

درسنامه

گفتار ۱ سازوکار دستگاه تنفس در انسان

تاریخچه و اصول کلی تنفس یاخته‌ای

مقدمه:

نفس کشیدن یا همان تنفس یاخته‌ای در همه جانداران زنده وجود دارد و فرایندی است که با آن انرژی به دست می‌آورند. دقت کنید که در بسیاری از جانوران این فرایند، ویژگی آشکار و قابل مشاهده می‌باشد و در ذهن بسیاری از ما، نفس کشیدن به معنی «زنده بودن» می‌باشد. پس بریم ببینیم هر نفسی، فرو می‌رود چه تاریخچه‌ای و داستانی دارد!

تاریخچه

ارسطو به عنوان فیلسوفی که افلاطون نام‌دار به وی لقب «علم» داده بود، نمی‌دانست که هوا مخلوطی از چند نوع گاز است و ترکیب شیمیایی هوای دمی و بازدمی را یکسان می‌دانست. او معتقد بود که نفس کشیدن برای خنک شدن قلب انجام می‌شود. محققین بعدی پس از اینکه ترکیبات هوای دمی و بازدمی را مقایسه و بررسی کردند، متوجه شدند که نسبت مقدار اکسیژن به کربن دی‌اکسید در هوای دمی بیشتر است ولی این نسبت در هوای بازدمی کاهش یافته است. در حقیقت نسبت CO_2 در هوای بازدمی از دمی بیشتر می‌باشد. بنابراین مطلبی عنوان کردند که «اهمیت تنفس فراتر از چیزی است که ارسطو بیان کرده بود».

نکته

اهمیت فرایند تنفس زمانی روشن‌تر شد که انسان توانست ارتباط بین دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون را پیدا کند.

نکته

اهمیت فرایند تنفس از آنچه که ارسطو می‌پنداشت فراتر است. درک این اهمیت، زمانی ممکن شد که پس از ارسطو، آدمی توانست ارتباط دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون را بیابد.

تست ۱

ارسطو، در ارتباط با نفس کشیدن، نظریه‌ای را ارائه داد. کدام گزینه در ارتباط با این نظریه به درستی بیان شده است؟ (قلم‌چی)

۱) وی معتقد بود هوا خود مخلوطی از چند نوع گاز است.

۲) امروزه مشخص شده است نفس کشیدن باعث خنک شدن قلب می‌شود.

۳) این نظریه بیان می‌کرد هوای دمی و بازدمی از نظر ترکیب شیمیایی یکسان‌اند.

۴) وی با توجه به ارتباط دستگاه گردش خون و تنفس، توانست اهمیت تنفس را بیان نماید.

ارسطو، معتقد بود که نفس کشیدن باعث خنک شدن قلب می‌شود. او نمی‌دانست که هوا خود مخلوطی از چند نوع گاز است. بنابراین هوای دمی و بازدمی را از نظر ترکیب شیمیایی یکسان می‌دانست.

پاسخ ۳

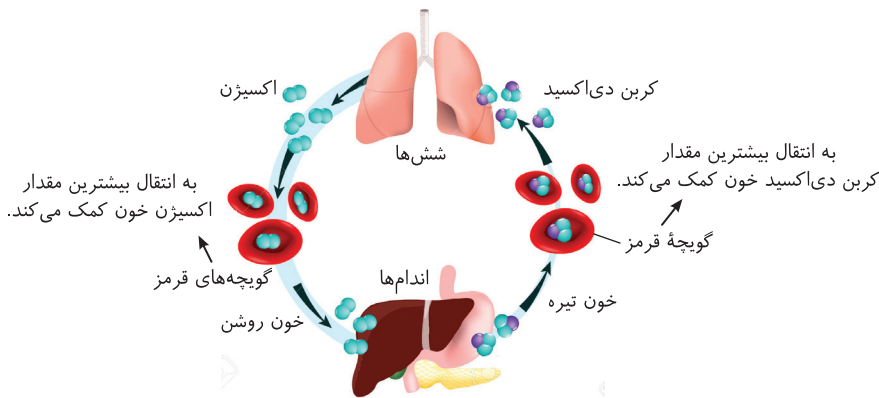
انواع خون از نظر میزان گازهای تنفسی

خون تیره

با اینکه در فصل بعد به‌طور کامل به بحث درباره خون و گردش آن در بدن می‌پردازیم ولی فعلاً بدانید که خون تیره، خونی است که نسبت اکسیژن به کربن دی‌اکسید کمی دارد. در حقیقت دستگاه گردش خون انسان وظیفه دارد این خون تیره را از اندام‌ها به سوی قلب ببرد و سپس از قلب به سوی شش‌ها برده تا تهویه یا تبادل گازها را انجام دهد. این خون پس از تولید در اندام‌ها، ابتدا توسط دو بزرگ‌سیاهرگ زیرین و زیرین به دهلیز راست و سپس به بطن راست وارد می‌شود. در نهایت چون تا وقتی که O_2 آن مناسب نشود به درد یاخته نمی‌خورد، باید برای تهویه گازها از راه سرخرگ‌های ششی به سمت شش‌ها برود.

● خون روشن

خونی است که در شش‌ها اکسیژن هوا را گرفته و مقدار کربن دی‌اکسید کمی دارد. این خون از **دستگاه تنفس ابتدا توسط سیاهرگ‌های ششی (۴ عدد) به دهلیز چپ و سپس به بطن چپ قلب** رفته تا در نهایت توسط **دستگاه گردش خون** به اندام‌ها و یاخته‌ها برسد. دقت کنید که **همواره** یاخته‌ها اکسیژن مورد نیاز را از خون **روشن** در اختیار می‌گیرند، تا **تنفس واقعی درون یاخته‌ای** را برای تولید **ATP** انجام دهند (خس دهلیز و بطن راست قلب هم که درون خضه خور، خون تیره دارند، برای تبادل گاز تنفس از خون روشن، O_2 می‌گیرند).



توجه! دقت کنید که خون تیره و روشن، فقط بر مبنای **نسبت مقدار O_2 و CO_2** می‌باشد و اصلاً ربطی به مقدار **مواد غذایی** مثل گلوکز و آمینواسید ... ندارد. پس این دیدگاه که **خون تیره برخلاف خون روشن، خونی با غذای کم می‌باشد**، کاملاً نادرست است. مثلاً خونی که از روده‌ها و سایر بخش‌های گوارشی از طریق **سیاهرگ باب** به کبد وارد می‌شود، سرشار از مواد غذایی (قند، آمینواسید...) می‌باشد ولی این رگ حاوی نسبت CO_2 به O_2 بالایی بوده و خون **تیره** دارد.

● نگاهی به آینده

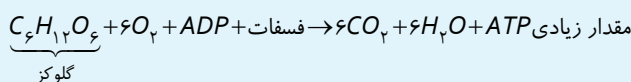
در بدن انسان، سیاهرگ‌های **ششی** و سیاهرگ **بند ناف** در مادر باردار، تنها سیاهرگ‌های دارای خون **روشن** می‌باشند که برای کنکور، دانستن آن‌ها لازم می‌باشد.

تنفس یاخته‌ای چیست؟

خیلی‌ها تنفس را فقط دم و بازدم و تکان خوردن قفسه سینه می‌دانند ولی دقت کنید که تنفس اصلی درون یاخته‌ها برای تولید انرژی زیستی (ATP) انجام می‌شود. در حقیقت الان باید بفهمید اصلاً واسه چی تو فصل قبل گوارش انجام دادیم و غذا خوردیم و اصلاً چرا مونوساکارید ایجاد کردیم؟! پاسخ ساده است. در بدن جانوران **مواد غذایی** مثل **گلوکز** انرژی بسیار زیادی در پیوندهای خود ذخیره دارند. این انرژی باید در یاخته‌ها با فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای و با تجزیه گلوکز آزاد شود که البته در کتاب دوازدهم به طور کامل آن را یاد می‌گیرید. الان فقط لازمه بدونید که: چون انرژی فرایندهای یاخته‌ای، به طور معمول **مستقیماً از رایج‌ترین منبع یعنی ATP** تأمین می‌شود. بنابراین گلوکز باید وارد یاخته زنده شده و طی واکنش‌هایی به نام تنفس یاخته‌ای، ضمن تجزیه شدن، انرژی پیوندهای آن به صورت **نهفته در مولکول ATP** ذخیره شود. (در حقیقت ATP سوخت یا پوله نقدی است که در تنفس یاخته‌ای تولید می‌شود و تقریباً هر واکنش انرژی‌خواه یا خضاک با مصرف آن زندگی ادامه می‌یابد).

● نگاهی به آینده

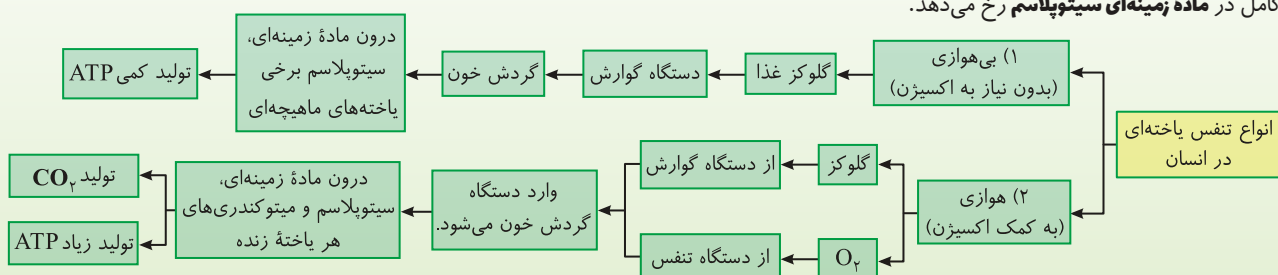
در زیست دوازدهم می‌خوانید که در واکنش تنفس یاخته‌ای، یاخته از **تجزیه گلوکز**، ATP به دست می‌آورد. اگر یاخته، تجزیه گلوکز را با استفاده از اکسیژن انجام دهد، **مقدار بسیار بیشتری ATP** به دست می‌آورد که به آن تنفس **هوازی** می‌گویند که خلاصه واکنش آن به صورت زیر می‌باشد:



چند نکته در بررسی تست‌ها

۱ البته در نوعی تنفس یاخته‌ای به نام **بی‌هوازی** نیز که در برخی یاخته‌ها (مثل ماهیچه‌های مخطط هنگام ورزش) رخ می‌دهد، مقدار کمی ATP از تجزیه گلوکز به دست می‌آید (و بعدش هم کل بدن درد می‌گیریم!).

۲ در زیست دوازدهم می‌آموزید که بخشی از تنفس یاخته‌ای **هوازی** یوکاریوت‌ها، در سیتوپلاسم و بخشی در راکیزه‌ها صورت می‌گیرد ولی تنفس **بی‌هوازی** به طور کامل در **ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم** رخ می‌دهد.





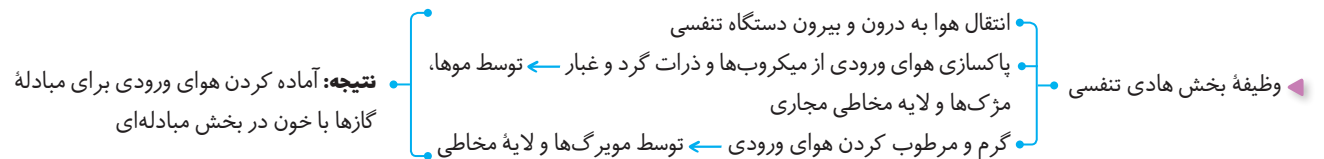
- ۳ **جمع‌بندی:** به قول سعدی «هر نفسی که فرو می‌رود، مُمَد (نَمَمَد) حیات است» ولی از نظر زیست‌شناسی هر نفسی که فرو می‌رود، مقداری ATP تولید می‌شود تا مُمَد حیات شود.
- ۴ در تنفس هوازی، برای تجزیهٔ گلوکز، **اکسیژن** باید **مصرف** شود و **کربن دی‌اکسید** باید **تولید** و از بدن خارج شود. یکی از علل زیان‌بار بودن **افزایش CO_2** خون **تأییل زیاد** این گاز برای ترکیب شدن با **آب** و تولید **کربنیک‌اسید** است. این فرایند سبب **کاهش pH** و اسیدی شدن خون می‌شود. تغییر pH نیز سبب **تغییر ساختار پروتئین‌ها** از جمله آنزیم‌های بدن شده، در نتیجه با امکان اختلال در کار **آن‌ها**، کار یاخته‌ها و اندام‌ها مختل می‌شود (**البته در بدن نیز مکانیسم‌هایی برای مقابله با این شرایط وجود دارد**).
- ۵ با توجه به فرمول واکنش تنفس هوازی در این فرایند مواد آلی گلوکز و ADP به همراه مواد معدنی O_2 و گروه فسفات مصرف می‌شوند. از طرفی در مواد تولیدی نیز هم مادهٔ آلی یعنی ATP و هم معدنی یعنی آب و CO_2 ایجاد می‌شوند.
- ۶ در بدن **افزایش CO_2** خطرناک‌تر از **کاهش O_2** می‌باشد.
- ۷ **بسیاری** از فرایندهای یاخته‌ای را **پروتئین‌ها** انجام می‌دهند. پس از بین رفتن آن‌ها اختلال گسترده‌ای در کار یاخته‌ها و بافت‌ها ایجاد می‌کند.
- ۸ **یاخته‌های** زندهٔ بدن، گازهای تنفسی را فقط با **خون** مبادله می‌کنند ولی **در شش‌ها**، این گازهای تنفسی بین **خون و هوا** نیز مبادله می‌شوند.
- ۹ از فصل اول به یاد دارید که واژهٔ سیتوپلاسم به کل محتوای درون یاختهٔ زنده به جز **هسته** اطلاق می‌شود که توسط **غشای** یاخته احاطه شده است. در حقیقت سیتوپلاسم به مجموعه مادهٔ زمینه‌ای مایع آن، اندامک‌های مختلف غشادار و اجزای بدون غشایی مثل ریبوزوم و ... گفته می‌شود.
- ۱۰ هوای **بازدمی** که کربن دی‌اکسید بیشتری دارد، آب آهک **بی‌رنگ** را **شیری‌رنگ** و برم تیمول **بلو رقیق آبی** را **زردرنگ** می‌کند. این دو محلول، معرف **کربن دی‌اکسید** هستند.

بخش‌های مختلف دستگاه تنفس انسان از نظر عملکرد

از نظر عملکرد، در دستگاه تنفس انسان دو بخش اصلی به نام **های و مبادله‌ای** وجود دارد.

الف) بخش هادی

بخش هادی از **بینی تا نایزک‌های انتهایی** می‌باشد که فقط از مجاری تنفسی تشکیل شده است. این بخش وظیفهٔ هدایت هوا به **درون و بیرون** دستگاه تنفس را به صورت دوطرفه بر عهده دارد. علاوه بر این، با زوائد **موماند** و **مژگی** به همراه **لایه مخاطی** خود، ناخالصی‌های هوا مثل میکروب‌های بیماری‌زا و ذرات گرد و غبار را پاکسازی می‌کند، همچنین هوای **ورودی** را با شبکهٔ **مویرگی** خود **گرم و مرطوب** می‌کند تا برای مبادلهٔ گازها با خون در شش‌ها آماده شود. دقت کنید که در بخش هادی، مبادلهٔ گاز تنفسی بین هوا و خون صورت نمی‌گیرد بلکه این بخش هوا را آمادهٔ تبادل با خون در بخش مبادله‌ای در حبابک‌های تنفسی می‌کند.



بررسی قسمت‌های مختلف بخش هادی تنفسی

بخش هادی تنفسی، به ترتیب از بینی، گلو (حلق)، حنجره، نای، نایژه‌ها، نایزک‌ها و نایزک‌های **انتهایی** تشکیل شده است.

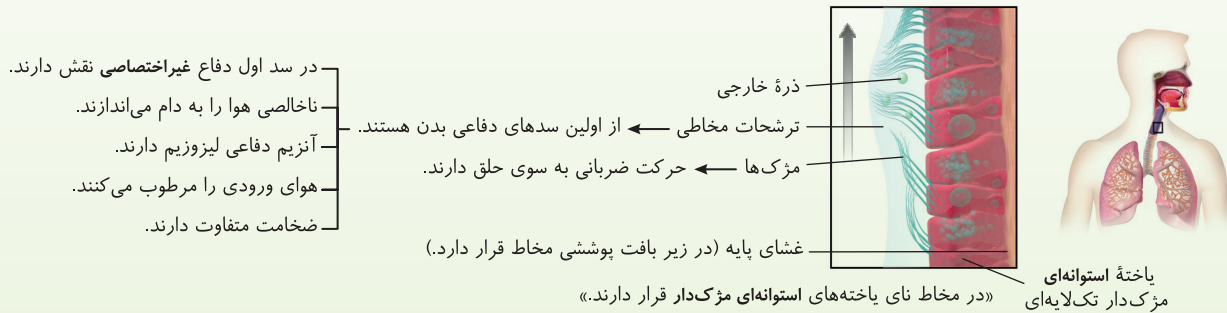
بینی (A)

قسمت **ابتدای** بینی، حاوی **پوست نازک** همراه با **موهای ظریف** (نم‌مژک) می‌باشد که موهای آن مانعی در برابر ورود ناخالصی‌های هوا ایجاد می‌کند. این پوست نازک فاقد **مژک و ترشحات مخاطی** می‌باشد.

در بینی با پایان یافتن پوست، **مخاط مژک‌دار** آغاز می‌شود. این مخاط تا آخرین نایزک‌ها و انشعابات آن در مجاری هادی و حتی مجاری بخش مبادله‌ای وجود دارد. **مخاط** مژک‌دار تنفسی، دارای یاخته‌های **پوششی** مژک‌دار **فراوان** با قدرت ترشح مادهٔ مخاطی **دفاعی** ضد میکروبی می‌باشد. مخاط مجاری تنفسی، **یک** ردیف یاخته‌های پوششی مژک‌دار بوده که روی **غشای پایه** قرار گرفته‌اند. این یاخته‌های پوششی قدرت ترشح مادهٔ مخاطی به درون مجرای تنفسی دارند. ترشحات مخاطی ضخامت یکسانی ندارند و هم ناخالصی‌های هوا را ضمن عبور هوای ورودی **پر O_2** به دام می‌اندازند و هم آنزیمی به نام **لیزوزیم** برای مقابله با عوامل میکروبی بیماری‌زا دارند. علاوه بر آن، حرکت ضربانی **دایمی** مژک‌های تنفسی سبب انتقال این ترشحات مخاطی و مواد به دام افتاده در آن‌ها به سوی **حلق** می‌شود.

چند نکته در بررسی تست‌ها

۱. مژک‌های بخش هادی تنفسی با حرکات **ضربانی** خود، ترشحات مخاطی و ناخالصی‌های به دام افتاده در آن را به سوی **حلق** می‌رانند. مواد رانده شده به حلق یا به صورت **ارادی** از بدن **خارج** می‌شوند و یا از طریق انعکاس **بلع** به دستگاه **گوارش** رفته و توسط **شیرهٔ معده**، ناخالصی‌های آن نابود می‌شود.
۲. ترشحات مخاطی مجاری تنفسی، علاوه بر میکروب‌کشی و پالایش هوای ورودی، سبب **مرطوب** کردن هوای **ورودی** شده تا در نهایت باعث آسان شدن تبادل گازهای تنفسی در **شش‌ها** شوند. چون گازهای تنفسی **تنها** در صورتی می‌توانند بین شش‌ها و خون مبادله شوند که به صورت **محلول** در آب باشند.
۳. بینی شبکه‌ای **وسیع** از **رگ‌ها با دیوارهٔ نازک** دارد که هوا را **گرم** می‌کند. این شبکه به سطح **درونی** بینی بسیار نزدیک است، بنابراین بسیار آسیب‌پذیر بوده و بیشتر از سایر نقاط تنفسی در معرض **خونریزی** می‌باشد.



۴. خلاصه عمل بینی
 - قسمت دارای پوست نازک ← موهایی برای جلوگیری از ورود ناخالصی‌های هوا دارد.
 - ناخالصی هوا را به دام می‌اندازد.
 - هوای ورودی را مرطوب می‌کند.
 - آنزیم دفاعی ضد میکروبی به نام **لیزوزیم** دارد.
 - ترشحات مخاطی دارد.
 - مخاط مژک‌دار بدون پوست.
 - مژک‌ها ← با حرکات ضربانی، ترشحات مخاطی و مواد درون آن‌ها را به سوی حلق می‌رانند.
 - رگ‌های نزدیک سطح درونی آن ← هوای ورودی را گرم می‌کند.

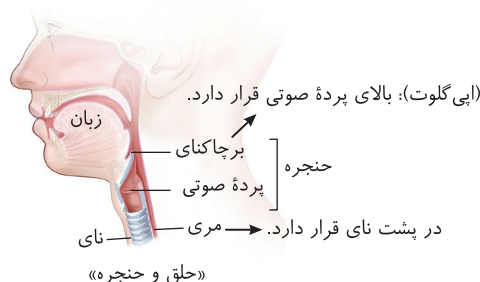
(B) حلق (گلو)

حلق در حقیقت یک گذرگاه با **ماهیچهٔ مخطط (اسکلتی)** است. این قسمت چهارراهی است که به دهان، بینی، گوش **میانی**، مری و نای راه دارد. این گذرگاه می‌تواند از راه دهان و بینی **هوا** بگیرد.

در حقیقت هوا با عبور از **بینی**، **دهان** یا **هر دو** وارد حلق (**گلو**) می‌شود که قسمت مشترک دستگاه تنفس و **گوارش** می‌باشد. در فصل قبل آموختید که حلق محل شروع بخش غیرارادی بلع و حرکات کرمی در لولهٔ گوارش است. در انتهای حلق **یک دوراهی** وجود دارد که در **جلو** مژک‌دار است و به **حنجره و نای** برای عبور هوا و **در پشت** به **مری** برای عبور غذا راه دارد. راه حنجره و نای با پایین آمدن دریچهٔ **برچاکنای (اپی‌گلوت)** بسته می‌شود. حلق از **باله** به بینی راه دارد. به جز در هنگام بلع، زبان کوچک پایین است تا هوا به آسانی از بینی وارد حلق شود (**زبان کوچک در هنگام بلع به طور انعکاسی و با برخورد غذا بالا رفته تا راه بینی بسته و غذا وارد بینی نشود**).

(C) حنجره

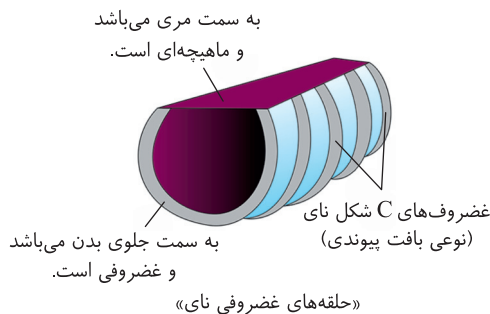
حنجره بخش غضروفی و قرار گرفته در ابتدای نای می‌باشد. این بخش دیوارهٔ غضروفی دارد و علاوه بر آن دارای یک دریچه یا درپوش به نام **برچاکنای (اپی‌گلوت)** و پرده‌های صوتی می‌باشد. دیوارهٔ غضروفی حنجره مجرای هوا را در ابتدای نای همواره باز نگه می‌دارد و از طرفی به دلیل داشتن درپوش اپی‌گلوت (**بریکنت‌س**)، مانع ورود غذا به مجاری تنفسی می‌شود. دقت داشته باشید که حنجره بخشی از نای نمی‌باشد بلکه در ابتدای نای و به عنوان بخشی مجزا طبقه‌بندی می‌شود.



نکته

در هنگام بلع و استفرغ، برچاکنای به پایین می‌رود ولی در هنگام سرفه، عطسه و تنفس برای انتقال هوا، برچاکنای به سمت بالا می‌رود.

- در تنفس دو کار مهم دارد
 - دیوارهٔ غضروفی آن مجرای عبور هوا را باز نگه می‌دارد.
 - درپوش برچاکنای آن مانع ورود غذا به نای می‌شود.
- کارهای حنجره
 - در گفتار ← پرده‌های صوتی قابل ارتجاع موجود در حنجره، با هوای **بازدمی** مرتعش شده و تولید صدا می‌کنند.



نای مجرای است که دیواره آن دارای حلقه‌های **غضروفی** به شکل **نعل اسب** یا حرف C می‌باشد. این حلقه‌ها باعث باز نگه داشتن **همیشگی** کل مجرای نای می‌شوند.

▶ دهانه باز غضروف (دهانه حرف C) به سمت **پشت** یعنی مقابل **مری** قرار دارد. **نبودن غضروف** در قسمت پشتی سبب می‌شود که حرکات **گرمی** مری و حرکت لقمه‌های **بزرگ** غذا در مری آسان شود.

▶ دقت کنید که غضروف در حنجره، نای و نایژه‌ها وجود دارد ولی نوع C شکل یا نعل اسبی آن فقط در **نای** قرار گرفته است که سبب باز نگه داشتن دائمی آن می‌شود.

ساختار بافتی دیواره نای

نای همانند لوله گوارش از **داخل به خارج** دارای چهار بخش می‌باشد:

● (۱) لایه مخاطی نای

حاوی **یک** لایه از باخته‌های **استوانه‌ای مزکدار می‌باشد** که مزک‌های فراوان با حرکات ضربانی به سوی بالا یعنی حلق دارند. این لایه حاوی ترشحات مخاطی با ضخامت متفاوت بوده و در زیر آن غشای پایه قرار دارد.
(لایه مخاطی نای = لایه پوششی مزکدار + ترشحات مخاطی)

● (۲) زیرمخاط

دارای **رگ‌های خونی، اعصاب و غدد ترشحی** می‌باشد که در تماس با مخاط نای می‌باشند. غدد ترشحی این لایه به کمک باخته‌های پوششی مخاط، لایه مخاطی دفاعی را ترشح می‌کنند که در شکل مشخص می‌باشد.

● (۳) لایه غضروفی ماهیچه‌ای

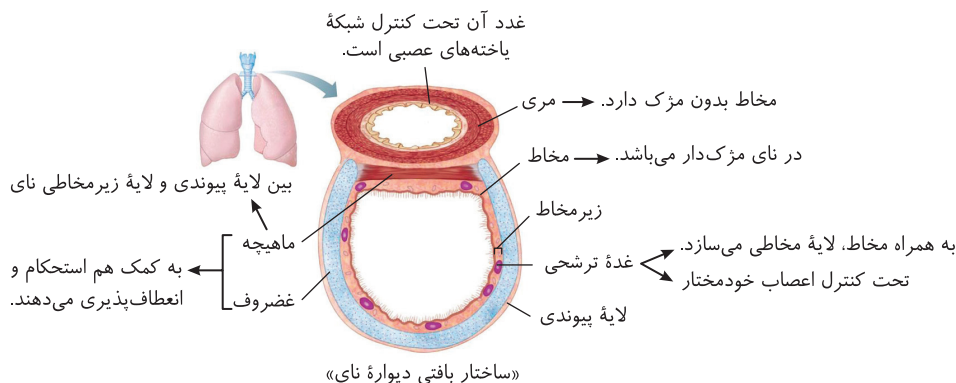
این لایه سبب **استحکام و انعطاف‌پذیری** نای می‌شود و غضروف‌های C شکل نعل اسبی آن مجرای نای را دائماً باز نگه می‌دارند.

نکته مهم

لایه غضروفی ماهیچه‌ای، در حقیقت همان غضروف‌های C شکل نای می‌باشد که بین دو لایه **زیرمخاطی و پیوندی** قرار گرفته است. این لایه در بخش پشتی خود که با مری اتصال دارد، فاقد **غضروف** بوده ولی دارای **ماهیچه صاف** می‌باشد. بخش ماهیچه‌ای این لایه بین زیرمخاط نای و لایه پیوندی سطح بیرونی و مری قرار دارد (لایه ماهیچه‌ای نای از طرفین به غضروف، از جلو به زیرمخاط نای و از پشت به لایه پیوندی خارج مزک متصل است).

● (۴) لایه پیوندی خارجی

لایه خارجی نای می‌باشد که دقت کنید بخشی از صفاق نمی‌باشد (چون در حفره شکم قرار ندارد). ادامه این لایه به لایه پیوندی خارجی مری متصل بوده و در ادامه هم می‌باشند.



(قلم‌چی)

چند مورد عبارت روبه‌رو را به درستی تکمیل می‌کنند؟ «در ساختار دیواره نای،»

- (الف) باخته‌هایی با فضای بین‌باخته‌ای اندک، مانع بسته شدن مجرای عبور هوا می‌شوند.
- (ب) همانند ساختار وسط مری، در دومین لایه از بیرون، ماهیچه صاف مشاهده می‌شود.
- (ج) شبکه‌ای از رشته‌های پروتئینی و گلیکوپروتئینی یافت می‌شود.
- (د) ممکن نیست باخته‌های دو نوع بافت متعلق به یک نوع بافت اصلی در تماس مستقیم با یکدیگر باشند.
- (و) لایه ماهیچه‌ای مری و لایه ماهیچه‌ای نای توسط لایه پیوندی از هم جدا می‌شوند.

(۴) ۴ مورد

(۳) ۳ مورد

(۲) ۲ مورد

(۱) ۱ مورد

C

پایه ۳

موارد (ب)، (ج) و (و) عبارت را به درستی تکمیل می کنند و در شکل مشخص هستند.

تله های تستی الف) دیواره نای، حلقه های غضروفی (متعلق به بافت پیوندی) شبیه به نعل اسب یا حرف C دارد که مجرای نای را همیشه باز نگه می دارد. / د) در ساختار دیواره نای لایه پیوندی در تماس مستقیم با غضروف که هر دو متعلق به بافت پیوندی هستند، قرار دارد.

(E) نایژه ها

در وسط قفسه سینه، نای انسان در انتهای خود به دو شاخه به نام نایژه های اصلی تقسیم می شود. نایژه ها نیز مثل نای غضروف و مژک دارند ولی غضروف آنها به صورت C شکل نمی باشد. هر نایژه اصلی به یک شش وارد می شود (در حقیقت نایژه بخشی از شش محسوب می شود). به تدریج با انشعاب یافتن نایژه ها، قطر آنها باریک تر و غضروف آنها نیز کمتر می شود. دقت کنید تا جایی که غضروف در سطح داخلی مجرای تنفسی وجود دارد، هنوز انشعابات نایژه ای باریک به حساب می آیند ولی اولین انشعابات کوچکی در مجاری تنفسی که فاقد غضروف می شوند را نایژک می گویند.

نکته

نای برخلاف نایژه و نایژک بخشی از شش نمی باشد. پس شش غضروف دارد ولی C شکل نمی باشد.

(F) نایژک ها

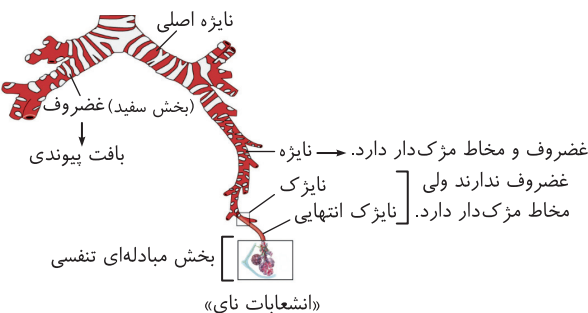
نایژک ها انشعابات انتهایی از نایژه های فرعی باریک هستند که لایه مخاطی مژک دار دارند ولی غضروف ندارند، به همین دلیل تنگ و گشاد می شوند. این ویژگی تنگ و گشاد شدن نایژک ها، سبب کنترل مقداری از هوای ورودی و خروجی در دستگاه تنفس می شود. این نایژک ها به تدریج در بخش هادی انشعابات باریک تر شده و آخرین انشعابات آنها در بخش هادی را نایژک های انتهایی می نامند.

نکته

دقت کنید که نایژک های انتهایی حاوی مخاط مژک دار می باشند و آخرین انشعابات نایژکی در بخش هادی هستند ولی در ادامه متوجه می شوید که باز هم در ادامه این نایژک های انتهایی نیز منشعب می شوند و در بخش مبادله ای به نایژک مبادله ای تبدیل می شوند.

نکته

با توجه به شکل مقابل، غضروف ها در نایژه های اصلی به صورت حلقه کامل هستند ولی در نایژه های باریک تر به صورت قطعات جداجدا قرار گرفته اند.



نکته نهایی: در بخش هادی تنفس، مخاط مژک دار از قسمت بدون پوست بینی تا نایژک های انتهایی وجود دارد ولی منظور از مجاری غضروف دار، همان حنجره، نای و نایژه های اصلی و فرعی می باشد.

تست ۳

پایه ۳

چند مورد، درباره «همه یاخته های زنده بخش هادی دستگاه تنفس انسان سالم»، صحیح است؟

- الف) گازهای تنفسی را با مایع اطراف خود مبادله می کنند.
 ب) تنها در اثر مصرف گلوکز می توانند مولکول ATP تولید کنند.
 ج) فاقد توانایی تولید مولکول هایی هستند که در دنیای غیرزنده دیده نمی شوند.
 د) در صورت افزایش بیش از حد کربن دی اکسید خون، بسیاری از فرایندهای یاخته ای آنها ممکن است مختل شود.
- ۱) ۱ مورد ۲) ۲ مورد ۳) ۳ مورد ۴) ۴ مورد
- موارد الف) و د) صحیح اند.

C

پایه ۲

تله های تستی الف) درست است. هر یاخته زنده باید با محیط اطراف خود به تبادل O_2 و CO_2 بپردازد. / ب) نادرست است. مهم ترین منبع تأمین انرژی از گلوکز است. / ج) نادرست است. در مورد آب و CO_2 این عبارت رد می شود که در تنفس یاخته ای نیز مانند دنیای غیرزنده تولید می شود. / د) درست است. این مورد باعث ایجاد pH اسیدی و تخریب ساختار پروتئین ها می شود.

تست ۴

پایه ۳

در رابطه با بخش هادی دستگاه تنفس انسان سالم، می توان گفت بینی همانند

- ۱) نایژه ها - مژک هایی برای زنش به سمت حلق دارد، اما فاقد مو است.
 ۲) نای - در ابتدای ساختار خود پوست نازکی دارد، اما یاخته مژک دار ندارد.
 ۳) نایژک ها - دارای ترشحات مخاطی است، اما عامل سطح فعال ترشح نمی کند.
 ۴) نای - به گرم و مرطوب کردن هوای ورودی کمک می کند، اما ترشحات ضد میکروبی ندارد.
 بینی (بعد از تمام پوست نازک ابتدای) همانند نایژک ها، دارای ترشحات مخاطی است، اما عامل سطح فعال ترشح نمی کنند.

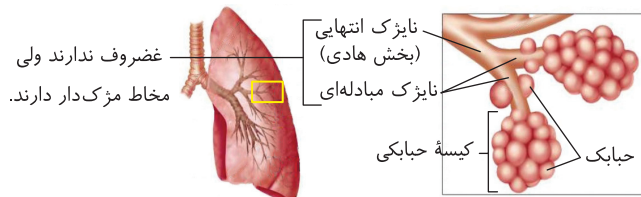
A

پایه ۳

تله های تستی گزینه ۱: ابتدای بینی مو دارد. / گزینه ۲: نای، پوست ندارد. / گزینه ۴: نای هوا را مرطوب می کند ولی گرم نمی کند. از طرفی بینی مخاط مژک دار با ترشحات ضد میکروبی دارد.



ب) بخش مبادله‌ای (تهویه‌کننده) دستگاه تنفس



«بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس»

این بخش از دستگاه تنفس، پس از **نایزک انتهایی**، آغاز می‌شود که شامل **نایزک‌های مبادله‌ای**، **حبابک‌های مجزا** و **کیسه‌های حبابکی** می‌باشد. در حقیقت با ایجاد **حبابک‌ها** روی **نایزک‌ها**، بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس انسان آغاز می‌شود. در این بخش مجاری باریکی به نام **نایزک‌های مبادله‌ای** قرار دارند که از انشعابات انتهایی **نایزک‌های انتهایی** هستند. **نایزک‌های مبادله‌ای** همچنین آخرین بخش دارای **مخاط مزک‌دار** می‌باشند یعنی این مخاط در طول **نایزک مبادله‌ای** پایان می‌یابد. روی هر **نایزک مبادله‌ای**

تعدادی حبابک (کیسه‌های مجزا) وجود دارد. در حالی که در **انتهای** هر **نایزک مبادله‌ای**، **اجتماع این حبابک‌ها** به صورت یک خوشه انگور درمی‌آید. به هر خوشه انگور که در انتهایی **یک نایزک مبادله‌ای** قرار دارد، یک **کیسه حبابکی** می‌گویند. روی هر **حبابک**، **شبکه وسیعی از مویرگ‌های خونی** برای تبادل گازهای تنفسی وجود دارد. دقت داشته باشید که **حبابک‌ها** فاقد **غضروف**، مخاط **مزک‌دار** و ماده مخاطی می‌باشند.

نکته

- نایزک انتهایی آخرین بخش **هادی** دستگاه تنفس بوده و فاقد **حبابک** می‌باشد.
- غضروف ندارد ولی دارای مخاط **مزک‌دار** است.
- اولین بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس بوده که دارای **حبابک** می‌باشد.
- غضروف ندارد ولی دارای مخاط **مزک‌دار** است که در طول آن‌ها به اتمام می‌رسد.

◀ **نایزک انتهایی برخلاف** **نایزک مبادله‌ای**، **حبابک** ندارد.

◀ **نایزک انتهایی همانند** **نایزک مبادله‌ای**، **غضروف** ندارد ولی **مزک** دارد.

(قلم‌چی)

کدام گزینه عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«هر بخش از مجاری تنفسی انسان سالم که بعد از حلق قرار دارد و حلقه غضروفی در آن دیده می‌شود، قطعاً»

- کامل - در بخش هادی دستگاه تنفس قرار دارد و فاقد حبابک است.
 - C شکل - دارای مخاط مزک‌دار است و توانایی تنگ و گشاد شدن را ندارد.
 - C شکل - واجد غدد ترشچی در دیواره خود است و در بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس قرار ندارد.
 - قطعه‌قطعه - جزء بخش‌های عملکردی دستگاه تنفس است و محل به پایان رسیدن مخاط مزک‌دار است.
- با توجه به شکل کتاب درسی، بعد از نایزه اصلی، غضروف‌ها به صورت قطعه‌قطعه هستند ولی مخاط مزک‌دار تا نایزک مبادله‌ای ادامه دارد.

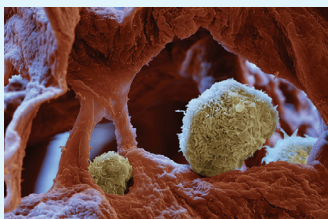
پاسخ ۴

تله‌های تستی گزینه (۱): نایزه اصلی حلقه غضروفی کامل دارد و در بخش هادی دستگاه تنفس قرار دارد و حبابک ندارد. / گزینه‌های (۲) و (۳): نای حلقه غضروفی C شکل دارد و توانایی تنگ و گشاد شدن ندارد. نای، واجد غدد ترشچی در لایه زیرمخاط خود است و در بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس قرار ندارد.

سدهای دفاعی در سیستم تنفسی

اولین خط دفاعی در دستگاه تنفسی، پوست و موهای ابتدای بینی سپس **مرگ‌ها و لایه مخاطی** موجود در بخش **هادی** تنفسی می‌باشد. مخاط مزک‌دار تا نایزک **مبادله‌ای** ادامه دارد. پس از نایزک مبادله‌ای، در بخش‌های دیگر قسمت **مبادله‌ای** دستگاه تنفس از جمله حبابک‌ها دیگر مخاط مزک‌دار وجود ندارد. در کیسه‌های حبابکی یاخته‌های درشت‌خوار (**ماکروفاژ**) وجود دارد که **آخرین خط دفاعی** دستگاه تنفس می‌باشند. این یاخته‌های بزرگ می‌توانند در کیسه‌های حبابکی مانند سایر بخش‌های بدن، باکتری‌ها و ذرات گرد و غبار و ناخالصی‌های موجود در هوا را که از **مخاط مزک‌دار گریخته‌اند** با **بیگانه‌خواری** و **توانایی تحرک** خود نابود کرده و ببلعند. **دقت کنید که درشت‌خوارها جزء یاخته‌های حبابک‌ها به شمار نمی‌آیند.**

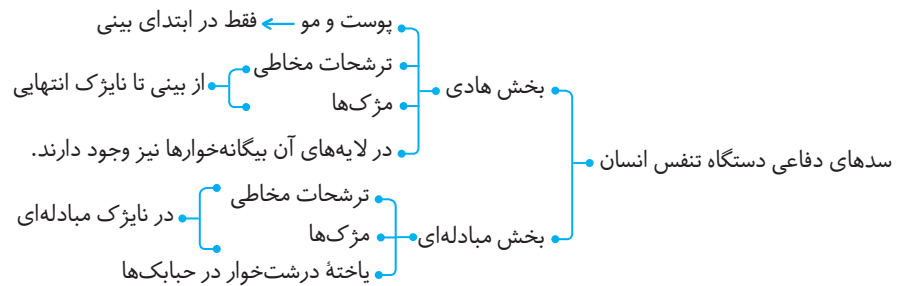
نگاهی به آینده



«یاخته‌های درشت‌خوار در حبابک‌ها»

۱ ماکروفاژها یا همان درشت‌خوارها، علاوه بر کیسه‌های حبابکی شش‌ها در سایر نقاط بدن نیز وجود دارند و نقش بیگانه‌خواری دارند. در سال بعد می‌خوانید که این یاخته‌ها در **سد دوم و سوم** دفاعی بدن انسان نقش داشته و به صورت **غیراختصاصی** میکروب‌ها را از بین می‌برند.

۲ در زیست یازدهم می‌آموزید که یاخته‌های بیگانه‌خوار متنوعی در بدن وجود دارند که درشت‌خوارها یکی از انواع آن‌ها می‌باشند. منشأ درشت‌خوارها از نوعی یاخته سفید خونی به نام **مونوسیت‌ها** می‌باشد. مونوسیت‌ها پس از خروج از رگ خونی (**ریپر**) افزایش حجم یافته‌اند و به درشت‌خوار (**ماکروفاژ**) و یا نوعی دیگر به نام یاخته بیگانه‌خوار دارینه‌ای تمایز یافته‌اند (**شایان توجه است که درشت‌خوارها یاخته خونی نیستند!!**).



یاخته‌های موجود در دیواره حبابک‌های تنفسی

به‌طور کلی وظیفه حبابک‌های تنفسی، تبادل گازهای تنفسی O_2 و CO_2 بین خون و هوا می‌باشد. در این حبابک‌ها سه نوع یاخته یافت می‌شود ولی فقط دو نوع اول مربوط به دیواره حبابک‌ها می‌باشد (نوع سوم درشت‌خوارها هستند که خوردن روئینج جاک دارند!).

● (۱) نوع اول (یاخته‌های سنگ‌فرشی مربوط به دیواره حبابکی)

این یاخته‌ها در هر حبابک به مقدار فراوان وجود دارند. در دیواره حبابک‌ها سبب تشکیل بافت پوششی **سنگ‌فرشی** تک‌لایه‌ای غیرمژک‌دار با هسته گرد مرکزی شده‌اند که در تبادل گازهای تنفسی با خون نقش دارند. علاوه بر این یاخته‌های سنگ‌فرشی، در اطراف حبابک‌ها نیز بافت پوششی سنگ‌فرشی تک‌لایه‌ای دیگری در مویرگ خونی به مقدار فراوان و به صورت تار عنکبوت پوشیده شده است. این دو لایه بافت سنگ‌فرشی ساده (ریواره حبابکی و مویرگ‌ها)، در جاهای متعددی یک **غشای پایه مشترک** دارند که به همین علت، مسافت انتشار گازهای تنفسی در این مکان‌ها به **حداقل** ممکن می‌رسد.

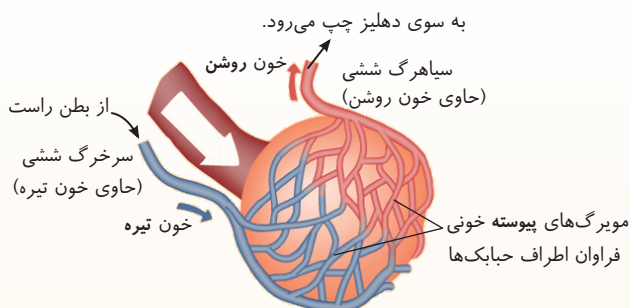
نکته

اکسیژن و کربن دی‌اکسید برای مبادله بین هوا و خون باید از **سه قسمت** عبور کنند که عبارت‌اند از ضخامت **یاخته‌های سنگ‌فرشی حبابک**، **غشای پایه** بین آن‌ها که در بخش‌های زیادی مشترک می‌باشد و ضخامت **یاخته سنگ‌فرشی مویرگ خونی**!!

توجه! در اینجا دقت کنید که غشای پایه بین دو لایه بافت پوششی می‌باشد.

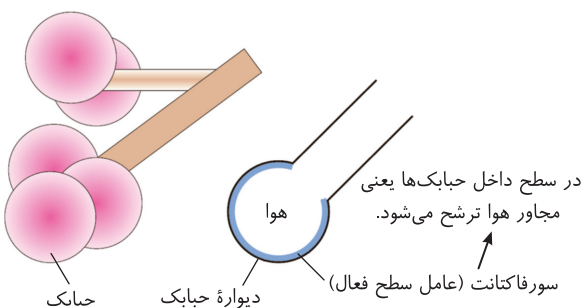
نکته

همان‌طور که در شکل روبه‌رو مشاهده می‌کنید، خون تیره سرخرگ ششی، از قلب به شش‌ها آمده تا در مویرگ‌های اطراف حبابک تنفسی با تبادل گازهای تنفسی به صورت خون روشن درآمده و وارد سپاهرگ ششی شود و از آنجا دوباره به قلب برگردد.



● (۲) نوع دوم (یاخته‌های سورفاکتانت‌ساز (عامل سطح فعال‌ساز) مربوط به دیواره حبابکی)

طبیعی است که با ورود هوا به کیسه‌های حبابکی شش‌ها، حجم این حبابک‌ها باید زیاد شود، ولی چون **لایه نازکی از آب** در سطح درونی (مجاور هوا) این حبابک‌ها وجود دارد، این لایه نازک آب درون آن‌ها، در مقابل ورود هوا و انبساط حبابک‌ها، مقاومت کرده و با نیروی کشش سطحی آب وارد عمل می‌شوند. برای برطرف شدن این مشکل، در حبابک‌ها، **یاخته‌هایی با تعداد بسیار کمتر از نوع اول** به نام یاخته‌های سورفاکتانت‌ساز (عامل سطح فعال‌ساز) با ظاهر کاملاً متفاوت وجود دارد که با ترشح این ماده به **داخل** حبابک، نیروی کشش سطحی آب را **کاهش** می‌دهند در نتیجه باز شدن کیسه‌ها و عمل تنفس آسان می‌شود.



نکته

عامل سطح فعال (سورفاکتانت) از **اواخر دوران جنینی** ساخته و ترشح می‌شود، به همین دلیل **برخی از نوزادان** که زود هنگام متولد می‌شوند عامل سطح فعال (سورفاکتانت) به مقدار کافی ندارند و به زحمت نفس می‌کشند.

نکته

گازهای تنفسی ورودی در عبور از لایه نازک آب درون حبابک‌ها و ترشحات مخاطی قبل از آن‌ها، به صورت **محلول در آب** درآمده و به آسانی و با انتشار ساده از دو لایه یاخته **سنگ‌فرشی** ساده عبور کرده و وارد خون می‌شوند.

تست 6

(قلم چي)

هر بخش از دستگاه تنفس انسان که قطعاً

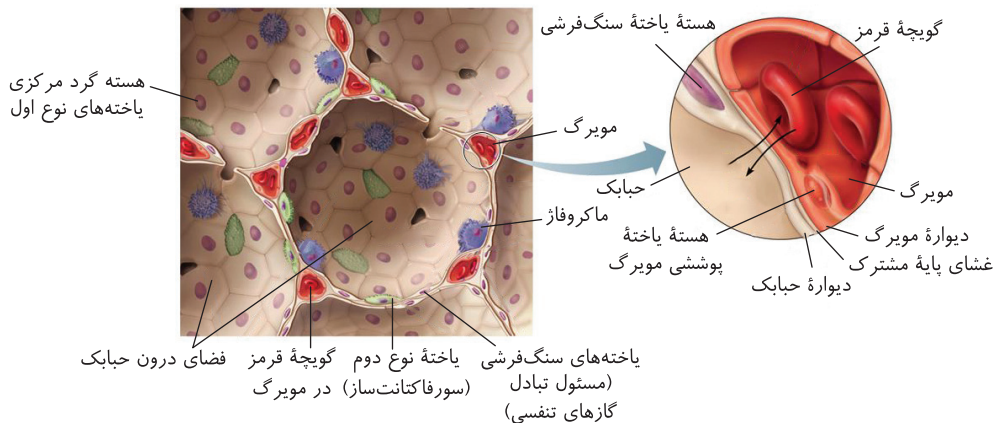
- (۱) واجد مخاط مژکدار است - به بخش هادی تعلق دارد.
 - (۲) دارای حلقه‌های غضروفي C شکل است - در بیرونی‌ترین لایه خود، غدد ترشحي دارد.
 - (۳) ترشح عامل سطح فعال را بر عهده دارد - با حضور اجزای کوچکی به نام حبابک مشخص می‌شود.
 - (۴) فاقد بافت پوششی مژکدار است - در سطح مجاور هوا، توسط لایه ضمیمی از آب پوشیده شده است.
- ترشح عامل سطح فعال بر عهده حبابک‌ها است که به بخش **مبادله‌ای** تعلق دارند. بخش مبادله‌ای با حضور اجزای کوچکی به نام حبابک مشخص می‌شود.

پاسخ 3

تله‌های تستی گزینه (۱): مخاط مژکدار در طول نایژک مبادله‌ای به پایان می‌رسد (بنا بر این، نایژک‌های مبادله‌ای به بخش مبادله‌ای تعلق دارند و دارای مخاط مژکدار هستند). / گزینه (۲): دیواره نای، حلقه‌های غضروفي C شکل دارد که مجرای نای را همیشه باز نگه می‌دارند. دقت کنید که غدد ترشحي در لایه زیرمخاط نای مشاهده می‌شود. / گزینه (۴): لایه **نازکی** از آب، سطحی از حبابک را که در تماس با هواست پوشانده است.

● (۳) یاخته‌های درشت‌خوار که جزء یاخته‌های دیواره حبابکی طبقه‌بندی نمی‌شوند ولی در لایه‌ای یاخته‌های آن وجود دارد.

یاخته‌های درشت‌خوار جزء یاخته‌های دیواره حبابکی نمی‌باشند ولی در عمل **دفاعی درون** حبابک‌ها نقش دارند. این یاخته‌ها در سد دوم و سوم دفاعی و در دفاع غیراختصاصی فعالیت می‌کنند که منشأ آن‌ها از **مونوسیت‌های خون** می‌باشد که از رگ خونی خارج و به بافت آمده و تغییر شکل داده‌اند. این یاخته‌ها در سطح **درونی** حبابک‌ها وجود دارند تا ذرات و باکتری‌های موجود در هوای ورودی را از بین ببرند. (اندازه درشت‌خوارها از نوع یاخته‌های دیواره حبابکی بزرگ‌تر می‌باشد و قابلیت حرکت به همراه یکانه‌خوارک دارند).



نگاهی به آینده

یاخته‌های بیگانه‌خوار انواع مختلفی مثل درشت‌خوارها، نوتروفیل‌ها، یاخته‌های دارینه‌ای و ماستوسیت‌ها می‌باشند که در هر منطقه‌ای از بدن می‌توانند وجود داشته باشند. این یاخته‌ها در درون مجاری تنفسی برخلاف بخش مبادله‌ای تقریباً وجود ندارند.

تست 7

(قلم چي)

کدام عبارت به درستی بیان شده است؟

- (۱) یاخته‌های استوانه‌ای مژکدار در کیسه‌های حبابکی، ماده مخاطی ترشح می‌کنند.
 - (۲) حبابک‌های موجود در کیسه‌های حبابکی با نایژک‌های انتهایی ارتباط مستقیم دارند.
 - (۳) یاخته‌هایی که در خط دفاع دستگاه تنفسی نقش دارند، همواره در بخش مبادله‌ای قرار دارند.
 - (۴) عامل سطح فعال توسط قسمتی از بخش مبادله‌ای ساخته می‌شود که دارای یاخته‌های نوع دوم می‌باشد.
- عامل سطح فعال از بعضی یاخته‌های حبابک‌ها ترشح می‌شود. با توجه به شکل کتاب درسی، دیواره حبابک‌ها می‌توانند یاخته‌های نوع اول تبدالی و دوم سورفاکتانت‌ساز داشته باشند.

پاسخ 4

تله‌های تستی گزینه (۱): مخاط مژکدار در طول نایژک مبادله‌ای به پایان می‌رسد. بنابراین کیسه‌های حبابکی، سازوکار دیگری مانند درشت‌خوارها به جای مخاط مژکدار برای مقابله با ناخالصی‌های هوا دارند. / گزینه (۲): نایژکی که روی آن حبابک وجود دارد، نایژک **مبادله‌ای** می‌نامند (نایژک‌های مبادله‌ای در ادامه نایژک‌های استخوانی هستند). / گزینه (۳): یاخته‌های مژکدار موجود در بخش هادی نیز در مقابله با ناخالصی‌های هوا نقش دارند.

تست 8

(قلم چي)

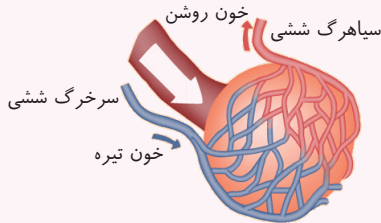
کدام عبارت صحیح است؟

- (۱) هر یاخته موجود در حبابک‌ها از نوع سنگ‌فرشی و به صورت یک‌لایه‌ای است.
- (۲) یاخته‌های نوع دوم حبابک در جاهای متعددی از یک غشای پایه مشترک با مویرگ بهره می‌برند.
- (۳) افزایش حجم کیسه‌های حبابکی، حاصل ترشح ترکیبی توسط بسیاری از یاخته‌های حبابکی است.
- (۴) در یک کیسه حبابکی، انشعابات مویرگی بیش از تعداد حبابک‌هاست.

B

پایه ۴

با توجه به شکل کتاب درسی، در اطراف هر حبابک مویرگ‌های خونی فراوان دیده می‌شود.



تله‌های تنستی گزینۀ (۱): یاختۀ نوع دوم آن‌ها سنگ‌فرشی نیست. / گزینۀ (۲): یاختۀ نوع اول با مویرگ غشای پایه مشترک دارد. / گزینۀ (۳): منظور عامل سطح فعال است که توسط تعداد کمی از یاخته‌ها به نام نوع دوم ترشح می‌شود تا کیسه‌های حبابکی را باز کند.

تست ۹

در ارتباط با بخشی از دستگاه تنفس انسان که در آن مسافت انتشار گازها به حداقل رسیده است، می‌توان گفت که

(۱) گازهای تنفسی همواره با عبور از دو غشای پایه مبادله می‌شوند. (۲) برخی از یاخته‌های دیواره آن، عامل سطح فعال را ترشح می‌کنند. (۳) با داشتن ترشحات مخاطی در به دام انداختن میکروب‌ها نقش دارد. (۴) درشت‌خوارهای متعلق به دیواره آن، در بیگانه‌خواری میکروب‌ها نقش دارند. سؤال در مورد حبابک‌های تنفسی می‌باشد که برخی از یاخته‌های حبابک‌های عامل سطح فعال را ترشح می‌کنند.

B

پایه ۲

تله‌های تنستی گزینۀ (۱): در جاهای متعدد، بافت پوششی حبابک و مویرگ هر دو غشای پایه مشترک دارند. / گزینۀ (۳): یاخته‌های حبابک‌ها، ماده مخاطی ترشح نمی‌کنند. / گزینۀ (۴): درشت‌خوارها را جزء یاخته‌های دیواره حبابک، طبقه‌بندی نمی‌کنند.

حمل گازهای تنفسی در خون

کار دستگاه تنفسی، انتقال گازهای تنفسی و تبادل آن‌ها با خون می‌باشد. با عمل **دم**، اکسیژن زیادی توسط هوای دمی وارد حبابک‌های ششی می‌شود تا از آنجا به **خون** منتشر شوند. از طرفی پس از **تنفس یاخته‌ای** مقدار زیادی کربن دی‌اکسید تولیدی در یاخته‌ها، وارد خون می‌شود. در حقیقت **کار دستگاه تنفس با همکاری دستگاه گردش خون کامل می‌شود**. در این قسمت می‌خواهیم بررسی کنیم که این گازهای تنفسی در خون به چه صورت منتقل می‌شوند و چگونه اکسیژن از شش‌ها و از طریق جریان خون به یاخته‌ها می‌رسد و کربن دی‌اکسید از طریق جریان خون از یاخته‌ها به شش‌ها منتقل و با عمل **بازدم** از دستگاه تنفس و از بدن خارج می‌شود.

نکته

سرخرگ ششی خارج شده از بطن راست قلب، خون **تیره** با CO_2 زیاد دارد در حالی که سیاهرگ **های** ششی خون روشن با مقدار زیادی O_2 دارند که پس از تبادل در شش‌ها، سیاهرگ‌های ششی خون را به سوی دهلیز چپ قلب می‌برند.

انتقال اکسیژن در خون

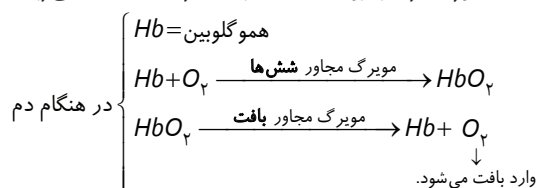
وقتی هوای ورودی به انتهای دستگاه تنفس می‌رسد، در حبابک‌های تنفسی، گازهای اکسیژن با عبور از لایۀ نازک آب درون حبابک به صورت محلول درآمده و **همه** اکسیژن قابل انتشار به صورت **محلول** از **کیسه‌های حبابکی** به **خون** وارد می‌شوند. در خون فرد سالم و در **دمای عادی** بدن، مقدار بسیار اندکی (حدود ۳٪) از اکسیژن ورودی، به صورت **محلول در پلاسما (خونابه)** باقی می‌ماند و مقدار بسیار زیادی از آن توسط **گویچه‌های قرمز و هموگلوبین** درون خون منتقل می‌شوند تا به مجاورت بافت‌های مختلف بدن برسند (تبادل گازهای بین یاخته‌ها). **سنگ‌فرشی دیواره حبابک‌ها و مویرگ‌های خونی صورت می‌گیرد**. سپس اجتماع این مویرگ‌ها، خون روشن پر O_2 را توسط چهار سیاهرگ ششی به سمت دهلیز چپ قلب هدایت می‌کنند.

نکته

غلظت اکسیژن خونی که از قلب، توسط سرخرگ ششی به شش‌ها می‌رود، کمتر از غلظت اکسیژن در هوای ورودی به حبابک‌ها می‌باشد. به همین دلیل طبق قانون انتشار، اکسیژن از حبابک‌ها به خون شش‌ها وارد شده و با هموگلوبین ترکیب می‌شود.

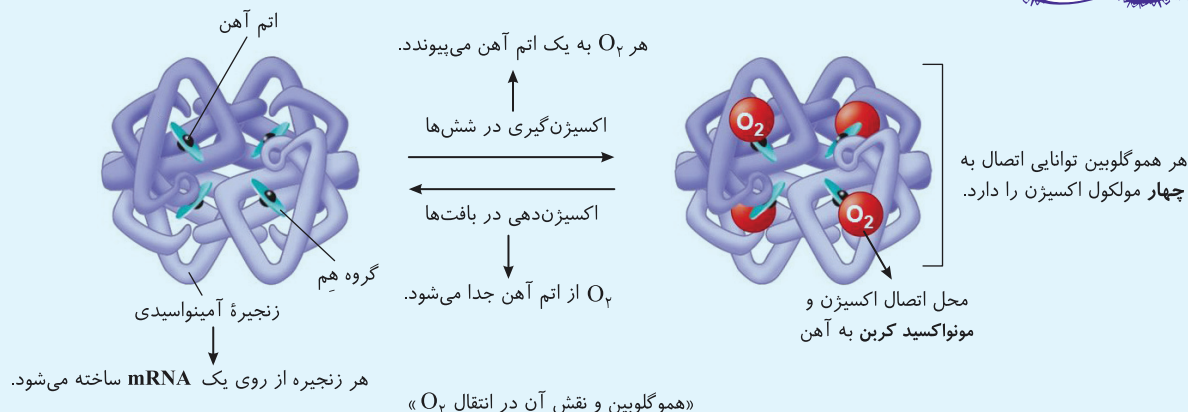
● نقش گویچه‌های قرمز خون در انتقال O_2

گویچه‌های **قرمز** که **بیشترین** یاخته‌های **خونی** هستند، سرشار از **پروتئین هموگلوبین** می‌باشند (نه اینکه هر گویچه قرمز فقط یک هموگلوبین داشته باشد!). در زیست دوازدهم می‌خوانید که هر هموگلوبین از **چهار رشته پلی‌پپتیدی** تشکیل شده است که هر رشته به **یک** گروه **غیرپروتئینی** به نام **هم (ماده آهن‌دار)** متصل است. هر گروه هم، **یک اتم آهن** دارد که می‌تواند بر حسب **غلظت اکسیژنی** که **اطراف** هموگلوبین است، به **یک مولکول اکسیژن** متصل شود و سپس در بافت به آسانی از آن جدا شود. (مثلاً در شش‌ها که غلظت اکسیژن در هوا **زیاد** است، غلظت اکسیژن در **خون مویرگ‌ها** **شش** نیز **زیاد** شده و اکسیژن به **هموگلوبین** می‌پیوندد. در **بافت** به **دلیل** **تغییر** **یاخته‌ای** و مصرف اکسیژن **مورد نیاز** آن، غلظت اکسیژن در **مجاورت یاخته‌ها کم** می‌شود. در این حالت، اکسیژن از هموگلوبین جدا شده و با انتشار به سمت یاخته می‌رود).



نکته

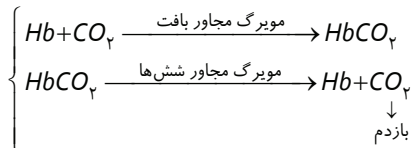
بیشترین مقدار انتقال O_2 در خون به کمک هموگلوبین درون گویچه‌های قرمز (خونابه) صورت می‌گیرد.



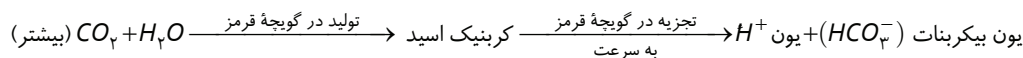
انتقال کربن دی‌اکسید در خون

کربن دی‌اکسید، مولکولی است که در اثر **تنفس درون‌یاخته‌ای** هوازی و برخی انواع بی‌هوازی ایجاد می‌شود. این مولکول پس از خروج از یاخته، با **انتشار** ابتدا وارد فضای **بین‌یاخته‌ای** و سپس خون می‌شود. کربن دی‌اکسید محلول عبور کرده از دیواره، از طریق **سه** مکانیسم زیر در **خون** منتقل می‌شود تا در نهایت برای خروج از بدن به **شش‌ها** برسد:

(۱) مقدار اندکی (در حدود ۷٪) از کربن دی‌اکسیدهای خون، به صورت **محلول** در **خوناب (پلاسم)** منتقل می‌شود.
 (۲) مقداری از کربن دی‌اکسیدهای خون، به صورت **ترکیب با هموگلوبین** منتقل می‌شود. دقت کنید که پیوستن یا جدا شدن کربن دی‌اکسید با هموگلوبین **همانند** اکسیژن، به آسانی صورت می‌گیرد ولی **تابع غلظت** CO_2 خون است. البته باید توجه کنید که به دلیل تنفس یاخته‌ای، مقدار CO_2 در خون مجاور بافت، زیاد می‌باشد. این CO_2 ها، سپس باید در مجاور **بافت** به هموگلوبین‌های آزاد متصل شوند ولی در مجاورت شش و در هنگام **بازدم** مقدار زیادی از آن‌ها برای خروج از بدن از هموگلوبین جدا می‌شوند.

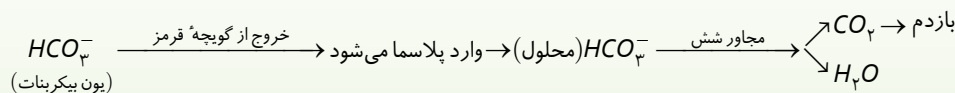


(۳) بیشترین مقدار کربن دی‌اکسید وارد شده به خون، به صورت **یون بیکربنات** در پلاسم منتقل می‌شود. بدین صورت که در گویچه‌های قرمز، **آنزیمی** به نام **کربنیک انیدراز** وجود دارد که مقدار اصلی CO_2 های محلول وارد شده به خون را گرفته و در گویچه قرمز با **آب** ترکیب می‌کند، حاصل این عمل تولید **کربنیک اسید** می‌باشد. این اسید ناپایدار، در **همان گویچه قرمز**، به **سرعت** تجزیه شده و به یون **هیدروژن** و بیکربنات تبدیل می‌شود که سر نوشت یون بیکربنات را در نکات زیر می‌خوانیم.



چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ **یون بیکربنات** حاصل از تجزیه کربنیک اسید، از گویچه قرمز **خارج** و به **خوناب (پلاسم)** وارد می‌شود و در ادامه نیز طی گردش خون به صورت بیکربنات محلول به شش‌ها می‌رسد، در آنجا CO_2 از بیکربنات جدا و از طریق بازدم از دستگاه تنفس به هوا منتشر می‌شود.



۲ در فصل بعد می‌خوانید که به نسبت حجم گویچه‌های قرمز خون هماتوکریت یا خون‌بهر می‌گویند. پس در حقیقت طی این عمل، یون بیکربنات در بخش **هماتوکریت خون (درون گویچه قرمز)** تولید شده و به بخش خوناب یا پلاسم منتقل می‌شود.

۳ گویچه‌های قرمز در انتقال **مقدار زیادی از** CO_2 خون نقش دارند که این نقش را هم به کمک هموگلوبین و هم مقدار زیادی به کمک آنزیم کربنیک انیدراز خود انجام می‌دهند. (دقت کنید که بیکربنات خون به کمک **خوناب** منتقل می‌شود ولی **تولید آن در گویچه قرمز صورت می‌گیرد**).

۴ مهم‌ترین عامل در اشباع هموگلوبین با اکسیژن یا کربن دی‌اکسید، غلظت و تراکم این دو ماده در **خون** می‌باشد.

۵ در ابتدای فصل گفتیم که زیادی CO_2 خون بسیار خطرناک است چون با تولید زیاد کربنیک اسید، می‌تواند pH خون را اسیدی کرده و پروتئین‌های بدن را غیرفعال کند.

انتقال کربن مونواکسید در خون

کربن مونواکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌طعم است که به آن **قاتل خاموش** می‌گویند، این گاز در دود حاصل از **سوخت ناقص** سوخت‌های **فسیلی** مثل نفت و گاز پدید می‌آید. این مولکول، میل ترکیبی **بسیار زیاد و پایداری در همان محل اتصال اکسیژن به هموگلوبین** دارد. به همین دلیل در هوای آلوده یا محل‌های دارای این گاز، احتمال **گاز گرفتگی** و ترکیب هموگلوبین با کربن مونواکسید زیاد است، در نتیجه، ظرفیت حمل اکسیژن در خون بسیار کم می‌شود و حتی در حالت شدید موجب مرگ می‌گردد.

نکته

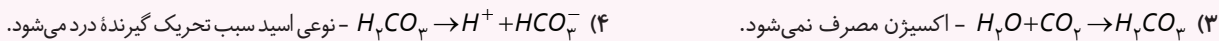
جایگاه اتصال اکسیژن و کربن مونواکسید در مولکول هموگلوبین یکسان و مشابه می‌باشد ولی جایگاه اتصال کربن دی‌اکسید در محل متفاوتی از هموگلوبین می‌باشد.

نگاهی به آینده

در زیست دوازدهم می‌خوانیم که کربن مونواکسید در خون، هم می‌تواند با اتصال به **هموگلوبین** مانع انتقال O_2 کافی به بافت‌ها شود و هم در انتهای واکنش‌های تنفس **هوازی** سبب توقف واکنش انتقال الکترون‌ها به اکسیژن برای جلوگیری از تولید ATP بیشتر شود.

تست ۱۰

آنزیم کربنیک انیدراز واکنش را سرعت می‌بخشد، که این واکنش به مقدار زیادی در تنفسی از انسان رخ می‌دهد که ($Hb =$ هموگلوبین)



آنزیم کربنیک انیدراز واکنش $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ را سرعت می‌بخشد. CO_2 لازم برای انجام این واکنش در تنفس **هوازی** انسان تولید می‌شود که ATP زیادی تولید می‌کند و O_2 مصرف می‌شود.

تله‌های تستی گزینه‌های (۲) و (۴): کربنیک انیدراز کربنیک اسید را تجزیه نمی‌کند. / گزینه (۳): در تنفس هوازی اکسیژن مصرف می‌شود.

تست ۱۱

چند مورد از عبارت‌های زیر نادرست می‌باشند؟

الف) هموگلوبین سیاهرگ‌هایی که از شش‌ها بازمی‌گردند، بیشترین مقدار اکسیژن را دارا هستند.

ب) انتقال بیشترین مقدار CO_2 خون، وابسته به یاخته‌های فاقد هسته می‌باشد.

ج) مقدار اندکی O_2 از شش‌ها به صورت محلول وارد خون می‌شوند.

(۱) ۳ مورد (۲) ۲ مورد (۳) ۱ مورد (۴) صفر مورد

فقط عبارت (ج) نادرست است.

پایه ۳

تله‌های تستی الف) درست است. سیاهرگ ششی بیشترین O_2 بدن را دارد (چون تازه در حبابک‌ها تهویه و تبادل گاز تنفسی با خون رخ داده است). /

ب) درست است. بیشترین مقدار انتقال CO_2 در خون به کمک گویچه‌های قرمز می‌باشد که فاقد هسته هستند. قسمت اعظم این عمل به صورت یون

بیکربنات توسط آنزیم کربنیک انیدراز و مقداری نیز با پروتئین انتقالی هموگلوبین می‌باشد. / ج) نادرست است. امیدوارم دوباره به تله نیفتاده باشی! همه O_2

ورودی از شش به خون به صورت محلول می‌باشد ولی مقدار اندکی از آن در خون به صورت محلول باقی می‌ماند (دانش آموزان عزیز، رمز موفقیت تکرار، تکرار و

تکرار است. به همین دلیل برخی اوقات یک نکتہ را به صورت‌های مختلف در چند تست بیان می‌کنم!).

درسنامه

گفتار ۲

تهویه ششی (دم و بازدم)

نکته

تهویه ششی عملی است که طی آن در بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس، O_2 و CO_2 بین خون و هوا مبادله می‌شوند. این عمل در طی دو فرایند **دم و بازدم** صورت می‌گیرد. ابتدا در این بخش برای فهم مطلب تهویه ششی در دم و بازدم به مطالعه ساختار شش می‌پردازیم و سپس به نکات دم و بازدم برمی‌گردیم.

ساختار و عمل شش‌ها

- درون قفسه سینه و روی پرده ماهیچه‌ای **مخطط دیافراگم (میان‌بند)**، دو عدد شش قرار گرفته‌اند که به دلیل وجود قلب در سمت چپ قفسه سینه، **شش چپ** مقداری از شش سمت راست **کوچک‌تر** است. شش چپ دارای دو قسمت (**پول**) و شش راست دارای سه لوب می‌باشد.
- شش‌ها از **مجاری منشعب نشونده (نازک‌ها - نایزک‌ها)**، **کیسه‌های حبابی (مجموعه حباب‌ها)** و **رگ‌ها** به وجود آمده‌اند که از **بیرون** توسط یک بافت **پیوندی** احاطه شده‌اند. **بیشتر** حجم شش‌ها را **کیسه‌های حبابی** خوشه انگوری شکل به خود اختصاص داده‌اند که ساختاری **اسفنج‌گونه** به شش‌ها می‌دهند. البته **مویرگ‌های** خونی **فراوان**، همچون **تار عنکبوت** اطراف هر حبابک و کیسه‌های حبابی را احاطه کرده‌اند که در تبادل گازهای تنفسی نقش دارند.
- شش‌ها **ظاهر اسفنج‌مانند** درون آن‌ها **→** به دلیل **کیسه‌های حبابی** خوشه انگوری آن است.
- ظاهر تار عنکبوتی** اطراف آن‌ها **→** به دلیل اجتماع **مویرگ‌های خونی** اطراف کیسه‌های حبابی می‌باشد.

نکته

اغلب دانش‌آموزان، شش‌ها را معادل بخش مبادله‌ای دستگاه تنفس می‌دانند که این باور غلط است. در حقیقت شش‌ها هم دارای قسمتی از بخش هادی یعنی نایزک‌های اصلی و باریک و نایزک‌های اولیه و انتهایی می‌باشند و هم کل بخش مبادله‌ای شامل نایزک مبادله‌ای و حبابک‌ها را دربر گرفته‌اند.

تست ۱۲

- کدام گزینه در ارتباط با «بخشی از شش‌ها که بیشتر حجم آن را به خود اختصاص داده‌اند»، به درستی بیان شده است؟
- در انتهای خود به ساختاری شبیه به خوشه انگور ختم می‌شود که از اجتماع حبابک‌ها پدید آمده است.
 - به دستگاه تنفس امکان می‌دهد تا بتواند مقدار هوای ورودی یا خروجی را تنظیم کند.
 - عمدتاً مجموعه‌ای از نایزک‌ها، نایزک‌ها، کیسه‌های حبابی و رگ‌ها است.
 - لایه نازکی از آب، سطحی از آن‌ها را که در تماس با هواست، می‌پوشاند.

B پاسخ ۴

بیشتر حجم شش‌ها را **کیسه‌های حبابی** به خود اختصاص داده‌اند که لایه نازکی از آب، سطحی از حبابک‌ها را که در تماس با هوا است، می‌پوشاند.

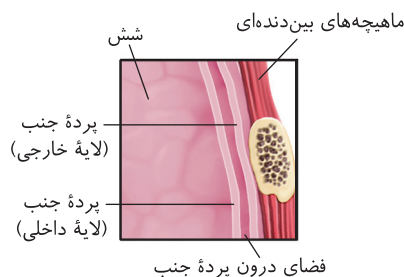
تله‌های تستی گزینه (۱): در انتهای نایزک مبادله‌ای این ویژگی وجود دارد. / گزینه (۲): این ویژگی مربوط به **نایزک‌ها** است که به علت نداشتن غضروف می‌توانند تنگ و گشاد شوند. / گزینه (۳): این ویژگی مربوط به کل **شش‌ها** است.

پرده جنب

اطراف هر شش **پرده‌ای دولایه پیوندی** به نام پرده جنب فرا گرفته است. این پرده شش‌ها را به **قفسه سینه** متصل می‌کند. لایه داخلی آن به سطح خارجی شش یا همان لایه پیوندی اطراف شش و لایه خارجی‌اش به سطح **داخلی** قفسه سینه و ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای متصل شده است. فضای **اندکی** بین دو لایه جنب وجود دارد، که با **مایع جنب** پر شده است.

ویژگی مایع جنب

مایع جنب از خارج به شش‌ها فشار می‌آورد که هوای شش‌ها را خاکی کند ولی هیچ وقت زورش به هوای جو که درون مجاری شش‌هاست نمی‌رسد. در حقیقت همواره فشار آن از فشار هوای جو که به درون شش‌ها آمده است، **کمتر** می‌باشد، به همین علت در **بازدم** عمیق نیز که با بیشترین فشار، هوای درون شش‌ها خارج می‌شود، باز هم شش‌ها نیمه‌باز می‌مانند و خالی از هوا نمی‌شوند. فقط در صورتی که قفسه سینه سوراخ شود، فشار هوای ورودی از سوراخ به قفسه سینه به همراه فشار مایع جنب که حالا زورشون به فشار هوای درون شش‌ها می‌رسد و سبب جمع شدن شش‌ها می‌شوند.



توجه! با توجه به شکل مقابل، لایه خارجی پرده جنب از خارج به استخوان یا ماهیچه بین‌دنده‌ای قفسه سینه متصل می‌باشد.

نکته

در حالت عادی بدن ← فشار هوای جو < فشار مایع جنب ← هیچ‌گاه شش‌ها خالی از هوا نمی‌شوند.
با ایجاد سوراخ در قفسه سینه و مکیده شدن هوا به آن ← فشار مایع جنب + فشار هوای مکش شده < فشار جو ← شش‌ها خالی از هوا شده و جمع می‌شوند.

تست ۱۳

چند مورد در ارتباط با «بخشی از شش‌ها که بیشتر حجم آن را به خود اختصاص داده‌اند»، به درستی بیان شده است؟

- (الف) در رو یا انتهای هر نایژک ششی قرار گرفته است.
(ب) اطراف کیسه‌های حبابی را مانند تار عنکبوت احاطه کرده است.
(ج) از دو نوع مجاری با مخاط مزک‌دار تشکیل شده است.
(د) فراوان‌ترین یاخته‌های آن هم‌شکل با یاخته پوششی درون مری می‌باشد.

۱ (۱) مورد

۲ (۲) مورد

۳ (۳) مورد

۴ (۴) مورد

پایه ۱

فقط مورد (د) صحیح است. کیسه‌های حبابی بیشترین بخش شش را به خود اختصاص داده‌اند که یاخته‌های سنگ‌فرشی همانند بافت پوششی مری دارند (درستی د).



تله‌های تستی

(الف) در روی نایژک‌های **مبادله‌ای** کیسه‌های حبابی وجود ندارد بلکه حبابک‌های مجزا وجود دارد (از طرفی این حبابک‌ها هم روی و هم انتهای نایژک‌های مبادله‌ای قرار دارند (نه هر نایژک)). (ب) منظور سؤال خود کیسه‌های حبابی است (رگ‌های خونی حالت تر عنبیوت دارند). (ج) کیسه‌های حبابی فاقد مجاری تنفسی می‌باشند.
نکته: در شش، دو نوع مجاری تنفسی نایژه و نایژک وجود دارد که هر دو مخاط مزک‌دار دارند.

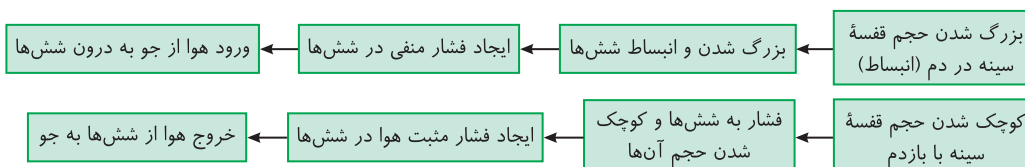
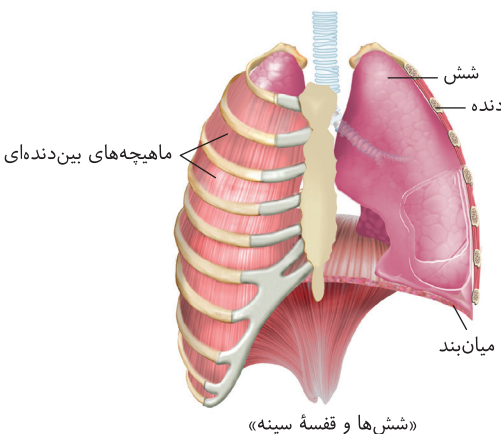
ویژگی شش‌ها

● ۱) پیروی از حرکات قفسه سینه

شش‌ها و کیسه‌های حبابی آن همواره تابع حرکات قفسه سینه هستند. به‌طور مثال کیسه‌های حبابی شش‌ها در هنگام **دم** با **انبساط** قفسه سینه، منبسط می‌شوند و **فشار هوای درون آن‌ها کاهش** می‌یابد سپس هوا با پمپ فشار منفی و طبق قانون انتشار از بیرون به درون شش‌ها کشیده می‌شود و با کوچک شدن قفسه سینه و فشار به شش‌ها، آن‌ها نیز کوچک شده و با افزایش فشار هوای درون آن‌ها، **مقدار زیادی** از هوای خود (نه همه هوا!!) را با بازدم خارج می‌کنند. البته شش‌ها نیز تا حدی می‌توانند منبسط و باز شوند و شرایط پذیرش هوای آن‌ها تا حد معینی می‌باشد.

نکته

هرچه **دم عمیق‌تر** باشد، نشان دهنده **فشار منفی بیشتر** شش‌ها برای گرفتن هوا بوده است و هرچه **بازدم عمیق‌تر** باشد، نشان دهنده **فشار مثبت بیشتر** شش‌ها برای خروج هوا بوده است. دقت کنید که در فرد سالم، حتی در حالت بازدم عمیق و شدید نیز شش‌ها خالی از هوا نمی‌شوند بلکه به صورت نیمه‌باز درمی‌آیند که دلیل آن کمتر بودن فشار مایع جنب از هوای درون شش‌هاست که به آن هوای مانده در حبابک‌ها، پس از یک بازدم عمیق، هوای باقی‌مانده گفته می‌شود.



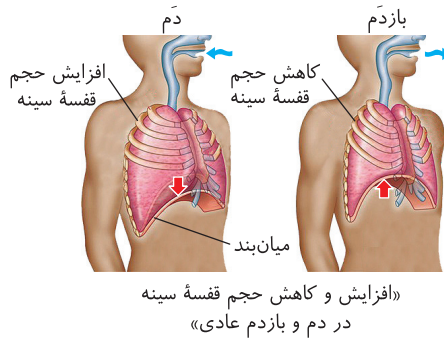
● ۲) خاصیت کشسانی شش‌ها

این ویژگی سبب **مقاومت شش** در برابر کشیده شدن و باز شدن زیاد **شش‌ها در هنگام انتهای دم** می‌شود. شش‌ها به دلیل خاصیت ارتجاعی یا کشسانی خود تمایل دارند به **حالت اولیه** برگردند. ویژگی کشسانی، در خروج هوا از شش‌ها از طریق بازدم نقش مهمی دارد. لازم به ذکر است که خاصیت کشسانی شش‌ها در بازدم با **استراحت یا رفع انقباض** مایه‌چه‌های بین‌دنده‌ای و دیافراگم، آغاز می‌شود و بدون ارسال پیام عصبی، به شش‌ها صورت می‌گیرد.

نکته

خاصیت پیروی شش‌ها از حرکات قفسه سینه، همراه با انقباض مایه‌چه‌های دیافراگم و بین‌دنده‌ای در **دم** نقش مهمی دارد ولی خاصیت **کشسانی شش‌ها** در مورد **بازدم** نقش مهمی دارد.

مکانیسم دم و بازدم



در ابتدای این گفتار ذکر کردیم که تهویه ششی شامل دو فرایند دم و بازدم است که در اینجا به درک علت ایجاد این فرایندها می‌پردازیم! به‌طور کلی دم و بازدم در اثر انقباض و یا استراحت ماهیچه‌های دیافراگم و بین‌دنده‌های داخلی و خارجی به همراه ماهیچه‌های گردنی و شکمی صورت می‌گیرد.

● بررسی دیافراگم (میان‌بند)

دیافراگم، پرده‌ای از جنس **ماهیچه** مخطط است که در پستانداران به‌طور کامل فضای **قفسه سینه** را از **شکم** جدا می‌کند. این پرده ماهیچه‌ای، در حالت **بازدم** به صورت **گنبدی** شکل و در **استراحت** می‌باشد و در حالت **دم** و طی فرمان اعصاب پیکری به **انقباض** در آمده **مسطح** می‌شود تا حجم قفسه سینه را در جهت **قائم (عمود)** زیاد کند. در **تنفس آرام و عادی**، **دیافراگم عامل اصلی حرکات شش‌ها و عمل تنفس می‌باشد (رگت کنید که در این حالت، دیافراگم عامل اصلی می‌باشد نه تنه‌ها عامل!!)**.

● بررسی ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای

ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای به دو صورت خارجی و داخلی دیده می‌شود. در هنگام دم، انقباض انواع ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای **خارجی** سبب افزایش حجم قفسه سینه در جهت افقی می‌شود ولی انقباض ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای **داخلی** در بازدم عمیق سبب کوچک شدن و کاهش حجم قفسه سینه می‌شود.

نکته

هوا همواره طبق قانون **انتشار** از محلی با **فشار زیاد به سمت فشار کم** می‌رود. یعنی در دم به درون شش‌ها رفته و در بازدم به خارج از شش‌ها می‌رود.

نکته

دقت کنید که هرچه حجم قفسه سینه و به تبعیت از آن حجم شش‌ها زیاد شود، فشار هوای درون شش‌ها **کم** شده و ورود هوا به آن **زیادتر** می‌شود. از طرفی هرچه حجم قفسه سینه کمتر شود، فشار هوای درون شش‌ها **بیشتر** و خروج هوا از دستگاه تنفس **افزایش** می‌یابد.

نکته

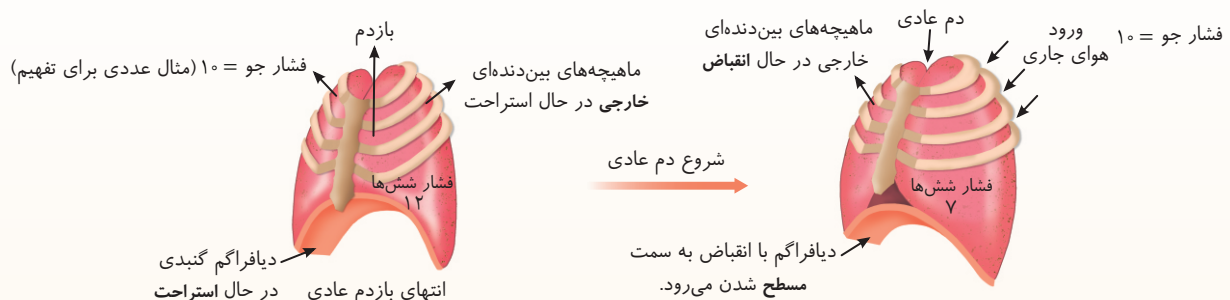
به ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای **خارجی و داخلی**، به ترتیب ماهیچه‌های بالا برنده و پایین آورنده قفسه سینه نیز اطلاق می‌شود.

مکانیسم دم عادی

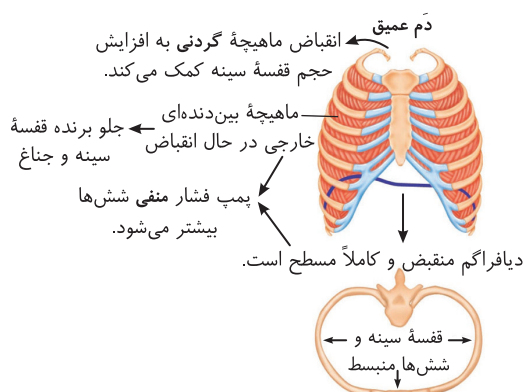
دم عادی فرایندی **فعال** و با صرف انرژی است که **انقباض دو نوع ماهیچه دیافراگم و بین‌دنده‌ای خارجی** در آن نقش دارد. در این رویداد **دیافراگم منقبض شده و از حالت گنبدی به صورت مسطح** درمی‌آید تا حجم قفسه سینه در جهت **قائم** زیاد شود. در همین حالت ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای **خارجی** نیز **منقبض** می‌شوند تا دنده‌ها به سمت **جلو و بالا و جناغ به جلو** بروند تا حجم قفسه سینه در جهت **افقی** زیاد شود. در این صورت و با افزایش حجم قفسه سینه و پیروی شش‌ها از حرکات **قفسه سینه**، فشار هوای درون شش‌ها به تدریج **کم** شده و هوا از بیرون (جو) وارد شش‌ها می‌شود. (در دم عادی، فقط هوا که **جاری** وارد شش‌ها می‌شود که در ادامه در مورد حجم‌های مختلف تنفسی مطالب زیاده می‌آموزید).

نکته

در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید که با عمل دم عادی و افزایش حجم قفسه سینه، فشار هوای درون شش‌ها از جو کمتر شده (فشار منفی) تا هوا به درون شش‌ها مکیده شود (عده‌ها که قرار دارد شش در کثر شکل‌ها فرض برده و فقط به اختلاف فشار آن‌ها بین عدد بیرون شش (جو) و درون شش رگت کنید).



مکانیسم دم عمیق



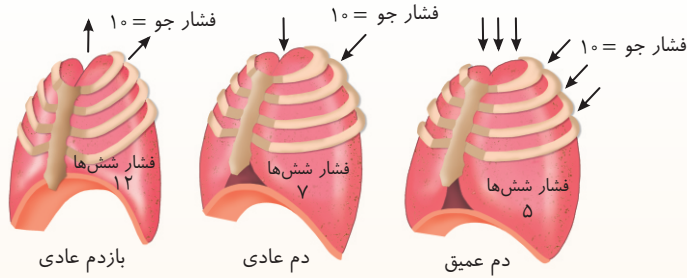
در این رویداد **فعال**، علاوه بر عمل انقباضی ماهیچه‌های دیافراگم و بین‌دنده‌ای‌های خارجی، **انقباض ماهیچه‌های ناحیه گردنی** نیز نقش کمکی دارد و به افزایش **بیشتر** حجم قفسه سینه و **کاهش** بیشتر فشار هوای شش‌ها کمک می‌کند تا شش‌ها بتوانند، حجم بیشتری از هوا را در خود جای بدهند.

نکته

در ادامه می‌خوانید که در دم عمیق علاوه بر هوای جاری، هوای ذخیره‌دمی نیز به شش‌ها وارد می‌شود.

نکته مهم

هرچه دم عمیق‌تر باشد، فشار هوای درون شش‌ها کمتر شده و در حقیقت اختلاف فشار آن با فشار هوای جو که در این شکل‌ها با عدد ۱۰ نمایش داده‌ایم، بیشتر می‌شود. در این حالت قدرت هواگیری شش‌ها بیشتر می‌شود.

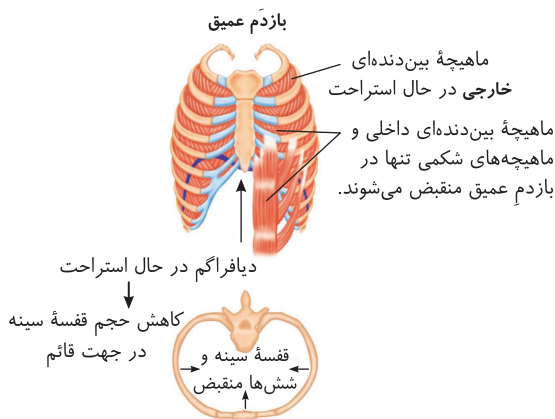


مکانیسم بازدم عادی

بازدم عادی، رویدادی غیرفعال و بدون صرف انرژی است که در آن انقباض ماهیچه‌ای رخ نمی‌دهد بلکه با به استراحت درآمدن و گنبدی شدن دیافراگم و استراحت ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی و همچنین ویژگی کشسانی شش‌ها، حجم قفسه سینه و به دنبال آن حجم شش‌ها کاهش می‌یابد. همه این عوامل سبب افزایش فشار هوای درون شش‌ها شده تا مقداری از هوای آن به بیرون رانده شود. (در این حالت فقط هوای جاری خارج می‌شود ولی ذخیره بازدمی و هوای باقی‌مانده در شش‌ها باقی می‌مانند که در ادامه این سواها را بررسی خواهیم کرد.)
 شکل بازدم عادی و رابطه عددی آن با فشار هوای بیرونی جو را در شکل نکته قبل مشاهده می‌کنید.

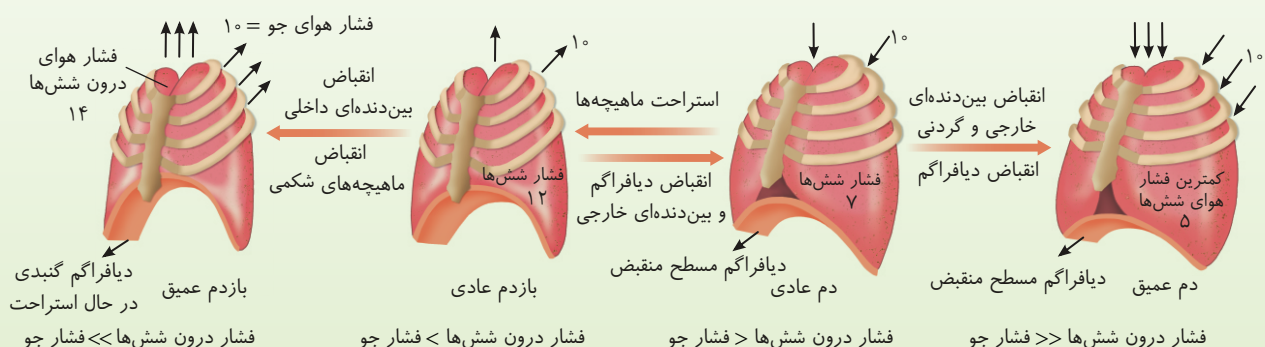
مکانیسم بازدم عمیق

رویدادی فعال است که در اثر انقباض هم‌زمان ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای داخلی و ماهیچه‌های شکمی، قفسه سینه به سمت پایین آمده و به پیروی از آن، شش‌ها نیز کوچک می‌شوند. در انتهای بازدم عمیق، فقط هوای باقی‌مانده در حبابک‌های شش‌ها باقی می‌ماند. (در بازدم عمیق علاوه بر هوای جاری، هوای ذخیره بازدمی نیز از شش‌ها خارج می‌شود.)



نکاتی مهم در بررسی تست‌ها

- ۱ فقط در بازدم عمیق ماهیچه‌های دو طرف دیافراگم یعنی بین‌دنده‌ای داخلی و شکمی به انقباض درمی‌آیند.
- ۲ در دم عمیق، شش‌ها کمترین فشار هوا و در بازدم عمیق بیشترین فشار هوا را دارند.
- ۳ در دم عادی و عمیق، شش‌ها نسبت به هوای بیرون بدن، دچار فشار منفی می‌شوند ولی در بازدم عادی و عمیق، شش‌ها با فشار مثبت هوای خود را بیرون می‌رانند.
- ۴ برای ایجاد فشار منفی در شش‌ها، هنگام دم عمیق، انقباض ماهیچه‌های دیافراگم، بین‌دنده‌ای خارجی و گردنی مؤثرند ولی برای ایجاد فشار مثبت در شش‌ها، هنگام بازدم عمیق، انقباض ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای داخلی و شکمی مؤثرند.
- ۵ دقت کنید که در تمام حالات مقایسه‌ای گفته شده در مورد دم عادی و عمیق، اختلاف فشار هوای درون شش‌ها و جو مهم می‌باشد. در تمام این مراحل فشار مایع جنب از فشار هوای جو کمتر است و به همین دلیل در حالت بازدم عمیق نیز که شش‌ها با فشار زیاد هوای خود را خارج می‌کنند، در نهایت فشار هوای باقی‌مانده در شش‌ها و هوای مرده موجود در مجاری تنفسی بیشتر از فشار مایع جنب بوده و هیچ‌گاه در یک فرد طبیعی شش‌ها خالی از هوا نمی‌شوند.



تست ۱۴

(قلم‌چی)

هنگامی که فشار هوای درون شش‌های انسان به منفی‌ترین حالت خود رسیده است،

- ۱) ماهیچه دیافراگم برخلاف ماهیچه بین‌دنده‌ای خارجی در حال انقباض است.
 - ۲) ماهیچه‌های مؤثر در فرایند تنفسی موجود در زیر پرده دیافراگم، انرژی زیستی بیشتری مصرف می‌کنند.
 - ۳) ماهیچه‌ای که در تنفس آرام و طبیعی نقش دارد، مسطح بوده و جناغ به عقب رانده می‌شود.
 - ۴) فشار وارد بر اندام‌هایی که توسط پرده صفاق به هم متصل شده‌اند، افزایش می‌یابد.
- در حالت دم عمیق فشار هوای درون شش‌ها به منفی‌ترین حالت خود می‌رسد. در این حالت پرده دیافراگم مسطح شده و با پایین آمدن خود و کاهش حجم شکم، بر احشاء شکمی فشار وارد می‌کند.

B پاسخ ۴

تله‌های تستی گزینه (۱): در دم هر دو ماهیچه فوق در حال انقباض هستند. / گزینه (۲): انقباض ماهیچه‌های شکمی مؤثر بر تنفس در زیر دیافراگم مربوط به بازدم عمیق است (نرم عمیق). / گزینه (۳): در هنگام دم، جناغ به جلو می‌رود.

تست ۱۵

(قلم‌چی)

کدام گزینه عبارت مقابل را به نادرستی کامل می‌کند؟ «هر ماهیچه‌ای که

- ۱) در تنفس آرام و طبیعی، مهم‌ترین نقش را دارد، به هنگام دم به حالت مسطح است.
 - ۲) در بازدم عمیق نقش دارد، در بالای پرده دیافراگم واقع شده است.
 - ۳) تنها در دم عمیق به افزایش حجم قفسه سینه کمک می‌کند، در بالای دنده‌ها قرار دارد.
 - ۴) در فرایند غیرفعال در تنفس آرام و طبیعی دخالت دارد، موجب کاهش حجم شش‌ها می‌شود.
- در بازدم عمیق ماهیچه‌های شکمی نیز نقش دارند که در زیر دیافراگم قرار دارند.

A پاسخ ۲

تله‌های تستی گزینه (۱): در مورد دیافراگم صحیح است. / گزینه (۳): در مورد ماهیچه‌های گردنی صحیح است. / گزینه (۴): در مورد استراحت دیافراگم در بازدم عادی صحیح است.

تست ۱۶

(قلم‌چی)

چند مورد از موارد زیر، در هر دو فرایند «دم و بازدم عادی» در انسان سالم، مشاهده می‌شود؟

- | | |
|---------------------------------------|---|
| الف) تغییر حجم قفسه سینه | ب) تنظیم میزان جریان هوا توسط نایژه‌ها |
| ج) کمتر بودن فشار مایع جنب از فشار جو | د) جابه‌جا شدن دنده‌ها توسط انقباض ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای |
| ۱) ۱ مورد | ۳) ۳ مورد |
| ۲) ۲ مورد | ۴) ۴ مورد |
- موارد (الف) و (ج) صحیح‌اند.

C پاسخ ۲

تله‌های تستی الف) درست است. در دم، حجم قفسه سینه افزایش و در بازدم، حجم قفسه سینه کاهش می‌یابد. / ب) نادرست است. به علت نداشتن غضروف، نایژک‌ها می‌توانند تنگ و گشاد شوند. این ویژگی نایژک‌ها به دستگاه تنفس امکان می‌دهد تا بتواند مقدار هوای ورودی یا خروجی را تنظیم کند (نایژه‌ها). / ج) درست است. فشار مایع جنب همواره در فرد سالم از فشار جو کمتر است که باعث می‌شود شش‌ها در حالت بازدم کاملاً جمع نشوند. / د) نادرست است. در فرایند دم، ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی، دنده‌ها را به سمت بالا و جلو جابه‌جا می‌کنند. با به استراحت درآمدن ماهیچه میان‌بند و ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی و بر اثر ویژگی کشسانی شش‌ها، حجم قفسه سینه و در نتیجه، حجم شش‌ها کاهش می‌یابد و هوای درون آن‌ها به بیرون رانده می‌شود.

مقایسه دستگاه تنفس گوسفند با انسان

- ۱) برخلاف انسان در انتهای نای آن‌ها، قبل از دو نایژه اصلی، یک انشعاب سوم مشاهده می‌شود که به سمت شش راست می‌رود.
- ۲) همانند انسان غضروف‌های نایژه برخلاف نای، C مانند نیستند ولی این غضروف‌ها در ابتدا به صورت حلقه کامل و بعد به صورت قطعه قطعه و پراکنده می‌باشند.
- ۳) همانند انسان، لبه مدخل نایژه‌ها به دلیل وجود غضروف، زبر می‌باشد ولی لبه مدخل سرخرگ‌ها صاف و به دلیل دیواره محکم‌تر نسبت به سیاهرگ‌ها، حتی در نبود خون نیز باز می‌ماند.
- ۴) همانند انسان قرار دادن تکه‌ای از شش در ظرف پر از آب، سبب شناور شدن آن روی سطح آب می‌شود.

تست ۱۷

در گوسفند، بخشی از مجاری تنفسی که دارای حلقه‌های غضروفی کامل در ساختار خود می‌باشد، معادل قسمتی از مجاری تنفسی انسان سالم و بالغ است که

(قلم‌چی)

- ۱) در حالت طبیعی، در طی یک دم و بازدم می‌تواند در تماس با حجم هوایی قرار بگیرد که هیچ‌گاه از شش‌ها خارج نمی‌شود.
 - ۲) فاقد مخاط مؤثر است و در انتهای خود به ساختاری شبیه به خوشه انگور ختم می‌شود.
 - ۳) هیچ‌یک از یاخته‌های آن توانایی ترشح عامل کاهنده نیروی کشش سطحی را ندارند.
 - ۴) این مجاری به‌طور کامل درون قفسه سینه انسان و خارج از شش‌ها قرار دارند.
- مطابق فعالیت «تشریح شش گوسفند» در کتاب درسی، بریدن نایژه اصلی به سادگی نای نیست و این به علت ساختار غضروف‌های نایژه است که در ابتدا به صورت حلقه کامل و بعد به صورت قطعه قطعه است. در این محل هیچ‌یک از یاخته‌ها توانایی ترشح عامل سطح فعال (سورفکتانت) را ندارند.

B پاسخ ۳

حجم‌های تنفسی

دستگاه اسپیرومتر (رسم‌سنج) می‌تواند مقدار هوایی را که به **شش‌ها** وارد یا از آن خارج می‌شود اندازه‌گیری کند و آن را به صورت **خودار اسپیروگرام (رسم‌شده)** نشان دهد. تحلیل دم‌نگاره‌ها (اسپروگرام‌ها) در تشخیص صحیح بیماری‌های **ششی** کاربرد فراوان دارد.

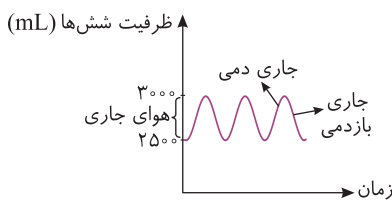
نکته

مقدار هوایی که به **شش‌ها** وارد یا از آن خارج می‌شود به چگونگی **دم و بازدم عادی یا عمیق و سرعت تنفس** بستگی دارد که در فرد عادی و سالم، شامل هواهای جاری، ذخیرهٔ دمی و ذخیرهٔ بازدمی می‌باشد.

نکته

ظرفیت شش‌های افراد مختلف، مساوی **نی‌باشد** ولی به‌طور معمول دو شش مجموعاً قدرت ذخیره حداکثر ۶۰۰۰ میلی‌لیتر هوا در خود دارند.

حجم جاری



مقدار هوایی که در یک **دم عادی** به شش‌ها وارد شده و یا در یک **بازدم عادی** از شش‌ها خارج می‌شود را هوای جاری می‌گویند که حدوداً 500°C می‌باشد. در حقیقت یک هوای جاری دمی (500°C) و یک هوای جاری بازدمی (500°C) داریم که در دم و بازدم عادی وارد و خارج می‌شود.

نکته

در دم برای **ورود** هوای جاری دمی، انقباض دیافراگم و بین‌دنده‌ای‌های **خارجی** نیاز است ولی در بازدم عادی برای خروج حجم جاری بازدمی، فقط **خاصیت کشسانی** شش‌ها لازم است و نیازی به انقباض ماهیچه نیست.

هوای مرده



حدود 150°C از هوای ورودی (**جرک**) به دستگاه تنفس در هنگام دم، در **مجاری تنفسی** (**بخش حرکتی**) می‌ماند و به بخش مبادله‌ای درون شش‌ها نمی‌رسد. **مقدار این هوا به قطر مجاری تنفسی بستگی دارد.** در یک فرد سالم و با هر نوع دم و بازدمی مقدار آن در **هر تنفس** ثابت است. در هر دم یا بازدم عادی یا عمیق مقدار هوای مرده حدود 150°C می‌باشد که تقریباً $\frac{1}{3}$ حجم هوای جاری معمولی است. این هوا، زیر مجموعه هوای جاری می‌باشد و در دم‌نگاره (اسپروگرام)، محل جداگانه‌ای ندارد.

نکته

عزیزان دقت داشته باشید که هوای مرده در بخش هادی تنفس، همواره وجود دارد و در آن قسمت نیز تهویه نمی‌شود. در حقیقت این هوا هم در خارج از شش در مجاری بینی، حلق، حنجره و نای وجود دارد و هم بخشی از آن درون شش در نایژه‌ها و نایژک‌ها تا نایژک انتهایی وجود دارد. این هوا در نایژک مبادله‌ای و کیسه‌های حبابی وجود ندارد.

حجم تنفسی در دقیقه



حاصل ضرب **حجم هوای جاری در تعداد تنفس در دقیقه** می‌باشد. در حقیقت حجم تنفسی، مقدار هوایی است که توسط دم **عادی** در هر دقیقه به **دستگاه تنفس** می‌رسد.

نکته

دقت کنید که هرچه **حجم تنفسی** در دقیقه بیشتر شود، **دلیل بر بهتر بودن تنفس یک فرد نیست** چون اگر تعداد تنفس در دقیقه خیلی زیاد شود، قفسهٔ سینه و شش‌ها فرصت کافی برای افزایش حجم یا انبساط کامل ندارند و به دنبال آن، حجم جاری **کاهش** می‌یابد. این عوامل باعث **افزایش** نسبت مقدار حجم هوای **مرده** به کل هوای ورودی در **دقیقه** می‌شود در نتیجه مقدار **هوای مبادله‌ای** که به حبابک شش‌ها می‌رسد، کم شده و باعث **نرسیدن** اکسیژن کافی به بافت‌ها، کمبود **ATP** و به دنبال آن خستگی می‌شود. پس مهم این است که **حجم هوای مبادله شده** در دقیقه بالاتر رود نه اینکه مقدار حجم تنفسی در دقیقه بالاتر باشد.

در ادامه، در جدول مشاهده می‌کنید که حجم هوای **مبادله شده** شش‌ها در دقیقه، برای تنفس یک فرد عادی با یک فرد دچار بیماری افزایش تعداد تنفس (**تک‌نفسی**) و یک فرد ورزشکار که هوای جاری و تعداد تنفس را بالا برده است، چه تفاوتی می‌کند. ابتدا چند تعریف را یاد بگیرید:

تعداد تنفس در دقیقه $\times$ حجم جاری = **حجم تنفسی** در دقیقه

تعداد تنفس در دقیقه $\times$ حجم هوای مرده (150) = **حجم هوای مرده** در دقیقه

حجم هوای مرده در دقیقه - **حجم تنفسی** در دقیقه = **حجم هوای مبادله‌ای** در حبابک شش‌ها

نکته

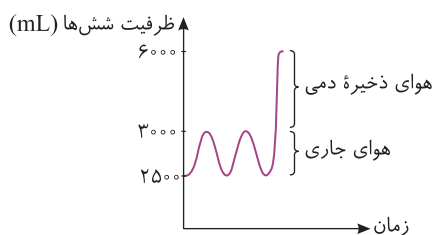
حجم هوای مرده در هر تنفس ثابت است ولی مقدار آن در **دقیقه** بستگی به **تعداد تنفس** دارد و متغیر است. در حقیقت عمق تنفس بیشتر یا همان نفس عمیق، سبب افزایش حجم هوای مرده در هر نفس نمی‌شود چون در این حالت قطر مجاری تنفسی تغییر چندانی نمی‌کند. مثلاً اگر فردی نفس کوتاه بکشد و فقط 200°C هوا وارد کند، قطعاً 150°C آن هوای مرده است و فقط 50°C آن برای تبادل به کیسه‌های حبابی می‌رسد که برای بدن کافی نیست. حال اگر در حالت عادی 500°C هوا وارد کند، باز هم 150°C آن مرده بوده و 350°C آن تهویه می‌شود و اگر 1000°C هوای جاری باشد، باز هم 150°C آن مرده و 850°C برای تهویه وارد کیسه‌های حبابی می‌شود.

● جدولی برای درک بهتر تهویه ششی

وضعیت تنفس	حجم هوای مبادله‌ای	حجم هوای مرده در دقیقه	حجم تنفسی در دقیقه	حجم هوای مرده	تعداد تنفس در دقیقه	حجم جاری	فرد
مناسب	۴۲۰۰	۱۸۰۰	۶۰۰۰	۱۵۰	۱۲	۵۰۰	عادی
نامناسب	۲۰۰۰ «نصف فرد عادی»	۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۵۰	۴۰	۲۰۰	مبتلا به بیماری افزایش تعداد تنفس
عالی	۱۷۰۰۰ «حدود چهار برابر فرد عادی»	۳۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۵۰	۲۰	۱۰۰۰	ورزشکار

▶ با توجه به جدول بالا مشاهده می‌کنید که بهترین راه برای تنفس بهینه، افزایش **عمیق** تنفس یا همان افزایش مقدار هوای **جاری** می‌باشد (نه افزایش تعداد تنفس!). از طرفی مشاهده می‌کنید که حجم **تنفسی** در دقیقه در افراد مختلف، متفاوت می‌باشد.

حجم ذخیره دمی



مقدار هوایی حدود ۳ لیتر است که می‌توانیم در هنگام دم **عمیق** به کمک **انقباض ماهیچه‌های گردنی** به همراه انقباض دیافراگم و ماهیچه بین‌دنده‌ای خارجی، وارد شش‌ها کنیم. یعنی هوایی می‌باشد که پس از یک دم معمولی و ورود حجم جاری به شش‌ها می‌توانیم با یک دم عمیق به شش‌ها وارد کنیم تا تبادل گازهای تنفسی برای بدن افزایش یابد. بدیهی است که در هنگام ورود هوای ذخیره دمی به شش‌ها، فشار درون شش‌ها به **کمترین** مقدار خود رسیده است.

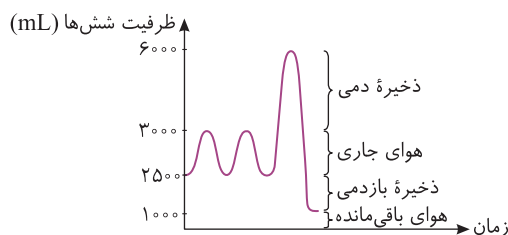
حجم ذخیره بازدمی

مقدار حجم هوایی است که **پس از بازدم عادی** و خروج هوای جاری، می‌توانیم با انقباض ماهیچه‌های **شکمی** و بین‌دنده‌ای **داخلی** به صورت فعال از شش‌ها خارج کنیم که حجم آن حدود ۱۵۰۰ سی‌سی می‌باشد. با خروج این هوا، دیافراگم در **گنبدی‌ترین** حالت و قفسه سینه در **کمترین** حجم خود قرار دارد.

نکته

برای خروج هوای ذخیره بازدمی، باید فشار هوای درون شش‌ها به **حداکثر** حالت خود برسد.

حجم باقی‌مانده



مقدار هوایی حدود ۱۰۰۰ سی‌سی می‌باشد که **همواره در حبابک شش‌ها و نایژه مبادله‌ای باقی می‌ماند و حتی با بازدم عمیق هم خارج نمی‌شود**. اهمیت این هوا بسیار زیاد است چون باعث **باز بودن همیشگی حبابک‌های هوا شده** و سبب می‌شود که شش‌ها، حتی در فاصله بین دو **تنفس** نیز قادر به تبادل گازها باشند. این حجم با دم‌نگاره ثبت نمی‌شود و در حقیقت فاصله محور زمان تا انتهای بازدم عمیق می‌باشد.

نکته

علت وجود هوای باقی‌مانده در شش‌ها، کمتر بودن همیشگی فشار **مایع جنب** نسبت به فشار هوای جو در درون شش‌ها می‌باشد.

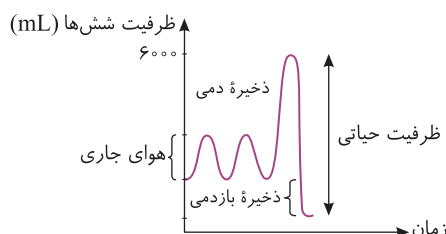
نکته

در دستگاه تنفس، نای، نایژه‌ها و حبابک‌ها در حالت طبیعی همیشه باز هستند. فقط نایزک‌ها توانایی باز و بسته شدن دارند.

ظرفیت‌های تنفسی

▶ مجموع دو یا چند حجم تنفسی متفاوت می‌باشد که در بالا هر کدام را جداگانه بررسی کردیم. از این ظرفیت‌ها می‌توان به ظرفیت حیاتی، ظرفیت تام شش‌ها و ظرفیت دستگاه تنفس اشاره کرد.

● ظرفیت حیاتی



مقدار هوایی که پس از یک **دم عمیق** می‌توانیم **طی یک بازدم عمیق از شش‌ها** خارج کنیم را ظرفیت حیاتی می‌نامند. این هوا مجموع حجم هوای جاری، ذخیره دمی و ذخیره بازدمی می‌باشد و حدود ۵ لیتر حجم دارد ولی هوای **باقی‌مانده** جزء آن به حساب نمی‌آید. (در حقیقت **ظرفیت حیاتی**، **طی یک بازدم عمیق** ثبت می‌شود که این بازدم پس از یک **دم عمیق** انجام شده باشد).

● ظرفیت تام (ظرفیت کل شش‌ها)

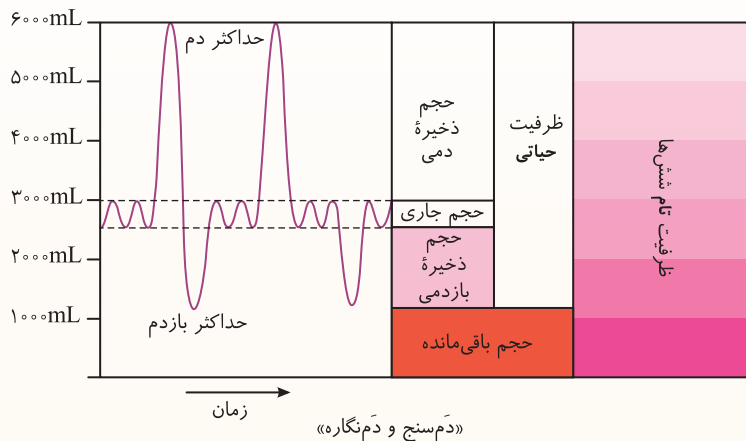
کل حجم هوایی است که هر دو شش می‌توانند درون خود جای دهند و حدود ۶ لیتر می‌باشد. این حجم، مجموعه ظرفیت حیاتی و حجم هوای باقی‌مانده می‌باشد.

نکته

همواره در مجاری هادی تنفسی مقدار کمی هوا به نام هوای مرده قرار دارد که بخشی از هوای جاری است و محل جداگانه‌ای در دم‌نگاره ندارد.

نکته

حجم هواهای تنفسی در فرد سالم به سن و جنسیت او بستگی دارد. دقت کنید که ظرفیت شش‌ها در افراد مختلف، متفاوت است.



● ظرفیت کل دستگاه تنفس

لازم به یادآوری است که هواهایی که بحث کردیم همگی در بخش مبادله‌ای شش‌ها وارد یا خارج می‌شوند ولی در حقیقت همواره مقداری هوا حدود ۱۵۰ میلی‌لیتر در مجاری هادی تنفسی از بینی تا نایزک انتهایی می‌ماند که به آن هوای مرده گفته می‌شود. به مجموعه ظرفیت تام شش‌ها و حجم هوای مرده در مجاری تنفسی، ظرفیت کل دستگاه تنفس گفته می‌شود.

خلاصه نکات دم و بازدم

مراحل تنفسی	دم عادی	دم عمیق	بازدم عادی	بازدم عمیق
انقباض دیافراگم	دارد	دارد	ندارد	ندارد
حالت دیافراگم	مسطح	مسطح‌ترین	گنبدی	گنبدی‌ترین
ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی	انقباض	انقباض	استراحت	استراحت
ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای داخلی	استراحت	استراحت	انقباض	انقباض
ماهیچه‌های گردنی	استراحت	انقباض	استراحت	استراحت
ماهیچه‌های شکمی	استراحت	استراحت	انقباض	انقباض
جهت حرکت قفسه سینه	جلو و بالا	جلو و بالا	پایین	پایین
فشار درون شش‌ها	کاهش	کاهش زیاد	افزایش	افزایش زیاد
هواهای وارد یا خارج شده از شش‌ها در انتهای مرحله	فقط جاری	جاری + ذخیره دمی	جاری	جاری + ذخیره بازدمی
هواهای موجود در بخش مبادله‌ای شش‌ها	جاری + ذخیره بازدمی + باقی‌مانده	جاری + باقی‌مانده + ذخیره دمی و بازدمی	باقی‌مانده + ذخیره بازدمی	فقط باقی‌مانده

در انسان حجمی از هوای تنفسی که امکان تبادل گازها را در فواصل بین دو تنفس فراهم می‌کند، (قلم‌چی)

- ۱) ممکن نیست سبب بازماندن دائمی حبابک‌ها شود.
 - ۲) به بخش مبادله‌ای دستگاه تنفسی وارد نمی‌شود.
 - ۳) جزئی از ظرفیت حیاتی محسوب نمی‌شود.
 - ۴) در طی بازدم عمیق از شش‌ها خارج می‌شود.
- حجم باقی‌مانده مقداری از هوا است که در بخش مبادله‌ای شش‌ها باقی می‌ماند و در حالت طبیعی نمی‌توان آن را خارج کرد. حجم باقی‌مانده سبب بازماندن همیشگی حبابک‌ها می‌شود و تبادل گازها را در فاصله بین دو تنفس ممکن می‌سازد و جزء ظرفیت حیاتی محسوب نمی‌شود.

تست ۱۸

A

پاسخ ۳



هر فرایند تنفسی فعالی که انقباض ماهیچه‌هایی غیر از قفسه سینه نیز در آن‌ها مؤثر است،

- (۱) همراه با مسطح شدن دیافراگم می‌باشد.
 (۲) سبب مثبت شدن فشار درون شش‌ها می‌شود.
 (۳) علاوه بر هوای جاری، نوعی هوای ذخیره نیز در شش جابه‌جا می‌شود. (۴) سبب ورود ظرفیت حیاتی به درون شش‌ها می‌شود.
 در بین فرایندهای دم و بازدم، فقط **بازدم عادی** یک فرایند غیرفعال می‌باشد که تنها با خاصیت کشسانی شش‌ها و رفع انقباض ماهیچه‌ها صورت می‌گیرد. منظور این سؤال دم عمیق و بازدم عمیق می‌باشد که انقباض ماهیچه‌های خارج قفسه سینه از جمله گردنی و شکمی در آن‌ها مؤثر است.
 گزینه (۳) صحیح است چون در دم یا بازدم عمیق، علاوه بر هوای جاری یکی از دو هوای ذخیره دمی یا بازدمی نیز به شش وارد یا خارج شده است.
 گزینه (۱) در بازدم عمیق رد می‌شود، گزینه (۲) در دم با فشار منفی شش‌ها رد می‌شود و گزینه (۴) در بازدم عمیق رد می‌شود.

اعمال دیگر تنفس و تنظیم تنفس

تکلم

وقتی در اثر **بازدم**، هوای خروجی در **ابتدای نای به حنجره** می‌رسد، به دلیل برخورد هوا با **پرده‌های صوتی** و خاصیت ارتجاعی یا کشسانی آن‌ها **صدا** ایجاد می‌شود. البته **شکل‌دهی به صدا** و **واژه‌سازی** به وسیله بخش‌هایی از **لب‌ها و دهان** (زبان و دندان‌ها) صورت می‌گیرد.

پرده‌های صوتی حاصل چین‌خوردگی **مخاط حنجره** به سمت **داخل** می‌باشند که **بیشتر** از جنس بافت **پوششی** هستند.

لازم به یادآوری است که بنداره همواره از ماهیچه حلقوی و با قدرت انقباض ایجاد شده است ولی کلمه **دریچه** معمولاً برای بافت پوششی چین‌خورده به کار می‌رود که قدرت انقباض ندارد (مثل پرده صوتی، دریچه‌های قلب، انتهای میزبای و لانه کبوترک سیه‌رنگ‌ها!).

به‌طور معمول، تکلم در هنگام بازدم صورت می‌گیرد، پس باید راه نای **باز** باشد. یعنی اپی‌گلوت (برگ‌کنک) به سمت **بالا** می‌آید تا راه حنجره **باز** شود. پس در هنگام ارتعاش تارهای صوتی، دیافراگم در حال استراحت بوده و گنبدی‌شکل است و ماهیچه بین‌دنده‌ای خارجی نیز در حالت استراحت می‌باشد (چون در شرایط **بازدم** هستیم).

سرفه و عطسه

عملی **دفاعی** است که با تحریک مجاری **فوقانی** تنفسی آغاز می‌شود. ذرات خارجی یا گازهای مضر یا نامطلوب می‌توانند باعث تحریک این مجاری شده و موجب خروج هوا به صورت **سرفه** (بافتن **از راه دهان**) یا به صورت **عطسه** (از راه **بینی و دهان**) شوند.

در هنگام عطسه، زبان کوچک به **پایین** آمده تا راه بینی باز شود ولی در هنگام سرفه، زبان کوچک **بالا** می‌رود تا راه بینی را ببندد در حالی که **در هر دو مکانیسم برای خروج هوا از نای، برچاکنای (اپی‌گلوت) بالا می‌رود تا راه نای باز شود.**

در افرادی که مصرف دخانیات دارند، به علت از بین رفتن **یاخته‌های مزگ‌دار مخاط مجاری** تنفسی، **سرفه** راه **مؤثرتری** برای بیرون راندن مواد خارجی است و این افراد سرفه‌های مکرر دارند.

انعکاس	زبان کوچک	راه بینی	برچاکنای	راه حنجره و نای
بلع	بالا می‌رود	بسته	پایین می‌آید	بسته
استفراغ	بالا می‌رود	بسته	پایین می‌آید	بسته
عطسه	پایین می‌آید	باز	بالا می‌رود	باز
سرفه	بالا می‌رود	بسته	بالا می‌رود	باز

عطسه سرفه

(قلم‌چی)

- (۱) برخلاف - هوا را از راه دهان خارج نمی‌کند.
 (۲) همانند - مؤثرترین راه برای بیرون راندن مواد خارجی در افراد سیگاری است.
 (۳) برخلاف - می‌تواند از مجرای هوا را خارج کند که توسط زبان کوچک بسته می‌شود.
 (۴) همانند - در اثر تحریک بخش مبادله‌ای مجاری تنفسی توسط عامل خارجی صورت می‌گیرد.
 سرفه از راه دهان و عطسه از راه دهان و **بینی** هوا را خارج می‌کنند (میربینی توسط زبان کوچک بسته می‌شود).

تله‌های تستی گزینه (۱): هر دو می‌توانند هوا را از دهان خارج کنند. / گزینه (۲): سرفه مؤثرترین راه است. / گزینه (۴): تحریکات در اثر مجاری هادی رخ می‌دهد نه مبادله‌ای!

تنظیم تنفس

در ابتدا یاد بگیرید که ماهیچه‌های بدن ما فقط وقتی می‌خواهند به انقباض دربیایند، نیازمند دریافت پیام عصبی از اعصاب حرکتی هستند ولی استراحت آن‌ها نیاز به ارسال پیام عصبی مهاری ندارد. همان‌طور که بررسی کردیم، در تنفس، عمل بازدم عادی به صورت **غیرفعال** یعنی **بدون** نیاز به پیام عصبی حرکتی و انقباض ماهیچه‌ای انجام می‌شود. در حقیقت بازدم عادی با **استراحت** ماهیچه دیافراگم و بین‌دنده‌ای خارجی به همراه خاصیت کشسانی شش‌ها صورت می‌گیرد، اما برای عمل دم و **شروع انقباض** دیافراگم (میانه‌بن) و ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی، به اعصاب **حرکتی** و فرمان عصبی آن‌ها نیازمندیم.

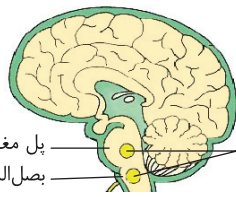
نکته

اعصاب حرکتی پیام را از مراکز عصبی مثل مغز به سمت ماهیچه‌ها و غدد می‌برند و اعصاب حسی پیام را از اندام‌های گیرنده حس به مراکز عصبی می‌آورند. تنظیم تنفس در اثر عوامل **عصبی** و عوامل **شیمیایی** صورت می‌گیرد.

تنظیم عصبی تنفس



تنفس دارای **دو مرکز عصبی در ساقه مغز** می‌باشد. مرکز پایین‌تر در **بصل النخاع و مرکز بالاتر در پل مغزی** قرار دارد. برای تنظیم تنفس، مرکز اصلی، **بصل النخاع** می‌باشد که با ارسال پیام حرکتی به ماهیچه‌های تنفسی ارتباط مستقیم دارد. بخش بالاتر در پل مغزی، پیام مهارکننده دم خود را به بصل النخاع ارسال می‌کند تا بصل النخاع دیگر پیام تحریکی به ماهیچه‌های دمی نفرستد. در ادامه به بررسی فعالیت‌های این دو مرکز می‌پردازیم. در زیست یازدهم می‌خوانیم که ساقه مغز به ترتیب از بالا به پایین متشکل از سه بخش مغز میانی، پل مغز و بصل النخاع می‌باشد.



مراکز تنفسی
پل مغزی ← پایان دهنده دم
بصل النخاع ← شروع کننده دم
«مراکز عصبی تنفس»

● (الف) پیام حرکتی برای شروع دم

برای شروع دم، مرکز تنفسی **بصل النخاع** با صدور فرمان **حرکتی**، دستور شروع انقباض دیافراگم و ماهیچه‌های بین‌دنده‌ای خارجی را صادر می‌کند و سپس عمل دم و ورود هوا به شش‌ها انجام می‌شود.

نکته

ماهیچه‌های دیافراگم و بین‌دنده‌ای‌ها از نوع ماهیچه مخطط اسکلتی می‌باشند که همواره با اعصاب **پیگری** به انقباض درمی‌آیند. این ویژگی هم به صورت ارادی تحت کنترل **قشر مخ** و هم به صورت انعکاسی غیرارادی تحت فرمان **بصل النخاع** به انقباض درمی‌آیند.

● (ب) توقف عمل دم

این عمل با مکانیسم زیر صورت می‌گیرد:

مرکز تنفس در **پل مغزی**، فرمان عصبی مهارکننده برای **تنظیم مدت زمان دم** به بصل النخاع می‌دهد. پل مغز این پیام را با اثر بر **مرکز تنفس در بصل النخاع** صادر می‌کند و سبب ممانعت از ادامه فعالیت اعصاب حرکتی بصل النخاع می‌شود تا دم **خاتمه** پیدا کند. در حقیقت عدم ارسال پیام از بصل النخاع، سبب شروع غیرفعال بازدم می‌شود.

نکته

از مطلب بالا در مورد توقف عمل دم، متوجه می‌شویم که توقف دمی که بعد از دم **عادی** و شروع بازدم رخ می‌دهد، تحت کنترل اثر مهاری پل مغز روی بصل النخاع می‌باشد (در حقیقت پل مغز بعد از هر دم، از بالا می‌زنه تو بصل النخاع که بس کنه! و پیام ارسال کنه! با این کار خودبه‌خود عمل بازدم عادی شروع می‌شه).

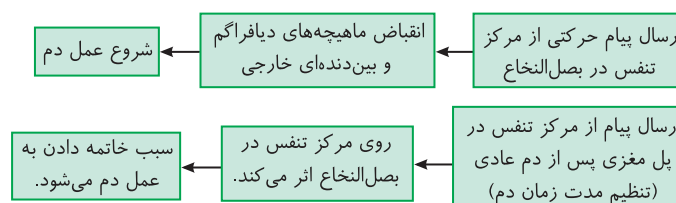
پاتوقی: راستی یادتونه تو هنگام بلع هم با ورود غذا به حلق، خود بصل النخاع یک مرکز عصبی بلع داشت که وقتی فعال می‌شود، می‌رفت مرکز عصبی تنفس تو بصل النخاع رو متوقف می‌کرد؟ (پس این مرکز تنفسی تو بصل النخاع خیلی تو سرک خوره! هم پل مغز از بالا تو سرش می‌زنه و هم مرکز عصبی بلع خودش!)

تنظیم شیمیایی تنفس



افزایش کربن دی‌اکسید خون **عامل بسیار مهم و کاهش** اکسیژن عامل **کم‌اهمیت‌تری** برای تنظیم تنفس می‌باشد. در هر صورت زیاده CO_2 خون و کاهش O_2 ، از عوامل شیمیایی می‌باشند که با افزایش آهنگ تنفس سعی در تنظیم این عمل دارند.

خلاصه تنظیم عصبی تنفس



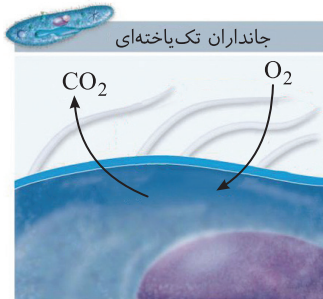
- کدام گزینه عبارت مقابل را به طور مناسب تکمیل می کند؟ «مرکز تنفسی در پل مغزی مرکز تنفسی در بصل النخاع،»
- (۱) همانند - مدت زمان دم را تنظیم می کند.
 - (۲) برخلاف - با ورود غذا به حلق فعال می شود.
 - (۳) همانند - دستور حرکتی شروع دم را به دیافراگم می دهد.
 - (۴) برخلاف - مقدمات شروع بازدم را فراهم می کند.

نکته: پل مغزی عمل خود را برای خاتمه دم یا همان تنظیم مدت دم را با اثر بر بصل النخاع انجام می دهد و مستقیماً به ماهیچه تنفسی پیام نمی دهد.

- بصل النخاع ← پیام حرکتی تحریکی ← شروع انقباض ماهیچه های دمی ← شروع دم
- پل مغزی ← اثر مهار بر بصل النخاع
- پایان دم و شروع بازدم غیر فعال
- تنظیم مدت زمان دم را انجام می دهد.
- در هنگام بلع ← مرکز بلع در بصل النخاع، فعالیت مرکز تنفس در بصل النخاع را متوقف می کند.
- زیادی CO_2 و کمبود O_2 ← افزایش فعالیت بصل النخاع ← افزایش تنفس

درسنامه

گفتار ۳ انواع تبادلات گازی در جانداران



«تنفس از طریق انتشار در تک یاخته ای ها مثل پارامسی»

همه جانداران از پروکاریوت گرفته تا پیچیده ترین یوکاریوت ها، برای تأمین انرژی زیستی به تنفس وابسته اند. در این قسمت به بررسی روش ها و سامانه های تنفسی در جانوران مختلف می پردازیم. تک یاخته ای ها مثل باکتری ها، برخی قارچ ها و برخی آغازیان (پارامسی و اوگل) و جانوران ساده ای که همه یاخته های آن ها با محیط تبادلات گازی دارند (مثل هیدر اکب شیرینج و اسفنج ها)، **ساختارهای تنفسی ویژه ای در بدن ندارند**. این جانداران O_2 و CO_2 را از طریق انتشار و مستقیماً با محیط اطراف مبادله می کنند.

نکته

هیدر، بی مهره کیسه تن از گروه **مرجانیان** می باشد که کیسه گوارشی با یک منفذ دهانی و مخرجی **مشترک** دارد. این جانور توسط یاخته های مختلف خود به تبادل گاز تنفسی با محیط می پردازد و از طریق یاخته های لایه **داخلی** حفره گوارشی خود به گوارش غذا می پردازد.

- (۱) تنفس ناییدیسی
 - (۲) تنفس پوستی
 - (۳) تنفس آبششی
 - (۴) تنفس ششی
- چهار روش اصلی **ویژه تنفس** برای جانوران پیچیده تر
- این ساختارهای ویژه تنفسی، سبب ارتباط یاخته ها با محیط می شوند.

تنفس ناییدیسی

در تنفس ناییدیسی، **منافذی** در سطح بدن برخی جانوران مثل **حشرات** وجود دارد که نایدیس ها (ب ابتدای **بزر**) و در ادامه لوله های منشعب تنفسی به آن ها راه دارند. در حقیقت نایدیس ها لوله های منشعب و مرتبط به هم هستند. منافذ ورودی نایدیس ها در **سطح** بدن قرار دارند. نایدیس ها هرچه از منافذ سطحی خود دور می شوند به انشعابات کوچکتری تبدیل می شوند، **انشعابات انتهایی آن ها در نزدیکی همه یاخته های بدن قرار دارند و بن بست می باشند**. این انشعابات انتهایی حاوی مایعی برای مرطوب کردن و **محلول کردن** گازهای تنفسی می باشند. نایدیس های انتهایی تبادلات گازی را از طریق **انتشار** انجام داده، یعنی O_2 را به فضای **بین یاخته ای** وارد کرده و CO_2 را از این فضا می گیرند تا از بدن خارج کنند. به دلیل فاصله کم انتهای انشعابات نایدیس ها و یاخته ها، گازهای تنفسی مستقیماً از این فضا و از طریق نایدیس ها و **بدون نیاز به دستگاه گردش مواد** مبادله می شوند. در سامانه گردش مواد آن ها، همولنف این جانوران که معادل خون، لنف و آب میان بافتی است، فقط **مسئول غذارسانی** به اندام ها و بافت ها می باشد و در انتقال **گازهای تنفسی** نقشی ندارد.

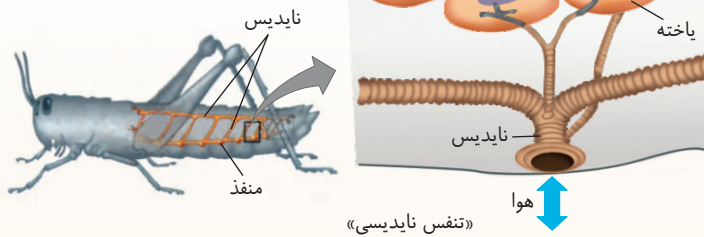
این ساختار، ساده ترین **سیستم تنفسی** می باشد و در **حشرات** دیده می شود. لازم به ذکر است که در بدن جانوران دارای این سیستم تنفسی، **خون تیره و روشن مفهومی ندارد چون گازهای تنفسی اصلاً وارد مایع خون (همولنف) نمی شوند**. در حقیقت دستگاه گردش مواد این جانوران، نقشی در انتقال گازهای تنفسی ندارد و فقط مواد غذایی را منتقل می کنند.

نکته

نایدیس‌های اصلی، در سطح بدن، منافذ متعددی دارند، ولی از زیر توسط لوله‌های ارتباطی باریک‌تر به سایر نایدیس‌ها راه دارند.

نکته

ساده‌ترین تنفس ویژه **تک‌یاخته‌ای‌ها**، یا پریاخته‌هایی مثل هیدر به صورت **انتشار ساده** و بدون سامانه تنفسی ویژه می‌باشد، ولی ساده‌ترین **سامانه یا سیستم تنفسی** جانوران، سیستم **نایدیسی** حشرات می‌باشد.

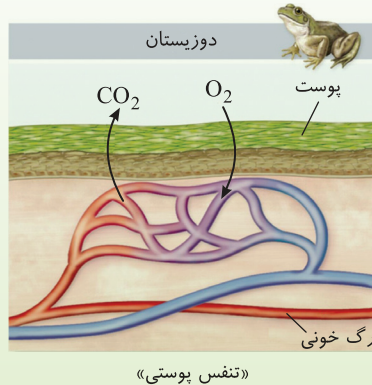


تنفس پوستی

این نوع تنفس در بی‌مهرگانی مثل **کرم خاکی** و مهره‌دارانی مثل **دوزیستان** بالغ دیده می‌شود. در تنفس پوستی، **سطح پوست نیز مرطوب** می‌باشد تا گازهای تنفسی در آن به صورت محلول درآیند و به راحتی وارد بدن شوند. در **کرم خاکی** و دوزیستان دارای تنفس پوستی، یک شبکه مویرگی **زیرپوستی** با **مویرگ‌های فراوان** وجود دارد.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱ کرم خاکی، بی‌مهره‌ای با قلب پشتی و ساده‌ترین گردش خون **پسته** در بین جانوران می‌باشد. در این جانور، خون و لنف جدا است و تبادل گازهای تنفسی آن در مویرگ‌های **پوستی** صورت می‌گیرد. رگ‌های خارج شده از پوست جانور که حاوی خون روشن شده‌اند، به سوی اندام‌های مختلف بدن می‌روند.



۲ در **مهره‌داران**، تنفس پوستی مربوط به **دوزیستان** می‌باشد، مثلاً در **قورباغه‌ها**، **شبکه مویرگی وسیع در زیر پوست** وجود دارد که تبادلات گازی را انجام داده است. **ماده مخاطی روی پوست** نیز به مرطوب کردن پوست و محلول کردن گاز تنفسی و افزایش کارایی تنفسی کمک می‌کند.

۳ در بین مهره‌داران، فقط پوست دوزیستان همواره حاوی ماده مرطوب می‌باشد، ولی در سایر مهره‌داران خشکی‌زی، پوست فاقد لایه سطحی مرطوب می‌باشد. لایه مرطوب مخاطی در لوله گوارش و تنفس مهره‌داران خشکی‌زی نیز دیده می‌شود.

۴ سطح تنفسی هر جانوری، یعنی محلی که گازهای تنفسی مبادله می‌شوند باید **همواره** مرطوب باشد. سطح تنفسی برحسب نوع تنفس می‌تواند در **انشعابات انتهایی** نایدیس‌ها در حشرات، پوست در کرم خاکی، شش در پرندگان، خزندگان، پستانداران و... یا رشته‌های آبششی در ماهی‌ها و نوزاد دوزیست باشد.

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

تست ۲۲

پایه ۳

(قلم‌چی)

کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌نماید؟ «سطوح تنفسی هیچ جانوری نمی‌تواند»

(۱) مایع موکوزی (مخاطی) ترشح کند.

(۲) دفع‌کننده ماده زائد نیتروژن‌دار باشد.

(۳) در خلاف شیب تراکم، گازهای تنفسی را تبادل کند.

(۴) با یاخته‌های پیکری در تماس مستقیم باشد.

گازهای تنفسی همواره با انتشار و در جهت شیب غلظت منتقل می‌شوند.

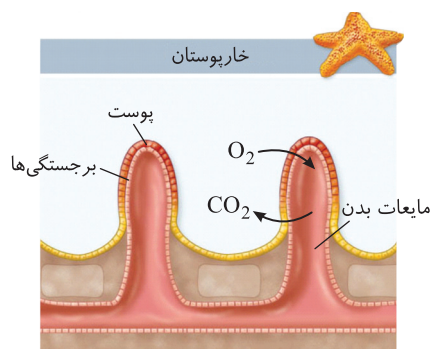
گزینه (۱): در مورد تنفس پوستی نادرست است. / گزینه (۲): در مورد کرم‌ها نادرست است. / گزینه (۴): در مورد تنفس نایدیسی نادرست است.

تنفس آبششی (ویژه تنفس در برخی جانوران آبی)

سامانه تنفسی آبششی به صورت سطحی در برخی جانوران آبی وجود دارد که از نوع ساده پراکنده تا پیچیده متمرکز تقسیم‌بندی می‌شود.

آبشش‌ها ویژه برخی جانوران بی‌مهره آبی (مثل **ستاره دریایی** و **سخت‌پوستان**) و برخی مهره‌داران آبی مثل ماهی‌ها و **نوزاد** دوزیستان می‌باشد.

ساده‌ترین آبشش‌ها در **خارتنانی** مثل **ستاره دریایی** دیده می‌شود که آبشش‌های آن‌ها **برخلاف** سایر جانوران آبشش‌دار، در نواحی **خاصی** محدود نمی‌شوند بلکه به صورت **برجستگی‌های کوچک و پراکنده پوستی** در کل بدن وجود دارند. این آبشش‌ها با انتشار ساده، O_2 و CO_2 را مبادله می‌کنند ولی فاقد کمان و رشته‌های آبششی می‌باشند. در برجستگی پوستی این جانوران، پوست در سطح **خارجی** آبشش‌ها قرار دارد که مستقیماً توسط یاخته‌های خود با مایعات بدن به تبادل O_2 و CO_2 می‌پردازند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید این برجستگی‌ها از قاعده خود به کانالی متصلند که مایعات بدن در این برجستگی‌ها و کانال‌ها به هم راه دارد.



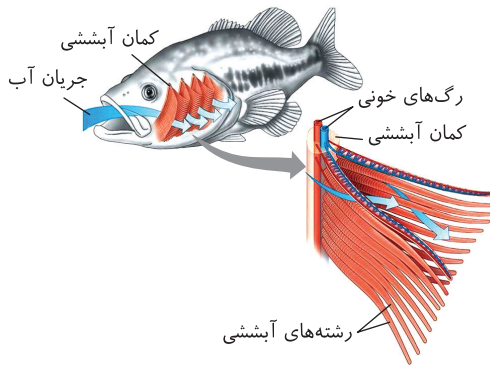
«ساده‌ترین آبشش در ستاره دریایی»

در ستاره دریایی، مایعات بدن سطح **درونی** برجستگی‌های آبخشی پراکنده و کانال مشترک زیر آن‌ها را در بدن پر کرده‌اند. در سایر بی‌مهرگان آبخش‌دار، مثل سخت‌پوستان، آبخش‌ها به نواحی خاصی اغلب در دو طرف سر جای گرفته‌اند.

انواع تنفس در مهره‌داران

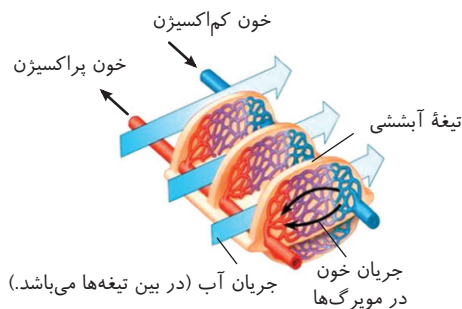
الف) آبخشی

آبخش‌ها در اغلب جانوران آبخش‌دار، در **نواحی خاصی از بدن** محدود می‌شوند که اغلب در **اطراف سر** جانور قرار دارند. تکامل یافته‌ترین آن‌ها در مهره‌دارانی مثل ماهی‌ها و نوزاد دوزیست است که این آبخش‌ها حاوی کمان دارای رگ‌های خونی اصلی و رشته‌های آبخشی (تقریباً هم‌اندازه) حاوی تیغه‌هایی با رگ‌های خونی منشعب فراوان برای تبادل گازهای تنفسی می‌باشند.



نکته

در مهره‌داران هر آبخش حاوی کمان‌های آبخشی برای محافظت و محل رگ‌های اصلی می‌باشد و به سمت خارج کمان آبخشی، تعداد زیادی رشته‌های آبخشی دارد. این رشته‌ها حاوی تیغه‌هایی برای عبور آب و مویرگ‌های خونی فراوان بین دو سرخرگ ورودی و خروجی به آبخش‌ها می‌باشد. آب ورودی از دهان، از لابه‌لای رشته‌های آبخشی و دو طرف تیغه‌های آن عبور می‌کند. در طرفین هر تیغه مویرگ‌های فراوانی وجود دارد که در آنجا به تبادل گازهای تنفسی با آب می‌پردازند.



همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، یک رشته آبخشی سرخرگ ورودی با خون تیره کم‌اکسیژن دارد که انشعابات مویرگی آن در اطراف تیغه‌ها وارد می‌شود. در طرفین تیغه‌ها جریان آب و جریان حرکت خون درون مویرگ‌ها دقیقاً مخالف هم می‌باشد و بدین صورت امکان تبادل گازهای تنفسی بین خون و آب فراهم می‌شود. این مویرگ‌ها فاقد بخش سیاهرگی می‌باشند و خون روشن پر O_2 را وارد رگی می‌کنند تا توسط یک سرخرگ از رشته آبخشی خارج شود و به همه اندام‌های دیگر بدن برسد. در تست‌ها دقت کنید که تبادل یا تهویه گازها درون تیغه‌ها رخ نمی‌دهد بلکه در دو طرف تیغه‌ها انجام می‌شود.

خلاصه: در سیستم آبخشی، خون **تیره** سرخرگ **شکمی** ورودی از کمان، به سمت رشته‌های آبخشی رفته و پس از تبادل گازهای تنفسی در مویرگ‌های اطراف تیغه‌ها، خون روشن از طریق سرخرگ **پشتی** خروجی آن خارج می‌شود تا به همه اندام‌های بدن برسد. در سیستم آبخشی، سرخرگ شکمی، ورودی خون تیره سرشار از کربن دی‌اکسید دارد که از قلب به سمت آبخش‌ها آمده است ولی خون سرخرگ خروجی آن سرشار از اکسیژن بوده و از سرخرگ پشتی به سمت **همه اندام‌های بدن** می‌رود (فصل ۴ به‌طور کامل بررسی می‌شود).

ب) تنفس ششی

حلزون‌ها که از بی‌مهرگان هستند به همراه مهره‌داران خشکی‌زی از **شش** به عنوان سیستم تنفسی استفاده می‌کنند.

سازوکار تهویه‌ای در مهره‌داران شش‌دار

در مهره‌داران شش‌دار سازوکارهایی دارند که سبب ایجاد یک جریان **پیوسته** از هوای **تازه** در مجاورت **سطح تنفسی** آن‌ها می‌شود که به سازوکار تهویه‌ای معروف می‌باشد. این جمله به این معنا می‌باشد که در سیستم ششی، هوا در ابتدا برخلاف آبخش‌ها در آب محلول نمی‌باشد. هوا تا رسیدن به سطح تبدیلی شش‌ها، ابتدا به صورت گاز تنفسی وجود داشته است ولی در اثر عمل لایه‌های مخاطی و در مجاورت حبابک‌ها و کیسه‌های حبابکی، سپس به صورت محلول درآمده و وارد خون می‌شود.

انواع سازوکار تهویه‌ای مهره‌داران شش‌دار

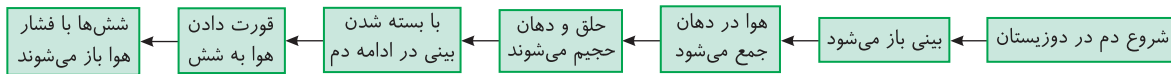
الف) سازوکار تهویه‌ای شش‌ها همراه با پمپ فشار مثبت

این سیستم ورود هوا در **دوزیستان بالغ** دیده می‌شود که هوا را با فشار به درون شش‌ها هدایت می‌کنند. مثلاً قورباغه‌ها در حالتی که بینی آن‌ها باز و شش‌های آن‌ها **کوچک** شده است، هوای زیادی را به **دهان و حلق** خود وارد می‌کنند و سپس بینی بسته شده و با حرکتی مثل قورت دادن هوای دهان و حلق را با فشار، وارد شش‌ها می‌کنند تا شش‌ها باز شوند. (یعنی به‌صورت قدیمی‌ها با زور چپونی شش‌ها را وادار به باز شدن می‌کنند).

نکته

در این نوع تنفس، شش‌ها در اثر فشار هوا باز می‌شوند، نه اینکه ابتدا فشار هوا منفی شود و آماده باز شدن و ورود هوا شوند. در این حالت هوا با فشار وارد شش‌ها می‌شود تا به تبادل گازهای تنفسی بپردازد.

خلاصه فشار مثبت



با توجه به دو شکل زیر، متوجه می‌شوید هنگامی که حفره دهانی پر هوا می‌شود، بینی باز بوده و شش‌ها کوچک می‌باشد ولی با بسته شدن بینی، فشار هوای زیاد حاصل از دهان، سبب باز شدن شش‌ها و حجیم شدن آن‌ها می‌شود تا گازهای تنفسی به تبادل بپردازند. در حقیقت تبادل گازهای تنفسی آن‌ها در هنگام بینی بسته و شش بزرگ شده صورت می‌گیرد.

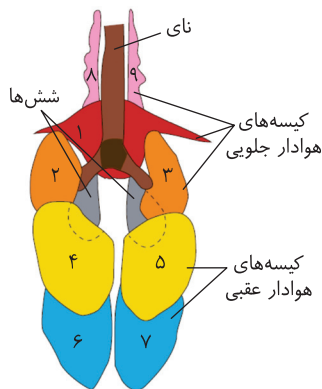


«پمپ فشار مثبت در قورباغه»

● (ب) همراه با مکش فشار منفی

این نوع تهویه و ورود هوا، در پستاندارانی مثل انسان دیده می‌شود. همان‌طور که در گفتار دوم آموختید، در این جانوران برای ورود هوا به شش‌ها، ابتدا شش‌ها بزرگ شده و فشار هوای درون آن‌ها کاهش می‌یابد. این فشار منفی سبب مکش و ورود هوا به شش‌ها می‌شود که مکانیسم آن را در فرایند دم در انسان بررسی کردیم.

تنفس در پرندگان



«۹ کیسه هوادار در پرندگان»

(یک کیسه بین دو شش مشترک می‌باشد.)

به دلیل توانایی پرواز، پرندگان نسبت به سایر مهره‌داران انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و به اکسیژن بیشتری برای تولید ATP نیاز دارند. به همین دلیل در پرندگان علاوه بر دو عدد شش ساختارهایی به نام کیسه‌های هوادار انعطاف‌پذیر در مناطق خاصی از بدن وجود دارد که مقدار هوای ذخیره‌ای را زیاد کرده تا کارایی تنفس آن‌ها را نسبت به پستانداران افزایش دهد. این ساختارها همان‌طور که در شکل مقابل مشاهده می‌کنید، به صورت کیسه‌های هوادار جلویی (۵ عر) و کیسه‌های هوادار بزرگ‌تر عقبی (۴ عر) در سراسر بدن پخش شده‌اند.

نکته

همان‌طور که در شکل سیستم تنفسی پرنده مشاهده می‌کنید، ۹ کیسه هوادار در بدن پرنده وجود دارد که ۵ کیسه هوادار در جلو و ۴ کیسه هوادار با اندازه بزرگ‌تر در عقب قرار دارد. باریک‌ترین کیسه‌ها در اطراف نای جانور قرار دارد. دقت کنید که یکی از کیسه‌های هوادار جلویی، در وسط بدن با هر دو شش در ارتباط می‌باشد.

تهجه! دقت کنید که کیسه‌های هوادار محل تهویه گاز تنفسی نیستند و فقط وظیفه ذخیره هوا (اکسیژن) را بر عهده دارند. در این جانوران نیز، تهویه یا تبادل گاز تنفسی در کیسه‌های حیابکی شش‌ها صورت می‌گیرد (در حقیقت کیسه‌های هوادار بیرون شش و کیسه‌های حیابکی آن‌ها درون شش هستند که فقط کیسه‌های حیابکی محل تهویه هوا هستند).

نکته

هر جانوری که تنفس پوستی دارد، امکان ندارد که

(۲) در بدن خود فاقد ستون مهره‌ها باشد.

(۱) در مرحله‌ای از زندگی تیغه آبششی داشته باشد.

(۴) کیسه‌های هواداری در اطراف شش داشته باشد.

(۳) مایع روی بدن آن به کارایی تنفسی آن کمک کند.

کرم‌ها مانند کرم خاکی و مهره‌داران شش‌داری مثل دوزیستان بالغ دارای تنفس پوستی می‌باشند ولی کیسه‌های هوادار اطراف شش ویژه پرندگان است.

پایه

B

۴

تله‌های تنفسی

گزینه (۱): در مورد دوزیست نوزاد که دارای آبشش است، رد می‌شود. / گزینه (۲): کرم خاکی بی‌مهره است و ستون مهره ندارد. / گزینه (۳): هر سطح تنفسی باید مرطوب باشد پس تنفس پوستی نیازمند پوستی مرطوب است تا گازهای تنفسی به صورت محلول از آن عبور کنند.



کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور نامناسب کامل می کند؟ «در مهره داری که تبادل گاز تنفسی در انجام می شود، قطعاً»

- (۱) مویرگ های پوستی - هم زمان با شش های پر هوا، راه بینی آن ها بسته می باشد.
- (۲) تیغه ها و رشته های آبششی - جریان پیوسته هوا در سطح تنفسی دیده نمی شود.
- (۳) کیسه های هوادار خارج شش - کارایی تنفسی بیشتری از انسان دیده می شود.
- (۴) سازوکار تهویه ای فشار مثبت - مویرگ های آبششی وجود ندارد.

توجه شود که در کیسه های هوادار پرندگان، تبادل گاز تنفسی انجام نمی شود بلکه این کیسه ها فقط به ذخیره هوا می پردازند تا گازها در حبابک های تنفسی مبادله شوند.

تله های تستی گزینه (۱): در دوزیستان بالغ علاوه بر تنفس پوستی، تنفس ششی نیز وجود دارد. در هنگامی که شش های دوزیستان پر از هوا می شود راه بینی آن ها بسته است. / گزینه (۲): قسمت اول در مورد آبشش داران ولی قسمت دوم ویژه مهره داران شش دار است. / گزینه (۴): در دوزیستان بالغ، آبشش وجود ندارد و تنفس ششی در آن ها مشاهده می شود که سازوکار تهویه ای فشار مثبت دارند.