فیزیولوژی دستگاه تنفسی

انرژی مورد نیاز سلول های بدن از طریق واکنش های شیمیایی بدست می آید. این انرژی زمانی حاصل می شود که اکسیژن وجود داشته باشد؛ عمل سیتم تنفسی , تامین اکسیژن مورد نیاز بدن ودفع مواد زائد حاصل از واکنش های شیمیایی است.

تنفس عبارت از روندی که طی آن مبادلات گازی بین جو و سلولهای بدن انجام می گیرد و شامل دو مرحله است: تنفس خارجی و تنفس داخلی .

به طور کلی اهداف تنفس تامین اکسیژن برای بافت ها و خارج کردن دی اکسید کربن است. این عمل طی فرآیندهای زیر انجام می شود : تهویه ریوی – انتشار ریوی – انتقال گازها و تبادل مویرگی گازها می باشد.

تهویه ریوی ، شامل ورود و خروج هوا بین محیط و ریه ها تا سطح حبابچه ها است.

انتشار ریوی ، شامل تبادل گاز بین حبابچه ها و خون است.

انتقال گازها ، شامل حمل اکسیژن و دی اکسید کربن از طریق خون بسوی سلول ها و بالعکس می باشد.

تبادل مویرگی گازها یعنی تبادل گاز بین خون مویرگ و سلول ها می باشد.

دو فرآیند تهویه ریوی و انتشار ریوی ؛ تنفس خارجی می باشد. دو فرآیند انتقال و تبادل مویرگی بعنوان تنفس داخلی می باشند.

سیستم تنفسی شامل حفره های بینی ؛ حلق ، حنجره ، نای ، برونش ها ؛برونشیول ها ؛ ریه ها و پرده جنب می باشند.

بینی دارای دو حفره می باشد که از جلو به بیرون و از خلف به حلق باز می شود، که محل عبور هوا هستند. حفره های بینی دارای مژه می باشند، که این مژه ها از تصفیه گردوغبار اهمیت دارند. همچنین عروق خونی داخل حفره ها ؛ هوا را از نظر حرارت و رطوبت متعادل می سازند.

حلق : اندامی عضلانی که با دهان و بینی و حنجره ارتباط دارد.

حنجره : مجرای عبور هوا و تولید صوت می باشد که در قسمت قدامی و فوقانی گردن قرار گرفته است. اسکلت حنجره را غضروف هایی تشکیل می دهد که این غضروف ها ، شامل غضروف های تیروئید – غضروف انگشتری ، غضروف اپی گلوت و غضروف هرمی می باشد.

نای : لوله ای بطول 12 سانتیمتر ، که از زیر غضروف انگشتری به موازات مهره ششم گردنی شروع و در میان سینه در سطح مهره چهارم سینه ای به دو شاخه بنام برونش های اصلی چپ و راست تقسیم

] f°~¬p® °²±p¡ §£¬¡£±

می شود.در طول نای 15 تا 20 حلقه ناقص غضروفی وجود دارد که قسمت ناقص آنها به سمت خلف می باشد. این حلقه های غضروفی به منظور جلوگیری از روی هم خوابیدن نای بوجود آمده اند.

برونش اصلی راست کوتاهتر از برونش اصلی چپ می باشد و مجرای درونی آن گشادتر از برونش چپ می باشد. احتمال ورود ذرات خارجی به ریه راست بیشتر است. تیغه های غضروفی به تدریج در برونشیول ها کوچکتر می شوند طوری که در برونشیول های انتهایی با قطر کمتر از 1/5 میلی متر بطور کامل از بین می روند .که در این برونشیول ها به طور عمده عضلات صاف داریم علت تعداد زیادی از بیماریهای انسدادی ریه انقباض عضله صاف این دیواره ها است.

ریه : دو عضو اسفنجی که در طرفین محفظه سینه قرار گرفته اند ؛ که هیچ اتصالی با دیواره قفسه سینه ندارند بلکه در کیسه های جنبی معلق هستند. ریه ها در حفره سینه شناور هستند و توسط یک لایه بسیار نازکی از مایع جنبی احاطه میشوند.ریه راست از ریه چپ حجیم تر ولی ریه چپ طویل تر از ریه راست می باشد.

عضلات : عضلاتی که قفسه سینه را بالا می برند بعنوان عضلات دمی و عضلاتی که قفسه سینه را پایین می برند بعنوان عضلات بازدمی طبقه بندی می شوند. مهمترین عضلاتی که قفسه سینه را بالا می برند : عضلات بین دنده ای خارجی ؛ عضله جناغی ؛ چنبری ؛ پستانی که استخوان جناغ را به سمت بالا می کشند، عضلات دندانه ای قدامی که بسیاری از دنده ها بالا می کشند و عضلات نردبانی که دو دنده اول را بالا می کشند. عضلاتی که قفسه سینه را در جریان بازدم به طرف پایین می کشند عبارتند از : عضلات راست شکمی که دنده های تحتانی را به طرف پایین می‌کشند.

پرده جنب : هر ریه در داخل کیسه ای دولایه ای بنام کیسه جنب قرار دارد.فضای بین دو لایه جنبی را حفره جنبی می نامند.در این حفره مقدار ناچیزی مایع می باشد ، سبب سهولت حرکت ریه می گردد.

کیسه های هوایی : کیسه های هوایی محل اصلی تنفس خارجی و مبادله گازهای خونی می باشد. این کیسه ها قابل ارتجاع و دارای دیواره نازک غشایی می باشد که سطح حیاتی تبادلات گازی بین ریه ها و خون را تشکیل می دهند. بافت کیسه های هوایی نسبت به سایر اعضای بدن بیشترین ذخیره خونی را دارد و برای سهولت در انتقال گازهای تنفسی سطح آنها از ماده ای بنام سورفاکتانت پوشیده شده است. این ماده مخلوطی از فسفولیپید ، پروتئین ها و یونها از جمله یون کلسیم است. این ماده کشش سطحی را کاهش می دهد ، که باعث جلوگیری از روی هم خوابیدن حبابچه ها بر اثر نیروی کشش سطحی آب موجود در آنها می شود.

تهویه ریوی : تهویه ریوی که معمولا تنفس نامیده می شود ؛ روندی است که طی آن هوا به داخل و خارج ریه ها حرکت می کند. این حرکت نتیجه تغییراتی است که در فشار درون ریه ها و بوسیله کم و زیاد شدن حجم قفسه سینه ایجاد می شود. چنین تغییراتی نتیجه انقباضات دوره ای عضلات تنفسی است. در این عمل به وارد شدن هوا به ریه ها دم و به خارج شدن هوا از ریه ها بازدم می گویند.

] f°~¬p® °²±p¡§£¬¡£±

تهویه ریوی یعنی حجم جاری ضربدر تعداد تنفس در دقیقه.حجم جاری یعنی حجم هوایی که در هر دم یا بازدم وارد یاخارج می شود واندازه آن 500 میلی لیتر می باشد. تعداد تنفس در هر دقیقه در حال استراحت 10 تا 16 بار در دقیقه می باشد.

دم : روند فعالی است که توسط انقباض عضله دیافراگم و عضلات بین دنده ای خارجی شروع می شود. این انقباض توسط امواج عصبی دستگاه مرکزی که توسط اعصاب فرنیک به دیافراگم و توسط اعصاب بین دنده ای به عضلات بین دنده ای برده می شود. انقباض عضله دیافراگم باعث می شود که حجم قفسه سینه بطور طولی یعنی از بالا به پایین افزایش یافته و انقباض عضلات بین دنده ای هحجم قفسه سینه از طرفین و همچنین از جلو به عقب افزایش یابد. اعمال ذکر شده باعث افزایش هر سه بعد قفسه سینه و اتساع ریه ها می شود.افزایش حجم قفسه سینه در این محفظه کاهش فشار ایجاد می کند؛ طوریکه فشار در ریه ها کمتر از فشار جو می شود.چون مجرای تنفسی به خارج از بدن راه دارد ؛ در نتیجه هوا وارد ریه ها شده و عمل دم صورت می گیرد.در هنگام فعالیتهای ورزشی سنگین علاوه بر عضلات ذکر شده ؛ انقباض عضلات ناحیه گردن و سینه مانند عضلات نردبانی که دو دنده اول را بالا می کشند و عضلات جناغی؛ چنبری ؛ پستانی موجب افزایش بیشتر حجم قفسه سینه شده و هوای بیشتری وارد ریه ها می گردد.

بازدم : عمل بازدم در حالت استراحت یک روند غیرفعال است به این معنی در نتیجه رفع انقباض عضلات دمی و بازگشت ارتجاعی ریه های متسع شده بوجود می آید.در این عمل بین دنده ای داخلی ، دنده ها و جناغ بطرف پایین و عقب کشیده می شوند تادر وضعیت استراحت قرار گیرند و دیافراگم به حالت اولیه خود بر می گردد. در هنگام وقوع این حالت ماهیت ارتجاعی بافت ریه باعث می شود که ریه ها به اندازه حالت استراحت خود برگردند. مجموعه این اعمال باعث می شود که فشار داخل قفسه سینه بالا رفته طوری که هوا با فشار از ریه ها خارج و عمل بازدم صورت می گردد.

اعمال مجاری تنفسی : هوا از طریق نای ، برونش ها و برونشیول ها در ریه ها توزیع می شوند نای موسوم به مجرای هوایی نسل اول ، دو برنش اصلی چپ و راست موسوم به مجاری هوایی نسل دوم می باشند. بعد از آن هر تقسیم مجاری هوایی ، نسل بعدی را تشکیل می دهد. قبل از آنکه هوا به حبابچه ها برسد ؛ بین 20 تا 25 نسل از مجاری هوایی باید عبور کند. یکی از مهمترین مشکلات در مجاری هوایی باز نگاه داشتن آنها است تا هوا بتواند بآسانی به حبابچه ها برسد یا از آنها خارج شود، برای‌جلوگیری از روی هم خوابیدن نای ؛ حلقه های غضروفی متعددی حدود پنج ششم قطر نای را احاطه می کنند. در جدار برونش ها تیغه های غضروفی با گسترش کمتری وجود دارد که سختی قابل قبولی را ایجاد می کنند و با این وجود حرکت ریه ها را امکان پذیر می کنند.این تیغه های غضروفی بتدریج در نسل های بعدی برونشیول ها که قطری کمتر از 1/5 میلی متر دارند از بین می روند . برونشیول ها فاقد هر گونه سختی در جدار خود هستند که مانع از روی هم خوابیدن آنها می شود. بلکه توسط همان فشارهای موجود بین داخل و خارج ریه که حبابچه ها را متسع می کنند ؛ گشاد می شوند.

جدار عضلانی ؛ برونشیول ها : در مناطقی که تیغه های غضروفی وجود ندارد ، جدارها از عضله صاف تشکیل شده اند . تعداد زیادی از بیماریهای انسدادی ریه از تنگ شدن برونش های کوچک و برونشیول ها ناشی می شود، که علت این امر انقباض خود عضله صاف است. فیبرهای عصبی سمپاتیک و پارا سمپاتیک به قسمت های مرکزی ریه نفوذ می کنند ، تحریک سمپاتیک که با ترشح هورمون نور اپی نفرین می باشد باعث گشادشدن درخت برونشی می شوند و تحریک پاراسمپاتیک که با ترشح استیل کولین می باشد باعث تنگ شدن برونش ها وتنگی نفس می شود.

انتشار ریوی : تبادل گاز در ریه ها انتشار ریوی نامیده می شود ، که دو وظیفه مهم بعهده دارد : ذخیره اکسیژن خون را که در بافتها برای تولید انرژی مصرف مشود را دوباره تامین می کند_ دی اکسید کربن را از خون سیاهرگی برگشت به ریه ها می دهد.

انتشار ریوی به دو عامل نیاز دارد ، هوا که اکسیژن را وارد ریه ها می کندو خون که اکسیژن را دریافت کرده و دی اکسید کربن را دفع می کند. وقتی که هوا در خلال تهویه ریوی وارد ریه ها می شود بین خون و هوا این تبادل گازی رخ می دهد به این صورت که بطن راست خون را ازطریق شریان ریوی به ریه ها تلمبه می زند خون در ریه ها به مویرگ های ریوی می رسد. این مویرگ ها شبکه متراکمی در اطراف کیسه های هوایی تشکیل می دهند. مویرگ های ریوی بحدی کوچک هستندکه درهر زمان فقط به یک گویچه قرمز اجازه عبور می دهند، تاهریک از گویچه ها بنوبت درمعرض بافت ریوی قرار گیرند . اینجا مکانی است که انتشار ریوی رخ می دهد.

گردش خون ریه ها : شریان ریوی بعد از خروج از بطن راست به دو شاخه راست و چپ تقسیم که هرکدام به ریه مربوطه می روند.

تبادل گازها در حبابچه ها : اساس تبادل گازی در خلال انتشار ریی ، شیب فشار است . اگر فشار گاز در هر دو طرف غشا برابر باشد گازهای طرفین غشا بحالت تعادل در می آیند و احتمالا گازها جابجا نخواهند شد ولی فشار دو طرف غشا برابرنیست . بنابراین اختلاف فشار گازهای تنفسی نه تنها تبادل گاز بین هوای حبابچه ها و خون مویرگی ریوی را عملی می کندبلکه موجب تبادل گاز در سطح سلول نیز می شود.

عوامل موثر بر میزان انتشار گازها از غشای تنفسی : میزان انتشار گازها از غشای تنفسی با ضخامت غشا نسبت عکس و با مساحت سطح غشا ، ضریب انتشار گاز در ماده غشا و اختلاف فشار بین دو سوی غشا نسبت مستقیم دارد.هر عاملی ضخامت غشا تنفسی را دو تا سه برابر طبیعی افزایش دهد میتواند اختلال در تبادلات گازی بوجود بیاورد.کاهش مساحت کل غشائ تنفسی مثلا خارج کردن یک ریه از بدن اختلال در انتشار گازها بوجود میاید.ضریب انتشار برای انتقال هر گاز از غشای تنفسی بستگی به قابلیت انحلال آن گاز در غشا داشته و نسبت عکس با مجذور وزن مولکولی گاز دارد. دی اکسید کربن بسیار آسانتراز اکسیژن از غشای تنفسی انتشار میابد؛ چون در ممقایسه با اکسیژن قابلیت انحلال بیشتری دارد ، اما وزن مولکولی تقریبا برابری دارند. دی اکسید کربن تقریبا 20 برابراکسیژن و اکسیژن دو بار سریع تر از نیتروژن از غشا انتشار پیدا می کند. هرچه اختلاف فشار گازها در دوسوی غشا تنفسی

بیشتر باشد تمایل گاز برای انتشار از غشا تنفسی بیشتر می باشد. هنگامی که فشار گاز در حبابچه بیشتر از خون باشد ؛ انتشار از حبابچه به داخل خون انجام می‌شود(اکسیژن) اما هرگاه فشار گاز در خون بیشتر از فشار آن گاز در حبابچه باشد انتشار از خون به داخل حبابچه انجام می شود(دی اکسید کربن)

انتقال اکسیژن : حدود 98 درصد اکسیژن بوسیله ترکیب با هموگلوبین گلبول های قرمز ودر حدود 2 درصد باقیمانده بصورت محلول در آب پلاسمای خون به بافت ها و سلول ها انتقال میابد.

اشباع شدن هموگلوبین : هر مولکول هموگلوبین می تواند چهار مولکول اکسیژن را با خود حمل کند. هنگامی که اکسیژن به هموگلوبین می پیوندد ؛ اکسی هموگلوبین تشکیل می شود. پیوند بین اکسیژن و هموگلوبین بستگی به فشار اکسیژن خون و میل ترکیبی بین هموگلوبین و اکسیژن دارد. عوامل زیادی در اشباع هموگلوبین تاثیر دارند . مثلا اگر خون اسیدی شود تمایل اکسیژن برای جداشدن از هموگلوبین بیشتر می شود، این اتفاق در بافتهای فعال روی می دهد. اما در ریه ها حالت قلیایی بیشتر است ؛ بنابراین هموگلوبینی که از ریه ها عبور می کند میل ترکیبی زیادی با اکسیژن دارد و همین امر باعث اشباع زیاد آن از اکسیژن می شود. در هنگام فعالیت های ورزشی حالت اسیدی در عضلات افزایش اسیدی داریم که باعث میشود که اکسیژن بیشتری از هموگلوبین جدا شود.افزایش دما در عضله فعال در تجزیه اکسیژن از هموگلوبین موثر است ؛ بطوری که اکسیژن بیشتری از هموگلوبین جدا می شود تا نیاز عضله فعال را تامین کند.

منواکسید کربن : میل ترکیبی هموگلوبین خون که عامل انتقال اکسیژن به بافتهای بدن است ، با منواکسید کربن تقریبا 200 برابر بیشتر از میل ترکیبی آن با اکسیژن است. از رو وجود این گاز در هوای تنفسی قادر است مقادیر زیادی از هموگلوبین را به کربوکسی هموگلوبین که یک ترکیب پایدار است تبدیل و مقدار هموگلوبینی که اکسیژن را باید به بافتها برساند کاهش می دهد. این عامل باعث اختلال جزئی در برخی اعمال بدن مثل اثر بر سیستم اعصاب مرکزی ، اختلال در تشخیص زمان ؛ اختلال بینایی، تغییر در اعمال قلب ؛ تنفس ، خستگی ، خواب آلودگی ، حالت کما و مرگ می گردد.

ظرفیت خون در حمل اکسیژن : ظرفیت خون در حمل اکسیژن ، حداکثر مقدار اکسیژنی است که خون می تواند حمل کند. این ظرفیت در درجه اول بستگی به مقدار هموگلوبین خون دارد.هر 100 میلی لیتر خون مردان بطور متوسط دارای 14 تا 18 گرم هموگلوبین دارد ودر زنان 12 تا 16 گرم است. هرگرم هموگلوبین می تواند با 1/34 میلی لیتر اکسیژن ترکیب شود.، بنابراین ظرفیت خون در حمل اکسیژن تقریبا 16 تا 24 میلی لیتر اکسیژن در هر 100 میلی لیتر خونی است که کاملا از اکسیژن اشباع شده است.

انتقال دی اکسید کربن : انتقال دی اکسید کربن هم به خون متکی است . وقتی در بافت ها دی اکسید کربن بر اثر متابولیسم سلولی آزاد می شود. این گاز به سه شکل اصلی در خون حمل می شود: محلول در پلاسما – بصورت یون بی کربنات – پیوند با هموگلوبین.

دی اکسید کربن محلول / بخشی از دی اکسید کربن که از بافت ها آزاد می شود، در پلاسما به شکل محلول در می آید.که حدود 7 الی 10 درصد می باشد.دی اکسید کربن محلول ، در جائیکه فشار آن کم باشد مانند ریه ها؛ از حالت محلول خارج می شود؛ سپس از مویرگ ها به داخل حبابچه ها منتقل تا از طریق بازدم از ریه ها خارج شود.

یون بی کربنات :حدود 60 تا 70 درصد دی اکسید کربن به این شکل در خون حمل می شود. که با آب ترکیب شده و تشکیل اسید کربنیک را می دهد. این اسید ناپایدار است و بسرعت به یون ئیدروژن و یون بی کربنات تجزیه می شود. بعد از این واکنش یون ئیدروژن به هموگلوبین می چسبد و باعث جداشدن اکسیژن از هموگلوبین می شود . هنگامی که خون وارد ریه ها می شود یون ئیدروژن و بی کربنات مجددا با هم ترکیب و تشکیل اسید کربنیک می دهند؛ سپس اسید کربنیک به آب و دی اکسید کربن تجزیه که این دی اکسید کربن وارد حبابچه ها و از طریق هوای بازدمی از ریه ها خارج می شود.

پیوند با هموگلوبین : پیوستن دی اکسید کربن به هموگلوبین یک واکنش قابل برگشت و سست و غیر قابل رقابت با پیوند اکسیژن می باشد ، طوری که دی اکسید کربن در ریه ها باسانی از هموگلوبین جدا و وارد حبابچه ها می شود تااز طریق بازدم از ریه ها خارج شود.

مرکز تنفسی : این مرکز از چندین گروه از سلول های عصبی تشکیل شده که بطور دو طرفه‌در بصل النخاع و پل مغزی قرار گرفته اند .

تنظیم تهویه ریوی : تهویه ریوی بوسیله مکانیسم های عصبی و هورمونی کنترل می شود. مکانیسم عصبی در شریایط عادی فعال بوده و مکانیسم هورمونی در شرایطی که تراکم مواد شیمیایی در خون از مقدار طبیعی بیشتر شود فعال می گردد مانند شرایطی که در هنگام ورزش داریم .

در کنترل عصبی ؛ چرخه تنفس حاصل فعالیت ذاتی نورون های دمی است که این نورونها عضلات دیافراگم و بین دنده ای خارجی را فعال کرده و ریه ها بحالت بادشده در می آورند. با زیاد شدن حجم ریه ها ، گیرنده های کششی واقع در بافت ریه تحریک واز طریق تارهای عصبی آوران دم را متوقف و بازدم را تحریک می کنند. در ادامه عضلات بازدمی ، عمل بازدم را تسهیل میکنند. با ادامه بازدم مرکز دمی بتدریج از حالت مهار رها شده و مجددا فعال می شود.

در کنترل شیمیایی ؛ هدف نهایی تنفس حفظ غلظت های مناسب اکسیژن و دی اکسید کربن و ئیدروژن می باشد. زیادی دی اکسید کربن یا ئیدروژن بطور عمده مرکز تنفس را تحریک و موجب افزایش شدید قدرت تحریک عصبی دمی و بازدمی صادره به عضلات تنفسی میشوند. ناحیه حساس شیمیایی نسبت به تغییرات فشار دی اکسید کربن یا غلظت یون ئیدروژن خون بسیار حساس بوده و به نوبه خود سایر قسمت های مرکز تنفسی را تحریک می کند. دی اکسید کربن قوی ترین محرک خونی در افزایش تعداد و عمق تهویه حبابچه ای است . وقتی که مقادیر زیادی دی اکسید کربن در سلول های بدن تولید می شود اسید کربنیک تشکیل می شود ، سپس بسرعت تجزیه و یون ئیدروژن ایجاد می کند.اگر این یون در بدن جمع شود ؛خون اسیدی می شود . بعد افزایش فشار دی اکسید کربن مرکز دمی را تحریک و بدن در

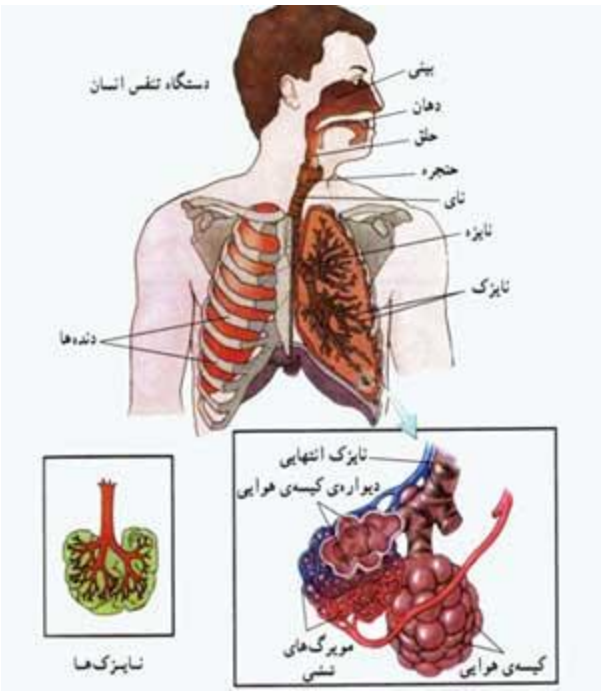
] f°~¬p®-°²±p¡§£¬¡£±

این شرایط مقادیر زیاد دی اکسید کربن را از ریه ها دفع و تغییرات اسیدی را به حداقل می رساند. کمبود اکسیژن خون مغز هم میزان تهویه حبابچه ای را افزایش می دهد. برخلاف دی اکسید کربن و ئیدروژن بطور مستقیم مرکز تنفس را تحریک نمی کند . در این حالت گیرنده های شیمیایی محیطی که در اجسام آئورتی و کاروتید مشترک قرار دارند تحریک می شوند. تحریکاتی از این گیرنده ها به مراکز دمی فرستاده می شود باعث افزایش تهویه حبابچه ای می شوند.

سایر عوامل موثر برتنفس : کنترل ارادی تنفس – اثر گیرنده های آسیبی در مجاری تنفسی – اثر ادم مغزی – اختلالات تنفسی – هیپوکسی – آمفیزم ریوی مزمن – تاثیر ذرات – دی اکسید گوگرد .

گیرنده های آسیبی ؛ بعضی مواد محرک هستند که واد مجاری هوایی می شوند و باعث تحریک آن می شوند و این گیرنده ها باعث بروز سرفه و عطسه می شوند و موجب تنگی برونش هادر بیماری آسم و آمفیزم می شوند. فعالیت مرکز تنفس بوسیله ادم مغزی حاد ناشی از ضربه مغزی ضعیف یا غیر فعال می شود. هیپوکسی یا کاهش اکسیژن که در ارتفاعات و در طی سفرهای هوایی ایجاد می شود ؛ شایعترین مشکل در هنگام مسافرت با هواپیما و اقامت در ارتفاع دیده می شود.آمفیزم ریوی وجود هوای بیش از حد در ریه هااست که روند انسدادی و انهدامی پیچیده ای در ریه ها است . شخص تعدادزیادی از حبابچه ها و مقدار زیادی از دیواره حبابچه ها را از دست می دهدو دچار کاهش اکسیژن و افزایش دی اکسید کربن در بدن می شود. ذرات ممکن است در مجاری تنفسی فوقانی اثر تحریکی داشته و یا در داخل شش ها نفوذ نماید و ایجاد عوارضی در شش ها نماید که منجر به اختلالاتی در اعمال تنفسی گردد. مانند سرب که از طریق تنفس وارد بدن می شود و قابلیت حمل اکسیژن را در خون کم می کند، لذا اکسیژن کافی به مغز نمی رسد . در ارتفاعات بالا ،مثل خلبانان و کوهنوردان که در مدت طولانی باشد سازگاری با فشار پایین اکسیژن داریم که بهروش های زیر عملی می گردد:1/ افزایش شدید تهویه ریوی ؛ با افزایش این مکانیسم مقدار بیشتری اکسیژن برای حبابچه ها فراهم می گردد. 2/ افزایش گلبول های قرمز خون و هموگلوبین ؛ وقتی فردی برای حداقل دو هفته در ارتفاع بالا اقامت کند هیپوکسی باعث افزایش قابل ملاحظه کلبول های قرمز می شود.این امر بعلت ترشح هورمونی بنام اریتروپوئتین است که از کلیه ها در پاسخ به هیپوکسی می باشد. این هورمون باعث تحریک مراکز گلبول ساز بدن می شود. 3/ افزایش مویرگ ها در بافت ،این افزایش در بافت های فعال مثل قلب و عضلات اسکلتی بوجود می آید.4/ افزایش ظرفیت انتشاری ریه ، بخشی از این افزایش ناشی از افزایش شدید حجم خون مویرگ های ریوی است و باعث متسع شدن مویرگ ها و افزایش سطح انتشار اکسیژن است. بخش دیگری از این افزایش ناشی از زیاد شدن حجم ریه است که مساحت سطح غشائ حبابچه ای را زیاد می کند.عامل دیگر افزایش فشار شریان ریوی است که خون را به درون تعداد بیشتری از مویرگ های حبابچه ای می فرستد.5/ افزایش قدرت سلول ها برای به مصرف رساندن اکسیژن با فشار پایین اکسیژن می باشد.

] f°~¬p®-°²±p¡§£¬¡£±


دستگاه تنفس انسان
بینی
دهان
حلق
حنجره
نای
نایژه
نایژک
دنده‌ها
نایژک انتهایی
دیواره‌ی کیسه‌ی هوایی
مویرگ‌های خونی
کیسه‌ی هوایی
نایژک‌ها