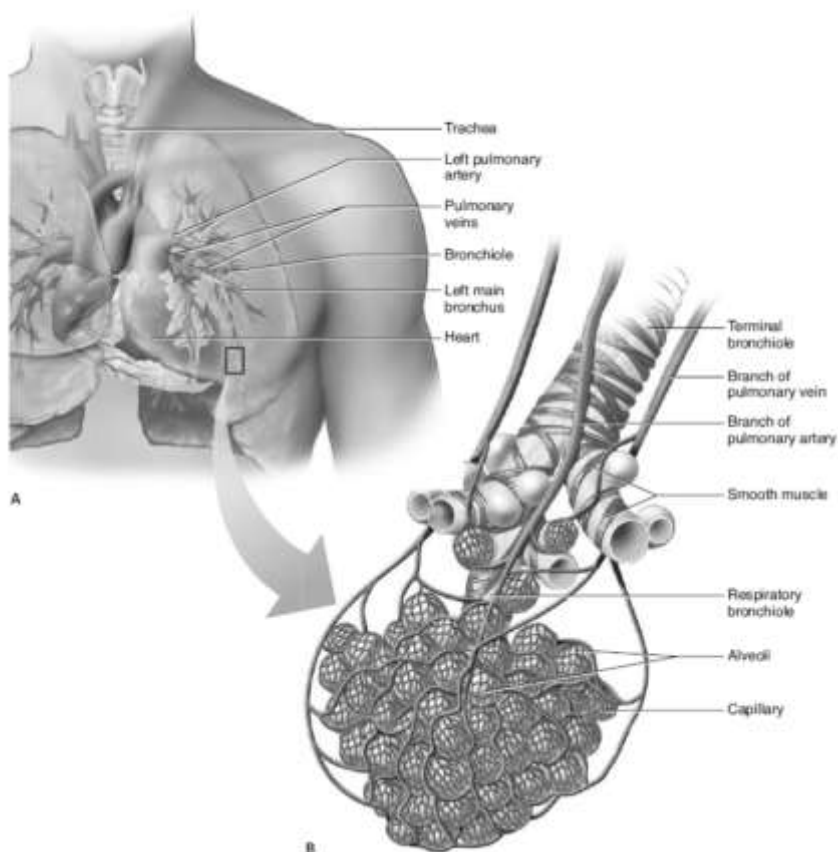


## فصل ۳۷: تهویه ریوی

هدف از تنفس تهیه اکسیژن برای بافتها و برداشتن دی اکسیدکربن است. که این عمل توسط یک سیستم به نام سیستم تنفسی در بدن انجام می شود سیستم تنفسی از ریه، بینی، نای، برونش، برونشیول و آلوئولهای هوایی ساخته شده است. که با هماهنگی و همکاری یکدیگر سبب تعویض اکسیژن و دی اکسیدکربن بین خون ریه می شوند. برای دستیابی به این اهداف باید ۴ مرحله انجام شود:

- (۱) تهویه ریوی که به معنای ورود هوا از جو به آلوئولهای ریه و خروج از آن است
- (۲) انتشار اکسیژن و دی اکسیدکربن بین آلوئولها و خون
- (۳) حمل اکسیژن و دی اکسیدکربن از طریق خون و مایعات بدن به سلولهای بافتی
- (۴) تنظیم تهویه



ساختمان و محل قرار گیری ریه (A)، آلوئولهای ریه و برونشها (B)

### مکانیک تهویه ریوی

ریه ها از ۲ طریق منقبض و متسع می شوند:

۱. حرکت دیافراگم رو به بالا و پایین برای کاهش یا افزایش طول قفسه سینه
۲. با پایین یا بالا بردن دنده ها برای کاهش یا افزایش قطر قدامی خلفی قفسه سینه

تنفس آرام و طبیعی تقریباً به طور کامل با حرکت دیافراگم صورت می گیرد. در حین دم دیافراگم منقبض شده و در حین بازدم و دیافراگم شل می شود. هنگامی که نیاز به تنفس شدیدتر باشند. عضلات دیگری دست به کار می شوند. نیروی اضافی برای تنفس شدید از طریق انقباض عضلات شکم فراهم می شود و محتویات شکم را رو به بالا و به طرف زیر دیافراگم می راند. جابجایی دیافراگم مسئول ۷۵ درصد تغییر در حجم داخل سینه‌ای در حین دم عادی است. همچنین دیافراگم توسط عصب فرنیک عصب دهی می شود.

اما در خلال تنفس شدید نیروهای ارتجاعی به حدی قوی نیستند که بتوانند نیاز بدن به بازدم سریع را برطرف سازند و لذا انقباض عضلات شکمی بیشتر نیروی اضافی لازم را تامین می کند. این انقباض محتویات شکم را به سوی زیر دیافراگم رانده و ریه ها فشرده می شوند. همه عضلات بالابرنده قفسه سینه را جزو عضلات دم و عضلات پایین برنده آن جزو عضلات بازدم می باشند. مهمترین عضلات بالابرنده دنده ها، عضلات بین دنده ای خارجی هستند اما عضلات دیگری نیز وجود دارند که در این امر دخیلند از جمله عضلات استرنوکلویید و ماستویید که جناغ را بالا می کشند، سراتوسهای قدامی که چندین دنده را بالا می برند و اسکالنها که دودنده اول را بالا می برند.

عضلاتی که قفسه سینه را در حین بازدم پایین می کشند عبارتند از رکتوسهای شکم و عضلات بین دنده ای داخلی

تست: کدام عبارت در مورد دیافراگم درست است؟ (سال ۸۶)

الف) هنگام انقباض، فشار داخل سینه را کم می کند. (ب) هنگام انقباض، فشار داخل سینه را افزایش می دهد.

ج) به وسیله عصب واگ عصب گیری شده است. (د) به وسیله عصب سمپاتیک عصب گیری شده است.

گزینه الف /

### جابجایی هوا به درون و بیرون ریه ها

ریه یک ساختمان ارتجاعی است که به وسیله ناف ریه که از مدیاستن آویزان است به جدار قفسه سینه متصل است. لایه نازکی از مایع پلور ریه را احاطه کرده و سبب لغزندگی و نرمی ریه می شود.

### فشار پلور و تغییرات آن طی تنفس:

فشار پلور، فشار مایع فضای باریکی بین پلور ریوی و پلور جدار سینه است که سبب فشار منفی در این فضا می شود. فشار طبیعی پلور در شروع دم ۵- سانتی متر آب است که این فشار برای اتساع ریه ها در شرایط استراحت لازم است. اتساع قفسه سینه در حین دم طبیعی، سبب می شود که ریه ها با نیروی بیشتر کشیده شده و فشار منفی تر ایجاد می شود که این فشار حدود ۷/۵- سانتی متر آب است. فشار پلور در هنگام دم از ۵- به ۷/۵- سانتی متر آب رسیده و طی دم عمیق از ۷/۵- سانتی متر آب به ۳۰- سانتی متر آب می رسد. در انتهای بازدم عادی این فشار دوباره به ۵- سانتی متر آب برمی گردد. در انتهای بازدم عمیق، فشار جنب مثبت میشود و ممکن است بخش‌های قاعده ای به ۳۰+ سانتی متر آب نیز برسد. فشار فضای جنب، یک فشار خارج ریوی است اما درون ریه نیز فشار حبابچه ای وجود دارد.

سوال: در کدامیک از حالات زیر، فشار جنبی در کمترین مقدار خود می باشد؟ (سال ۸۷)

الف) ابتدای دم (ب) میانه دم (ج) ابتدای بازدم (د) میانه بازدم

گزینه ج /

نکته: کمترین میزان فشار جنبی در انتهای دم و یا ابتدای بازدم است و بیشترین مقدار آن در انتهای بازدم و ابتدای دم می باشد.

## روش های تعیین حجم باقی مانده:

چون با اسپرومتری ساده نمی توان حجم باقی مانده را اندازه گرفت ۳ روش برای اندازه گیری آن ابداع شده است.

۱- تکنیک رقیق سازی هلیوم: در این روش شخص حجم معینی از هلیوم را استنشاق کرده و سپس از روی غلظت هلیوم در اسپرومتر حجم ریه مشخص می شود.

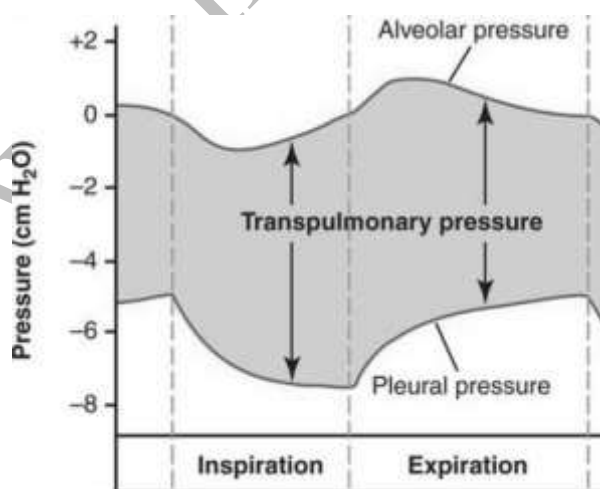
۲- تکنیک شستشوی نیروژن: در این روش نیز رابطه بین حجم و غلظت گازها صادق است.

۳- روش پلتیسموگراف: در این روش شخص درون جعبه ای قرار می گیرد که هوا از آن عبور می کند. حجم و فشار قابل اندازه گیری است.

## فشار آئولولی:

فشار درون آئولولهای ریه است. در شرایطی که هوایی به داخل و یا خارج ریه ها جریان ندارد و گлот باز است، در تمام قسمت‌های درخت تنفسی یعنی تا آئولولها، فشار مرجع صفر است. در پایان بازدم، فشار حبابچه ها حدود صفر است (یعنی اختلافی با فشار جو ندارد). طی دم، بعلت افزایش حجم حبابچه ها، فشار حبابچه ای نسبت به فشار جو منفی تر میگردد و به حدود  $-1/5$  سانتی متر آب میرسد و بنابراین هوا وارد حبابچه ها میگردد. در انتهای دم فشار در حبابچه ها دوباره صفر میگردد چون هوای وارد شده طی دم باعث میشود فشار حبابچه ای با فشار اتمسفر به تعادل برسد. در ابتدای بازدم، با فشرده شدن حبابچه و کاهش حجم آن فشار درون آن نسبت به فشار جو مثبت تر میگردد و بنابراین هوا از آن خارج میشود. حداکثر فشار حبابچه ای در حین بازدم عادی حدود  $+1/5$  سانتی متر آب است. فشار حبابچه ای در انتهای بازدم دوباره صفر میگردد. بنابراین از ابتدای یک دم تا ابتدای دم بعدی در حال استراحت تفاوت بیشتری بین فشار فضای جنب و حبابچه در ابتدای بازدم وجود دارد.

به طور خلاصه: در هنگام دم فشار درون آئولولها، کمتر از صفر سانتی متر آب است. فشار آئولولی در دم طبیعی به حدود  $-1$  سانتی آب کاهش می یابد. در هنگام بازدم، فشار آئولولی به  $+1$  سانتی متر آب افزایش می یابد. در انتهای بازدم فشار آئولولی صفر است.



در طی دم، دیواره قفسه سینه به حجم بزرگ تری اتساع می یابد. به دلیل این که در زمان تنفس آرام، فشار جنب نسبت به فشار اتمسفر منفی تر است، فشار ترانس‌مورال قفسه سینه منفی است.

قبل از اینکه که دم شروع شود، فشار جنب تقریباً  $-5\text{cmH}_2\text{O}$  است. بنابراین فشار فضای جنب نسبت به فشار اتمسفر منفی است. بلافاصله قبل از این که دم شروع شود، فشار حبابچه ای صفر می شود. زیرا هیچ گونه جریان هوا و اختلاف فشاری در راههای هوایی وجود ندارد، با شروع دم، عضله دیافراگم و قفسه سینه کوتاه می شوند که این امر باعث حرکت رو به پایینی دیافراگم و حرکت رو به بالا و خارج دنده ها می گردد. فشار حبابچه ای به زیر صفر می رسد. در طی بازدم، دیافراگم به سمت بالا حرکت کرده، فشار جنب زیاد شده (یعنی از منفی بودن آن کم می شود)، فشار حبابچه ای مثبت می شود، گлот باز می گردد و هوا دوباره از یک فشار بالاتر (حبابچه) به یک فشار پایین (اتمسفر) جریان می یابد. و فشار جنب منفی تری برای حفظ میزان جریان تنفس طبیعی مورد نیاز است. افراد مبتلا به بیماری انسدادی به علت افزایش مقاومت و افزایش کار بازدمی، فشار جنب مثبت تری در طول بازدم دارند. در شروع و خاتمه دم و بازدم فشار آلئول صفر است. منفی ترین فشار الوئول در نیمه دم است. اما در طول دم فشار جنب سیر نزولی داشته و در دم عمیق فشار جنب به منفی ترین شکل خود می رسد.

کمترین مقدار فشار حبابچه ای و جنبی، به ترتیب در..... ایجاد می شود. (ارشد ۹۳)

الف) ابتدای دم، ابتدای بازدم (ب) میانه دم، انتهای دم (ج) انتهای دم، انتهای بازدم (د) میانه دم، میانه باز دم  
پاسخ گزینه ب /

### فشار خلال ریوی:

به فشار آلئولی و فشار پلور فشار خلال ریوی گفته می شود. این فشار سبب تمایل ریه ها به روی هم خوابیدن می شوند، به این فشار، فشار ارتجاعی نیز گفته می شود.

### پذیرش ریه ها:

به میزان اتساع ریه ها بازا از هر واحد افزایش فشار ریوی، پذیرایی (کمپلیمانس) ریوی گویند که به ۲ عامل بستگی دارد:  
(۱) نیروی ارتجاعی بافت ریه که (حاصل در هم فرو رفتن رشته های الاستین و کلاژن می باشد.)  
(۲) نیروی ارتجاعی ناشی از کشش سطحی مایع پوشاننده درون جدار آلئولها و سایر فضاهای هوایی ریه که عامل دوم مسئول  $\frac{2}{3}$  نیروهای ارتجاعی ریه است.

### سورفاکتانت و اثر آن بر کشش سطحی:

ماده ای به نام سورفاکتانت در مایع آلئولی ریه وجود دارد که نیروهای ارتجاعی آلئولها را به شدت کاهش می دهد. این ماده از سلولهای اپی تلیال نوع II ترشح می شود. سورفاکتانت سبب کاهش کشش سطحی می شود. از ادم ریوی جلوگیری می کند و مقاومت مجاری هوا را کاهش می دهد. بلوغ سورفاکتانت در ریه ها توسط هورمونهای گلوکوکورتیکوئید تشدید می شود. سورفاکتانت کشش سطحی را در آلئولهای کوچک بیشتر و در آلئولهای بزرگ کمتر می کند.

سوال: اگر نیروی کشش سطحی در ریه ها وجود نداشت: (سال ۸۷)

الف) کار مقاومت مجاری هوایی کاهش می یافت. (ب) کار مقاومت بافتی افزایش می یافت.  
ج) کار بازدمی افزایش می یافت. (د) کار کمپلیمانسی کاهش می یابد.

گزینه د / اگر نیروی کششی سطحی در ریه ها وجود نداشت کار کمپلاینس بافتی یا کار ارتجاعی کاهش می یافت

سوال: کدامیک از موارد زیر در ساختمان سورفاکتانت بیشتر وجود دارد؟ (دکتری ۸۷)

الف) دی پالمیتویل فسفاتیدیل کولین (ب) پروتئین ها (ج) فسفاتیدیل گلیسرول (د) کربوهیدرات  
پاسخ گزینه الف /

سوال: کدام گزینه در مورد سورفاکتانت و کشش سطحی درست است؟

الف) در حضور سورفاکتانت با کوچک شدن حبابچه ها کشش سطحی آن ها کم می شود.

ب) در حضور سورفاکتانت هنگام باد شدن ریه کشش سطحی حبابچه ها کم می شود.

ج) در حضور سورفاکتانت فشار حبابچه ها ی کوچک و بزرگ برابر است.

د) در حضور سورفاکتانت حبابچه های کوچک در حبابچه های بزرگ تخلیه می شوند.

گزینه الف و ج /

### کار تنفس:

تمام انقباضات عضلات تنفسی در تنفس آرام و طبیعی تنها طی دم صورت می گیرد و بازدم فرآیندی غیر فعال است که حاصل خاصیت ارتجاعی ریه و قفسه سینه است. در شرایط استراحت، عضلات تنفسی در حالت طبیعی برای دم «کار» می کنند.

کار دم به سه قسمت تقسیم می شود:

۱- کار لازم برای باز کردن ریه ها در برابر نیروی ارتجاعی ریه و قفسه سینه که به کار پذیرایی یا کار ارتجاعی (compliance) معروف بوده و ۶۵ درصد از کل کار تنفسی را شکل می دهد.

۲- کار لازم برای غلبه بر ویسکوزیته ریه و ساختمان قفسه که به کار مقاومت بافتی معروف بوده و ۲۸ درصد کل کار تنفسی را تشکیل می دهد.

۳- کار لازم برای غلبه بر مقاومت راههای هوایی طی حرکت هوا به درون ریه ها که به کار مقاومت مجاری هوایی معروف بوده و ۷ درصد کل کار تنفسی را تشکیل می دهد.

در هنگام تنفس آرام و طبیعی حدود ۳-۵ درصد از کل انرژی مصرفی بدن صرف تامین عمل تهویه ای ریه می شود.

در مقایسه انواع نیروها، بیشترین نیرو مربوط به بازکردن ریه هاست و در تنفس شدید بیشترین نیرو مربوط به غلبه بر مقاومت مجاری هوایی است.

### حجمها و ظرفیتهای ریوی:

برای اندازه گیری حجم کل ریه می توان از اسپیرومتری استفاده کرد. هوای موجود در ریه را به ۴ حجم تقسیم می کنند:

۱- حجم جاری (Tidal Volume): حجم هوای دمی یا بازدمی که در هر تنفس طبیعی حدود ۵۰۰ میلی لیتر است

۲- حجم ذخیره دمی (Inspiratory Reserve Volume): حداکثر حجمی از هواست که با یک دم عمق وارد ریه ها می شود. (علاوه بر حجم هوای دم) که مقدار آن حدود ۳۰۰ ml است.

۳- حجم ذخیره بازدمی (**Expiratory Reserve Volume**): مقدار هوایی که حدود  $1100\text{ ml}$  است که افزون بر بازدم طبیعی با بازدم پر فشار می تواند از ریه ها خارج شود.

۴- حجم باقیمانده (**Residual Volume**): حجمی از هوا که بعد از یک بازدم عمیق در ریه ها باقی می ماند که حدود  $1200\text{ ml}$  است.

### ظرفیتهای ریه

از مجموع حجم های مختلف، ظرفیتهای ریوی بدست می آید:

۱- ظرفیت دمی (**Inspiratory Capacity**): معادل مجموع حجم جاری و حجم ذخیره دمی است. ( $3500\text{ ml}$ )

۲- ظرفیت باقیمانده عملی (**Functional Residual Capacity**): معادل مجموع حجم ذخیره بازدمی و حجم باقیمانده است. **FRC** و مقدار هوایی است که در پایان بازدم طبیعی در ریه ها می ماند (حدود  $2300\text{ ml}$ )

۳- ظرفیت حیاتی (**Vital Capacity**): معادل مجموع حجم ذخیره دمی و ذخیره بازدمی است. یعنی حداکثر هوایی که شخص می تواند بعد از پر کردن ریه ها، با حداکثر بازدم بیرون بدهد ( $4600\text{ ml}$ )

۴- ظرفیت کل ریه (**Total lung Capacity**): معادل مجموع ظرفیتهای حیاتی و حجم باقیمانده است ( $5800\text{ ml}$ )  
مجموع هر ۴ حجم را ظرفیت کل ریه گویند. تمامی حجم ها و ظرفیتهای ریه در زنان ۲۵-۲۰ درصد کمتر از مردان است

➤ نکته: تمام حجم های ریوی را می توان با دستگاه اسپرومتر اندازه گیری کرد و فقط حجم باقی مانده را نمی توان با اسپرومتر و به صورت مستقیم اندازه گیری نمود. این حجم توسط روش های غیر مستقیم (مثل روش رقیق سازی هلیوم) اندازه گیری می شود.

چون ظرفیت باقی مانده عملی و ظرفیت کل ریوی حاوی حجم باقی مانده است پس این دو ظرفیت وجود حجم باقی مانده را نمی توان به صورت مستقیم اندازه گیری نمود. اما ظرفیت میاتی با اسپرومتر قابل اندازه گیری می باشد.

➤ نکته: کلیه حجم ها و ظرفیتهای ریوی در زنان ۲۰ تا ۲۵ درصد کمتر از مقدار آن در مردان است.

در انتهای یک بازدم عادی هوای موجود در ریه ها چه نام دارد؟ (ارشد ۸۰)

الف) حجم باقیمانده (ب) ظرفیت باقیمانده عملی (ج) حجم ذخیره بازدمی (د) ظرفیت حیاتی  
پاسخ گزینه ب/

کدامیک از حجم های ریوی زیر از بقیه بیشتر است؟ (ارشد ۸۵)

الف) جاری (ب) ذخیره دمی (ج) ذخیره بازدمی (د) باقیمانده  
پاسخ گزینه ب/

ظرفیت حیاتی عبارت است از: (ارشد ۸۰)

الف) ظرفیت دمی + حجم ذخیره بازدمی (ب) حجم ذخیره بازدمی + حجم باقیمانده  
ج) ظرفیت دمی + حجم ذخیره بازدمی + حجم باقیمانده (د) ظرفیت باقیمانده عملی + حجم ذخیره دمی  
پاسخ گزینه الف/

### حجم تنفسی:

حجم تنفسی به مقدار کل هوای تازه می گویند که در هر دقیقه وارد مجاری تنفسی می شود.

سرعت تنفس  $\times$  حجم جاری = حجم تنفسی

### تهویه آلوئولی:

به میزان هوای تازه‌ای می‌گویند که به نواحی تبادل گاز ریه‌ها می‌رسد. بخشی از هوا به نواحی تبادل گاز نمی‌رسد. بلکه صرفاً مجاری تنفسی را پر می‌کند این هوا را هوای فضای مرده گویند. (نای، حلق، بینی تا ابتدای برونشیولهای تنفسی). فضای هوای مرده کارایی برداشت گازهای بازدمی از ریه را کم می‌کند. معمولاً این حجم در یک فرد جوان (سال ۱۵۰ ml) است.

### سه نوع فضای مرده وجود دارد:

- ۱- فضای مرده آناتومیک: هوای درون مجاری هوایی هدایتی است که در تبادل گاز شرکت ندارند. حجم آن‌ها روی هم حدود ۱۵۰ میلی لیتر است.
- ۲- فضای مرده آلوئولی: هوای درون قسمتهای تبادل گاز ریه‌ها که در تبادل گاز شرکت ندارند و مقدار آن در افراد سالم صفر است.
- ۳- فضای مرده فیزیولوژیک: مجموع فضای مرده آناتومیک و فضای مرده آلوئولی را گویند.

حجم فضای مرده با وزن بدن به صورت پوند برابر است

### آناتومی مجاری تنفسی:

مجاری هوای تنفسی از قسمتهای مختلفی تشکیل شده است. که شامل نای، برونش، برونشیول، آلوئولها می‌باشد. جدار برونش و برونشیولهای عضلانی است. و عمدتاً از عضله صاف تشکیل شده است. اما در انتهایی‌ترین برونشیولها تنها چند فیبر عضله صاف وجود دارد که به باز نگهداشتن آن‌ها کمک می‌کند ولی در برونشیولهای کوچکتر بدلیل غضروف بازو بسته شدن آنها، همزمان با بازو بسته شدن آلوئولها صورت می‌گیرد. خون مویرگی به صورت صفحه‌ای در جدار آلوئولها جریان دارد نه در عروق مجزا

### مقاومت در مجاری تنفسی:

بیشترین مقاومت در برابر جریان هوا در برونشیولهای بزرگتر است ولی در حالات مرضی برونشیولهای کوچکتر بدلیل کوچکتر بودن قطرشان آسانتر مسدود می‌شود. شرایطی مانند انقباض عضلات جدار آنها، پیدایش ادم در جدارها، تجمع موکوس در لومن برونشیولها.

سوال: در کدام سطح از مجاری هوایی، مقاومت در برابر جریان هوا بیشتر است؟ (سال ۸۷)

- الف) نای                      ب) نایژه ها                      ج) نایژک های انتهایی                      د) نایژک های تنفسی
- گزینه ب /

### کنترل عصبی و موضعی مجاری تنفسی

اپی نفرین و نوراپی نفرین سبب اتساع مجاری تنفسی می شود. اپی نفرین بر گیرنده های بتا اثر کرده و سبب اتساع درخت برونشی می شود، اما بدلیل عصب دهی کم فیبرهای سمپاتیک به بخش مرکزی، اعصاب سمپاتیک عمدتاً بر درخت برونشی اثر می کنند. سیستم پاراسمپاتیک سبب انقباض خفیف تا متوسط برونشیولها می شود.

اگر یک فرآیند مرضی مانند آسم قبلاً برونشیولها را تنگ کرده باشد، غالباً تحریک عصبی اضافه پاراسمپاتیک سبب تشدید این حالت می شود. در این صورت تجویز داروهایی مانند آتروپین که اثرات استیل کولین را متوقف می کند گاهی سبب باز شدن مجاری هوایی و برطرف کردن انسداد می شود.

**نکته:** پروستاگلاندین، هیستامین، کالیکرئین، در ریه سنتر و ذخیره شده و به خون آزاد می شوند.

پروستاگلاندین، برادی کینن، نوکلئوتیدهای آدنین، سروتونین، نوراپی نفرین، استیل کولین توسط ریه ها از خون پاک می شوند.

**اعمال تنفسی طبیعی بینی:** در حفرات بینی هنگام عبور هوا سه عمل اصلی انجام می شود:

۱- هوا گرم می شود. ۲- هوا به طور کامل مرطوب می شود. ۳- هوا تصفیه می شود.

هوا قبل از رسیدن به تراسه به دمای بدن می رسد و کاملاً مرطوب می شود به طوری که کمتر از ۱ درجه فارنهایت با دمای بدن و کمتر از ۳-۲ درصد با اشباع بخار آب فاصله دارد.

#### آواسازی:

در تکلم علاوه بر دستگاه تنفس موارد دیگر دخالت دارند از جمله:

۱- مراکز خاص کنترل عصبی تکلم در قشر مخ

۲- مراکز کنترل تنفس در مغز

۳- تشکیلات مربوط به تلفظ و تشدید صدا در حفرات دهان و بینیلبها، زبان و کام نرم سه عضو اصلی تلفظ هستند

۴- کدام عامل زیر سبب گشادی مجاری هوایی می گردد؟ (ارشد ۸۸)

الف) تحریک سمپاتیک      ب) تحریک پاراسمپاتیک      ج) هیستامین      د) ماده با واکنش آهسته آنیفیلاکسی

پاسخ گزینه الف /



## فصل ۳۸: گردش خون ریوی، ادم ریه، مایع پلور

گردش خون ریوی از دهلیز راست آغاز می شود. خون داکسیژنه از دهلیز راست از طریق دریچه سه لتی وارد بطن راست شده و سپس تحت فشار پایین (۹-۲۴mmHg) از طریق دریچه ریوی به داخل شریان ریوی پمپ می شود. شریان ریوی (تنه ریوی) که حدود ۳ سانتی متر قطر دارد. بلافاصله (۵ سانتی متر بعد از بطن راست) به شریان های ریوی راست و چپ تقسیم می شود که به ترتیب خون را به ریه های راست و چپ حمل می کنند. شریان ریوی دارای جداری نازک و ضخامتش  $\frac{1}{3}$  ضخامت آئورت است. شریان های ریوی پذیرایی زیادی دارند بطوری که حدود  $\frac{2}{3}$  از حجم برون ده ضربه ای بطن راست را در خود جای می دهند. شریان های گردش خون ریوی تنها شریان هایی در بدن هستند که خون داکسیژنه را حمل می کنند. خون داکسیژنه در شریان های ریوی از میان شاخه های عروقی که به طور پیشرونده کوچک می شوند، عبور می کنند. الگوی مجاری هوایی تبعیت می کند. عملکرد سیستم گردش ریوی عبارت است از: (۱) اکسیژنه کردن مجدد خون و دفع  $CO_2$  آن، (۲) کمک به تعادل مایع در ریه، (توزیع فرآورده های متابولیکی ریه.

ریه دارای ۳ نوع گردش خون است: ریوی، برونشی و لنفاتیک

### ۱- گردش خون ریوی:

شریان ریوی خونرسانی به ریه ها را برعهده دارد.

### ۲- گردش خون برونش:

حدود ۱ تا ۲ درصد از برون ده قلب را تشکیل می دهد. با توجه به اینکه خون نای به وریدهای ریوی تخلیه می شود و از بطن راست نمی گذرد برون ده بطن راست ۱ تا ۲ درصد کمتر از برون ده بطن چپ است.

### ۳- گردش خون لنفاتیک:

پروتئین های پلاسما که از مویرگهای ریه نشت می کنند از طریق عروق لنفاتیک برداشته می شوند.

### فشارهای دستگاه گردش خون ریوی:

فشار سیتولی شریان ریوی: ۲۵mmHg (فشار شریان ریوی طی سیستول تقریباً برابر بطن راست است. البته فشار بطن راست بعد از بسته شدن دریچه پولمونور در پایان سیستول به شدت کاهش می یابد. در حالیکه فشار شریان ریوی همزمان با جریان خون در مویرگهای ریه، آهسته تر کم می شود.)

فشار دیاستولی شریان ریوی: ۸mmHg

فشار میانگین شریان ریوی: ۱۵mmHg

فشار میانگین مویرگهای ریوی: ۷mmHg

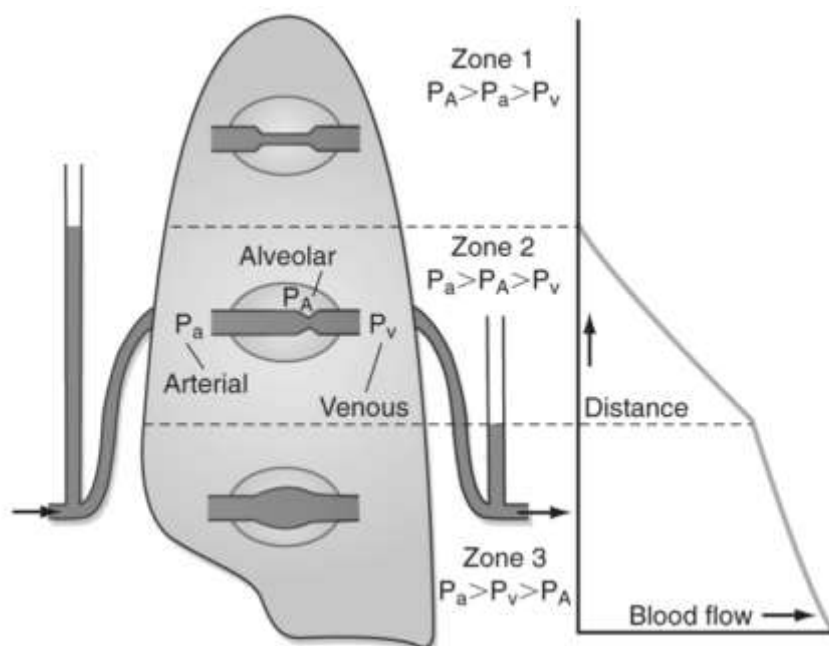
فشار میانگین دهلیز چپ و وریدهای اصلی ریوی: ۲mmHg (فشار میانگین دهلیز چپ و وریدهای اصلی ریوی در وضعیت خوابیده به پشت به طور متوسط حدود ۲mmHg است. اما از حداقل ۱mmHg تا حداکثر ۵mmHg تغییر می کند. از فشار دهلیز چپ برای تخمین فشار گوه ای ریه بکار می رود. فشار گوه ای (باوارد کردن کاتر به داخل بطن چپ اندازه گیری می شود معمولاً ۳-۲ میلی متر جیوه بالاتر از فشار دهلیز چپ است).

### حجم خون ریه ها:

حجم خون ریوی ۴۵۰ ml یا ۹ درصد حجم برون ده قلب می باشد. هرگونه مشکلی در بطن چپ یا دریچه میترال، فشار عروق ریوی را تا حدود زیادی بالا می برد مانند نارسایی قبل چپ، تنگی میترال، نارسایی میترال

### نواحی ریه و علت به وجود آمدن آنها:

در فرد طبیعی در وضعیت ایستاده به علت فشار هیدروستاتیک فاصله میان بالاترین و پایین ترین نقطه ریه حدود ۳۰ سانتی متر است. چنین فاصله ای سبب ۲۳mmhg اختلاف فشار می شود که حدود ۱۵mmhg از آن در بالای قلب و ۸mmhg در پایین قلب است چنین اختلاف هایی تاثیرات عمیقی بر جریان خون و نواحی مختلف ریه دارد. در حالت ایستاده، خون کمی در قله ریه جریان دارد در حالیکه جریان خون پایین ریه ۵ برابر است.



ناحیه های ریوی

به علت اختلافات فشار هیدروستاتیک و ریه ۳ منطقه جریان خون ریوی پدید می آید که هر کدام ویژگی های مخصوص به خود را دارند:

#### ۱- ناحیه ۱ (بالای ریه):

در طی سیکل های مختلف قلبی هیچ جریان خونی به آن وارد نمی شود. زیرا فشار آلوئولی بیش تر از فشار مویرگی است. در این ناحیه  $P_a$  (فشار شریانی ریوی) به حدی پایین است که تحت تأثیر  $P_A$  (تفاوت در فشار حبابچه ای ریوی) بزرگ تر از فشار عروقی است، مویرگ ها این ناحیه کلاپس شده و جریان خون متوقف می شود. در حالت طبیعی این ناحیه وجود ندارد اما با این حال، در طی تهویه مکانیکی با فشار مثبت یا زمانی که  $P_a$  به طور چشمگیری کم شود (ممکن است در طی افت شدید حجم خون ایجاد شود) ناحیه ۱ عملاً ایجاد گردد.

#### ۲- ناحیه ۲ (وسط ریه):

جریان خون تناوب دارد. یعنی در طی سیستول که فشار شریانی بالاتر از فشار آلوئولی است جریان برقرار می شود و در طی (دیاستول که فشار شریانی کمتر از فشار آلوئولی است جریان برقرار نمی شود). در ناحیه ۲ یا یک سوم فوقانی ریه،  $P_a$

از  $P_A$  و  $P_V$  بزرگ تر است. به دلیل این که  $P_A$  از  $P_V$  (به فشار وریدی ریوی) بزرگ تر است. مویرگ ها کلاپس شده و اصطلاحاً اثر کاهش یابنده رخ می دهد. این پدیده تحت عنوان اثر آبشاری یا (Waterfall) نیز نامیده می شود.

### ۳- ناحیه ۳ (پایین ریه):

بدلیل بالا بودن فشار مویرگی همواره جریان خون برقرار است. زیرا فشار مویرگهای آلوئولی در تمام طول چرخه قلبی از فشار هوای آلوئولی بالاتر است. در ناحیه ۳،  $P_A$  از  $P_V$  بزرگ تر است و  $P_V$  نیز از  $P_A$  بزرگ تر است و خون بر اساس اختلاف فشار در این ناحیه جریان می یابد. بنابراین، جریان خون ریوی در قاعده ریه بزرگ تر است زیرا فشار ترانس پولمونری بالا، عروق را متسع کرده و مقاومت را کم می کند. (گایتون، بن و لوی)

در حالت طبیعی ریه ها فقط نواحی ۲ و ۳ را دارند یعنی ۲ (جریان متناوب) در قله ریه ها و ناحیه ۳ (جریان مداوم) در تمام مناطق تحتانی جریان دارد. در وضعیت ایستاده، فشار شریانی ریه در قله ۱۵mmhg کمتر از فشار در سطح قلب است. این فشار از فشار هوای آلوئولی (یعنی صفر) بیشتر است به طوریکه خون طی سیستول در مویرگهای قله ریه جریان می یابد اما در طی دیاستول فشار دیاستولی ۸mmhg در سطح قلب برای بالا بردن خون و مقابله با ۱۵mmhg اختلاف فشار هیدروستاتیک کافی نیست و لذا خون در طی دیاستول جریان نمی یابد.

اما در قسمتهای پایین ریه فشار شریانی ریه هم در سیستول و هم در دیاستول بالاتر از فشار صفر آلوئولی است. بنابراین خون همواره در مویرگهای آلوئولی جاری است. و به آن ناحیه ۳ گفته می شود. از طرفی در وضعیت خوابیده همه قسمتهای ریه تقریباً هم سطح قلب هستند بنابراین خون در تمامی قسمتها جریان دارد، و همه قسمتهای ریه از جمله قله ها به صورت ناحیه ۳ می باشد.

ناحیه ۱ از جریان خون تنها در شرایط غیر طبیعی ایجاد می شود. ناحیه ۱ از جریان خون هنگامی ایجاد می شود که یا فشار سیستول شریان ریوی بیش از حد کم شود یا فشار آلوئولی به حدی زیاد شود که مانع جریان خون گردد. مثلاً اگر فردی در وضعیت ایستاده در برابر هوایی با فشار مثبت نفس بکشد، سبب می شود که فشار هوای داخل آلوئولها حداقل ۱۰mmHg بیشتر از حد طبیعی می شود در حالیکه که فشار سیستول شریان ریوی همچنان در حد طبیعی باقی می ماند این امر منجر به بوجود آمدن ناحیه ۱ (عدم جریان خون) در قله ریه ها می شود.

حالت دیگری که در آن ناحیه ۱ جریان خون ایجاد می شود در فردی ایستاده است که فشار سیستولی شریان ریوی آن فوق العاده کم شود (مثلاً بعد از یک خونریزی شدید)

در کدام حالت زیر در یک فرد ایستاده، ناحیه ۱ جریان خون اتفاق می افتد؟ (ارشد ۹۲)

الف) در حالت استراحت در قله ریه      ب) در هنگام افزایش فشار حبابچه ای

ج) در قله ریه یک فرد مبتلا به افزایش فشار خون      د) در حالت استراحت در قاعده ریه

پاسخ گزینه الف /

### تاثیر فعالیت بر جریان خون قسمتهای مختلف ریه:

جریان خون قسمتهای ریه در طی فعالیت افزایش می یابد. افزایش جریان در بالای ریه ممکن است به ۷۰۰ تا ۸۰۰ درصد برسد در حالیکه افزایش جریان در پایین ریه ممکن است بیش از ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد نباشد. علت این اختلافها آنست که فشار عروق ریوی طی فعالیت تا حد چشمگیری افزایش می یابد و در نتیجه جریان خون قله ریه از ناحیه ۲ به ناحیه ۳ در می آید.

نکته: در هنگام ورزش یا فعالیتهای سنگین عروق ریوی کاهش می یابد و جریان خون ریه ها ۴ تا ۷ برابر می شود. این جریان اضافی از ۳ طریق تامین می شود:

۱- افزایش تعداد مویرگهای باز (گاه تا ۳ برابر)

۲- اتساع تمام مویرگها و افزایش جریان خون هر مویرگ بیش از ۲ برابر

۳- افزایش فشار شریان ریوی

مجموع دو تغییر اول در افراد طبیعی به حدی مقاومت عروق ریوی را کاهش می دهد که فشار شریان ریوی حتی در جریان حداکثر فعالیت نیز تنها به میزان بسیار کمی بالا می رود. این قابلیت ریه ها در گنجاندن جریان زیاد خون طی فعالیت بدون افزایش فشار شریان ریه، انرژی قلب راست را حفظ می کند و مانع افزایش فشار مویرگی می شود و جلوی ادم ریه را می گیرد.

سوال: در یک فرد سالم در کدام یک از نواحی (zone) جریان خون ریوی وجود ندارد؟ (ارشد ۸۶)

I (الف) II (ب) III (ج) IV (د)

پاسخ گزینه الف /

سوال: در کدامیک از مناطق ریه، اختلاف فشار شریانچه ای و جابچه ای عامل تعیین کننده جریان خون است؟

(ارشد ۸۵)

I (الف) II (ب) III (ج) IV (د)

پاسخ گزینه ب /

سوال: در فرد ایستاده در کدامیک از نواحی (zone) ریوی جریان خون متناوب وجود دارد؟ (دکترای تغذیه ۸۷)

I (الف) II (ب) III (ج) IV (د)

پاسخ گزینه ب /

تبادل مویرگی مایع در ریه ها:

تبادل مایع در مویرگهای ریوی مانند تبادل در بافتهای محیطی انجام می شود. فقط از نظر مقدار ماده مبادله شده کمی با هم تفاوت دارند.

عملکرد گردش خون ریه در هنگام افزایش فشار دهلیز چپ بر اثر نارسایی قلب چپ:

فشار دهلیز چپ افراد سالم حتی در فعالیت سنگین تقریباً هیچ وقت از  $6\text{mmHg}+$  فراتر نمی رود.

این تغییرات کوچک فشار دهلیز چپ معمولاً اثر خاصی بر گردش خون ریوی نداشته و سبب متسع شدن ونول های ریوی و سهولت جریان خون در شراین ریوی می شود اما اگر قلب چپ نارسا شود، خون در دهلیز چپ تجمع یافته و فشار دهلیز چپ حتی ممکن است از مقدار طبیعی  $5\text{mmHg}-1$  تا  $50\text{mmHg}-40$  بالا برود. افزایش اولیه فشار دهلیز تا  $7\text{mmHg}$  اثر خاصی بر عملکرد گردش خون ریوی ندارد اما اگر از این مقدار بالاتر رود. سبب افزایش بیشتر فشار شریانی ریوی و افزایش بار قلب راست می شود. هرچه فشار دهلیز چپ بیشتر شود فشار مویرگی نیز به همان اندازه زیاد می شود افزایش فشار دهلیز چپ به بالاتر از  $30\text{mmHg}$  سبب ۱ دم ریوی خواهد شد.

نیروهای موثر در تبادل مویرگی:

۱- نیروهایی که مایع را به سمت بیرون مویرگها می رانند:

فشار مویرگی-فشار اسمزی کلئیدی مایع میان بافتی- فشار منفی مایع میان بافتی(در کل ۲۹mmkg)

۲- نیروهایی که مایع را به سمت داخل مویرگ می کشانند:

تنها فشار اسمزی کلئیدی پلاسما مایع را به داخل مویرگ می کشاند. (۲۸mmkg)

بنابراین میانگین فیلتراسیون مایع ریوی +۱ است.

**مویرگ ریوی و تفاوتها ی آن با مویرگهای محیطی:**

۱- فشار مویرگهای ریوی در مقایسه با فشارمویرگهای محیطی پایین است (۷mmkg در برابر ۱۷mmkg)

۲- فشار میان بافتی ریه کمی منفی تر از فشار بافتهای زیر پوستی محیطی است. (حدود ۵- تا ۸- میلی متر جیوه)

۳- نفوذ پذیری مویرگها بالاست و امکان نفوذ مواد پروتئینی بالاتر است. به همین دلیل فشار اسمزی کلئیدی مایع میان

بافتی ریه (۱۴ mmkg) است در حالی که در بافتهای محیطی کمتر از نصف این مقدار است. )

۴- جدار آئولها بسیار نازک است به طوری که اگر فشار میان بافتی از فشار جو بالاتر رود پاره خواهد شد و سبب ادم ریوی می شود.

**نیروهایی که تمایل به جابجایی مایع به بیرون از مویرگها و درون فضای میان بافتی ریه دارند:**

فشار	mmHg
فشار مویرگی	۷
فشار اسمزی کلئیدی مایع میان بافتی	۱۴
فشار منفی مایع میان بافتی	۸
مجموعه نیروهای رو به بیرون	۲۹

**نیروهایی که تمایل به جذب مایع به درون مویرگها دارند:**

فشار	mmHg
فشار اسمزی کلئیدی پلاسما	۲۸
مجموعه نیروهای رو به درون	۲۸

فشار	mmHg
مجموع نیروهای رو به بیرون	+۲۹
مجموعه نیروهای رو به درون	-۲۸
فشار میانگین فیلتراسیون	+۱

**ادم ریوی:**

هر عاملی که سبب شود فشار مایع میان بافتی ریه از شرایط منفی به مثبت تغییر یابد سبب پر شدن فضای آئولها و ریه و

ادم ریوی می شود.

شایع ترین دلیل ادم ریوی عبارتند از:

۱- نارسایی قلب چپ

۲- آسیب غشای مویرگی

در شرایط عادی ادم ریوی به وجود نمی آید. زیرا فشار اسمزی کلئیدی پلاسما (۲۸mmkg) از آن جلوگیری می کند. برای پیدایش ادم ریوی فشار ریه باید از ۷mmkg به ۲۸mmkg برسد تا ادم به وجود آید. لذا عامل اطمینان در برابر ادم ریوی حدود ۲۱mmkg است.

**افوزیون پلور:**

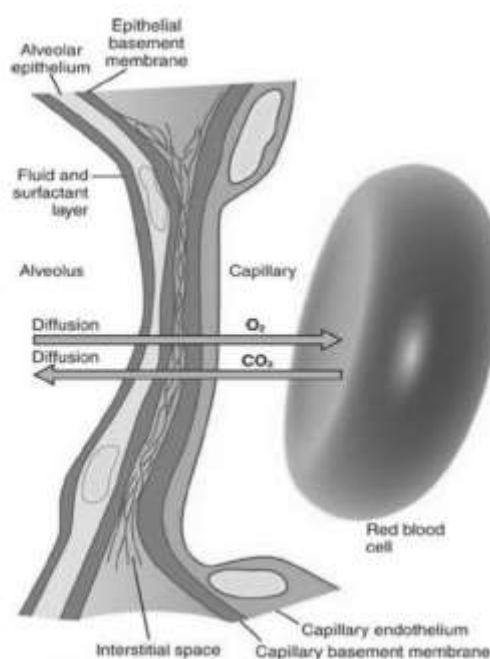
افوزیون پلور به معنای تجمع مقدار زیادی مایع آزاد در فضای پلور است. عمل افوزیون همان عمل ادم در سایر بافتهاست از جمله: ۱- توقف تخلیه لنفاوی از حفره پلور ۲- نارسایی قلب که فشار مویرگهای محیطی و ریوی را به بیش از حد بالا می برد و سبب تراوش بیش از حد مایع به درون حفره پلور می شود. ۳- کاهش زیاد فشار اسمزی کلئیدی پلاسما و تراوش بیش از حد مایع ۴- عفونت یا هرگونه التهاب دیگر در سطوح حفره پلور که غشای مویرگی را پاره کند. و سبب تجمع مایع و پروتئین های پلاسما در حفره پلور شود.

## فصل ۳۹: اصول فیزیکی تبادل گازها

انتشار اکسیژن و دی اکسید کربن از غشای تنفسی بعد از آنکه آلوئولها با هوای تازه تهویه شدند قدم بعدی در تنفس انتشار اکسیژن از آلوئولها به درون خون ریوی و انتشار دی اکسید کربن در جهت مخالف به بیرون خون است.

### فیزیک انتشار و فشار سمی گازها

فشار گازها ناشی از برخورد مداوم مولکولهای دارای انرژی جنبشی می باشد. در تنفس تنها با ۳ گاز اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن سروکار داریم. ترکیب تقریبی هوا شامل ۷۹٪ نیتروژن و ۲۱٪ اکسیژن است.



انتقال اکسیژن و دی اکسید کربن بین خون و ریه

### فشار گازهای محلول در آب و بافتها:

گازهای محلول در آب یا مایعات بدن نیز فشار ایجاد می کنند، زیرا مولکولهای موجود در محلول نیز دارای حرکت و جنبش می باشد.

$$\text{فشار} = \frac{\text{غلظت گاز محلول}}{\text{ضریب حلالیت}}$$

برطبق فرمول بالا فشار هر گاز در محلول نه تنها به غلظت آن بستگی دارد بلکه ضریب حلالیت آن گاز نیز وابسته است. ضریب حلالیت گازهای تنفسی در مایعات بدن به شرح زیر است:

دی اکسید کربن < اکسیژن < نیتروژن < مونواکسید کربن < هلیوم

### فشار بخار آب:

هنگامی که هوای غیر مرطوب وارد مجاری تنفسی می شود، آب فوراً از سطوح این مجاری تبخیر شده و مرطوب می شود. فشار سهمی که مولکولهای آب برای گریز از سطح اعمال می کنند فشار بخار آب نام دارد. فشار بخار آب در دمای طبیعی بدن ۴۷mmhg است. فشار بخار آب در دمای صفر درجه سانتی گراد ۷۶mmhg است و در دمای بدن نیز ۴۷mmhg می باشد.

### انتشار گاز در مایعات:

اگر فشار و گاز در ناحیه ای بیش از ناحیه دیگر باشد، انتشار مفید گاز از ناحیه پر فشار به ناحیه کم فشار خواهد بود. عواملی که بر میزان انتشار گاز در مایع تاثیر می گذارند عبارتند از:

۱- قابلیت حلالیت گاز در مایع

۲- سطح مقطع مایع

۳- مسافتی که گاز انتشار می یابد

۴- وزن مولکولی گاز

۵- دمای مایع بدن

**D:** میزان انتشار **AP:** اختلافات فشار بین دو سر مسیر انتشار **A:** سطح مقطع مسیر

**S:** قابلیت حلالیت گاز **d:** فاصله انتشار **MW:** وزن مولکولی

$$D \propto \frac{\Delta P \cdot A \cdot S}{d \cdot \sqrt{M \cdot W}}$$

میزان حلالیت (S) و وزن مولکولی (MW) به ویژگی های خود گاز بستگی دارند. و مجموع این دو ضریب انتشار گاز را مشخص می کند که با  $\sqrt{M \cdot W}$  متناسب است. اگر ضریب انتشار اکسیژن را ۱ در نظر بگیریم ضریب نسبی انتشار برای گازهای مهم تنفسی در مایعات بدن به شرح زیر است:

دی اکسید کربن < اکسیژن < هلیوم < منواکسید کربن < نیتروژن

۲/۰۳      ۱      ۰/۹۵      ۰/۸۱      ۰/۵۳

### انتشار گاز در بافتها:

همه گازهایی که در تنفس اهمیت دارند به راحتی می توانند از غشای سلولی عبور کنند. تنها محدودیتی که برای انتقال آنها وجود دارد. سرعت انتشارشان در آب بافتی است نه در غشای سلول بنابراین انتشار گازها در بافت تقریباً با انتشارشان در آب برابر است.

غلظت هوای آلوئولی از نظر ترکیب، با هوای جو یکسان نیست به دلایل زیر:

۱- با هر دم و بازدم تنها قسمتی از هوای آلوئولی با هوای بیرون جایگزین می شود.

۲- اکسیژن پیوسته از وارد خون می شود.

۳- دی اکسید کربن از خون وارد آلوئول می شود

۴- هوای خشک جو با عبور از مجاری هوا مرطوب می شود

### انتشار گازها از غشای تنفسی:

واحد تنفسی از برونشبول تنفسی، مجاری آلوئولی، دهلیزها و آلوئولها تشکیل شده است. جدار آلوئولها فوق العاده نازک بوده و درون آن شبکه ای سه بعدی از مویرگهای مرتبط وجود دارد. این شبکه مویرگی به حدی گسترده است که خون در جدار



آلوئولها به صورت یک صفحه جریان دارد. و گازهای آلوئولی در مجاورت بسیار نزدیک با خون مویرگها می باشند. نکته مهم آنست که تبادل گاز میان هوای آلوئولی و خون مویرگی در قسمتهای انتهایی ریه ها صورت می گیرند فقط در خود آلوئولها، به مجموع این غشاها غشای تنفسی یا ریوی گفته می شود.

### عوامل موثر بر میزان (سرعت) انتشار گاز در غشای تنفسی:

۱- ضخامت غشا

۲- مساحت غشا

۳- ضریب انتشار گاز

۴- اختلاف فشار در دو طرف غشا

### ظرفیت انتشار غشای تنفسی:

ظرفیت انتشار، حجمی از گاز است که در هر دقیقه بازای اختلاف فشار سهمی  $1\text{ mmHg}$  از غشا انتشار می یابد.

### ظرفیت انتشار اکسیژن در جریان فعالیت:

افزایش اکسیژن رسانی در فعالیت تنها به دلیل تهویه بالاتر آلوئولی نیست، بلکه ظرفیت بالاتر غشای تنفسی برای انتقال اکسیژن به درون خون نیز نقش دارد. در جریان ورزش سنگین ظرفیت انتشار اکسیژن تا ۳ برابر حالت استراحت نیز می رسد. این افزایش به دو دلیل انجام می گیرد:

۱- افزایش مساحت: باز شدن مویرگهای ریوی بسته یا اتساع بیشتر مویرگهای باز که سبب افزایش سطح انتشار اکسیژن می شود.

۲- بهبود نسبت تهویه به خونرسانی ( $V_A/Q$ ): ورزش سبب افزایش هماهنگی بین تهویه و خونرسانی به مویرگهای آلوئولی می شود.

### ظرفیت انتشار دی اکسید کربن:

ظرفیت انتشار غشا برای  $CO_2$  به علت مشکل فنی هیچگاه بدرستی اندازه گیری نشد،  $CO_2$  چنان سریع از غشای تنفسی می گذرد که میانگین  $PCO_2$  در خون ریوی اختلاف چندانی با  $PCO_2$  در آلوئولها ندارد. و با روشهای موجود قابل اندازه گیری نیست. اما اندازه گیری سایر گازها نشان می دهد که ظرفیت انتشار هر گاز با ضریب انتشار آن نسبت مستقیم دارد. از آنجا که ضریب انتشار دی اکسید کربن کمی بیش از ۲۰ برابر ضریب انتشار اکسیژن است بنابراین ظرفیت انتشار آن در حالت استراحت حدود  $400-450\text{ ml/min/mmHg}$  و در شرایط فعالیت  $1200-1300\text{ ml/min/mmHg}$  می باشد.

### اندازه گیری ظرفیت انتشار (روش موناوکسید کربن):

ظرفیت انتشار اکسیژن را می توان با استفاده از مقادیر زیر محاسبه کرد:

۱-  $PO_2$  آلوئولی ۲-  $PO_2$  در خون مویرگهای ریوی ۳- میزان جذب اکسیژن به خون

اندازه گیری  $PO_2$  در خون مویرگهای ریوی بسیار دشوار است، برای کاهش مشکلات مرتبط با اندازه گیری مستقیم ظرفیت انتشار اکسیژن، از ظرفیت انتشار موناوکسید کربن برای اندازه گیری ظرفیت انتشار اکسیژن استفاده می کنند.

روش اندازه گیری مونواکسیدکربن:

مقدار کمی مونواکسیدکربن را با دم وارد آلئولها می کنند و فشار سهمی مونواکسیدکربن در آلئولها را با نمونه گیری مناسب اندازه گیری می کنند. فشار مونواکسیدکربن در خون تقریباً صفر است زیرا هموگلوبین چنان سریع با این گاز ترکیب می شود که فشار آن هیچگاه فرصت افزایش نمی یابد. بنابراین اختلاف فشار مونواکسیدکربن در طرفین غشای تنفسی تقریباً با فشار سهمی آن در نمونه هوای آلئولی برابر است. با اندازه گیری حجم مونواکسیدکربن که طی زمان کوتاه جذب می شود و تقسیم آب بر فشار سهمی مونواکسیدکربن آلئولی می توان ظرفیت انتشار مونواکسیدکربن را مشخص کرد. برای تبدیل ظرفیت انتشار مونواکسیدکربن به انتشار اکسیژن، مقدار بدست آمده را در  $1/23$  ضرب می کنند (زیرا ضریب انتشار اکسیژن  $1/23$  برابر ضریب انتشار مونواکسیدکربن است).

تأثیر نسبت تهویه به خونرسانی در غلظت گازهای آلئولی:

برخی از مناطق ریه در حالت طبیعی فاقد خونرسانی هستند از سوی دیگر برخی خونرسانی کافی دارند اما تهویه نامناسب دارند در هر دو صورت تبادل گازها در غشای تنفسی آسیب می بیند. تبادل مناسب بین تهویه و خونرسانی به عروق تنفسی بسیار مهم است.

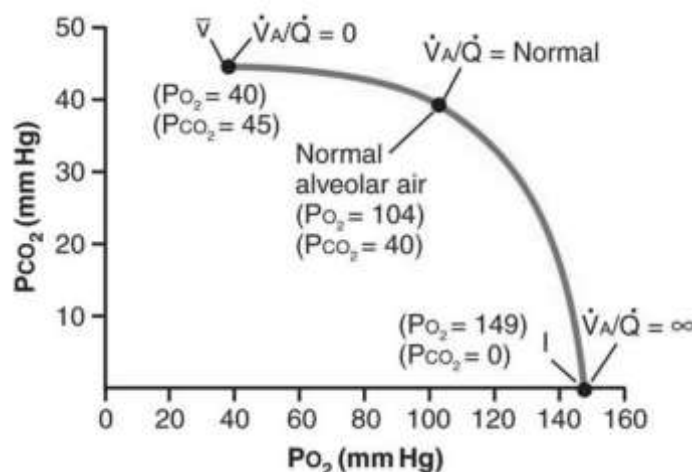
۱- اگر  $V_A^\circ$  (تهویه) در یک آلئول طبیعی باشد و  $Q^\circ$  (خونرسانی) نیز طبیعی باشد. نسبت  $\frac{V_A^\circ}{Q^\circ}$  طبیعی است.

۲- اگر  $\frac{V_A^\circ}{Q^\circ}$  مساوی صفر باشد یعنی هیچ گونه تهویه آلئولی صورت نگرفته است. فشار سهمی اکسیژن و دی اکسید

کربن هوای آلئولی با فشار اکسیژن و دی اکسیدکربن گردش خون وریدی برابر است. فشار اکسیژنی به حدود ۴۰ میلی متر جیوه و فشار  $CO_2$  به حدود ۴۵ میلی متر جیوه می رسد.

۳- اگر  $\frac{V_A^\circ}{Q^\circ}$  معادل بی نهایت باشد یعنی هیچ جریان خون مویرگی وجود نداشته باشد تا اکسیژن را به بیرون ببرد و

دی اکسید کربن را به آلئولها بیاورد بنابراین فشار سهمی داخل آلئولی اکسیژن و دی اکسیدکربن معادل هوای مرطوب دمی است.



فشار گاز اکسیژن و دی اکسید کربن و نسبت تهویه به خونرسانی در شرایط مختلف

شنت فیزیولوژیک:

## مرکز تخصصی خدمات آموزشی گروه پزشکی فرهنگ گستر نخبگان

هرگاه نسبت تهویه به خونرسانی کمتر از حد طبیعی باشد (کمتر از ۱) تهویه کافی برای مهیا کردن اکسیژن لازم برای اکسیژن دهی کامل خون از طریق مویرگ آلوئولی وجود ندارد. بنابراین بخش زیادی از خون وریدی که از مویرگ ریوی می‌گذرد، اکسیژن‌گیری نمی‌شود، به این بخش خون شنت شده گویند.

### فضای مرده فیزیولوژیک:

اما اگر  $\frac{V^{\circ}A}{Q^{\circ}}$  بیشتر از حد طبیعی باشد. یعنی تهویه آلوئول زیاد ولی جریان خون آن کم است و بدلیل کاهش خونرسانی بخش زیادی از هوای تهویه شده هدر می‌رود. و فضای مرده فیزیولوژیک بزرگ می‌شود. در بالای ریه نسبت تهویه به خونرسانی برابر ۲/۵ است و سبب می‌شود که فضای مرده فیزیولوژیک به وجود بیاید. اما در پایین ریه، نسبت تهویه به خونرسانی ۰/۶ مقدار طبیعی بوده و سبب ایجاد شنت فیزیولوژیک می‌شود.

### مشخصات $\frac{V^{\circ}A}{Q^{\circ}}$ در بالا و پایین ریه

ناحیه ریه	تهویه	خونرسانی	$\frac{V^{\circ}A}{Q^{\circ}}$	PO <sub>2</sub> آلوئول	PCO <sub>2</sub> آلوئول
بالا	کم	کمتر	بیشترین	بیشترین	کمترین
پایین	زیاد	زیادتر	کمترین	کمترین	بیشترین

- تهویه در بالای ریه کم و در پایین آن زیاد است.

- خونرسانی در بالای ریه کم و در پایین ریه زیاد است.

### نسبت تهویه به خونرسانی در بالای ریه بیشترین و در پایین ریه کمترین است.

در حبابچه ای که دچار شنت کامل است، فشار گاز های تنفسی آن مشابه کدام محیط زیر است؟ (سال ۸۷)

- الف) اتمسفر (ب) هوای دمی (ج) شریانی سیستمیک (د) خون وریدی مخلوط  
گزینه د /

در حالت ایستاده، نسبت تهویه به جریان خون در کدام ناحیه ریه بیشتر است؟ (ارشد ۸۳)

- الف) قله (ب) بخش میانی (ج) قاعده (د) حد فاصل بین قاعده و بخش میانی  
پاسخ گزینه الف /

تهویه در قسمت های تحتانی ریه..... از قسمت فوقانی ریه است، زیرا فشار داخل جنسی در قسمت بالا..... از

قسمت پایین است. (دکترای ۸۰)

- الف) بیشتر، منفی تر (ب) کمتر، منفی تر (ج) بیشتر، مثبت تر (د) کمتر، مثبت تر  
پاسخ گزینه الف /

## فصل ۴۰: حمل اکسیژن و دی اکسید کربن در خون و مایعات بدن

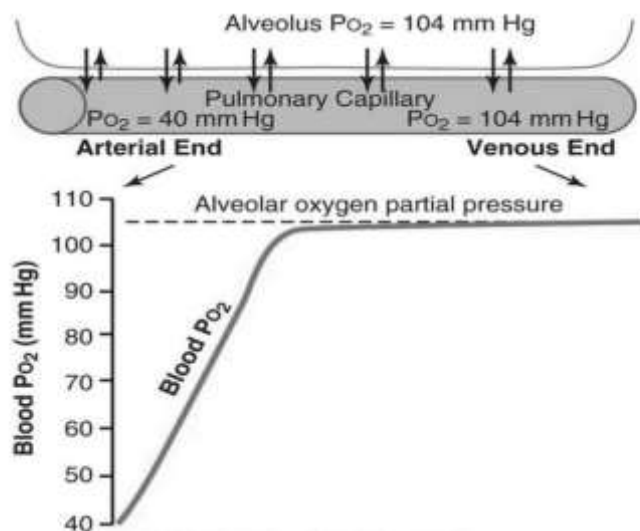
اکسیژن بعد از انتشار از آلوئولها به خون ریوی به صورت ترکیب با هموگلوبین به مویرگهای بافتهای محیطی حمل می شود. وجود هموگلوبین در گلبول قرمز به خون اجازه می دهد تا اکسیژن بیشتری را با خود حمل کنند. اکسیژن با عناصر غذایی مختلفی واکنش داده و دی اکسید کربن تولید می کند. این ماده نیز باید از بدن دفع شود برای حمل اکسیژن و هموگلوبین در بدن مکانیسم های مختلفی وجود دارد که در این فصل به شرح آن می پردازیم:

### حمل اکسیژن و دی اکسید کربن از ریه ها به بافتهای بدن:

اکسیژن از آلوئولها به درون خون مویرگهای ریوی منتشر می شود، زیرا فشار سهمی اکسیژن در آلوئولها از فشار اکسیژن در خون مویرگهای ریوی بیشتر است. بر عکس، زمانی که اکسیژن در سلول ها متابولیزه می شود و دی اکسید کربن می سازد، فشار داخل سلولی دی اکسید کربن بالا رفته و سبب انتشار آن به مویرگهای بافتی می شود. و سپس دی اکسید کربن از خون به درون آلوئولها منتشر خواهد شد. (زیرا فشار  $CO_2$  در خون مویرگ ریوی بیشتر از  $PCO_2$  در آلوئولهاست)

### حمل اکسیژن از آلوئولها به خون ریوی:

فشار متوسط اکسیژن در آلوئول  $104 \text{ mmHg}$  و  $PO_2$  خون وریدی وارده بر سرشریانی مویرگ ریوی همانطور که در شکا پایین می بینید، تنها  $40 \text{ mmHg}$  است. (زیرا مقدار زیادی از اکسیژن این خون در حین عبور آن از بافتهای محیطی برداشته می شود) و همین اختلاف فشار سبب انتشار اکسیژن از آلوئولها به مویرگ ریوی می شود.



### جذب اکسیژن به وسیله مویرگی در هنگام فعالیت:

بدن انسان در هنگام ورزش شدید به  $20$  برابر معمول اکسیژن نیاز دارد. و به خاطر افزایش برون ده قلب، زمان ماندن خون در مویرگ ریوی حتی به کمتر از نصف زمان معمول نیز می رسد. خون مویرگی در حین فعالیت با آنکه مدت کمتری در معرض هواست اما بازهم به طور کامل یا تقریباً کامل اکسیژنه می شود. به دلایل زیر:

- ۱- ظرفیت انتشار اکسیژن در حین فعالیت تقریباً ۳ برابر افزایش می یابد. این افزایش عمدتاً ناشی از افزایش سطح مویرگهایی است که در انتشار شرکت دارند. نسبت مطلوبتر تهویه به خونرسانی در بالای ریه ها هم در آن دخیل است.
- ۲- خون بعد از عبور از یک سوم ابتدایی طول مویرگ ریوی تقریباً به طور کامل از اکسیژن اشباع می شود و طی دو سوم طول باقیمانده مقدار ناچیزی اکسیژن اضافی می شود، به عبارت دیگر خون در حالت طبیعی حدود ۳ برابر زمان لازم برای اکسیژناسیون کامل در مویرگهای ریوی می ماند.

نکته: در شرایط طبیعی عامل محدود کننده سرعت اکسیژن  $PO_2$  داخل سلول نیست بلکه غلظت ADP درون سلول است.

### حمل اکسیژن در خون شریانی:

حدود ۹۸ درصد از خونی که از ریه ها وارد دهلیز چپ می شود از مویرگ آئولوی گذشته تا فشار سهمی اکسیژن به  $104 \text{ mmHg}$  برسد. ۲ درصد دیگر خون که از آئورت وارد گردش خون برونشی می شود عمدتاً به بافتهای عمیقی ریه رفته و در معرض هوای آئولوی قرار نمی گیرد. این همان جریان خون است که نواحی تبادل گاز را دور می زند.

### انتشار دی اکسیدکربن از سلولهای بافتهای محیطی به درون مویرگها:

تمام اکسیژنی که توسط سلول ها مصرف می شود به دی اکسیدکربن تبدیل شده و فشار دی اکسیدکربن داخل سلول افزایش می یابد. چون فشار دی اکسیدکربن سلول های بافتی بالاست، دی اکسیدکربن از سلول ها به مویرگ بافتی منتشر شده و با خون به ریه ها می رود تا در آنجا از مویرگ ریوی به درون آئولول منتشر شود. دی اکسیدکربن حدود ۲۰ بار سریعتر از اکسیژن منتشر می شود.

### ظرفیت انتشاری برخی گازها $>CO >N_2O_2 >CO_2$

بنابراین مقدار اختلاف فشاری که در هر مورد سبب انتشار دی اکسیدکربن می شود بسیار کمتر از اختلاف فشار لازم برای انتشار اکسیژن است. فشارهای  $CO_2$  از این قرارند:

۱-  $PCO_2$  داخل سلولی  $46 \text{ mmHg}$ ، میان بافتی  $45 \text{ mmHg}$  است. (تنها حدود  $1 \text{ mmHg}$  اختلاف فشار وجود دارد.)

۲-  $PCO_2$  خون شریانی که وارد بافتها می شود  $40 \text{ mmHg}$ ،  $PCO_2$  خون وریدی که بافتها را ترک می کند  $45 \text{ mmHg}$ . لذا فشار  $CO_2$  خون مویرگهای بافتی تقریباً با  $PCO_2$  میان بافتی به تعادل رسیده و حدود  $45 \text{ mmHg}$  است.

۳-  $PCO_2$  خونی که وارد مویرگ ریوی می شود در سرشریان  $45 \text{ mmHg}$ ،  $PCO_2$  هوای آئولوی  $40 \text{ mmHg}$  است. و تنها  $5 \text{ mmHg}$  اختلاف فشار سبب انتشار دی اکسیدکربن از مویرگ ریوی به درون آئولولها می شود. با گذشت خون از یک سوم ابتدایی طول مویرگ ریوی،  $PCO_2$  خون مویرگی تقریباً تا حد  $PCO_2$  آئولوی افت می کند.

نکته: منبع اصلی تولید  $CO_2$  بدن در متابولیسم هوازی، میتوکندری است.

### حمل اکسیژن در خون:

هموگلوبین گلوبولهای قرمز خون، قابلیت حمل اکسیژن را ۳۰ تا ۱۰۰ برابر افزایش می دهد. حدود ۹۷ درصد از اکسیژن به صورت ترکیب با هموگلوبین به بافتها حمل می شود و ۳ درصد باقیمانده نیز به شکل محلول در پلاسما حمل می شود. هنگامی که فشار اکسیژن بالا باشد (در آئولولها) هموگلوبین با اکسیژن زیادی ترکیب می شود و هنگامی که فشار اکسیژن پایین باشد (در بافتها) هموگلوبین اکسیژن خود را رها می کند.

در حالت عادی در شریانها به هر مولکول هموگلوبین ۴ مولکول اکسیژن متصل است. اما در خون مخلوط وریدی به هر مولکول هموگلوبین ۳ مولکول اکسیژن متصل است. (۷۵ درصد از هموگلوبین با اکسیژن اشباع شده است) و در یک فرد با فعالیت متوسط ۵۰ درصد از هموگلوبین با اکسیژن اشباع شده است یعنی به طور متوسط ۲ مولکول اکسیژن به هموگلوبین متصل است و این پدیده سبب شکل سیگموئیدی منحنی تفکیک اکسیژن می شود.

#### ضریب مصرف:

به درصد خونی که اکسیژن خود را هنگام گذشتن از مویرگهای بافتی از دست می دهد ضریب مصرف می گویند که مقدار طبیعی آن ۲۵ درصد است ولی در طی فعالیتهای شدید به ۷۵ تا ۸۵ درصد نیز می رسد. در عضله اسکلتی ضریب مصرف در حالت استراحت ۲۵ درصد و در طی فعالیت تا ۷۵ درصد افزایش می یابد. بیشترین ضریب مصرف در شرایط استراحت به قلب مربوط است و ۸۰ درصد اکسیژن خون را استخراج می کند.

#### نقش بافری هموگلوبین برای $PO_2$ بافتی:

هموگلوبین علاوه بر انتقال اکسیژن به بافتها وظیفه مهم دیگری نیز دارد و آن هم نقش بافری برای اکسیژن است. هموگلوبین مسئول ثابت نگه داشتن فشار اکسیژن در بافتهاست. یعنی هرگاه بافتهای بدن نیاز به اکسیژن داشته باشند هموگلوبین اکسیژن خود را به آنها می دهد و هرگاه نیاز کم باشد اکسیژن به هموگلوبین متصل و ذخیره می شود. برخی عوامل وجود دارند که اتصال اکسیژن به هموگلوبین را سست می کنند. این عوامل منحنی تفکیک اکسیژن را به سمت راست جابجا می کنند. (مطابق شکل زیر)

۱- افزایش غلظت دی اکسید کربن

۲- افزایش درجه حرارت بدن

۳- افزایش ۲-۳ دی فسفوگلیسرات (BPG)

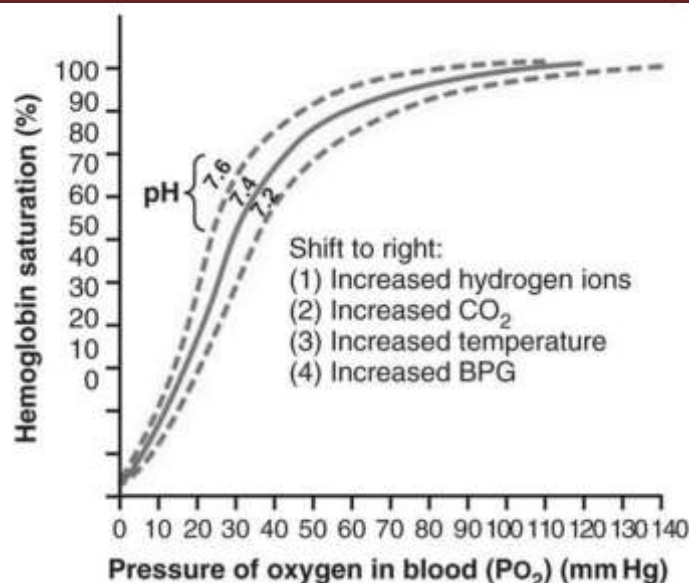
همچنین منحنی تفکیک اکسیژن به هموگلوبین در هنگام فعالیت شدید نیز به سمت راست جابجا می شود. به ۲ دلیل:

۱- افزایش تولید  $CO_2$  و کاهش PH (اسیدی شدن)

۲- افزایش دمای عضلات

- نکته: صعود به ارتفاعات بالا سبب افزایش ۲ و ۳ دی فسفو گلیسرات و جدایی اکسیژن از هموگلوبین می شود.

- وجود مقدار زیاد Hb جنینی در خون سبب انحراف منحنی اکسیژن - هموگلوبین به سمت چپ می شود.



### پدیده بور:

پدیده بور یا بوهر در حمل اکسیژن و انتقال آن به ریه بسیار حائز اهمیت است. افزایش تحویل اکسیژن به بافتها در صورت جابجایی منحنی تفکیک اکسیژن - هموگلوبین بر اثر تغییرات دی اکسید کربن و یون هیدروژن ( $\text{CO}_2$  افزایش و PH کاهش یافته) را پدیده بور می گویند یعنی وقتی بافتها به اکسیژن نیاز پیدا می کنند بر اثر پدیده بور و طی یکسری واکنشها هموگلوبین اکسیژن را به بافتها می دهد و دی اکسید کربن بافتها را می گیرد و به ریه ها می برد.

عواملی که منحنی تفکیک اکسیژن را به سمت چپ جابجا می کنند:

۱- آلکالوز تنفسی ۲- آلکالوز متابولیک ۳- کاهش BPC

۴- کاهش دما ۵- HgF ۶- مسمومیت با CO

### ترکیب هموگلوبین با منواکسید کربن و جابجایی اکسیژن:

مونواکسید کربن به همان نقطه از هموگلوبین وصل می شود که اکسیژن متصل شده و می تواند اکسیژن را از هموگلوبین جدا کند و ظرفیت حمل اکسیژن توسط خون را کاهش دهد. اتصال مونواکسید کربن به هموگلوبین ۲۵۰ بار محکمتر از اتصال اکسیژن است.

در مسمومیت با مونواکسید کربن اگر چه محتوی اکسیژن خون کم می شود ولی ممکن است  $\text{PO}_2$  طبیعی باشد. بیماری که با گاز مونواکسید کربن مسموم شده را می توان به اکسیژن خالص مداوا کرد، زیرا فشار زیاد اکسیژن در آئوئولها می تواند مونواکسید کربن را به سرعت از ترکیبش با هموگلوبین جدا کرد. تجویز همزمان ۵ درصدی دی اکسید کربن برای بیمار مفید است زیرا مرکز تنفس را به شدت تحریک کرده و در نتیجه با افزایش تهویه آئوئولی، مونواکسید کربن آئوئولی را کاهش می دهد.

### اثر بور (Bohr) یعنی اینکه: (دکترای ۸۴)

(الف) هموگلوبین در محیط با PH کم، اکسیژن خود را تهیه کند.

(ب) هموگلوبین، بسیار سریعتر از اکسیژن به منواکسید کربن متصل شود.

(ج) اکسیژن با غلظت نسبتا کمی در اتمسفر وجود دارد.

(د) در مسافت های طولانی، انتشار خیلی آهسته صورت می گیرد.

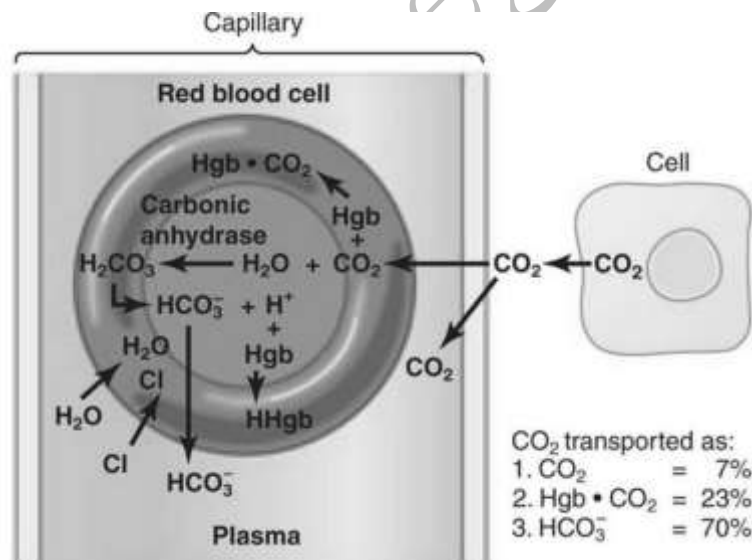
**حمل دی اکسید کربن در خون:**

هر ۱۰۰ میلی لیتر خون در شرایط استراحت ۴ میلی لیتر دی اکسید کربن را از بافتها به ریه ها حمل می کنند. حدود ۷۰ درصد از دی اکسید کربن به صورت یون بیکربنات ۲۳ درصد به صورت ترکیب با هموگلوبین و پروتئینهای پلاسما و ۷ درصد به شکل محلول در خون حمل می شود.

**پدیده جابجایی کلر:**

دی اکسید کربن حل شده در خون با آب واکنش داده و اسید کربنیک می سازد. آنزیم کربنیک انیدراز گلبول قرمز سبب کاتالیز این محصول می شود. اسید کربنیک تشکیل شده در گلبول های قرمز ظرف کسری از ثانیه به یونهای هیدروژن و بی کربنات تفکیک می شود.

بیشتر یونهای هیدروژن با هموگلوبین گلبول قرمز ترکیب می شوند. یونهای بی کربنات نیز همزمان با انتشار یون کلر به درون گلبول قرمز، از گلبول قرمز به درون پلاسما منتشر می شوند. این کار بوسیله یک پروتئین حامل بی کربنات-کلر در غشای گلبول قرمز انجام می شود که امکان انتقال سریع این دو یون را در جهات مختلف از غشا فراهم می کند. بنابراین گلبول های قرمز خون وریدی، کلر بیشتر نسبت به گلبول قرمز خون شریانی دارند به این پدیده، جابجایی کلر می گویند. RBC خون وریدی بیش از خون شریانی حاوی کلر می باشند زیرا در پدیده بور در طی انتقال بی کربنات به خون کمی کلر نیز مبادله می شود.



انتقال دی اکسید کربن در خون و پدیده شیفت کلر

**سوال:** بنابر پدیده تعویض کلر، این یون در مویرگ ریوی و مویرگ بافتی چگونه عمل می کند؟ (سال ۹۰)

الف) در هر دو وارد گلبول سرخ می گردد.

ب) در هر دو، از گلبول سرخ خارج می گردد.

ج) در مویرگ ریوی به گلبول سرخ وارد و در مویرگ بافتی از آن خارج می گردد.

د) هر مویرگ ریوی از گلبول سرخ خارج و در مویرگ بافتی وارد آن می شود.

گزینه د /



پدیده هالدان:

برای افزایش حمل  $CO_2$  انجام می شود. در ریه ها ترکیب اکسیژن با هموگلوبین سبب آزاد شدن دی اکسید کربن و تحویل آن به خون ریوی می شود. این پدیده را اثر هالدان می گویند که در انتقال  $CO_2$  بسیار مهمتر از نقش پدیده بور در انتقال اکسیژن است. البته باید دقت داشت که پدیده هالدان در مویرگهای محیطی سبب جذب  $CO_2$  و انتقال آن به ریه می شود.

سوال: طبق اثر هالدان ترکیب اکسیژن با هموگلوبین موجب کدام مورد زیر می گردد؟ (ارشد ۸۷)

الف) خاصیت اسیدی هموگلوبین (ب) کاهش رها سازی  $CO_2$  از هموگلوبین

ج) تولید  $HCO_3$  (د) افزایش میزان  $CO_2$  خون

پاسخ گزی

نه د/

**نکته مهم:** داوطلبین محترم توجه فرمایید که با تهیه این جزوات دیگر نیاز به خرید هیچ گونه کتاب مرجع دیگری نخواهید داشت. برای اطلاع از نحوه دریافت جزوات کامل با شماره های زیر تماس حاصل فرمایید.

۰۲۱/۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

خرید اینترنتی

<http://shop.nokhbegaan.ir>