مبارزه می‌کنند.

فرض کنید اگر جایی در دهان شما دچار عفونت شده است، میکروب‌هایی که از طریق این عفونت به بدن شما راه پیدا کرده‌اند، در گره‌های لنفی گردن و زیر چانه به دام می‌افتند و مبارزه‌ای که در آنجا بین بدن و این باکتری‌ها درمی‌گیرد، باعث تورم این گره‌ها می‌شود. پزشک با لمس این گره‌ها از وضعیت آنها آگاه می‌شود و به بیمار بودن یا نبودن مایه پی می‌برد. شایان ذکر است که این گره‌ها «غده» نیستند، چون ماده‌ای از خود به بیرون ترشح نمی‌کنند؛ اما در زبان عامیانه به آنها «غده» گفته می‌شود.

در اطراف گردن، زیر بغل و کشاله‌ران تعداد زیادی گره لنفی وجود دارد. لوزه‌ها نیز ساختار لنفی دارند.



شکل ۲۱-۶ بخشی از دستگاه لنفی در سر و گردن

## ✓ فعالیت ۶-۶

۱- شخصی دندان درد گرفته است، اما پس از مدتی گره لنفی زیر گلوئی او متورم و دردناک شده است. علت آن چیست؟

۲- چرا وجود گره‌های لنفی فراوان در گلو و گردن لازم است؟

۱- نقش پروتئین‌های خون، گلبول‌های قرمز و هریک از گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها را در جریان خون مختصراً توضیح دهید.

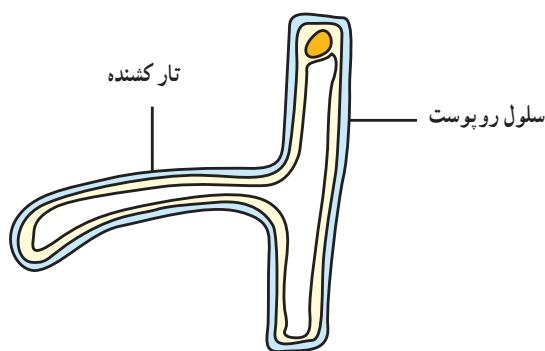
۲- هریک از موارد زیر در تولید گلبول قرمز چه نقشی را به عهده دارند؟

مغز قرمز استخوان، اریتروپویتین، فاکتور داخلی، آهن

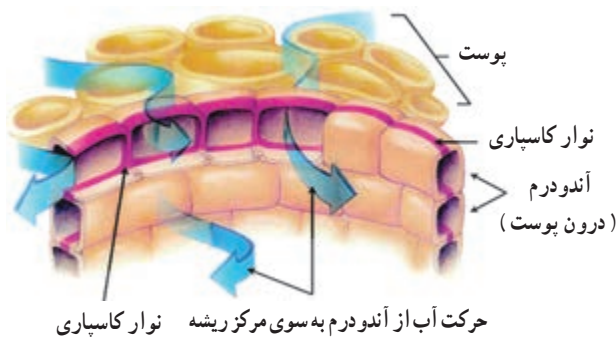
۳- با رسم شکل، مراحل انعقاد خون را تشریح کنید.

۴- مایع میان بافتی و لنف چگونه به وجود می‌آیند؟ تفاوت آنها با پلاسما در چیست؟

## انتقال مواد در گیاهان



شکل ۲۲-۶- یک سلول تار کشنده



شکل ۲۳-۶- ساختار سلول‌های درون پوست

نقش اصلی ریشه‌ها جذب آب و مواد معدنی است. ریشه‌ها گیاه را در خاک ثابت نگه می‌دارند، اما نقش مهم‌تر آنها جذب آب و یون‌های معدنی محلول از خاک است. در نزدیکی رأس ریشه، تارهای کشنده از لایه خارجی، یعنی روپوست (فصل ۳) ایجاد می‌شوند. تارهای کشنده فقط در منطقه کوچکی از ریشه، قابل مشاهده هستند. این تارها در اصل سلول‌های روپوستی طولی شده‌ای هستند (شکل ۲۲-۶) که سطح وسیعی را برای جذب آب فراهم می‌کنند.

درون پوست (اندودرم) درونی‌ترین لایه پوست را تشکیل می‌دهد. سلول‌های درون پوست دارای یک لایه مومی، به نام سوبرین (چوب پنبه) در اطراف خود هستند. این لایه چوب پنبه‌ای (که به آن اندودرمین نیز می‌گویند) نوار کاسپاری را تشکیل می‌دهد. سوبرین نسبت به آب نفوذناپذیر است. در نتیجه دیواره سلول‌های درون پوست در محلهایی که سوبرین وجود دارد، نسبت به آب نفوذناپذیر است. این امر در حرکت آب و یون‌های معدنی در عرض ریشه بسیار مهم است. در شکل ۲۳-۶ به ساختار سلول‌های درون پوست توجه کنید.

## اسمز

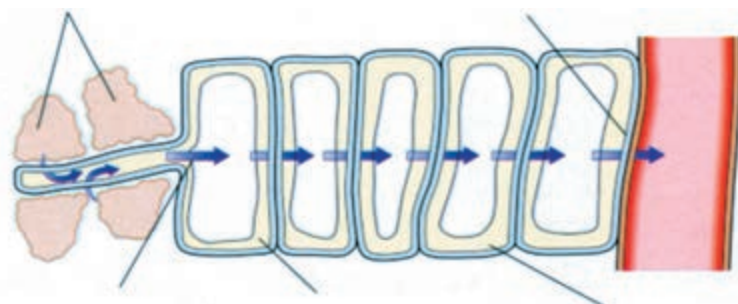
ذرات خاک موجود در اطراف ریشه‌ها را لایه‌ای نازک از آب می‌پوشاند. در این لایه نازک آب، یون‌های معدنی حل شده است. قسمت اعظم آبی که گیاه جذب می‌کند، از منطقه تارهای کشنده است. همان طوری که در شکل ۲۴-۶ مشخص است، فشار اسمزی آب را از این لایه نازک به درون سلول‌های تارهای کشنده وارد می‌کند.

## جذب آب

گیاهان برای فتوسنتز و نیز به منظور حفظ شادابی (آماس) سلولی به آب نیاز دارند. به منظور ترابری نمک‌های معدنی و مواد محلول آلی نیز آب مورد نیاز است. ریشه‌ها آب مورد نیاز بقیه بخش‌های گیاه را جذب می‌کنند.

ذرات خاک را لایه نازکی از آب احاطه می‌کند.

آب به داخل آوند چوبی حرکت می‌کند و به بالا برده می‌شود.



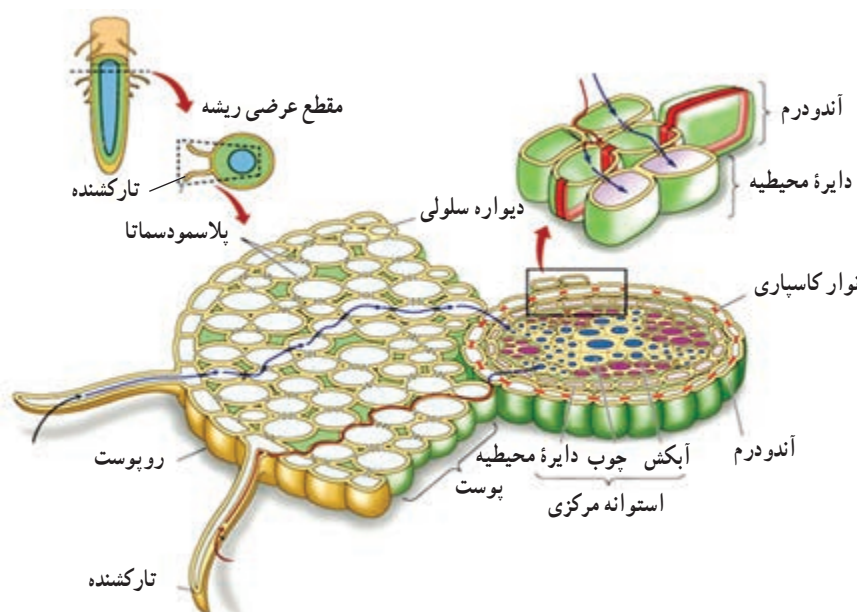
آب به روش اسمز از خاک وارد سلول تارکشنده ریشه می‌شود.

به محض ورود آب به سلول تارکشنده، پتانسیل آب سلول افزایش می‌یابد. بنابراین آب وارد سلول بعدی می‌شود.

و به همین ترتیب آب در عرض ریشه از یک سلول به سلول دیگر حرکت می‌کند.

شکل ۲۴-۶ آب همواره از محلی که پتانسیل آب در آنجا بیشتر است به محلی که پتانسیل آب کمتر دارد، حرکت می‌کند.

به محض ورود آب به سلول تارکشنده، پتانسیل آب سلول تارکشنده افزایش می‌یابد. حال پتانسیل آب این سلول بالاتر از پتانسیل آب سلول درونی تر مجاور آن است. بنابراین آب از سلول تارکشنده به سلول مجاور آن منتقل می‌شود. فرآیند انتقال آب از یک سلول به سلول مجاور درونی تر در عرض ریشه تکرار می‌شود تا آب وارد آوند چوبی شود.



شکل ۲۵-۶ دو مسیر برای حرکت آب در عرض ریشه گیاه

تارکشنده ریشه دارای پتانسیل آب بالاتری است. در نتیجه فشار اسمزی آب را وارد سلول تارکشنده می‌کند. آب برای ورود به سلول، از دیواره سلولی و غشا عبور می‌کند. پلاسمودسم‌ها که از منافذ موجود در دیواره‌های سلولی عبور می‌کنند، سیتوپلاسم سلول‌های گیاهی مجاور را به یکدیگر مرتبط می‌کند. آب و مواد

آب در عرض ریشه از چند مسیر عبور می‌کند (شکل ۲۵-۶). دو راه عبور آب در عرض ریشه را نشان می‌دهد: مسیر پروتوپلاستی و مسیر غیر پروتوپلاستی.

### مسیر پروتوپلاستی

لایه آب موجود در اطراف ذرات خاک، نسبت به سلول‌های

درون آوند چوبی فراهم می‌کنند.

### حرکت آب در داخل گیاه

حرکت آب در آوند چوبی وابسته به تعرق است. تعرق، یعنی خروج آب به صورت بخار از سطح گیاه که بیشتر توسط برگ‌ها انجام می‌شود. قسمت اعظم تعرق از طریق روزنه‌ها انجام می‌شود. روزنه‌ها به منظور مبادلهٔ گازها باز می‌شوند. به علاوه، آب از راه پوستک (کوتیکول) و عدسک‌ها نیز از گیاه خارج می‌شود (شکل ۲۶-۶).



شکل ۲۶-۶ عدسک در تنهٔ درخت. سلول‌ها در محل عدسک از هم فاصله دارند و امکان تبادل گازها را فراهم می‌کند.

در برخی از گیاهان برگ‌ها در فاصله‌ای بیش از ۱۰۰ متری بالای سطح زمین قرار دارند. در چنین گیاهانی آب و مواد معدنی چگونه به برگ‌ها می‌رسد؟

### کشیده شدن آب از بالا

در شکل ۲۷-۶ حفره‌های هوایی درون برگ یک گیاه نمایش داده شده است. این فضاها همواره با بخار آب دیواره‌های سلولی میان برگ اسفنجی اشباع هستند. به محض تبخیر مقداری از آب هر سلول، این سلول به روش اسمز مقداری آب از سلول مجاور جذب می‌کند. بدین ترتیب هر سلول از سلول قبلی خود آب جذب می‌کند و سرانجام آخرین سلول آبی را که از دست داده است، از آوند چوبی می‌گیرد. هنگامی که آب در برگ با نیروی اسمزی از آوند

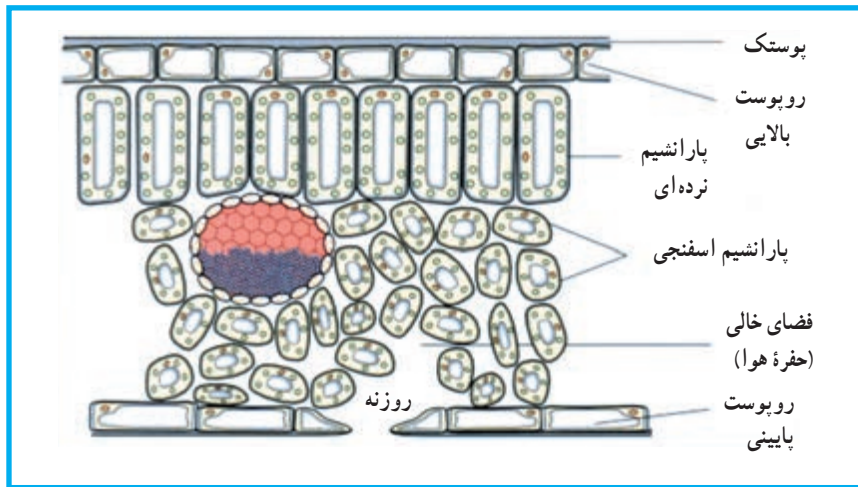
محلول در آن که از خاک وارد سیتوپلاسم سلول‌های تار کشنده شده است، از طریق پلاسمودسم‌ها از سیتوپلاسم یک سلول به سیتوپلاسم سلول مجاور وارد می‌شود. به این مسیر، مسیر پروتوپلاستی می‌گویند.

به دلیل اختلاف پتانسیل آب در سلول‌های عرض ریشه، آب جذب بخش‌های درونی‌تر می‌شود. در توضیح این مسئله می‌توان گفت که آب در آوند چوبی به صورت پیوسته به سمت بالا حرکت می‌کند و آب سلول‌های مجاور آوند جانشین آبی می‌شود که به بالاتر صعود کرده است. هنگامی که آب از این سلول‌ها به آوند چوبی می‌رود، پتانسیل آب این سلول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه اختلاف فشار اسمزی، آب سلول‌های مجاور را به این سلول‌ها می‌راند. وقایعی که ذکر شد، در عرض ریشه به صورت پیوسته انجام می‌شود و در نتیجه یک حرکت پیوستهٔ آب، از لایهٔ نازک آب اطراف ذرات خاک، به درون ریشه و در عرض پوست ریشه به داخل آوند چوبی، صورت می‌گیرد.

### مسیر غیر پروتوپلاستی

دیوارهٔ سلولی از رشته‌های سلولزی به همراه پلی ساکاریدهای بستری تشکیل شده است. بنابراین در دیواره برای حرکت مولکول‌های آب، فضای کافی وجود دارد. برخی از مولکول‌های آب که وارد ریشه می‌شوند، در عرض ریشه از طریق دیواره‌های سلولی و فضاها برون سلولی بین سلول‌ها حرکت می‌کنند. مولکول‌های آب به یکدیگر چسبیده‌اند (نیروی هم‌چسبی) و بنابراین آب در عرض ریشه به سمت آوند چوبی حرکت می‌کند. یون‌های معدنی محلول در آب نیز می‌توانند از راه مسیر غیر پروتوپلاستی حرکت کنند.

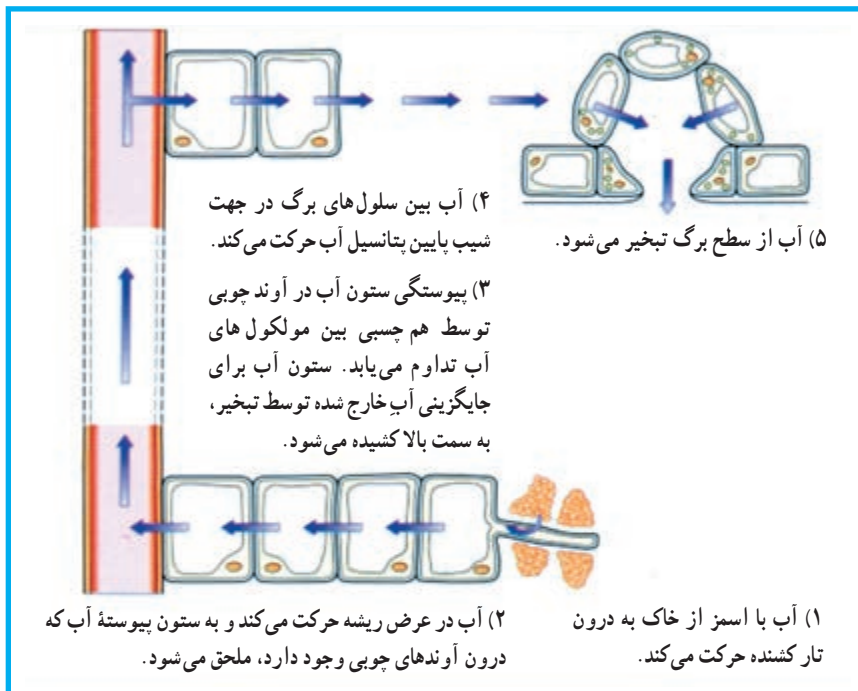
مسیر غیر پروتوپلاستی می‌تواند آب را در عرض پوست تا محل درون پوست حرکت دهد. در محل درون پوست، چوب پنبه موجود در نوار کاسپاری، از حرکت آب و یون‌های معدنی در مسیر غیر پروتوپلاستی جلوگیری می‌کند. از این رو آب و یون‌ها مجبور به ورود به درون سیتوپلاسم می‌شوند. به نظر می‌رسد که نوار کاسپاری راهی برای کنترل ورود آب و یون‌های معدنی به



شکل ۲۷-۶ - ساختار برگ

احتمال ایجاد گسستگی (حفره دار شدگی یا حباب دار شدگی) کاهش می‌یابد. هنگامی که تعرق به خروج آب از آوند چوبی برگ منجر می‌شود، کل ستون آبی که در آوند چوبی وجود دارد، به سمت بالا کشیده می‌شود. حرکت آب در داخل گیاه را نظریه هم چسبی - کشش تفسیر می‌کند (شکل ۲۸-۶).

چوبی خارج می‌شود، یک کشش (یا مکش) در ستون آب موجود در آوند چوبی ایجاد می‌شود. به این پدیده کشش تعرقی نیز می‌گویند. مولکول‌های آب دارای هم چسبی هستند، یعنی توسط پیوندهایی به یکدیگر متصل و چسبیده هستند. نیروی هم چسبی توان ستون آب درون آوند چوبی را بسیار زیاد می‌کند و در نتیجه



شکل ۲۸-۶ - چگونگی حرکت آب در داخل گیاه مطابق نظریه هم چسبی - کشش

همان طوری که می‌دانیم در زیر درون پوست لایه‌ای به نام دایره محیطه (پریسیکل) قرار دارد. یون‌های محلول در آب به صورت فعال و با صرف انرژی از سلول‌های دایره محیطه به درون آوند چوبی ترابری می‌شوند. ورود فعال یون‌ها به آوند چوبی باعث کاهش پتانسیل آب آوند چوبی می‌شود و این امر به ورود آب به درون آوند چوبی کمک می‌کند. نکته مهم این است که حرکت این یون‌های معدنی به درون آوند چوبی باعث ایجاد فشار ریشه‌ای می‌شود.



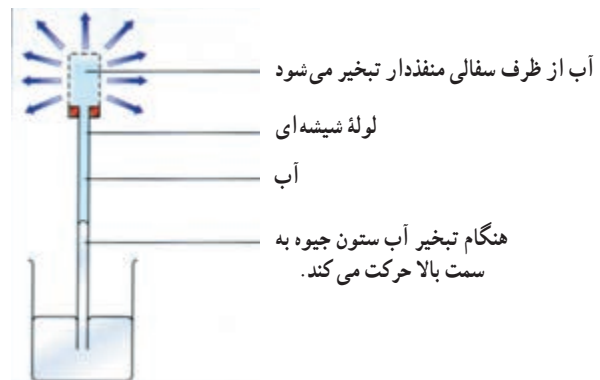
شکل ۳۱-۶- تعریق در برگ یک گیاه که نشان دهنده وجود فشار ریشه‌ای است.

### تعریق از نشانه‌های بارز فشار ریشه‌ای است

خروج آب از گیاه به صورت مایع تعریق نامیده می‌شود. این پدیده موقعی انجام می‌گیرد که فشار آب در داخل گیاه زیاد، اما شدت تعرق کمتر از شدت جذب باشد. این حالت در شب‌های تابستان که خاک هنوز گرم است و عمل جذب ادامه دارد، اما به علت سرد شدن هوا تعرق کاهش یافته است، مشاهده می‌شود. به علاوه در مواقعی که هوا گرم و اتمسفر اشباع از بخار آب است (در مناطق گرمسیری)، یعنی در شرایطی که سرعت جذب آب بالا، ولی تعرق پایین است، پدیده تعریق به علت افزایش فشار ریشه‌ای در گیاهان قابل مشاهده است.

تعریق از راه روزنه‌های ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی که در منتهی‌الیه آوندهای چوبی قرار دارند انجام می‌شود. دهانه این روزنه‌ها همواره باز است. روزنه‌های آبی در حاشیه برگ‌های لادن، عشقه، گوجه‌فرنگی و یا در انتهای برگ‌های گیاهان تیره

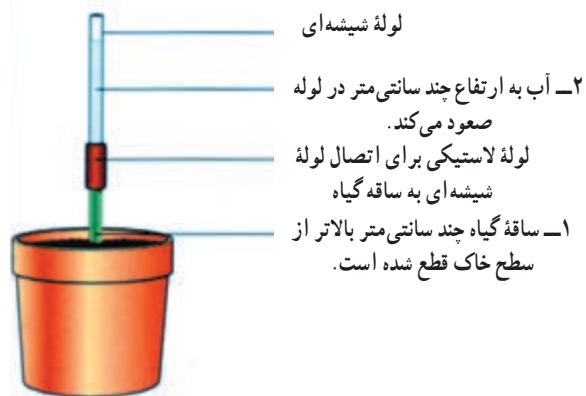
عامل دیگری که به کشیده شدن آب در آوند چوبی به سمت بالا کمک می‌کند و از گسستگی ستون آب جلوگیری می‌کند، چسبندگی مولکول‌های آب به دیواره‌های آوندهای چوبی است. این نیرو دگر چسبی نامیده می‌شود. می‌توان برای به نمایش در آوردن نظریه هم چسبی - کشش آزمایشی انجام داد (شکل ۲۹-۶).



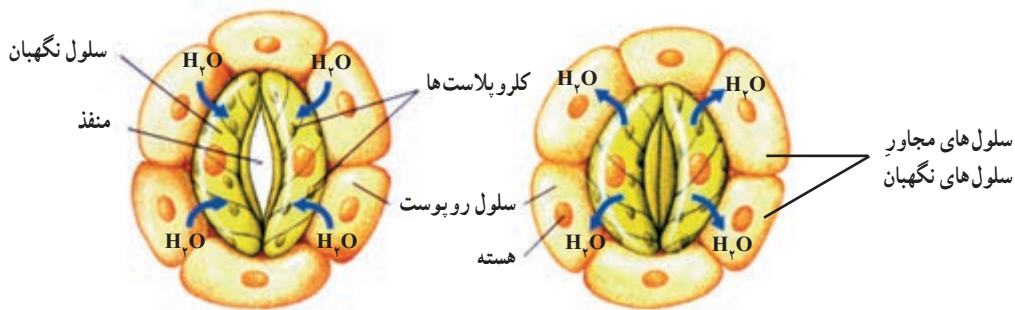
شکل ۲۹-۶- آزمایشی برای نشان دادن نیروهای بالابرنده شیره خام (هم چسبی، دگر چسبی و کشش)

### رانده شدن آب از پایین

اگر ساقه گیاهی را که در گلدان کاشته شده است، درست در بالای ریشه قطع کنیم، و یک لوله شیشه‌ای را به ساقه بریده شده وصل کنیم، آب به تدریج در لوله شیشه‌ای بالا می‌رود (شکل ۳۰-۶). فشار ریشه‌ای آب را در آوند چوبی به بالا می‌راند.



شکل ۳۰-۶- نمایش فشار ریشه‌ای



۱- سلول‌های نگهدارنده پس از جذب آب انبساط طولی پیدا می‌کنند و از یکدیگر دور می‌شوند. در نتیجه روزنه‌ها باز می‌شود.

۲- سلول‌های نگهدارنده آب از دست می‌دهند و کوتاه‌تر می‌شوند. با نزدیک شدن این سلول‌ها به یکدیگر روزنه بسته می‌شود.

شکل ۳۲-۶- تغییرات شکل سلول‌های نگهدارنده باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

و در نتیجه توقف خروج بیشتر آب می‌شود.

گیاهان برای کاهش تعرق دارای سازش‌های متعددی هستند. داشتن روزنه‌های فرورفته و کاهش تعداد روزنه‌ها در اقلیم‌های خشک و سرد (درختان کاج)، یا گرم (تیره کاکتوس) و داشتن کُرک روی برگ‌ها از این سازش‌ها هستند. در گیاهان تیره گل‌ناز، روزنه‌ها در روز بسته و در شب باز هستند.

**جهت‌گیری شعاعی رشته‌های سلولزی دیواره‌های سلول‌های نگهدارنده در باز شدن روزنه‌ها دخالت می‌کنند:** همان طوری که در قسمت قبل نیز اشاره شد، ساختار سلول‌های نگهدارنده نقش مهمی در باز و بسته شدن روزنه‌ها برعهده دارد. هنگام انبساط سلول‌های نگهدارنده، دو عامل باعث خمیده شدن این سلول‌ها و باز شدن منفذ روزنه می‌شود. یکی از این عوامل، نحوه قرارگیری رشته‌های سلولزی دیواره در سلول‌های نگهدارنده است (شکل ۳۳-۶). جهت‌گیری این رشته‌ها به صورت شعاعی است که امکان طویل شدن سلول‌های نگهدارنده را فراهم می‌کند، اما از انبساط عرضی آنها جلوگیری می‌کند. عامل دیگر، اختلاف ضخامت دیواره شکمی و پشتی سلول‌های نگهدارنده است. هنگام انبساط، طول دیواره مشترک این دو سلول در محل تماس، ثابت باقی می‌ماند. به طوری که هنگام ورود آب دیواره‌های پشتی بیشتر از دیواره‌های شکمی منبسط می‌شوند و در نتیجه سلول‌های نگهدارنده خمیده و منفذ روزنه باز می‌شود.

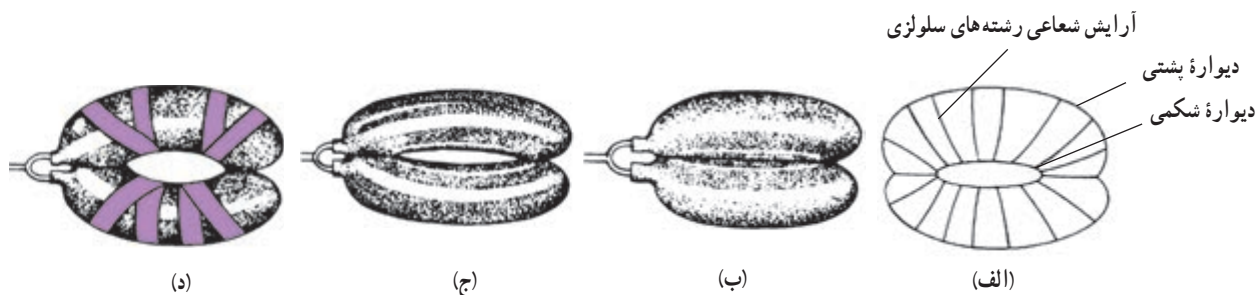
گندم وجود دارد. خروج آب به صورت مایع از گیاه که به ویژه در سپیده صبح به خوبی قابل رؤیت است، نباید با شب‌نم اشتباه شود.

### سلول‌های نگهدارنده و تعرق

روزنه‌ها در ساختار همه بخش‌های هوایی جوان گیاه وجود دارند، اما تعداد آنها در برگ بسیار بیشتر از سایر بخش‌هاست. فضاها بین سلولی کندویی شکل که پر از هوا هستند سلول‌های میان‌برگ را که دیواره نازک دارند، احاطه می‌کنند. روزنه‌ها در تماس با این فضاها هستند.

هر روزنه را یک جفت سلول نگهدارنده لوبیایی شکل احاطه می‌کند. تغییرات فشار آب سلول‌های نگهدارنده، باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (شکل ۳۲-۶). وقتی که سلول‌های نگهدارنده آب جذب می‌کنند، متورم می‌شوند و فشار آب (فشار آماس) در آنها افزایش می‌یابد. با این حال آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی دیواره‌های سلولی اگرچه به سلول‌ها اجازه افزایش طول را می‌دهد، ولی از افزایش قطری آنها جلوگیری می‌کند (شکل ۳۳-۶). در نتیجه جذب آب توسط سلول‌های نگهدارنده باعث می‌شود که این دو سلول از یکدیگر دور شوند و با باز شدن روزنه‌ها تعرق انجام شود. هنگام خروج آب از سلول‌های نگهدارنده، این سلول کوتاه‌تر و به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. نزدیک شدن سلول‌های نگهدارنده به یکدیگر باعث بسته شدن روزنه و توقف تعرق می‌شود. بنابراین خروج آب از سلول‌های نگهدارنده باعث بسته شدن روزنه‌ها



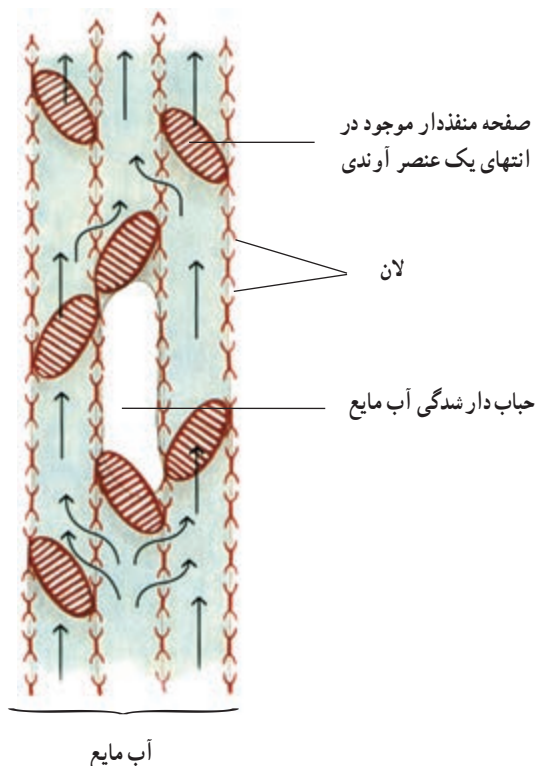


شکل ۳۳-۶- مدلی برای نمایش آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در دیواره سلول‌های نگهبان. الف) یک جفت سلول نگهبان که در دیواره سلولی آنها آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی نشان داده شده است. ب) دو بادکنک نسبتاً مسطح که در دو انتهای خود به یکدیگر چسبیده شده‌اند. ج) دو بادکنک مشابه شکل ب که در اثر فشار زیاد به طور کامل کشیده شده‌اند و در نتیجه یک مجرای باریک بین آن دو باز شده است. د) یک جفت بادکنک که به منظور نشان دادن اثر آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی، به دور آنها نوارچسب به صورت شعاعی چسبیده شده است. در حالت اخیر مجرای باز شده بزرگ‌تر از حالت ج است. چرا؟

دیگر گیاه در آنجا تأمین می‌شود، منبع می‌نامند. مثلاً، برگ یک منبع است، زیرا با کمک فرآیند فتوسنتز نشاسته تولید می‌کند. ریشه‌ای که قند ذخیره می‌کند نیز منبع محسوب می‌شود. گیاه‌شناسان

### حباب‌های هوا ممکن است پیوستگی شیره خام را در آوند چوبی قطع کنند

شیره خام در درون خود دارای گازهای محلول (هوای محلول) است. هنگامی که تعرق شدید باشد، این گازها تمایل به خروج از شیره خام پیدا می‌کنند و با پیوستن مولکول‌های گاز به یکدیگر یک حباب هوای بزرگ در آوند چوبی تشکیل می‌شود. این حباب‌های بزرگ در تداوم شیره خام اختلال ایجاد می‌کنند (شکل ۳۴-۶). علاوه بر آن هنگامی که آوندهای چوبی یا تراکتیدهای گیاه در اثر نیش حشره یا شکستن شاخه آسیب می‌بینند، امکان بروز پدیده حباب‌دارشدگی افزایش می‌یابد. انجماد نیز به این پدیده سرعت می‌بخشد، چون هوا در یخ حل نمی‌شود. خوشبختانه به دلیل ساختار خاص لان‌های دیواره آوندهای چوبی و تراکتیدها، امکان انتشار این حباب‌ها از یک آوند به آوند دیگر بسیار کم است و بنابراین حباب‌ها در یک آوند چوبی یا تراکتید محصور می‌مانند. با این حال اگر فشار حاصل از این حباب‌ها زیاد باشد، ممکن است از یک آوند چوبی یا تراکتید به آوندها یا تراکتیدهای مجاور منتقل شوند. به این پدیده بذرافشانی هوا می‌گویند. افزایش فشار ریشه‌ای ممکن است باعث کاهش پدیده حباب‌دارشدگی شود.



شکل ۳۴-۶- مدلی برای نمایش پدیده حباب‌دارشدگی در عنصر آوندی. بخار آب و هوا ممکن است باعث مسدود شدن یک عنصر آوندی شوند. در چنین حالتی آب و شیره خام می‌توانند از راه لان‌ها از یک سلول آوندی حباب‌دار شده وارد عنصر آوندی مجاور شوند.

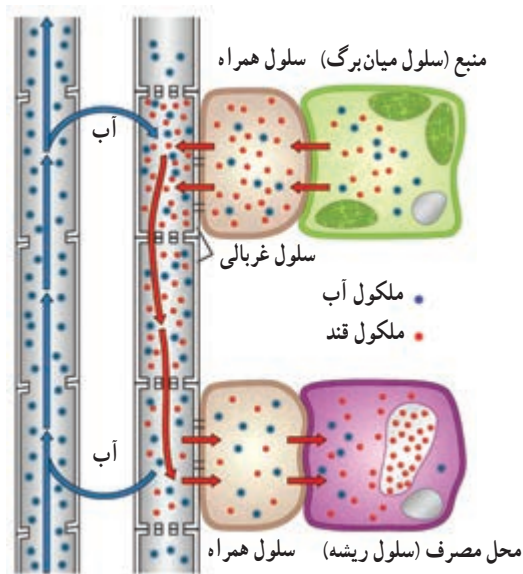
### حرکت مواد آلی در گیاه

ترکیبات آلی گیاهان، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کنند. گیاه‌شناسان بخشی از گیاه را که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های

همچنین به بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا هدایت می‌شوند و در آنجا به مصرف می‌رسند محل مصرف می‌گویند. بخش‌های در حال رشد، مانند نوک ریشه‌ها و نیز میوه‌های در حال تکوین مثال‌هایی از محل‌های مصرف هستند. بافت‌های ذخیره‌ای گیاه، هنگام وارد کردن ترکیبات آلی «محل‌های مصرف» و هنگام صدور ترکیبات آلی «محل‌های منبع» نامیده می‌شوند.

حرکت ترکیبات آلی درون گیاه از منبع به محل مصرف جابه‌جایی نامیده می‌شود.

به سه دلیل حرکت ترکیبات آلی در یک گیاه نسبت به حرکت آب پیچیده‌تر است: نخست، آب در سلول‌های خالی آوند چوبی به صورت آزاد حرکت می‌کند، در حالی که ترکیبات آلی باید از طریق سیتوپلاسم سلول‌های زنده آوندهای آبکشی عبور کنند. دوم، آب در آوند چوبی فقط به سمت بالا حرکت می‌کند، در حالی که ترکیبات آلی در آوند آبکشی در همه جهات حرکت می‌کنند. سوم، آب می‌تواند از طریق غشاهای سلولی نیز منتشر شود، در حالی که ترکیبات آلی قادر به انتشار از غشای پلاسمایی نیستند. یک گیاه‌شناس آلمانی به نام ارنست مونش یک مدل برای جابه‌جایی پیشنهاد کرد. مدل مونش که اغلب تحت عنوان مدل جریان فشاری یا مدل جریان توده‌ای نامیده می‌شود، در شکل ۶-۳۵ نشان داده شده است.



شکل ۶-۳۵- مدل جریان فشاری. این مدل جابه‌جایی را توصیف می‌کند.

این مدل را می‌توان در ۴ مرحله ذیل خلاصه کرد:  
**مرحله ۱:** قندی که در سلول‌های برگ (منبع) تولید می‌شود به روش انتقال فعال وارد سلول‌های آوند آبکشی می‌شود (بارگیری آبکشی).

**مرحله ۲:** وقتی که غلظت قند در آوند آبکشی افزایش می‌یابد پتانسیل آب کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه آب به روش اسمز از آوند چوبی وارد آوند آبکشی می‌شود.

**مرحله ۳:** فشار در داخل سلول‌های آوند آبکشی افزایش می‌یابد و در نتیجه قند به همراه محتویات دیگر شیره پرورده به صورت جریان توده‌ای به حرکت درمی‌آید.

**مرحله ۴:** قند موجود در شیره پرورده به روش انتقال فعال وارد محل مصرف می‌شود (باربرداری آبکشی).

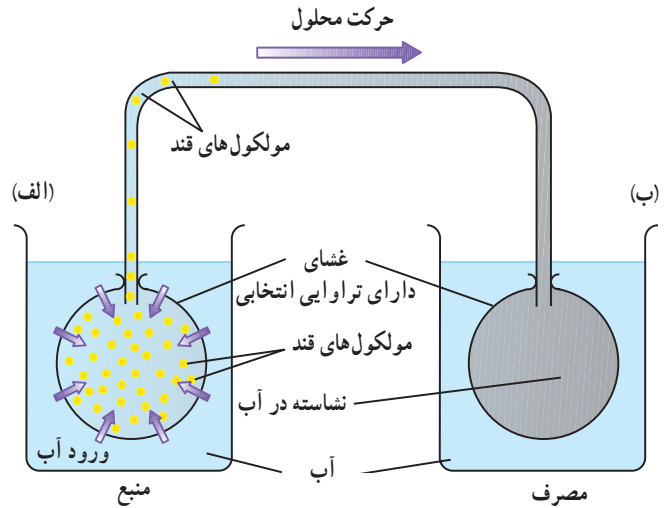
چگونه می‌توان مدل جریان فشاری را به صورت تجربی مورد آزمون قرارداد؟ به شکل ۶-۳۶ نگاه کنید. در ظرف الف کیسه‌ای با غشایی که دارای تراوایی انتخابی است و با محلول غلیظ قند پر شده است به منظور نمایش محل منبع، قرار دارد. در ظرف ب نیز کیسه‌ای با همین مشخصات، اما دارای آب و نشاسته به منظور نمایش محل مصرف قرار دارد. در اطراف این کیسه‌ها آب خالص وجود دارد. در ظرف الف آب به روش اسمز وارد کیسه می‌شود. در نتیجه فشار افزایش می‌یابد و محلول قند از طریق لوله رابط از ظرف الف به ظرف ب حرکت می‌کند. در ظرف ب پدیده مقدار اندکی آب وارد کیسه موجود در آن می‌شود. علت این پدیده آن است که نشاسته نامحلول است و بنابراین پتانسیل آب در کیسه موجود در ظرف ب بالاست و ورود آب به روش اسمز اندک است. بدین ترتیب قند از ظرف الف به ظرف ب به صورت توده‌ای حرکت می‌کند. در این آزمایش حرکت مورد اشاره پس از مدتی متوقف می‌شود؛ اما به عقیده طرفداران فرضیه جریان فشاری در صورتی که به صورت مداوم قند به کیسه موجود در ظرف الف اضافه شود این حرکت به صورت دائمی انجام خواهد شد.

آیا فرضیه جریان فشاری صحیح است؟ دانشمندان از صحت کامل فرضیه جریان فشاری مطمئن نیستند، سرعت حرکت ساکارز و آمینواسیدها در آوند آبکشی آنقدر سریع است که با روش نیروی غیر فعال جریان توده‌ای قابل توجیه نیست. بر اساس نتایج

متفاوت است. سلول‌های همراه که دارای میتوکندری‌های زیادی هستند، انرژی موردنیاز برای حرکت فعال ترکیبات آلی آوند آبکشی را تأمین می‌کنند.

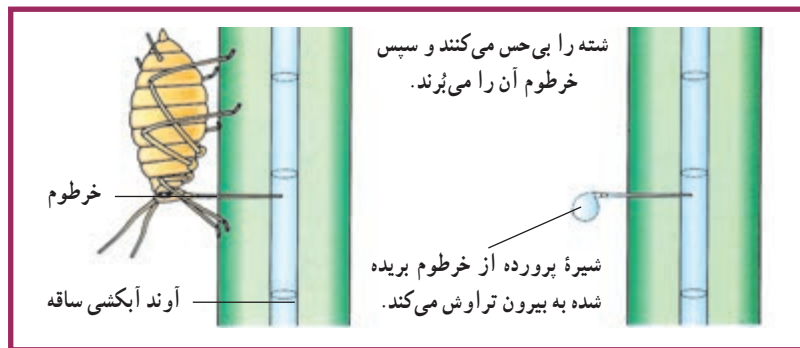
### شته‌ها به تعیین ترکیب شیرۀ پرورده کمک مهمی کرده‌اند

یکی از راه‌های استخراج شیرۀ پرورده استفاده از برخی حشرات، مانند شته است. شته از شیرۀ پرورده تغذیه می‌کند. این حشرات که به صورت کلنی روی ساقه‌های گیاهان زندگی می‌کنند، خرطوم دهانی خود را تا محل آوند‌های آبکشی در پوست فرو می‌کنند و مدت ۲ تا ۳ ساعت به همان حالت باقی می‌مانند (شکل ۳۷-۶). برای جمع‌آوری شیرۀ پرورده، نخست آنها را بی‌حس می‌کنند و سپس خرطوم آنها را قطع می‌کنند.



شکل ۳۶-۶ مدلی برای نمایش جریان فشاری (جریان توده‌ای).

تحقیقات انجام شده، مواد حل‌شده مختلف با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند و حتی جهت حرکت مواد مختلف در آوند آبکشی



شکل ۳۷-۶ شته‌ها برای تغذیه، خرطوم خود را وارد آوند آبکشی می‌کنند. با بریدن خرطوم این حشره، شیرۀ پرورده از انتهای خرطوم به بیرون تراوش می‌کند.

## پیشتر یاد کنید

یکی از روش‌هایی که برای بررسی چگونگی انتقال مواد در گیاهان به کار می‌رود، استفاده از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو به عنوان ماده نشاندار و ردیابی آنها در بافت‌ها و سلول‌های گیاهان است. این روش از دهه ۱۹۴۰ به این طرف، کاربردهای فراوانی پیدا کرده است. گیاه‌شناسان برای اندازه‌گیری میزان جذب آب و مواد معدنی، تعیین مسیر عبور آب و مواد معدنی در ریشه و چگونگی حرکت مواد آلی در بخش‌های مختلف گیاهان از ایزوتوپ عنصرهایی مثل نیتروژن، فسفر، هیدروژن و کربن استفاده می‌کنند. این ایزوتوپ‌ها، فعالیت‌های معمول گیاهان را تغییر نمی‌دهند.

- ۱- شباهت‌های درون پوست و برون پوست را بنویسید.
- ۲- به نظر شما برون پوست چه وظایفی را برعهده دارد؟
- ۳- تفاوت‌های بین مسیر غیرپروتوپلاستی و مسیر پروتوپلاستی را بنویسید.
- ۴- هریک از بخش‌های مختلف دستگاهی که در شکل ۲۹-۶ نشان داده شده است، مشابه کدام بخش‌های گیاه هستند؟
- ۵- شب‌هنگام، وقتی که تعرق بسیار پایین است، قطرات آب در حاشیه برگ‌های برخی از گیاهان ظاهر می‌شود. علت این امر را توضیح دهید.
- ۶- نحوه دخالت آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی در باز شدن روزنه‌ها را توضیح دهید.
- ۷- در مدلی که در شکل ۳۶-۶ نشان داده شده است، چرا در ظرف ب نسبت به ظرف الف آب کمتری وارد کیسه می‌شود؟
- ۸- نقش فشار ریشه‌ای در حباب‌دار شدگی چیست؟

## فعالیت ۷-۶

### تعیین محل خروج آب از برگ

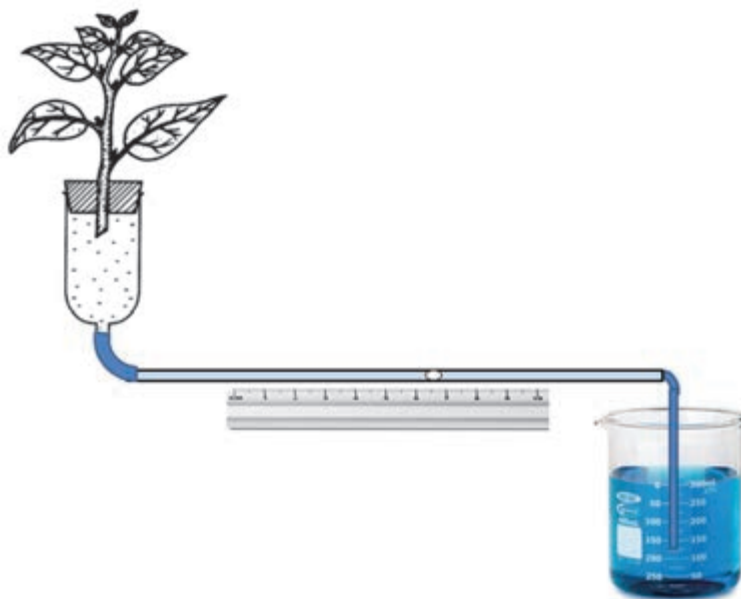
- کاغذ آغشته به کلرید کبالت برای تشخیص رطوبت کاربرد دارد. این کاغذ هنگامی که خشک باشد، آبی رنگ است، اما پس از مرطوب شدن صورتی رنگ می‌شود.
- با استفاده از کاغذ کلرید کبالت آزمایشی طراحی کنید که خروج آب را از موارد زیر تعیین کند:
- ۱- سطح بالایی و سطح زیرین برگ یک گیاه
  - ۲- سطوح زیرین برگ‌های گیاهان مختلف
- پس از تأیید معلم و در صورتی که کاغذ کلرید کبالت در اختیار دارید، آزمایشی که طراحی کرده‌اید، انجام دهید. نتایجی را که از آزمایش خود می‌گیرید، یادداشت کنید و مورد بحث قرار دهید.

## فعالیت ۸-۶

### یک آشام‌سنج بسازید

- از آشام‌سنج برای اندازه‌گیری سرعت صعود آب از ساقه گیاه استفاده می‌شود. با استفاده از دستورالعمل زیر یک آشام‌سنج بسازید:
- ۱- انتهای بریده شده یک شاخه گیاهی را با یک لوله پلاستیکی کوچک به یک لوله موئین متصل کنید.
  - ۲- گیاه و لوله موئین را به طور عمودی در یک بشر آب قرار دهید. توجه داشته باشید که هوا وارد لوله نشود.

- ۳- دو علامت در طول لوله موین بگذارید. فاصله بین این دو علامت  $1\text{ cm}$  باشد.
- ۴- اکنون لوله موین را از بشر خارج کنید، آب ته لوله را با دستمال کاغذی خشک کنید و دوباره آن را وارد بشر بکنید. به این وسیله یک حباب هوا در ابتدای لوله تشکیل می شود.
- ۵- مدت زمانی را که حباب هوا از نقطه پایینی که علامت گذاری کرده اید، به نقطه بالایی می رسد (یعنی  $1\text{ cm}$ ) اندازه گیری کنید.
- ۶- هنگامی که حباب هوا از علامت بالایی عبور کرد و بالاتر رفت، با فشار دادن محل لوله لاستیکی، حباب را به درون بشر بازگردانید و به جای آن آب را دوباره به درون لوله موین بالا بکشید. شکل ۳۸-۶ نوعی آشام سنج را نشان می دهد.
- ۷- اکنون با دستگاهی که ساخته اید آزمایش های زیر را انجام دهید :
- الف) گیاه را در برابر باد قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.
- ب) گیاه را در محیط مرطوب قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.
- ج) مقداری وازلین روی سطح برگ های شاخه ای که مورد آزمایش قرار می دهید، بمالید تا روزه ها بسته شوند و سپس آزمایش را تکرار کنید.
- د) تعدادی از برگ های گیاه یا همه آنها را قطع کنید و آزمایش را تکرار کنید.
- ه) گیاه را در موقعیت های دیگری، به انتخاب خود، قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.
- و) چه نتیجه ای از این آزمایش ها می گیرید؟



شکل ۳۸-۶- نوعی آشام سنج