



تبادل گازها

است و خون فراوانی به ماهیچه‌های پروازی، می‌رسانند. در ماهیچه‌های پروازی آنها ماده‌ای شبیه به هموگلوبین، به نام میوگلوبین وجود دارد که می‌تواند همیشه مقداری اکسیژن ذخیره داشته باشد. بنابراین دستگاه تنفس این پرنده حداکثر کارایی و سازگاری را که برای جذب اکسیژن و دفع دی‌اکسید کربن لازم است، پیدا کرده است (شکل ۱-۵).

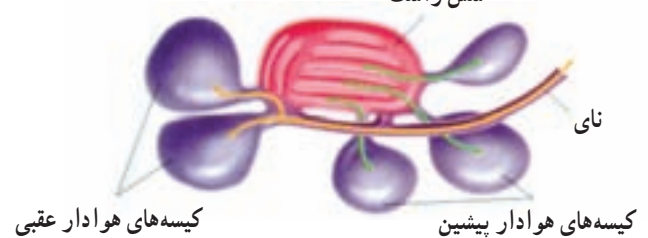
دستگاه تنفسی پرندگان در اساس با دستگاه تنفسی سایر مهره‌داران متفاوت است. جریان هوای درون شش‌های پرندگان یک طرفه و از عقب به سوی جلو است.

افرادی که برفراز کوه‌های هیمالیا، بین هندوستان و چین با هواپیما پرواز کرده‌اند، ممکن است دسته‌هایی از گازهای وحشی دیده باشند که در ارتفاع ۹ کیلومتری بالای سطح زمین، جایی که آدمی به علت سرمای شدید و کمبود اکسیژن، نمی‌تواند زندگی کند، در حال پرواز و مهاجرت‌اند.

یکی از عوامل ایجادکننده این سازگاری در گازهای وحشی، کارایی بالای شش‌های آنهاست که می‌توانند مقدار بسیار اندک اکسیژن هوا را جذب کنند. هموگلوبین آنها نیز قدرت پیوستگی زیادی با اکسیژن دارد. تعداد مویرگ‌های آنها فراوان

الف. دم

شش راست



کیسه‌های هوادار عقبی

کیسه‌های هوادار پیشین

شکل ۱-۵- دستگاه تنفسی پرندگان، تعداد کیسه‌های هوادار ۹ عدد است که یکی از آنها بین دو نیمه بدن مشترک است.

الف. هنگام دم هوا (پیکان‌های زردرنگ) عمدتاً (حدوداً ۷۰ درصد) به کیسه‌های هوادار عقبی می‌رود. در این حال هوای تهویه‌شده حاصل از دم قبلی (پیکان‌های سبزرنگ) به کیسه‌های هوادار پیشین منتقل می‌شود. ب. هنگام بازدم هوای تهویه‌نشده حاصل از دم (پیکان‌های زردرنگ) به درون شش‌ها وارد می‌شود. در این حال هوای تهویه‌شده حاصل از دم قبلی (پیکان‌های سبزرنگ) از کیسه‌های هوادار پیشین خارج می‌شود.

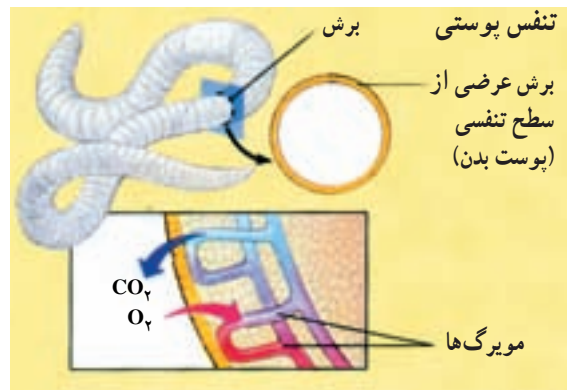
ب. بازدم



کار دستگاه تنفسی رساندن اکسیژن به بدن است

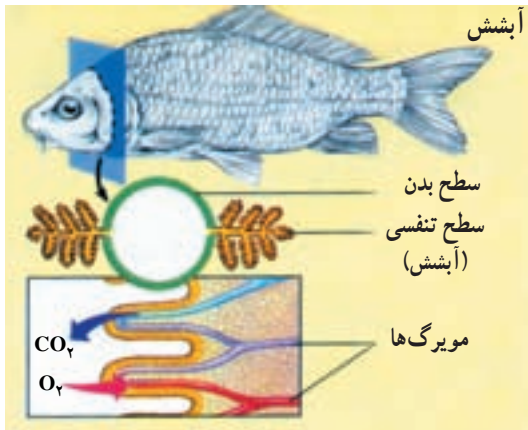
موجودات تک سلولی آبی اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق انتشار می گیرند و دی اکسید کربن را نیز از همین طریق دفع می کنند.

تنفس جانوران پر سلولی به شکل های گوناگونی انجام می شود. بعضی جانوران برای انجام تنفس از همه سطح بدن خود استفاده می کنند. به این نوع تنفس، تنفس پوستی می گویند. تنفس کرم خاکی پوستی است: اکسیژن از جدار نازک مویرگ های پوستی عبور می کند و وارد خون می شود. دی اکسید کربن نیز به همین طریق از بدن دفع می شود (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲- تنفس کرم خاکی

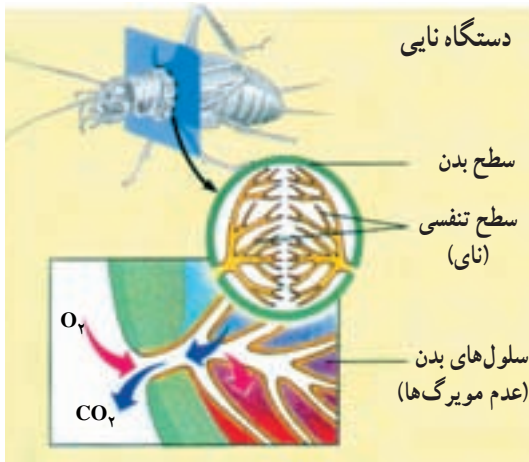
کرم خاکی و موجودات دیگری که تنفس پوستی دارند باید در محیط های مرطوب و یا در آب زندگی کنند تا سطح بدن آنها همیشه مرطوب بماند. این جانوران معمولاً جثه کوچک دارند و بسیاری از آنها بدن دراز (کرم خاکی) یا پهن (کرم پهن) دارند. این سازگاری ها برای افزایش سطح تنفس انجام شده است. پوست بیشتر جانوران برای انجام تنفس مناسب نیست؛ بنابراین در بدن این جانوران بخش های ویژه ای برای تنفس تمایز یافته اند. ماهی ها با آبشش تنفس می کنند. در دو طرف سر ماهی ردیف هایی از آبشش ها قرار دارد (شکل ۵-۳). اکسیژن محلول در آب از سطح آبشش ها وارد مویرگ ها می شود و دی اکسید کربن در خلاف جهت اکسیژن از مویرگ ها به درون آب انتشار می یابند. در جانوران خشکی زی آبشش برای تنفس مناسب نیست، زیرا در نبود آب رشته های آبششی به هم می چسبند و آبشش ها قادر به



شکل ۵-۳- دستگاه تنفسی آبشش ماهی

جذب اکسیژن موجود در هوا نیستند؛ بنابراین سطوح تنفسی (سطح مبادله اکسیژن و دی اکسید کربن) جانوران ساکن خشکی، به درون بدن منتقل شده است.

حشرات سیستم تنفسی متفاوتی دارند. این سیستم از تعدادی لوله های درونی به نام نای تشکیل شده است (شکل ۵-۴). شاخه های نای در سراسر بدن منشعب می شوند. تبادل گازها (اکسیژن و دی اکسید کربن) از این اتشعابات با سلول های بدن، به طور مستقیم و بدون نیاز به همکاری سیستم گردش مواد، انجام می گیرد.

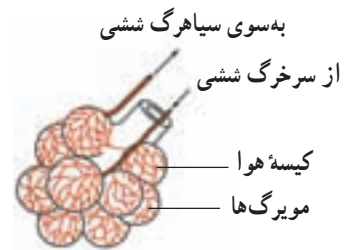
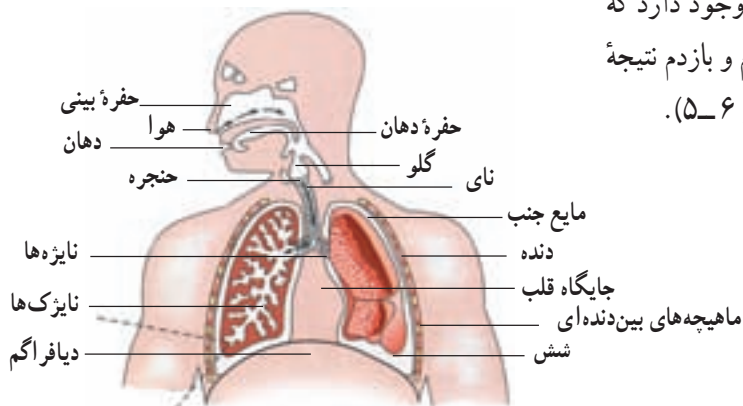


شکل ۵-۴- دستگاه تنفسی نایی حشرات

بیشتر مهره داران ساکن خشکی شش دارند. شش ها کیسه هایی هستند که جدار آنها از یک لایه نازک سلول های پوششی درست شده است. همان طور که در شکل ۵-۵ می بینید، سطوح داخلی



شکل ۵-۵- دستگاه تنفسی جانداران خشکی



شکل ۵-۶- شکل ساده‌ای از دستگاه تنفس انسان. تعداد نایزک‌ها و کیسه‌های هوایی در بدن انسان بسیار بیشتر از چیزی است که در شکل دیده می‌شود.

شش‌ها به دفعات چین خورده و سطح تنفس بزرگی تشکیل داده است. انتقال گازها بین شش‌ها و سلول‌های بدن با کمک سیستم گردش مواد انجام می‌گیرد.

دستگاه تنفسی انسان شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسه سینه است

حرکات تنفسی: دستگاه تنفس شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسه بسته سینه است که شش‌ها را در خود جای داده است. پرده دیواره جنب شش‌ها را به دیواره قفسه سینه مربوط می‌کند. مقدار کمی مایع در بین دو دیواره جنب وجود دارد که لغزنده است و حرکت شش‌ها را آسان می‌کند. دم و بازدم نتیجه تبعیت شش‌ها از حرکات قفسه سینه است (شکل ۵-۶).

خودآزمایی ۱-۵

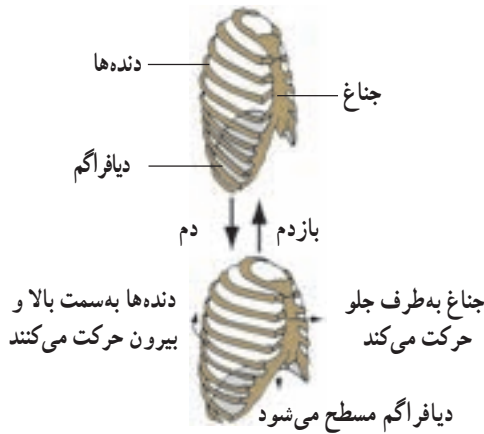
- ۱- نوع تنفس را در موجودات زیر بنویسید.
الف) کرم خاکی ب) ماهی ج) ملخ
- ۲- دستگاه تنفس پرندگان چه سازگاری‌هایی یافته است؟

فعالیت ۱-۵

ظرفیت شش‌های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می‌توانید گنجایش شش‌های خود و همکلاسی‌هایتان را اندازه بگیرید.

برای دمیدن از طریق لوله، ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و تا جایی که می‌توانید در لوله فوت کنید. بهتر است برای خنثی کردن وزن دستگاه در آب، درحالی که شما فوت می‌کنید، یک نفر دیگر، به آرامی ظرف را بالا بیاورد.

- ۱- آیا عددی که در اینجا نشان داده می‌شود، ظرفیت واقعی شش‌های شماست؟ دلیل بیاورید.
- ۲- چگونه می‌توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه بگیرید؟



شکل ۷-۵- تغییر حجم قفسه سینه هنگام دم و بازدم

تزدیک به دو سوم هوای جاری دمی به شش‌ها می‌رسد و بقیه آن در مجاری تنفسی می‌ماند و نمی‌تواند دی‌اکسیدکربن و اکسیژن خود را با خون مبادله کند. این یک سوم هوا را هوای مرده می‌نامند.

پس از هر دم معمولی می‌توان با یک دم عمیق حجم بیشتری از هوا را به درون شش‌ها فرستاد. این حجم هوا را هوای ذخیره دمی یا هوای مکمل می‌نامند. هم‌چنین هوایی را که پس از هر بازدم معمولی و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش‌ها خارج کرد، هوای ذخیره بازدمی می‌نامند.

به مجموع هوایی که هر فرد پس از یک دم عمیق، طی یک بازدم عمیق بیرون می‌دهد، ظرفیت حیاتی می‌گویند. پس از حداکثر بازدم، هنوز مقداری هوا درون شش‌ها باقی می‌ماند که به آن هوای باقی‌مانده می‌گویند. اگر حجم هوای جاری را در تعداد حرکات تنفس در یک دقیقه ضرب کنیم، حجم تنفسی در دقیقه به دست می‌آید.

در انسان و سایر پستانداران، قفسه سینه به وسیله پرده دیافراگم از حفره شکم جدا شده است.

دیفراگم با حرکت خود به پایین و بالا، حجم قفسه سینه را افزایش و کاهش می‌دهد و در تنفس آرام و طبیعی مهم‌ترین نقش را در حرکات شش‌ها دارد. بالا و پایین رفتن دنده‌ها (با کمک ماهیچه‌های بین دنده‌ای) و استخوان جناغ، با افزایش و کاهش حجم قفسه سینه به عمل دیافراگم کمک می‌کند. در تنفس شدید، انقباض عضلات شکم نیروهای قبلی را تقویت می‌کند. ماهیچه‌هایی که قفسه سینه را بالا می‌برند و حجم آن را افزایش می‌دهند ماهیچه‌های دم و ماهیچه‌هایی که قفسه سینه را پایین می‌برند، ماهیچه‌های بازدم به حساب می‌آیند (شکل ۷-۵).

ماده‌ای به نام سورفاکتانت از برخی سلول‌های دیواره کیسه‌های هوایی ترشح می‌شود، سطح داخلی این کیسه‌ها را می‌پوشاند و کشش سطحی مایع پوشاننده آنها را کاهش می‌دهد و باز شدن طبیعی آنها را تسهیل می‌کند. سورفاکتانت در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود به همین جهت بعضی از نوزادان زودرس که مقدار سورفاکتانت در آنها به مقدار کافی ساخته نمی‌شود، به زحمت تنفس می‌کنند.

اگر در جدار قفسه سینه شکافی ایجاد شود، شش‌ها به روی خود می‌خوابند و هوا به درون حفره سینه مکیده می‌شود. گنجایش شش‌های افراد مختلف با یکدیگر متفاوت است. هر یک از ما در هر دم (فرو بردن هوا به درون دستگاه تنفسی) و بازدم (خارج کردن هوا از دستگاه تنفسی) در حدود ۵۰۰ میلی‌لیتر هوا را جابه‌جا می‌کنیم. به این میزان هوا، هوای جاری گفته می‌شود.

خودآزمایی ۲-۵

- ۱- بخش‌های مختلف دستگاه تنفسی انسان را بنویسید.
- ۲- کار پرده جنب چیست؟
- ۳- ماهیچه‌های دم و بازدمی را نام ببرید.
- ۴- نقش دیافراگم در تنفس را بنویسید.
- ۵- ماهیچه‌های تنفسی را نام ببرید.
- ۶- نقش سورفاکتانت را در تنفس بنویسید.
- ۷- اصطلاحات زیر را تعریف کنید:

الف) هوای جاری	ب) ظرفیت شش‌ها	ج) هوای باقی‌مانده
د) هوای ذخیره دمی (مکمل)	ه) هوای مرده	و) هوای ذخیره بازدمی

هموگلوبین برای انتقال گازها در خون، به کار می رود

اکسیژن به مایع بین سلولی می شود و با افزایش جریان خون در بافت ها این انتشار نیز بیشتر می شود. هرچه مصرف اکسیژن سلول ها بیشتر باشد، فشار اکسیژن در مایع بین سلولی کم تر و ورود اکسیژن به آن شدید تر می شود. دی اکسید کربن ایجاد شده به وسیله سلول ها از مایع بین سلولی به داخل مویرگ ها منتشر می شود و چون انتشار آن بسیار سریع تر از اکسیژن صورت می گیرد، اختلاف فشار کم این ماده که از چند میلی متر جیوه بیشتر نیست، برای انتشار آن کافی است.

اعمال مجاری تنفس: بعد از نای و نایژه ها، مجاری تنفس

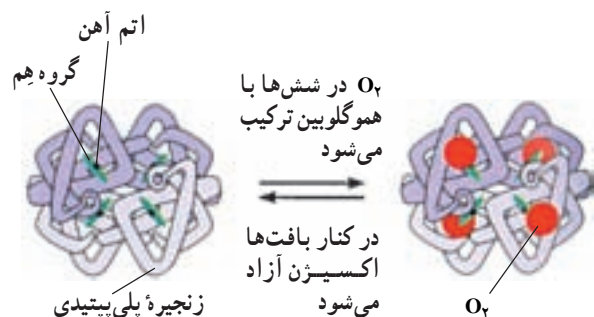
بیش از ۲۰ بار به انقباضات باریک تر به نام نایژک تقسیم می شوند. حلقه های غضروفی زیادی که در دیواره نای و نایژه ها وجود دارد، مجرای آنها را همیشه باز نگاه می دارد. در بیماری آسم نایژک ها تنگ می شوند و تنفس را مشکل می کنند. سطح داخلی دیواره مجاری هوا از بینی تا نایژک های انتهایی از یک بافت پوششی مژه دار پوشیده شده است و ترشحات مخاطی روی این سلول ها لایه چسبناکی به وجود می آورد که علاوه بر مرطوب کردن هوای تنفسی، ذرات ریز موجود در هوای دم را جذب می کند. حرکت ضربانی مژه ها به سوی حلق باعث رانده شدن این ترشحات به همراه ذرات خارجی به سوی گلو می شود.

سرفه و عطسه برای بیرون راندن مواد از راه های تنفسی انجام می شود

حساسیت زیاد نای، نایژه ها و مجاری بینی باعث می شود تا ورود گازها و مواد خارجی باعث واکنش سرفه یا عطسه شود. در این حالت هوا با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می شود. در شروع سرفه یا عطسه حنجره بسته می شود و هوا را در داخل شش ها محبوس می کند. سپس با باز شدن ناگهانی حنجره، هوا با فشار خارج می شود. عطسه بر اثر تحریک مجاری بینی ایجاد می شود و در آن زبان کوچک به پایین کشیده می شود و هوا از طریق بینی خارج می گردد.

تکلم: تکلم با شرکت دستگاه تنفس و مراکز عصبی تکلم صورت می گیرد. تولید صدا با ارتعاش تارهای صوتی حنجره و واژه سازی به وسیله لب ها، دهان و زبان صورت می گیرد.

در حدود ۹۷ درصد اکسیژن به وسیله هموگلوبین و بقیه به صورت محلول در پلاسما به بافت ها منتقل می شود. اگر فشار اکسیژن زیاد باشد مقدار بیشتری از آن با هموگلوبین ترکیب و هرگاه فشار اکسیژن کم باشد، اکسیژن از هموگلوبین رها می شود (شکل ۸-۵). در شرایط عادی که فشار اکسیژن در هوای کیسه های هوایی شش ها در حدود ۱۰۴ میلی متر جیوه است، هموگلوبین در حدود ۹۷ درصد توان خود اکسیژن می گیرد و در خون سیاهرگ هایی که از بافت ها باز می گردند، هموگلوبین هنوز در حدود ۷۸ درصد توسط اکسیژن اشباع شده است. وجود مونواکسید کربن که با هموگلوبین میل ترکیبی بسیار شدیدتر از اکسیژن دارد، مانع ترکیب اکسیژن با هموگلوبین و در نتیجه باعث مسمومیت و سرانجام مرگ می شود. تقریباً ۷۰ درصد دی اکسید کربن در خون به صورت بیکربنات درمی آید و به شش ها منتقل می شود. مقداری دی اکسید کربن با اثر آنزیم آنیدراز کربنیک که در غشای گلبول های قرمز وجود دارد، با آب ترکیب می شود و اسید کربنیک می سازد که بیشترین مقدار آن به یون های بیکربنات و هیدروژن تجزیه می شود. تقریباً ۲۳ درصد دی اکسید کربنی که در بافت ها تولید می شود به صورت مستقیم با هموگلوبین ترکیب می شود. ۷ درصد باقی مانده نیز به صورت محلول در پلاسما انتقال می یابد.



شکل ۸-۵- هموگلوبین با چهار مولکول اکسیژن ترکیب می شود.

تنفس واقعی در سلول ها انجام می شود

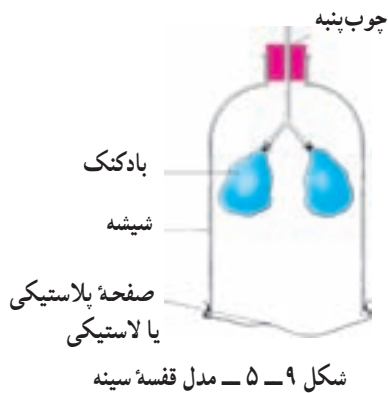
تنفس واقعی سلول های بدن با رسیدن اکسیژن به مایع بین سلولی صورت می گیرد. اختلاف فشار زیاد اکسیژن بین خون و مایع بین سلولی، در مجاورت مویرگ ها، موجب انتشار سریع



فعالیت ۲-۵

تغییرات فشار و حجم در مدل قفسه سینه

۱- دستگاهی مطابق طرح زیر بسازید؛ این مدل، مدل قفسه سینه و دستگاه تنفسی است. چه قسمت‌هایی از این مدل معادل شش‌ها، نای، نایزه‌ها، دنده‌ها و دیافراگم هستند؟



۲- به آرامی صفحه لاستیکی را به طرف پایین بکشید. با دقت به بادکنک‌ها نگاه کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ توضیح دهید.

۳- اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف - وقتی که صفحه لاستیکی را به طرف پایین می‌کشید، حجم و فشار داخل ظرف چه تغییری می‌کند؟

ب - با کمک پاسخ پرسش الف توضیح دهید که چرا بادکنک‌ها هنگام پایین کشیدن صفحه پلاستیکی پر از هوا می‌شوند؟

ج - در این مدل از قفسه سینه انسان، نقش کدام یک از ماهیچه‌های مهم بدن در نظر گرفته نشده است؟



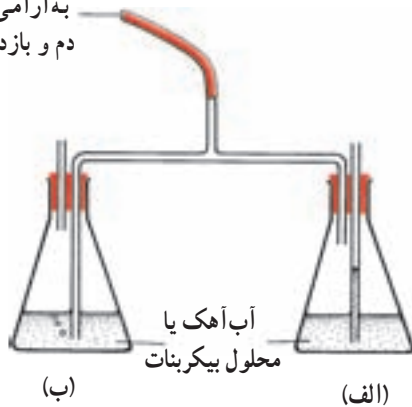
فعالیت ۳-۵

مقایسه مقدار دی‌اکسید کربن در هوای دم و بازدم

برای انجام این آزمایش می‌توانید از محلول آب‌آهک یا بی‌کربنات که معرف CO_2 هستند استفاده کنید. اگر دی‌اکسید کربن به آنها دمیده شود، آب‌آهک حالت شیری رنگ به خود می‌گیرد و محلول معرف بی‌کربنات زرد رنگ می‌شود.

الف - دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لوله طویل را در داخل محلول و انتهای لوله کوتاه را در بالای محلول قرار دهید.

به آرامی در این لوله دم و بازدم انجام دهید



ب - به آرامی از طریق لوله مرکزی عمل دم و بازدم انجام دهید. در هنگام دم از انتهای کدام لوله حباب هوا خارج می‌شود؟ در هنگام بازدم چگونه؟

ج - دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرف در یکی از لوله‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید.

د - چند دقیقه دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی را که در رنگ هر دو لوله مشاهده می‌کنید، یادداشت کنید.

شکل ۱۰-۵ - مقایسه مقدار دی‌اکسید کربن هوای دم و بازدم

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

الف - به نظر شما چرا هوای دمی به یک لوله وارد می‌شود و هوای بازدمی به لوله دیگر؟

ب - نخست در کدام لوله تغییر رنگ مشاهده کردید؟ در لوله هوای دمی و یا لوله بازدمی که حباب‌های هوا از آن

خارج می‌شوند؟

ج - آیا معرف در هر دو لوله سرانجام تغییر رنگ داد؟ این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می‌کند؟

- ۱- نقش هموگلوبین را در تنفس بیان کنید.
 - ۲- چرا تنفس گاز مونواکسید کربن خطرناک است؟
 - ۳- بیشترین مقدار دی‌اکسید کربن به چه طریقی در خون حمل می‌شود؟
 - ۴- منظور از تنفس واقعی چیست؟
 - ۵- وجود ترشحات مخاطی در مجاری تنفسی چه اهمیتی دارد؟
 - ۶- با توجه به مسیر تنفس، در نقطه‌چین‌ها، کلمه‌های مناسب قرار دهید.
- بینی ← حلق ← نای ← ... ← ... ← کیسه‌ هوایی ← ... ← ... ← ... ← ... ← بینی
-