

### تشریح و فیزیولوژی دستگاه گردش خون

هدف های رفتاری : در پایان این فصل، از فراگیر انتظار می رود :

- ۱- به طور کلی، دستگاه گردش خون را توضیح دهد.
- ۲- گردش خون کوچک و بزرگ را شرح دهد.
- ۳- محلّ قرار گرفتن قلب در حفره قفسه سینه را بداند.
- ۴- ساختمان کلی قلب را در حیوانات مختلف، توضیح دهد.
- ۵- تشریح و فیزیولوژی رگ های بدن حیوانات را توضیح دهد.
- ۶- چگونگی عمل گردش خون را در بدن حیوانات مختلف بیان کند.
- ۷- خواصّ عمومی خون را بداند.
- ۸- فرق بین لنف و پلاسمای خون را بیان کند.
- ۹- تفاوت دستگاه گردش خون دام و ماهی ها را شرح دهد.

دستگاه گردش خون، خون حاوی موادّ غذایی و اکسیژن مورد نیاز برای عمل تغذیه و تنفس بافت های بدن را به طور مداوم از شش ها به اعضا و از اعضا به شش ها، منتقل می کند. برای این منظور، دستگاه گردش خون دارای مجموعه ای از مجاری یا رگ ها است. این مجموعه، یک حلقه کامل را تشکیل می دهند. در مسیر این حلقه، یک عضو مولّد حرکت به نام قلب قرار دارد. خونی که از شش ها به اعضا می رود، حاوی اکسیژن است و به نام خون روشن یا خون سرخرگی نامیده می شود. خونی که از اعضا به طرف شش ها برمی گردد، حاوی مقادیر قابل ملاحظه ای گاز کربنیک است و خون تیره یا خون سیاهرگی نامیده می شود.

در حیوانات عالی، هریک از این دو بخش خون دارای یک قلب اختصاصی است. به طوری که یک قلب سرخرگی و یک قلب سیاهرگی در بدن موجود است، ولی این دو قسمت با هم متحد شده و به صورت یک عضو واحد درآمده اند.

رگ‌هایی که خون را از قلب به اعضای بدن می‌برند شریان یا سرخرگ<sup>۱</sup> و رگ‌هایی که در آن‌ها خون از اعضای بدن به طرف قلب، هدایت می‌شود، ورید یا سیاهرگ<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند.

سرخرگ‌هایی که به شش‌ها می‌روند، حامل خون تیره می‌باشند و سیاهرگ‌هایی که از شش‌ها برمی‌گردند، حاوی خون روشن هستند. این دو دسته رگ‌ها را، رگ‌های گردش خون ششی یا گردش خون کوچک می‌نامند. سرخرگ‌هایی که به طرف سایر اعضای بدن می‌روند، حاوی خون روشن هستند و سیاهرگ‌هایی که از این اعضا برمی‌گردند، حامل خون تیره می‌باشند. این دو دسته رگ‌ها، مربوط به رگ‌های گردش خون بزرگ و یا گردش عمومی خون می‌باشند. سرخرگ‌های هر دو گردش خون، از بطن‌ها آغاز شده و سیاهرگ‌های آن‌ها به دهلیزها منتهی می‌شوند.

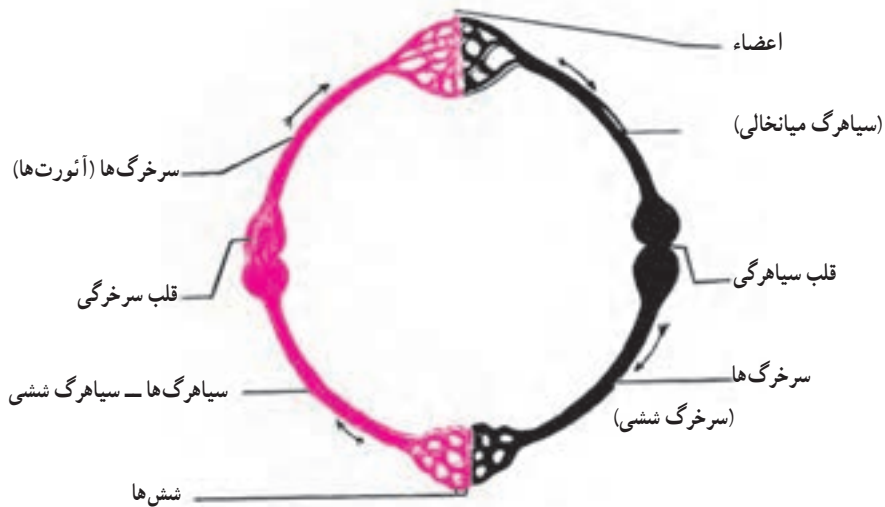
شبکه‌های موئی (مویرگ‌ها) به‌عنوان واسطه‌ای در داخل اعضا و شش‌ها هستند که سرخرگ‌ها را به سیاهرگ‌ها متصل می‌سازند.

جداره‌های دیواره شبکه‌های موئی، به قدری نازکند که قسمتی از مایع خون (پلاسما) از آن عبور کرده، تشکیل لنف یا خون سفید را می‌دهند. مقدار لنفی که به این ترتیب از خون جدا می‌شود، بسیار زیاد است (مقدار آن در گاو نر ۹۶ کیلوگرم در ۲۴ ساعت تخمین زده شده است). رگ‌های مخصوصی به نام «رگ‌های لنفاوی» لنف را جمع‌آوری کرده، وارد جریان خون سیاهرگی می‌کنند. مجموعه این اعضا یعنی قلب، سرخرگ‌ها، سیاهرگ‌ها و رگ‌های لنفاوی، دستگاه گردش خون را تشکیل می‌دهند که نمایش آن را در حیوانات عالی می‌توان به صورت شکل صفحه بعد نشان داد (شکل‌های ۱-۴، ۲-۴، ۳-۴).

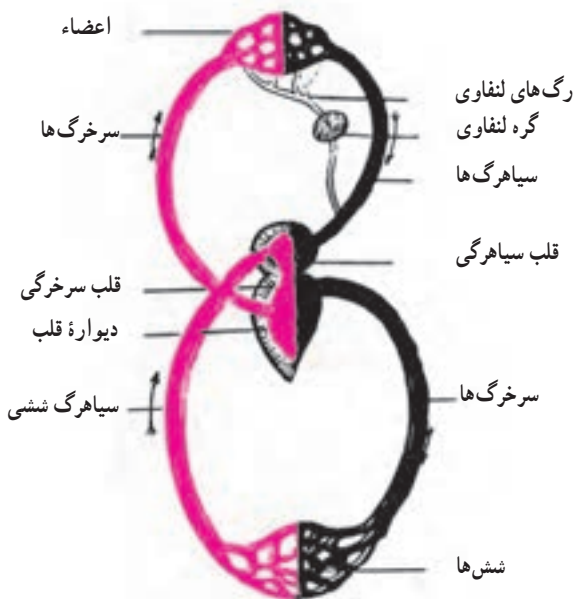
---

۱- Artery

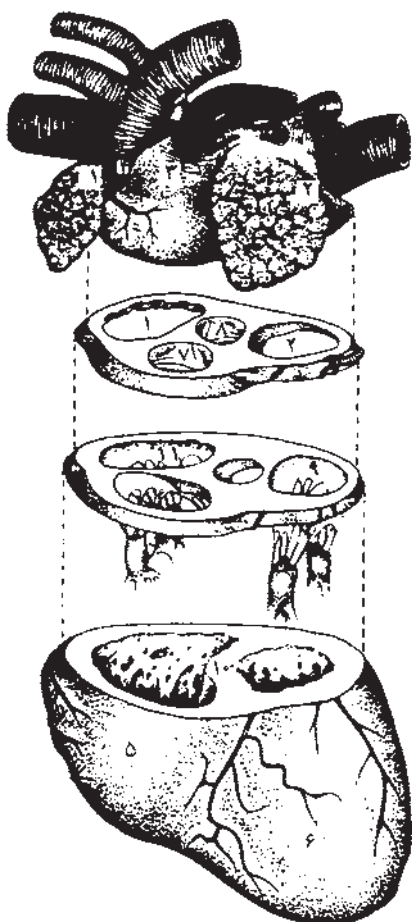
۲- Vein



شکل ۱-۴ - قلب های مجزا



شکل ۲-۴ - قلب های متصل به هم



- ۱- دهلیز راست
- ۲- دهلیز چپ
- ۳- سرخرگ ششی
- ۴- سرخرگ آئورت
- ۵- بطن راست
- ۶- بطن چپ
- ۷- دریچه سرخرگ آئورت
- ۸- دریچه سرخرگ ششی
- ۹- دریچه دولتی (میترال)
- ۱۰- جدار بین بطنی
- ۱۱- دریچه سه‌لته

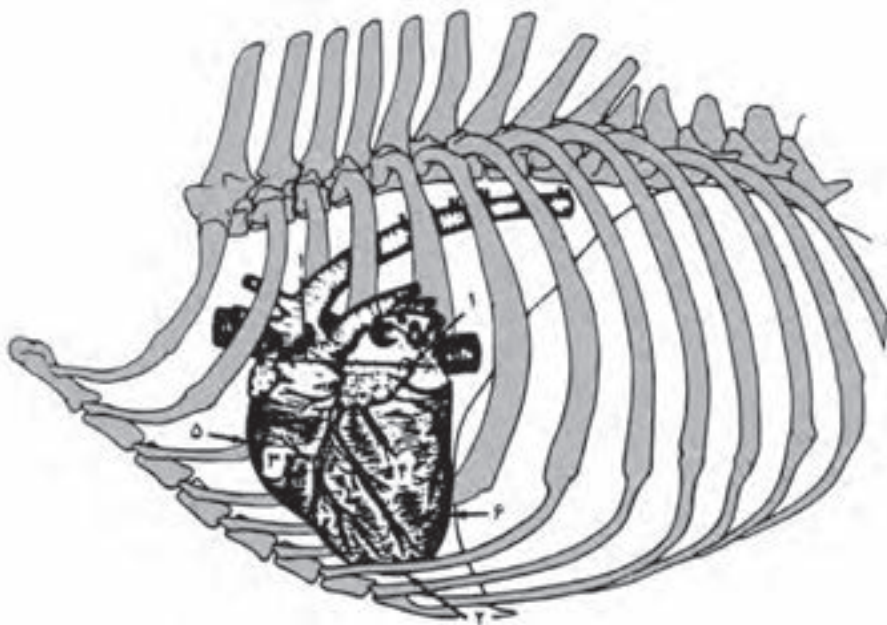
شکل ۳-۴- نمای مقطع عرضی قلب



شکل ۴-۴- قلب‌های اسب و گاو

## قلب

عضو اصلی دستگاه گردش خون است و عبارت از یک پمپ ماهیچه‌ای است که در حفره قفسه سینه، در یک پرده دو لایه به نام آبشامه قلب «پریکارد» قرار دارد. این پرده، قلب را از بقیه اعضای داخلی سینه، جدا می‌کند. شش‌ها، قلب را در برمی‌گیرند. قلب، مخروطی شکل است به طوری که قاعده آن از دهلیزها و تنه رگ‌های بزرگ تشکیل شده است و در بالا و جلوی قفسه سینه قرار دارد. رأس قلب عقب به طرف پایین و کمی به سمت چپ تمایل دارد. قلب، تقریباً در زیر دنده سوم تا ششم جای دارد. به طوری که  $\frac{3}{5}$  آن به طرف چپ کشیده شده است (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- نمای قلب و رگ‌های اصلی در قفسه سینه

۱- قاعده قلب ۲- رأس قلب ۳- بطن راست ۴- بطن چپ ۵- لبه راست قلب ۶- لبه چپ قلب

در پرندگان و پستانداران، قلب از طول به دو قسمت مجزاً تقسیم می‌شود: قلب راست و قلب چپ. در حیوانات، قلب راست و چپ، به صورت یک عضو واحد درآمده است که فقط به وسیله یک دیواره از هم جدا شده‌اند. هر قسمت چپ و یا راست قلب، دارای دو حفره است. یکی در بالا به نام «دهلیز» و دیگری در پایین به نام «بطن». ارتباط بین دهلیز راست و بطن راست، به وسیله دریچه سه‌لته و ارتباط بین دهلیز چپ و بطن چپ، به وسیله دریچه دولتی (میترال) برقرار می‌شود. ضمناً هیچ‌گونه ارتباطی بین دو دهلیز و دو بطن وجود ندارد؛ مگر در زمان جنینی، که بین دهلیز راست و دهلیز چپ و بطن راست و چپ به وسیله سوراخی ارتباط وجود دارد. این سوراخ، پس از تولد، مسدود می‌گردد و این ارتباط‌ها نیز قطع می‌شود.

هر قلب از دو بخش تشکیل شده است:

**الف) بخش دهلیزی** که شامل دهلیز راست و دهلیز چپ است.

**ب) بخش بطنی** که شامل بطن راست و بطن چپ است.

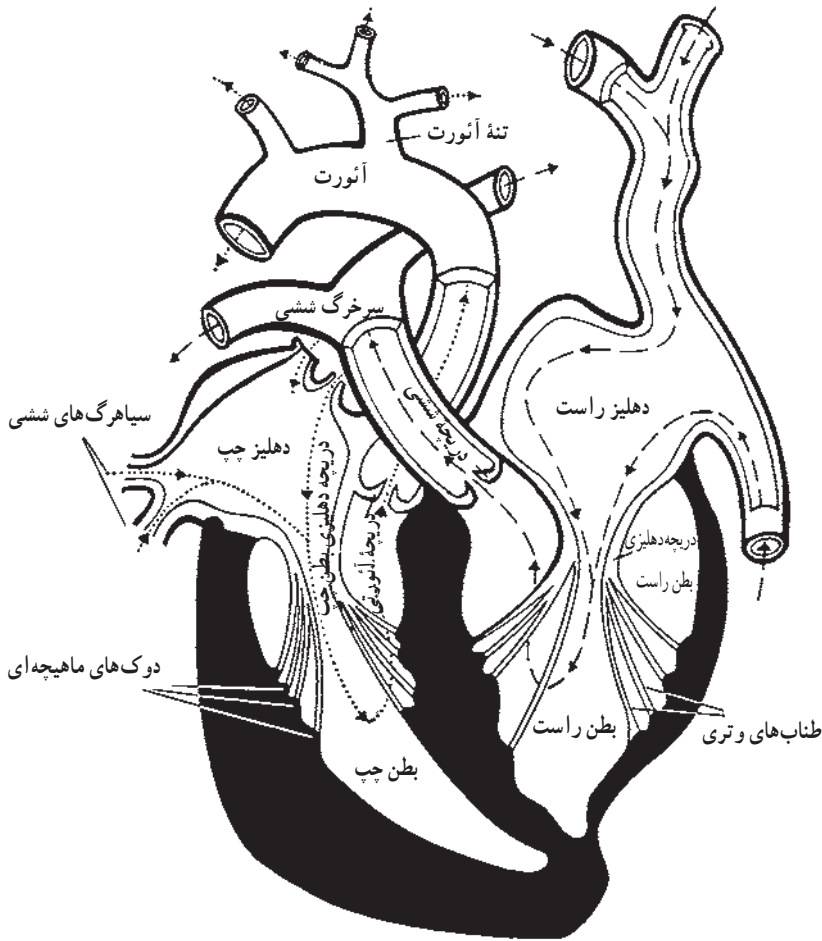
**دهلیز راست:** در سمت راست و عقب حفره سینه قرار دارد و سیاهرگ‌های بزرگ زیرین و زبرین به آن وارد می‌شوند.

**دهلیز چپ:** تقریباً همان تقسیم‌بندی دهلیز راست را دارد با این تفاوت که کوچکتر از دهلیز راست است و سیاهرگ‌های ششی به آن وارد می‌شوند.

**بطن راست:** در سمت راست و عقب حفره سینه قرار دارد. از خصوصیات بطن راست این است که دیواره اش نسبت به بطن چپ نازکتر است. بطن راست روی بطن چپ سوار است. بطن راست به وسیله دریچه ای به نام «دریچه سه‌لته» به دهلیز راست متصل می‌شود. این دریچه دارای تعدادی «لت» است که با هم جمع شده، در مجموع سه لت را می‌سازند. هر لت دریچه سه‌لته به وسیله تعدادی رشته به نام «طناب‌های وَتَری» به دیواره بطن راست وصل شده است. در بطن راست ماهیچه‌های دیگری نیز وجود دارند که چون به صورت رشته هستند، به آن‌ها رشته‌های ماهیچه‌ای گفته می‌شود. تعداد این ماهیچه‌ها، بیشتر از تعداد آن‌ها در بطن چپ است. به بطن راست، تنه ششی مرتبط می‌شود که سرخرگ‌های ششی از آن سرچشمه می‌گیرند. محل ارتباط بطن راست با تنه ششی را «مخروط قلبی یا سرخرگی» گویند که دارای دریچه‌ای به نام «دریچه نیمه‌هلالی» است و از بازگشت خون به سرخرگ‌های ششی جلوگیری می‌کند.

**بطن چپ:** در سمت چپ و عقب حفره سینه قرار دارد. بطن چپ، بزرگتر از بطن راست می‌باشد و نوک قلب را تشکیل می‌دهد. بطن چپ، تمام تقسیمات داخلی بطن راست را دارد. ارتباط

بین دهلیز چپ و بطن چپ به وسیله دریچه دولتی برقرار می‌شود.  
 ارتباط سرخرگ آئورت با بطن چپ به وسیله تنه آئورتی برقرار می‌شود. در مبدأ آئورت دریچه  
 نیمه هلالی وجود دارد که از بازگشت خون به بطن چپ، جلوگیری می‌کند (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴- نمایش حفره‌های قلب، مسیرهای حرکت خون و تنه‌های مهم رگ‌ها

ساختمان کلی قلب، از خارج به داخل، شامل لایه‌های زیر می‌باشد :

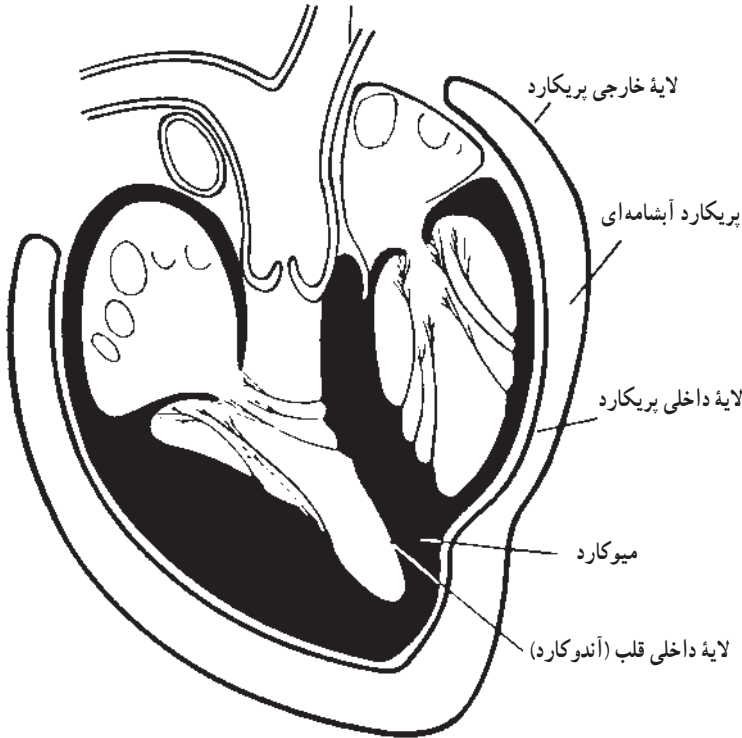
۱- پریکارد<sup>۱</sup> : پرده اطراف قلب است. این پرده، دور قلب را گرفته، به صورت دو لایه می‌باشد و قلب در آن شناور است و تنها ریشه رگ‌های بزرگ از این پرده خارج شده‌اند. بین دو لایه پریکارد، مایع آبشامه‌ای وجود دارد که حرکات قلب را تسهیل می‌کند. این مایع را «آبشامه قلب» گویند.

۲- لایه خارجی : لایه خارجی قلب است.

۳- لایه ماهیچه‌ای<sup>۲</sup> : شامل ماهیچه‌های قلب است که در بخش بطن‌ها ضخیم‌تر از بخش دهلیزها می‌باشد.

۴- لایه داخلی<sup>۳</sup> : لایه بسیار نازکی است که سطح داخلی لایه ماهیچه‌ای را در همه جای حفره داخلی قلب مفروش می‌سازد. این لایه، حتی در داخل رگ‌های بزرگ نیز ادامه پیدا می‌کند. دریچه‌های قلبی از لایه داخلی، سرچشمه می‌گیرند.

لایه داخلی مجاری خون (رگ‌ها)



شکل ۷-۴- نمایش اجزای مختلف ساختمان قلب



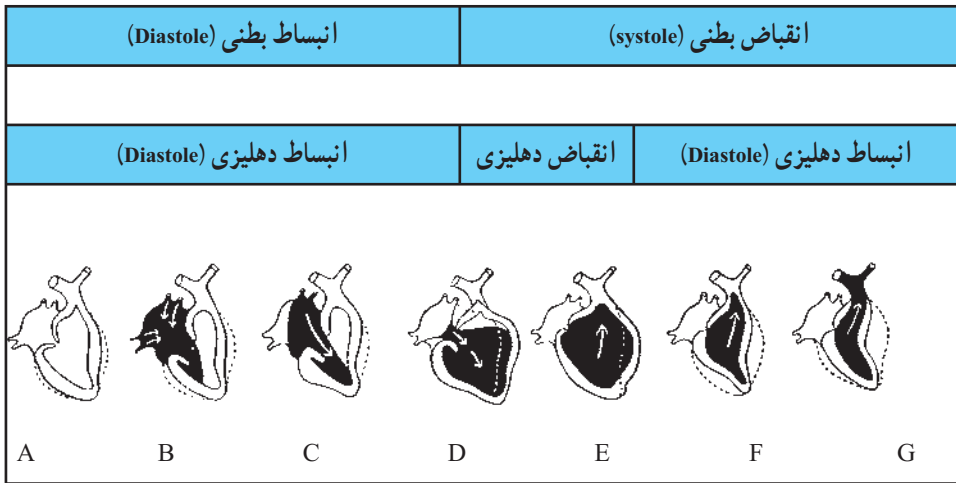
## فیزیولوژی قلب

قلب با انقباضات منظم خود، به کمک سرخرگ‌ها خون را به تمام اعضای بدن پخش می‌کند. پس از آن، سیاهرگ‌ها، خون را از اعضا به قلب باز می‌گردانند. عمل قلب، شامل مراحل زیر است:

۱- مرحله انقباض قلب (دیاستول): در این مرحله، حفره‌های قلب از خون پر می‌شوند.

۲- مرحله انقباض (سیستول): در این زمان، خون از قلب خارج شده، به درون سرخرگ‌ها

رانده می‌شود (شکل ۸-۴).



شکل ۸-۴- نمایش مراحل مختلف عمل قلب

A- استراحت همزمان      B- برشدن سریع دهلیز      C- انقباض بطن

D- انقباض دهلیز      E- انقباض همزمان بطن‌ها      F-G- تخلیه سریع خون

## عمل تلمبه‌ای بطن‌ها

در هنگام انقباض بطن‌ها، دریچه‌های نیمه‌هلالی (آئورتی و ششی) بسته می‌شوند و دریچه‌های دولتی و سه‌لته (دهلیزی - بطنی) باز می‌مانند. چون این دریچه‌ها در حال انقباض، به اندازه کافی باز هستند و تقریباً مقاومتی در برابر جریان خون ندارند. خون در هنگام انقباض بطنی به داخل بطن‌ها جریان می‌یابد و آن‌ها را پر می‌کند. وقتی که بطن‌ها بتدریج بر اثر پرشدن خون، گشاد می‌شوند، دریچه‌های دولتی و سه‌لته به حالت بسته درمی‌آیند.

در هنگام انقباض بطن‌ها، دریچه‌های دولتی و سه‌لته کاملاً بسته می‌شوند و دریچه‌های نیمه‌هلالی باز می‌مانند، در این زمان تخلیه بطنی با خروج خون از بطن‌ها شروع می‌شود. به محض این که

بطن‌ها کاملاً منقبض شدند، فشار داخل بطنی کاهش می‌یابد و دریچه‌های نیمه‌هلالی بسته می‌شوند. سپس دریچه‌های دولتی و سه‌لته باز شده و پرشدن بطن از خون مجدداً امکان‌پذیر می‌شود.



پایان انقباض  
(دیاستول)

انقباض دهلیزی  
(سیستول)

شروع انقباض بطن‌ها



انقباض کامل بطن‌ها

شروع انقباض بطن‌ها

شکل ۹-۴- جریان خون در قلب و رگ‌های بزرگ

قسمت‌هایی از قلب که در هر مرحله منقبض می‌شوند با رنگ سیاه مشخص شده‌اند.

## صداهای قلب

در حالت طبیعی در هر دوره کامل قلب، دو نوع صدا شنیده می‌شود:

صدای اول قلب: که عبارت است از یک صدای بم و اندکی طولانی، مانند تلفظ کلمه

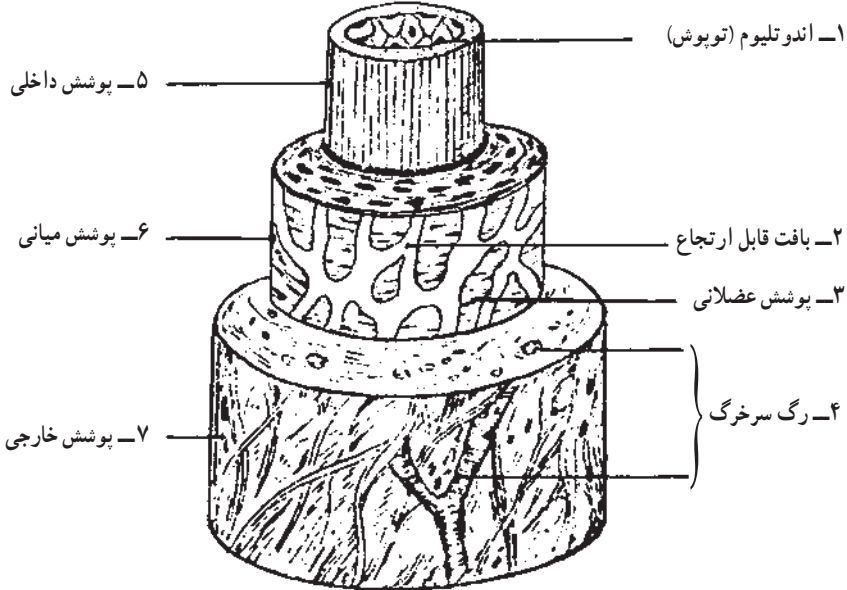
انگلیسی (Lub) که ناشی از ارتعاشات تولید شده از بسته شدن ناگهانی دریچه‌های دولتی و سه‌لته در شروع انقباض بطنی است.

صدای دوم قلب: یک صدای زیر و کوتاه، مانند تلفظ کلمه انگلیسی (Dup) که ناشی از

ارتعاشات مربوط به بسته شدن ناگهانی دریچه‌های نیمه‌هلالی، در پایان انقباض بطنی و شروع انقباض بطنی است.

## سرخرگ‌ها (شریان‌ها)

سرخرگ‌ها را می‌توان رگ‌های برنده خون از قلب نامید. یعنی رگ‌هایی که از طریق آن‌ها، خون از قلب به اعضای بدن برده می‌شود. سرخرگ‌های گردش خون عمومی، حاوی خون روشن و سرخرگ‌های گردش خون ششی، حاوی خون تیره می‌باشند.



شکل ۱۰-۴ شمای ساختمان سرخرگ‌ها



شکل ۱۲-۴ سرخرگ‌های

دست گوسفند



شکل ۱۱-۴ سرخرگ‌های سر بز

## سیاهرگ‌ها (وریدها)

سیاهرگ‌ها مجاری هستند که شکلشان تا حدودی گره‌دار است و دارای انشعابات متفاوت می‌باشند. این رگ‌ها، خونی را که به وسیله سرخرگ‌ها به اعضای بدن فرستاده شده، از مویرگ‌ها جمع‌آوری می‌کنند و به قلب برمی‌گردانند. سیاهرگ‌ها، مانند سرخرگ‌ها به دو دسته، سیاهرگ‌های گردش خون ششی و سیاهرگ‌های گردش خون عمومی تقسیم می‌شوند.

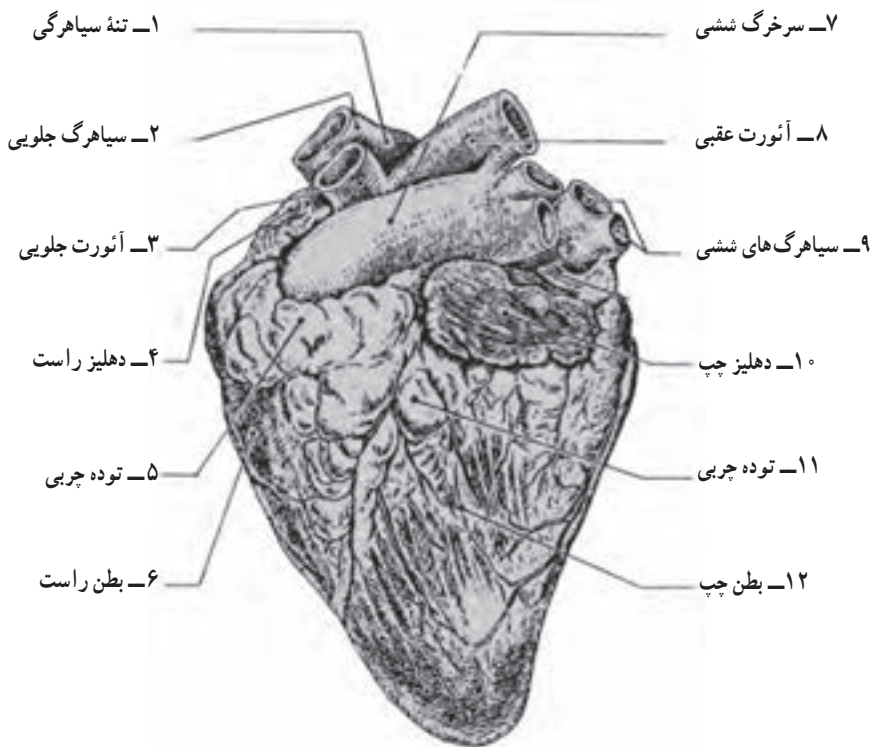
سیاهرگ‌های دسته اول که از شش‌ها برمی‌گردند، حاوی خون روشن بوده، به دهلیز چپ منتهی می‌شوند. سیاهرگ‌های دسته دوم، از داخل تمامی اعضای بدن حتی خود شش‌ها خارج می‌شوند. این رگ‌ها، حامل خون تیره بوده و به دهلیز راست منتهی می‌شوند.

وضع عمومی سیاهرگ‌ها: سیاهرگ‌ها به وسیله شاخه‌های کوچک و بسیار باریکی در دنباله مویرگ‌ها قرار می‌گیرند. سیاهرگ‌های کوچک به یکدیگر ملحق شده، رگ‌های بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند تا این‌که سرانجام به وسیله تعدادی تنه سیاهرگی به دهلیزها منتهی می‌شوند. سیاهرگ‌های گردش خون عمومی به وسیله دو تنه اصلی به دهلیز راست ختم می‌شوند و سیاهرگ‌های گردش خون ششی، به وسیله چهار یا شش رگ متمایز به نام «سیاهرگ‌های ششی» به دهلیز چپ می‌رسند (شکل ۱۳-۴).

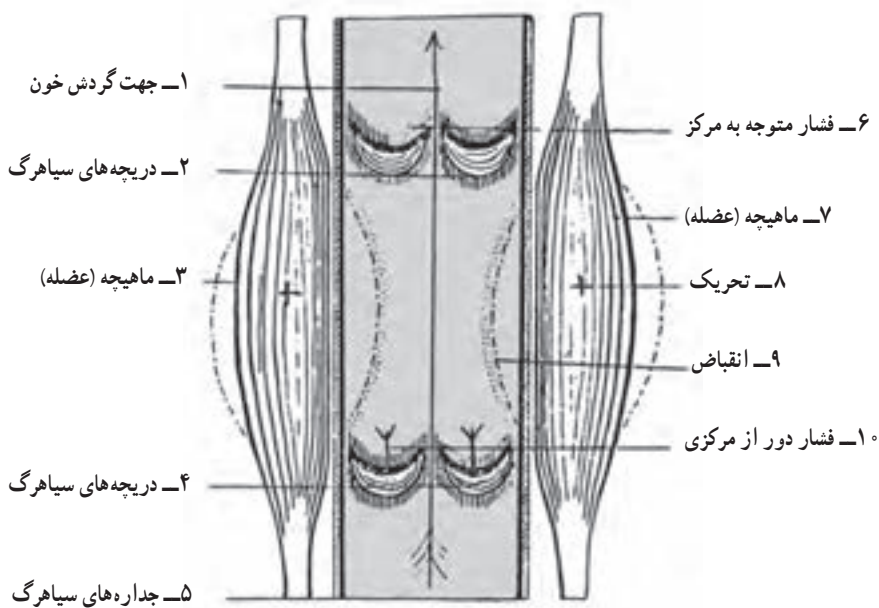
شکل سیاهرگ‌ها: سیاهرگ‌ها موقعی که پر از خون باشند، استوانه‌ای شکل هستند و هرگاه کشیده شوند، منظره گره‌داری پیدا می‌کنند. این گره‌ها به واسطه وجود دریچه‌هایی در داخل آن‌ها می‌باشند. دیواره سیاهرگ‌ها در زمان خالی بودن از خون، روی هم خوابیده، پهن می‌شوند. حال آن‌که سرخرگ‌ها، همواره شکل استوانه‌ای خود را حفظ می‌کنند.

## ساختمان سیاهرگ‌ها

دیواره سیاهرگ‌ها، معمولاً نازک و تا اندازه‌ای شفاف، الاستیک و انبساط‌پذیر می‌باشد. این دیواره در اثر بیچاندن، بیش‌تر از سرخرگ‌ها در مقابل پاره‌شدن، مقاومت نشان می‌دهد. ساختمان سیاهرگ‌ها، بسیار متفاوت است و به‌طور کلی دارای دو نوع پوشش می‌باشد: پوشش داخلی و پوشش خارجی.

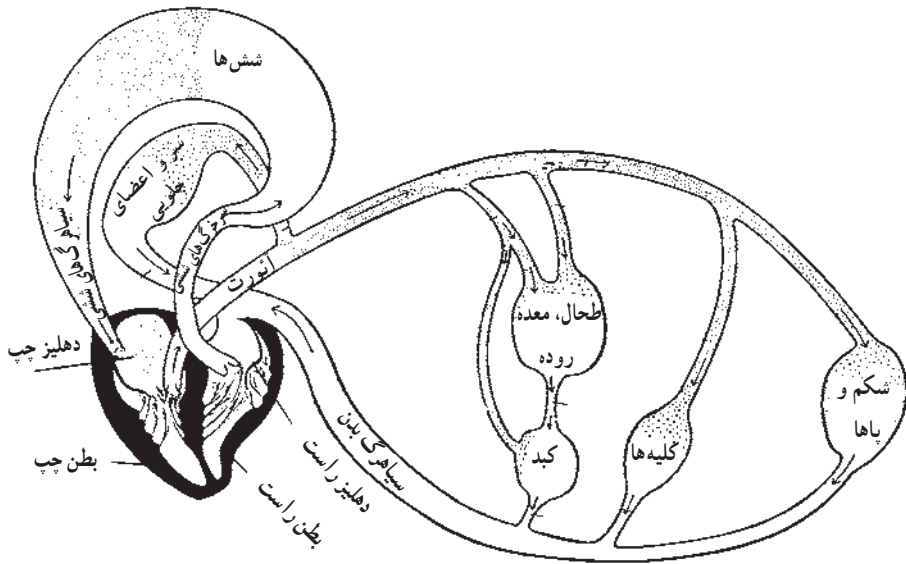


شکل ۱۳-۴- نمای چپ قلب گاو



شکل ۱۴-۴- شمای عمل دریچه های سیاهرگی

**مسیر گردش خون :** خونی که از دهلیز چپ وارد بطن چپ می شود، به وسیله سرخرگ آئورت و شاخه هایش به تمام اعضای بدن می رود و در خاتمه، به وسیله سیاهرگ های بدن به دهلیز راست باز می گردد. این بخش از جریان خون را «گردش خون بزرگ» گویند. خون دهلیز راست به بطن راست وارد می شود و از این جا به وسیله سرخرگ ششی به طرف شش ها رانده می شود. در شش ها پس از تبادلات گازی، خون به وسیله سیاهرگ ششی به دهلیز چپ وارد می شود. این قسمت از گردش خون را «گردش خون کوچک» گویند (شکل ۱۵-۴).



شکل ۱۵-۴- نمایش گردش بزرگ و کوچک خون

## خون

خون مایعی است که در آن سلول هایی به نام گلبول (گویچه) شناورند. خون، یکی از بافت های مهم بدن به شمار می رود و پلاسما به منزله مایع بین سلولی این بافت است. به طور کلی اندام های در حال فعالیت، بیش تر از اندام های در حال استراحت خون دارند. ترکیبات شیمیایی متعددی در خون وجود دارد که اعمال فیزیولوژیک مهم و حیاتی بدن را عهده دار است. مهم ترین این اعمال، عبارتند از :

- ۱- انتقال اکسیژن از شش ها به بافت های بدن.
- ۲- انتقال انیدرید کربنیک ( $CO_2$ ) از بافت ها به شش ها.
- ۳- انتقال مواد غذایی جذب شده از دستگاه گوارشی به بافت های بدن.

- ۴- انتقال موادّ زاید از بافت‌ها به اندام‌های دفعی مانند کلیه‌ها.
- ۵- انتقال کاتالیزورها (آنزیم‌ها)ی حیاتی در بدن.
- ۶- انتقال هورمون‌ها و سایر عوامل تنظیم‌کنندهٔ فعالیت سلولی.
- ۷- تنظیم درجهٔ حرارت بدن.
- ۸- دفاع در مقابل عوامل بیماری‌زا.

### خواصّ عمومی خون

رنگ خون به واسطهٔ وجود گلبول‌ها، کدر می‌باشد، رنگ خون سرخ‌رنگی که اکسیژن بیش‌تری دارد، سرخ درخشان است و برعکس، خون سیاهرنگی که اکسیژن آن کمتر است، قرمز تیره می‌باشد. pH خون، کمی قلیایی است (pH=۷/۴).

### سلول‌های خون

سلول‌های خون گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز و پلاکت‌ها می‌باشند که در پلاسما به حال تعلیق قرار گرفته‌اند. پلاسما، حدود ۵۵ درصد حجم خون را تشکیل می‌دهد.

### گلبول‌های قرمز<sup>۱</sup>

مهم‌ترین اعمال گلبول‌های قرمز، رسانیدن اکسیژن از شش‌ها به بافت‌های مختلف بدن و انتقال گاز کربنیک از بافت‌های بدن به شش‌ها می‌باشد، هم‌چنین گلبول‌های قرمز، به دلیل داشتن مقادیر زیادی هموگلوبین و الکترولیت‌ها، خاصیت بافری (تامپون)ی به خون می‌دهند. تعداد گلبول‌های قرمز برحسب میلیون در هر میلی‌متر مکعب خون در حیوانات مختلف، به قرار زیر است:

اسب = ۹/۵

گاو = ۷

گوسفند = ۸

بز = ۱۶

مرغ = ۳

خروس = ۳/۷

۱- اریتروسیت‌ها (Erythrocytes)

## محل ساخته شدن گلبول قرمز

در چند هفته اول زندگی جنینی، گلبول‌های قرمز به وسیله کیسه زرده ساخته می‌شوند. در اواسط دوره آبدستی، عضو اصلی سازنده گلبول‌های قرمز، کبد است. در همین حال، مقدار قابل ملاحظه‌ای گلبول قرمز به وسیله طحال و غدد لنفی نیز ساخته می‌شود. سپس در ماه‌های آخر آبدستی و پس از تولد، گلبول‌های قرمز، بیشتر به وسیله مغز استخوان ساخته می‌شوند. بعد از دوران بلوغ، مغز استخوان‌هایی مثل مهره و استخوان جناغ سینه و دنده‌ها، گلبول قرمز می‌سازند. طول عمر گلبول قرمز در بدن حدود ۱۲۰ تا ۱۴۵ روز می‌باشد.

**هموگلوبین:** حمل‌کننده اکسیژن در گلبول‌های قرمز مهره‌داران می‌باشد. هموگلوبین یک پروتئینی است که حاوی یک قسمت به نام هم (heme) است که با بخش گلوبین مولکول هموگلوبین را تشکیل می‌دهد. در واکنش ترکیب هموگلوبین با اکسیژن، اکسی هموگلوبین حاصل می‌شود. این واکنش سریع است و در کمتر از یک صدم ثانیه انجام می‌گیرد. هم‌چنین، این واکنش بسیار ناپایدار و برگشت پذیر است. در مویرگ‌های ششی که فشار اکسیژن زیاد است، گاز  $O_2$  با هموگلوبین، به سرعت ترکیب شده، ولی در مویرگ‌های بافتی که فشار اکسیژن بسیار پایین است، سبب آزاد شدن اکسیژن می‌گردد. این پدیده، مبنای انتقال اکسیژن در بدن است.

## گلبول‌های سفید خون (لکوسیت‌ها)<sup>۱</sup>

گلبول‌های سفید، سلول‌های هسته‌دار و واحدهای متحرک سیستم دفاعی بدن می‌باشند. گلبول‌های سفید، به کمک حرکات آمیبی خود، می‌توانند از جدار مویرگ‌ها عبور کرده، عوامل خارجی از جمله میکروب‌ها را احاطه و نابود کنند. این عمل گلبول‌های سفید که بیگانه‌خواری نامیده می‌شود، از نظر سیستم دفاعی بدن بسیار حایز اهمیت است. عده‌ای از این گلبول‌ها، در مغز استخوان و عده دیگر در گروه‌های لنفاوی بدن ساخته می‌شوند. گلبول‌های سفید، پس از ساخته شدن، وارد جریان خون می‌شوند و به نقاطی از بدن که وجودشان ضروری است، انتقال می‌یابند. ارزش واقعی گلبول‌های سفید، در سرعت انتقال و تمرکز آن‌ها در نقاطی از بدن است که آسیب دیده باشد. با این عمل، گلبول‌های سفید یک سد دفاعی قابل اطمینان در مقابل عوامل خارجی ایجاد می‌کنند.



## انواع گلبول‌های سفید خون

به‌طور کلی گلبول‌های سفید خون را به دو دسته تقسیم کرده‌اند:

۱- دسته اول گلبول‌های سفیدی که دارای سیتوپلاسم دانه‌دار می‌باشند و به همین دلیل آن‌ها را «گرانولوسیت» نیز می‌نامند. برحسب این‌که این دانه‌ها در رنگ‌آمیزی‌های اختصاصی چه رنگی را به خود جذب می‌کنند، آن‌ها را نوتروفیل (خشکی)، بازوفیل (قلیایی) و ائوزینوفیل (اسیدی) نامگذاری کرده‌اند.

۲- دسته دوم گلبول‌های سفیدی هستند که در ساختمان خود فاقد دانه هستند و شامل لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها می‌باشند.

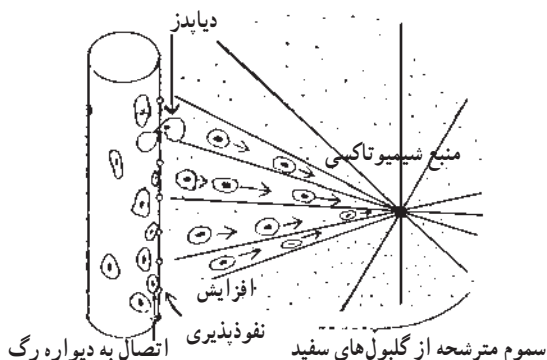
قطر گلبول‌های سفید خون، اغلب بزرگ‌تر از قطر روزنه‌های جدار مویرگ‌های خونی می‌باشد. بنابراین، سلول‌های فوق در حین عبور از این دیواره، تغییر شکل زیادی حاصل می‌کنند.

**عمر گلبول سفید خون:** مدت زمانی که گلبول‌های سفید در خون باقی می‌مانند، به درستی معلوم نیست. به دلیل آن‌که گلبول‌های سفید، به آسانی از مغز استخوان به بافت‌های لنفاوی و سایر نقاط بدن که مورد نیاز است، منتقل می‌شوند. بنابراین، باید انتظار داشت که عمرشان در خون کوتاه باشد. طول عمر مونوسیت‌ها به درستی شناخته شده نیست. مدت زندگی لنفوسیت‌ها کمتر از ۲۴ ساعت بوده، به‌طور مرتب از گره‌های لنفاوی وارد جریان خون می‌شوند.

## خواص گلبول‌های سفید خون

**الف) دیapedz<sup>۱</sup> و حرکت آمیبی:** گلبول‌های سفید می‌توانند با عمل دیapedz از روزنه‌های موجود در دیواره مویرگ‌ها عبور کنند و حال آن‌که اندازه روزنه جدار مویرگ، کوچک‌تر از اندازه گلبول سفید می‌باشد. با این حال در یک زمان، قسمت کوچکی از گلبول سفید در این روزنه می‌لغزد و بقیه قسمت‌های سلول لحظه به لحظه منقبض می‌شوند تا اندازه آن کوچک‌تر از روزنه مزبور می‌شود. بدین ترتیب، گلبول سفید می‌تواند از این روزنه عبور کند، این عمل را «دیapedz» گویند.

هنگامی که گلبول‌های سفید به بافت مورد نظر رسیدند. نوتروفیل‌ها و بازوفیل‌ها با ایجاد پای کاذب می‌توانند در بافت حرکت کنند. بعضی از این‌ها می‌توانند به اندازه سه برابر طول خود در دقیقه حرکت کنند. این حرکت را حرکت آمیبی گویند (شکل ۱۶-۴).



شکل ۱۶-۴- نمایش شماتیک دیابندز و شیمیوتاکسی

ب) پدیده شیمیوتاکسی<sup>۱</sup>: بعضی از مواد شیمیایی و یا سموم موجود در بافت‌ها، سبب می‌شوند که گلبول‌های سفید به طرف ماده شیمیایی یا سموم حرکت کرده، یا از آن‌ها دور شوند. این پدیده را «شیمیوتاکسی» گویند.

ج) بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز)<sup>۲</sup>: مهم‌ترین وظیفه نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها در بدن، بیگانه‌خواریست، یعنی، هضم مواد خارجی به وسیله این سلول‌ها انجام می‌گیرد.

اُوزینوفیل‌ها کم‌تر از نوتروفیل‌ها دارای این خاصیت هستند. بازوفیل و لنفوسیت‌ها تقریباً بیگانه‌خوار نیستند. قدرت بیگانه‌خواری مونوسیت‌ها، خیلی بیشتر از قدرت بیگانه‌خواری نوتروفیل‌هاست. اغلب مونوسیت‌ها با عمل فاگوسیتوز خود قادرند، ذرات بزرگی را که ۵ برابر ذراتی است که نوتروفیل‌ها می‌خورند احاطه کرده و بلعند. بیگانه‌خوارها آن قدر به بلع و هضم مواد خارجی ادامه می‌دهند تا مواد حاصل از خوردن ذرات خارجی در درون سیتوپلاسم آن‌ها جمع شده، موجب از بین بردن خود بیگانه‌خوار شوند. مثلاً نوتروفیل در یک عمل فاگوسیتوز، قبل از این که خودش از بین برود، ۵-۲۵ باکتری را می‌خورد و یا مونوسیت در یک عمل فاگوسیتوز، تا قبل از مرگ خود، در حدود صد باکتری را می‌بلعد.

پلاکت‌ها: پلاکت‌ها اجسام کوچک دانه‌داری به قطر ۴-۲ میکرون هستند. تعداد پلاکت‌ها در حدود ۳۰۰ هزار در هر میلی‌متر مکعب خون می‌باشد. پلاکت‌ها نیز در مغز استخوان ساخته می‌شوند. عمر پلاکت‌ها به طور طبیعی در حدود چهار روز است و عمل اساسی آن‌ها، شرکت در پدیده انعقاد خون می‌باشد. در ساختمان پلاکت‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها (بخصوص فسفولیپیدها)، آنزیم‌های مختلف

۱- Chemo Taxi

۲- Phagocytosis

و مواد معدنی مشاهده می‌شوند. از جمله مواد موجود در پلاکت‌ها که موجب انقباض رگ‌ها می‌شوند «سروتونین» است که عامل جلوگیری کننده از ادامه خونریزی می‌باشد. این ماده، موجب التیام زخم ایجاد شده در رگ‌ها می‌شود.

**پلازما:** بخش مایع خون، پلازما نام دارد و حاوی یون‌ها، مواد معدنی و مولکول‌های آلی می‌باشد. پلازما با عبور از قسمت‌های مختلف، باعث انتقال سایر مواد به بافت‌های بدن می‌شود. حجم طبیعی پلازما، ۵۵ درصد حجم خون است. پلازما حدود ۵ درصد وزن بدن را تشکیل می‌دهد. چنان‌چه پلازما برای مدتی بی‌حرکت در بیرون از بدن قرار گیرد، لخته می‌شود. پلازما، تنها در صورتی مایع باقی خواهد ماند که یک ماده ضد انعقاد به آن اضافه شود. اگر خون کاملاً لخته شود و لخته را از آن جدا کنیم، مایع باقیمانده «سرم» نامیده می‌شود. سرم دارای همان ترکیبات پلاسماست ولی فاکتورهای ضد انعقادی از آن حذف شده‌اند. پروتئین‌های پلازما شامل آلبومین، گلوبولین و فیبروزن می‌باشند. pH طبیعی پلازما ۷/۴ می‌باشد.

## فیزیولوژی دستگاه لنفاوی

دستگاه لنفاوی، یک مسیر فرعی حرکت مایع از فضاها بین سلولی و نیز حرکت ملکول‌های درشت مانند پروتئین‌ها به طرف خون است. مهم‌ترین عمل رگ‌های لنفاوی، خارج کردن ذرات بزرگ مواد تخریب شده بافتی، از فضاها بین سلولی می‌باشد.

**مجاری لنفی:** تنها چند بافت در بدن فاقد مجاری لنفی می‌باشند که عبارتند از:

۱- قسمت‌های سطحی پوست.

۲- دستگاه عصبی مرکزی.

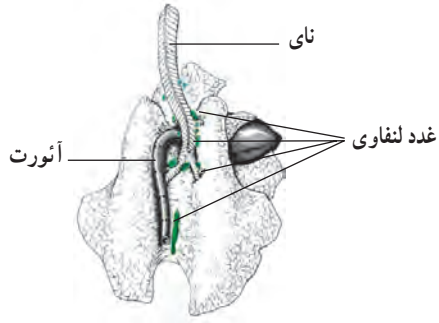
۳- استخوان‌ها.

در سایر بافت‌ها و نقاط بدن، این مجاری وجود دارند. اصولاً تمامی لنف، به خصوص در ناحیه تحتانی بدن، به سیستم سیاهرگی می‌ریزند.

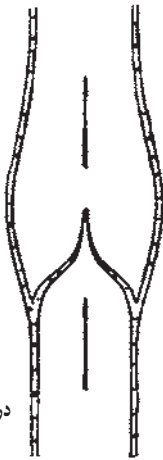
**تشکیل لنف:** ترکیب لنف، چیزی غیر از مایع بین سلولی نیست. این مایع، در دستگاه لنفاوی تصفیه می‌شود. بنابراین تنها فرق بین لنف و پلازما، این است که غلظت پروتئین‌های آن کم‌تر است ولی سایر ترکیباتش مشابه پلازما می‌باشد. مجاری لنفی یکی از راه‌های اصلی جذب مواد در دستگاه گوارش بوده، وظیفه اصلی آن‌ها جذب چربی‌هاست. اصولاً تمامی چربی‌هایی که به وسیله پرزهای روده جذب می‌شوند، از طریق مجاری لنفی به سیاهرگ‌ها و از آن‌جا به جریان خون وارد می‌گردند.



شکل ۱۸-۴- غده لنفاوی سر و قسمت جلویی گردن گاو



شکل ۱۷-۴- غده لنفاوی ریه گاو



لنفاوی

دریچه‌های لنفاوی

شکل ۱۹-۴- نمایش  
دریچه‌های لنفاوی

### حرکت لنف در مجاری لنفی (تلمبه لنفی): در تمام مجاری

لنفی، حتی کوچک‌ترین آن‌ها که روزنه‌های لنفی به آن‌ها متصل می‌شوند، دریچه‌های لنفی وجود دارند (شکل ۱۹-۴). وجود این دریچه‌ها باعث یک سوسودن جریان لنف می‌شود. هر فشاری که بر روی رگ‌های لنفی وارد می‌شود، حکم یک تلمبه موضعی را دارد که لنف را تدریجاً به طرف دستگاه گردش خون می‌راند. این پدیده را «تلمبه لنفی» می‌گویند. واضح است که فعالیت‌های شدید بدنی، سرعت جریان لنف را بیش‌تر می‌کند. در شرایط استراحت، این سرعت کم‌تر می‌شود.

سیستم لنفاوی به‌عنوان یک میوفرعی برای جذب مایعات بین سلولی به داخل جریان خون است. هم‌چنین توسط این سیستم پروتئین‌ها و ذرات درشت (چربی‌ها) که معمولاً نمی‌توانند توسط جریان مستقیم از مویرگ وارد جریان خون شوند، جابجا می‌شوند. جذب پروتئین‌ها از فضاهای بین سلول به جریان خون یکی از وظایف حیاتی مجاری لنفاوی است. اصولاً تمام چربی‌هایی که به وسیله پرزهای روده جذب می‌شوند، از طریق مجاری لنفاوی به سیاهرگ‌ها و از آنجا به جریان خون وارد می‌گردند.

سیستم لنفاوی هم‌چنین یکی از راه‌های عمده جذب مواد غذایی از دستگاه گوارشی خصوصاً برای چربی‌هاست.

سرعت لنف در رگ‌های لنفاوی تابع دو عامل است: ۱- فشار مایع بین سلولی ۲- میزان فعالیت تلمبه لنفی.

## گره‌های لنفاوی و تصفیهٔ لنف

گره‌های لنفاوی، سیستم‌هایی هستند که مانند یک صافی عمل کرده، مانع ورود مواد خارجی<sup>۱</sup> به دستگاه گردش خون می‌شوند. در داخل گره‌های لنفاوی، سلول‌های بیگانه خوار وجود دارند. این سلول‌ها، قادر به هضم ذرات خارجی بوده، آن‌ها را قبل از ورود به خون از جریان لنف خارج می‌کنند. علاوه بر تصفیهٔ لنف، گره‌های لنفاوی قادر به ساختن مواد ایمنی بخش می‌باشند. بدین ترتیب که وقتی میکروبی وارد گره‌های لنفاوی می‌شود، ابتدا هضم می‌شود و سپس پادتن<sup>۲</sup> مخصوص آن تولید و به دستگاه گردش خون می‌ریزد تا سموم حاصل از میکروب مورد نظر را خنثی کند. این عمل گره‌های لنفاوی، یکی از مهم‌ترین اعمال ایمن‌سازی در بدن است. هنگام افزایش فعالیت ایمن‌سازی در بدن، گره‌های لنفاوی، بزرگ‌تر از حالت طبیعی خود می‌شوند. مثلاً در بیماری تیلریوز گاوی، حجم گره‌های لنفاوی افزایش می‌یابد. بزرگ‌ترین گره‌های لنفاوی در بدن گاو و گوسفند، گره‌های لنفاوی پیش‌رانی (در جلو بدن) و پیش‌کنفی می‌باشند.

### سیستم دفاعی بدن

شامل بافت‌ها و سلول‌هایی است که قادر به بلع باکتری‌ها، ویروس‌ها و اجسام خارجی می‌باشند و نیز می‌توانند بر علیه این عوامل پادتن بسازند. اجزای این سیستم، عبارتند از:

۱- سلول‌های بیگانه‌خوار مغز استخوان، طحال، کبد و گره‌های لنفاوی.

۲- گلبول‌های سفید خون.

۳- سلول‌های بیگانه‌خواری که به‌طور سیار در بافت‌های مختلف بدن وجود دارند و همواره در جستجوی عوامل مهاجم هستند.

تمامی این سلول‌ها، ارتباط نزدیکی با هم دارند. هم‌چنین منشأ آن‌ها از یک نوع سلول مادری می‌باشد.

پادگن<sup>۳</sup>: عامل مهاجمی را که سبب ایجاد واکنش ایمنی و پیدایش پادتن در بدن می‌شود، «پادگن» گویند.

پادتن<sup>۴</sup>: پروتئین خاصی است که در بدن ایجاد شده، تا پادگن را خنثی کند.

واکنش ایمنی: واکنشی را که بین پادگن و پادتن ایجاد می‌شود، «واکنش ایمنی» گویند.

۱- Pathogen

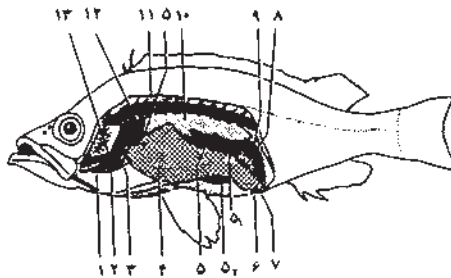
۲- آنتی کر = جسم ایمنی بخش

۳- آنتی‌ژن      ۴- آنتی‌کر

## تشریح و فیزیولوژی دستگاه گردش خون ماهی

قلب ماهیان در کیسه‌ای به نام کیسه قلبی، در قسمت تحتانی سر قرار دارد. برخلاف قلب چهار حفره‌ای پستانداران، قلب ماهیان از دو حفره (دهلیز و بطن) تشکیل شده است. در اثر انقباض بطن، خون مصرف شده (فقیر از نظر اکسیژن) به وسیله بطن مکیده می‌شود و از آنجا به پیاز سرخرگی (پیاز شریانی) و سپس به وسیله آئورت‌های برانشی<sup>۱</sup> به برانشی‌ها فرستاده می‌شود. در اینجا ۶-۷ ثانیه طول می‌کشد تا تبادلات گازی بین خون و برانشی‌ها انجام گیرد (گاز کربنیک را پس بدهد و اکسیژن بگیرد). سپس خون اکسیژن‌دار به وسیله رگ‌های بزرگ، به قسمت‌های مختلف بدن و اندام‌ها جریان می‌یابد. از به هم پیوستن سیاهرگ‌های فرعی به همدیگر، سیاهرگ اصلی تشکیل می‌شود. سیاهرگ اصلی، خون جمع‌آوری شده از نقاط مختلف بدن را به قلب برگشت می‌دهد. در این حالت، یک دور کامل گردش خون انجام شده است. گردش خون در ماهیان از نوع ساده و کامل می‌باشد.

ضربان قلب ماهیان ۵۰-۲۰ ضربه در هر دقیقه است. تعداد این ضربان، برحسب نوع ماهی، مقدار اکسیژن محلول در آب، میزان فعالیت ماهی و غیره متغیر می‌باشد. هم‌چنین تعداد ضربان قلب ماهی به هنگام سردشدن دمای آب، کاهش می‌یابد. برعکس، با افزایش درجه حرارت آب، این تعداد بیش‌تر می‌شود. اصولاً ضربان قلب ماهیانی که در آب‌های گرم زندگی می‌کنند (گرم‌آبی)، بیش‌تر از ماهیان آب‌های سرد (سردآبی) است. در خواب زمستانی، ضربان قلب ماهیان به ۲-۱ ضربه در هر دقیقه کاهش می‌یابد. پیاز شریانی (سرخرگی)، تنها محلی از دستگاه گردش خون ماهیان است که می‌توان در این مکان فشار خون ماهیان را اندازه گرفت. فشار خون در ماهیان مختلف، متفاوت است. این فشار در مارماهی ۲۵ میلی‌متر جیوه است که تقریباً  $\frac{1}{5}$  فشار خون از انسان است.



شکل ۲-۴- شمای ترسیمی از اندام‌های حفره شکمی یک ماهی

- ۱- پیاز شریانی ۲- بطن ۳- دهلیز ۴- کبد ۵- و ۵<sub>۱</sub> روده، ۵<sub>۲</sub> معده (ضمائم کور در این شکل مشخص نشده است)
- ۶- مخرج ۷- مجرای ادراری و تناسلی ۸- کیسه مثانه ۹- غدد جنسی ۱۰- کیسه شنا ۱۱- مهره‌های پشت
- ۱۲- کلیه ۱۳- کمان و صفحات برانشی

## ارزشیابی فصل چهارم

- ۱- قسمت‌های مختلف یک قلب را نام ببرید.
- ۲- دریچه‌ای که در محل ارتباط بطن چپ و دهلیز چپ واقع است، چه نام دارد و کار آن چیست؟
- ۳- اهمیت کار قلب را توضیح دهید.
- ۴- گردش خون کوچک و گردش خون بزرگ را به‌طور خلاصه توضیح دهید.
- ۵- مهم‌ترین اعمال گلبول‌های قرمز خون را نام ببرید.
- ۶- انواع گلبول‌های سفید خون را نام ببرید.
- ۷- دی‌پدز و حرکت آمیبی را شرح دهید.
- ۸- عمل بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز) گلبول‌های سفید خون را شرح دهید.
- ۹- خواص پلاسمای خون را توضیح دهید.
- ۱۰- مهم‌ترین عمل رگ‌های لنفاوی را توضیح دهید.
- ۱۱- عمل گره‌های لنفاوی را شرح دهید.
- ۱۲- آنتی‌ژن، آنتی‌کر (پادتن) را تعریف کنید.
- ۱۳- قسمت‌های مختلف قلب ماهی را توضیح دهید و تفاوت آن‌را با قلب پستانداران بیان کنید.
- ۱۴- سیستم گردش خون ماهی را شرح دهید.