تبادلات گازی

نفس کشیدن، یکی از ویژگی‌های آشکار در بسیاری از جانوران است. اما آیا در همهٔ جانوران به یک شکل انجام می‌شود؟ هدف از آن چیست؟

در ذهن بسیاری از ما، نفس کشیدن به معنای زنده بودن است. برای تشخیص اینکه آیا فردی زنده است یا نه، غالباً نگاه می کنیم که آیا نفس می کشد یا خیر. به نظر می‌رسد این فرایند، کاری حیاتی را برای ما انجام می‌دهد. اما این کارِ حیاتی چیست؟

آیا زمانی که در هوای آلوده تنفس می کنیم به این کار حیاتی آسیب نمی‌رسانیم؟ افرادی که به دخانیات روی می‌آورند، چگونه به بدن خود آسیب می‌رسانند؟ اینها فقط بخشی از پرسش هایی است که پاسخ آنها را با مطالعهٔ این فصل به دست خواهیم آورد.

گفتار ۱ ساز و کار دستگاه تنفس در انسان

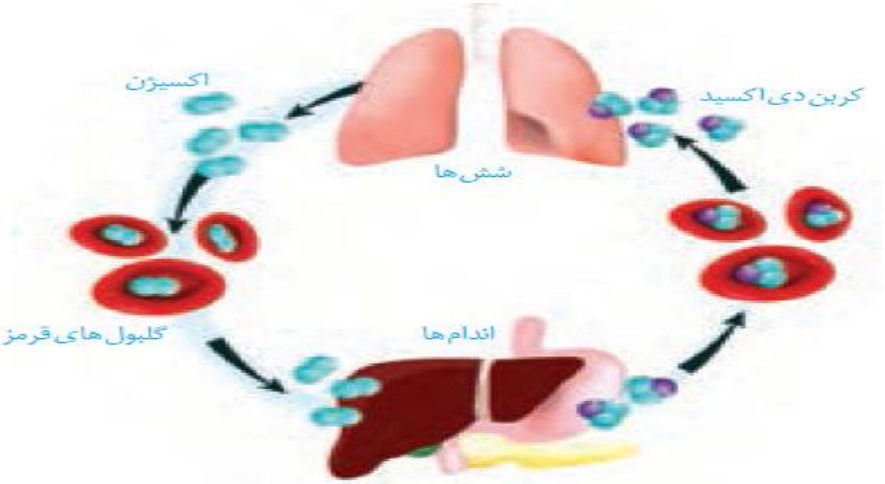
چرا نفس می کشیم؟

ارسطو: برای خنک شدن قلب – یکسان دانستن ترکیب هوای دمی و بازدمی- عدم اطلاع از انواع گازهای هوا

اکسیژن هوای دمی بیش از بازدمی
کربن دی اکسید هوای بازدمی بیش از دمی ← اهمیتی بالاتر از خنک کردن برای تنفس وجود دارد

با درک ارتباط دستگاه تنفس و گردش خون ← درک اهمیت دستگاه تنفس

۱- آوردن خون تیره (با اکسیژن کم و کربن دی اکسید زیاد) اندامهای بدن توسط دستگاه گردش خون به شش
۲- گرفتن اکسیژن و پس دادن کربن دی اکسید به شش ها و تبدیل به خون روشن
۳- فرستادن خون روشن توسط دستگاه گردش خون به اندامها و سلولها



چه ضرورتی برای رسیدن اکسیژن به بافتها وجود دارد؟ جهت انجام فرآیند تنفس سلولی

تامین انرژی فرآیندهای سلولی از **ATP**

تنفس سلولی

گلوکز + اکسیژن + فسفاتP +ADP ⟶ $CO_2 + H_2O + ATP$

چه ضرورتی برای دفع کربن دی اکسید از بافتها وجود دارد؟ برای جلوگیری از تغییر pH و اختلال در کار پروتئینها

$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow HCO_3 + H^+ \rightarrow$ pH↓

کاهش pH ← تغییر در ساختار و عملکرد پروتئینها ← اختلال گسترده در کار یاخته ها و بافتها

افزایش CO_2 خطرناکتر از کاهش اکسیژن است

فعالیت

آیا هوای دمی با هوای بازدمی متفاوت است؟

پژوهش های دانشمندان در ابتدا، وجود سه گاز نیتروژن، اکسیژن و کربن‌دی اکسید را در هوا نشان داد. در این آزمایش، هوای دمی و بازدمی را از نظر مقدار نسبی کربن دی اکسید بررسی می کنیم. اما چگونه می‌توان مقدار کربن دی اکسید را در هوا تشخیص داد؟

برای انجام این آزمایش می‌توان از محلول آب آهک (بی رنگ) یا برم تیمول بلو رقیق (آبی رنگ) که معرّف کربن دی‌اکسید هستند استفاده کرد. با دمیدن کربن دی اکسید به درون این محلول ها، آب آهک شیری رنگ و برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.

۱ـ دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لولهٔ بلند را درون محلول و انتهای لولهٔ کوتاه را در بالای محلول قرار دهید.

۲ـ به آرامی از طریق لولهٔ مرکزی، عمل دم و بازدم را انجام دهید. در هنگام دم، در کدام ظرف، حباب هوا مشاهده می‌شود؟ هنگام بازدم چطور؟

۳ـ دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرّف در یکی از ظرف‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید.

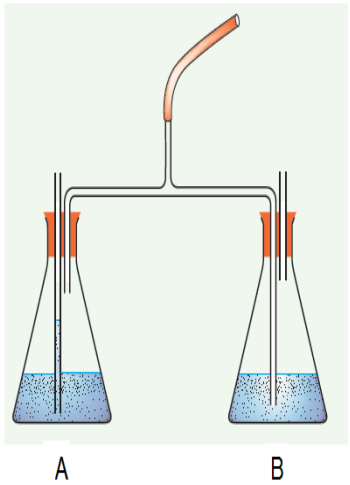
۴ـ چند دقیقهٔ دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی رنگ را در هر دو ظرف مشاهده، و یادداشت کنید.

۵ـ اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) چرا هوای دمی، به یک ظرف و هوای بازدمی، به ظرف دیگر وارد می‌شود؟

ب) نخست در کدام ظرف تغییر رنگ مشاهده کردید؟

پ) آیا معرّف در هر دو ظرف سرانجام تغییر رنگ داد؟ این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می کند؟



۲) هنگام دم از انتهای لوله ی بلند داخل ظرف A و هنگام بازدم از انتهای لوله ی بلند داخل ظرف B حباب خارج می شود.

۳) تغییر رنگ در ظرف B مشاهده می شود.

٤) با گذشت زمان تغییر رنگ در ظرف A نیز مشاهده می شود.

پاسخ به پرسشها :

الف) انتهای لوله بلند متصل به لوله ی مرکزی داخل مایع ظرف B قرار دارد بنابراین هنگام دم مایع بر اثر مکش ایجاد شده وارد این لوله می شودو هوا از لوله ی کوتاه متصل به لوله ی مرکزی وارد می شود. البته این هوا از خارج از طریق لوله بلند ظرف A وارد این ظرف می شود. هنگام بازدم هوای ظرف A راهی برای خروج ندارد پس هوای زیادی وارد این ظرف نمی شود.در حالیکه هوا از طریق لوله ی بلند وارد مایع ظرف B شده و در نهایت به وسیله ی لوله ی کوتاه ظرف B خارج می شود

ب) در ظرف مربوط به لولهی هوای بازدمی (ظرف B) که حباب های هوا از آن خارج می شوند.

ج) بله هوای بازدمی به ظرف A نیز وارد می شود البته به مقدار کم این هوا مستقیما وارد مایع نمی شود و تنها با سطح آن تماس می یابد در نتیجه تغییر رنگ کندتر و به صورت تدریجی انجام می شود.

بخشهای عملکردی دستگاه تنفس، شامل دو بخش: هادی و عملکردی

بخش هادی: متشکل از مجاری تنفسی (بینی تا نایژک انتهایی) – هدایت هوا به بیرون و درون دستگاه تنفسی- پاکسازی هوا از ناخالصیها و میکربها و گردو غبار- گرم و مرطوب نمودن هوا جهت مبادله گازها با خون

بینی و نقش آن: ابتدای مسیر عبور هوا- دارای پوست نازک درابتدا و مخاط مژکدار پس از آن و در سراسر مجاری هادی بعدی- جلوگیری از ورود ناخالصیها توسط موها- دارای سلولهای مژکدارفراوان و ترشحات ضد میکربی در مخاط مژکدار – گرم کردن هوا توسط شبکه وسیع رگهای نازک دیواره

نقش ترشحات ضد میکربی یا مخاطی مجاری هادی:

۱- به دام انداختن ناخالصیها ← راندن ترشحات مخاطی+ناخالصیها به سوی حلق توسط مژکها ←

نابودی توسط شیره معده یا هدایت به خارج بدن(از طریق دهان یا بینی)

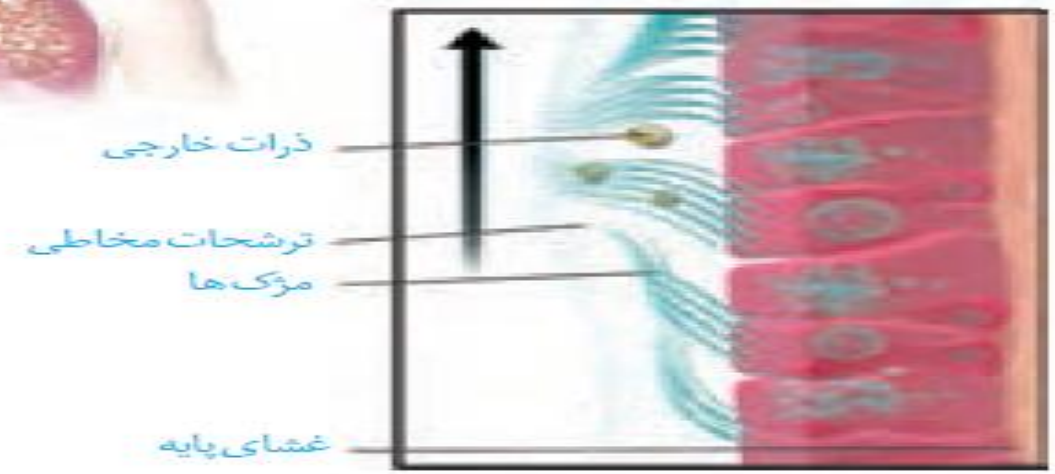
۲- مرطوب کردن هوا جهت تبادل گازها (مبادله گازها بین شش و خون تنها به صورت محلول در آب)

نزدیکی رگهای بینی به سطح درونی آن(پوست نازک بینی در داخل) ← آسیب پذیری بیشتر و خونریزی

مسیر عبور هوا: از بینی یا دهان یا هردو ← گلو ← حنجره ← نای ← نایژه ← نایژک

بیشتر بدانید

عوامل مختلفی بر عملکرد یاخته‌های مژک‌دار اثر می‌گذارند. هوای خیلی سرد، حرکت مژک‌های مخاطه را کند می‌کند. دود سیگار و قلیان و بعضی از آلاینده‌های شیمیایی موجود در هوا، باعث مرگ یاخته‌های مژک‌دار می‌شوند.

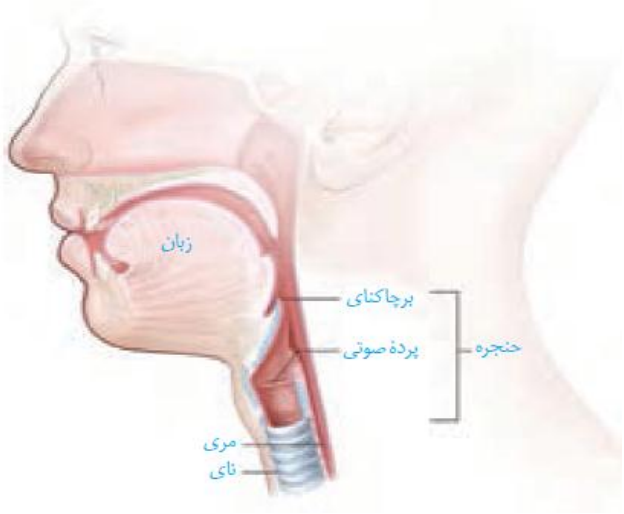


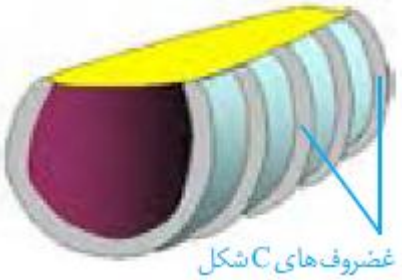
شکل ۲ــ مخاط مژک‌دار. این مخاط در بینی شروع می‌شود و سراسر مجاری هادی بعدی را می‌پوشاند. این شکل، مخاط نای را نشان می‌دهد.

گلو: گذرگاه ماهیچه ای جهت عبور هوا و غذا - وجود دو راهی در انتهای گلو: حنجره در جلو و مری در پشت

حنجره: ابتدای نای- بازنگه داشتن مجاری عبور هوا با داشتن دیواره غضروفی – داشتن در پوش اپی گلوت

دیواره نای: دارای حلقه های غضروفی نعل اسبی (C شکل) که دهانه غضروف به سمت مری است
(جهت آسان شدن حرکت لقمه های بزرگ و سیر امواج کرمی شکل)

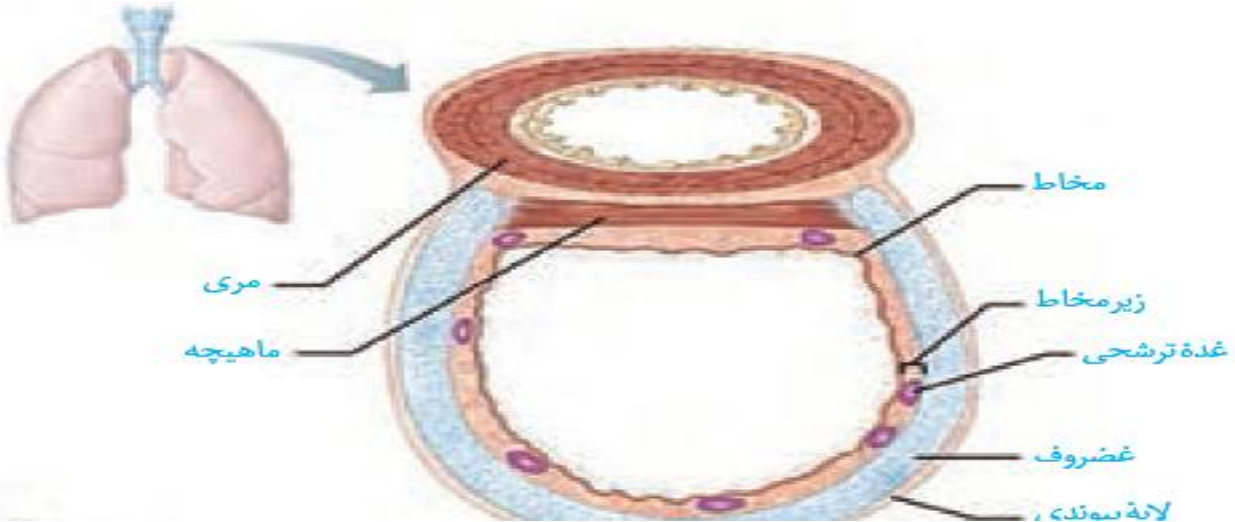




تقسیم نای در انتها به دو نایژه

ساختار بافتی نای از داخل به خارج:

مخاط با بافت پوششی استوانه ای مژکدار
زیر مخاط دارای رگ خونی و اعصاب
غضروفی ماهیچه ای جهت استحکام و انعطاف پذیری
لایه پیوندی



نایژه:
ورود هر نایژه به یک شش و تقسیم به نایژه های باریکتر

کاسته شدن مقدار غضروف از سمت نایژه اصلی به سمت نایژه های باریکتر

نایژک: انشعابی از نایژه که دیگرغضروفی ندارد ← توانایی تنگ و گشاد شدن و کنترل هوای ورودی و خروجی

نایژک انتهایی: آخرین انشعاب نایژک در بخش هادی

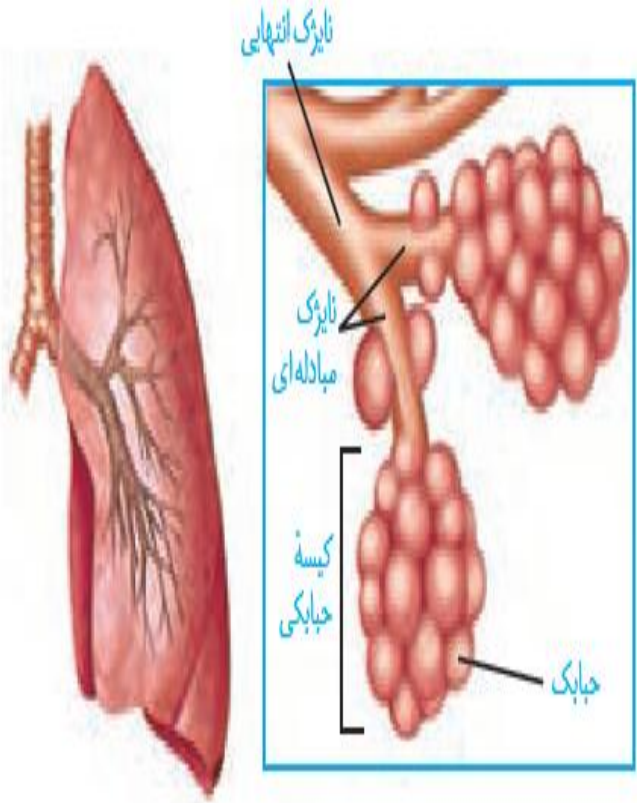
شکل ع ــ انشعابات نای

بخش مبادله ای: با حضور حبابکها (کیسه های هوایی)

نایژک مبادله ای: نایژکی که روی آن حبابک داریم

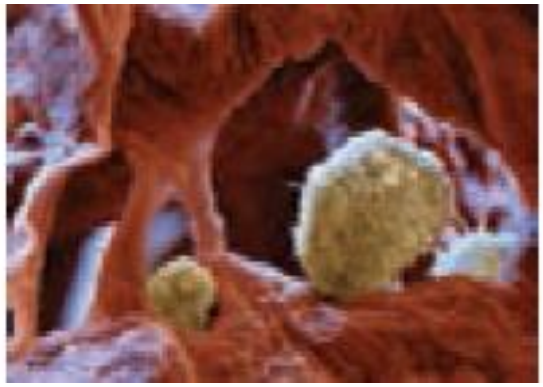
کیسه حبابکی: هر یک از اجتماعات حبابکی (شبیه خوشه انگور) در انتهای نایژک مبادله ای

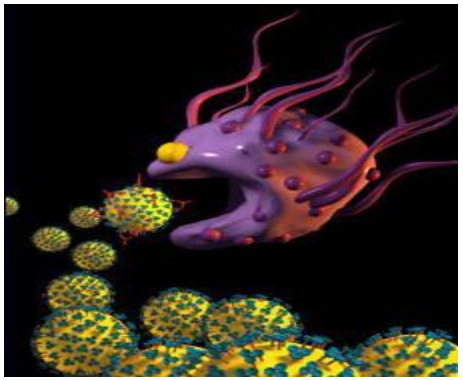
با پایان یافتن مخاط مژکدار در نایژک مبادله ای ← مقابله کیسه های حبابکی با ناخالصی هوا توسط ماکروفاژها



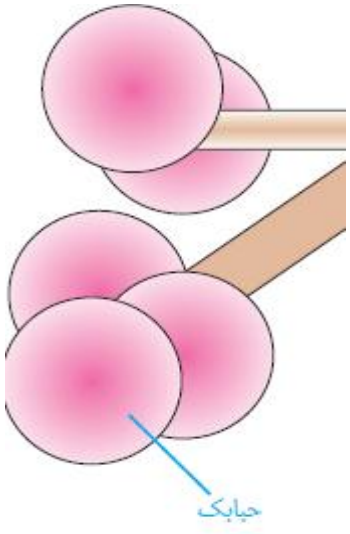
کیسه های حبابکی **آخرین** خط دفاع دستگاه تنفسی
موهای بینی و بعد مخاط مژکدارش **اولین** خط دفاع دستگاه تنفسی

ماکروفاژها(درشت خوارها): دسته ای از سلولهای دستگاه ایمنی
نابود کردن ناخالصی ها و میکربهایی که از مخاط مژکدار گریختند
دارای حرکت و عمل بیگانه خواری
حضور در سایر نقاط بدن با نامهای مختلف:
کوپفر در کبد، استئوکلاست در استخوان، میکروگلیا در مغز، آلوئولار در ریه





عامل سطح فعال (سورفاکتانت)



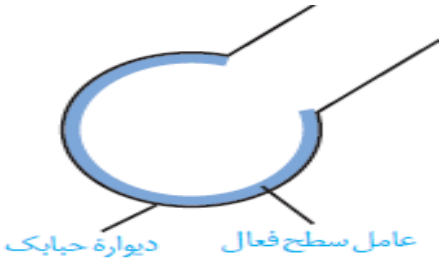
پوشیده شدن سطوح داخلی کیسه های حبابکی با **سورفاکتانت** (در جهت باز شدن کیسه ها)

مقابله با نیروی کشش سطحی آب سطوح داخلی (که در جهت بستن کیسه هاست)

آسان شدن انبساط و باز شدن کیسه ها ← امکان تبادل گازها با خون

ترشح **سورفاکتانت** از برخی سلولهای حبابک در اواخر دوران جنینی

سختی تنفس در برخی نوزادان زودرس



احاطه شدن اطراف حبابکها با مویرگهای خونی ← تبادل O_2 و CO_2 بین هوا و خون

وجود بافت پوششی سنگفرشی (یک لایه نازک) در هر دو دیواره حبابکی و رگ خونی

برش حبابک و رگهای خونی اطراف آن

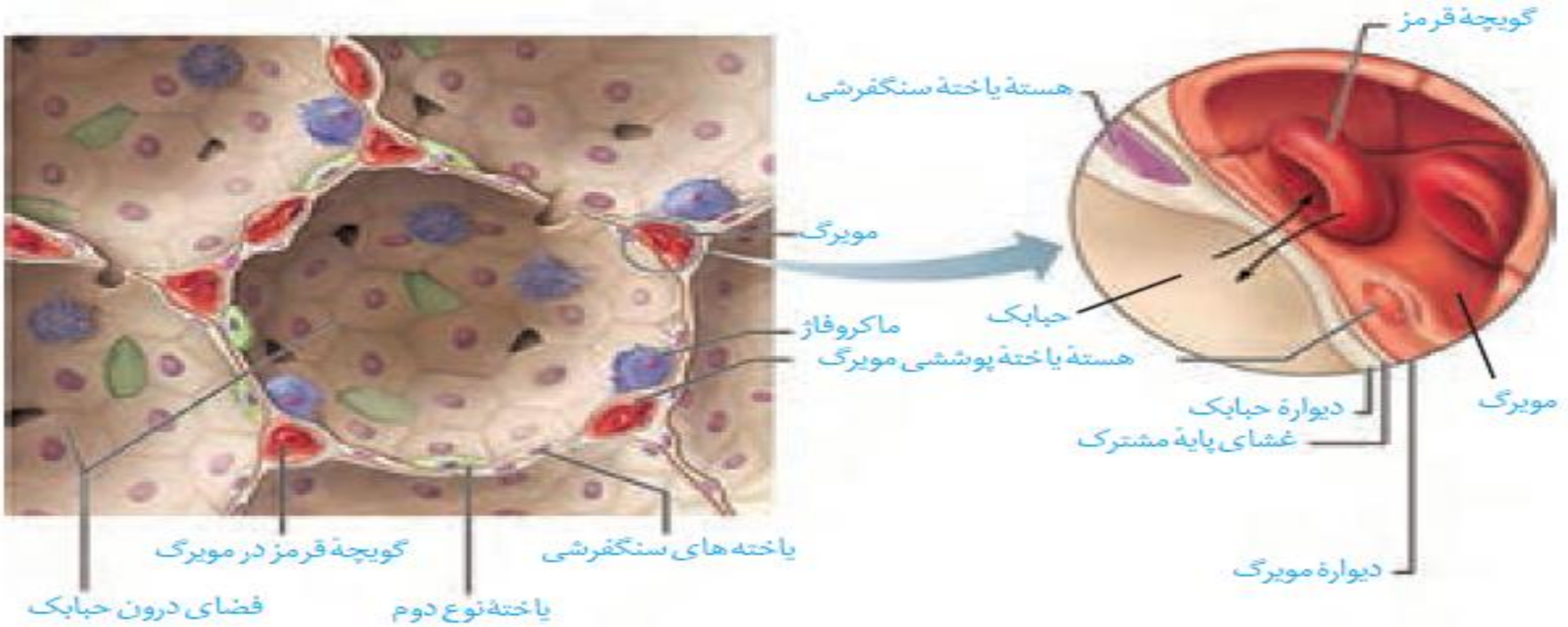
وجود ۲ نوع سلول در دیواره حبابک:

۱- پوششی سنگفرشی با تعدادفراوان
۲- ترشح کننده سورفاکتانت با تعداد کم و ظاهر متفاوت

غشاء پایه مشترک بین بافت پوششی حبابک و مویرگ (در برخی نقاط)

⇓

به حداقل رسیدن مسافت انتشار گازها



کامل شدن کار دستگاه تنفس با همکاری دستگاه گردش خون:

رساندن O_2 به بافتها و گرفتن CO_2 از بافتها و انتقال آن به ششها توسط خون

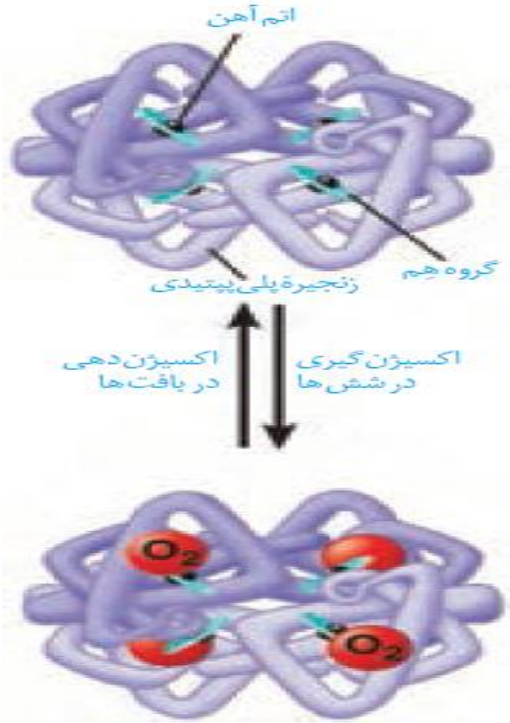
ساختار هموگلوبین در گلبول قرمز: ۴ رشته پلی پپتیدی + ۴ گروه غیر پروتئینی هم
هر گروه هم دارای یک اتم آهن با قدرت اتصال برگشت پذیر به اکسیژن

اکسیژن بالا در ششها ← اتصال اکسیژن به هموگلوبین ← غلظت اکسیژن تعیین کننده اتصال یا گسستن به هموگلوبین
اکسیژن پایین در بافتها ← جدا شدن اکسیژن از هموگلوبین و انتقال به سلولها

اتصال CO_2 به هموگلوبین در بافتها ← غلظت CO_2 تعیین کننده اتصال یا گسستن به هموگلوبین
جدا شدن CO_2 از هموگلوبین در ششها

اتصال محکمتر **CO (مونواکسید کربن)** با هموگلوبین:

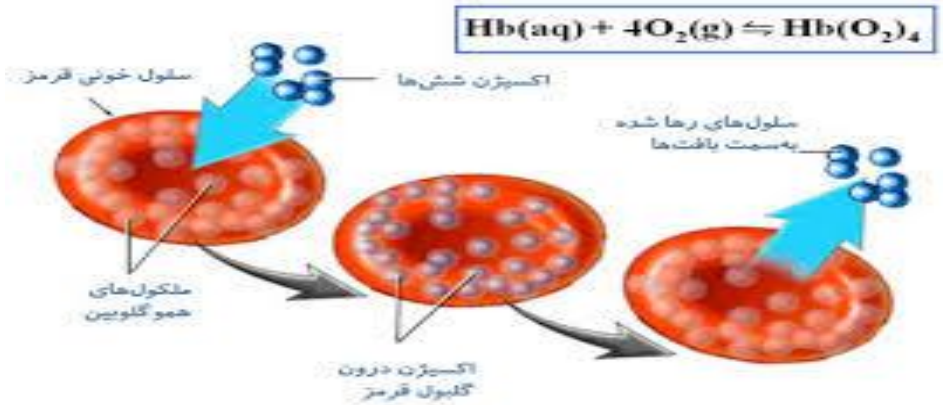
محل اتصال یکسان O_2 با CO
اتصال CO به هموگلوبین مانع اتصال O_2
کاهش انتقال اکسیژن در خون
گاز گرفتگی(مسمومیت) و مرگ خاموش



بیشتر بدانید

گاز کربن مونوکسید، بدون رنگ، بو یا طعم است و بنابراین وجود آن در محیط، قابل تشخیص نیست؛ به همین علت آن را قاتل خاموش می‌نامند. این گاز در دود حاصل از سوختن ناقص سوخت‌های فسیلی مثل نفت و گاز پدید می‌آید. به همین علت اطمینان از خروج دود وسایلی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند مثل بخاری، هیمه‌سوز یا آب‌گرمکن کاملاً ضرورت دارد.

راههای انتقال O2 و CO2 توسط خون:



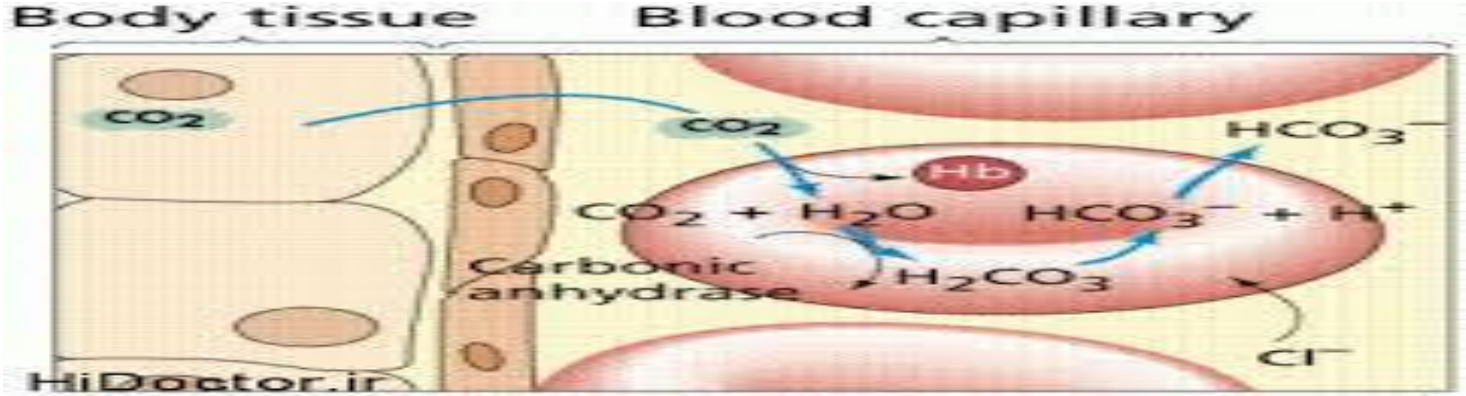
۱- محلول در پلاسما(خوناب) : ۳ درصد
۲- توسط هموگلوبین: ۹۷ درصد

راههای انتقال CO2 توسط خون:

۱- محلول در پلاسما: ۷ درصد
۲- توسط هموگلوبین: ۲۳ درصد
۳- توسط یون بیکربنات در پلاسما: ۷۰ درصد

$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{انیدراز کربنیک در گلبول قرمز}} H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

اتصال H^+ حاصله به هموگلوبین و جلوگیری از اسیدی شدن خون و کاهش pH
خروج یون بیکربنات از گلبول قرمز و ورود به پلاسما
با رسیدن خون به شش ها: آزاد شدن CO2 از بیکربنات و انتشار آن به هوا

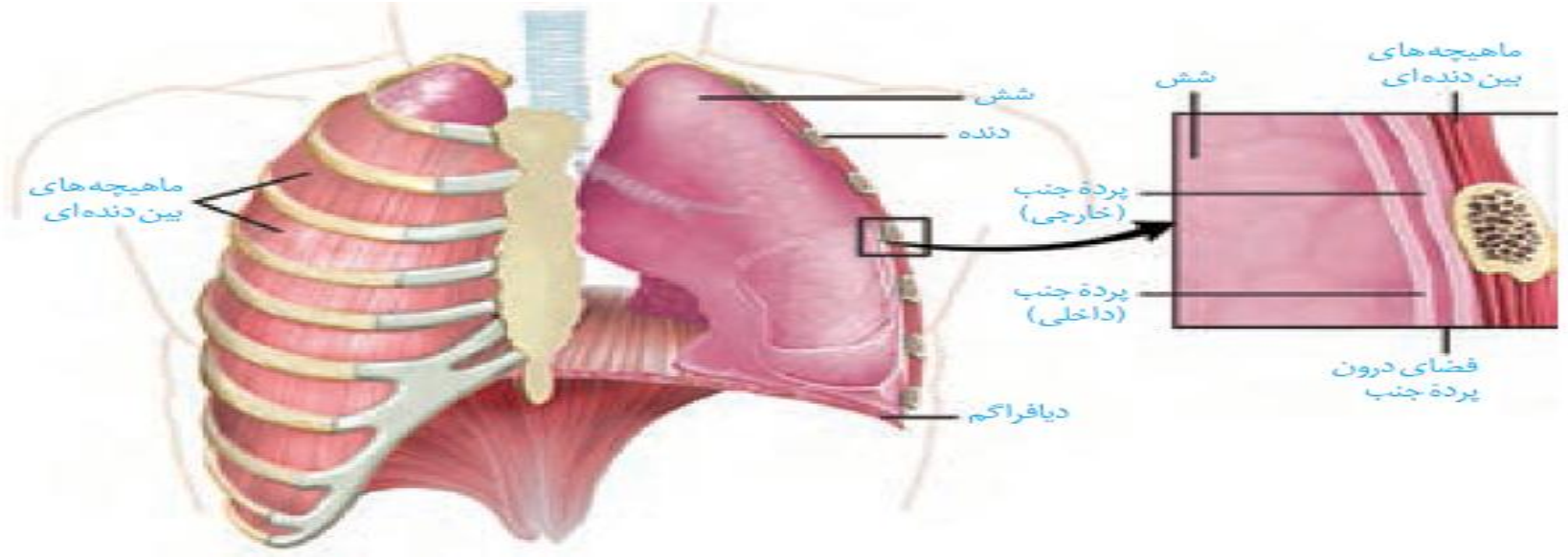


شش ها: موقعیت و ساختار

موقعیت: درون قفسه سینه، روی پرده ماهیچه ای دیافراگم – کوچکتر بودن شش چپ به علت مجاورت با قلب

دارای ساختار اسفنج گونه به علت وجود کیسه های هوایی(حبابکی) فراوان
وجود مویرگهای خونی فراوان اطراف کیسه های هوایی همچون تار عنکبوت

شش ها مجموعه ای از لوله های منشعب، کیسه های هوایی و رگها که با بافت پیوندی احاطه شده اند



وجود پرده دو لایه جنب اطراف هر شش جداگانه
(یک لایه چسبیده به شش و دیگری چسبیده به قفسه سینه)

عامل اتصال شش به قفسه سینه

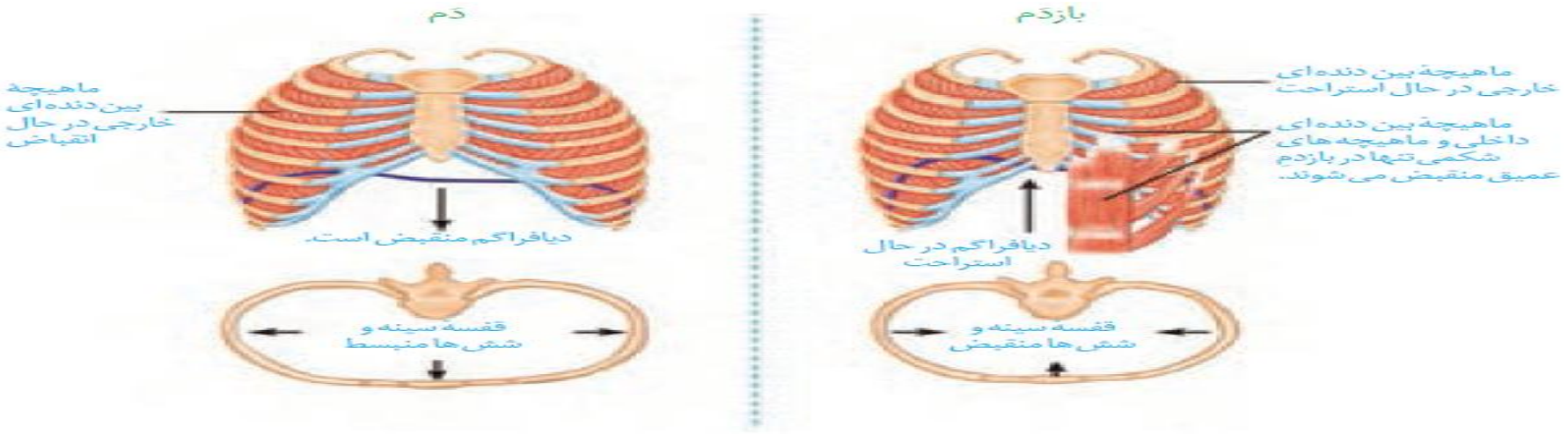
درون پرده جنب ⟵ فضای جنب پر شده با مایع جنب

تهویه ششی شامل دو فرآیند دم و بازدم

۲ ویژگی مهم ششها: ۱- پیروی از حرکات قفسه سینه ۲- کشسانی

انبساط قفسه سینه ⮜ انبساط شش ها ⮜ افزایش حجم و کاهش فشار هوای شش ⮜ ورود هوا از بیرون به شش (دم)

مقاومت شش ها در برابر انبساط به علت خاصیت کشسانی ⮜ تمایل به برگشت به وضعیت قبل ⮜
کاهش حجم و افزایش فشار هوای شش ⮜ خروج هوا از شش به بیرون (بازدم)



دم فرآیند فعال، همراه با افزایش حجم قفسه سینه:

نقش ماهیچه های گردن در افزایش حجم قفسه سینه در **دم عمیق**

۱- انقباض دیافراگم ⮜ مسطح شدن آن

۲- انقباض ماهیچه های بین دنده ای خارجی ⮜ ۱- جابه جا کردن دنده ها به بالا و جلو ۲- راندن جناغ به جلو

تنفس آرام و طبیعی ⮜ نقش اصلی بر عهده دیافراگم

ویژگی کشسانی ششها ⮜ استراحت ماهیچه دیافراگم و بین دنده ای خارجی ⮜ کاهش حجم قفسه سینه و ششها ⮜ راندن هوا به بیرون شش

کاهش حجم قفسه سینه با انقباض ماهیچه های بین دنده ای داخلی و شکم در **بازدم عمیق**

فعالیت

تشریح شش گوسفند

۱ــ ویژگی ظاهری: شش به علت دارا بودن کیسه‌های هوایی فراوان، حالتی اسفنج گونه دارد. شش راست از شش چپ بزرگ‌تر است. شش راست از سه قسمت یا لَب (لوب) و شش چپ از دو قسمت تشکیل شده است.

۲ــ تشخیص شش راست و چپ: اگر در نمونه‌ای که تهیه کرده‌اید مری نیز وجود دارد، به محل قرارگیری آن توجه کنید. نای در جلو و مری درپشت قرار گرفته است و به این ترتیب می‌توانید سطح جلویی و پشتی نای و شش‌ها (و در نتیجه راست و چپ آنها) را نیز مشخص کنید.

مری را جدا کنید. برای تشخیص سطح جلویی و پشتی نای در حالتی که مری از آن جدا شده است، کافی است به یاد داشته باشید که غضروف‌های نای C شکل‌اند. این وضعیت

باعث می‌شود که در نای، قسمت دهانهٔ حرف C از سایر قسمت‌ها نرم‌تر باشد. با لمس کردن، این قسمت را پیدا کنید. این قسمت، محل اتصال نای به مری و بنابراین سطح پشتی نای است.

۳ــ بررسی انبساط پذیری شش‌ها: با یک تلمبه از نای به درون شش‌ها بدمید و خاصیت انبساط‌پذیری و قابلیت کشسانی شش‌ها را مشاهده کنید.

۴ــ بررسی ساختارهای درونی: نای را از قسمت نرم آن (دهانهٔ حرف C) در طول، برش دهید تا به نزدیکی شش‌ها برسید. در نای گوسفند، قبل از دو نایژهٔ اصلی، یک انشعاب سوم هم مشاهده می‌شود که به شش راست می‌رود. مدخل این انشعاب و بعد نایژه‌های اصلی را مشاهده کنید.

برش طولی نای را از مدخل نایژهٔ اصلی ادامه دهید. دقت کنید که بریدن نایژهٔ اصلی به سادگی نای نیست و این به علت ساختار غضروف‌های نایژه است که در ابتدا به صورت حلقهٔ کامل و بعد به صورت قطعه قطعه است. در طول نای، مدخل‌های نایژه‌های بعدی قابل مشاهده است.

اگر تکه‌ای از شش را بِبُرید، در مقطع آن سوراخ‌هایی را مشاهده می‌کنید که به سه گروه قابل تقسیم‌اند. نایژه ها، سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌ها. لبهٔ نایژه‌ها به علت دارا بودن غضروف، زبر است و به این ترتیب از دو رگ دیگر قابل تشخیص است. سرخرگ‌ها دیوارهٔ محکم‌تری نسبت به سیاهرگ‌ها دارند و به همین علت، برخلاف سیاهرگ‌ها دهانهٔ آنها حتی در نبود خون هم باز است اما دهانهٔ سیاهرگ‌ها در نبود خون بسته است.

اگر تکه‌ای از شش را ببرید و در ظرفی پر از آب بیندازید خواهید دید که روی سطح آب شناور می‌ماند. چرا؟

به علت وجود هوا در مجاری و حبابکها(کیسه های هوایی) بافت شش سبک بوده و در سطح آب شناور می گردد.

حجم های تنفسی: مقدار هوای وارد یا خارج شده از ششها وابسته به چگونگی دم و بازدم

اندازه گیری حجم های تنفسی با دستگاه **اسپیرومتر** (دم سنج)

نمودار رسم شده از دم و بازدم توسط اسپیرومتر ⟵ **اسپیروگرام** (دم نگاره)

تحلیل اسپیروگرام ⟵ تشخیص بیماریهای شش

حجم جاری: مقدار هوای وارد شده در یک دم عادی یا خارج شده در یک بازدم عادی **500 ml**

حجم تنفسی در دقیقه:حاصلضرب حجم جاری در تعداد تنفس در دقیقه (بزرگسالان ۱۲-۱۶ دفعه و کودکان ۲۰-۳۰ دفعه)

حجم ذخیره دمی: مقدار هوایی که پس از یک دم معمولی با یک دم عمیق می توان به ششها وارد کرد **3000 ml**

حجم ذخیره بازدمی: مقدار هوایی که پس از یک بازدم معمولی با یک بازدم عمیق می توان ازششهاخارج کرد **>1000 ml**

حجم باقیمانده: مقدار هوای باقیمانده در ششها که نمی توان آن را خارج کرد حتی بعد از بازدم عمیق **>1000 ml**

دارای اهمیت: ۱- در باز ماندن حبابکها ۲- امکان تبادل گازها در فاصله بین دو تنفس

هوای مرده: بخشی از هوای دمی که در بخش هادی دستگاه تنفس می ماند و وارد مبادله نمی شود. **150 ml**

ظرفیت های تنفسی: مجموع دو یا چند حجم تنفسی است

ظرفیت حیاتی: مقدار هوایی است که پس از یک دم عمیق، با یک بازدم عمیق می توان از ششها خارج کرد

حجم جاری+ ذخیره دمی + ذخیره بازدمی **<5000 ml**

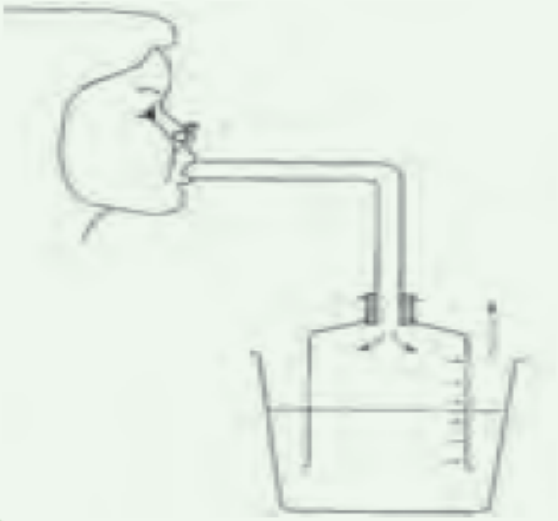
ظرفیت تام: حداکثر مقدار هوایی که ششها می توانند در خود جای دهند

ظرفیت حیاتی + حجم باقیمانده **6000 ml**

شکل ۱۵ــ دَم‌سنج و دَم‌نگاره. مقدار حجم‌ها در فرد سالم، به سن و جنسیت او بستگی دارد.

فعالیت

ظرفیت شش های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می توانید گنجایش شش های خود و هم کلاسی هایتان را اندازه بگیرید. گنجایش ظرف وارونه، حداقل باید پنج لیتر باشد. در ابتدا، ظرف را تا گردن از آب پر و سپس در تشت وارونه کنید.



ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و بعد تا جایی که می توانید در لوله فوت کنید. هنگام فوت کردن بینی خود را بگیرید.

۱ــ آیا عددی که در اینجا نشان داده می شود، ظرفیت واقعی شش های شماست؟ دلیل بیاورید.

۲ــ چگونه می توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه بگیرید؟

۱- عدد حاصل ظرفیت واقعی را نشان نمی دهد زیرا همیشه بین نیم تا یک لیتر هوا در شش ها باقی می ماند.

۲- کافی است با اندکی تمرین از طریق لوله عمل دم (به تنهایی) انجام داده شود . بدیهی است که عمل بازدم نیز معادل دم خواهد بود.

سایر اعمال دستگاه تنفس: تکلم – سرفه و عطسه

حنجره: محل قرارگیری پرده های صوتی که حاصل چین خوردگی مخاط به سمت داخل اند.

ارتعاش پرده های صوتی با هوای بازدمی
واژه سازی به وسیله لبها و دهان (زبان و دندانها) ⟵ انجام تکلم
و کنترل مراکز عصبی تکلم

ورود ذرات خارجی یا گازهای نامطلوب به مجاری تنفسی ⟵ واکنش عطسه و سرفه

خروج هوا با فشار همراه با مواد خارجی از راه دهان (سرفه) و بینی و دهان (عطسه)

مصرف دخانیات ⟵ از بین رفتن سلولهای مژکدار مخاط تنفسی- سرفه های مکرر برای بیرون راندن مواد خارجی (راه موثرتر)

تنظیم تنفس

رسیدن دستور انقباض (از مرکز تنفس در بصل النخاع) توسط سلولهای عصبی حرکتی به ماهیچه دیافراگم و بین دنده ای خارجی ⟵ انقباض ماهیچه های دیافراگم و بین دنده ای خارجی ⟵ آغاز دم

با اتمام دم و بازگشت ماهیچه ها به استراحت و کشسانی ششها ⟵ انجام بازدم (غیرفعال و بدون پیام عصبی)

عوامل موثر در تنظیم تنفس (مدت زمان و توقف دم):

۱- مرکز دیگر تنفس در پل مغز ⟵ اثر بر مرکز تنفس در بصل النخاع ⟵ تنظیم مدت زمان دم و خاتمه دم

۲- پر شدن بیش از حد ششها ⟵ کشیده شدن ماهیچه های صاف دیواره نایژه ها و نایژکها (خطرناک بودن با کشیدگی بیش از حد) ⟵ ارسال پیام از این ماهیچه ها به مرکز تنفس در بصل النخاع ⟵ توقف دم

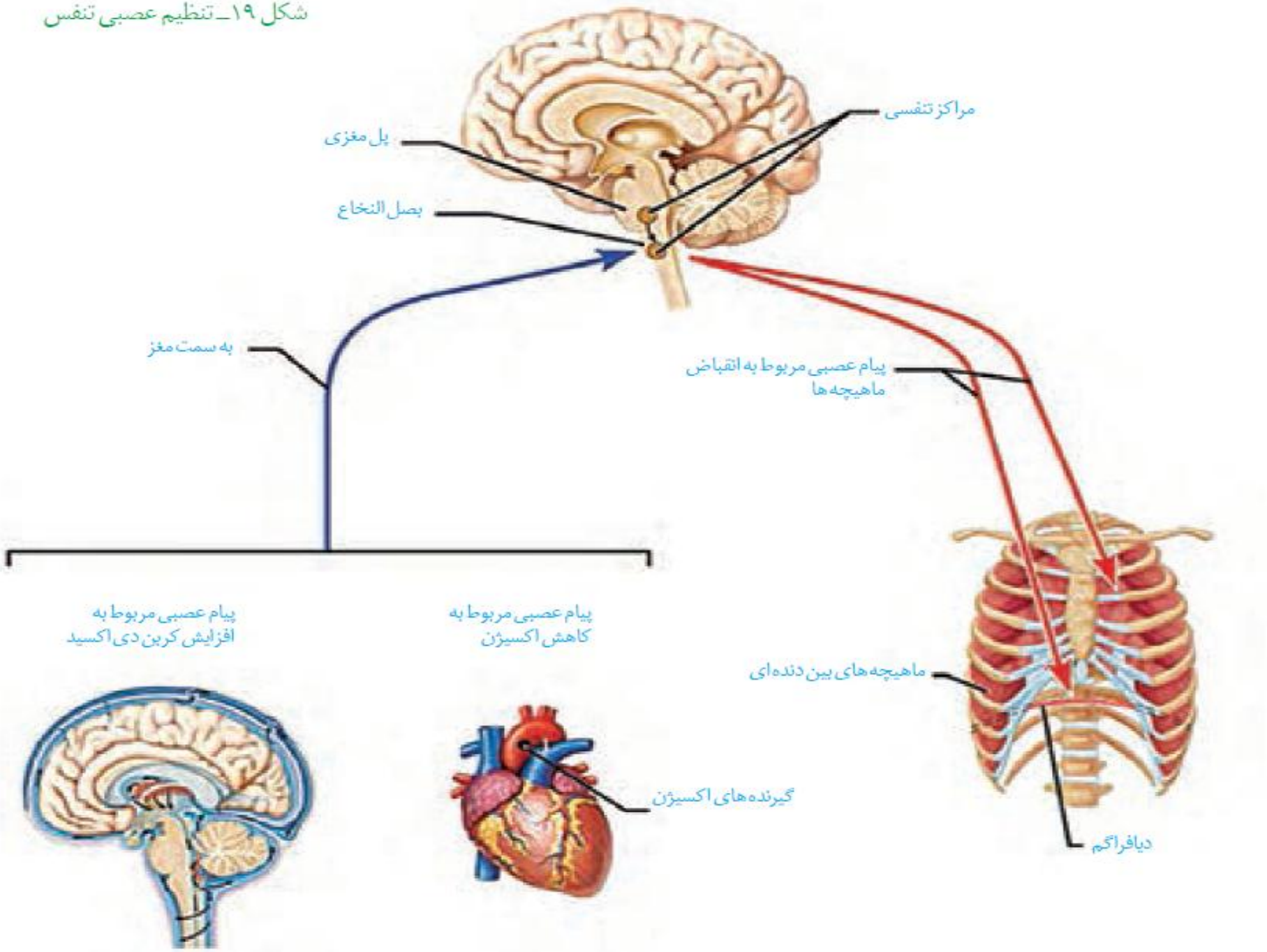
۳- افزایش CO_2 ⟵ اثر بر مرکز تنفس در بصل النخاع ⟵ افزایش آهنگ تنفس

۴- حساس بودن گیرنده های موجود در سرخرگ آئورت و سرخرگهای ناحیه گردن (خونرسانی به سر و مغز) به کاهش اکسیژن ⟵ ارسال پیام به بصل النخاع

محرک مهم برای نفس کشیدن **دفع CO_2** است نه نیاز سلولها به اکسیژن

در صورت **افت شدید و خطرناک اکسیژن** ⟵ جذب اکسیژن محرک مهمتر تنفس می باشد.

شکل ۱۹ـ تنظیم عصبی تنفس

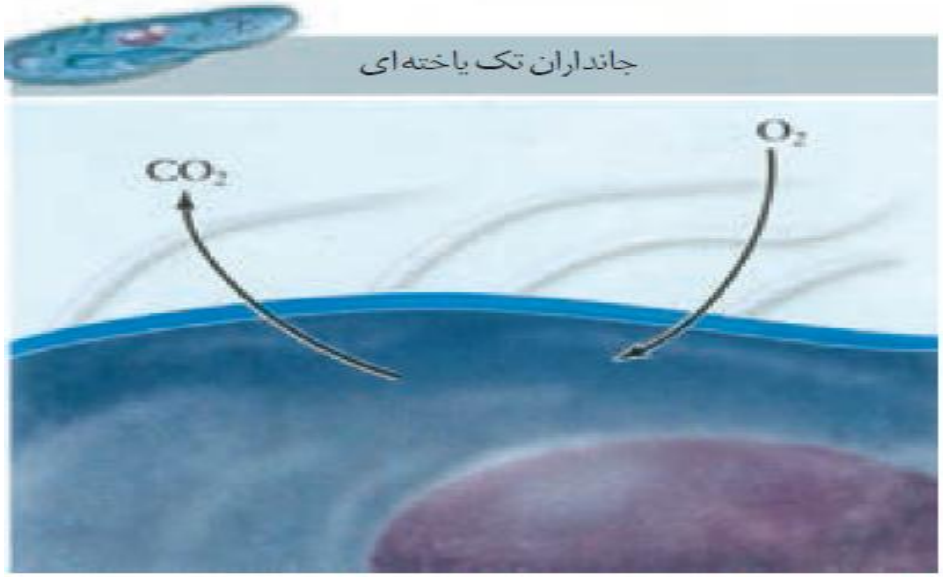


تنوع تبادلات گازی

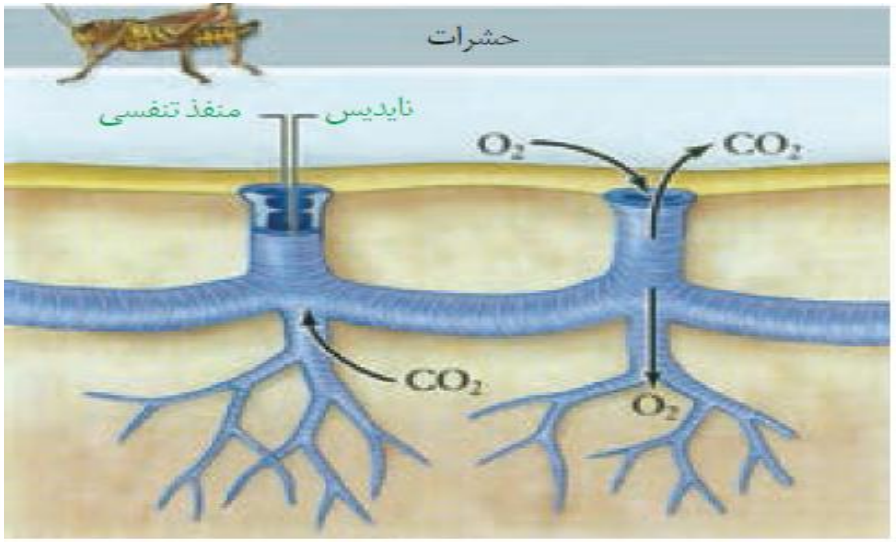
تبادل مستقیم گازها بین سلولها و محیط : در ۱- تک سلولیها ۲- جانورانی که همه سلولهایشان در تماس با محیط است مثل کرمهای پهن یا هیدر آب شیرین

۱- تنفس نایدیسی در بی مهرگان خشکی زی مانند حشرات و صدپایان

شامل لوله های منشعب و مرتبط به نام نایدیس که با کیتین مفروش شده اند.
ارتباط با خارج از طریق منافذ تنفسی سطحی بدن که در ابتدای نایدیس قرار دارد.
انشعابات پایانی: بن بست- فاقد کیتین و دارای مایع تبادلات گازی
فاصله میکرونی نایدیسهای انتهایی تا یاخته ها ⟵ انتشار گازها
بدون شرکت دستگاه گردش مواد در انتقال گازها



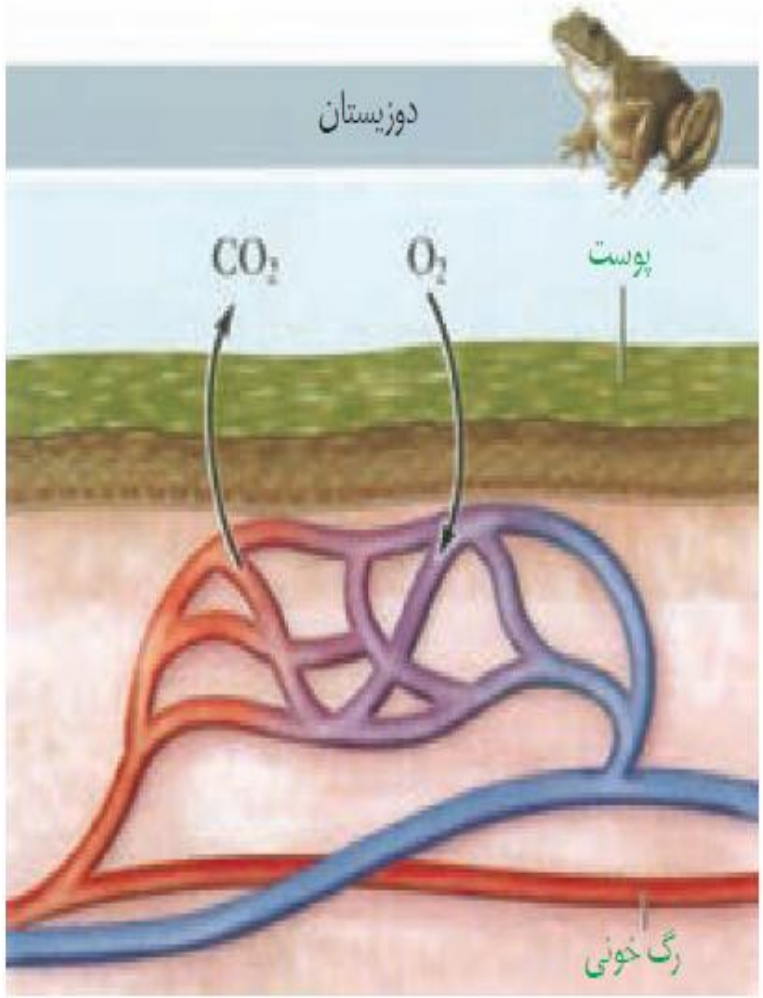
شکل ۲۰ـ تنفس از طریق انتشار در تک یاخته‌ای‌ها و هیدر



شکل ۲۱ـ تنفس نایدیسی

۲- تنفس پوستی

در بی مهرگان مثل کرم خاکی:
زندگی در محیط مرطوب ⟵ کمک به تبادلات گازی در خاک
شبکه مویرگی فراوان در زیر پوست

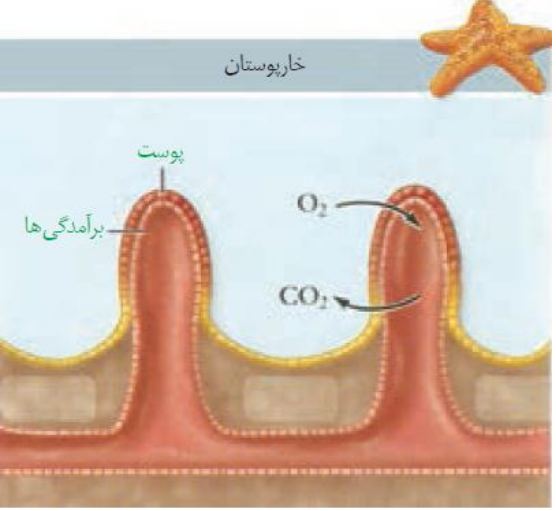


شکل ۲۲ـ تنفس پوستی

در مهره داران شش دار:
لاک پشت آبی، سمندر های شش دار و مارهای آبی
نقش کمکی در تبادلات گازی

در دوزیستان:
بیشتر تنفس از طریق پوست (ساده ترین ساختار تنفسی در مهره داران)
داشتن شبکه مویرگی یکنواخت و وسیع در زیر پوست
وجود ماده مخاطی لغزنده برای رطوبت پوست

۳- تنفس آبششی



ساده ترین آبشش در ستاره دریایی به صورت برجستگی های کوچک و پراکنده پوستی

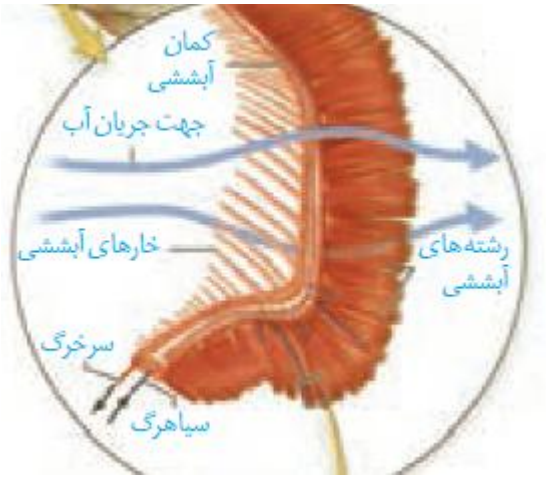
در سایر بی مهرگان قرارگیری آبشش ها در نواحی خاص بدن
(مانند آبشش خرچنگها که در اتاقک های خاص قرار دارد یا در آبشش پایان مثل میگو، آرتمیا و دافنی)

آبشش خارجی: که بیرون زده است - در لارو تمام دوزیستان و برخی ماهیها

آبشش داخلی: کارآمدتر- تبارل گازها از طریق سطوح آبششی

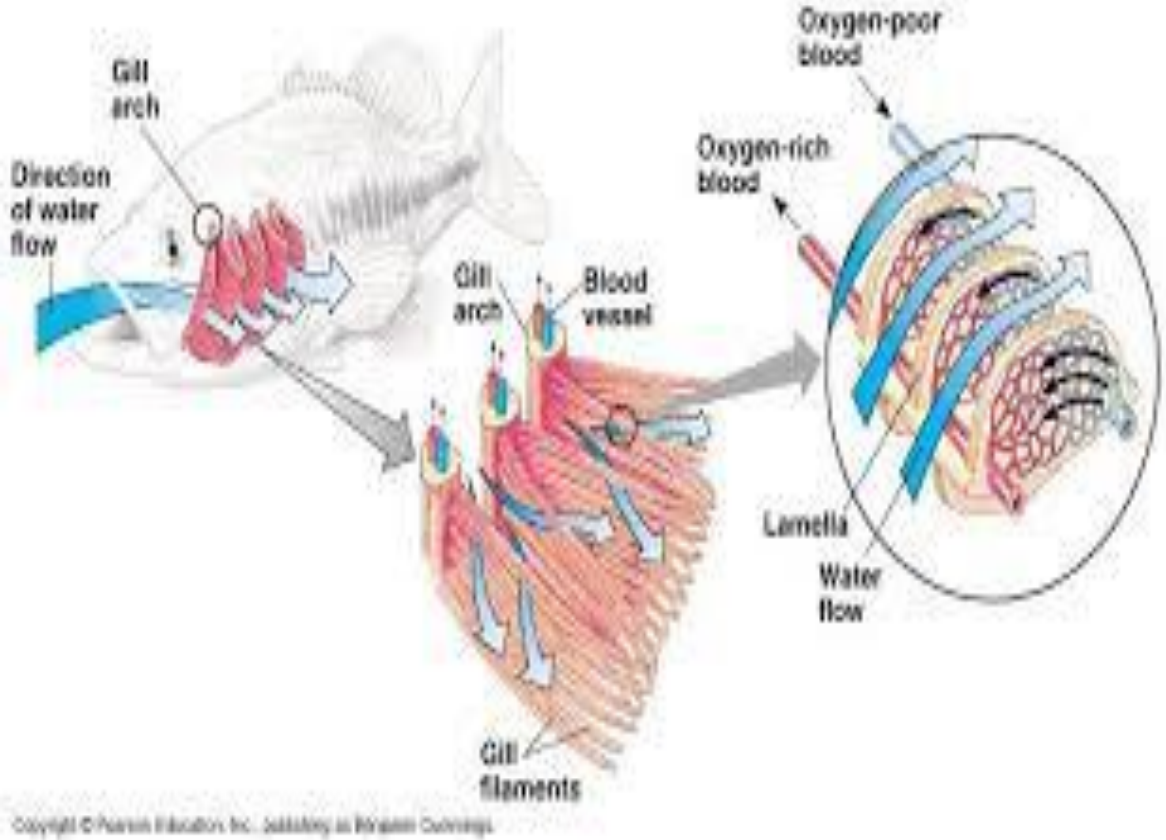
اجزای آبشش:

سرخرگ ورودی و خروجی
کمان آبششی
خار آبششی
رشته آبششی(از اجتماع تیغه های حاوی مویرگها جهت تبادل گازها)

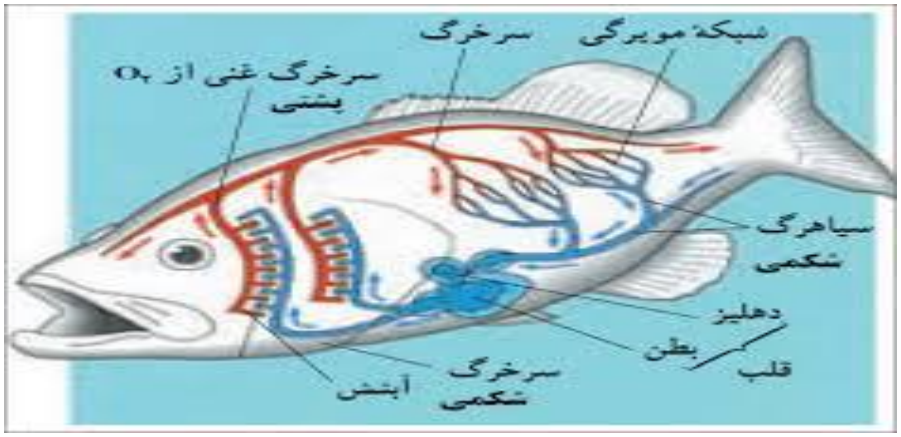


جهت حرکت خون در مویرگ برخلاف جهت حرکت آب جهت تبادل بهتر گازها

کمان آبششی
جهت جریان آب
خارهای آبششی
رشته های آبششی
سرخرگ
سیاهرگ


Gill arch
Direction of water flow
Oxygen-poor blood
Oxygen-rich blood
Gill arch
Blood vessel
Lamella
Water flow
Gill filaments

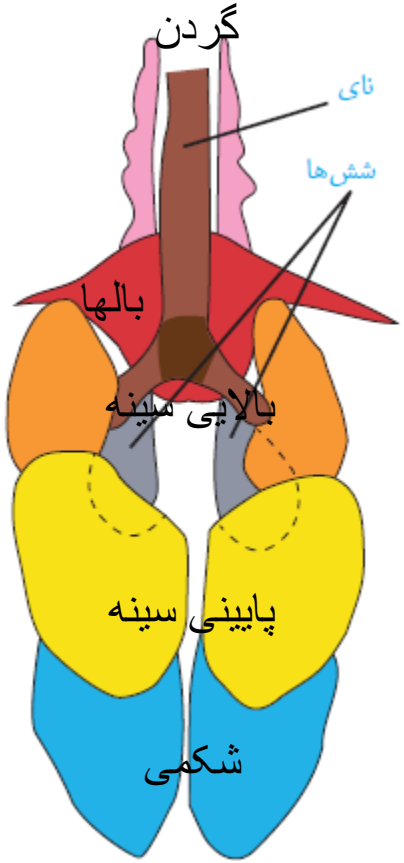
سرخرگ
سیاهرگ
جهت جریان آب
تیغه های درون رشته های آبششی
جهت جریان خون


سرخرگ
شبکهٔ مویرگی
سرخرگ غنی از O_2 پشتی
سیاهرگ شکمی
دهلیز
بطن
قلب
سرخرگ شکمی
آبشش

۴- تنفس ششی

در بی مهرگان خشکی زی مثل حلزون و لیسه (نرم تن شکم پا)

وجود ساز و کار تهویه ای در اکثر جانداران: برقرار شدن جریان پیوسته ای از هوای تازه در مجاورت سطوح تنفسی (سطح مبادله گازها)



تنفس ششی با پمپ فشار مثبت: در دوزیستان و برخی خزندگان

در قورباغه: راندن هوا با فشار به ششها با کمک عضلات دهان و حلق (شبیه قورت دادن)

تنفس ششی با مکش حاصل از فشار منفی: در پرندگان، پستانداران و بیشتر خزندگان
ایجاد فشار هوایی کمتر از فشار هوای جو در ششها

در پرندگان: نیاز به اکسیژن بیشتر برای تامین انرژی پرواز
کارآیی بالای تنفسی با داشتن کیسه های هوادار

فایده کیسه های هوادار(۹عدد): سبک کردن، خنک کردن به جای عرق و در اختیار بودن هوای تازه برای سطوح تنفسی

فرآیند تنفس در پرندگان

شامل دو مرحله است: بدین معنا که هوای ورودی در چرخه اول (قرمز تیره) با گذراندن دوچرخه از دم و بازدم از دستگاه تنفسی پرنده عبور و در نهایت خارج می شود.

هر چرخه شامل یک دم و بازدم است:

دم: ورود ۷۵% هوای تازه از نای به کیسه های عقبی و ۲۵% به ششها- ورود هوای تهویه شده قبلی از ششها به کیسه های جلویی ⬅ کیسه ها پر از هوا هستند

بازدم: خروج هوا از کیسه های عقبی به سمت ششها جهت تهویه – خروج هوا از کیسه های جلویی به سمت نای ⬅ کیسه ها خالی از هوا هستند

نتیجه: ششها طی دم و بازدم همواره دارای هوای تازه برای تهویه و تبادل با خون هستند.
نکته : با توجه به شکل ششهای پرنده فاقد حبابک (کیسه هوایی) بوده و دارای لوله هایی موازی است.