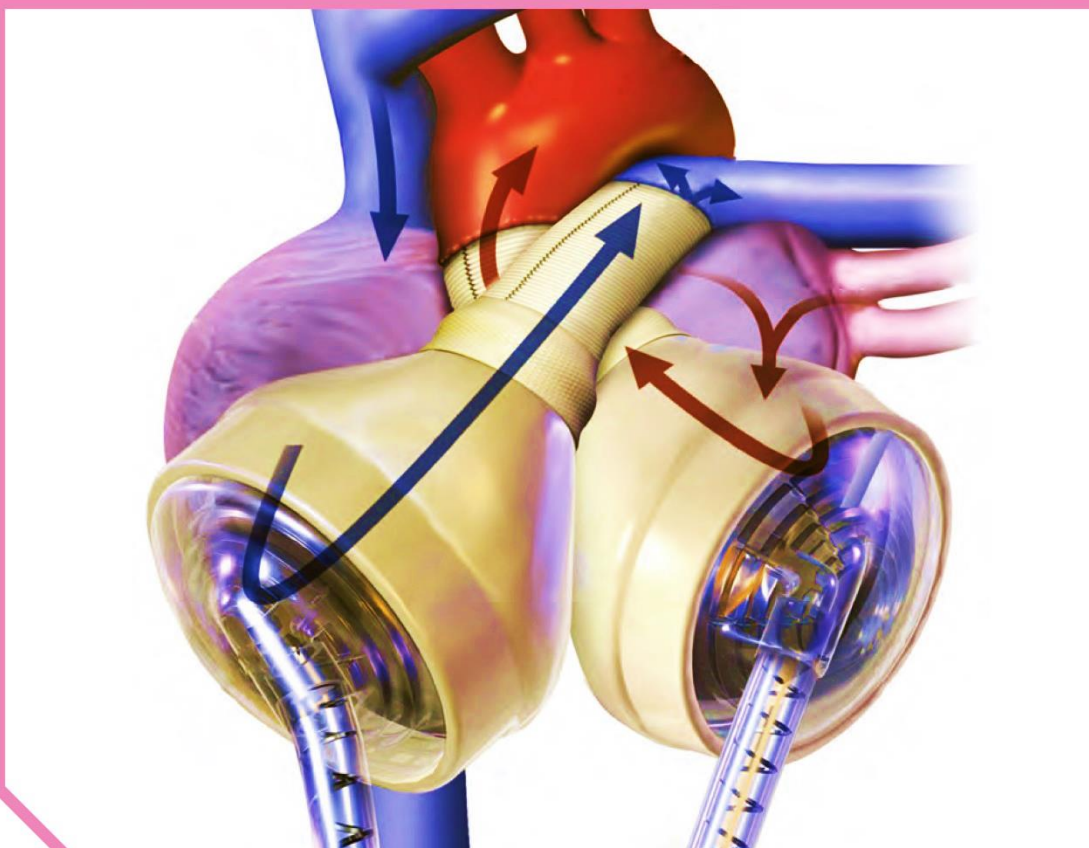


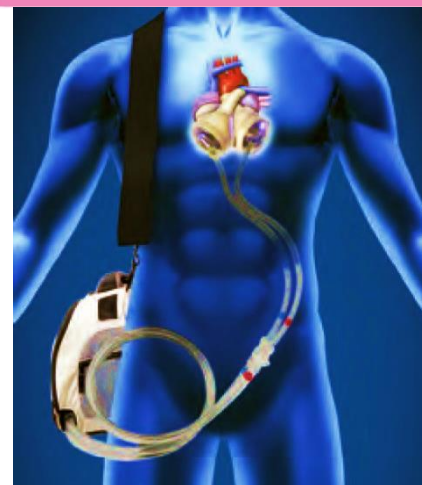


فصل ۴

گردش مواد در بدن

این شکل‌ها مربوط به اولین قلب مصنوعی هستند که توسط پروفیسور **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 سکتة 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 تک‌سلولی‌ها 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 سرفرگ منشأ می‌گیرند که به سوی سر، گردن و دست‌ها می‌روند.

+ دیواره آئورت از یک طرف با دیواره سرفرگ ششی و از طرف دیگر با دیواره بزرگ سیاهرگ زیرین در تماس است.

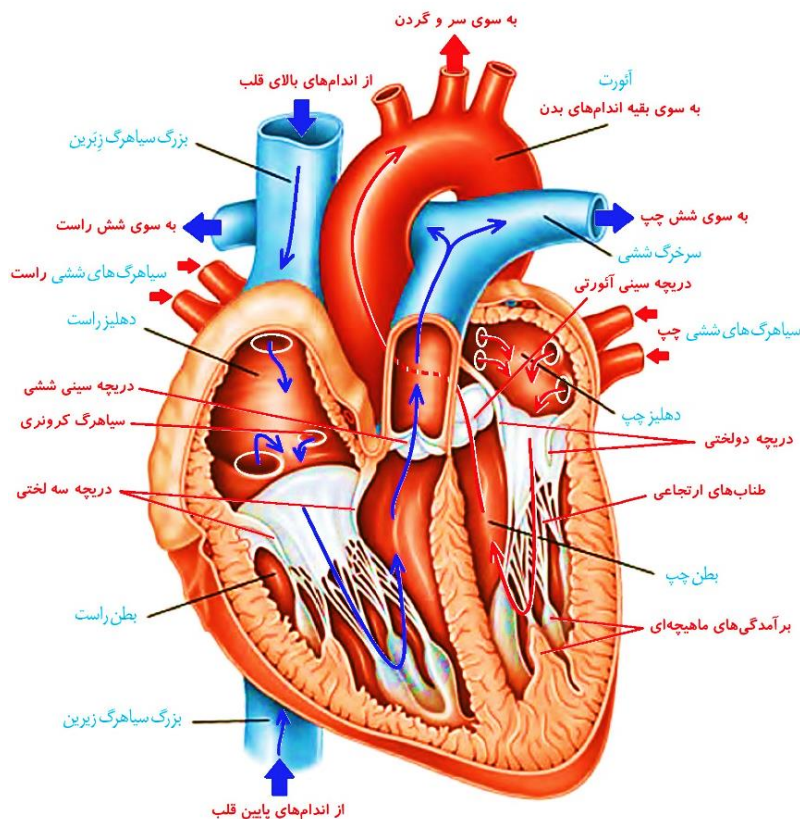
شکل ۱- قلب و رگ‌های متصل به آن

تعداد رگ شامل دو سرفرگ و هفت سیاهرگ به قلب متصل هستند:

(۱) سرفرگ آئورت با خون روشن به بطن چپ متصل است. (۲) سرفرگ ششی با خون تیره به بطن راست متصل است. انشعاب راست طولانی‌تر است!

(۳) بزرگ سیاهرگ 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) سرفرگ آئورت → (۳) سرفرگ‌های کوچک موجود در اندام‌ها → (۴) مویرگ‌های اندام‌ها → (۵) سیاهرگ‌های کوچک موجود در اندام‌ها → (۶) بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و (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) سرفرگ ششی → (۱۰) سرفرگ‌های 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 سرفرگ‌ها و سیاهرگ‌ها

(۱) سرفرگ‌ها 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.

(۲) سیاهرگ‌ها همواره خون را به قلب نزدیک می‌کنند! و ممکن است خون روشن یا تیره داشته باشند.

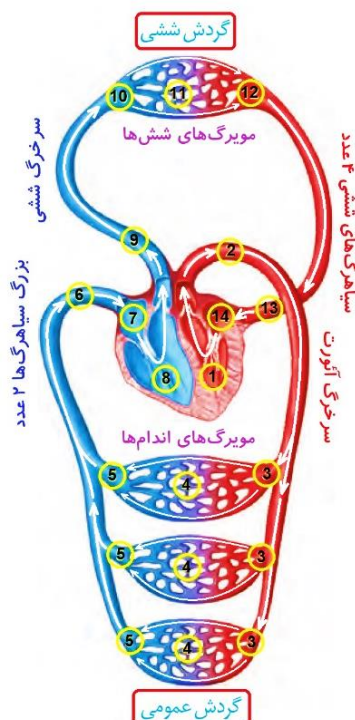
+ در گردش عمومی، خون تیره و در گردش ششی، خون روشن دارند.

(۳) در حالت عادی، در ابتدای مویرگ، سرفرگ 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.

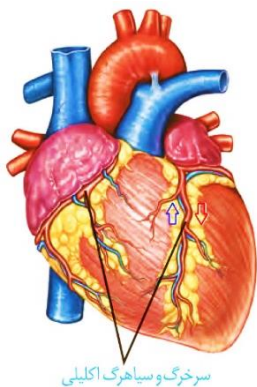


- هر بطن خون را به کجا می‌فرستد؟ بطن راست خون تیره را با استفاده از سرفرگ ششی، به شش‌ها و بطن چپ خون روشن را با استفاده از سرفرگ آئورت به کل بدن می‌فرستد.

- 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 شرائین)، ممکن است باعث سکته قلبی شود؛ چون در این حالت به بخشی از ماهیچه قلب، اکسیژن نمی‌رسد و یاخته‌های آن می‌میرند (شکل ۳).



سرخرگ و سیاهرگ اکیلی

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. سرفرگ‌های 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

- (۱) لایه درونی قلب (آندوکارد) که سنگ‌فرشی بوده و در تماس مستقیم با خون درون صفره‌های قلب بوده و مواد غذایی و اکسیژن را از آن می‌گیرد.
- + آندوکارد از بافت پوششی سنگ‌فرشی تشکیل شده که مانند بقیه بافت‌های پوششی فاقد رگ فونی و رشته‌های عصبی است.
- + صفرات نیمه چپ قلب همواره با خون روشن و صفرات نیمه راست آن همواره با خون تیره در تماس مستقیم هستند!
- (۲) ماهیچه قلب (میوکارد) (فقط!) توسط رگ‌های کرونر شامل سرفرگ‌ها، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها تغذیه و اکسیژن‌رسانی می‌شود.
- + دو سرفرگ کرونر از ابتدای آئورت منشأ می‌گیرند، بنابراین اولین انشعابات آئورت هستند. یکی از آنها به راست و دیگری به چپ قلب منفرج می‌شوند.
- + مدخل یا ورودی این دو سرفرگ در بالای دریچه سینی آئورتی قرار دارد و به هنگام بسته شدن دریچه سینی آئورتی باز می‌شوند!
- + لازم به ذکر است، سرفرگ‌های کرونر با استفاده از خون حاصل از فشار کمینه یعنی خون حاصل از فشار دیواره آئورت پر می‌شوند!
- + همان‌طور که از شکل کتاب برمی‌آید، در امتداد رگ‌های کرونر، مقداری بافت پیوندی از نوع بافت چربی مشاهده می‌شود.
- + در صورت بسته شدن سرفرگ‌های کرونر، ممکن است فرد دچار سکته قلبی شود. در این حالت تعدادی از سلول‌های قلبی می‌میرند.
- + بسته شدن سرفرگ‌های کرونر به دو دلیل انجام می‌شود: (الف) ایجاد لخته در جریان خون ب) بیماری سفت شدن رگ‌ها یا تصلب شرائین (افزایش LDL)

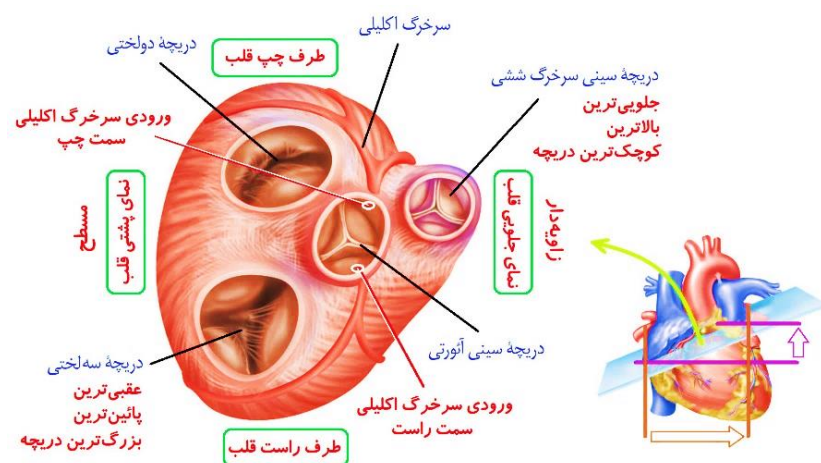
دریچه‌های قلب

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: (۱) ساختار خاص دریچه‌ها و (۲) 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 ساقتمان 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، ممکن 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

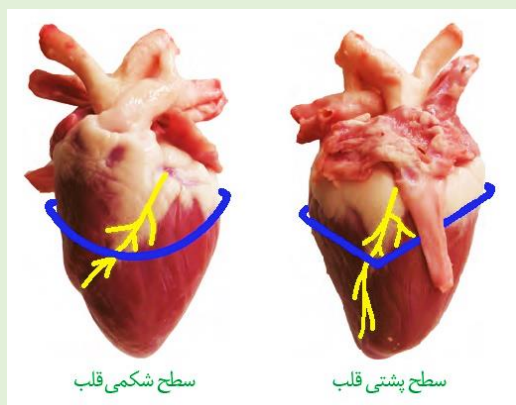
استراحت بطن ها شنیده می شود.

(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!

تشریح قلب گوسفند

فعالیت



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.

قلب اندامی ماهیچه‌ای است و دیواره آن سه لایه دارد (شکل ۵).

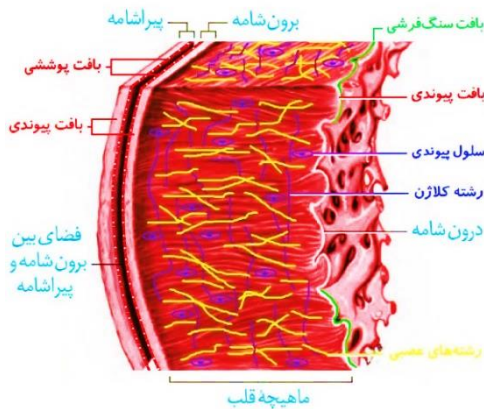
(۱) **آندوکارد:** داخلی‌ترین لایه آن آندوکارد یا **درون‌شامه** و شامل یک لایه نازک **بافت پوششی سنگ‌فرشی** است که در زیر آن، **بافت پیوندی** سست وجود دارد. این بافت، درون‌شامه را به لایه میانی یا ماهیچه‌ای قلب **می‌چسباند**. درون‌شامه در **تشکیل دریچه‌های قلب** نیز شرکت می‌کند.

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 ساختار 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 ساختار دریچه‌های بافت پوششی و پیوندی آندوکارد و بافت پیوندی میوکارد وجود دارند!

نکاتی در مورد ساختار 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 ضخیم 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 **ترکبی** **تودم‌نار** 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.

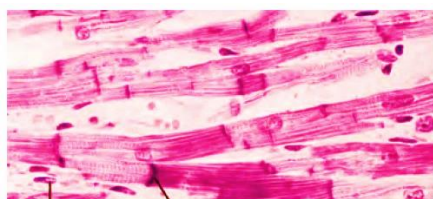
+ لایه برون‌شامه یا اپی‌کارد که دارای بافت پیوندی رشته‌ای و بافت پوششی سنگ‌فرشی ساده است.

+ **فضای آبشامه‌ای** که بین لایه برون‌شامه و پیراشامه قرار دارد. این فضای حاوی مایعی است که باعث محافظت 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** خود از طریق دیواره **عرضی** خود با سلول‌های دیگر ارتباط در هم رفته دارد.
- + بنابراین نمی‌توان گفت هر سلول قلبی با همه سلول‌های مجاور خود دارای صفحات 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 (فیزیولوژیکی 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 خود، 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.

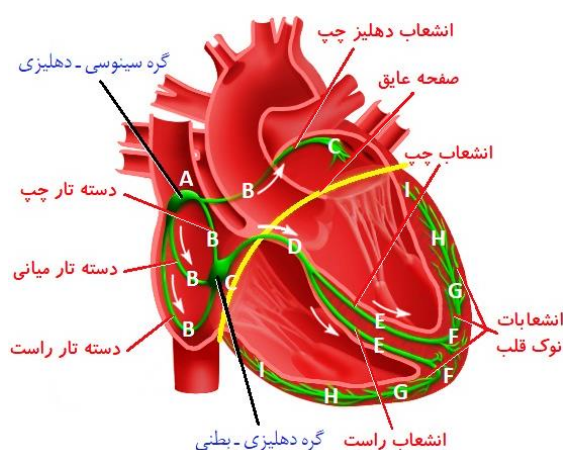
شبکه هادی قلب شامل **دو گره** و **دسته‌هایی** از تارهای تخصص یافته برای (۱) **ایجاد** و (۲) **هدایت سریع** جریان الکتریکی است.

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 خود 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:

- + **گره اول:** بزرگ‌تر به نام گره سینوسی - دهلیزی یا پیشاهنگ یا ضربان‌ساز واقع در دیواره پستی دهلیز راست و زیر منفذ (سینوس) بزرگ سیاهرگ زبرین
- + **گره 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.

× **سه دسته**! تار ماهیچه‌ای تخصص یافته که ارتباط بین دو کره را برقرار می‌کنند.

× دسته تار وارد شده به دهلیز چپ که در واقع یک **انشعاب** جدا شده از دسته تار سمت چپ بین دو کره است.

× 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.

× 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.

× قلب هم مانند لوله گوارش **مستقل** از دستگاه عصبی مرکزی کار می‌کند. در لوله گوارش 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 کره 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. حروف نشان داده شده نمایانگر ترتیب تحریک و انقباض هستند و فروپای 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 **بار بوند** درپه‌های دهلیزی - بطنی، **مقداری** خون هم وارد بطن‌ها می‌شود! درپه‌های سینی **بسته** و درپه‌های دو لفتی و سه لفتی **بار** 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 **۰/۴** ثانیه

۲- **انقباض دهلیزی: بسیار زودگذر است و انقباض دهلیزها صورت می‌گیرد و با انجام آن، بطن‌ها به طور کامل با خون پر می‌شوند.** درپه‌های سینی **بسته** و

درپه‌های دو لفتی و سه لفتی **بار** 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 **۰/۱** ثانیه

۳- **انقباض بطنی: انقباض بطن‌ها صورت**

می‌گیرد و خون از طریق **سرخرگ‌ها** به همه

قسمت‌های بدن ارسال می‌شود. **برخلاف** دو مرحله

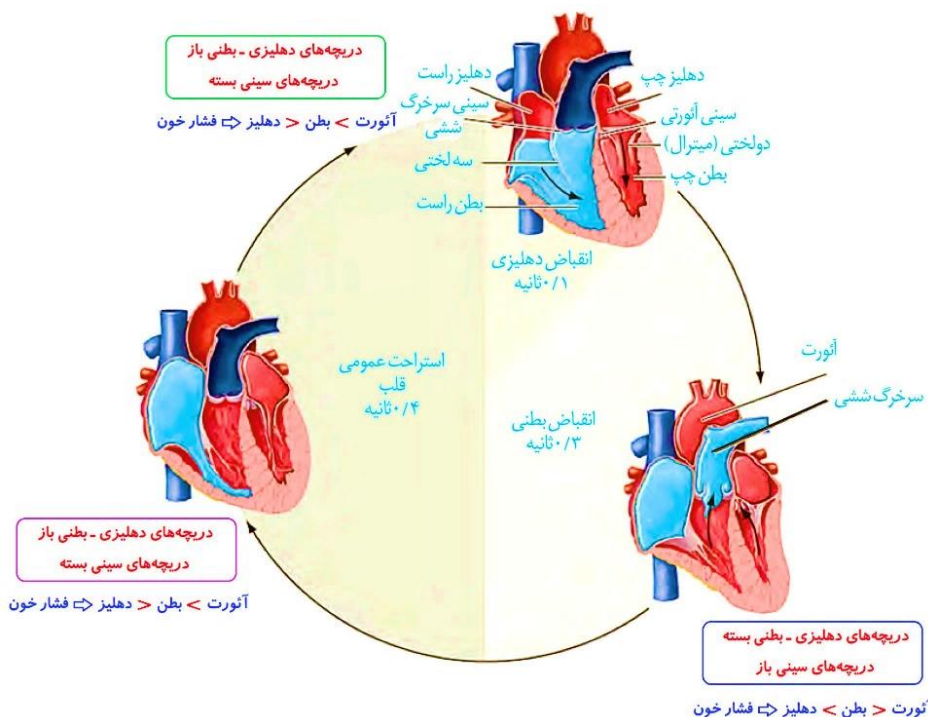
قبلی درپه‌های سینی **بار** و درپه‌های دو لفتی و سه

لفتی **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 **۰/۳** ثانیه



شکل ۸- مراحل چرخه ضربان قلب

با توجه به این که در پمپ‌های دهلیزی - بطنی همواره باز هستند به جز هنگام انقباض بطن‌ها و در پمپ‌های سینی همواره بسته هستند به جز هنگام انقباض بطن‌ها، به نظر می‌رسد این دو نوع در پمپ 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 پمپ‌های دهلیزی - بطنی بسته می‌شوند، در فاصله زمانی بسیار کوتاهی در پمپ‌های سینی هنوز بسته هستند. بنابراین **در شروع انقباض بطن‌ها هر چهار در پمپ بسته هستند** در پایان انقباض بطن‌ها نیز در لحظه کوتاهی که در پمپ‌های دهلیزی - بطنی هنوز بسته هستند، در پمپ‌های سینی هم بسته می‌شوند. بنابراین **در پایان انقباض بطن‌ها نیز هر چهار در پمپ بسته هستند** نکته مهم این که این چهار در پمپ 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 پمپ	فشار خون بطن پمپ	فشار خون آئورت	وضعیت باز و بسته بودن در پمپ‌ها
انقباض دهلیزها	۰.۱ - ۰	۱۰	< ۵	> ۸۰	دو لفتی باز - سینی بسته
انقباض بطن	۰.۱ - ۰.۲	۲۰	> ۵۰	> ۸۰	دو لفتی بسته - سینی بسته
	۰.۲ - ۰.۳	۲۰	> ۱۲۰	< ۱۲۰	دو لفتی بسته - سینی باز
	۰.۳ - ۰.۴	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 در پمپ‌های قلبی را بررسی، و باز یا بسته بودن آنها را مشخص کنید.

استراحت عمومی: در پمپ‌های سینی بسته و در پمپ‌های دو لفتی و سه لفتی باز

انقباض دهلیزی: در پمپ‌های سینی بسته و در پمپ‌های دو لفتی و سه لفتی باز

انقباض بطنی: در پمپ‌های سینی باز و در پمپ‌های 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

$$۷۵ \times ۰.۸ = ۶۰$$

برون‌ده قلبی

حجم خونی که در هر انقباض بطنی از یک بطن (یا پمپ 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 گره 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 گره پیشاهنگ به دهلیزها و سپس به گره 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.

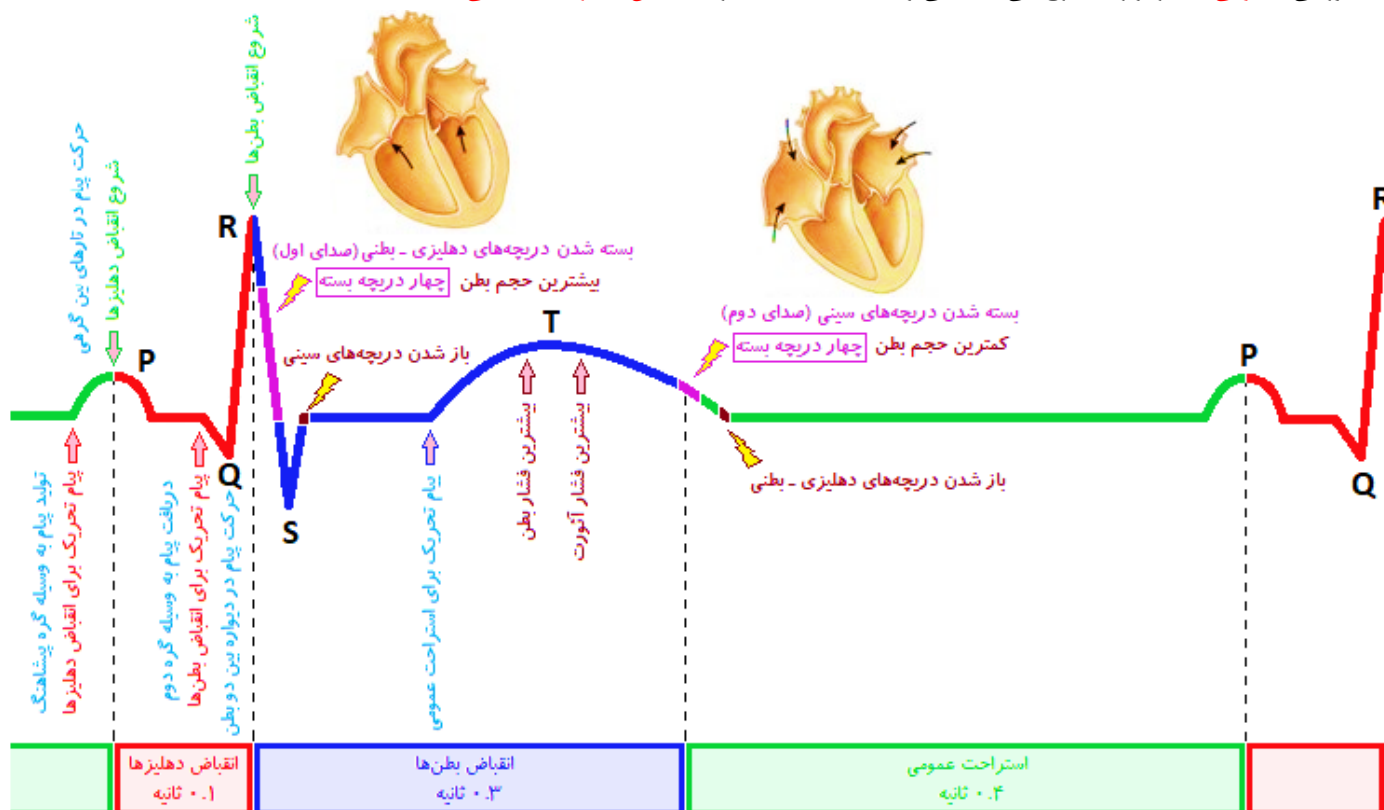
امواج نوار قلب

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 ۰.۱۴ ثانیه به طول انجامیده و خود به دو بخش تقسیم می‌شود: انقباض **دهلیزها** ۰.۱ ثانیه و انقباض **بطن‌ها** ۰.۰۸ ثانیه

بخش (دوم) **دیاستول** یا **استراحت عمومی** که این هم ۰.۱۴ ثانیه به طول می‌انجامد.

بدیهی است سیستول دهلیزی ۰.۱ و دیاستول دهلیزی ۰.۰۷ ثانیه به طول می‌انجامد. هم‌پنین سیستول بطنی ۰.۰۸ و دیاستول بطنی ۰.۰۵ ثانیه طول می‌کشد.

در دستگاه گردش خون انسان، سه نوع رگ **فون**! 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 خود با سرخرگ و در طرف دیگر خود با سیاهرگ در تماس هستند!

سرخرگ ⇌ **مویرگ** ⇌ **سیاهرگ**

سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های عمومی به ترتیب فون روشن و فون تیره و سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های **ششی** و **بشش جنینی** به ترتیب فون تیره و فون روشن دارند.

گردش فون عمومی

بطن چپ ⇌ سرخرگ **آئورت** ⇌ **سرخرگ‌های کوچک** ⇌ **مویرگ‌های بافت‌ها** ⇌ **سیاهرگ‌های کوچک** ⇌ بزرگ سیاهرگ‌های زیرین و بزرگ سیاهرگ‌های **دهلیز راست**

گردش فون ششی و بشش جنینی

بطن راست ⇌ سرخرگ ششی ⇌ **سرخرگ‌های کوچک** ⇌ **مویرگ‌های شش‌ها** ⇌ **سیاهرگ‌های کوچک** ⇌ **سیاهرگ‌های ششی (چهار عدد)** ⇌ **دهلیز چپ**

استثنائاتی نیز در گردش فون انسان وجود دارند:

استثنائات موجود در بدن انسان

۱) در گردش فون کبد

در دو طرف مویرگ‌های کبدی، سیاهرگ‌های باب کبدی و فوق کبدی با فون 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 بشش پیشین هیپوفیز نیز وضعیتی مشابه کبد وجود دارد.

بطن چپ ⇌ **سرخرگ آئورت** ⇌ **سرخرگ هیپوتالاموس** ⇌ **مویرگ‌های هیپوتالاموس** ⇌ **سیاهرگ باب هیپوفیز** ⇌ **مویرگ‌های هیپوفیز پیشین** ⇌ **سیاهرگ فروبی**

⇌ بزرگ سیاهرگ زیرین ⇌ **دهلیز راست**

۳) در غده‌های کلیه

در دو طرف شبکه اول مویرگ یا گلوبول (کلافک) موجود در غده‌ها هم سرخرگ‌های **آوران** و **وابران** با فون روشن وجود دارد.

بطن چپ ⇌ **سرخرگ آئورت** ⇌ **سرخرگ آوران** ⇌ **مویرگ‌های شبکه اول مویرگی (کلافک)** ⇌ **سرخرگ وابران** ⇌ **شبکه دوم مویرگی (دور لوله‌ای)** ⇌ **سیاهرگ‌های**

کلیه ⇌ بزرگ سیاهرگ زیرین ⇌ **دهلیز راست**

استثنائات موجود در جانوران

در گردش فون ماهی

در دستگاه گردش فون ماهی نیز در دو طرف مویرگ‌های آبششی، سرخرگ شکمی با فون تیره و سرخرگ پشتی با فون روشن وجود دارد.

بطن ⇌ مغز و سرخرگی ⇌ سرخرگ شکمی (آئورت شکمی) ⇌ **سرخرگ‌های ورودی آبشش‌ها** ⇌ **مویرگ‌های آبشش‌ها** ⇌ **سرخرگ‌های خروجی از 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). دیوارهٔ همهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از **سه لایهٔ اصلی** تشکیل

شده است (شکل ۱۰).

این لایه‌ها از داخل به خارج عبارتند از:

۱) **لایهٔ داخلی** آنها بافت پوششی **سنگ‌فرشی** است که در زیر آن، **غشای پایه** قرار گرفته است.

+ **غشای پایه** شامل رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی است.

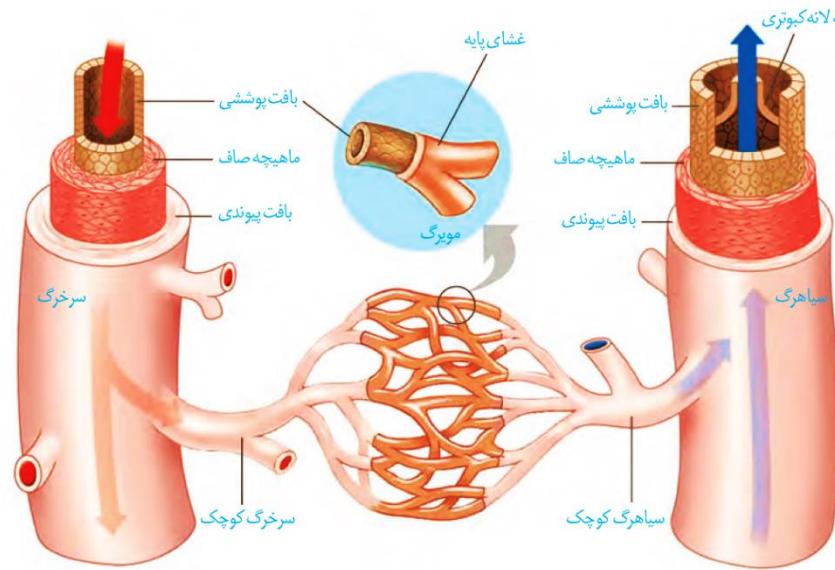
۲) **لایهٔ میانی** آن، **ماهیچه‌ای صاف** است که همراه این لایه رشته‌های **کشسان (الاستیک)** زیادی از بافت پیوندی وجود دارد.

+ در **لايه‌لای** 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 **لایهٔ 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.



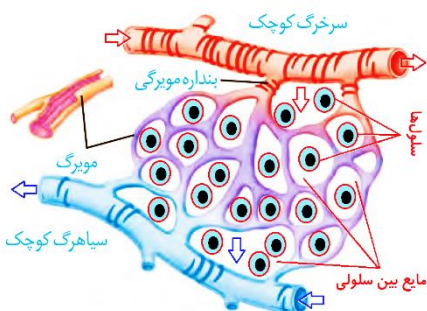
این دریچه‌ها را دریچه‌های لانه کبوتری می‌گویند. در ساختار این دریچه‌ها فقط بافت پوششی سنگ‌فرشی یافت می‌شود. بنابراین عاملی که باعث باز و بسته شدن آنها می‌شود طرز قرار گرفتن و اختلاف فشار خون در دو طرف آنهاست.

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 حلقه‌ای 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 برخی 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

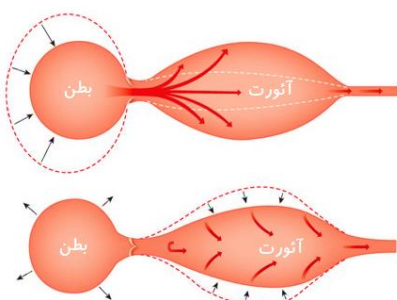
همان طور که می‌دانید سرخرگ‌ها دو وظیفه مهم بر عهده دارند: (۱) آنها خون را از قلب خارج می‌کنند و به بافت‌های بدن می‌رسانند. (۲) علاوه بر این باعث حفظ پیوستگی جریان خون و هدایت آن در این رگ‌ها می‌شوند. دیواره سرخرگ به دلیل دارا بودن رشته‌های پروتئینی کشسان در لایه میانی خود قدرت کشسانی زیادی دارد. دیواره 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 آوراث و وایبرات 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 جراثیم، 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 خاصیت 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 بیاورید 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 تنبیه 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 تنبیه خاصیت 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، عده‌سی 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 کلیکوپروتئینی، 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).

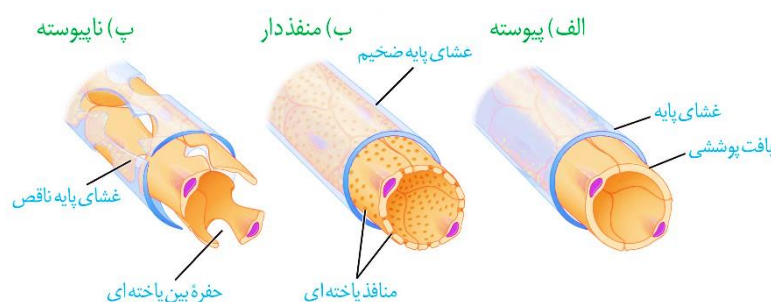
+ مواد برای عبور از این مویرگ‌ها از فاصله اندک بین دو یا چند سلول پوششی عبور می‌کنند.

(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 کولمبل کلیه، غدد درون‌ریز و روده یافت می‌شوند.

+ مواد برای عبور از این مویرگ‌ها از حلقه‌ها 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 - پ). 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:

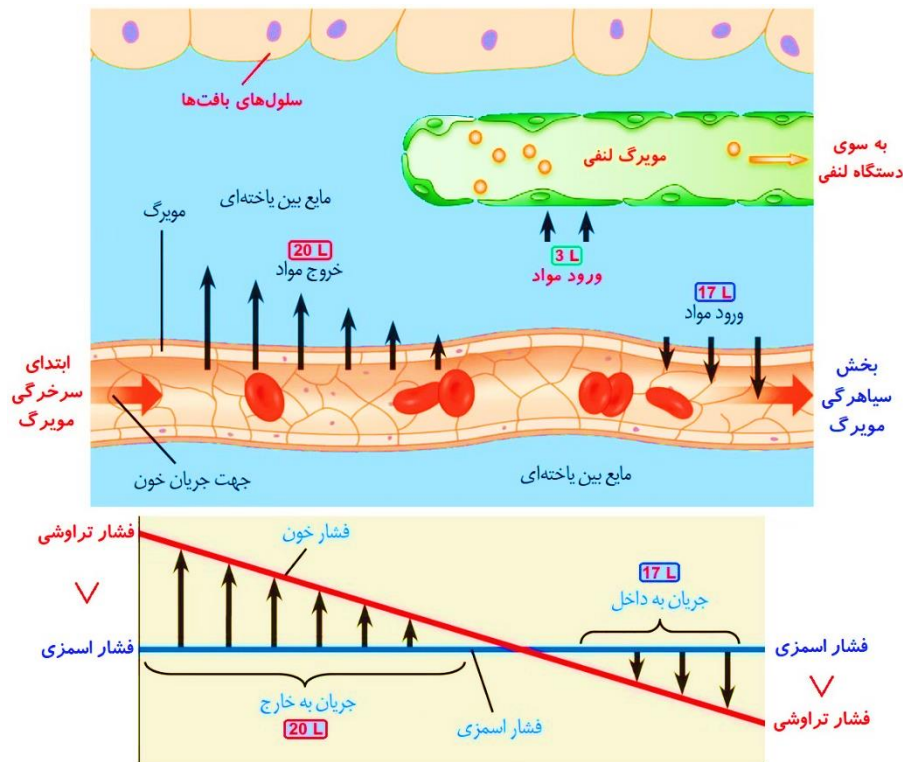
مسیر اول (این مولکول‌ها ممکن است از غشای یاخته‌های پوششی مویرگ و از طریق فرایندهایی مانند انتشار ساده، اسمز، انتشار تسهیل شده، انتقال فعال و یا حتی از طریق پدیده‌های آندوسیتوز و اگزوسیتوز عبور کنند).

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 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 (۲) **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 **محبوس** می‌کند.

عوامل ایجاد کننده ادم یا خیز

به طور کلی هرگاه مقدار مواد خارج شده از مویرگ‌های ثنوی از مقدار مواد بازگشتی به مویرگ‌های ثنوی 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 ثنوی** با **نشت** 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 ثنوی و لنفی با **مسدود شدن** آنها

نکته پالپ: 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:

$$\text{فشار اسمزی} > \text{فشار تراوشی}$$

$$\text{فشار تراوشی} > \text{فشار اسمزی}$$

- در ابتدای سرخرگی مویرگ ⇨

- در بخش سیاهرگی مویرگ ⇨

سیاهرگ‌ها

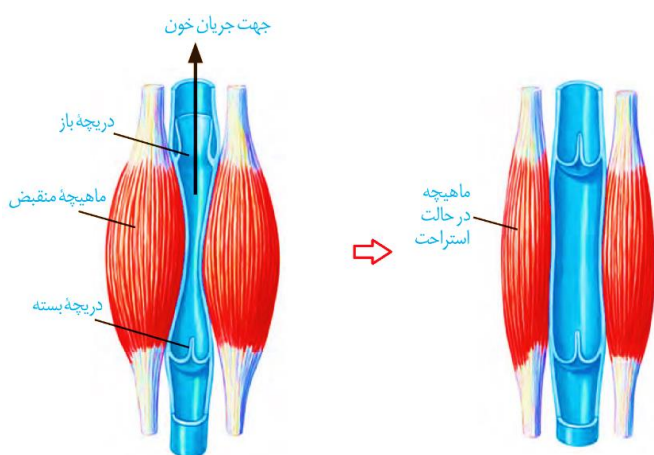
همان طور که در شکل ۱۰ دیدید، سیاهرگ‌ها با داشتن **فضای داخلی وسیع** و دیواره‌ای با مقاومت کمتر، می‌توانند **بیشتر حجم خون** را در خود جای دهند. **باقیمانده فشار سرخرگی** باعث **ادامه** جریان خون در سیاهرگ‌ها می‌شود اما به علت کاهش شدید فشار خون و جهت حرکت خون در سیاهرگ‌ها که در **بیشتر** آنها به سمت **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 می‌کند 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 ثابته 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

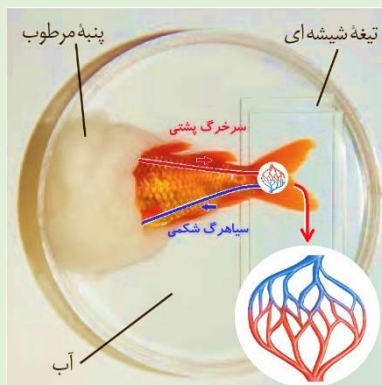
x دریچه‌های لانه کبوتری

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 L 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 محسوب 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 خونی 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، متوپیات 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

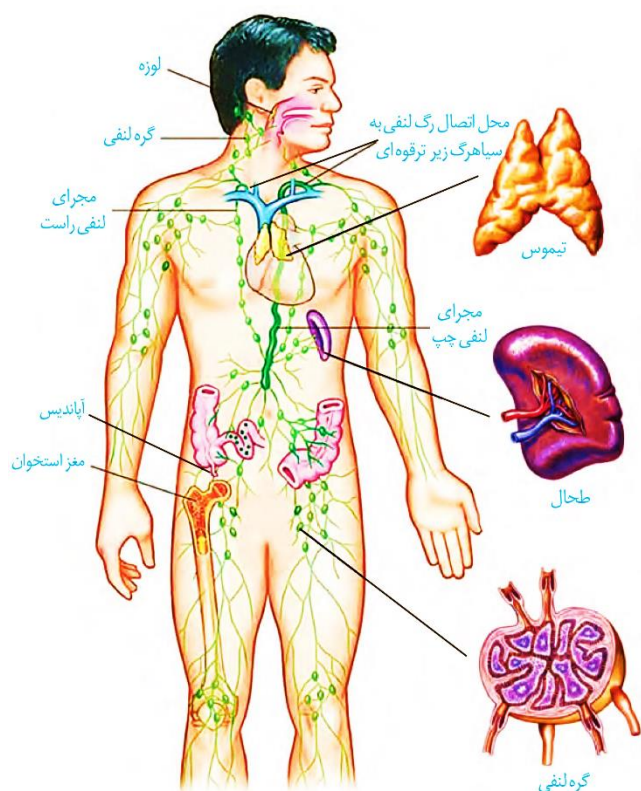
- ۱) درون رگ‌های لنفی در پیه‌هایی برای یک طرفه کردن جریان لنف وجود دارد. این در پیه‌ها با در پیه‌های لانه کبوتری قابل مقایسه هستند.
- ۲) رگ‌های بزرگ لنفی یا همان مبرای لنفی دو عدد بوده و از ناحیه شکم تا سینه امتداد می‌یابند.
- ۳) مبرای لنفی چپ قطورتر و طولی‌تر از مبرای لنفی راست است.
- ۴) در طول مبرای 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 مفصل زانو، کشاله ران، موطه 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 قفسه شکم و بالای کلیه چپ قرار گرفته است.
- ۸) یک سررگ خون را به طحال وارد نموده و در محل ناف منشعب می‌شود. تعدادی سیاهرگ کوچک نیز خون 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 قفسه 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 برخی از آنها می‌پردازیم.

همان‌طور که می‌دانیم گره ضربان‌ساز، به صورت ذاتی و ثوابه‌بودی، 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 **بخش مرکزی غده فوق کلیه** و با ترشح **هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین** صورت می‌گیرد.

(۳) پاسخ **دیرپا و طولانی‌مدت:** این کار به وسیله **بخش 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 خودمختار، 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.

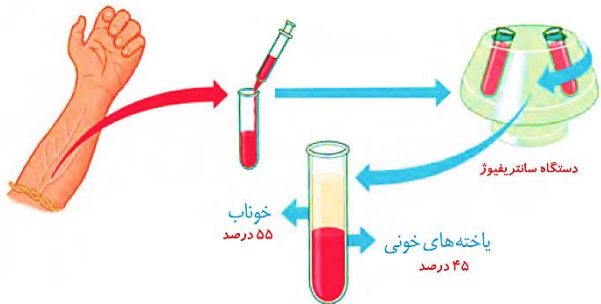
در واقع گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها در **حد فاصل** بین این دو بخش قرار می‌گیرند، اما بر اساس کتاب، می‌بایست آنها را جز بخش سلولی به حساب آورد.

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 کربن 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

گلوبولین 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 محلول در پلاسما و برخی در درون گلبول‌ها یا سطح غشای آنها قرار دارند.

(الف) پروتئین‌های محلول 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.

+ کربنیک‌انیدراز: نوعی آنزیم که در سیتوپلاسم گلبول‌های قرمز یافت شده و کربن 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!

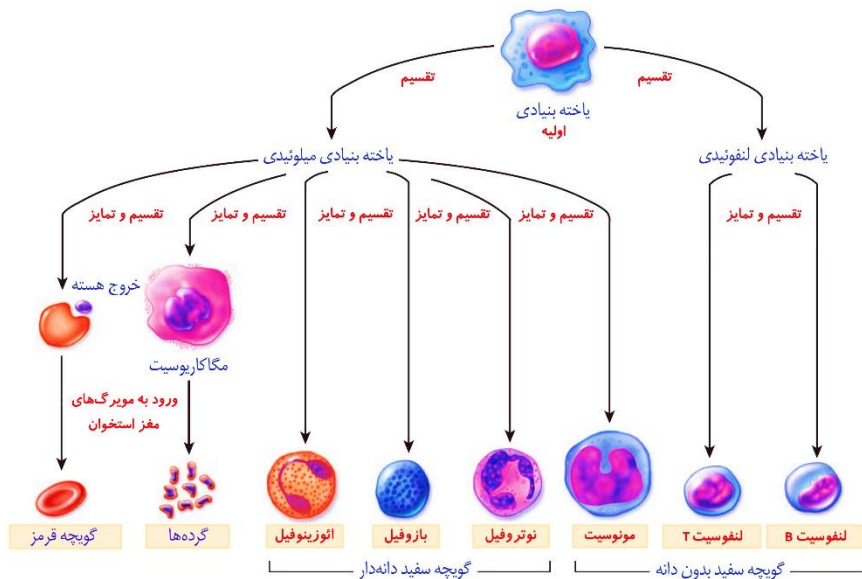
+ گیرنده‌های آنتی‌ژنی: واقع بر سطح غشای لنفوسیت‌ها که به هنگام دفاع اختصاصی، با آنتی‌ژن‌ها رابطه مکرملی برقرار می‌کنند.

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 **لنفوئیدی** که در جهت تولید **لنفوسیت‌های B و T** عمل می‌کنند.

یاخته‌های نوع دوم، یاخته‌های بنیادی **میلوئیدی** 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 غون

- 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 تفرقه‌های 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 **فرو رفته** 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 اندامک‌های خود را از دست می‌دهند؟ تا بتوانند مقدار

بیشتری هموگلوبین را در خود جای دهند.

چرا غشای گویچه‌های قرمز در دو طرف، حالت **فرو رفته** 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 می‌شد. هم‌چنین این مولکول

در پلاسما بیشتر تجزیه می‌شود.

برای ساخته شدن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان، علاوه بر وجود (۱) آهن، (۲) ویتامین «B_{۱۲}» و (۳) 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.

(۱) سبزیجات با برگ سبز تیره، (۲) حبوبات، (۳) گوشت قرمز و (۴) جگر از منابع آهن و فولیک اسیدند. کارکرد صحیح فولیک اسید به وجود ویتامین «B_{۱۲}» وابسته است. این ویتامین فقط در غذاهای جانوری وجود دارد. البته در روده بزرگ مقداری ویتامین «B_{۱۲}» به وسیله میکروب‌ها تولید می‌شود. **تنظیم تولید گویچه‌های قرمز:** اگرچه تولید گویچه‌های قرمز به وجود (۱) آهن، (۲) فولیک اسید و (۳) ویتامین «B_{۱۲}» وابسته است؛ در بدن ما تنظیم میزان گویچه‌های قرمز، به ترشح هورمونی به نام **اریتروپوئیتین** 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 (کلیول‌های سفید WBC و کلیول‌های قرمز RBC) و گرده‌ها (PLT) را در واحد اندازه‌گیری میکرولیتر (μL) مشخص کنید.

مقدار WBC: ۴,۰۰۰ تا ۱۰,۰۰۰ 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.

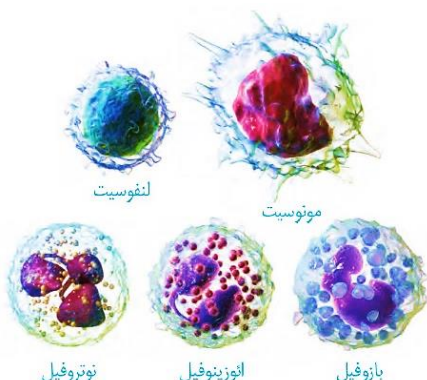
تری‌گلیسرید: کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر کلسترول: کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر
HDL: بیشتر از ۶۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر LDL: کمتر از ۱۳۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر

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 کلیول قرمز وجود دارد. بنابراین در کل خون ۲۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ کلیول قرمز وجود دارد. یک درصد کل کلیول‌های 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 کلیول‌های 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 کلیول‌های 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- ئوزینوفیل: هسته دو قسمتی دمبلی، دارای رشته باریک نغم‌مانند - سیتوپلاسم با دانه‌های روشن درشت

۳- توروفیل: هسته چند قسمتی، دارای رشته‌های باریک نغم‌مانند - 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.

(۱) تولید در مغز استخوان (۲) بلوغ در مغز استخوان و تیموس (۳) فعال شدن در کره‌های لنفی

مشاهده یاخته‌های خونی قرمز و سفید

فعالیت

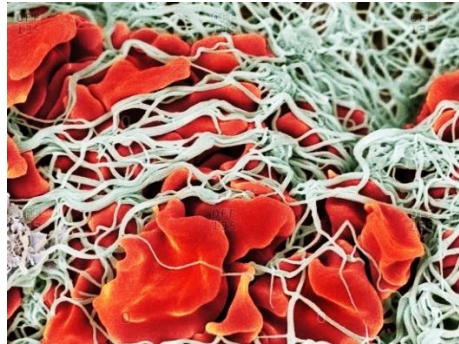
- با کمک معلم و رعایت نکات ایمنی، گسترش خونی تهیه کنید. قطره‌ای از خون را روی لام کسترانده و با استفاده از الکال آن را تثبیت می‌کنیم.

- 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 نغم‌مانند به هم متصل می‌شوند. **بازوفیل‌ها** و **ئوزینوفیل‌ها** مشابه بوده ولی بازوفیل‌ها دانه‌های درشت و تیره با هسته نامشخص دارند. **مونوسیت‌ها** درشت‌ترین و **لنفوسیت‌ها** هم ریزترین سلول‌ها هستند.

گرده‌ها قطعات یاخته‌ای 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 ناصصل از آنها ضمن عبور از غشاهای 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.

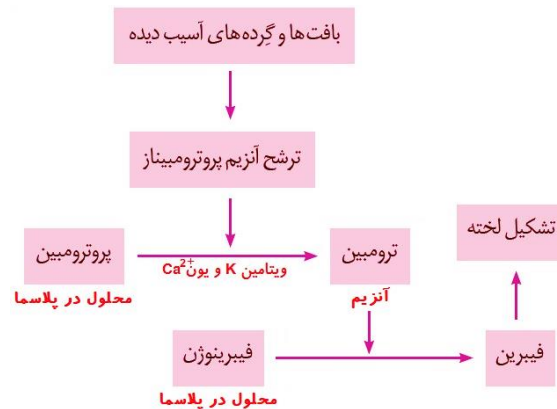
+ در خون‌ریزی‌های محدود، که دیواره رگ‌ها آسیب جزئی می‌بیند، در محل آسیب، گرده‌ها دور هم جمع می‌شوند، به هم می‌چسبند و ایجاد درپوش می‌کنند. این درپوش جلوی خروج خون از رگ آسیب دیده را می‌گیرد.



+ 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 خواب مث 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: لخته 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 لخته خون تشکیل شود.

نکات دیگری در مورد انعقاد خون

- (الف) موادی که برای تشکیل لخته 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 لخته‌های 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 لخته خون می‌شود.
 - + **پلاسمین**، آنزیمی که رشته‌های فیبرین را تجزیه نموده و برای جلوگیری از تشکیل لخته کاربرد دارد.

انواع گردش مواد جانداران

از نظر گردش مواد، جانداران به چند گروه تقسیم می‌شوند:

گروه اول (ول) جانداران تک‌سلولی: در جانداران تک‌سلولی 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** صفره 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 باز یا بسته وجود داشته باشد.

x سامانه گردش باز: این دستگاه مخصوص بی‌مهرگانی مانند بندپایان (ملخ) است. مایع موجود در این دستگاه **همولف** نامیده می‌شود.

x گردش ثون بسته: این دستگاه مخصوص بی‌مهرگانی مانند کرم‌فاکی و همه مهره‌داران است. مایع موجود در این دستگاه **ثون** نامیده می‌شود.

- گردش ثون ساده: ثون در هر گردش یک بار از قلب می‌گذرد و قلب **دو** صفره‌ای است. مانند ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان

- گردش ثون مضاعف: ثون در هر گردش دو بار از قلب می‌گذرد و قلب **سه** یا **چهار** صفره‌ای است. مانند دوزیستان بالغ، فزندگان، پرندگان و پستانداران

* در دوزیستان قلب **سه** صفره‌ای، در بیشتر فزندگان **سه** صفره‌ای با دیواره ناقص و در بقیه مهره‌داران قلب دارای **چهار** صفره 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 پریاخته‌ای به دلیل زیاد بودن تعداد یاخته‌ها، همه یاخته‌ها با محیط بیرون ارتباط **ندارند** و لازم است در آنها دستگاه گردش مواد 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:

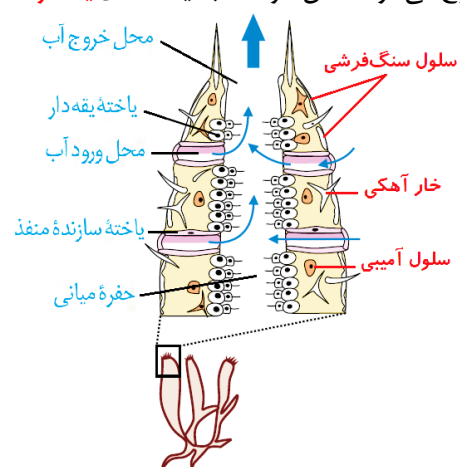
الف) دستگاه گردش مواد غیر اقتصادی

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 **بقه‌دار** هستند که **تاژک** دارند (شکل‌های ۲۱ و ۲۲).



شکل ۲۲- شکل نوعی اسفنج

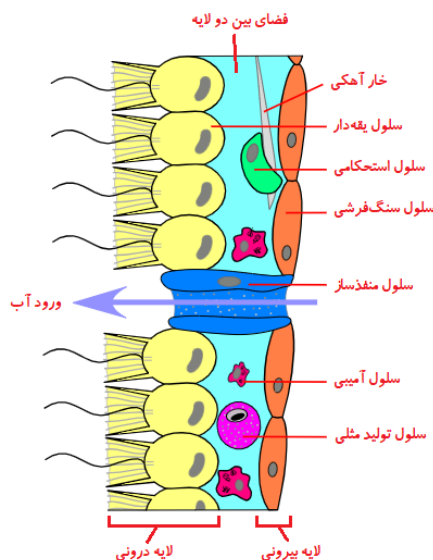


شکل ۲۱- گردش آب در بدن نوعی اسفنج

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**



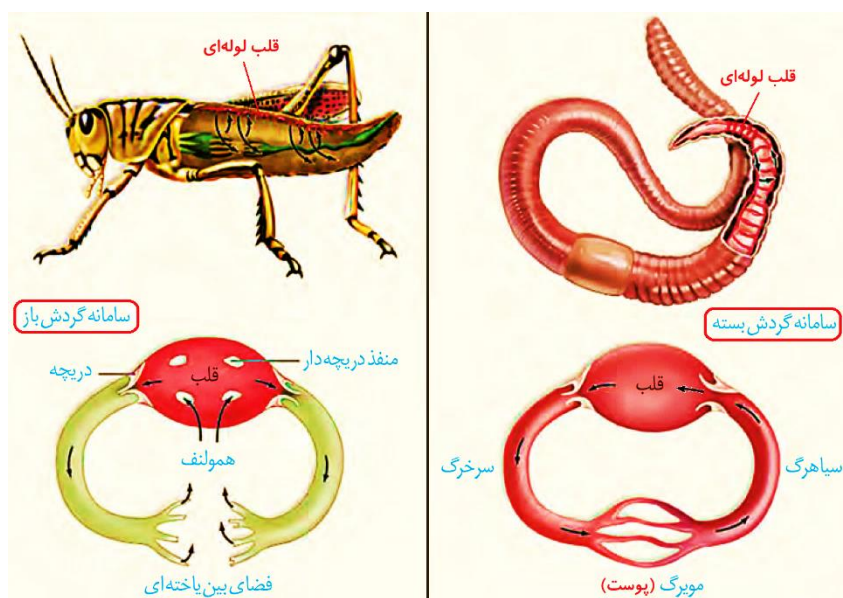
- ۱۳) هر سلول یقه‌دار دارای یک تازی است که با حرکت خود به گردش آب کمک می‌کند.
- ۱۴) لایه داخلی پیکر (اسفنج) در محل‌های خروج آب فاقد سلول یقه‌دار بوده و سلول‌های سنگ‌فرشی دارد.
- ۱۵) در بین دو لایه سلولی (اسفنج سلول‌های پراکنده‌ای وجود دارد که نقش‌های متفاوتی دارند.
- ۱۶) در فاصله بین سلول‌های لایه بیرونی و در فضای بین دو لایه سلولی تعدادی «نار 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.

۲۰) **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 ماهیچه‌ای! بدن به جابه‌جایی مواد کمک می‌کند.

ب) دستگاه گردش مواد (اقتصادی)

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.

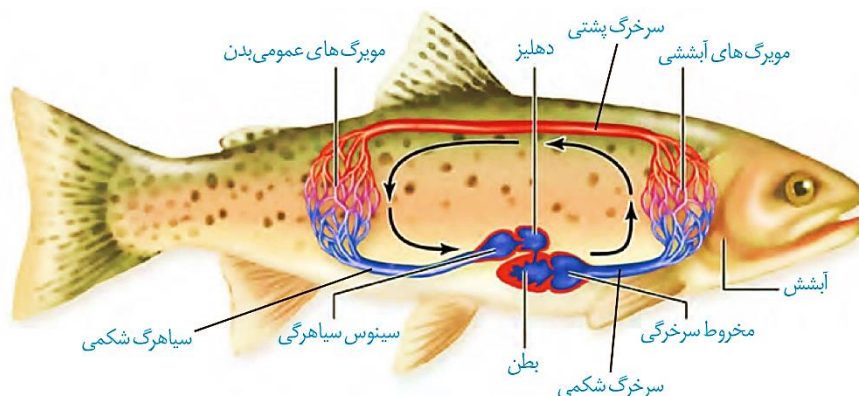
سامانه گردش بسته: این سامانه علاوه بر برخی بی‌مهرگان در همه مهره‌داران هم یافت می‌شود. ساده‌ترین سامانه گردش بسته در کرم‌های حلقوی، نظیر کرم خاکی وجود دارد. در این سامانه مویرگ‌ها در کنار یاخته‌ها و با کمک آب میان‌بافتی، تبادل مواد غذایی، دفعی و گازها را انجام می‌دهند (شکل ۲۳).

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 یک‌طرفه 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 یک‌طرفه 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 در آوردن **خون** می‌شود.
 - (۳) هر بخش **بیم شده** قلب دارای **دو دریچه** در طرفین خود است که جریان خون را **یک طرفه** می‌کنند.
 - (۴) جریان خون در بخش‌های **بیم شده** قلب همواره به صورت **یک طرفه** است.
 - (۵) در بدن کرم شاکی انواع رگ‌ها شامل سرخرگ، مویرگ، سیاهرگ و رگ لنفی! وجود دارند.
 - (۶) در این جانور همولنف وجود **ندارد** و به جای آن، خون، لنف و مایع بین سلولی مشاهده می‌شود.
 - (۷) خون در انتقال مواد غذایی، مواد دفعی، هورمون‌ها و مواد دیگر و **نتی** گازهای تنفسی هم نقش دارد.
- تمام** مهره‌داران، سامانه گردش **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 **یکبار** خون اکسیژن‌دار به مویرگ‌های تمام اندام‌ها از جمله **آبشش‌ها**! است (شکل ۲۴).



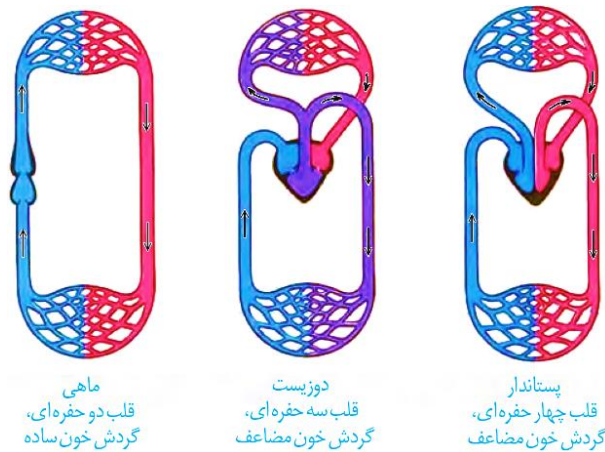
شکل ۲۴- گردش خون ماهی

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 برنی 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 خون در ضمن **یک بار** گردش در بدن، فقط **یک بار** از قلب می‌گذرد.
 - (۲) خون تحت فشار دیواره ماهیچه‌ای بطن **ابتدا** به آبشش‌ها و سپس تحت همان فشار به همه اندام‌ها می‌رود.
 - (۳) مویرگ‌های موجود در آبشش‌ها در **دو طرف** خود سرخرگ دارند! در یک طرف سرخرگ با خون تیره و در طرف دیگر سرخرگ با خون 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 خون 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 سرخرگی** با کنیایش بزرگ‌تر از بطن و به وسیله یک دریچه به بطن متصل می‌شود.
 - (۹) قلب جانور در موطه شکمی و متمایل به سر جانور قرار داشته و از آن فقط **خون تیره** می‌گذرد.
 - (۱۰) سرخرگ شکمی دارای خون تیره بوده و به واسطه وجود مخروط سرخرگی به طور مستقیم به بطن اتصال **ندارد**.
 - (۱۱) سیاهرگ شکمی از **اجتماع** مویرگ‌ها و سیاهرگ‌های فروبی از اندام‌ها به وجود آمده است.
 - (۱۲) سیاهرگ شکمی دارای خون تیره بوده و به واسطه وجود سینوس سیاهرگی به طور مستقیم به دهلیز اتصال **ندارد**.
 - (۱۳) سرخرگ پشتی که از اجتماع مویرگ‌ها و سرخرگ‌های فروبی از آبشش‌ها به وجود آمده، دارای خون روشن بوده و انشعابات 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 **خون کمتر** برای **تبادلات گازی** و تلمبه دیگر با فشار **خون 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



(۱) بر اساس شکل در قلب سه صفه‌ای، 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 صفه‌ای مخصوص همه ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان است.

+ قلب سه صفه‌ای در دوزیستان بالغ و برخی از خزندگان اولیه وجود دارد.

+ قلب چهار صفه‌ای 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 صفه‌ای همانند دو قلب دو صفه‌ای 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.