فصل چهارم
گردش مواد در بدن

درسنامه

گفتار ۱ قلب، ساختار و چرخهٔ ضربان آن

مقدمه:

این فصل که یکی از کاربردی‌ترین فصل‌های فیزیولوژی بدن می‌باشد به بررسی گردش مواد در بدن انسان و برخی جانوران می‌پردازد. فصلی بسیار زیبا و جذاب که امیدوارم هم از درسنامه لذت ببرید و هم از تست‌ها و پاسخ‌ها و *QR Code*های تدریس آن!

دستگاه گردش مواد انسان از **قلب**، **رگ‌ها** و **خون** تشکیل شده است. در این درسنامه به‌طور کامل به ساختار و فعالیت‌های قلب و عوامل مرتبط با آن می‌پردازیم.

در این گفتار به بررسی قلب و چرخهٔ ضربانی آن پرداخته می‌شود. در صفحهٔ اول کتاب در این فصل اشاره به پیوند قلب در ایران روی فردی ۵۹ ساله شده است که سه‌بار سکته کرده و میزان خون خروجی از قلب وی در دقیقه که برون‌ده نام دارد، به ۱۰ درصد یک فرد طبیعی رسیده بوده است و اینکه با امکانات امروزی مثل رگ‌نگاری (*آنژیوگرافی*) می‌توان رگ‌های اکسیژن و غذا دهنده به قلب (*کرونر*) را بررسی کرد.

ساختار قلب انسان

قلب انسان مانند قلب سایر پستانداران، همهٔ پرندگان و همهٔ خزندگان، **چهار حفره‌ای** است که دو دهلیز کوچک در **بالا** و دو بطن بزرگ‌تر در **پایین** قرار دارد.

حفرات قلب در **همهٔ** پستانداران و پرندگان پس از تولد **کاملاً از هم جدا** بوده و دیواره‌های جداکننده دارند به‌طوری که خون درون آن‌ها با هم مخلوط نمی‌شوند.

درون حفرات سمت **راست** قلب (*دهلیز و بطن راست*) خون **تیره** و در حفرات سمت **چپ** (*دهلیز و بطن چپ*) خون **روشن** پراکسیژن نگهداری و منتقل می‌شود.

وظایف قلب

وظایف اصلی قلب:

۱) انتقال CO_2های حاصل از تنفس یاخته‌ای همهٔ اندام‌ها به سمت شش‌ها (*از راه دو سرخرگ ششی با خون تیره*)

۲) گرفتن خون پر O_2 از چهار سیاهرگ ششی دستگاه تنفس و خون پر از **مواد غذایی** از بزرگ‌سیاهرگ‌های زیرین و پر از **لنف** از بزرگ‌سیاهرگ زبرین بدن (*بزرگ‌سیاهرگ‌ها مطمئن‌ترین رگ‌های بدن می‌باشند*).

۳) انتقال مواد دفعی نیتروژن‌دار و همچنین H^+، HCO_3^-، برخی داروها و حشره‌کش‌ها به دستگاه **دفع ادرار**

۴) انتقال **غذا** به همهٔ اندام‌های بدن (*از طریق سرخرگ آئورت و انشعابات آن*)

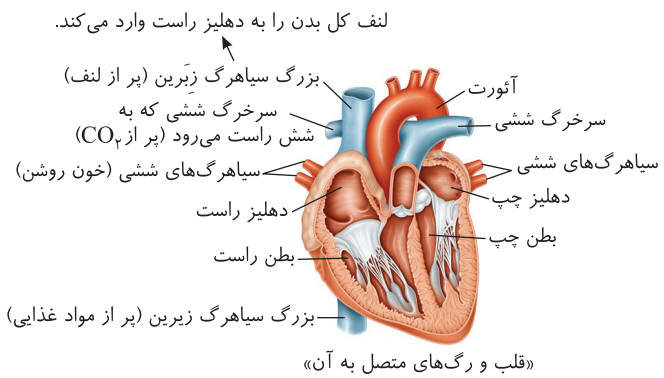
۵) انتقال هورمون‌ها از بخش **درون‌ریز** تولیدکننده به اندام‌های هدف

حفرات قلب و رگ‌های متصل به آن‌ها

در این قسمت به بررسی دهلیزها، بطن‌ها، رگ‌ها و دریچه‌های متصل به آن‌ها می‌پردازیم ولی در ادامه همهٔ موارد را جزءبه‌جزء بررسی می‌کنیم!

۱) دهلیز راست

این حفره از طریق بزرگ‌سیاهرگ **زبرین**، خون **تیره** سر و گردن و دست‌ها (*مناطق بالای قلب*) را به همراه **کل لنف بدن** و از طریق بزرگ‌سیاهرگ **زیرین** خون تیره و پر **غذای** قسمت‌های **زیر قلب** را گرفته و آن‌ها را از طریق دریچه‌ای (*سه‌لختی*) به بطن راست منتقل می‌کند.



«قلب و رگ‌های متصل به آن»

نکته یک سیاهرگ کرونر (*اکلیلی*) نیز خون حاصل از **تغذیهٔ ماهیچهٔ قلب** را به **دهلیز راست** وارد می‌کند که در ادامه آن را بررسی می‌کنیم. در حقیقت سه سیاهرگ به دهلیز راست وارد می‌شود.

نکته بزرگ‌سیاهرگ زبرین و زیرین قطورترین رگ‌های بدن هستند که از پشت قلب خون خود را وارد دهلیز راست می‌کنند.

۲) دهلیز چپ

خون **روشن** تصفیه شدهٔ **پر اکسیژن** را از **چهار** سیاهرگ ششی گرفته و سپس از طریق دریچهٔ **دولختی** به بطن **چپ** می‌رساند.

۳) بطن راست

خون **تیرهٔ** پر CO_2 را توسط **یک سرخرگ خروجی اصلی** (*به‌عنوان جلوترین رگ اصلی*) خارج کرده و سپس با **دو انشعاب** اصلی به نام سرخرگ‌های ششی به هر **شش** برای تبادل گازهای تنفسی می‌رساند. (*سرخرگ خارج شده از بطن راست به هر شش یک انشعاب به نام سرخرگ شش برای غنی‌سازی و تبادل گاز تنفسی می‌رساند. دقت کنید که انشعاب سرخرگ شش که به سمت شش بزرگ‌تر یعنی شش راست می‌رود، از زیر قوس سرخرگ آئورت رد می‌شود.*)

۴) بطن چپ

این حفره قطورترین دیواره و ماهیچه را در بین حفرات قلب دارد و انقباض آن مهم‌ترین نقش در جریان خون بدن را ایفا می‌کند. این حفره خون **روشن** را توسط سرخرگ **آئورت** به همه جای بدن می‌رساند. سرخرگ آئورت پس از خروج از بطن چپ، ابتدا قوس می‌زند و از **بالای** آن **سه انشعاب اصلی** برای خون‌رسانی به سر و گردن و دست‌ها خارج می‌شود، ادامهٔ قوس به سمت پایین رفته، تا خون را به اندام‌های زیر قلب برساند.

چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

۱ از ابتدای سرخرگ **آئورت**، دو سرخرگ **ویژهٔ اکلیلی** (*کرونری*) برای **تغذیهٔ** بافت ماهیچه‌ای قلب منشعب می‌شوند.

۲ رگ‌های متصل به قلب
- ورودی‌ها = سیاهرگ‌ها
  - با خون تیره ← دو بزرگ‌سیاهرگ زیرین و زبرین و یک سیاهرگ اکلیلی ← به دهلیز راست می‌رود.
  - با خون روشن ← چهار سیاهرگ ششی ← به دهلیز چپ می‌رود.
- خروجی‌ها = سرخرگ‌ها
  - با خون تیره ← دو سرخرگ ششی ← از بطن راست یک رگ خارج شده و دو انشعاب می‌شود.
  - با خون روشن ← سرخرگ آئورت ← از بطن چپ خارج می‌شود.

۳ قوس سرخرگ آئورت و سرخرگ‌های خارج شده از آن برای خون‌رسانی به مغز و گردن، حاوی گیرنده‌های **شیمیایی** حساس به **کاهش** O_2 خون می‌باشند که تحریک آن‌ها با اثر بر **بصل‌النخاع** سبب **افزایش** آهنگ تنفسی می‌شود.

۴ سطح داخلی بطن‌ها ناهموارتر از دهلیزها است و تارها و رشته‌های ارتجاعی و ماهیچه‌ای دارد.

۵ در حفرات سمت **راست و چپ** قلب، خون **پرغذا** وجود دارد ولی تفاوت آن‌ها در تیره (*سمت راست*) یا روشن (*سمت چپ*) بودن، به دلیل **مقدار گازهای تنفسی** آن‌هاست. همان‌طور که در فصل قبل آموختید، مقدار O_2 در خون روشن از خون تیره بیشتر است (*برخلاف* CO_2). دقت داشته باشید که در هر رگ بدن مقدار O_2 از CO_2 بیشتر است ولی نسبت O_2 به CO_2 در خون روشن از خون تیره بیشتر می‌باشد.

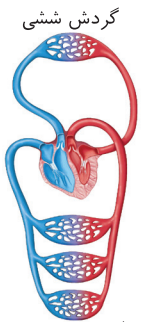
۶ ضخامت دیوارهٔ **بطن چپ** از سایر بخش‌های قلب بیشتر است. این ضخامت زیاد در قدرت انقباضی قلب و ورود خون به سرخرگ آئورت برای رسیدن به همهٔ قسمت‌های بدن، **نقش اصلی** را ایفا می‌کند ولی حجم حفرهٔ درونی هر دو بطن با هم برابر است. یعنی مقدار خونی که در دو بطن قرار می‌گیرد، حجم تقریباً یکسانی دارد.

انواع گردش خون انسان

گردش خون انسان و بسیاری از انواع مهره‌داران از نوع مضاعف می‌باشد. یعنی خون دوبار و در دو مسیر از درون قلب عبور می‌کند که در ادامه به بررسی این دو مسیر می‌پردازیم.

الف) گردش خون عمومی (بزرگ)

این گردش خون، مسئول انتقال خون روشن پراکسیژن به **همهٔ** قسمت‌های بدن است. در این گردش، **خون روشن پر** O_2 **و پرغذا** از بطن **چپ** و به وسیلهٔ سرخرگ قطور و محکم آئورت و با باز شدن دریچهٔ ابتدای آن (*سینی آئورتی*) خارج شده و به همه جای بدن می‌رسد. پس از **تبادل گازهای تنفسی و مواد غذایی در بافت‌ها** و جذب غذا در لولهٔ گوارش، **خون‌های تیرهٔ پرغذا** از بزرگ‌سیاهرگ **زیرین** و **خون تیرهٔ دست‌ها و اندام‌های بالای قلب به همراه لنف کل بدن** از بزرگ‌سیاهرگ **زبرین** به دهلیز **راست** وارد می‌شود. (*در ادامه در مورد خون و لنف و مسیر آن‌ها بیشتر می‌آموزید!*)



«گردش خون عمومی و ششی»

نکته دو سرخرگ اکلیلی در گردش خون عمومی، خون روشن را از ابتدای **آئورت** خارج می‌کند تا به یاخته‌های قلبی برساند و در نهایت پس از تبادل مواد، **یک** سیاهرگ اکلیلی، خون تیره را به دهلیز **راست** وارد می‌کند.

نکته لازم به یادآوری است که در حد فاصل سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها، شبکه‌های مویرگی برای تبادل مواد مورد نیاز بافت‌ها وجود دارند.

گردش عمومی بدن

بطن چپ ← خون روشن ← سرخرگ آئورت ← همه جای بدن ← خون تیره ← بزرگ‌سیاهرگ‌ها ← دهلیز راست

● ب) گردش خون ششی (کوچک)

در این گردش، **خون از قفسهٔ سینه خارج نمی‌شود**. این گردش خون، مسئول تبادل گازهای تنفسی در شش‌ها می‌باشد. در این گردش، خون تیرهٔ پر CO_2 در بطن **راست** با عبور از دریچه‌ای در ابتدای سرخرگ ششی (*سِنِی تُشی*) از قلب خارج می‌شود. این سرخرگ، سپس به صورت **دو انشعاب** اصلی سرخرگی به شش‌ها می‌روند و پس از تبادل گازهای تنفسی بین مویرگ‌ها و حبابک‌های تنفسی، خون‌ها روشن و پر O_2 شده، از راه چهار سیاهرگ ششی به دهلیز **چپ** برمی‌گردند.

نکته

انشعابی از سرخرگ ششی که از **زیر قوس آئورت** و **پشت** بزرگ‌سیاهرگ **زبرین** عبور می‌کند به **شش راست** می‌رسد. دقت کنید که با توجه به شکل کتاب قطر سرخرگ‌های ششی از آئورت کوچک‌تر بوده و سرخرگ خروجی از بطن راست در سطح جلوتری نسبت به آئورت قرار دارد.

گردش ششی خون

بطن راست ← خون تیره ← دو سرخرگ ششی ← شش‌ها ← خون روشن ← چهار سیاهرگ ششی ← دهلیز چپ

انواع گردش خون	هدف	مبدأ خون	مقصد خون	رگ خروجی	رگ ورودی	دریچهٔ خروجی خون
عمومی (*بزرگ*)	رساندن O_2 و غذا به اندام‌ها	بطن **چپ**	دهلیز **راست**	سرخرگ **آئورت**	بزرگ‌سیاهرگ‌ها و سیاهرگ **اکلیلی**	سینی **آئورتی**
ششی (*کوچک*)	تبادل گاز تنفسی در شش‌ها و غذارسانی به شش‌ها	بطن **راست**	دهلیز **چپ**	سرخرگ **ششی**	۴ سیاهرگ ششی	سینی **ششی**

تست ۱ **کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «خونی که نیازهای تنفسی و غذایی قلب را برطرف ..... ، به‌طور قطع .....»**

۱) می‌کند - توسط سیاهرگ ششی و بزرگ‌سیاهرگ زیرین وارد قلب می‌شود.

۲) نمی‌کند - به هر دهلیز از طریق ۴ رگ اصلی وارد می‌شود.

۳) می‌کند - توسط انشعابات حاصل از رگ خروجی بطن چپ به قلب می‌رسد.

۴) نمی‌کند - حاوی مقدار مناسبی اندوختهٔ غذایی و O_2 نمی‌باشد.

پاسخ ۳ B خونی که توسط چهار سیاهرگ ششی به دهلیز چپ (*خون روشن*) و توسط دو بزرگ‌سیاهرگ و یک سیاهرگ اکلیلی به دهلیز راست (*خون تیره*) وارد می‌شود، نمی‌تواند نیازهای غذایی و تنفسی قلب را برطرف کند. پس ماهیچهٔ قلب با رگ‌های ویژه‌ای به نام **دو سرخرگ اکلیلی** که از ابتدای **آئورت** منشأ می‌گیرند، به تأمین غذا و گاز تنفسی خود می‌پردازد (*گزینهٔ (۴) فقط درمورد خون دهلیز راست صحیح است اما خون دهلیز چپ، هم اکسیژن کافی و هم اندوختهٔ غذایی کافی را دارد*).

تأمین اکسیژن و مواد مغذی قلب

با اینکه درون همهٔ حفرات قلب، **خون پرغذا** ذخیره شده و همواره نیز این خون وجود دارد ولی یاخته‌های دیوارهٔ قلب نمی‌توانند نیازهای **غذایی** و **تنفسی** خود را با این خون **برطرف** کنند. به همین دلیل از **ابتدای** بخش صعودی سرخرگ **آئورت**، دو سرخرگ ویژه به نام **اکلیلی** (*کرونری*) خارج می‌شود که مسئول تغذیه و تبادل گازهای تنفسی برای **ماهیچهٔ قلب** هستند. این سرخرگ‌ها، پس از تبدیل شدن به مویرگ و تغذیه و تبادل گازها و غذا در یاخته‌های قلبی، همه با هم به صورت **یک سیاهرگ اکلیلی** درمی‌آیند و خون تبادل شده را که غذای **کم** و CO_2 **زیادی** دارد وارد **دهلیز راست** می‌کنند تا در ادامه وارد گردش **ششی** بدن شود.

چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

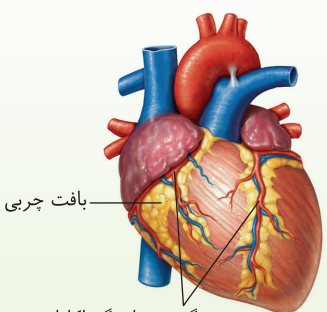
با توجه به شکل روبه‌رو:

۱ رگ‌های اکلیلی در حد فاصل دهلیزها و بطن‌ها قابل رؤیت هستند.

۲ **بسته شدن یا سخت شدن** دیوارهٔ رگ‌های **اکلیلی** که به آن **تصلب شرایین** گوییم فقط در مورد **سرخرگ‌های اکلیلی** کاربرد دارد. این موضوع ممکن است باعث **کاهش** یا **عدم** خون‌رسانی به **بخشی** از **ماهیچهٔ قلب** شود. در پی آن **کمبود** O_2 در یاخته‌ها و عدم تولید انرژی با **تنفس یاخته‌ای** سبب مرگ یاخته‌ها و ایجاد **سکته** یا **حملهٔ قلبی** می‌شود.

۳ رگ‌های مربوط به گردش اکلیلی همانند گردش خون ششی از قفسهٔ سینه خارج نمی‌شوند ولی دقت کنید که رگ‌های اکلیلی مربوط به گردش خون عمومی هستند و کوتاه‌ترین مسیر گردش را طی می‌کنند.

۴ در فصل دوم آموختید که عواملی مثل کلسترول بالا، زیاد بودن لیپوپروتئین **کم**‌چگال یا *LDL* خون، کم‌تحرکی، وزن زیاد و... می‌توانند سبب بسته شدن **سرخرگ**‌های اکلیلی قلب به دلیل ایجاد لخته یا سخت شدن دیوارهٔ آن شوند که به **تصلب شرایین** معروف می‌باشد. در این حالت سکتهٔ قلبی ایجاد می‌شود.



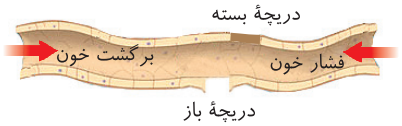
«رگ‌های اکلیلی قلب»

۵ سرخرگ‌های اکلیلی اولین انشعابات آئورتی هستند که انشعابات مویرگی آن‌ها در کل ماهیچهٔ قلب پخش می‌شوند. با توجه به شکل، این رگ‌ها به همراه سیاهرگ‌های کوچک، در روی سطح قلب در بین بافت چربی واقع شده‌اند.

۶ سیاهرگ اکلیلی تنها سیاهرگ اندام‌های بدن است که پس از انجام غذارسانی و O_2رسانی به اندامی، خون آن در نهایت وارد بزرگ‌سیاهرگ‌ها نمی‌شود.

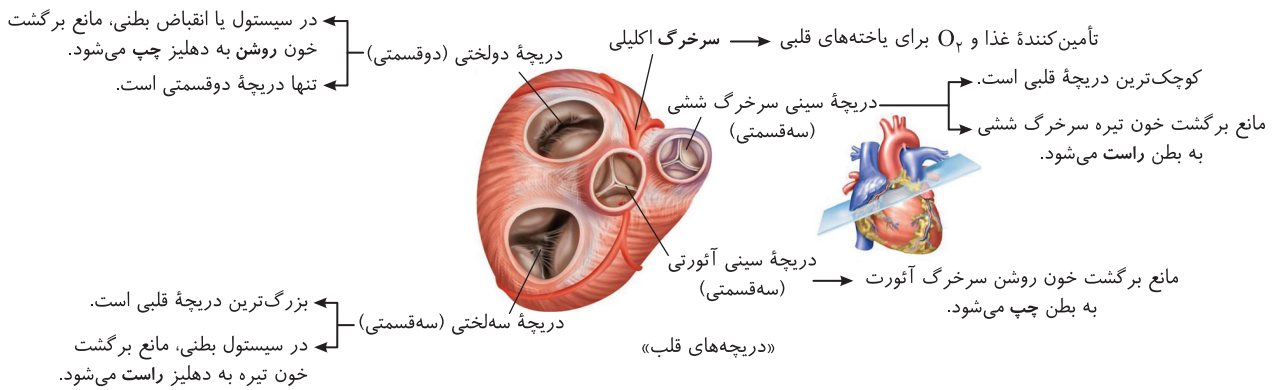
دریچه‌های قلبی

در دستگاه **گردش مواد** هر دریچه‌ای باعث **یک‌طرفه شدن** جریان خون یا لنف و عدم برگشت آن‌ها به بخش قبلی می‌شود. دریچه‌های قلبی از جنس بافت **پوششی چین‌خورده** می‌باشند که بافت **پیوندی** متراکم موجود در لایهٔ ماهیچه‌ای قلب به **استحکام** آن‌ها کمک می‌کند. در حقیقت دریچه‌های قلبی فقط از بافت **پوششی** تشکیل شده‌اند که البته بافت پیوندی به آن‌ها استحکام داده است. در ساختار دریچه‌ها برخلاف بندارهها، **بافت ماهیچه‌ای و یاخته‌ای با قدرت انقباض وجود ندارد**. به دلیل فقدان بافت ماهیچه‌ای در دریچه‌های دستگاه گردش مواد، **باز** و بسته شدن آن‌ها فقط به دلیل **ساختار خاصِ آن‌ها** و **تفاوت فشار خون** در دو طرف آن‌ها صورت می‌گیرد. یعنی فشار زیاد خون به قسمت قبل از دریچه‌ها، سبب **باز** شدن آن‌ها شده ولی فشار زیاد از قسمت جلوی دریچه‌ها که سعی در برگشت خون می‌کند سبب **بسته** شدن آن‌ها می‌شود. مثلاً باز شدن دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگ‌های خروجی از بطن‌ها، با **انقباض** بطن‌ها صورت می‌گیرد ولی انقباض دیوارهٔ سرخرگ‌های بعد از این دریچه‌ها، سبب **بسته** شدن دریچه‌ها با خون برگشتی می‌شود.



تهجه! برحسب تیتر کتاب درسی در مورد «دریچه‌های قلبی» باید در تست‌ها هر چهار دریچهٔ دهلیزی بطنی و سینی را از انواع دریچه‌های قلبی در نظر بگیریم.

- دریچه‌های قلب
  - دریچه‌های دهلیزی - بطنی
    - دولختی
      - بین دهلیز و بطن **چپ** قرار دارد.
      - از **دو** قطعه آویخته شده است.
      - از **برگشت** خون **روشن** به **دهلیزچپ** (*در هنگام انقباض ۰/۳ ثانیه‌ای بطن‌ها*) جلوگیری می‌کند.
    - سه‌لختی
      - بین دهلیز و بطن *راست* قرار دارد.
      - از **سه** قطعه آویخته شده است و بزرگ‌ترین دریچهٔ قلبی است.
      - از **برگشت** خون **تیره** به دهلیز **راست** (*در هنگام انقباض ۰/۳ ثانیه‌ای بطن‌ها*) جلوگیری می‌کند.
  - دریچه‌های ابتدای سرخرگی (*سینی سهمی*)
    - سینی آئورتی
      - در بطن **چپ** و **ابتدای** سرخرگ **آئورتی** قرار دارد (*سهمی است*).
      - از برگشت خون **روشن** به بطن **چپ** (*در هنگام استراحت بطن‌ها ۰/۵ ثانیه*) جلوگیری می‌کند.
    - سینی ششی
      - در بطن **راست** و **ابتدای** سرخرگ اصلی **ششی** خروجی از آن بطن قرار دارد (*سهمی است*).
      - کوچک‌ترین دریچهٔ قلبی است.
      - از برگشت خون **تیره** به بطن **راست** (*در هنگام استراحت بطن‌ها ۰/۵ ثانیه*) جلوگیری می‌کند.



«دریچه‌های قلب»

دریچه‌های درون قلبی	محل	جنس	سبب ورود خون... می‌شود.	مانع از برگشت خون... می‌شود.
دولختی	بین دهلیز و بطن **چپ**	پوششی با پیوندی استحکامی	روشن به بطن **چپ**	روشن به دهلیز **چپ**
سه‌لختی	بین دهلیز و بطن **راست**	پوششی با پیوندی استحکامی	تیره به بطن **راست**	تیره به دهلیز **راست**
سینی آئورتی	ابتدای سرخرگ **آئورت**	پوششی با پیوندی استحکامی	روشن به **آئورت**	روشن به بطن **چپ**
سینی ششی	ابتدای سرخرگ **ششی**	پوششی با پیوندی استحکامی	تیره به سرخرگ **ششی**	تیره به بطن **راست**

چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

۱) فاصلهٔ دریچهٔ سینی آئورتی به دریچه‌های دهلیزی بطنی کمتر از دریچهٔ سینی ششی به آن‌ها است.
۲) مقایسهٔ ابعاد دریچه‌های قلبی: سینی ششی > سینی آئورتی > دولختی > سه‌لختی
۳) چون دیوارهٔ بطن چپ از همه قطورتر است، نیروی وارده به دریچهٔ دولختی برای بسته شدن از سایر دریچه‌ها بیشتر است.
۴)
- فشار خون بیشتر دهلیزها از بطن‌ها ← باز شدن دریچه‌های دهلیزی بطنی
- فشار خون بیشتر بطن‌ها از دهلیزها ← بسته شدن دریچه‌های دهلیزی بطنی
- فشار خون بیشتر بطن‌ها از سرخرگ‌ها ← باز شدن دریچه‌های سینی
- فشار خون بیشتر سرخرگ‌ها از بطن‌ها ← بسته شدن دریچه‌های سینی

تست ۲ کلسیم شبکهٔ آندوپلاسمی در فعالیت ..... نقش ندارد. (سراسری - ۸۸)

۱) پیلور ۲) بندارهٔ انتهای مری ۳) دریچهٔ دولختی ۴) بندارهٔ داخلی میزراه

پاسخ ۳ (A) دریچهٔ دولختی بین دهلیز چپ و بطن چپ قلب ساختار ماهیچه‌ای ندارد که در انقباض آن کلسیم مصرف شود. (البته دقت کنید که این چون سؤال کنکور بوده، من در کتاب قرار دادم وگرنه به نظر من انقباض ماهیچهٔ قلب که به کلسیم محتاج است در فعالیت این دریچه به‌طور غیرمستقیم مؤثر است.)
پیلور و بندارهٔ انتهای مری و بندارهٔ داخلی میزراه ماهیچه‌ای هستند.

صداهای قلبی

در حالت **طبیعی** می‌توان دو صدا از یک قلب سالم، از سمت چپ قفسهٔ سینه با چسباندن گوش خود به قفسهٔ سینه یا با استفاده از گوشی پزشکی شنید. این صداها مربوط به **بسته شدن دریچه‌ها** بوده که **نوع صدا و نظم** آن‌ها برای پزشک بسیار پرمعنی است چون از سالم بودن قلب آگاه می‌شوند.

صداهای طبیعی قلب انسان:
- صدای اول: صدایی شبیه (پووم) به صورت **قوی، گنگ و طولانی‌تر** از صدای دیگر می‌باشد که در **ابتدای انقباض بطن‌ها** و در اثر بسته شدن دریچه‌های **دولختی** و **سه‌لختی** (دهلیزی - بطنی) شنیده می‌شود.
- صدای دوم: صدایی به صورت (تاک) ولی از صدای اول **کوتاه‌تر و واضح‌تر** می‌باشد. این صدا در **ابتدای استراحت عمومی** یعنی در اثر به **استراحت درآمدن بطن‌ها** و بسته شدن دریچه‌های **سینی سرخرگی** که مانع برگشت خون به بطن‌ها می‌شوند، شنیده می‌شود.

نکته
در برخی بیماری‌ها به ویژه در **اختلال ساختار دریچه‌ها**، **بزرگ شدن قلب** یا **نقایص مادرزادی** مثل **کامل بسته نشدن** دیواره بین حفره‌های دهلیزها **یا** بطن‌ها، ممکن است صداهای غیرعادی نیز توسط متخصص و با گوش دادن دقیق به صداهای قلبی شنیده شود.

صداهای قلبی	نوع صدا	علت ایجاد	محل شنیدن در چرخه قلب	نزدیک به کدام موج	پس از شنیدن آن...
اول	پووم	بسته شدن دریچه‌های **دهلیزی - بطنی**	ابتدای **انقباض** بطن‌ها	آخر QRS	خون از بطن‌ها وارد **سرخرگ‌ها** می‌شود.
دوم	تاک	بسته شدن دریچه‌های **سرخرگی سینی**	ابتدای استراحت عمومی (ابتدای استراحت بطن‌ها)	T	خون از دهلیزها وارد **بطن‌ها** می‌شود.

تست ۳ در قلب فرد سالم و بالغ، ..... (قلم‌چی)

۱) سیاهرگ اکلیلی، خون خود را به دهلیزها می‌ریزد. ۲) دریچهٔ دولختی، پس از شنیده شدن صدای اول، بسته می‌شود.
۳) دریچهٔ سینی آئورتی، از بازگشت خون به بطن راست جلوگیری می‌کند. ۴) سرخرگ آئورت، به دنبال شنیده شدن صدای دوم، خونی دریافت نمی‌کند.

پاسخ ۴ (A) صدای دوم قلب در اثر بسته شدن دریچه‌های سینی ایجاد می‌شود که به دنبال این صدا، خون دیگر از بطن بیرون نمی‌رود و وارد آئورت نمی‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): خون سیاهرگ اکلیلی فقط به **دهلیز راست** (نه دهلیزها) وارد می‌شود. / گزینهٔ (۲): صدای اوّل (پووم)، به بسته شدن دریچه‌های دولختی و سه‌لختی هنگام شروع انقباض بطن‌ها مربوط است پس این دریچه‌ها پیش از شنیده شدن صدای اول، اقدام به بسته شدن می‌کنند. / گزینهٔ (۳): دریچهٔ سینی آئورت از بازگشت خون به بطن **چپ** جلوگیری می‌کند (نه راست).

تست ۴ در زمانی که با گوشی صدای دوم قلب انسانی سالم شنیده می‌شود، بلافاصله ..... (سراسری خارج از کشور - ۹۰)

۱) دریچه‌های سینی بسته می‌شوند. ۲) مقدار خون بطن‌ها افزایش می‌یابد.
۳) دریچه‌های دهلیزی - بطنی بسته می‌شوند. ۴) دهلیزها شروع به انقباض می‌نمایند.

پاسخ ۲ (B) صدای دوم قلب در ابتدای استراحت عمومی (بعد از انقباض بطن‌ها) در اثر بسته شدن دریچه‌های سینی شنیده می‌شود که **پس از آن** بلافاصله با باز شدن دریچه‌های دهلیزی - بطنی، خون در مرحلهٔ استراحت عمومی وارد بطن‌ها می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): بسته شدن دریچه‌های سینی، عامل ایجاد این صدا هستند. پس این اتفاق قبلاً افتاده است. / گزینهٔ (۳): بسته شدن دریچه‌های دهلیزی - بطنی، با فاصلهٔ زیادی (حدود نیم ثانیه بعد) رخ خواهد داد. / گزینهٔ (۴): انقباض دهلیزها، پس از پایان این مرحله‌ها ۰/۴ ثانیه طول می‌کشد، صورت می‌گیرد.

نکتهٔ فعالیت کتاب از تشریح قلب گوسفند

در قلب گوسفند نیز مانند قلب انسان
- ۱) بطن **چپ** دیوارهٔ **قطورتری** دارد تا با قدرت انقباضی خود، خون را به **همهٔ** اندام‌های بدن برساند.
- ۲) در **بالای** قلب سرخرگ‌ها با دیوارهٔ **قطورتر** و سیاهرگ‌های نازک قابل مشاهده هستند.
- ۳) **دو** سرخرگ اکلیلی از ابتدای آئورت در **بالای** دریچهٔ سینی منشأ می‌گیرند.
- ۴) به دهلیز چپ، **چهار** سیاهرگ ششی با خون روشن و به دهلیز راست، **سه** سیاهرگ، (*بزرگ زیرین، بزرگ زبرین و سیاهرگ اکلیلی*) با خون تیره وارد می‌شود.

تشریح قلب
- برای مشاهدهٔ شکل ظاهری آن ← سطوح مختلف قلب - رگ‌ها در بالای قلب - بطن چپ قطورتر و مقایسهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها قابل رؤیت است.
- برای مشاهدهٔ بخش درونی آن
  - وارد کردن سوند از دهانهٔ سرخرگ ششی به بطن راست ← دریچهٔ سینی ششی، سه‌لختی، برآمدگی‌های ماهیچه‌ای و ارتجاعی را می‌توان دید.
  - وارد کردن سوند از دهانهٔ سرخرگ آئورت به بطن چپ ← دریچهٔ سینی آئورتی، دولختی، برآمدگی‌های ماهیچه‌ای و ارتجاعی را مشاهده کرد.
  - اگر سوند را پس از عبور از دریچه‌های دهلیزی بطنی وارد دهلیزها کنیم ← دیوارهٔ داخلی دهلیزها و سیاهرگ‌ها مشاهده می‌شود.

تست ۵ **کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در قلب فرد سالم و بالغ، .....»**

۱) هر سیاهرگ اکلیلی، خون خود را به حفرات بالایی قلب می‌ریزد.
۲) دریچه‌های سینی پس از شنیده شدن صدای واضح قلب، بسته می‌شوند.
۳) دریچهٔ سینی ششی، از بازگشت خون روشن به بطن چپ جلوگیری می‌کند.
۴) سرخرگ ششی، به دنبال شنیده شدن صدای کوتاه قلب، خونی دریافت نمی‌کند.

پاسخ ۴ **B** صدای کوتاه قلب، پس از اتمام انقباض بطن‌ها و در پی تلاش خون سرخرگ‌ها برای بازگشت به بطن‌ها ایجاد می‌شود که بطن‌ها پس از آن در حالت استراحت هستند و به سرخرگ‌ها خون وارد نمی‌کنند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در بدن یک فرد سالم، بیش از یک سیاهرگ اکلیلی وجود ندارد و این سیاهرگ فقط به یک حفرهٔ قلب می‌ریزد (*مواظب جمع بستن‌ها باشید*). / گزینهٔ (۲): بسته شدن دریچه‌های سینی صدای دوم را ایجاد می‌کنند (*تا دریچه‌ها نشکنند صدا نمی‌دهد!*). / گزینهٔ (۳): دریچهٔ سینی ششی از بازگشت خون **تیره** به بطن **راست** جلوگیری می‌کند.

ساختار لایه‌ها و بافت‌های موجود در قلب

قلب اندامی **ماهیچه‌ای** است که از دیواره‌ای سه‌لایه‌ای تشکیل شده است. این لایه‌ها از درون به بیرون به نام درون‌شامه، ماهیچهٔ قلب و برون‌شامه می‌باشند.

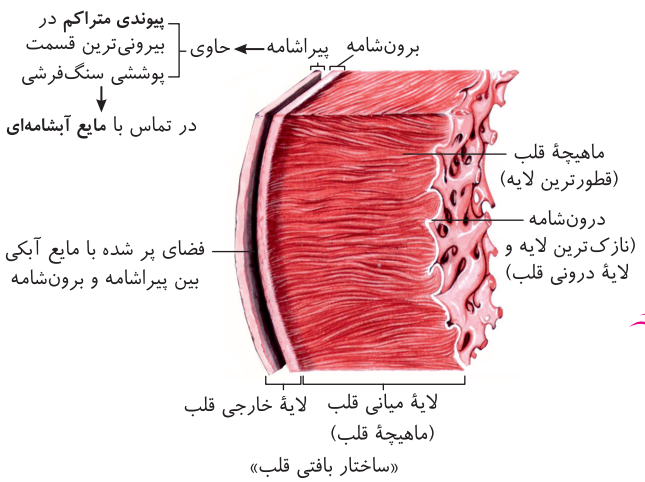
لایهٔ داخلی حفره‌های قلبی

در **سطح درونی دهلیزها و بطن‌ها** (*حفرات قلبی*)، یک لایهٔ **نازکی** از بافت **پوششی** به نام درون‌شامه **وجود** دارد. درون‌شامه در تشکیل **دریچه‌های قلبی** شرکت دارد و با خون درون قلب نیز در تماس است. این لایه در ادامه، درون رگ‌های خونی متصل به قلب نیز وارد می‌شود. زیر درون‌شامه، غشای پایه و یک لایهٔ پیوندی وجود دارد. در حقیقت لایهٔ پیوندی سبب چسباندن درون‌شامه با بافت پوششی به لایهٔ میانی یا ماهیچه‌ای قلب می‌شود ولی آن را جزئی از ساختار درون‌شامه به حساب نمی‌آوریم.

نکته درون‌شامه از داخل به بافت پیوندی خون تماس دارد و از خارج پس از غشای پایه به بافت پیوندی دیگری متصل است که آن را به ماهیچهٔ قلب وصل کرده است (*درون‌شامه بین دو بافت پیوندی قرار دارد*).

لایهٔ اصلی یا میانی قلب

ضخیم‌ترین لایهٔ دیوارهٔ قلبی، **ماهیچهٔ قلب** می‌باشد که **بیشتر** از یاخته‌های بافت **ماهیچهٔ** قلبی یک یا **برخی** دو هسته‌ای تشکیل شده است. بین یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی یعنی در فضای بین‌یاخته‌ای آن‌ها، مقداری **بافت پیوندی متراکم** وجود دارد. در فضای بین یاخته‌های پیوندی این لایه، رشته‌های **کلاژن ضخیم** وجود دارد که **بسیاری** از یاخته‌های **ماهیچه‌ای** این لایه نیز به این رشته‌های کلاژنی متصل هستند. بافت پیوندی **متراکم** موجود در لایهٔ ماهیچه‌ای قلب به **استحکام دریچه‌های** قلبی نیز کمک می‌کند (*نه اینکه جزئی از ساختار دریچهٔ قلب باشند*).



«ساختار بافتی قلب»

نکته در بین یاخته‌های لایهٔ ماهیچه‌ای قلب علاوه بر بافت پیوندی، **رشته‌های عصبی** که از دستگاه **خودمختار** هستند نیز پخش شده‌اند. این اعصاب حرکتی کار قلب را به کمک تارهای سمپاتیکی (*هم‌حس*) **تند** و با عمل تارهای پاراسمپاتیکی (*پادهم‌حس*)، **کند** می‌کنند.

لایهٔ بیرونی قلب

خارجی‌ترین لایهٔ قلب برون‌شامه نام دارد که از دو نوع بافت پوششی سنگ‌فرشی و پیوندی متراکم (رشتهای) به وجود آمده است. این لایه به سمت **بیرون** به صورت یک لایهٔ دیگر به **روی خود** برمی‌گردد و خارجی‌ترین بخش به نام **پیراشامه** را می‌سازد. پیراشامه در حقیقت همان برون‌شامه است که از پیرامون کل قلب را دربرگرفته است. این لایه نیز همانند برون‌شامه از بافت‌های سنگ‌فرشی و پیوندی متراکم تشکیل شده است. بین برون‌شامه و پیراشامه، فضایی پر از **مایع** وجود دارد. این **مایع**، هم سبب **محافظت** از قلب می‌شود و هم به حرکت **روان** این اندام کمک می‌کند.

ویژگی‌ها / لایه‌های قلب	جنس بافتی	کار	نکات دیگر
پیراشامه	پیوندی **متراکم** + پوششی **سنگ‌فرشی**	خارجی‌ترین لایهٔ دور قلب است که به **داخل** قفسهٔ سینه متصل بوده و از تاخوردگی خارجی برون‌شامه ایجاد شده است.	از خارج به **قفسهٔ سینه** و از داخل به فضای پر **مایع** متصل است.
برونشامه	پیوندی **متراکم** + پوششی **سنگ‌فرشی**	لایهٔ بیرونی قلب بوده که از داخل به لایهٔ ماهیچه‌ای متصل است.	از خارج با فضای پر **مایع** و از داخل به **ماهیچهٔ** قلب متصل است.
ماهیچهٔ قلب	اغلب ماهیچه‌ای + پیوندی	ضخیم‌ترین قسمت قلب	علاوه بر ماهیچه، بافت پیوندی متراکم کلاژن‌دار و رشته‌های عصبی خودمختار دارد.
درونشامه	لایهٔ نازک پوششی سنگ‌فرشی ساده	در تماس با خون و تشکیل دهندهٔ سطح روبی دریچه‌ها	از خارج به بافت پیوندی متصل است و از داخل در سطح درونی حفره‌های قلبی بوده و در تماس با خون می‌باشد.

چند نکته در بررسی تست‌ها

۱) فقط درون‌شامه قلب، فاقد بافت پیوندی می‌باشد.
۲) ترتیب قطر لایه‌های قلبی: درون‌شامه < برون‌شامه < ماهیچه‌ای
۳) فقط در ماهیچهٔ قلب یاختهٔ دوهسته‌ای می‌تواند وجود داشته باشد.

تست ۶ **بافت پیوندی موجود در لایهٔ ماهیچهٔ قلب، به نسبت بافت پیوندی موجود در هر لایه دوازدهه، ..... دارد.**

۱) کلاژن و یاخته کمتر ولی انعطاف‌پذیری بیشتری
۲) کلاژن و مقاومت بیشتر ولی انعطاف‌پذیری و مادهٔ زمینه‌ای کمتری
۳) فضای بین‌یاخته‌ای زیاد، همراه با مادهٔ زمینه‌ای اندک پرانعطاف
۴) انعطاف و تعداد یاخته کمتر ولی مادهٔ زمینه‌ای و مقاومت بیشتری

پاسخ ۲ (A) بافت پیوندی موجود در قلب، پیوندی متراکم می‌باشد ولی نوعی از بافت پیوندی که در تمام لایه‌های لولهٔ گوارش یافت می‌شود، سست می‌باشد. بافت پیوندی از نوع متراکم، کلاژن و مقاومت در مقابل کشش بیشتری از بافت پیوندی سست دارد ولی تعداد یاخته‌ها، مادهٔ زمینه‌ای و انعطاف آن از بافت پیوندی سست کمتر است همچنین هر دو به نسبت بافت پوششی فضای بین‌یاخته‌ای بیشتری دارند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): بافت پیوندی تراکم کلاژن بیشتری دارد. / گزینهٔ (۳): فضای بین‌یاخته‌ای هر دو بافت زیاد است اما مادهٔ زمینه‌ای بافت متراکم، کم‌انعطاف‌تر است. / گزینهٔ (۴): مادهٔ زمینه‌ای بافت پیوندی متراکم از بافت پیوندی سست کمتر است چراکه بیشتر فضای بین‌یاخته‌ای این بافت از رشته‌های کلاژن پر شده است.

تست ۷ **نوعی مایع، ضمن محافظت از قلب انسان، به حرکت روان آن کمک می‌کند. کدام گزینه دربارهٔ «هر لایهٔ دارای تماس با این مایع» صحیح است؟** (قلم‌چی)

۱) به ضخیم‌ترین لایهٔ دیوارهٔ قلب متصل است.
۲) در استحکام دریچه‌های قلبی نقش دارد.
۳) واجد بافتی با فضای بین‌یاخته‌ای اندکی است.
۴) فاقد شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی است.

پاسخ ۳ (B) بیرونی‌ترین لایهٔ دیوارهٔ قلب برون‌شامه است. این لایه روی خود برمی‌گردد و 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 محافظت از قلب، به حرکت روان آن کمک می‌کند و این مایع در تماس با همان دو لایه می‌باشد. بنابراین در هر دو لایهٔ در تماس با این مایع، بافت پوششی سنگ‌فرشی وجود دارد. یاخته‌های این بافت، بسیار نزدیک به یکدیگرند و بین آن‌ها فضای بین‌یاخته‌ای اندکی وجود دارد.

از بین این دو لایه، فقط برون‌شامه به ماهیچهٔ قلب (ضخیم‌ترین لایه) متصل می‌باشد (نادرستی گزینهٔ (۱)) و نقش داشتن در استحکام دریچه‌های قلبی، مربوط به لایهٔ ماهیچهٔ قلب است و نه هیچ‌یک از دو لایهٔ مدنظر سؤال (نادرستی گزینهٔ (۲)). در زیر یاخته‌های این بافت، غشای پایه وجود دارد که شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی است (نادرستی گزینهٔ (۴)).

ساختار بافت و یاختهٔ ماهیچهٔ قلبی

همان‌طور که قبلاً نیز بررسی کردیم در بدن انسان، سه نوع بافت ماهیچه‌ای وجود دارد: ماهیچهٔ اسکلتی (*مخطط*)، ماهیچهٔ صاف (*غیرارادی*) و ماهیچهٔ قلبی. یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی، **ترکیبی** از ویژگی‌های هر دو نوع ماهیچهٔ **صاف و اسکلتی** را دارند. یاختهٔ ماهیچهٔ قلبی همانند یاخته‌های ماهیچهٔ اسکلتی، **ظاهری مخطط** همراه **واحدهای انقباضی منظم کنار هم** دارند، انقباض **مجموع** این واحدهای انقباضی باعث انقباض ماهیچهٔ قلبی می‌شود. از طرفی یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی همانند یاخته‌های ماهیچهٔ صاف، به صورت **غیرارادی** منقبض می‌شوند.

نکته

دقت کنید که یاختهٔ مخطط هم در ماهیچهٔ اسکلتی و هم در ماهیچهٔ قلبی وجود دارد ولی لفظ ماهیچهٔ مخطط منظور ماهیچهٔ اسکلتی می‌باشد.

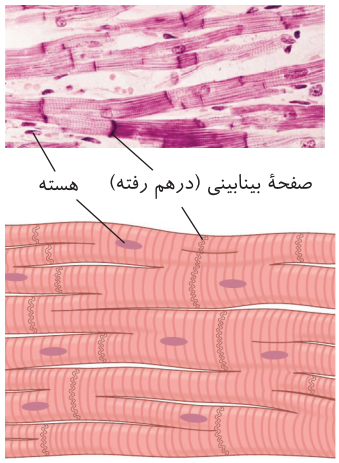
نکته

هر یاختهٔ ماهیچه
- اسکلتی ← **چندهسته‌ای** **استوانه‌ای**شکل می‌باشد - انقباض آن‌ها فقط تحت کنترل اعصاب حرکتی **پیکری** می‌باشد.
- صاف ← **تک‌هسته‌ای** **دوکی** می‌باشد - انقباض آن‌ها تحت کنترل اعصاب حرکتی **خودمختار** می‌باشد (*البته در لولهٔ گوارش شبکهٔ یاخته‌ای عصبی هم مؤثر است*).
- قلبی ← **بیشتر** یک و **برخی** دوهسته‌ای استوانه‌ای **منشعب** با صفحات بینابینی (*درهم رفته*) می‌باشند - انقباض آن‌ها هم به صورت ذاتی (*خودبه‌خودی*) و هم تحت کنترل اعصاب حرکتی **خودمختار** می‌باشد.

ویژگی منحصر به فرد یاختهٔ ماهیچه‌ای قلبی

یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب یک ویژگی منحصر به فرد دارند و آن داشتن **صفحات بینابینی** (*درهم رفته*) است که باعث ارتباط **سریع** پیام انقباضی یا **استراحتی** بین یاخته‌های قلبی می‌شود. این صفحات سبب می‌شوند که قلب به صورت یک **تودهٔ یاخته‌ای واحد** عمل کرده و دو دهلیز با هم و هم‌زمان منقبض شوند و دو بطن نیز با هم و **هم‌زمان** به انقباض یا استراحت دربیایند.

در حقیقت صفحات بینابینی نقش انتقال پیام بین یاخته‌های دو **دهلیز** به هم و یا یاخته‌های دو **بطن** به همدیگر را دارند.



«ساختار ماهیچهٔ قلب و ارتباط‌های یاخته‌ای آن»

چند نکته در بررسی تست‌ها

۱) در محل اتصال **دهلیزها به بطن‌ها**، یک بافت **پیوندی عایق** وجود دارد که باعث می‌شود ماهیچهٔ دهلیزها نتوانند از هر قسمتی سبب تحریک ماهیچهٔ بطن‌ها شوند و از طرفی وجود این بافت عایق سبب می‌شود که دو دهلیز و دو بطن به‌طور هم‌زمان منقبض نشوند. دقت کنید که ارتباط انتقال پیام بین دهلیزها و بطن‌ها **فقط** از نوع **بافت ماهیچه‌ای** به نام **شبکهٔ هادی قلب یا گرهی قلب** امکان‌پذیر می‌باشد که در ادامه به آن اشاره می‌کنیم.

۲) انتقال پیام انقباضی
- بین دو **یاختهٔ** مجاور ماهیچهٔ قلب ← از طریق صفحات ارتباطی بین‌یاخته‌ای صورت می‌گیرد.
- بین دو **حفرهٔ** دهلیزی یا بطنی ← توسط بافت گرهی ماهیچه‌ای صورت می‌گیرد.

۳) برای انقباض هر یاختهٔ ماهیچه‌ای، *ATP* و یون کلسیم مورد نیاز است.

۴) هسته‌های یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی به صورت کشیده در طول یاخته قرار دارند ولی صفحات ارتباطی به صورت عمودی در عرض یاخته‌ها قرار گرفته‌اند.

تست ۸ **اگر یک تار ماهیچه‌ای دهلیز چپ را با محرک الکتریکی تحریک کنیم، ..... به انقباض درمی‌آیند.** (قلم‌چی)

۱) فقط تارهای ماهیچه‌ای دهلیز چپ
۲) تمام تارهای ماهیچه‌ای ماهیچهٔ قلب
۳) فقط تارهای ماهیچه‌ای سمت چپ قلب
۴) تمامی تارهای ماهیچه‌ای دهلیزها

پاسخ ۴ با انقباض یک تار ماهیچه‌ای دهلیز، تمام تارهای ماهیچه‌ای دهلیزها (*چپ و راست*) به انقباض درمی‌آیند، زیرا بین این یاخته‌های ماهیچه‌ای، صفحات بینابینی وجود دارد و وظیفهٔ این صفحات، انتشار پیام انقباض به سایر یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب است. از آنجا که بین دهلیزها و بطن‌ها بافت عایق وجود دارد انقباضات آن‌ها جدا از هم صورت می‌گیرد.

شبکهٔ هادی قلب

در قسمت قبل اشاره کردیم که به لایهٔ میانی و ضخیم قلب، **لایهٔ ماهیچه‌ای** گفته می‌شود. ماهیچه‌های قلب شامل دو نوع یاختهٔ ماهیچه‌ای قلبی با ساختار یاخته‌ای یک یا دو هسته‌ای می‌باشد. یکی از انواع آن‌ها که فراوانی **کمتری** دارد، سبب تشکیل شبکهٔ **هادی** قلب می‌شود که پیام **الکتریکی** قلب را به‌طور خودبه‌خودی تولید و به یاخته‌های دیگر ماهیچه‌ای قلبی منتقل می‌کند.

در حقیقت در بین یاخته‌های ماهیچهٔ قلب انسان، فقط برخی از آن‌ها ویژگی **شروع تحریک به صورت خودبه‌خودی** (*ذاتی*) بدون نیاز به تحریک عصبی دارند. این یاخته‌های ماهیچه‌ای به صورت شبکه‌ای از **رشته‌ها و گره‌ها** در بین یاخته‌های **دیگر ماهیچهٔ قلبی** پراکنده هستند. به مجموع این یاخته‌های ماهیچه‌ای با تعداد کم، **شبکهٔ هادی قلب** یا بافت **گرهی** قلب، گفته می‌شود.

نکته شبکهٔ هادی قلب، **بدون نیاز به عصب**، شروع‌کنندهٔ **ذاتی ضربان** قلب بوده و جریان **الکتریکی** را به **سرعت** در سراسر قلب منتشر می‌کنند ولی **همانند** اغلب یاخته‌های دیگر ماهیچه‌ای، از جنس بافت **ماهیچه‌ای** قلبی هستند. دقت کنید که فعالیت این شبکه توسط دستگاه **خودمختار** سمپاتیک (هم‌حس) و پاراسمپاتیک (پادهم‌حس) **به ترتیب** زیاد یا کم می‌شود. یاخته‌های این قسمت به صورت مخطط با صفحات ارتباطی بوده که اغلب تک‌هسته‌ای و برخی دوهسته‌ای هستند.

نکته **اغلب** یاخته‌های ماهیچه‌ای موجود در لایهٔ ماهیچه‌ای قلب، فاقد قدرت تولید ضربان قلب بوده و جزء بافت هادی قلب به حساب نمی‌آیند. در حقیقت بافت هادی یا گرهی قلب مقدار کمی از یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی را شامل می‌شود.

نکته یاخته‌های شبکهٔ هادی قلب با دیگر یاخته‌های ماهیچهٔ قلب، ارتباط **دارند** و آن‌ها را برای **انقباض** تحریک کرده و یا به استراحت درمی‌آورند. یاخته‌های این شبکه نیز اغلب به صورت تک‌هسته‌ای و در برخی موارد دوهسته‌ای می‌باشند. در ادامه می‌خوانید که یک **گره** از این شبکه، بدون نیاز به عصب تحریک‌کننده، سبب شروع ضربان قلب می‌شود تا به کمک گره دیگر و سایر دسته تارهای تخصصی ماهیچه‌ای هم‌نوع خود، جریان الکتریکی را به **سرعت** در **سراسر** قلب، منتشر کنند.

اجزاء و عمل شبکهٔ هادی قلب

این شبکه شامل **دو گره** و دسته‌هایی از **تارهای تخصص یافتهٔ ماهیچه‌ای** برای ایجاد و هدایت **سریع** جریان الکتریکی در همهٔ حفرات قلبی می‌باشد تا در نهایت لایهٔ ماهیچه‌ای دهلیزها با هم و بطن‌ها نیز با هم منقبض شوند. (دقت کنید که هیچ‌گاه هم‌زمان هر چهار حفرهٔ قلب به انقباض درنمی‌آیند.)

نکته در قلب همواره ابتدا توسط **شبکهٔ گرهی**، پیام الکتریکی ایجاد می‌شود و سپس توسط سایر یاخته‌های ماهیچه‌ای، انقباض مکانیکی ایجاد می‌شود.

۱) گره اول و بزرگ (گره ضربان‌ساز = پیشاهنگ)

این گره، گره پیشاهنگ، ضربان‌ساز یا سینوسی دهلیزی نام دارد که در **دیوارهٔ پشتی دهلیز راست** و **زیر** منفذ بزرگ‌سیاهرگ **زبرین** (بالایی) قرار گرفته است. این گره شروع‌کنندهٔ پیام‌های الکتریکی قلبی به صورت **خودکار** می‌باشد و برای **شروع** تحریک خود **نیازی به جریان عصبی** ندارد. البته عمل آن تحت کنترل اعصاب سمپاتیک زیاد می‌شود. گره پیشاهنگ، جریان الکتریکی را به **سرعت** و به کمک صفحات ارتباطی سایر یاخته‌های ماهیچه‌ای و **دسته تارهای شبکهٔ هادی** در دو **دهلیز** پخش می‌کند تا دو دهلیز **با هم انقباض مکانیکی** پیدا کنند و خون جمع شده **در دیوارهٔ خود** را در مرحلهٔ انقباض دهلیزها که **۰/۱** ثانیه می‌باشد، وارد بطن‌ها کنند.

نکته طبق شکل کتاب درسی، از گره سینوسی دهلیزی، **چهار** دسته یا رشتهٔ گرهی خارج می‌شود که **سه** تای آن‌ها مسئول انتقال پیام به گره دهلیزی بطنی از طریق مسیرهای بین‌گرهی بوده ولی رشتهٔ دیگر سبب انتقال پیام الکتریکی از دهلیز راست به سوی دهلیز چپ می‌شود (دسته‌تاری که فقط به گره ضربان‌ساز متصل است تا نزدیکی بافت پیوندی عایق بین دهلیز چپ و بطن چپ انشعاب می‌یابد).

۲) گره دوم کوچک‌تر

این گره، **گره دهلیزی - بطنی** نام دارد که **همانند** گره اول در **دیوارهٔ پشتی دهلیز راست** (متمایل به دهلیز راست) و در **عقب** دریچهٔ **سه‌لختی** (بزرگ‌ترین دریچهٔ قلب) قرار گرفته است. ارتباط بین دو گره هادی قلب، از طریق **مسیرهای تارهای هادی بین‌گرهی** (سه‌مسیر) در دهلیز **راست** برقرار می‌شود (این مسیرها، دسته‌های از تارهای ماهیچه‌ای گرهی خاص هستند که با سرعت، جریان الکتریکی ایجاد شده در گره اول (پیشاهنگ) را به گره دوم منتقل می‌کنند).

نکته گره دوم (دهلیزی - بطنی) **تولیدکنندهٔ** پیام الکتریکی **نمی‌باشد** بلکه فقط پیام الکتریکی گره اول را از **دهلیزها** گرفته و به **بطن‌ها** منتقل می‌کند.

نکته به گرهٔ دوم چهار دسته تار از بافت هادی متصل است، سه‌تا از این دسته‌ها بین دو گره در دهلیز راست بوده و یکی دسته تارهایی است که فقط به گرهٔ دوم متصل‌اند و پیام را از این گره به دیوارهٔ بین دو بطن هدایت می‌کنند.

۳) دسته تارهای (رشته‌های) هادی بطنی

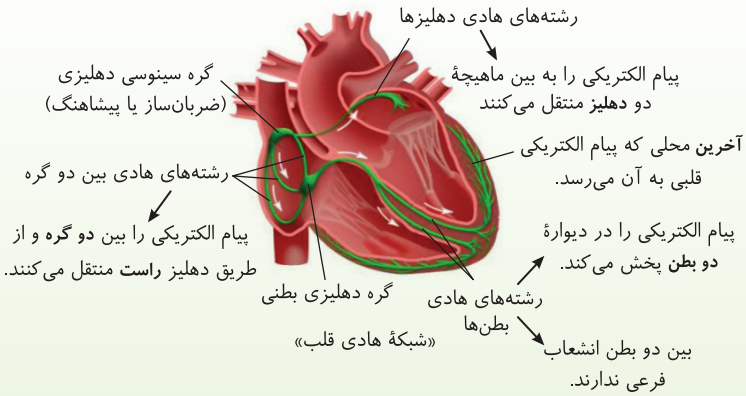
این تارها ابتدا به صورت یک دسته بوده که از گره دهلیزی بطنی به سمت پایین آمده و در **دیوارهٔ بین دو بطن** قرار می‌گیرند و پیام الکتریکی را به **دیوارهٔ بین دو بطن** منتقل می‌کنند، سپس در بین دو بطن، به **دو شاخهٔ** اصلی چپ و راست تبدیل می‌شوند که به سمت **پایین** و **کل بطن**‌ها ادامه می‌یابد. پس از آن هر دسته تار، در اطراف هر بطن دور زده و به سمت **بالا** پیام الکتریکی را منتقل می‌کنند تا به نزدیکی **لایهٔ عایق** بین دهلیزها و بطن‌ها برسند. در طی مسیر، انشعابات این بافت هادی ماهیچه‌ای رشته‌ای به **درون دیوارهٔ بطن‌ها** نفوذ کرده و گسترش می‌یابد تا به وسیلهٔ سایر یاخته‌های ماهیچه‌ای باعث انقباض **هم‌زمان** دو بطن شوند و خون از بطن‌ها به مدت **۰/۳** ثانیه به درون سرخرگ‌ها منتقل شود.

چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

۱) دسته تارهای هادی که به گرهٔ ضربان‌ساز (اول) متصلند، همگی پیام الکتریکی را در جهت نزولی انتقال می‌دهند.
۲) دسته تارهای بین دو بطن، انشعاب فرعی ریز ندارند و مسیر پیام در آن‌ها مسیر نزولی دارد.
۳) وقتی دسته تارهای بین دو بطن به دو انشعاب تقسیم شدند، وقتی می‌خواهند به سمت دو لایهٔ خارجی هر بطن بروند، پیام آن‌ها از طریق انشعابات ریزی به درون یاخته‌های ماهیچه‌ای بطن‌ها نفوذ می‌کند. به همین دلیل بطن‌ها از پایین به سمت بالا به انقباض درمی‌آیند.
۴) آخرین قسمتی از حفرات قلب که پیام الکتریکی را دریافت می‌کنند، مناطق بالایی هر بطن می‌باشند.
۵) بیشترین اجزای بافت هادی قلب در دهلیز راست قرار دارند.
۶) دسته تار هادی که از گره ضربان‌ساز به سمت دهلیز چپ می‌رود در انتهای آن به قطورترین حالت می‌رسد.

۷) پیام **الکتریکی** قلب ابتدا در دهلیز **راست** وارد شده ولی سپس به‌طور هم‌زمان در هر دو دهلیز پخش یا گسترده می‌شود تا **انقباض مکانیکی** دو دهلیز هم‌زمان صورت بگیرد. در مورد بطن‌ها دقت کنید که به دلیل تارهای گرهی درون بطنی، **هم پیام الکتریکی** و **هم انقباض مکانیکی** در هر دو بطن **هم‌زمان** می‌باشد.

۸) با توجه به شکل مقابل در مورد شبکهٔ هادی قلب درمی‌یابیم که از گره سینوسی دهلیزی هم دسته تاری به سمت دهلیز چپ می‌رود و هم مسیرهای بین‌گرهی پیام الکتریکی را به گره دهلیزی - بطنی می‌برند ولی رشته‌های هادی بین بطنی، از گره دهلیزی - بطنی منشأ گرفته تا به بطن‌ها منشعب شوند و با انقباض بطن‌ها سبب خروج خون از قلب شوند.



۹) رشته‌های هادی متصل به گره دهلیزی - بطنی ابتدا به صورت مشترک در بین دو بطن پایین آمده، سپس به دو شاخه تبدیل می‌شوند.

۱۰) آخرین قسمتی از قلب که پیام الکتریکی را دریافت می‌کند در **بالای** بطن‌ها و نزدیک بافت **پیوندی عایق** بین بطن با دهلیز مجاور آن می‌باشد.

۱۱) انتقال پیام الکتریکی:
- بین دو یاختهٔ مجاور قلبی ← از طریق انشعابات درهم رفته یا **صفحات بینابینی** یاخته‌ها می‌باشد.
- بین دو حفرهٔ قلبی (*ماهیچهٔ دهلیزی و بطنی*) ← فقط از بافت **گرهی** صورت می‌گیرد.

۱۲) چون پیام الکتریکی به نوک بطن‌ها زودتر از دیواره‌های خارجی آن می‌رسد، پس انقباض بطن‌ها ابتدا از **پایین** به **بالا** صورت می‌گیرد. این مکانیسم در **بسته** شدن دریچه‌های دهلیزی - بطنی در ابتدای انقباض بطن‌ها و ایجاد صدای **اول** قلب نقش دارد تا خون به دهلیزها برنگردد.

ویژگی‌ها / شبکهٔ هادی قلب	محل	نکات
گره سینوسی دهلیزی	دیوارهٔ **پشتی** دهلیز راست **زیر** منفذ بزرگ‌سیاهرگ زبرین	گره ضربان‌ساز - ایجادکنندهٔ پیام الکتریکی قلب
گره دهلیزی - بطنی	دیوارهٔ **پشتی** دهلیز راست در **عقب** دریچهٔ سه‌لختی	کوچک‌تر از گره اول است - پیام الکتریکی گره اول را به درون **بطن‌ها** منتقل می‌کند.
رشته هادی دهلیز چپ	از طریق گره سینوسی دهلیزی، از دهلیز راست به سمت **دهلیز چپ** می‌رود.	از گره سینوسی دهلیزی (*پیش‌آهنگ*)، پیام الکتریکی را به سمت دهلیز چپ می‌برد در انتها منشعب می‌شود.
رشته‌های هادی بین‌گرهی (*در دهلیز راست*)	دهلیز راست بین دو **گره**	در دهلیز **راست** پیام الکتریکی گره اول را از سه مسیر به **سرعت** به گره دوم می‌رساند.
رشته‌های هادی بین دو بطن	دیوارهٔ **بین** دو بطن	از گره **دهلیزی - بطنی** منشأ می‌گیرد. از بافت پیوندی عایق بین دهلیز و بطن عبور می‌کند - ابتدا به صورت یک دسته تار از گره دهلیزی بطنی منشأ می‌گیرند و سپس به دو انشعاب راست و چپ برای هر بطن تقسیم می‌شوند.
رشته‌های هادی بطنی مربوط به هر بطن	دور تا دور **هر** بطن و درون دیوارهٔ هر بطن	این دسته تارها از **بین** دو بطن شروع می‌شوند و به ترتیب پیام الکتریکی را به انتهای قلب، دیوارهٔ **خارجی** بطن‌ها و سپس به سمت بالا تا دیوارهٔ عایق بین دهلیز و بطن می‌برند. (*انشعابات آن‌ها در دیوارهٔ خارجی بطن‌ها زیاد است.*)

تست ۹ چند مورد دربارهٔ «هر گره در شبکهٔ هادی قلب انسان سالم» صحیح است؟ (قلم‌چی)

الف) شروع‌کنندهٔ پیام‌های الکتریکی است.
ب) در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست واقع است.
ج) مستقیماً در انقباض یاخته‌های ماهیچه‌ای بطن‌ها نقش دارد.
د) یاخته‌های آن با دیگر یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی ارتباط دارند.

۱) ۱ مورد ۲) ۲ مورد ۳) ۳ مورد ۴) ۴ مورد

پاسخ ۲ گزینهٔ C

بعضی یاخته‌های ماهیچهٔ قلب ویژگی‌هایی دارند که آن‌ها را برای تحریک خودبه‌خودی قلب، اختصاصی کرده است. پراکندگی این یاخته‌ها به صورت شبکه‌ای از رشته‌ها و گره‌ها در بین سایر یاخته‌هاست که به مجموع آن‌ها شبکهٔ هادی قلب می‌گویند. یاخته‌های این شبکه با دیگر یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی ارتباط دارند. در این شبکه پیام‌های الکتریکی برای شروع انقباض ماهیچهٔ قلبی ایجاد می‌شوند و به سرعت در همهٔ قلب گسترش می‌یابند.

شبکهٔ هادی قلب انسان دو گره دارد، گره اول یا گرهٔ سینوسی - دهلیزی (*پیش‌آهنگ یا ضربان‌ساز یا گره بزرگ‌تر*) و گره دوم یا گره دهلیزی - بطنی (*گره کوچک‌تر*) که هر دو در دیوارهٔ پشتی دهلیز راست هستند.

از بین موارد، مورد (الف) تنها برای گره اول صحیح است چون تولید ابتدایی پیام الکتریکی توسط گره پیشاهنگ صورت می‌گیرد. مورد (ج) تنها برای گره دوم صدق می‌کند چون گره اول، مستقیماً به یاخته‌های بطنی پیام نمی‌فرستد و موارد (ب) و (د) برای هر دو گره صادق‌اند.

چرخهٔ ضربان قلب

با توجه به اینکه قلب، تقریباً در هر ثانیه یک ضربان کامل دارد، در یک فرد با عمر متوسط، قلب می‌تواند حدود سه میلیارد بار منقبض شود ولی **برخلاف** ماهیچه‌های اسکلتی، این ماهیچه‌ها **استراحت پیوسته** ندارند (*دقت کنید که قلب استراحت دارد ولی مثل ماهیچهٔ اسکلتی نمی‌تواند چند ساعت یا دقیقه به‌طور پیوسته استراحت کند*).

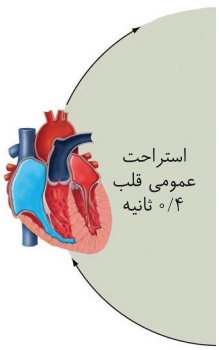
نکته

به استراحت قلب یا هر حفرهٔ آن، **دیاستول** و به انقباض آن‌ها، **سیستول** می‌گویند که به‌طور **متناوب** صورت می‌گیرد. به مجموع سیستول و دیاستول قلبی، یک **چرخه یا دورهٔ قلبی** گفته می‌شود. در حقیقت در هر چرخه، قلب در مرحلهٔ استراحت عمومی به صورت **غیرفعال** و بدون صرف انرژی توسط **سیاهرگ‌ها** پرخون می‌شود ولی در مرحلهٔ فعال یا انقباضی **بطن‌ها**، خون به سراسر بدن می‌رسد. در هر چرخهٔ قلبی مراحل زیر با ویژگی‌های متفاوت صورت می‌گیرد.

الف) مرحلهٔ انبساط قلب = استراحت عمومی یا دیاستول همهٔ حفرات

لطفاً علاوه بر خواندن درسنامه حتماً *QR Code* این قسمت را در تست‌ها به دقت گوش کنید!

در این مرحله که حدود **۰/۴** ثانیه طول می‌کشد، **همهٔ حفرات قلب در حال استراحت هستند** (*دقت کنید که این مرحله پس از انقباض بطن‌ها و ورود خون به سرخرگ‌های قلبی شروع می‌شود*). در این مرحله، **دریچه‌های دهلیزی - بطنی** (دولختی و سه‌لختی) **باز می‌شوند** و خون جمع شده در حفرهٔ دهلیزها (*خون را از بزرگ‌سیاهرگ‌های زیرین، زبرین، اکلیلی و سیاهرگ‌های شش گرفته‌اند*) به‌طور **غیرفعال** و **بدون** انقباض ماهیچه‌ای وارد بطن‌ها می‌شوند. دقت کنید که در این مرحله که بیشترین زمان را در بین مراحل یک چرخه دارد، همهٔ حفرات قلب در حال خون‌گیری هستند. اغلب خون سیاهرگ‌ها در حفرهٔ دهلیزها وارد شده و چون دریچه‌های دهلیزی بطنی باز هستند، مستقیماً وارد بطن‌ها می‌شوند ولی مقداری از خون سیاهرگ‌ها نیز در **دیوارهٔ دهلیزها** جمع‌آوری شده، تا در مرحلهٔ بعد یعنی مرحلهٔ انقباض دهلیزها وارد بطن‌ها شود.

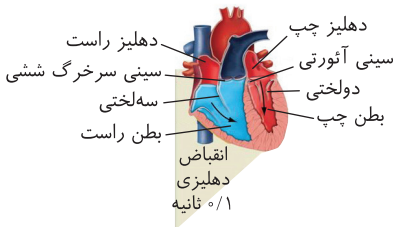


نکته مهم

در این مرحله، همهٔ حفرات قلبی در حال استراحت (دیاستول) **هستند**، ولی **فقط**، ماهیچه‌های **بطنی** از انقباض به حالت استراحت **درمی‌آیند** (*چون بعد از مرحلهٔ انقباض بطن‌ها می‌باشد*). در حالی که ماهیچه‌های **دهلیزی** همانند مرحلهٔ قبل (*انقباض بطن‌ها*) در حال استراحت باقی می‌مانند و شروع استراحت عمومی، تغییری در وضعیت آن‌ها ایجاد نمی‌کند.

ب) مرحلهٔ انقباض دهلیزها (سیستول دهلیزها)

در این مرحله که حدود **۰/۱** ثانیه می‌باشد و **بسیار** زودگذر است، **تغییری در وضعیت دریچه‌های دهلیزی - بطنی** و دریچه‌های **ابتدای سرخرگی دیده نمی‌شود.** در این مرحله، فقط خون جمع شده در **دیوارهٔ** دهلیزها، در اثر انقباض دهلیزها وارد حفرهٔ بطن‌ها می‌شود و بطن‌ها به‌طور **کامل** با خون پر می‌شوند. (*برای فهم بهتر، باید بدانید که آخر انقباض دهلیزها حدود ۱۲۰ سی سی خون در هر بطن جمع شده است که از کل خون ورودی به بطن‌ها، حدود ٪۷۰ آن، در مرحلهٔ استراحت عمومی و ٪۳۰ آن در مرحلهٔ انقباض دهلیزها به حفرهٔ درون بطن‌ها رسیده است.*)



نکته

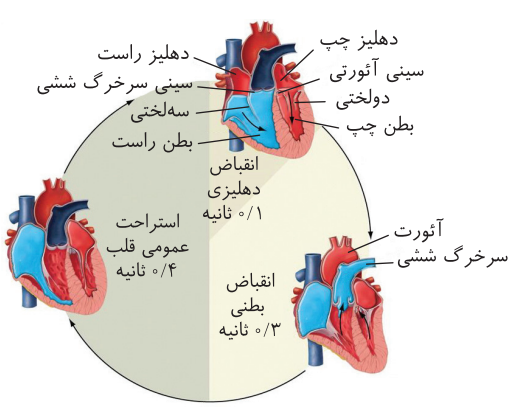
در مرحلهٔ انقباض دهلیزها، ماهیچه‌های دهلیزی به انقباض **درمی‌آیند** و ماهیچه‌های بطنی در استراحت **باقی می‌مانند**.

نکته

در این مرحله چون تغییری در وضعیت دریچه‌های قلبی صورت نمی‌گیرد، صدایی نیز در حالت عادی شنیده نمی‌شود.

ج) مرحلهٔ انقباض بطن‌ها (سیستول بطن‌ها)

این مرحله حدود **۰/۳** ثانیه طول می‌کشد. تحریک تارها و الیاف‌های **درون بطنی** توسط بافت هادی و انقباض یاخته‌های دیگر ماهیچه‌ای، سبب می‌شوند که هر دو بطن به‌طور هم‌زمان منقبض شوند. در این مرحله، **ابتدا** با انقباض ماهیچه‌های بطن‌ها که از پایین به سمت بالا صورت می‌گیرد، دریچه‌های **دهلیزی - بطنی** (دو و سه‌لختی) بسته می‌شوند و **صدای اول قلب** (*پووم*) را ایجاد می‌کنند و سپس با انقباض کامل و هم‌زمان قسمت بالایی هر دو بطن، در اثر **فشار خون**، دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگی باز شده و مقدار زیادی از خون جمع شده در بطن راست وارد سرخرگ ششی و از بطن چپ وارد سرخرگ آئورتی می‌شود.



«مراحل چرخهٔ ضربان قلب»

چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

۱) در مرحلـهٔ **انقبـاض بطن‌هـا همهٔ حفرات قلبی**، **تغییر** وضعیت **مکانیکی** می‌دهند به این صورت که حفرات **دهلیزی** از حالت انقباض، به حالت **اسـتراحت درمی‌آیند** و حفرات **بطنی** از حالت استراحت به حالت **انقباض درمی‌آیند.**

۲) در مرحلـهٔ **انقبـاض بطن‌هـا**، **بیشـترین** فشـار به دریچهٔ **دولختی** می‌آید، چـون بطن **چپ** دیوارهٔ قطورتری دارد و طی ۰/۳ ثانیه بسـته بودن، دریچهٔ دولختی فشـار بیشتری را متحمل می‌شود. برای درک این نکته دقت کنید که در مرحلهٔ انقباض یا سیستول بطن‌ها، دریچه‌های **سینی** به کنار رفته‌اند و باز می‌باشند، پس فشاری را متحمل نمی‌شـوند ولی دریچه‌های دولختی و سـه‌لختی (*دهلیزی بطنی‌ها*) بسته می‌شـوند و مانع برگشت خون به **دهلیزها** می‌شوند. (*دریچهٔ بسته‌ای را تحمل می‌کند و گرنه وقتی باز شد که رفته کنار و فشاری به آن وارد نمی‌شود.*)

۳) بیشـترین **مقدار** خون جمع شـده درون حفرات **دهلیزی**، در **آخر** مرحلهٔ **انقباض بطن‌ها** می‌باشـد که با بسـته بودن دریچه‌های دهلیزی - بطنی خونی از دهلیزها وارد بطن‌ها نشده است.

۴) **بیشـترین** مقدار خون درون حفرات **بطنی**، در **آخر** مرحلهٔ **انقباض دهلیزها** می‌باشـد که خون دهلیزها به‌طور کامل وارد بطن‌ها شـده اسـت.

۵) در مرحلهٔ انقباض بطن‌ها، دهلیزها به حالت اسـتراحت درمی‌آیند و بطن‌ها منقبض می‌شـوند. پس از مرحلهٔ انقباض بطن‌ها، مرحلهٔ **اسـتراحت عمومی** شـروع می‌شود. در این مرحله، **دهلیزها** در استراحت **باقی می‌مانند** و فقط **بطن‌ها** هستند که تغییر وضعیت **مکانیکی** داده و به حالت دیاستول یا استراحت **درمی‌آیند.**

۶) در مرحلهٔ اسـتراحت عمومی هر چهار حفرهٔ قلبی در حال اسـتراحت **هسـتند** و خون می‌گیرند ولی خون، فقط در **بطن‌ها** ذخیره می‌شـود (*به دلیل اینکه خون وارد شده از سیاهرگ‌ها به حفرهٔ دهلیزها، از دریچه‌های دهلیزی - بطنی باز، وارد حفرهٔ بطن‌ها می‌شود و فقط کمی خون در دیوارهٔ دهلیزها جمع می‌شود. در مرحلهٔ استراحت عمومی، هیچ حفره‌ای به حالت انقباض درنمی‌آید*).

۷) در یک چرخهٔ ضربان قلب، حدود ۰/۳ ثانیه یعنی فقط در مرحلهٔ **انقباض بطن‌ها**، دریچه‌های **سینی** سرخرگی **باز** هستند ولی حدود ۰/۵ ثانیه که معادل مجموع مراحل **انقباض دهلیزها و استراحت عمومی** می‌باشد، دریچه‌های دهلیزی - بطنی **باز** هستند و بطن‌ها خون‌گیری می‌کنند.

۸) انقباض (*سیستول*) بطن‌ها حدود ۰/۳ ثانیه ولی استراحت (*دیاستول*) آن‌ها ۰/۵ ثانیه می‌باشد ولی در مورد دهلیزها، دورهٔ انقباض کوتاه و ۰/۱ ثانیه در سیستول است ولی دورهٔ استراحت طولانی بوده و ۰/۷ ثانیه است.

۹) **در هنگام شنیدن صداهای اول و دوم قلبی** یعنی به ترتیب **ابتدای** انقباض بطن‌ها و **ابتدای** استراحت عمومی، در فاصلهٔ **کوتاهی** همهٔ دریچه‌های قلبی دهلیزی - بطنی و سرخرگی سینی **بسته می‌باشند.** چون همواره ابتدا باید دریچه‌هایی که قبلاً باز بوده‌اند، بسته شوند تا خون به حفرات قبلی برنگردد و سپس، دریچه‌های جدید باز شوند (*البته این نکته برای درک بهتر شما گفته شده است*).

۱۰) به‌طور خلاصه:
- شروع انقباض بطن‌ها ← ابتدا دریچه‌های دهلیزی بطنی بسته شده و صدای **اول** ایجاد می‌شود ← سپس سینی‌ها باز می‌شوند.
- شروع استراحت عمومی ← ابتدا دریچه‌های سینی بسته شده و صدای **دوم** ایجاد می‌شود ← سپس دهلیزی بطنی‌ها باز می‌شوند.

تست ۱۰ کدام عبارت صحیح است؟ (قلم‌چی)

۱) انتشار انقباض بطن‌ها از پایین به سمت بالا و انتشار انقباض دهلیزها از بالا به سمت پایین است.

۲) دهلیزها برخلاف بطن‌ها به‌طور فعال از خون پر می‌شوند.

۳) مدت زمانی که خون از سیاهرگ‌ها وارد دهلیزها می‌شود کمتر از مجموع زمان استراحت عمومی و انقباض دهلیزی است.

۴) در مرحلهٔ انبساط قلب مانعی برای ورود خون به بطن‌ها وجود دارد.

پاسخ ۱ B

با توجه به شکل کتاب درسی که مراحل چرخهٔ ضربان قلب را نشان می‌دهد، انتشار انقباض بطن‌ها از پایین به بالا و انتشار انقباض دهلیزها از بالا به پایین است چون بطن‌ها باید خون داخل خود را به بالا (*سرخرگ‌ها*) بفرستند اما دهلیزها با انقباض خود قصد دارند خون خود را وارد حفره‌های پایینی (*بطن‌ها*) کنند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): پر شدن دهلیزها از خون، با واسطهٔ ورود خون سیاهرگ‌ها انجام می‌پذیرد که این فرایند، یک فرایند غیرفعال است. / گزینهٔ (۳): ورود خون سیاهرگ‌ها به دهلیزها بدون توقف ادامه دارد و در تمام طول دورهٔ قلبی مشاهده می‌شود. پس زمانی بیش از مجموع استراحت عمومی و انقباض دهلیزی (*مجموعاً ۰/۸ ثانیه*) است. / گزینهٔ (۴): انبساط قلب همان مرحلهٔ استراحت عمومی است که دریچه‌های دهلیزی بطنی باز بوده و خون دهلیزها وارد بطن‌ها می‌شود.

تست ۱۱ **به‌طور معمول در مرحله‌ای از کار قلب انسان که ۰/۴ ثانیه طول می‌کشد ..... مرحله‌ای که دریچه‌های دهلیزی بطنی بسته هستند** ..... (قلم‌چی)

۱) همانند - دریچه‌های ابتدای سرخرگ‌ها باز هستند.

۲) برخلاف - ممکن نیست خون روشنی وارد بطن‌ها شود.

۳) همانند - رشته‌های گرهی بین بطنی در حال هدایت تکانه‌های قلبی هستند.

۴) برخلاف - دریچه‌های دهلیزی بطنی با افزایش فشار درون حفرات کوچک قلب نسبت به حفرات بزرگ باز می‌شوند.

پاسخ ۴ C

این تست مقایسهٔ دو مرحلهٔ استراحت عمومی با انقباض بطن‌ها می‌باشد که در مرحلهٔ استراحت عمومی که ۰/۴ ثانیه طول می‌کشد، دریچه‌های دهلیزی - بطنی به دلیل افزایش تجمع خون و فشار دهلیزها (*حفرات کوچک‌تر*)، نسبت به بطن‌ها (*حفرات بزرگ‌تر*) که با اتمام انقباض و خالی شدن دچار کاهش فشار شده‌اند، باز می‌شوند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): دریچه‌های ابتدای سـرخرگ‌ها در انقباض بطن‌ها باز هسـتند (*نه اسـتراحت عمومی*). / گزینهٔ (۲): در زمان استراحت عمومی قلب، دریچه‌های دهلیزی - بطنی باز هستند و خون روشن سیاهرگ‌های ششی بدون مانع ابتدا وارد دهلیز و بعد وارد بطن می‌شود.

تست ۱۲ چند مورد جملهٔ مقابل را به درستی کامل می‌کند؟ «در طی دورهٔ کاری قلب در انسانی که در حال استراحت است، .....» (قلم‌چی)

الف) مدت انبساط دهلیزها، هفت برابر انقباض دهلیزها است.

ب) زمانی که دهلیزها در حال انقباضند، بطن‌ها در حال انبساطند.

ج) هم‌زمان بودن انبساط دهلیزها و بطن‌ها امکان‌پذیر نیست.

د) مدت زمان باز بودن دریچه‌های دهلیزی - بطنی، بیش از باز بودن دریچه‌های سینی شکل است.

۱) ۱ مورد **۲)** ۲ مورد **۳)** ۳ مورد **۴)** ۴ مورد

پاسخ ۳ (C) فقط مورد (ج) نادرست است.

تله‌های تستی الف) درست است. دهلیزها ۰/۱ ثانیه در حال انقباض و ۰/۷ ثانیه در حال استراحت (انبساط) هستند. / ب) درست است. در قلب هرگاه دهلیزها یا بطن‌ها دارای انقباض هستند به ترتیب، بطن‌ها یا دهلیزها دارای انبساط هستند. / ج) نادرست است. در **استراحت عمومی** همهٔ حفرات قلبی در حال استراحت و انبساط هستند. / د) درست است. در یک چرخهٔ ضربان قلب، دریچه‌های دهلیزی - بطنی ۰/۵ ثانیه (هم‌زمان با استراحت بطن‌ها) و سینی‌ها ۰/۳ ثانیه (هم‌زمان با انقباض بطن‌ها) باز هستند.

تست ۱۳ در مرحلهٔ ۰/۳ ثانیه‌ای از دورهٔ کار قلب انسان، ..... (سراسری - ۸۸)

۱) مقداری خون در دهلیزها جمع می‌شود. **۲)** با انقباض دهلیزها، بطن‌ها از خون پر می‌شوند.

۳) با افزایش فشار خون در بطن‌ها، دریچه‌های سینی بسته می‌شوند. **۴)** با افزایش فشار خون در دهلیزها، دریچه‌های دهلیزی- بطنی باز می‌شوند.

پاسخ ۱ (B) مرحلهٔ **انقباض بطنی** ۰/۳ ثانیه طول می‌کشد که طی آن دهلیزها در حال استراحت بوده و دریچه‌های دولختی و سه‌لختی بسته می‌شوند و خون از سیاهرگ‌ها به دهلیزها می‌ریزد، ولی به بطن‌ها وارد نمی‌شود در نتیجه درون همان دهلیزها جمع می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): در این مرحله انقباض دهلیزها را شاهد نیستیم. / گزینهٔ (۳): افزایش فشار در بطن‌ها موجب باز شدن دریچه‌های سینی برای خروج خون از قلب می‌شود. / گزینهٔ (۴): باز شدن دریچه‌های دهلیزی - بطنی، پس از این مرحله انجام می‌شود.

حجم ضربه‌ای

مقدار خونی است که با هر انقباض قلب، از **هر بطن** خارج شده و وارد سرخرگ مربوط به آن بطن می‌شود (حدود ۷۰ میلی‌لیتر می‌باشد). این ویژگی تحت تأثیر قدرت انقباضی **لایهٔ ماهیچه‌ای** قلب است.

نکته در حالت طبیعی و پس از انقباض کامل بطن‌ها، قلب نیز مانند شش که هیچ‌گاه خالی نمی‌شود، هنوز مقداری خون در **هر بطن** خود نگه می‌دارد. در حقیقت اگر هر حفرهٔ بطنی در ابتدای انقباض بطن دارای ۱۲۰ میلی‌لیتر خون باشد، این حفره در پایان انقباض یا سیستول خود، ۷۰ میلی‌لیتر از خون خود را به عنوان حجم ضربه‌ای وارد سرخرگ آئورت یا ششی می‌کند و ۵۰ میلی‌لیتر نیز در هر بطن باقی می‌ماند.

برون‌ده قلبی

حاصل‌ضرب **حجم ضربه‌ای** حاصل از عمل انقباضی **ماهیچهٔ** هر بطن در **تعداد** ضربان قلب در **دقیقه** حاصل از عملکرد بافت **هادی** یا پایهٔ **گرهی** قلب می‌باشد.

تعداد ضربان قلب در دقیقه×حجم ضربه‌ای=برون‌ده قلب

نکته برون‌ده قلب، متناسب با **سطح فعالیت بدن** تغییر می‌کند و **ثابت نمی‌ماند**. عواملی مانند مقدار فعالیت بدن و سوخت‌وساز بدن بر برون‌ده قلب تأثیر می‌گذارند مثلاً در اثر عمل زیاد **غدهٔ تیروئید**، تعداد ضربان قلب زیاد می‌شود و یا عواملی مثل سن و اندازهٔ بدن سبب تغییر در برون‌ده قلب می‌شود. در یک فرد بالغ و سالم در حالت **استراحت**، برون‌ده قلب، حدود ۵ لیتر در دقیقه می‌باشد. (البته حجم ضربه‌ای را حدود ۷۰ میلی‌لیتر و تعداد ضربان قلب را حدود ۷۰ بار در نظر می‌گیریم.)

نکته اگر **تعداد** ضربان قلب در دقیقه خیلی زیاد شود، زمان خون‌گیری قلب و همچنین مقدار حجم ضربه‌ای **کمتر** می‌شود، در نتیجه برون‌ده قلب یا مقدار خونی که در هر دقیقه به اندام‌ها می‌رسد، **کمتر** می‌شود.

نوار قلب

پیام الکتریکی قلب، توسط **گره ضربان‌ساز** ایجاد شده و توسط شبکهٔ **هادی** و سایر یاخته‌های ماهیچه‌ای در کل دهلیزها و بطن‌ها پخش می‌شود. این پیام الکتریکی توسط گره **دهلیزی - بطنی** با یک تأخیر زمانی کوچک به درون بطن‌ها می‌رسد تا در نهایت ماهیچه‌های قلب منقبض شوند. در حقیقت با دستگاهی می‌توانیم فعالیت یاخته‌های ماهیچه‌ای قلب را به صورت نواری با موج‌های متفاوت ثبت کنیم.

بررسی نوار قلب

حتماً بارها دیده و شنیده‌اید که فلانی نوار قلب گرفته است. ولی چطوری؟!

در حقیقت نمودار نوار قلب را می‌توان از قسمت‌های مختلف **سطح پوست** ثبت کرد. **علت ثبت** این منحنی این است که در هنگام چرخهٔ ضربان قلب، **یاخته‌های ماهیچهٔ** قلبی در این فرایند شرکت می‌کنند و این پیام‌ها به اندازهٔ کافی **قوی** هستند که بتوان آن‌ها را از **سطح پوست** دریافت و ثبت کرد.

نکته در ثبت نوار قلب فقط یاخته‌های **ماهیچه‌ای** مؤثراند که فعالیت **الکتریکی** قدرت تولید یا هدایت پیام را دارند.

نکته نوار قلب روی کاغذ یا صفحهٔ حساس نمایش‌گر، نشان داده می‌شود و شامل ۳ موج P ، QRS و T در مجموع یک چرخهٔ ضربان کامل ۰/۸ ثانیه‌ای می‌باشد که به ترتیب آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

موج P

موجی است مربوط به فعالیت الکتریکی **انقباض دهلیزها** که توسط **گره پیشاهنگ** (ضربان‌ساز) و به صورت **خودبه‌خود** (بدون نیاز به عصب) ثبت می‌شود. این موج **کمی قبل از شروع انقباض دهلیزها** یعنی در انتهای **استراحت عمومی**، **شروع** به ثبت شدن می‌کند. پس از ثبت موج P ، با انقباض دهلیزها، خون جمع شده در **دیوارهٔ دهلیزها** از دریچهٔ دهلیزی - بطنی که **باز بوده‌اند**، وارد بطن‌ها می‌شود (ولی این خون آن‌قدر فشار ندارد که دریچه‌های سینی در ابتدای سرخرگ‌ها را باز کند).

نکته در اینجا لازم به دقت فراوان می‌باشد که در مرحلهٔ انقباض **دهلیزها** و ثبت موج P ، تغییری در وضعیت **دریچه‌ها** ایجاد نمی‌شود و خون از طریق دریچه‌های دهلیزی بطنی که از قبل باز بوده‌اند، وارد بطن‌ها می‌شود. به همین دلیل در این قسمت صدای قلبی نیز شنیده نمی‌شود.

نکته ابتدا در اثر عمل گرهٔ سینوسی دهلیزی موج P ثبت می‌شود، بعد انقباض دو دهلیز به صورت هم‌زمان صورت می‌گیرد.

موج QRS

در هنگامی که انقباض دهلیزها در حال انجام است، پیام الکتریکی گره پیشاهنگ، توسط الیاف‌ها و تارهای **هادی** دهلیزی به گره دهلیزی - بطنی می‌رسد. در **انتهای** انقباض **دهلیزها**، موجی به نام QRS **شروع** به ثبت شدن می‌کند که هدف آن، یکی رساندن پیام به گره دهلیزی - بطنی و دیگری به انقباض درآوردن **هم‌زمان** ماهیچه‌های **هر دو بطن** همراه با انقباض **تعداد زیادی** از یاخته‌های دیوارهٔ **بطن‌ها** می‌باشد.

نکته مهم موج QRS تقریباً از قبل از شروع انقباض بطن‌ها، شروع به ثبت می‌کند ولی انتهای ثبت آن در ابتدای انقباض بطن‌ها بوده که هم‌زمان با **صدای اول قلب** می‌باشد.

نکته پس از ثبت موج QRS با بسته بودن دریچه‌های دهلیزی - بطنی و ایجاد انقباض کامل بطن‌ها، دریچه‌های سینی سرخرگی باز می‌شوند.

نکته در زمان ثبت موج QRS، بیشترین مقدار خون در **بطن‌ها** جمع شده است چون شروع ثبت این موج در انتهای مرحلهٔ انقباض دهلیزها می‌باشد.

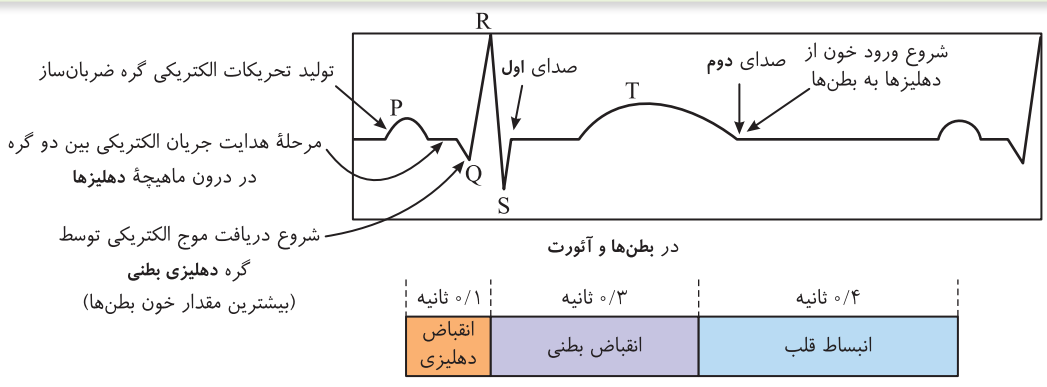
موج T

موجی است مربوط به مرحلهٔ **به استراحت درآمدن بطن‌ها** که همراه با **خارج شدن تدریجی پیام الکتریکی از یاخته‌های بطنی** ثبت می‌شود. این موج اندکی قبل از پایان **انقباض بطن‌ها** شروع به ثبت شدن می‌کند و پس از آن در شروع استراحت عمومی با بسته شدن دریچه‌های سینی **صدای دوم قلب** (تاک) شنیده می‌شود.

نکته صدای **اول** قلب (پوم) به موج QRS نزدیک‌تر بوده و صدای **دوم** (تاک) به موج T نزدیک‌تر می‌باشد.

نکته بیشترین مقدار خون درون **دهلیزها**، در آخر **انقباض بطن‌ها** و هم‌زمان با اواخر ثبت موج T می‌باشد در حالی که بیشترین مقدار خون درون **بطن‌ها** در آخر **انقباض دهلیزها** و هم‌زمان با شروع ثبت موج QRS می‌باشد.

شمار صداهای قلبی:
تاک به T نزدیک است ولی پوم به P نزدیک نیست به QRS نزدیک است.



«منحنی قلب‌نگاره»

نکته با توجه به متن کتاب درسی شروع ثبت موج P و QRS، به ترتیب کمی قبل از شروع انقباض دهلیزها و بطن‌ها می‌باشد. نیاز به آموختن هیچ مطلب دیگری به جز مطالب گفته شده را برای کنکور ندارید.

فاصلهٔ بین...	مرحله	دریچه‌های دهلیزی بطنی	دریچه‌های سینی	مقدار خون درون دهلیزها	مقدار خون درون بطن‌ها	مدت زمان تقریبی
ثبت کامل P تا شروع ثبت Q	انقباض **دهلیزها**	**باز**	**بسته**	**کم** می‌شود	اندکی **زیاد** می‌شود	۰/۱ ثانیه
پایان ثبت QRS تا شروع ثبت T	انقباض **بطن‌ها**	**بسته**	**باز**	**زیاد** می‌شود	به تدریج **کم** می‌شود	۰/۳ ثانیه
ثبت کامل T تا شروع ثبت P	استراحت عمومی	**باز**	**بسته**	وارد بطن‌ها می‌شود	**زیاد** می‌شود	۰/۴ ثانیه

چرخه / کمیت	انقباض دهلیزها ۰/۱s «سیستول دهلیزی»	انقباض بطن‌ها ۰/۳s «سیستول»	استراحت عمومی ۰/۴s «دیاستول»
	(جهت مسیر) ← R، Q، S صدای اول، مـــوج T، P، صدای دوم		
وضعیت دریچهٔ دهلیزی - بطنی	باز **می‌ماند**	ابتدا **بسته** می‌شود ⇓	بعد **باز** می‌شود ⇑
وضعیت دریچهٔ سینی	بسته **می‌ماند**	بعد **باز** می‌شود	ابتدا **بسته** می‌شود
وضعیت مکانیکی دهلیزها	به انقباض **درمی‌آیند**	به استراحت **درمی‌آیند**	در استراحت **می‌مانند**
وضعیت مکانیکی بطن‌ها	در استراحت **می‌مانند**	به انقباض **درمی‌آیند**	به استراحت **درمی‌آیند**

نکته بررسی شکل، ارتفاع و فاصلهٔ منحنی‌ها و ثبت موج‌ها در نوار قلب به متخصصان قلب در تعیین وضعیت سلامت قلب یا تشخیص بیماری‌های قلبی کمک می‌کند.

نکته مهم موج P مربوط به فعالیت الکتریکی پتانسیل عمل در **دهلیزها** بوده ولی موج QRS مربوط به فعالیت الکتریکی پتانسیل عمل **بطن‌ها** و T پیام الکتریکی مربوط به استراحت **بطن‌ها** می‌باشد.

تست ۱۴ **در طی یک چرخهٔ ضربان قلب در انسان سالم و بالغ در بین موارد زیر، بیشترین زمان اختصاص به کدام مورد دارد؟** (قلم‌چی)

۱) انقباض دهلیزها
۲) پر شدن بطن‌ها از خون
۳) باز بودن دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگ‌ها
۴) خروج خون از طریق سرخرگ آئورت از قلب

پاسخ ۲ (A)
در طی یک چرخهٔ ضربان قلب در انسان، پر شدن بطن‌ها از خون حدود ۰/۵ ثانیه (گزینهٔ (۲))، باز بودن دریچه‌های سینی ابتدای سرخرگ‌ها حدود ۰/۳ ثانیه (گزینهٔ (۳))، خروج خون از بطن‌ها حدود ۰/۳ ثانیه (گزینهٔ (۴)) و انقباض دهلیزها حدود ۰/۱ ثانیه می‌باشد (گزینهٔ (۱)).

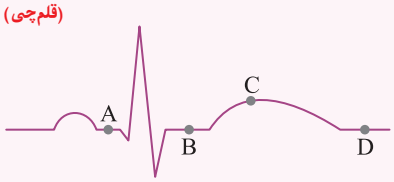
تست ۱۵ **کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در چرخهٔ ضربان قلب انسان سالم، کمی ..... ثبت موج T، قطعاً .....»** (قلم‌چی)

۱) بعد از - خون بزرگ‌سیاهرگ‌های زیرین و زبرین وارد دهلیز چپ می‌شود.
۲) قبل از - یاخته‌های ماهیچه‌ای دهلیزها در حال انقباض‌اند.
۳) قبل از - مانعی برای خروج خون از قلب وجود دارد.
۴) بعد از - بطن‌ها به حالت استراحت درمی‌آیند.

پاسخ ۴ (B)
موج T، اندکی پیش از پایان انقباض بطن‌ها و بازگشت آن‌ها به حالت استراحت ثبت می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): بزرگ‌سیاهرگ‌ها، به دهلیز راست وارد می‌شوند (*نه چپ*). / گزینهٔ (۲): کمی قبل از ثبت این موج، بخش‌های ابتدایی و میانی انقباض بطن‌ها است و به بخش انقباض دهلیزها نمی‌رسد. / گزینهٔ (۳): در طول انقباض بطن‌ها (*اندکی پیش از ثبت این موج*)، مانعی برای خروج خون از قلب دیده نمی‌شود.

تست ۱۶ **در نمودار نوار قلب مقابل، در نقطهٔ A .....** (قلم‌چی)



۱) برخلاف B، دریچه‌های دهلیزی بطنی فشار زیادی تحمل می‌کنند.
۲) همانند D، خون وارد حفرات بزرگ قلب می‌شود.
۳) همانند C، یاخته‌های ماهیچه‌ای دریچه‌های قلبی و سرخرگی در جهت جریان خون باز می‌شوند.
۴) برخلاف D، گرهٔ پیشاهنگ تکانه‌های قلبی ایجاد می‌کند.

پاسخ ۲ (B)
در نقطهٔ A (*انقباض دهلیزها*) همانند نقطهٔ D (*استراحت عمومی*) دریچه‌های قلبی (*دهلیزی بطنی*) باز بوده و خون از دهلیزها وارد بطن‌ها می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): اتفاقاً برعکس، دریچه‌های قلبی در نقطهٔ (B) تحت فشار قرار دارند. / گزینهٔ (۳): دریچه‌های قلبی، یاختهٔ ماهیچه‌ای ندارند. / گزینهٔ (۴): فعالیت گره پیشاهنگ، قبل از (A) آغاز شده است.

درسنامه

گفتار ۲ رگ‌های خونی

در دستگاه گردش **خون بسته انسان و سایر مهره‌داران**، سه **نوع** رگ به صورت یک **شبکهٔ مرتبط** به نام‌های **سرخرگ‌ها، مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها** وجود دارد که **ساختار** هر کدام متناسب با **کاری** است که انجام می‌دهند. این شبکهٔ رگی از **سرخرگ**‌های خارج‌کنندهٔ خون از قلب شروع شده و پس از عبور از بافت‌ها و تبادل مواد در مویرگ‌ها، توسط **سیاهرگ**‌ها به قلب باز می‌گردد. در جدول زیر لایه‌های مختلف هر رگ خونی را بررسی کرده‌ایم.

رگ‌های خونی	لایهٔ خارجی	لایهٔ میانی	لایهٔ داخلی
سرخرگ‌ها	بافت پیوندی زیادی دارند.	ماهیچهٔ صاف **زیاد** همراه بافت پیوندی دارای لایه‌های کشسان (الاستیک) زیاد با مقاومت **زیاد** در مقابل فشار خون قلب می‌باشد.	**سنگ‌فرشی** ساده که غشای پایه در زیر خود دارد.
مویرگ‌ها	ندارد	ندارد	**سنگ‌فرشی** ساده که غشای پایه در زیر خود دارد.
سیاهرگ‌ها	بافت پیوندی به مقدار کمتر از سرخرگ و با استحکام کمتر دارند.	**نسبت به سرخرگ، ماهیچهٔ صاف کمتری دارد ولی** همراه با بافت پیوندی دارای رشته‌های کشسان (الاستیک) می‌باشد. مقاومت **کم** در مقابل جریان خون دارند.	**سنگ‌فرشی** ساده که غشای پایه در زیر خود دارد.

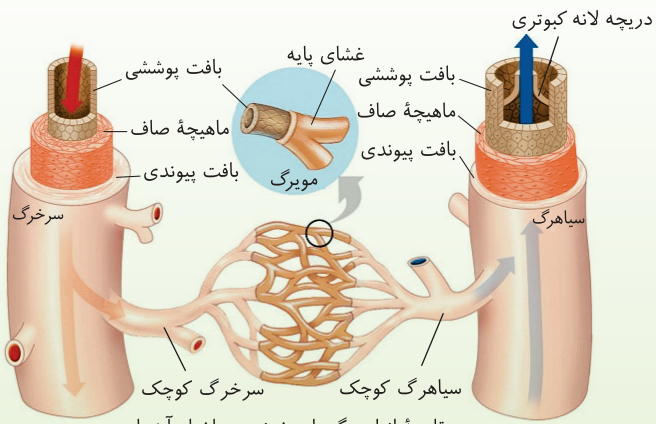
چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

۱) سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها دارای سه لایهٔ اصلی می‌باشند ولی مویرگ‌ها فقط یک لایهٔ **پوششی** به همراه غشای پایه دارند که در جدول بالا به بررسی کلی آن‌ها پرداختیم.

۲) دقت کنید که خون نوعی بافت پیوندی درون رگ‌ها می‌باشد که در تماس با بافت پوششی قلب و رگ‌ها قرار دارد ولی در تماس با غشای پایه نمی‌باشد.

۳) ساختار پایه‌ای سرخرگ با سیاهرگ‌ها **شبیه** می‌باشد ولی ضخامت لایه‌های آن‌ها **متفاوت** می‌باشد (دقت کنید که در لایهٔ میانی سرخرگ و سیاهرگ کتاب مقدار رشته‌های کشسان را **زیاد** در نظر گرفته است).

۴) به دلیل لایهٔ **ماهیچه‌ای و پیوندی با ضخامت زیاد** و محکم در **سرخرگ‌ها**، این رگ‌ها در برش عرضی **بیشتر گرد** دیده می‌شوند و فضای درونی آن‌ها برای انتقال خون از سیاهرگ‌ها **کم‌حجم‌تر** می‌باشد. به همین دلیل، **فشار خون بیشتری از طرف خون و انقباض قلب به دیوارهٔ آن‌ها وارد می‌شود** و مقدار خون درون سرخرگ‌ها از سیاهرگ‌ها **کمتر** است.



«مقایسهٔ انواع رگ‌های خونی و ساختار آن‌ها»

۵) سیاهرگ‌های **هم‌اندازهٔ** سرخرگ‌ها، به دلیل داشتن دیوارهٔ نازک‌تر، حفرهٔ داخل آن‌ها بیشتر و **گسترده‌تر** می‌باشد. **بسیاری** از آن‌ها **دریچه‌هایی** به نام **لانه کبوتری** برای حرکت **یک‌طرفهٔ** خون به سوی قلب دارند (این سیاهرگ‌های دریچه‌دار در دست‌ها و زیر قلب قرار دارند و خون را برخلاف نیروی جاذبهٔ زمین به سمت بالا می‌برند).

۶) همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید دریچهٔ لانه کبوتری از بافت پوششی داخل سیاهرگ می‌باشد.

تست ۱۷ چند مورد دربارهٔ «هر نوع رگ خونی در انسان سالم، که در ساختار دیوارهٔ خود، دارای رشته‌های پروتئینی است»؛ به درستی بیان شده است؟ (قلم‌چی)

الف) در دیوارهٔ خود، واجد یاخته‌های بافت پوششی مشابه با بیشترین یاخته‌های موجود در دیوارهٔ حبابک‌ها است.

ب) در لایهٔ میانی دیوارهٔ خود دارای یاخته‌های ماهیچه‌ای تک‌هسته‌ای است.

ج) می‌تواند مستقیماً خون را به حفرات قلب وارد یا از آن‌ها خارج کند.

د) به‌طور حتم نمی‌تواند به تبادل مواد با یاخته‌های بدن بپردازد.

۱) ۱ مورد ۲) ۲ مورد ۳) ۳ مورد ۴) ۴ مورد

پاسخ ۱ گزینهٔ C

فقط مورد (الف) صحیح است.

در ساختار **همهٔ رگ‌های خونی** (یعنی سرخرگ‌ها، سیاهرگ‌ها و مویرگ‌ها) رشته‌های پروتئینی وجود دارد. توجه کنید که مویرگ‌ها نیز دارای غشای پایه (شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی) می‌باشند.

در همهٔ رگ‌های خونی یاخته‌های بافت پوششی سنگ‌فرشی وجود دارد.

بیشترین یاخته‌های موجود در دیوارهٔ حبابک‌ها، یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی می‌باشند (درستی الف).

مویرگ‌ها، لایهٔ ماهیچه‌ای ندارند، مستقیماً به حفرات قلب متصل نیستند و می‌توانند مستقیماً به تبادل مواد در بافت‌ها بپردازند.

تست ۱۸ چند مورد دربارهٔ «خون موجود در هر رگ خونی بدن انسان سالم» درست است؟ (قلم‌چی)

الف) از انواع یاخته‌ها، رشته‌های پروتئینی و مادهٔ زمینه‌ای تشکیل شده است.

ب) در پایان مسیر گردش خون ششی یا عمومی به دهلیزها وارد می‌شود.

ج) به‌طور منظم و یک‌طرفه در رگ‌های خونی جریان دارد.

د) اکسیژنِ کم، اما کربن دی‌اکسیدِ زیادی دارد.

۱) ۴ مورد ۲) ۳ مورد ۳) ۲ مورد ۴) ۱ مورد

پاسخ ۲ (C)

موارد (الف)، (ب) و (ج) صحیح هستند.

در دستگاه گردش خون انسان، سه نوع رگ خونی (*سرخرگ، مویرگ و سیاهرگ*) حضور دارند.

تله‌های تستی الف) خون، یک بافت پیوندی است و بافت پیوندی هم از انواع یاخته‌ها، رشته‌های پروتئینی و مادهٔ زمینه‌ای تشکیل شده است. / ب) خون موجود در هر رگ در پایان مسیر گردش ششی، وارد دهلیز چپ و در پایان مسیر گردش عمومی وارد دهلیز راست می‌شود. / ج) خون، نوعی بافت پیوندی است که به‌طور منظم و یک‌طرفه در رگ‌های خونی جریان دارد. / د) خون **تیره**، اکسیژن کم، اما کربن دی‌اکسیدِ زیادی دارد اما خون روشن این ویژگی را ندارد.

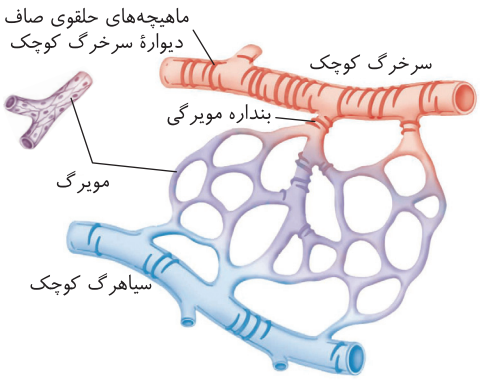
ساختار کلی مویرگ‌ها

مویرگ‌ها فقط **یک لایهٔ پوششی سنگ‌فرشی ساده** دارند که روی آن **غشای پایه** قرار گرفته است. این ساختار با کار آن‌ها که تبادل مواد با آب میان‌بافتی است سازگاری یافته است. در ساختار دیوارهٔ مویرگ‌ها، **لایهٔ ماهیچه‌ای** وجود ندارد ولی در **ابتدای بعضی** از آن‌ها حلقهٔ ماهیچه‌ای به عنوان بندارهٔ مویرگی از جنس **ماهیچهٔ صاف حلقوی** وجود دارد که میزان جریان خون درون مویرگ را تنظیم می‌کند. مویرگ‌ها تنها رگ‌هایی هستند که به تبادل مواد با بافت‌ها می‌پردازند (*در تست‌ها دقت کنید که مواد از سرخرگ و سیاهرگ با بافت مبادله نمی‌شود*).

نکته بندارهٔ موجود در ابتدای برخی مویرگ‌ها، برخلاف دریچه‌های دیگر موجود در دستگاه گردش مواد (*مثل دریچه‌های سینی، دهلیزی بطنی، لانه‌کبوتری و درون رگ نفس*) بافت ماهیچه‌ای دارد (*از نوع ماهیچهٔ صاف*) و حاوی یاخته‌های قابل انقباض می‌باشد.

تنظیم خون‌رسانی به بافت‌ها

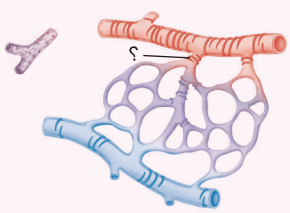
بافت‌ها و یاخته‌ها، همواره توسط مویرگ‌های خونی مجاور خود که انشعابات انتهایی سرخرگ‌های کوچک هستند، به مبادلهٔ مواد می‌پردازند. در دیوارهٔ سرخرگ‌های **کوچک، ماهیچه‌های صاف حلقوی فراوانی** وجود دارد. **انقباض و انبساط** این ماهیچه‌ها، تغییر حجم اندکی به ترتیب با **تنگ و گشاد** شدن سرخرگ ایجاد می‌کند و سبب می‌شود که مقدار خون درون مویرگ بعد از خود و **بافت** مجاور آن را تنظیم کند تا اکسیژن و مواد غذایی مورد نیاز به بافت‌های مختلف برسد. این ماهیچه‌های حلقوی صاف دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک، **مهم‌ترین** عامل در مقدار خون‌رسانی به **بافت** مجاور آن می‌باشد. البته حتماً از تیتر قبلی به یاد دارید که بندارهٔ **ابتدای** برخی مویرگ‌ها نیز به عنوان عامل **کمکی** در مقدار خون‌رسانی به بافت‌ها نقش ایفا می‌کند. پس به‌طور کلی می‌توان گفت که در تنظیم مقدار خون رسیده به مویرگ‌ها و بافت مجاور آن‌ها فقط بافت **ماهیچه‌ای صاف** تأثیر دارد. چون هم در ساختار دیوارهٔ سرخرگ کوچک و هم در ساختار بندارهٔ مویرگی این ماهیچه‌های صاف هستند که مقدار خون مورد نیاز بافت‌ها را تنظیم می‌کنند.



«ساختار مویرگ و بندارهٔ مویرگی»

نکته بندارهٔ مویرگی جزئی از ساختار دیوارهٔ مویرگ‌ها به حساب نمی‌آید ولی در ابتدای برخی مویرگ‌ها وجود دارد.

تست ۱۹ **بخشی که در شکل با علامت سؤال مشخص شده است، .....** (قلم‌چی)



۱) تنظیم میزان جریان خون در مویرگ‌های روده را بر عهده دارد.

۲) فقط از یک لایه بافت پوششی تشکیل شده است.

۳) دارای رشته‌های کشسان فراوانی است.

۴) در شش‌ها دارای غشای پایه و فاقد منفذ می‌باشد.

پاسخ ۱ (A)

علامت سؤال مربوط به **بندارهٔ مویرگی** است که ماهیچه‌ای صاف با آرایش حلقوی می‌باشد و در برخی مویرگ‌های سراسر بدن میزان جریان خون را تنظیم می‌کند. سایر گزینه‌ها به‌طور واضح به ترتیب در مورد بافت پوششی و پیوندی می‌باشند که نادرست هستند.

سرخرگ‌ها

رگ‌هایی هستند که خون را از **قلب به سوی اندام‌ها** و بافت‌ها می‌برند. هرچه از قلب **دورتر** می‌شوند، **قطر** آن‌ها **کمتر** شده و خاصیت کشسانی دیوارهٔ آن‌ها نیز به همراه **فشار خون** درون آن‌ها **کمتر** می‌شود. این رگ‌ها در برش عرضی بیشتر به صورت **گرد** دیده می‌شوند و به دلیل مقاومت زیادی که در برابر جریان خون دارند، نسبت به سیاهرگ‌ها، حجم خون **کمتر** ولی فشار خون بیشتری دارند. جالب اینجاست که استحکام این رگ‌ها آن‌قدر زیاد است که حتی اگر خالی از خون هم باشند، دهانهٔ آن و مجرای آن باز است و روی هم قرار نمی‌گیرد ولی در سیاهرگ‌ها این حالت برقرار نمی‌شود و در صورت عدم وجود خون دهانهٔ آن‌ها بسته می‌شود.

نکته فشار خون، فشاری است که از سوی خون درون رگ‌ها به دیوارهٔ داخلی هر رگ خونی وارد می‌شود. بیشترین فشار خون در وسط سرخرگ **آئورت** و کمترین آن در بزرگ‌سیاهرگ **زیرین** می‌باشد.

نکات سرخرگ‌ها

● علت حفظ پیوستگی جریان خون در سرخرگ‌ها و بدن

سرخرگ‌ها، ماهیچه‌های صاف با استحکام زیاد و بافت‌های کشسان (*ارتجاعی*) زیادی دارند. در نوع بزرگ این رگ‌ها نسبت لایهٔ کشسان به ماهیچه‌ای زیاد است و در هنگام **انقباض بطن‌ها** (*۰/۳ ثانیه*) ناگهان مقدار خون زیادی به درون آن‌ها پمپ زده می‌شود. به همین دلیل آن‌ها **گشاد** می‌شوند تا خون بطن‌ها را درون خود جای دهند. در هنگام **استراحت بطن‌ها** (*۰/۵ ثانیه در استراحت عمومی و انقباض دهلیزها*) دوباره به دلیل خاصیت **کشسانی**، سرخرگ‌ها جمع شده و **باریک** می‌شوند تا خون درون خود را با فشار جلو ببرند. این ویژگی (*خاصیت ارتجاعی سرخرگ‌ها*) سبب می‌شود که جریان خون **متناوبی** که هر ۰/۸ ثانیه یک‌بار از قلب خارج می‌شود، به‌طور **پیوسته** در بدن هدایت شود و جریان خون در رگ‌ها منقطع نشود.

نکته مهم گشاد شدن سرخرگ‌های **بزرگ** در هنگام انقباض بطن‌ها و تنگ یا کوچک شدن آن‌ها در هنگام استراحت بطن‌ها به دلیل این است که در دیوارهٔ سرخرگ‌های بزرگ، نسبت بخش کشسان انعطاف‌پذیر (*الاستین*) به ماهیچه‌های آن **زیادتر** می‌باشد. خاصیت **ارتجاعی** دیواره سبب گشاد و تنگ شدن این رگ‌ها می‌شود. این عمل سبب جریان خون پیوسته در بدن شده و در ادامه سبب ایجاد **نبض** هم می‌شوند.

نکته نبض در حقیقت موجی از خون است که در طول سرخرگ‌ها به دنبال هر انقباض بطن‌ها و سپس خاصیت ارتجاعی سرخرگ‌ها ایجاد می‌شود.

◀ در سرخرگ‌های بزرگ مجاور قلب:
- در هنگام انقباض بطن‌ها (*۰/۳ ثانیه*) ← به دلیل خاصیت کشسانی زیاد دیواره ← **گشاد** می‌شوند ← خون زیادی به‌طور **ناگهانی** وارد آن‌ها می‌شود ← فشار خون داخل آن‌ها **بالا** می‌رود.
- در هنگام استراحت بطن‌ها (*۰/۵ ثانیه*) ← **جمع** شدن دیوارهٔ کشسان سرخرگ‌ها ← **تنگ** شدن آن‌ها ← خون با فشار جلو می‌رود ← سبب هدایت خون و **پیوستگی** آن‌ها در بدن می‌شود.

در حالت ایستاده چگونه خون برخلاف نیروی جاذبه از قلب به سر و گردن می‌رسد؟

خاصیت **کشسانی** یا ارتجاعی دیوارهٔ **سرخرگ‌ها** هم در نهایت باعث ادامهٔ جریان خون در **سیاهرگ‌ها** که **دیوارهٔ کم‌استحکام** دارند، می‌شود و هم سبب می‌شود که حتی در حالت **قائم** یا ایستاده نیز همواره **برخلاف** نیروی جاذبهٔ زمین، خون **سرخرگی** به **سر و گردن** برسد و هیچ‌گاه فشار خون سرخرگی به حد **منفی** و برگشت‌پذیر درنیاید. در حقیقت جمع شدن سرخرگ‌ها در هنگام استراحت قلب، سبب خون‌رسانی پیوسته به اندام‌ها می‌شود.

● نبض

تغییر حجم سرخرگ‌ها، به دنبال **هر انقباض بطن**، به صورت موجی، خون را در طول سرخرگ‌ها جلو می‌برد که معمولاً عبور این سرخرگ‌ها از روی **استخوان** و حرکت **موجی** آن‌ها سبب احساس **نبض** می‌شود (*هر نبض معادل یک انقباض بطن می‌باشد و تعداد ضربان قلب را از روی آن پیدا می‌کنند*).

● تفاوت سرخرگ‌های بزرگ و کوچک

هرچه سرخرگ‌ها **کوچک‌تر** و به مویرگ نزدیک‌تر می‌شوند، نسبت لایهٔ پیوندی کشسانی آن‌ها به مقدار ماهیچهٔ صاف دیوارهٔ آن‌ها به تدریج **کمتر** می‌شود. به‌طوری که در سرخرگ‌های کوچک مجاور بافت، بیشترین نسبت ماهیچهٔ صاف به رشته‌های کشسان وجود دارد. به همین دلیل با ورود خون به آن‌ها، قطر این سرخرگ‌ها **تغییر زیادی** نمی‌کند و زیاد گشاد نمی‌شود. در حقیقت سرخرگ‌های کوچک در برابر جریان خون ورودی با وجود **دهانهٔ باریکی** که دارند، مقاومت می‌کنند. دقت کنید که هرچه ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک که اغلب به صورت حلقوی هستند، **بیشتر** منقبض شود، **مقاومت** آن‌ها در برابر جریان خون **بیشتر** می‌شود و خون کمتری به اندام‌ها می‌رسد، ولی در هنگام **استراحتِ** این ماهیچه‌های صاف سرخرگی، این رگ‌ها گشاد می‌شوند و مقاومت **کمتر** آن‌ها سبب انتقال و هدایت مقدار خون بیشتر **به مویرگ‌ها و بافت مجاور آن‌ها** می‌شود.

چند نکتهٔ مهم و جمع‌بندی

۱) در سرخرگ‌های بزرگ: لایه کشسانی دیواره ↑ / لایه ماهیچه‌ای دیواره ↓ ⟸ این نسبت بالا می‌باشد ⟸ با ورود خون در اثر انقباض بطن‌ها به مقدار قابل توجهی گشادتر می‌شوند.

در سرخرگ‌های کوچک: لایه کشسانی دیواره ↓ / لایه ماهیچه‌ای دیواره ↑ ⟸ این نسبت پایین می‌باشد ⟸ با ورود خون تغییر قطر زیادی نمی‌دهند و در برابر جریان خون مقاومت می‌کنند.

۲) **مهم‌ترین** عامل در تنظیم مقدار خون درون **مویرگ‌ها** و بافت مجاور آن‌ها، به تنظیمی برمی‌گردد که ماهیچه‌های **صاف** دیوارهٔ **سرخرگی کوچک** انجام می‌دهند که به دو صورت زیر می‌باشد:

۱) انقباض ماهیچهٔ صاف دیواره ⟸ تنگ‌تر شدن سرخرگ کوچک ⟸ کم شدن خون مویرگ و بافت مجاور در اثر مقاومت **زیاد** دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک

۲) استراحت ماهیچهٔ صاف دیواره ⟸ گشادتر شدن سرخرگ کوچک ⟸ زیاد شدن خون مویرگ و بافت مجاور در اثر **کاهش** مقاومت دیوارهٔ سرخرگی

جمع‌بندی: سرخرگ‌های کوچک با خون‌گیری از سرخرگ‌های بزرگ‌تر تغییر قطر زیادی **نمی‌دهند** ولی با انقباض یا استراحت ماهیچهٔ صاف دیوارهٔ خون کمی تغییر قطر **داده** تا خون‌رسانی به بافت‌ها را کنترل کنند. باز هم دقت کنید که مهم‌ترین عامل در خون‌رسانی به بافت‌ها، ویژگی دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک می‌باشد ولی عامل کمکی این عمل، بندارهایی است که در ابتدای برخی مویرگ‌ها وجود دارند.

تست ۲۰ **در زمانی که دیوارهٔ کشسان سرخرگ‌ها جمع می‌شود و خون را به جلو می‌راند، ممکن نیست .....** (قلم‌چی)

۱) مرحلهٔ استراحت عمومی قلب رخ دهد.
۲) هوای جاری به شش‌ها وارد شود.
۳) دهلیزها در حال انقباض باشند.
۴) هنگام انبساط قلب این امر سبب قطع خون در رگ شود.

پاسخ ۴ (A) در هنگام استراحت بطن‌ها یعنی وقتی که دیگر خونی از قلب خارج نمی‌شود، دیوارهٔ کشسان سرخرگ‌ها جمع می‌شود و خون را با فشار به جلو می‌راند. این فشار از قطع شدن حرکت خون در هنگام استراحت قلب **جلوگیری می‌کند**.

همان‌طور که گفته شد این اتفاق در زمان استراحت بطن‌ها رخ می‌دهد که مطابق بر استراحت عمومی (گزینهٔ (۱)) و انقباض دهلیزها (گزینهٔ (۳)) می‌باشد. هوای جاری نیز در هر زمانی (*مانند زمان استراحت بطن‌ها*) می‌تواند وارد شش‌ها شود (گزینهٔ (۲)).

تست ۲۱ **رشته‌های کشسان ..... در ساختار دیوارهٔ .....** (قلم‌چی)

۱) همانند بندارهٔ مویرگی - مویرگ‌های خونی دیده نمی‌شوند.
۲) همانند لایهٔ ماهیچه‌ای - رگ‌هایی که وظیفهٔ تبادل مواد را برعهده دارند، مشاهده می‌شوند.
۳) برخلاف غشای پایه - رگ‌های تنظیم‌کنندهٔ میزان خون ورودی به مویرگ‌ها وجود ندارند.
۴) برخلاف بافت پیوندی - سرخرگ‌های خارج‌کنندهٔ خون از قلب به میزان زیادی وجود دارند.

پاسخ ۱ (B) دیوارهٔ مویرگ‌های خونی تنها از یک لایه بافت پوششی همراه با غشای پایه تشکیل شده است؛ ولی رشته‌های کشسان فقط در بافت پیوندی مشاهده می‌شوند. وجود بندارهٔ در ابتدای برخی از آن‌ها به معنای قرارگیری یاختهٔ ماهیچه‌ای در ساختار مویرگ نیست.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): تبادل مواد بر عهدهٔ مویرگ‌ها می‌باشد که همان‌طور که در بررسی گزینهٔ صحیح گفته شد، این گروه از رگ‌ها، فاقد بافت ماهیچه‌ای و رشته‌های کشسان هستند. / گزینهٔ (۳): رگ‌هایی که میزان خون ورودی به مویرگ‌ها را مشخص می‌کنند، رگ‌های قبل از آن‌ها یعنی (*غلبه*) سرخرگ‌ها هستند. سرخرگ‌ها رشته‌های کشسان را در لایهٔ میانی خود دارند. / گزینهٔ (۴): رشته‌های کشسان همراه با بافت پیوندی در لایهٔ میانی و بیرونی رگ‌های خروجی از قلب به میزان زیادی یافت می‌شوند. وجود رشته‌های کشسان زیاد، موجب افزایش قابلیت گشاد شدن رگ‌ها می‌شود.

فشار خون

فشاری است که از سوی **خون به دیوارهٔ رگ** وارد می‌شود. عامل **اصلی** این فشار **نیروی انقباضی دیوارهٔ بطن‌ها** (*مخصوصاً بطن چپ*) **و خاصیت کشسانی دیوارهٔ سرخرگ‌ها** (*مخصوصاً سرخرگ‌های بزرگ*) می‌باشد. به دلیل اینکه دیوارهٔ سرخرگ‌ها **استحکام بیشتری** دارد، بریدن دیوارهٔ سرخرگ سبب فشار زیاد درون سرخرگ‌ها شده و خونریزی زیادی ایجاد می‌کند. البته دقت کنید که وجود فشار خون بالا در سرخرگ‌ها برای کمک به پیوسته کردن جریان خون در بدن و ادامهٔ جریان خون حتی در سیاهرگ‌ها نیز برای کار طبیعی دستگاه گردش خون الزامی می‌باشد.

● علت عمقی بودن سرخرگ‌ها

نکته به‌طور معمول در اندام‌های بدن، سیاهرگ‌ها بیشتر به سمت **سطح** اندام‌ها و سرخرگ‌ها بیشتر در **عمق** اندام قرار دارند که دلیل آن محافظت بیشتر از سرخرگ‌هاست. **سرخرگ‌ها** به دلیل دیوارهٔ پر استحکام خود، در صورت پارگی، می‌توانند با خاصیت کشسان و جمع شدن خود، **خون زیادی** را از بدن **خارج** کنند که بسیار خطرناک است. به همین دلیل، معمولاً در بخش‌های عمقی اندام‌ها قرار می‌گیرند تا از خطرات محیطی در امان‌تر باشند.

فشار خون بیشینه و کمینه چیست؟

فشار خون را معمولاً به صورت دو عدد فشار بیشینه و کمینه برحسب میلی‌متر جیوه مثل ۱۲۰ روی ۸۰ و به کمک دستگاه‌های خاص عقربه‌ای یا جیوه‌ای بررسی می‌کنیم.

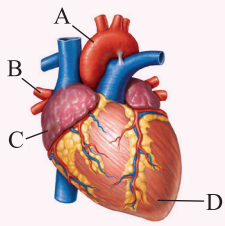
بررسی اعداد فشار خون:
- **بالا** (*بیشینه*): فشاری است که خون خروجی از قلب در هنگام **انقباض بطن‌ها** به دیوارهٔ سرخرگ‌ها وارد می‌کند که بیشترین فشار خون بدن می‌باشد.
- **پایین** (*کمینه*): فشاری است که در هنگام **استراحت قلب** (*دیاستول*) توسط خون موجود در **سرخرگ‌ها** در اثر بسته شدن یا **جمع** شدن آن‌ها به دیوارهٔ رگ وارد می‌کنند. این فشار در اثر عمل **کشسانی** دیوارهٔ سرخرگ‌های **بزرگ** ثبت می‌شود.

نکته عوامل مختلفی مانند چاقی، تغذیهٔ نامناسب مثل مصرف زیاد چربی و نمک، دخانیات، استرس (*فشارروانی*) و سابقهٔ خانوادگی روی بالا رفتن فشار خون اثر می‌گذارد.

نکته نوشیدن قهوه سبب بالا رفتن تعداد ضربان قلب و فشار خون می‌شود.

نکته تا اینجا دانستید که:
- چاقی:
  - می‌تواند علل ارثی داشته باشد.
  - ابتلا به دیابت نوع ۲ را بالا می‌برد.
  - با انواعی از سرطان‌ها ارتباط دارد.
  - خطر بالا بردن *LDL* خون سکته را با تنگ کردن سرخرگ‌ها بالا می‌برد.
  - فشار خون را بالا می‌برد.
- مصرف دخانیات:
  - احتمال ریفلاکس معده به مری را زیاد می‌کند.
  - یاخته‌های مژک‌دار مخاط تنفسی را از بین می‌برد.
  - فشار خون را بالا می‌برد.
- استرس:
  - فشار خون را بالا می‌برد.
  - احتمال ریفلاکس را زیاد می‌کند.

تست ۲۲ **با توجه به شکل، کدام گزینه عبارت مقابل را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟ «در بخش .....»** (قلم‌چی)



۱) *A*، لایه‌های ماهیچه‌ای اسکلتی به همراه رشته‌های الاستیک فراوان مشاهده می‌شود.

۲) *B*، خون غنی از اکسیژن وجود دارد و در نهایت به نیمهٔ راست قلب وارد می‌شود.

۳) *C*، رشته‌های شبکهٔ هادی با دیگر یاخته‌های ماهیچهٔ قلبی در ارتباط‌اند.

۴) *D*، انتشار موج تحریک در لایهٔ ماهیچه‌ای به پایان می‌رسد.

پاسخ ۳ **B** بخش‌های شمارهٔ *A* تا *D* به ترتیب سرخرگ آئورت، سیاهرگ ششی، دهلیز راست و نوک بطن را نشان می‌دهد. در دهلیز راست، هر دو گره شبکهٔ هادی را می‌بینیم.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): دیوارهٔ همهٔ سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها از سه لایهٔ اصلی تشکیل شده است. لایهٔ میانی آن، **ماهیچه‌ای صاف** است که همراه این لایه رشته‌های کشسان (*الاستیک*) زیادی وجود دارد. / گزینهٔ (۲): چهار سیاهرگ ششی خون غنی از اکسیژن را به **دهلیز چپ** وارد می‌کنند (*نه نیمهٔ راست*). / گزینهٔ (۴): انتشار موج تحریک در نوک بطن پایان نمی‌یابد بلکه پس از رسیدن به نوک بطن، به دیوارهٔ خارجی بطن‌ها می‌رود.

مویرگ‌ها

کوچک‌ترین رگ‌های بدن هستند که معمولاً از سرخرگ‌های **کوچک** منشأ می‌گیرند و فقط **یک لایهٔ** پوششی **سنگفرشی ساده** به همراه **غشای پایه** دارند. وظیفهٔ آن‌ها تبادل مواد بین خون و یاخته‌های بدن می‌باشد. این رگ‌ها با **دیوارهٔ نازک و جریان خون کُندی** که دارند، امکان تبادل مواد را برقرار می‌کنند. به علاوه در بدن شبکهٔ بسیار وسیعی دارند به‌طوری که فاصلهٔ **بیشتر یاخته‌ها** تا مویرگ مجاور آن‌ها حدود **۲۰** میکرومتر یا ۰/۰۲ میلی‌متر می‌باشد. **این فاصلهٔ کم** امکان تبادل مواد را با **انتشار** و بدون **صرف انرژی زیستی** مقدور می‌سازد. البته انرژی **جنبشی** مولکول عبوری در انتشار مواد نقش دارد ولی یاخته‌ها برای انتشار، انرژی زیستی مثل *ATP* و ... مصرف نمی‌کنند.

نکته مهم علتِ:
- انجام تبادل **کلی** مواد در مویرگ‌ها ← دیوارهٔ نازک و جریان خون کند مویرگی
- انجام تبادل **غیرفعال** در مویرگ‌ها ← فاصلهٔ کم یاخته‌های بدن با مویرگ‌ها

نکته در فصل ۲ خواندیم که شبکهٔ مویرگی درون کبد می‌تواند بین سیاهرگ باب و سیاهرگ فوق کبدی باشد. پس منشأ مویرگ‌ها می‌تواند از سیاهرگ‌ها نیز باشد.

ساختار مویرگ‌ها

همان‌طور که در ابتدای این گفتار ذکر کردیم، مویرگ‌ها در **طول** (*دیوارهٔ*) خود، **فاقد لایهٔ ماهیچه‌ای** هستند. این رگ‌های کوچک، فقط حاوی یک لایه یاخته‌های پوششی سنگ‌فرشی می‌باشند که روی آن‌ها غشای پایه قرار گرفته است. این غشای پایه در تماس با آب میان‌بافتی است و مانند یک صافی عمل می‌کند تا عبور مولکول‌های بسیار درشت از رگ محدود شود.

یادآوری

۱) روی لایهٔ سنگ‌فرشی سادهٔ مویرگ‌ها یعنی در سطح **بیرونی** مویرگ‌ها **غشای پایه‌ای** وجود دارد که یاخته‌ها را احاطه کرده است و به عنوان نوعی **صافی مولکولی** برای محدود کردن **مولکول‌های بسیار درشت** عمل می‌کند. این **غشای پایه** سبب تقسیم‌بندی انواع مویرگ‌ها به سه نوع پیوسته، منفذدار و ناپیوسته می‌شود.

۲) مویرگ‌ها می‌توانند
- بین دو سیاهرگ باشند
  - فاقد بخش سرخرگی هستند.
  - مانند مویرگ کبدی بعد از سیاهرگ باب (*فصل ۲*)
- بین دو سرخرگ باشند
  - مویرگ آبشش ماهی (*گفتار ۴*)
  - مویرگ کلافکی کلیه انسان (*فصل ۵*)
  - فاقد بخش سیاهرگی هستند.
- بین سرخرگ و سیاهرگ باشند ← اغلب مویرگ‌های بدن

۳) **برخی** مویرگ‌ها در **ابتدای** خود بنداره یا اسفنکتری با ماهیچهٔ صاف حلقوی دارند که اغلب **بسته** می‌باشند و فقط موقع نیاز بافت‌های مجاور به خون باز می‌شوند. این بنداره در خون‌رسانی به بافت‌ها نقش **کمکی** دارد. چون نقش اصلی را ماهیچهٔ صاف حلقوی دیوارهٔ سرخرگ‌های **کوچک** ایفا می‌کند.

۴) چند قید مهم در مورد دریچه یا بنداره رگ‌های خونی و لنفی
- دریچه‌های سینی ← در ابتدای سرخرگ‌های خروجی از بطن‌ها با بافت پوششی می‌باشند.
- **بسیاری** از سیاهرگ‌ها ← در دیوارهٔ داخلی خود دریچه‌های لانه کبوتری از بافت پوششی دارند.
- **برخی** از مویرگ‌های خونی ← در ابتدای خود یک بندارهٔ ماهیچه‌ای صاف دارند.
- رگ‌های لنفی ← در طول خود دریچه‌هایی برای عبور لنف از بافت پوششی دارند.

تست ۲۳

در انسان سالم، تنظیم اصلی جریان خون در مویرگ‌ها، با تنگ و گشاد شدن رگ‌هایی انجام می‌شود که واجد ..... می‌باشند. (قلم‌چی)

۱) توانایی مقاومت در برابر جریان خون
۲) بندارهٔ ماهیچه‌ای در ابتدای خود
۳) رشته‌های کشسان بسیار زیاد در دیوارهٔ خود
۴) ماهیچه‌های صاف بسیار کم در دیوارهٔ خود

پاسخ ۱ (A)

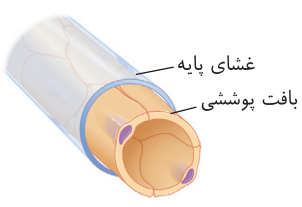
تنظیم اصلی جریان خون در مویرگ‌ها براساس نیاز بافت به اکسیژن و مواد مغذی با تنگ و گشاد شدن سرخرگ‌های کوچک انجام می‌شود که قبل از مویرگ‌ها قرار دارند.

در سرخرگ‌های کوچک‌تر، 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 ماهیچهٔ صاف دیواره، بیشتر و در هنگام استراحت، کمتر می‌شود. کم و زیاد شدن این مقاومت، میزان ورود خون به مویرگ‌ها را تنظیم می‌کند اما داشتن بندارهٔ مویرگی، مربوط به مویرگ‌ها می‌شود که تنظیم اصلی جریان خون در خود را انجام نمی‌دهند.

انواع مویرگ‌ها براساس فاصلهٔ بین یاخته‌ها و نوع غشای پایهٔ آن‌ها

۱) مویرگ‌های پیوسته

در این مویرگ‌ها، یاخته‌ها با هم ارتباط **تنگاتنگ** و به هم **فشرده‌ای** دارند که ورود و خروج مواد را **به شدت تنظیم و کنترل** می‌کنند. این نوع مویرگ‌ها را در **دستگاه عصبی مرکزی** (*مخ و نخاع*) به عنوان سد خونی مغزی برای عبور مواد مورد نیاز می‌بینیم. **غشای پایه** در این مویرگ‌ها می‌تواند **کامل** و پیوسته باشد. در شکل مقابل مشاهده می‌کنید که قطر غشای پایه از قطر مویرگ این کمتر است. در این مویرگ کمترین فضای بین‌یاخته‌ای در دیوارهٔ مویرگی وجود دارد.



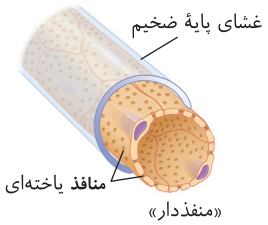
«پیوسته»

نکته

انتقال میکروب‌های مختلف از جدار مویرگ‌های پیوسته بسیار سخت صورت می‌گیرد. البته عبور مولکول‌هایی مثل اکسیژن، گلوکز، آمینواسیدها و **برخی** داروها حتی می‌تواند از سد خونی مغزی و خونی نخاعی صورت گیرد (*یازدهم*).

۲) مویرگ‌های منفذدار

در این نوع مویرگ، **منافذ یاخته‌ای با تعداد زیاد** در **غشای** یاخته‌های پوششی وجود دارد (*این مانع اغلب پروتئین‌های خون هستند*) که با غشای پایهٔ **ضخیمی** پوشیده شده‌اند. غشای پایهٔ ضخیم آن‌ها برای محدود کردن عبور مولکول‌های درشت مثل پروتئین‌ها (*نه فقط پروتئین‌ها*) می‌باشد. این نوع مویرگ‌ها به‌طور مثال در **کلیه‌ها** وجود دارند در شکل مشاهده می‌کنید که در این مویرگ‌ها قطر غشای پایه از دیوارهٔ مویرگ بیشتر است.



نگاهی به آینده

تراوش و مکانیسم‌های تشکیل ادرار (*فصل ۵*) و ورود هورمون اریتروپویتین از کلیه به خون (*گفتار ۳*) از مویرگ‌های منفذدار صورت می‌گیرد.

۳) مویرگ‌های ناپیوسته

در این نوع مویرگ‌ها آن‌قدر فاصلهٔ بین یاخته‌های **پوششی** از هم **زیاد** می‌باشد که به صورت **حفرهٔ بین‌یاخته‌ای** همراه با غشای پایهٔ **ناقص** در اندام‌ها وجود دارد که باعث عبور مولکول‌های درشت و حتی یاخته‌هایی مانند گویچه‌های قرمز و سفید در اندام‌هایی مثل **جگر** می‌شود.

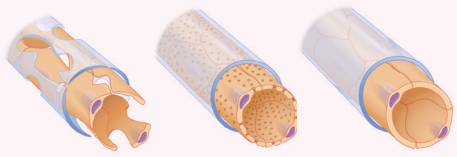
نگاهی به آینده

۱) مویرگ‌های کبدی که از این نوع ناپیوسته هستند، در دوران جنینی برای ورود گویچه‌های خونی ساخته شده و پس از تولد برای انتقال هورمون اریتروپویتین و تخریب گویچهٔ قرمز پیر و آسیب‌دیده نقش دارند (*فصل ۴ گفتار ۳*).

۲) در **مغز** و نخاع قرارگیری یاخته‌های مویرگی در کنار هم قرار گرفته است که به آن سد خونی مغزی یا خونی نخاعی می‌گویند تا مواد زائد و بدون استفاده وارد یاختهٔ مغزی نشود ولی در مویرگ‌های **جگر** (*کبد*) مقدار این حفرات بین‌یاخته‌ای **بسیار زیاد و بزرگ** است و حتی مولکول‌های درشت و مواد قابل تصفیه از آن‌ها عبور می‌کنند.

رفع ابهام مهم: اغلب شما وقتی سؤالی از مویرگ‌ها طرح می‌شود، فضای بین‌یاخته‌ای مویرگ ناپیوسته را **زیاد** در نظر می‌گیرید که اشتباه است. فراموش نکنید که هر مویرگی بافت پوششی دارد و این بافت فضای بین‌یاخته‌ای اندکی دارد. اگر مثلاً فضای بین‌یاخته‌ای این مویرگ‌ها را زیاد می‌دانیم **در مقایسه** با سایر مویرگ‌ها است نه در مقایسه با بافت‌های پیوندی و ...

تست ۲۴ **با توجه به شکل روبه‌رو، کدام‌یک از گزینه‌ها نادرست است؟** (قلم‌چی)



۱) اندامی که با تولید ترکیبی فاقد آنزیم در گوارش لیپیدها در دوازدهه نقش دارد، واجد مویرگ‌های *A* است.

۲) در دستگاه عصبی مرکزی انسان که ورود و خروج مواد به شدت تنظیم می‌شود، مویرگ *C* مشاهده می‌شود.

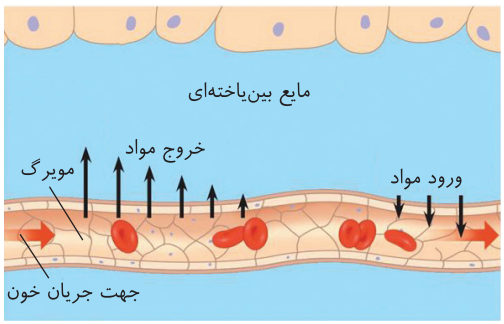
۳) در مویرگ *B* مانند مویرگ *C* نوعی صافی برای محدود کردن عبور مولکول‌های بسیار درشت وجود دارد.

۴) اندامی که محل تولید لیپوپروتئین‌ها (*LDL* و *HDL*) است، دارای مویرگ *A* با غشای پایهٔ کامل است.

پاسخ ۴ کبد محل تولید لیپوپروتئین‌ها و دارای مویرگ‌های ناپیوسته است. غشای پایه این مویرگ‌ها **ناقص** است.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): کبد، با تولید صفرا در گوارش لیپیدها نقش دارد و دارای مویرگ‌های ناپیوسته است. / گزینهٔ (۲): در دستگاه عصبی مرکزی انسان که ورود و خروج مواد به شدت تنظیم می‌شود، مویرگ‌های پیوسته وجود دارند. / گزینهٔ (۳): سطح بیرونی مویرگ‌ها را غشای پایه، احاطه می‌کند و نوعی صافی برای محدود کردن عبور مولکول‌های بسیار درشت به وجود می‌آورد.

تبادل مواد در مویرگ‌ها



تبـادل مـواد در مویرگ‌ها هم از طریق **غشـا و هـم از منافذ پروتئینی غشـا و فضـای بین‌یاخته‌ای** صورت می‌گیرد. برای تبادل مواد در مویرگ‌ها باید ابتدا به بررسی دو نوع فشار در مویرگ بپردازیـم. یکـی **فشـار تراوشی** اسـت که در اثر **فشـار خونِ** وارد شـده به دیـوارهٔ رگ صورت می‌گیرد. این فشار سبب **خروج مواد** برحسب **اندازهٔ** آن‌ها از مویرگ می‌شود. از طرفی به دلیل اینکه در سمت سرخرگی مویرگ (*ابتدای مویرگ*) فشار تراوشی یا فشار خون سرخرگی **زیاد** اسـت، پس میزان خروج مواد از سـمت سـرخرگی ابتدای مویرگ‌ها **زیاد** است. در اثر فشار تراوشـی به‌جز مولکول‌های درشت، سایر مواد پلاسما (*خونابه*) می‌توانند از رگ خارج شوند. دقت کنید که به دلیل افت فشار خون در طول مویرگ، هرچه به سمت سیاهرگی یا انتهای مویرگ نزدیک می‌شـویم، ضمن کم شـدن فشار تراوشـی، مقدار خروج مواد از مویرگ‌ها به تدریج **کم** می‌شـود (*با خروج مواد از مویرگ، بخشـی از خونابه نیز به‌جز مولکول‌های درشـت خارج شـده و به‌بافت می‌رود*). عامل دیگری که در تبادل مواد مویرگ‌ها مهم است، **اختلاف فشار اسمزی** بین **درون و بیرون** مویرگ می‌باشد (*به کلمهٔ اختلاف دقت کنید!*). در حقیقت مواد محلول درون و بیرون مویرگ فشار اسمزی برای گرفتن بیشـتر آب به سـمت خود ایجاد می‌کنند ولی همواره این فشـار در درون مویرگ از بیرون آن بیشتر است. این اختلاف فشار اسمزی در حقیقت به دلیل وجود **پروتئین‌های** بیشـتر خوناب (*پلاسـما*) ایجاد می‌شود و همیشـه به **مقدار ثابتی** در سمت **درون** مویرگ، **بیشتر** می‌باشد. پس نتیجه اینکه برآیند اختلاف فشار اسمزی در دو طرف مویرگ، باعث برگشت مواد به درون رگ می‌شود. البته به تدریج در مویرگ‌ها با خروج خوناب در اثر فشار تراوشی، اختلاف فشار اسمزی دو طرف مویرگ نسـبت به فشـار تراوشـی در طول مویرگ به تدریج زیاد می‌شـود. دلیل این امر عدم خروج پروتئین‌ها در اثر تراوش و زیاد شدن نسبت فشار اسمزی در طول مویرگ می‌باشد (*در ادامه این موضوع را با عدد نشان داده‌ام*).

نکته

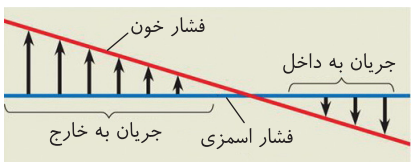
چون فشار خون سمت سرخرگی مویرگ بیشتر از سیاهرگی است، در ابتدای مویرگ که به سرخرگ نزدیک‌تر است، فشار خون از انتهای مویرگ بیشتر است.

نکته

عوامل ایجادکنندهٔ فشار اسمزی:
- در آب میان‌بافتی ← مواد حل‌شده در آب مثل **املاح** و **پروتئین‌ها** می‌باشند.
- درون خوناب:
  - مواد حل‌شده‌ای مثل املاح و پروتئین‌ها می‌باشند.
  - یاخته‌ها یا هماتوکریت در ایجاد فشار اسمزی نقش مستقیمی **ندارند**.
- دقت کنید که عامل **اختلاف** فشار اسمزی دو طرف مویرگ‌ها، فقط مقدار پروتئین بیشتر درون رگ می‌باشد.

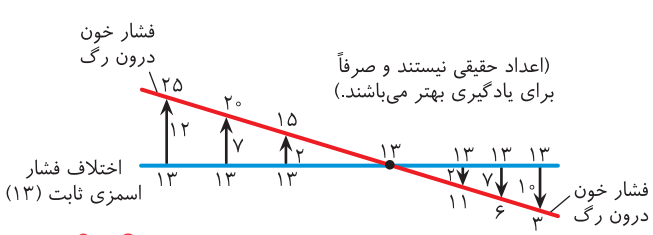
همان‌طور که در نکتهٔ بالا ذکر کردم، عوامل ایجادکنندهٔ **اختلاف** فشار اسمزی درون و بیرون مویرگ، فقط **پروتئین‌ها** می‌باشند. چون املاح قدرت ورود و خروج آسانی در دو طرف مویرگ دارند. در حقیقت عدم خروج برخی پروتئین‌های پلاسما سبب می‌شود که همواره اختلاف فشار اسمزی داخل رگ نسبت به خارج آن به میزان ثابتی در طول مویرگ وجود داشته باشد. یعنی همواره فشار اسمزی درون رگ به مقدار ثابتی از فشار اسمزی آب میان‌بافتی بیشتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری: در **ابتدای** مویرگ (*سـمت سـرخرگی*) مقدار فشـار **تراوشی** مویرگ از اختلاف فشـار اسمزی آن **بیشتر** است و مواد **بیشـتر** به سمت **بیرون** از رگ منتقل می‌شـوند (*مثلاً فشـار تراوشـی را ۲۵ و اختلاف اسـمزی را ۱۳ در نظر بگیرید و ۱۲ ماده بیشتر خارج می‌شود*) ولی چون فشار تراوشی در طول مویرگ به تدریج **کم** می‌شود، در **انتهای** مویرگ (*سـمت سـیاهرگی*)، اختلاف فشار اسـمزی دو طرف رگ از مقدار فشار تراوشی درون رگ **بیشتر** می‌باشد و مواد **بیشتر** تمایل برای **ورود** به خون دارند (*مثلاً فشار تراوشـی را ۳ و اختلاف اسـمزی را همان ۱۳ در نظر بگیرید که ۱۰ ماده بیشتر وارد رگ می‌شود*). به همین دلیل در انتهای مویرگ، آب به همراه مولکول‌های متفاوت از جمله مواد دفعی یاخته‌ها (*مثل اوره*) وارد مویرگ‌ها می‌شوند. پس از این عمل، مواد باقی‌مانده در آب میان‌بافتی نیز که حدود ۱۰٪ مواد خروجی هستند، **لنف** را تشکیل می‌دهند تا حجم آب میان‌بافتی نیز ثابت بماند (*دقت کردید که با مثال ما در ابتدا ۱۲ ماده بیشتر خارج شد و ۱۰ ماده در انتها بیشتر وارد شد! پس هنوز ۲ ماده مازاد ۱۰٪ خروجی‌ها در آب میان‌بافتی مانده است که لنف را می‌سازد. فقط برای فهم بهتر این عددها را گفتم!*).



«تبادل مواد در مویرگ‌ها»

در شـکل مقابل مشـاهده می‌کنید که مقدار فشـار خون یا فشار تراوشی در مویرگ‌هـا، بـه تدریج کاهش می‌یابـد (*مثـلاً از ۲۵ تا ۳*) ولی اختلاف فشـار اسمزی درون و بیرون رگ همواره عددی ثابت (*مثلاً ۱۳*) می‌باشد. در ابتدای مویرگ، فشـار تراوشـی از اسمزی **بیشتر** اسـت و مواد بیشتر به خارج رگ منتشر می‌شوند در حالی که به دلیل کاهش فشار **تراوشی** درون مویرگ، در انتهای این رگ‌ها مواد بیشتر تمایل به ورود به مویرگ خونی دارند.



مشـاهده می‌کنید که اگر فرض کنیم فشـار تراوشـی خون در طی مویرگ از ۲۵ بـه ۳ می‌رسـد و با فـرض ثابت بودن عدد ۱۳ برای اختلاف فشـار اسـمزی داخل و بیـرون رگ، از ۱۲ مادهٔ خارج شـده از ابتـدای مویرگ، ۱۰تای آن در انتها به رگ برمی‌گردد و بقیه سـبب ایجاد لنف می‌شـوند. لنف مایعی است که پروتئین کم ولی لیپید بیشتری دارند.

نکته

در اواسط مویرگ مقدار فشار تراوشی و اسمزی با هم برابر می‌شود یعنی ورود و خروج مواد به‌طور مساوی رخ می‌دهد.

خیز یا ادم

هر عاملی که سبب زیاد شدن آب میان‌بافتی در اندام‌ها شود، می‌تواند در تجمع این آب در اندام‌های تحتانی بدن نقش داشته باشد. در حقیقت **جمع شدن آب میان‌بافتی در اندام‌های بدن به ویژه اندام‌های تحتانی و متورم شدن آن‌ها را خیز یا ادم می‌گویند.** عواملی مثل **کمبود** پروتئین‌های پلاسما و افزایش فشار درون **سیاهرگ‌ها** با کم کردن فشار **اسمزی** و کاهش برگشت مواد از بافت به خون سبب خیز می‌شوند. همچنین زیادی مصرف نمک، مصرف **کم** مایعات با بالا بردن فشار و غلظت خون با افزایش تراوش از عواملی هستند که خروج مواد از رگ و مقدار آب میان‌بافتی را زیاد کرده که افزایش آن‌ها سبب بیماری خیز یا ادم می‌شود.

نکته

در حالت طبیعی مقداری از مواد تراوش شده به خون برنمی‌گردند و این مواد باید وارد رگ لنفی شوند، پس اگر **جریان لنف** درون رگ‌های لنفی **کم** شود، می‌تواند سبب **کم** شدن جذب مواد توسط رگ لنفی شده و پس از مدتی سبب خیز یا ادم در بدن شود.

نکته

خلاصه عوامل ایجاد خیز (ادم)

- با کم کردن فشار اسمزی پلاسما (خونابه)
  - کمبود پروتئین‌های پلاسما
  - افزایش فشار خون درون سیاهرگ‌ها
- با افزایش فشار خون و تراوش
  - مصرف زیاد نمک یا زیادی هورمون آلدوسترون (یازدهم)
  - مصرف کم مایعات
  - فشار خون بالا (چاقی، استرس، مصرف دخانیات و ...)

تست ۲۵ **کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در بدن انسان سالم، ..... نمی‌تواند ..... شود.»**

۱) کاهش مولکول زیستی آمینواسیددار پلاسما - سبب کاهش ورود آب به پلاسما

۲) افزایش فشار خون سیاهرگ فوق‌کبدی - سبب کاهش سرعت بازگشت مایعات به خون

۳) مصرف کم مایعات - همانند مصرف زیاد نمک، سبب خیز

۴) متورم شدن بخش‌هایی از بدن - در اثر افزایش پروتئین‌های پلاسما ایجاد

پاسخ ۴ **C**

کمبود پروتئین‌های خون (عوامل محلول در پلاسما) یکی از دلایل خیز یا ادم و متورم شدن بخش‌هایی از بدن است.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): کاهش پروتئین‌های خون سبب کاهش فشار اسمزی خون می‌شود، براساس قوانین اسمز بیان شده در فصل ۱، آب از محیطی با فشار اسمزی کمتر به محیطی با فشار اسمزی بیشتر جابه‌جا می‌شود پس کاهش فشار اسمزی خون سبب کاهش ورود آب به خون می‌شود. / گزینهٔ (۲): افزایش فشار خون درون سیاهرگ‌ها می‌تواند سرعت بازگشت مایعات از بافت به خون را کاهش دهد و سبب بیماری خیز (ادم) شود. / گزینهٔ (۳): براساس متن کتاب، مصرف زیاد نمک با افزایش فشار تراوشی و مصرف کم مایعات، هر دو می‌توانند به خیز منجر شوند.

سیاهرگ‌ها

این رگ‌ها در اصل برای برگرداندن خون به قلب ایجاد شده‌اند و همان‌طور که در ابتدای این گفتار ذکر کردیم، چون **ماهیچهٔ صاف کم** و خاصیت کشسانی کمتر از سرخرگ‌ها دارند، **مقاومت** آن‌ها نسبت به جریان خون درون آن‌ها **کم** است و فضای **داخلی وسیع‌تری** از سرخرگ دارند. البته به این نکته نیز باید دقت کنید که بیشتر سیاهرگ‌های بدن (همچون بجز سرو گردن و ششها) باید خون را **برخلاف** نیروی جاذبهٔ زمین به سمت بالا برده تا به قلب برسند. به همین دلایل **بیشترین حجم خون در سیاهرگ‌های بدن تجمع می‌یابند.** از طرفی سیاهرگ‌ها در مقایسه با سرخرگ‌ها، قدرت کشسانی و استحکام **کمی** دارند، بنابراین عمل برگرداندن مواد در آن‌ها به سختی صورت می‌گیرد. پس عواملی باید سبب رفع این مشکل در گردش خون شوند که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم.

نگاهی به آینده

در فصل ۲ یازدهم می‌آموزید که برخی از سیاهرگ‌های بزرگ گیرندهٔ دمایی دارند.

عوامل مؤثر و کمکی برای جریان خون سیاهرگی

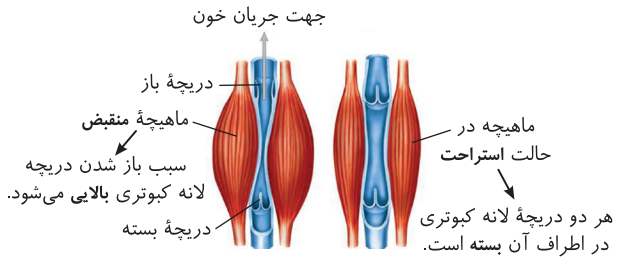
ابتدا دقت کنید که مهم‌ترین عامل در جریان داشتن خون در سیاهرگ‌ها، باقی‌ماندهٔ **فشار خون سرخرگی** در آن‌هاست ولی این فشار به تدریج هرچه به قلب نزدیک‌تر می‌شود، **کاهش** می‌یابد. از طرفی همان‌طور که گفتیم در اغلب سیاهرگ‌ها، خون در جهت مخالف با نیروی جاذبه به سمت بالا می‌رود. به همین دلیل عوامل زیر به جریان خون سیاهرگی کمک می‌کنند.

۱) تلمبهٔ ماهیچهٔ اسکلتی

یکی از عوامل مهم در حرکت خون سیاهرگ‌ها به ویژه در اندام‌های **پایین قلب و دست‌ها** انقباض ماهیچه‌های اسکلتی می‌باشد. این نیروی انقباض اگر همراه با افزایش **قطر** و کاهش **طول** در ماهیچه‌ها باشد، چون به دیوارهٔ سیاهرگ‌هایی که از مجاور آن عبور می‌کنند فشار وارد می‌کند و طبیعتاً کم‌استحکام نیز هستند، پس این رگ‌ها **تنگ‌تر شده** و خون خود را به سمت بالا (قلب) منتقل می‌کنند. این عمل بیشتر در ماهیچه‌های دست‌ها، پاها، شکم و کلاً زیر دیافراگم قابل ملاحظه می‌باشد که باید برخلاف سیاهرگ‌های سر و گردن، بر نیروی گرانش زمین غلبه کنند. لطفاً دقت کنید که عمل تلمبه ماهیچه‌های اسکلتی را کتاب برای هر ماهیچهٔ اسکلتی عنوان کرده نه فقط برای اندام‌هایی که زیر قلب قرار دارند.

● ۲) دریچه‌های لانه کبوتری

دریچه‌هایی در سیاهرگ‌های **دست‌ها و اندام‌های زیر قلب** (مثل پاها) می‌باشند که از چین‌خوردگی و برگشت لایهٔ **داخلی** (پوشش) بسیاری از سیاهرگ‌ها به درون آن حاصل شده‌اند. وقتی ماهیچهٔ اطراف سیاهرگ در استراحت بوده و یا انقباضی بدون افزایش قطر دارد، این دریچه‌ها **بسته** بوده و نمی‌گذارند خون در سیاهرگ پایین‌تر یا بالاتر برود ولی در اثر انقباض ماهیچه‌های اطراف، با افزایش قطر ماهیچهٔ اطراف سیاهرگی، دریچهٔ لانه کبوتری بالایی با فشار جریان خون باز شده و دریچهٔ پایینی بسته **می‌ماند** تا خون به سمت قلب منتقل شود. دقت کنید که انقباض ماهیچه‌های پا در هنگام راه رفتن از پایین به سمت بالا می‌باشد که این عمل سبب باز شدن دریچهٔ لانه کبوتری بالایی و بسته شدن دریچهٔ لانه کبوتری پایین شده تا خون به سمت پایین سیاهرگ برنگردد.



«تلمبه ماهیچهٔ اسکلتی و عملکرد دریچه‌های لانه کبوتری»

● ۳) فشار مکشی قفسهٔ سینه در هنگام دم

در هنگام **دم**، با **پایین** آمدن و **مسطح** شدن دیافراگم و کاهش حجم **شکم**، فشار به سیاهرگ‌های شکم زیاد شده، از طرفی در دم، با انقباض ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای **خارجی** و **افزایش** حجم قفسهٔ سینه، فشار روی سیاهرگ‌های قفسهٔ سینه **کم** می‌شود که این اختلاف فشار، باعث ایجاد **مکش خون** به سمت **بالا** یعنی از شکم با فشار بیشتر به سوی سیاهرگ قفسهٔ سینه و قلب با فشار کمتر می‌شود. این عمل سبب مکش خون توسط بزرگ‌سیاهرگ **زیرین** از سیاهرگ‌های شکمی می‌شود.

نکته

دیافراگم یا **میان‌بند** ماهیچهٔ اسکلتی می‌باشد که هم به صورت ارادی و هم انعکاس غیرارادی تنفسی به انقباض درمی‌آید. از فصل قبل به یاد دارید که دیافراگم عامل اصلی در تنفس **آرام و عادی** می‌باشد. این ماهیچه تحت کنترل اعصاب **پیکری** می‌باشد.

تست ۲۶ کدام گزینه دربارهٔ «رگ‌هایی که معمولاً دارای خون تیره در گردش خون عمومی بدن انسان سالم هستند.»، صحیح نیست؟ (قلم‌چی)

۱) خون موجود درون برخی از این نوع رگ‌ها، تحت تأثیر انقباض ماهیچهٔ دیافراگم در فرایند دم، می‌تواند به سمت قلب حرکت کند.

۲) افزایش فشار خون در این نوع رگ‌ها می‌تواند موجب کم شدن سرعت بازگشت مایعات از بافت به خون شود.

۳) برخی می‌توانند خون موجود درون خود را به اندامی به‌جز قلب در بدن وارد کنند.

۴) همواره فشار زیاد وارد شده از سوی قلب را تحمل و هدایت می‌کنند.

پاسخ ۴ در گردش عمومی دستگاه گردش خون بدن، رگ‌هایی که غالباً حاوی خون تیره می‌باشند، «سیاهرگ‌ها» هستند. اگرچه ساختار پایه‌ای سرخرگ‌ها با سیاهرگ‌ها شباهت دارد، ضخامت لایهٔ ماهیچه‌ای و پیوندی در سرخرگ‌ها بیشتر است تا بتوانند فشار زیاد وارد شده از سوی قلب را تحمل و هدایت کنند. به همین دلیل سرخرگ‌ها در برش عرضی، بیشتر گِرد دیده می‌شوند، در حالی که سیاهرگ‌های هم‌اندازهٔ آن‌ها، دیواره‌ای نازک‌تر دارند و حفرهٔ داخل آن‌ها گسترده‌تر و بیشتر است چون خون درون سیاهرگ‌ها نسبت به خون درون سرخرگ‌ها، فشار بسیار کمی دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): بالا کشیده شدن خون در اثر دم (انقباض دیافراگم)، در سیاهرگ‌های نزدیک قلب دیده می‌شود. / گزینهٔ (۲): افزایش فشار سیاهرگی، می‌تواند باعث غلبهٔ فشار خون بر فشار اسمزی در سراسر مویرگ شود و سرعت برگشت مواد از بافت‌ها به مویرگ‌ها را بکاهد و بیماری خیز بروز کند. / گزینهٔ (۳): سیاهرگ باب کبدی، خون خود را به کبد وارد می‌کند تا برخی مواد جذب شده از دستگاه گوارش، در کبد ذخیره شوند.

دستگاه لنفی

همان‌طور که آموختید، لنف مایعی در دستگاه گردش مواد است که همان باقی‌مانده مواد خارج شده از خون می‌باشند که دوباره به مویرگ برنگشته‌اند. این مایع از **مواد متفاوت و گویچه‌های سفید** خارج شده از خون تشکیل شده است. دستگاه لنفی شامل مایع لنف، **رگ‌های لنفی** (در اندازه‌های مختلف)، **گره‌های لنفی** (اغلب در زیر گردن، زیر بغل و کشاله ران)، مجاری لنفی (دو عدد چپ و راست) و **اندام‌های لنفی** (لوزه‌ها، تیموس، طحال، آپاندیس و مغز استخوان) می‌باشد. **وظیفهٔ اصلی** لنف، **تصفیه و بازگرداندن** آب و موادی می‌باشد که نتوانسته‌اند پس از خروج از مویرگ **خونی**، دوباره به رگ خونی برگردند. مقدار نشت این مواد در **ورزش و برخی بیماری‌ها به دلیل افزایش فشار خون** به‌طور قابل توجهی **زیاد** شده و در نتیجه مقدار لنف، بیشتر می‌شود. **وظیفهٔ دیگر** این دستگاه، انتقال **چربی‌ها** و ویتامین‌های **محلول در چربی** (DAKE) جذب شده از دیوارهٔ **رودهٔ باریک** به خون می‌باشد (چون انتقال این مواد چربی بدون انتقال مستقیم از خون روده به سیاهرگ باب کبد صورت می‌گیرد) همچنین دستگاه لنفی با **تجمع گویچه‌های سفید** و درشت‌خوارها در جای‌جای خود (به‌ویژه در گره‌ها) به از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا، یاخته‌های سرطانی و تصفیهٔ خون هم کمک می‌کند.

- وظایف دستگاه لنفی در یک نگاه
  - وظایف اصلی
    - تصفیه مواد خروجی از رگ خونی که به رگ لنفی رسیده‌اند.
    - بازگردان آب و مواد نشت کرده از رگ خونی به فضای میان‌بافتی
  - وظایف فرعی
    - انتقال چربی‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی از روده به خون (بدون ورود به سیاهرگ باب)
    - تجمع گویچه‌های سفید به همراه درشت‌خوارها برای دفاع بدن

مسیر لنف در بدن

رگ‌های لنفی **کوچک** تقریباً در **همه** جای بدن وجود دارند. این مویرگ‌های لنفی که برخلاف مویرگ‌های خونی **از یک طرف بسته** می‌باشند، به تدریج لنف خود را به **رگ لنفی بزرگ‌تر** می‌دهند و با پیوستن به هم بزرگ‌تر و قطورتر می‌شوند که در نهایت **دو رگ بزرگ لنفی به عنوان دو مجرای** لنفی **راست و چپ** بدن را تشکیل می‌دهد. مجرای سمت چپ از راست قطورتر است ولی هر دو در نهایت ابتدا به ترتیب به **سیاهرگ‌های زیر ترقوه‌ای چپ و راست** در قفسهٔ سینه متصل می‌شوند. این دو سیاهرگ خونی با هم خون و لنف خود را به بزرگ‌سیاهرگ **زبرین** وارد می‌کنند تا لنف همه جای بدن با هم مخلوط و همراه خون سر و گردن و دست‌ها وارد دهلیز راست و گردش خون شوند.

نکاتی در بررسی تست‌ها از شکل کتاب

۱) گسترش رگ‌های لنفی و گره‌های آن در **کف دست‌ها** مقدار کمی دارد. از طرفی دقت کنید که مجرای لنفی سمت چپ از راست قطورتر می‌باشد.

۲) مجرای لنفی سمت چپ از بیشترین اندام‌های تحتانی بدن و نیمهٔ راست بدن لنف می‌گیرد و پس از عبور از سطح پشتی قلب و تیموس از بالا به سیاهرگ زیرترقوه‌ای چپ وارد می‌شود.

۳) آپاندیس جزء لولهٔ گوارشی می‌باشد ولی به عنوان یک اندام لنفی در سیستم گردش مواد نقش دارد.

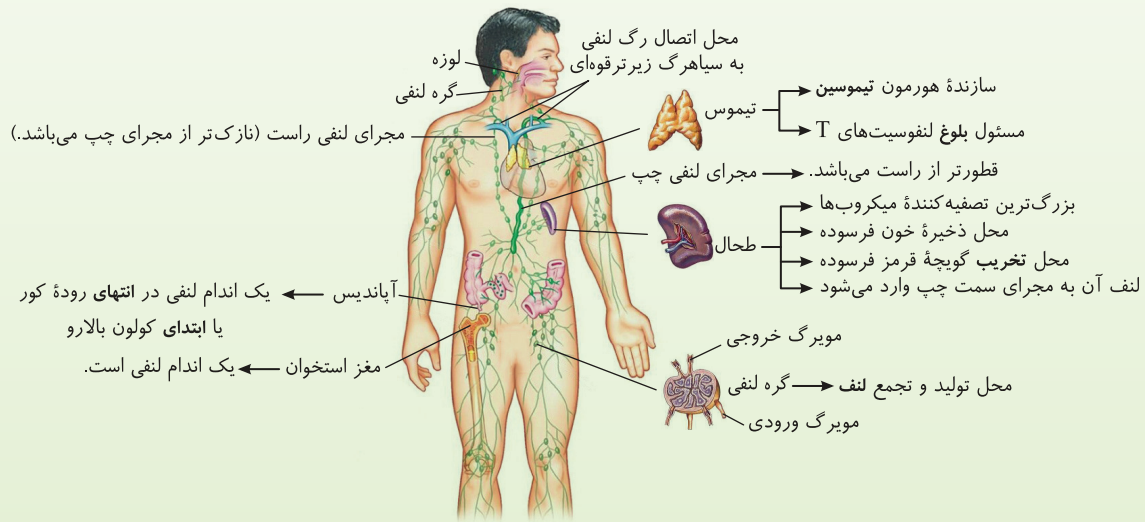
۴) تیموس در **پشت** جناغ و **جلوی** نای هم محل بلوغ لنفوسیت‌های **T** می‌باشد (*یازدهم*) و هم یک **اندام** لنفی است. البته این غدهٔ درون‌ریز در هورمون‌سازی نیز نقش دارد و هورمون تیموسین برای بلوغ **برخی** لنفوسیت‌ها ترشح می‌کند (*یازدهم*). با توجه به شکل می‌توان گفت تیموس در جلوی دهلیزها قرار دارد (*نه بطن‌ها*).

۵) هر پرز روده نیز یک مویرگ لنفی با انتهای بسته دارد که چربی‌ها را وارد مجرای قطورتر سمت چپ می‌کند.

۶) با توجه به شکل لنف طحال به مجرای لنفی سمت چپ وارد می‌شود ولی خون آن از راه سیاهرگ باب به کبد می‌ریزد.

۷) گره‌های لنفی در محل اتصال خود به رگ‌های آورنده لنف به آن‌ها، دارای دریچه می‌باشند ولی این دریچه‌ها در طول رگ‌های لنفی نیز وجود دارند.

۸) به‌طور معمول در یک گرهٔ لنفی تعداد رگ‌های ورودی به آن بیشتر از رگ‌های خروجی می‌باشد (*رگ‌های خروجی میکروب کمتری دارند*).



«اجزای دستگاه لنفی، مسیر لنف و چگونگی اتصال آن به دستگاه گردش خون»

تست ۲۷ **اندام لنفی که در مجاورت معده و مجرای لنفی چپ انسان قرار دارد، .....** (قلم‌چی)

۱) در از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا نقش دارد.
۲) خون لولهٔ گوارش را از طریق سیاهرگ باب دریافت می‌کند.
۳) با ترشح بعضی هورمون‌ها، فشار خون را افزایش می‌دهد.
۴) با ترشح نوعی هورمون در تنظیم سرعت تولید گویچه‌های قرمز نقش دارد.

پاسخ C ۱) یکی از کارهای دستگاه لنفی، از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا و یاخته‌های سرطانی است. پس طحال که در نزدیکی معده واقع بوده و یکی از اندام‌های دستگاه لنفی است، در این امر نقش دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): دریافت کردن خون سیاهرگ باب، ویژگی کبد است که نه یک اندام لنفی بوده و نه در مجاورت مجرای لنفی چپ قرار دارد. / گزینهٔ (۳): طحال به ترشح هورمون نمی‌پردازد. این عبارت، می‌تواند ویژگی غده‌های فوق کلیه باشد. / گزینهٔ (۴): تولید و ترشح هورمون اریتروپویتین در دستور کار طحال قرار نمی‌گیرد.

تست ۲۸ **در دستگاه گردش خون انسان، هر دریچه‌ای که ..... قطعاً .....** (قلم‌چی)

۱) با انقباض نوعی ماهیچه بسته می‌شود - مانع خروج خون از دهلیزها خواهد شد.
۲) با خون تیره در تماس است - بلافاصله پس از انقباض بطن‌ها دچار تغییر وضعیت می‌شود.
۳) دارای بافت پوششی در ساختار خود است - می‌تواند در تماس مستقیم با فیبرینوژن برخلاف هموگلوبین باشد.
۴) با انقباض نوعی ماهیچه باز می‌شود - در هر چرخهٔ ضربان قلب، مدت زمان باز بودن آن کمتر از مدت زمان بسته بودن آن است.

پاسخ ۳ C

همهٔ دریچه‌ها در دستگاه گردش خون انسان، در تماس مستقیم با خوناب و مواد محلول در آن (مثل نیترون) می‌باشند، اما با هموگلوبین که درون گویچه‌های قرمز است تماس مستقیم ندارند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): دریچه‌های لانه کبوتری سیاهرگ‌ها هم می‌توانند در اثر انقباض ماهیچه‌های اسکلتی مجاور خود، باز و بسته شوند که این دریچه‌ها، ارتباطی به خروج خون از دهلیزها ندارند. / گزینهٔ (۲): دریچه‌های لانه کبوتری هم فقط با خون تیره در تماس هستند اما انقباض و استراحت بطن‌ها بر وضعیت آن‌ها بی‌تأثیر است. / گزینهٔ (۴): دریچه‌های سینی که در اثر انقباض بطن‌ها باز می‌شوند، در بیش از نیمی از چرخه بسته هستند. تنظیم فعالیت‌های دستگاه گردش خون بدن در حالت **عادی**، با عمل **منظم گرهٔ سینوسی دهلیزی** (پیشاهنگ) که گره ضربان‌ساز می‌باشد، تکانه‌های منظمی به نام **چرخهٔ ضربان قلب** ایجاد می‌کند. **این عمل به کمک قدرت انقباضی ماهیچهٔ قلب، برون‌ده قلبی** را ایجاد می‌کند که نیاز اکسیژن و مواد مغذی اندام‌ها را در حالت عادی برطرف می‌کند ولی در هنگام فعالیت‌های ورزشی و یا **استراحت**، **برون‌ده قلب باید تغییر پیدا کند** و زیاد و کم شود که تنظیم این سازوکارهای مختلف با عوامل زیر می‌باشد.

دقت کنید که حالت استراحت (خواب) و یا ورزش حالت عادی به حساب نمی‌آید و باید برون‌ده تغییر کند.

۱) نقش دستگاه عصبی خودمختار (اعصاب سمپاتیک (هم‌حس) و پاراسمپاتیک (پادهم‌حس))

در سال بعد می‌آموزید که دستگاه عصبی خودمختار نوعی اعصاب **حرکتی** برای تنظیم کار ماهیچه‌های صاف، قلبی و **غدد** می‌باشد. این دستگاه متناسب با شرایط محیط و درون بدن، سبب افزایش یا کاهش فعالیت قلب می‌شود. اعصاب خودمختار به دو نوع هم‌حس (سمپاتیک) و پادهم‌حس (پاراسمپاتیک) تقسیم‌بندی می‌شوند که همواره فعال هستند و به‌طور معمول عمل آن‌ها برعکس هم می‌باشد.

نکته مرکز تنظیم اعصاب خودمختار برای کنترل فعالیت‌های گردش مواد، **در دو بخش از ساقهٔ مغز به نام‌های بصل‌النخاع و پل مغزی** و در **نزدیکی مرکز تنفسی** می‌باشد و همکاری این مراکز تنفسی و گردش خون، نیاز بدن را به O_2 و مواد غذایی با افزایش تنفس و برون‌ده قلب در شرایط خاص تأمین می‌کند.

نکته تنظیم مغزی فعالیت‌های دو دستگاه **تنفس** و **گردش خون** توسط دو مرکز بصل‌النخاعی و پل مغزی انجام می‌شود. البته **بصل‌النخاع** در تنظیم فعالیت‌های گوارشی نیز (مانند بلع) مؤثر است.

تست ۲۹ **بصل‌النخاع ..... پل مغزی .....** (قلم‌چی)

۱) همانند - برخلاف تنفس در تنظیم ضربان قلب نقش دارد.
۲) همانند - در تنظیم ضربان قلب همانند تنفس نقش دارد.
۳) برخلاف - مدت زمان دم را تعیین می‌کند.
۴) برخلاف - در توقف دم نقشی ندارد.

پاسخ ۲ A

مرکز هماهنگی اعصاب مربوط به تنظیم فعالیت دستگاه گردش خون در بصل‌النخاع و پل مغزی و در نزدیکی مراکز تنظیم تنفس (بصل‌النخاع و پل مغزی) قرار دارد. پس این دو مرکز هم در تنظیم ضربان قلب و هم در تنظیم تنفس نقش دارند (درستی گزینهٔ (۲) و نادرستی گزینهٔ (۱)). مهم‌ترین نقش پل مغزی در تنفس، تنظیم مدت زمان دم است (نادرستی گزینهٔ (۳)). در ارتباط با گزینهٔ (۴)، در کشیده شدن بیش از حد ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ نایژه‌ها و نایژک‌ها با ارسال پیام از این ماهیچه‌ها به بصل‌النخاع، بلافاصله ادامهٔ دم متوقف می‌شود.

۲) نقش هورمون‌ها

در حالت‌های ویژهٔ فشار **روحی، روانی** مثل ترس، نگرانی و استرس (زمان امتحان)، از برخی غدد درون‌ریز مثل **فوق کلیه**، ترشح هورمون‌هایی (مثل اپی‌نفرین، نورا‌پی‌نفرین، آلدوسترون و کورتیزول) به خون **زیاد** می‌شود که با اثر بر روی برخی اندام‌ها مثل **قلب و کلیه**، باعث **افزایش فشار خون** و **بالا بردن ضربان قلب** می‌شوند لذا آمادگی بدن برای مواجهه با شرایط ناگوار بیشتر می‌شود.

نگاهی به آینده

در زیست یازدهم می‌خوانیم که هورمون **آلدوسترون** تولید شده در **قشر** غدد فوق کلیه، با اثر بر **کلیه**، با افزایش بازجذب **سدیم** فشار خون را **بالا** برده، هورمون **کورتیزول** ترشحه از **قشر** غدهٔ فوق کلیه، قند خون را **بالا** برده و هورمون‌های **اپی‌نفرین** یا نور اپی‌نفرین ترشحه از **مرکز** غدهٔ فوق کلیه **هم قند و هم فشار خون** را **بالا** می‌برند که ترشح همهٔ این هورمون‌ها در موقع فشار روانی از غدد فوق کلیه زیاد می‌شود که البته فعالیت مرکز فوق کلیه سریع‌تر از قشر آن صورت می‌گیرد.

۳) تنظیم موضعی جریان خون در بافت‌ها

حتماً به یاد دارید که مهم‌ترین عامل در خون‌رسانی موضعی به یک بافت، ماهیچه‌های صاف دیوارهٔ سرخرگ‌های کوچک بود. تا با انقباض یا استراحت ماهیچه‌های آن، خون‌رسانی به موضعی خاص از بدن کم یا زیاد شود. در حقیقت انقباض سرخرگ کوچک مقدار خون‌رسانی و قطر رگ را کم کرده و گشادی آن سبب افزایش خون‌رسانی به بافت و مویرگ مجاور آن می‌شود.

موادی مانند **کربن دی‌اکسید**، از عواملی هستند که زیادی آن‌ها برای بدن **مضر** می‌باشد، به همین دلیل **افزایش آن‌ها** علاوه بر اثر بر گیرندهٔ شیمیایی **بصل‌النخاع** برای افزایش آهنگ تنفسی، باعث تأثیر بر ماهیچه‌های **صاف** دیوارهٔ **سرخرگ‌های کوچک** بافت‌ها شده و با به **استراحت** درآوردن آن‌ها، سبب **گشاد شدن** سرخرگ کوچک می‌شود. سرخرگ گشاد شده، خون **بیشتری** را می‌پذیرد و فشار این خود سبب باز کردن **بنداره** (اسفنکتر) ابتدای برخی مویرگ‌ها می‌شود تا میزان جریان خون در این **عروق زیاد شده** و سریعاً با تبادل مواد سبب تنظیم مقدار آن‌ها در بدن شوند.

زیادی CO_2 بافت‌ها و خون ← تحریک گیرندهٔ شیمیایی بصل‌النخاع ← **افزایش** آهنگ تنفس
زیادی CO_2 بافت‌ها و خون ← تأثیر روی ماهیچهٔ صاف دیوارهٔ سرخرگ کوچک ← به استراحت درآوردن ماهیچه‌ها ← گشادی سرخرگ کوچک ← **افزایش** خون در آن

نکته مهم
به استراحت درآمدن ماهیچهٔ سرخرگ کوچک با مواد شیمیایی (CO_2) ولی به انقباض درآمدن آن‌ها با اعصاب خودمختار صورت می‌گیرد.

۴) نقش گیرنده‌ها در حفظ فشار سرخرگی

درسرخرگ‌های بزرگ‌تر، مخصوصاً در **گردش خون عمومی**، هم گیرنده‌های **مکانیکی فشاری** وجود دارند که **به فشار خون بالا** حساس‌اند و هم گیرنده‌های **شیمیایی** حساس به **زیادی** CO_2 و **یون** H^+ و یا **کمبود** O_2 وجود دارند که در اثر تحریک، این گیرنده‌ها پیام خود را به **مراکز عصبی** فرستاده تا فشار سرخرگی آن‌ها در حد **طبیعی** حفظ شده و خون آن‌ها متعادل شده تا نیاز اندام‌های بدن در شرایط خاص تأمین شود.

نکته
زیادی CO_2 ← اثر بر بصل‌النخاع ← آهنگ تنفس زیاد می‌شود.
زیادی CO_2 ← اثر بر ماهیچه سرخرگ‌های کوچک ← گشادی سرخرگ کوچک ← افزایش خون‌رسانی به بافت‌ها
زیادی CO_2 ← تحریک گیرنده شیمیایی سرخرگ بزرگ ← پیام عصبی ← مرکز عصبی ← حفظ فشار خون سرخرگی

تست ۳۰
چند مورد نادرست نمی‌باشد؟
الف) در سرخرگ‌های بزرگ، گیرنده‌های حساس به فشار همانند گیرنده‌های حساس به یون هیدروژن سبب گشادی دیواره نمی‌شوند.
ب) در هنگام نگرانی و ترس، هورمونی از غدد فوق کلیه می‌تواند فعالیت گره پیشاهنگ را زیاد کند.
ج) افزایش کربن دی‌اکسید، علاوه بر تنظیم تنفس در حفظ فشار سرخرگی و خون‌رسانی موضعی به بافت‌ها مؤثر است.
د) کمبود اکسیژن برخلاف تنظیم تنفس بر تنظیم موضعی جریان خون بافت‌ها اثر مستقیم ندارد.
۱) ۱ مورد **۲)** ۲ مورد **۳)** ۳ مورد **۴)** ۴ مورد

پاسخ ۴ C
همهٔ موارد درست می‌باشند.

تله‌های تستی الف) در سرخرگ‌های بزرگ، وجود گیرنده‌های مختلف مانند گیرنده‌های حساس به فشار، حساس به کمبود O_2، افزایش CO_2 و افزایش یون هیدروژن باعث ارسال پیام به **مراکز عصبی** و تنظیم فشار سرخرگی در حد طبیعی می‌شوند و باعث گشادی دیواره (*تنظیم موضعی*) نمی‌شوند. / ب) در شرایط فشار روانی (*استرس، نگرانی و ترس*)، ترشح هورمون‌هایی از غدهٔ فوق کلیه باعث افزایش فشار خون و ضربان قلب (*افزایش فعالیت گرهٔ پیشاهنگ*) می‌شوند. / ج) براساس فصل ۳، افزایش CO_2 و کاهش O_2 از عوامل مؤثر در **تنظیم تنفس**‌اند و در این فصل آموختید که افزایش CO_2 در حفظ فشار سرخرگی به واسطهٔ تنظیم عصبی و تنظیم موضعی جریان خون به کمک گشاد کردن رگ‌های آن موضع مؤثر است. / د) CO_2 در تنظیم موضعی جریان خون نقش دارد اما O_2 فاقد چنین اثری است و وجود گیرنده‌های حساس به کمبود O_2 در حفظ فشار سرخرگی مؤثر است که این روش در حیطهٔ تنظیم عصبی قرار می‌گیرد (*نه موضعی*).

خلاصه تنظیم دستگاه گردش خون