

Fiziologia aparatului respirator



► “**Respirația**” înseamnă 4 procese diferite:

- ◆ **Ventilație** – Deplasarea aerului înăuntru și în afara plămânului
- ◆ **Respirație externă** – Schimburile gazoase între sânge și cavitățile pulmonare pline cu aer
- ◆ **Transportul gazelor**
- ◆ **Respirație internă** – Schimburile gazoase între sânge și celulele de la nivelul țesuturilor

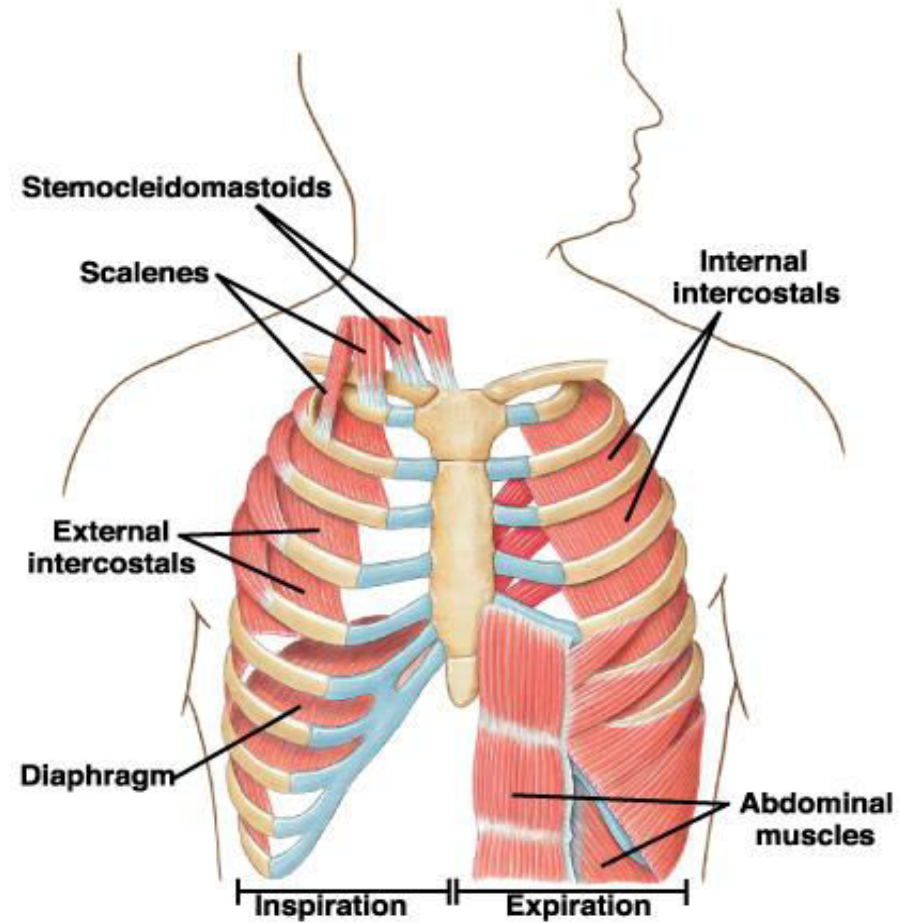


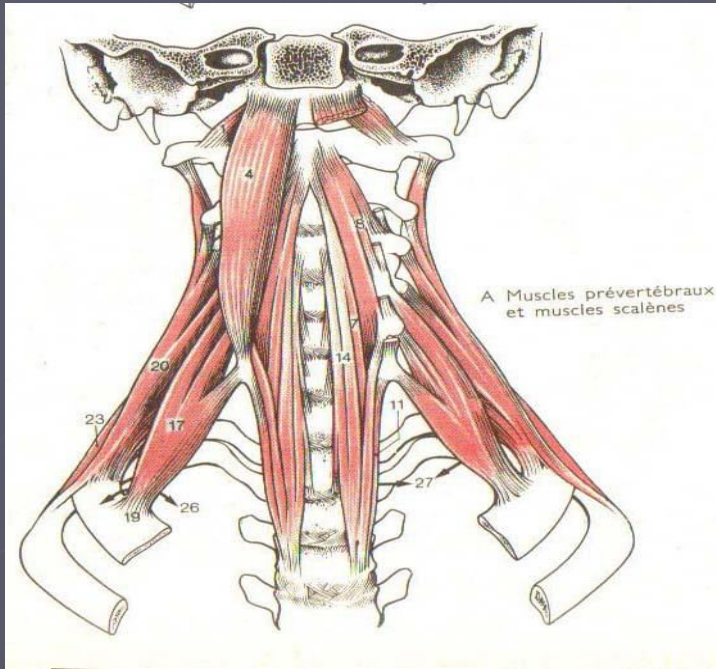
5. Reglarea respirației

1. Ventilația

- permite reinnoirea aerului la nivelul alveolelor
- 2 faze:
 - ✓ **Faza inspiratorie**
 - ✓ **Faza expiratorie**

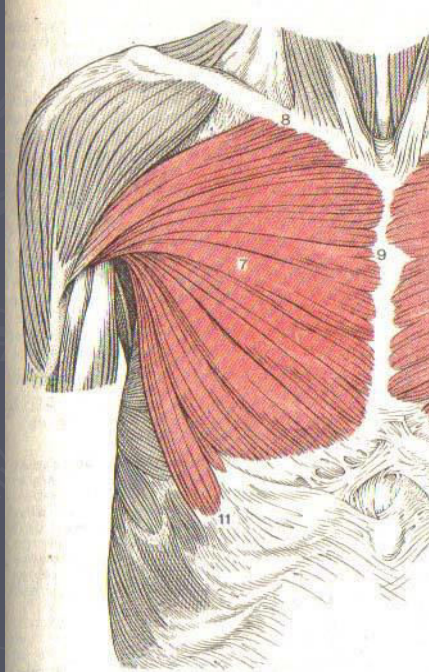
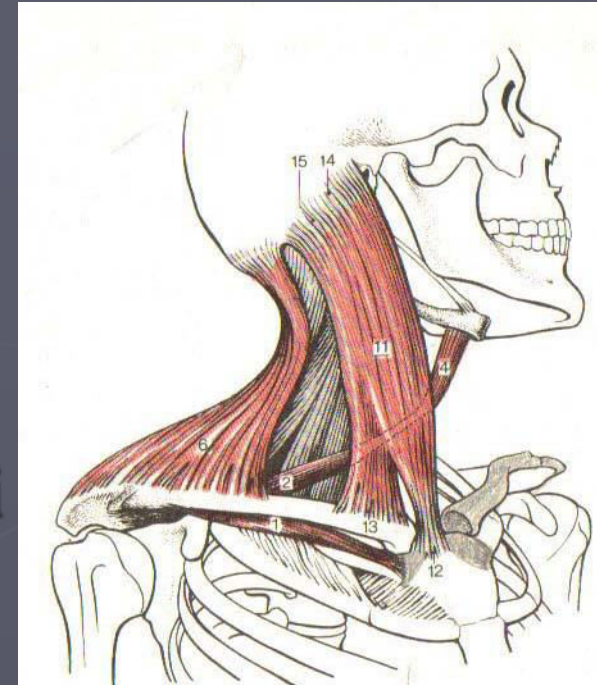
Muscles used for ventilation
The muscles of inspiration include the diaphragm, external intercostals, sternocleidomastoids, and scalenes. The muscles of expiration include the internal intercostals and the abdominals.



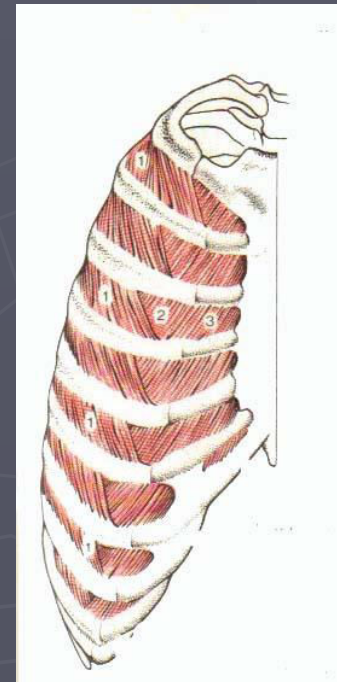


Scaleni

Sterno
Cleido
mastoidieni



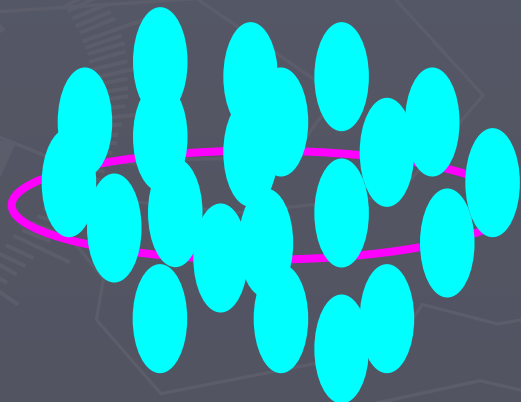
Marele pectoral



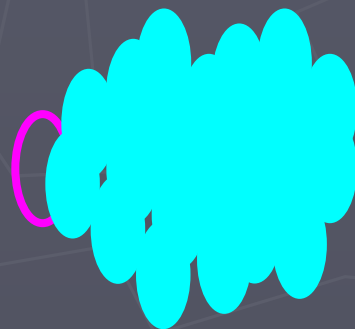
Intercostali
externi

Principii de fizica

Relatia volum/presiune



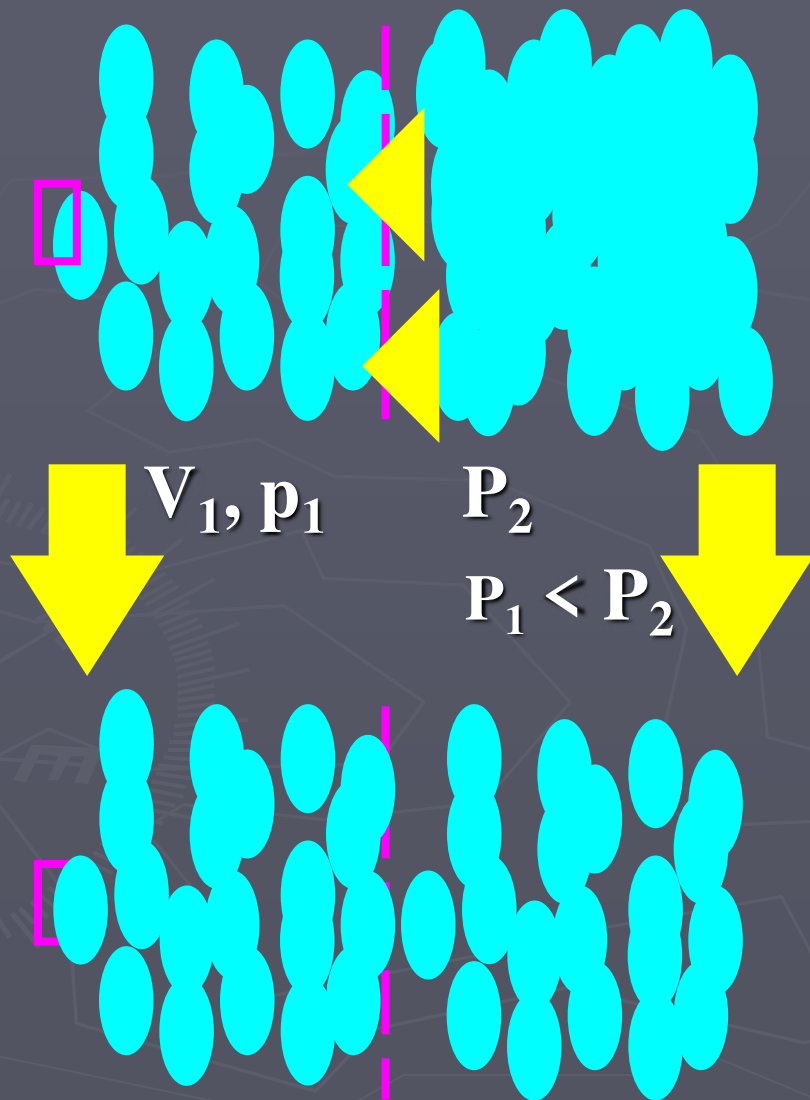
Daca $V \nearrow$, $p \searrow$



V, p



Daca $V \searrow$, $p \nearrow$

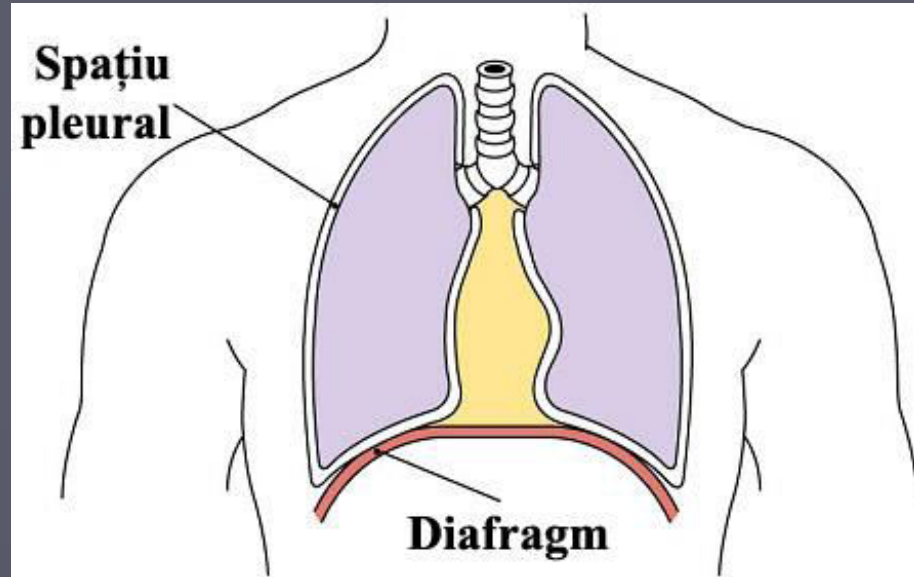


Difuziunea gazelor din zonele
cu presiune crescuta catre
zonele cu presiune scazuta

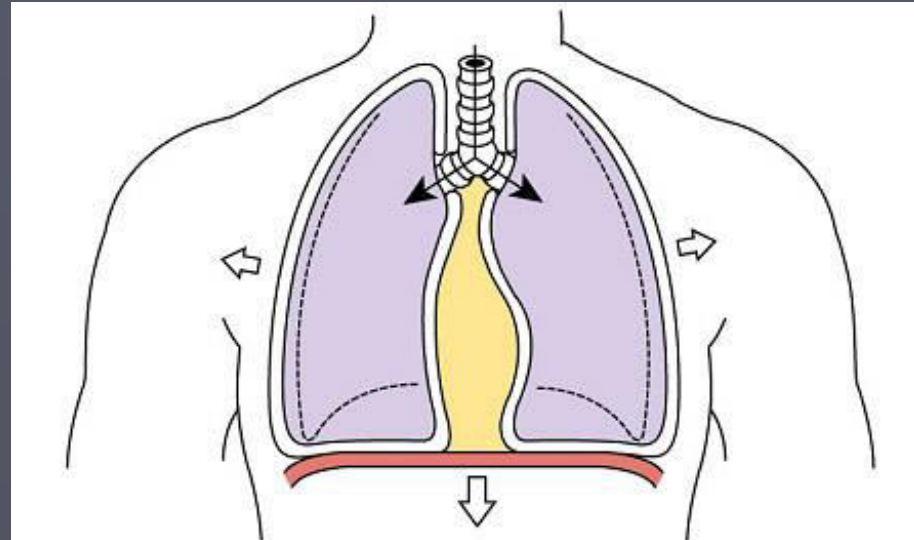
$$P_1 = P_2$$

Inspirul

- ▶ Începe prin contracția diafragmului și a mușchilor intercostali externi
- ▶ Aceasta determină creșterea volumului toracic, care determină creșterea volumului pulmonar
- ▶ În consecință, scade presiunea din interiorul plămânilor
- ▶ P_{alv} este $< P_{\text{atm}}$, așa că aerul se va deplasa conform gradientului de concentrație și va intra în plămâni.
- ▶ Inspirul se termină când $P_{\text{alv}} = P_{\text{atm}}$



În repaus, diafragmul este relaxat



Diafragmul se contractă,
volumul toracic crește

Faza inspiratorie

Contractia m. insp. (**Diafragm + Intercostali ext.**)

↓ **Inspiratie fortata:**
Scaleni, SCM, pectorali

↗ **Volumul cutiei toracice**

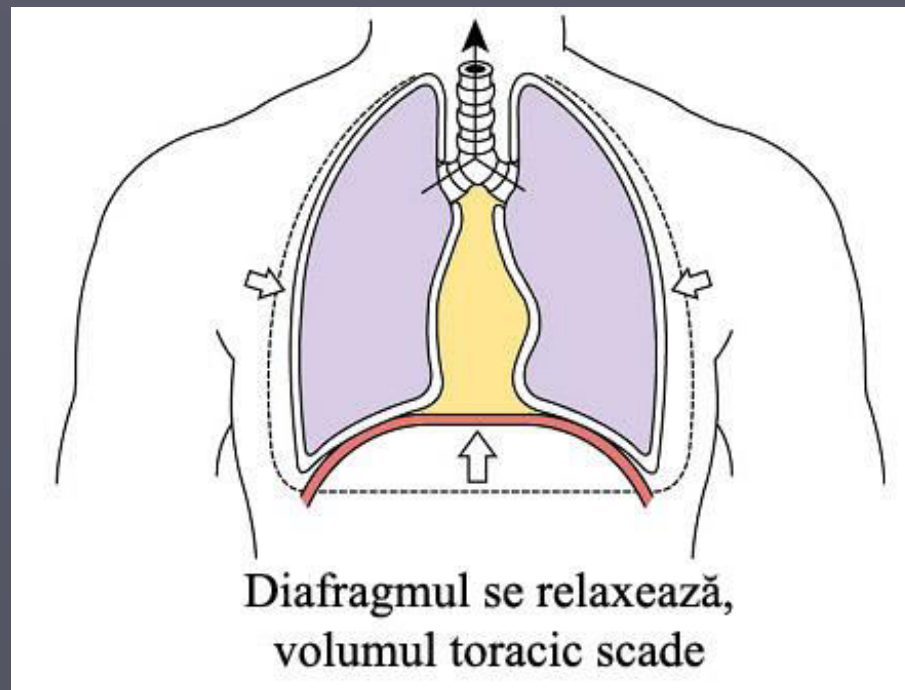
↓
↗ **Volumul pulmonar**

↓
↘ **presiunea intraalveolara ($p_{\text{alveolara}} < p_{\text{atm}}$)**

↓
**Trecerea aerului din zona cu presiune mare
(mediul extern) in zona cu presiune mica (plamani)**

Expirul

- ▶ Expirul normal este un proces pasiv, realizat datorită elasticității plămânilor
- ▶ Expirul forțat este un proces activ realizat cu ajutorul contracției mușchilor abdominali și a mușchilor intercostali interni.



Faza expiratorie

✓ fenomen pasiv

Relaxarea muschilor inspiratori

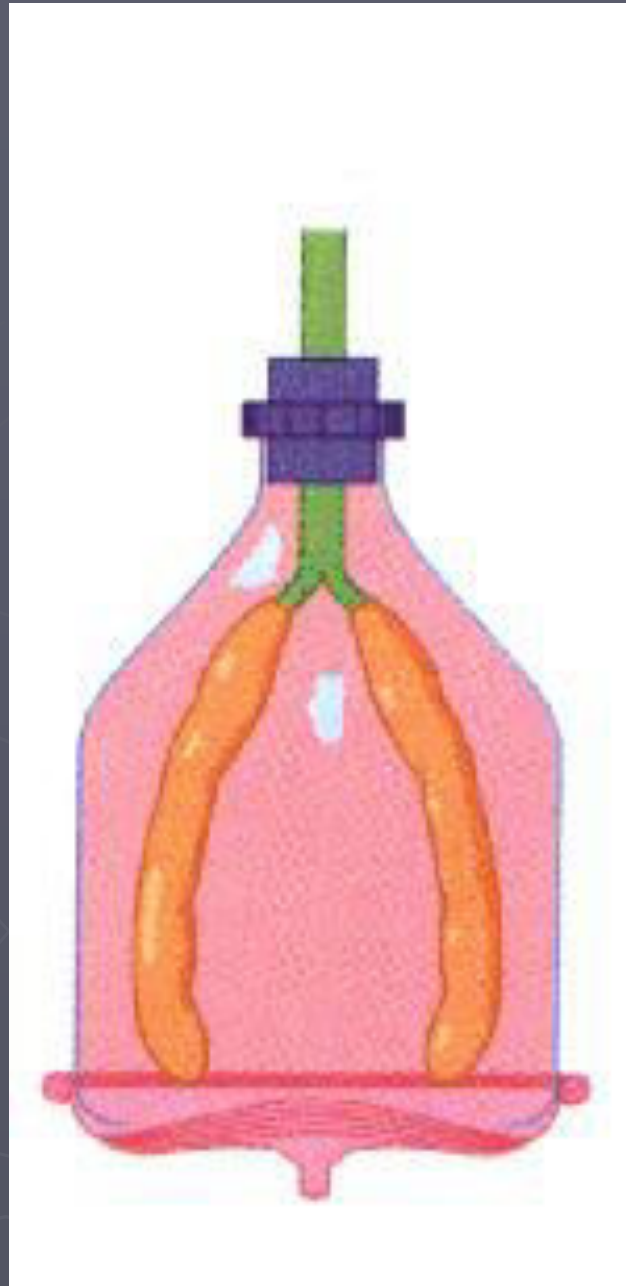
Expiratie fortata:

↓
Abdominali, Intercostali Int

↘ Volumul alveolar (elasticitatea pulmonara)

↓
↗ presiunea intrapulmonara ($P_{alv} > P_{atm}$)

↓
Aerul iese din plamani

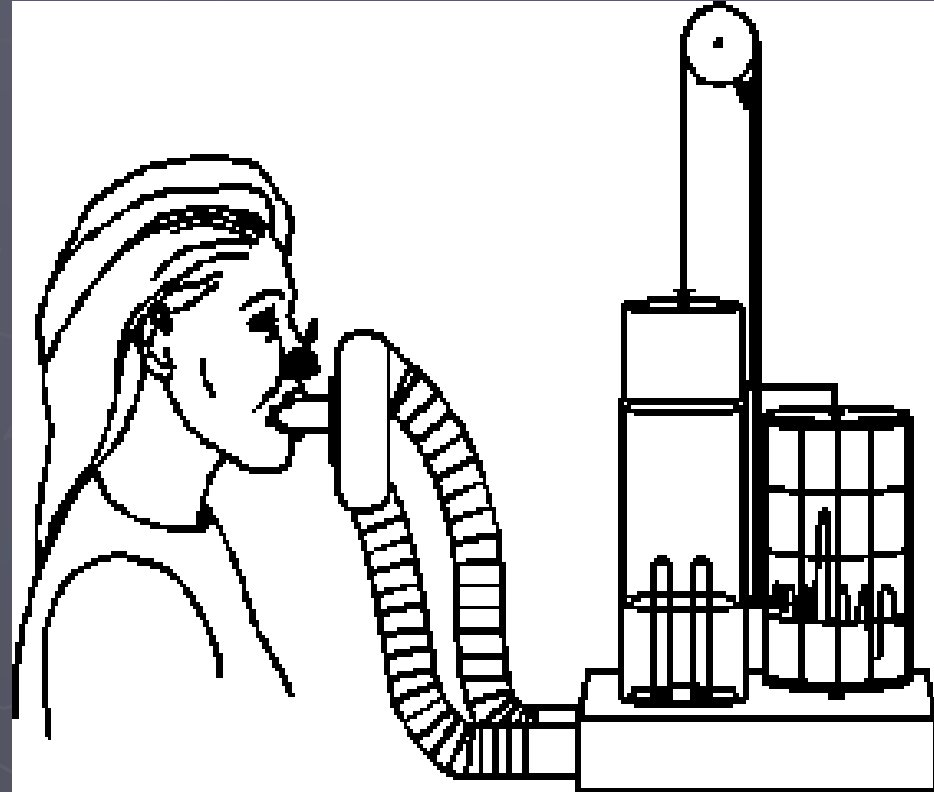


Mișcările respiratorii forțate

- ▶ În afara mișcărilor respiratorii normale mai există (sub efect voluntar) mișcări respiratorii mai ample, numite mișcări respiratorii forțate:
- ▶ **inspirația forțată** implică mușchii respiratori accesorii (subclaviculari, SCM, pectorali) a căror contracție asigură tracționarea coastelor și mai aproape de orizontală, pentru a obține o **creștere maxim posibilă a volumului pulmonar**;
- ▶ **expirația forțată** implică acțiunea mușchilor particulari abdominalo-toracici (dintâții mici, oblici și pătrații lombari) care determină revenirea coastelor în poziție de maximă oblicitate, cu **expulzia la exterior a cantității maxime de aer**.
- ▶ Mișcările respiratorii forțate sunt utilizate în timpul explorării ventilației pulmonare.

Inregistrarea spirografică

- ▶ cu ajutorul spirometrului = aparat în care subiectul respiră prin intermediul unei piese bucale, iar volumele de aer inspirate și expirate de către subiect sunt înregistrate ca o funcție de timp
- ▶ à jeun, pacientul neavând voie să fumeze cel puțin cu o oră înainte de investigație.
- ▶ Subiectul, după ce i se aplică o clemă nazală (este împiedicată respirația pe nas), este cuplat la spirometru și lăsat să respire normal timp de 1 min. Apoi este solicitat să execute un inspir maxim, urmat de un expir cât mai lent și mai complet posibil.

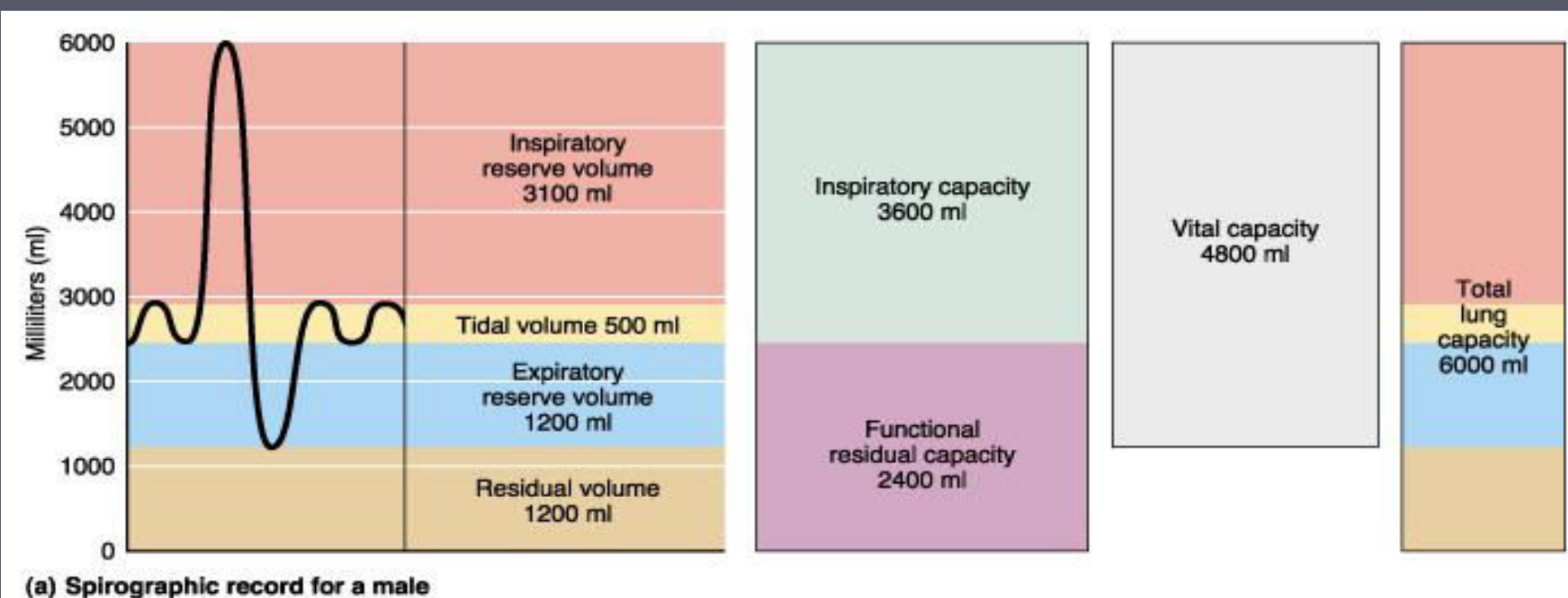




Înregistrarea grafică a volumelor de aer vehiculate de plămâni:

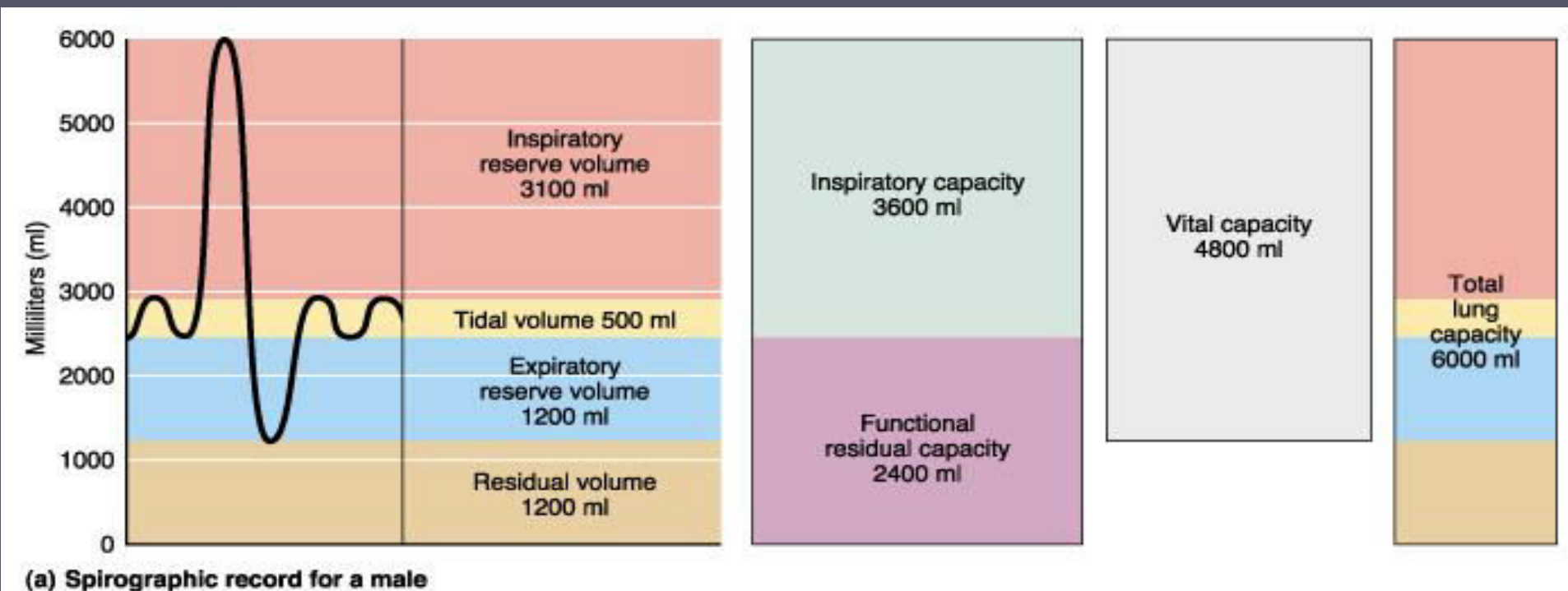
Volumele respiratorii

- ▶ În timpul unei respirații normale, sunt vehiculați aproximativ 500mL, în cursul fiecărei respirații – **volumul curent**
- ▶ Volumul de aer care poate fi introdus suplimentar în plămân, la sfârșitul unui inspir de repaus : **volumul inspirator de rezervă**.
- ▶ **Volumul expirator de rezervă**:volumul de aer care mai poate fi expulzat din plămân la sfârșitul unui expir de repaus.
- ▶ Volumul de aer care nu poate fi expulzat din plămân nici printr-un expir forțat: **volum rezidual** – aproximativ 1500 mL.



Capacitățile respiratorii

- ▶ **Capacitatea inspiratorie:** volumul total de aer care poate inspirat după un expir de repaus: $CI = VT + VIR$
- ▶ **Capacitatea reziduală funcțională:** volumul de aer prezent în plămân la sfârșitul unui expir de repaus: $CRF = VER + VR$
- ▶ **Capacitatea vitală:** volumul total de aer care participă la schimburile gazoase: $CV = VT + VIR + VER$
- ▶ **Capacitatea pulmonară totală:** volumul de aer conținut în plămân la sfârșitul unui inspir maxim: $CPT = CV + VR$



- ▶ Volumul de aer expulzat din plămâni în prima secundă a expirației maxime forțate care urmează unui inspir maxim reprezintă **volumul expirator maxim pe secundă (VEMS)**.
- ▶ Scăderea VEMS-ului cu mai mult de 20% față de valoarea sa ideală, este considerată patologică și semnifică reducerea calibrului căilor aerifere. Această reducere apare nu numai în sindromul obstructiv, dar și în cel restrictiv
- ▶ Se preferă exprimarea procentuală a VEMS-ului din CV. Raportul procentual poartă numele de **indice de permeabilitate bronșică (IPB) sau indice Tiffneau**; scăderea sa este un semn sigur de SINDROM OBSTRUCTIV

2. Transportul gazelor respiratorii

Gazele respiratorii sunt vehiculate în organism de la locul de captare (plămâni) până la locul de utilizare (celulele), prin sânge.

- ▶ Există 2 forme de vehiculare ale gazelor în sânge, forma **disociată** și forma **combinată**:
 - volumul de gaz *disociat* în plasma sanguină: direct proporțional cu presiunea de disociere: **cu cât presiunea gazului este mai crescută, cu atât cantitatea de gaz disociată este mai importantă**;
 - anumite substanțe vehiculate de sânge au proprietatea chimică de a forma o **combinație reversibilă** cu gazele respiratorii.
 - presiunea parțială a unui gaz condiționează uneori disocierea sa în ser, precum și combinația sa cu anumite substanțe din sânge.
- ▶ **Presiunea parțială a unui compus dintr-un amestec gazos** (deoarece acel gaz constituie o parte a amestecului) **este presiunea pe care ar exercita-o acel gaz dacă ar ocupa el singur tot volumul ocupat de amestecul respectiv**. Se exprimă în mmHg.

Transportul oxigenului

Oxigenul este transportat de sânge sub două forme diferite:

- ▶ **3% este disociată în plasma sanguină.** Doar această fracțiune disociată a oxigenului poate fi utilizată în mod **direct** de celule.
- ▶ **97%: în combinație cu Hb**
- ▶ Hb conține atomii de Fe^{2+} cu care se combină oxigenul pentru a putea fi vehiculat de globulele roșii.
- ▶ Asociația **oxigen + hemoglobină constituie oxihemoglobina (HbO)** - combinație **reversibilă**: oxihemoglobina se poate scinda în hemoglobină și oxigen liber.
- ▶ oxihemoglobina **nu** este direct utilizată de către celule, fiind doar o **formă de stocaj și de transport a oxigenului în sânge**.
- ▶ **cantitatea de oxigen legată de hemoglobină este în echilibru cu cantitatea disociată în plasmă.** Astfel, cind această ultimă cantitate este diminuată de consumul celulelor, hemoglobina eliberează oxigenul care va disocia în plasmă, putând fi astfel utilizat de către celule.

Transportul gazului carbonic

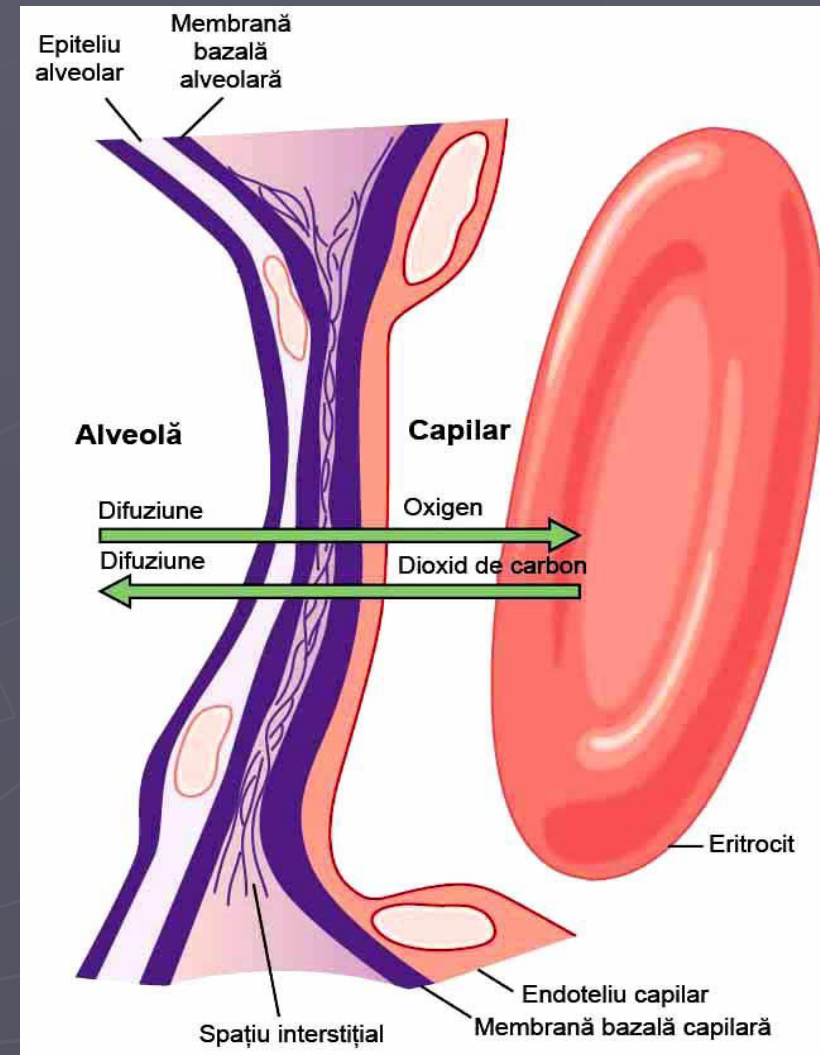
Gazul carbonic este transportat de sânge sub trei forme diferite:

- ▶ **5% este disociată în plasmă.** Această parte joacă un rol funcțional extrem de important, ca și în cazul oxigenului disociat;
- ▶ **25% este combinată cu hemoglobina**, rezultând **carbohemoglobina**, combinație reversibilă;
- ▶ **70% este fixată sub formă de bicarbonați** (carbonați + gaz carbonic = bicarbonați) în plasmă, și de asemenea și în hematii – reglarea echilibrului acido-bazic.
- ▶ La fel ca și în cazul oxigenului, există un echilibru între aceste forme diferite și mediul ambiant, factorul esențial al acestui echilibru fiind **presiunea parțială de CO₂**.

3. Schimburile gazoase respiratorii la nivelul plămânilor = hematiza

- *Mb care separă aerul alveolar de sânge – **mb alveolo-capilară**: peretele citoplasmatic al alveolei, stratul lichidului interstițial și stratul celulei care constituie peretele capilar.*

Diferențele de presiune gazoasă între sânge și aerul alveolar favorizează schimburile gazoase.



3. Schimburile gazoase respiratorii la nivelul plămânilor

- ▶ Aerul alveolar: bogat în O_2 ($PAO_2=100\text{mmHg}$) și sărac în CO_2 ($PACO_2=40\text{mmHg}$).
- ▶ Această repartitie se inversează la nivelul sângelui venos care ajunge la alveole ($PvO_2=40\text{mmHg}$, $PvCO_2=45\text{mmHg}$).

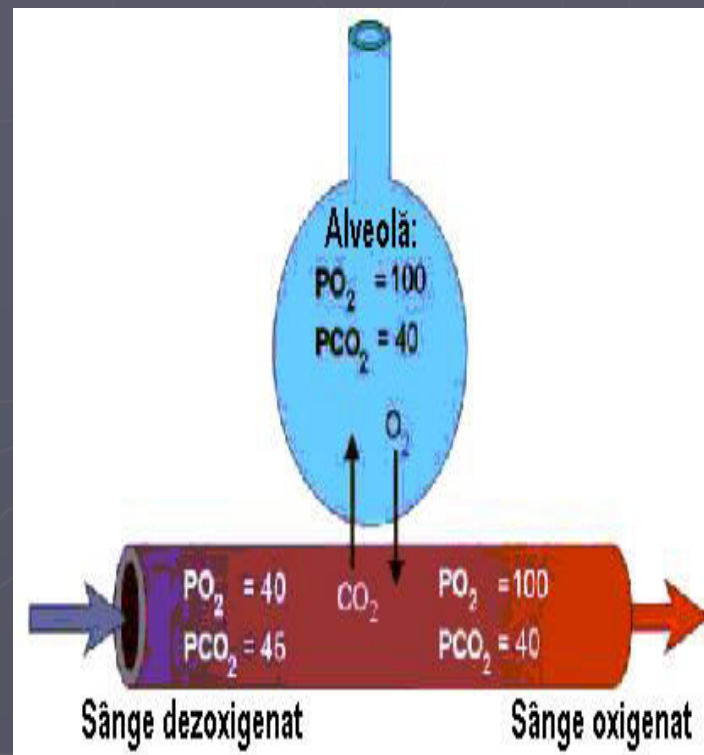
Pentru cele 2 gaze, pasajul: **dinspre zona cu p crescută spre zona cu p scăzută.**

Acest proces reprezintă **difuziunea gazelor.**

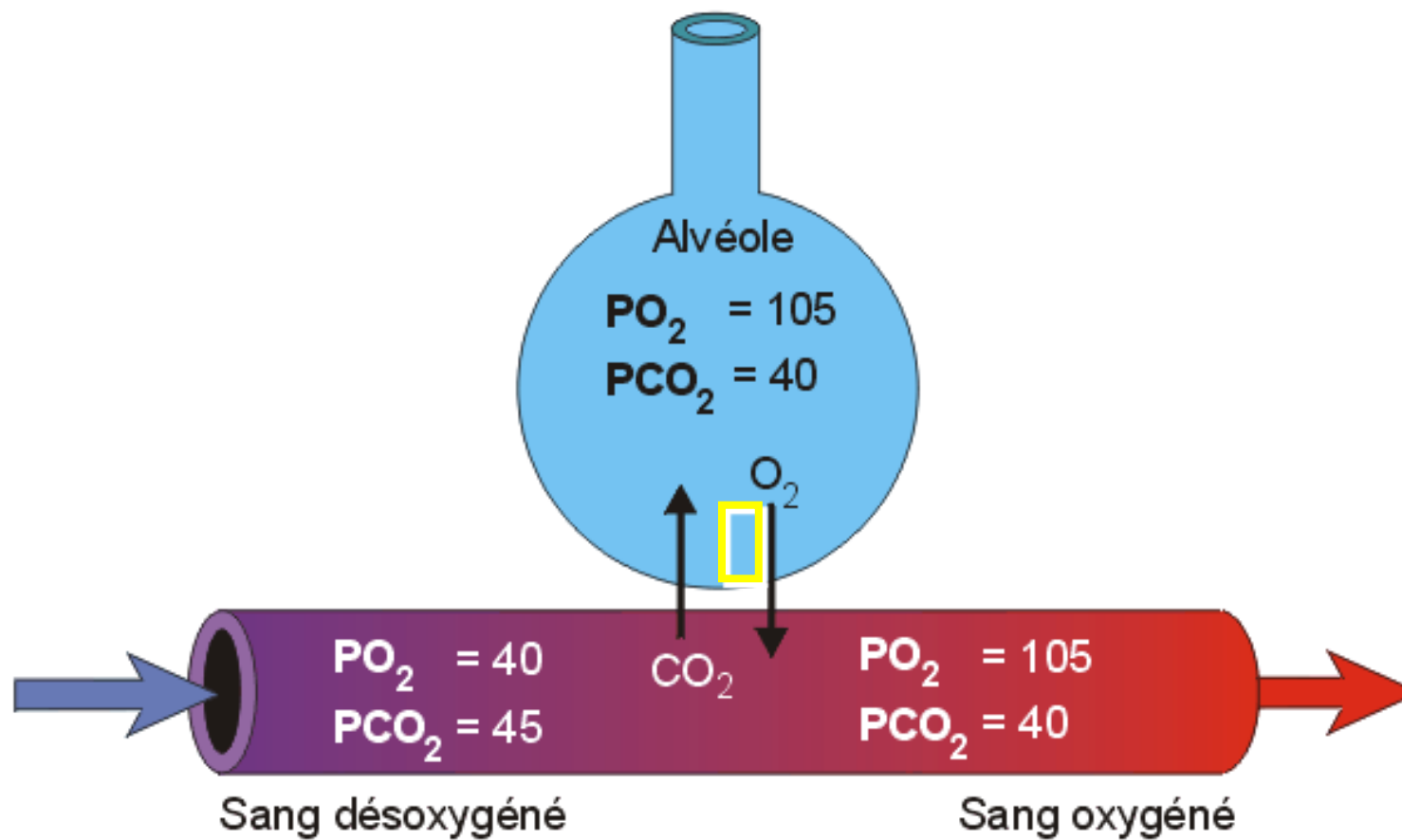
- ▶ Sângele care părăsește plămânii este bogat în O_2 și sărac în CO_2 .
- ▶ **Presiunile parțiale la nivel arterial sunt:** $PaO_2=100\text{mmHg}$ și $PaCO_2=40\text{mmHg}$.

Dereglările schimburilor gazoase:

- ▶ **hipercapnia** – creșterea presiunii arteriale a gazului carbonic: $PaCO_2 > 45\text{ mmHg}$
- ▶ **hipoxemia** – scăderea presiunii arteriale a oxigenului: $PaO_2 < 60\text{ mmHg}$.



Schimburile gazoase la nivel alveolar



4. Schimburile gazoase la nivel celular

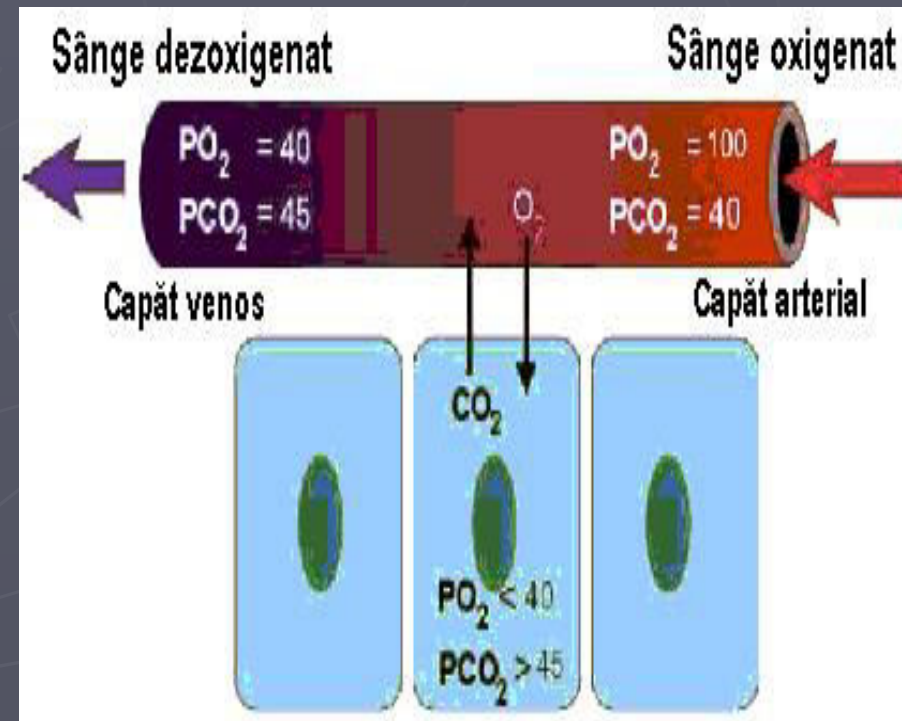
Sângele capilar este bogat în oxigen, astfel că celula este săracă în oxigen, deoarece l-a consumat în vederea realizării metabolismului.

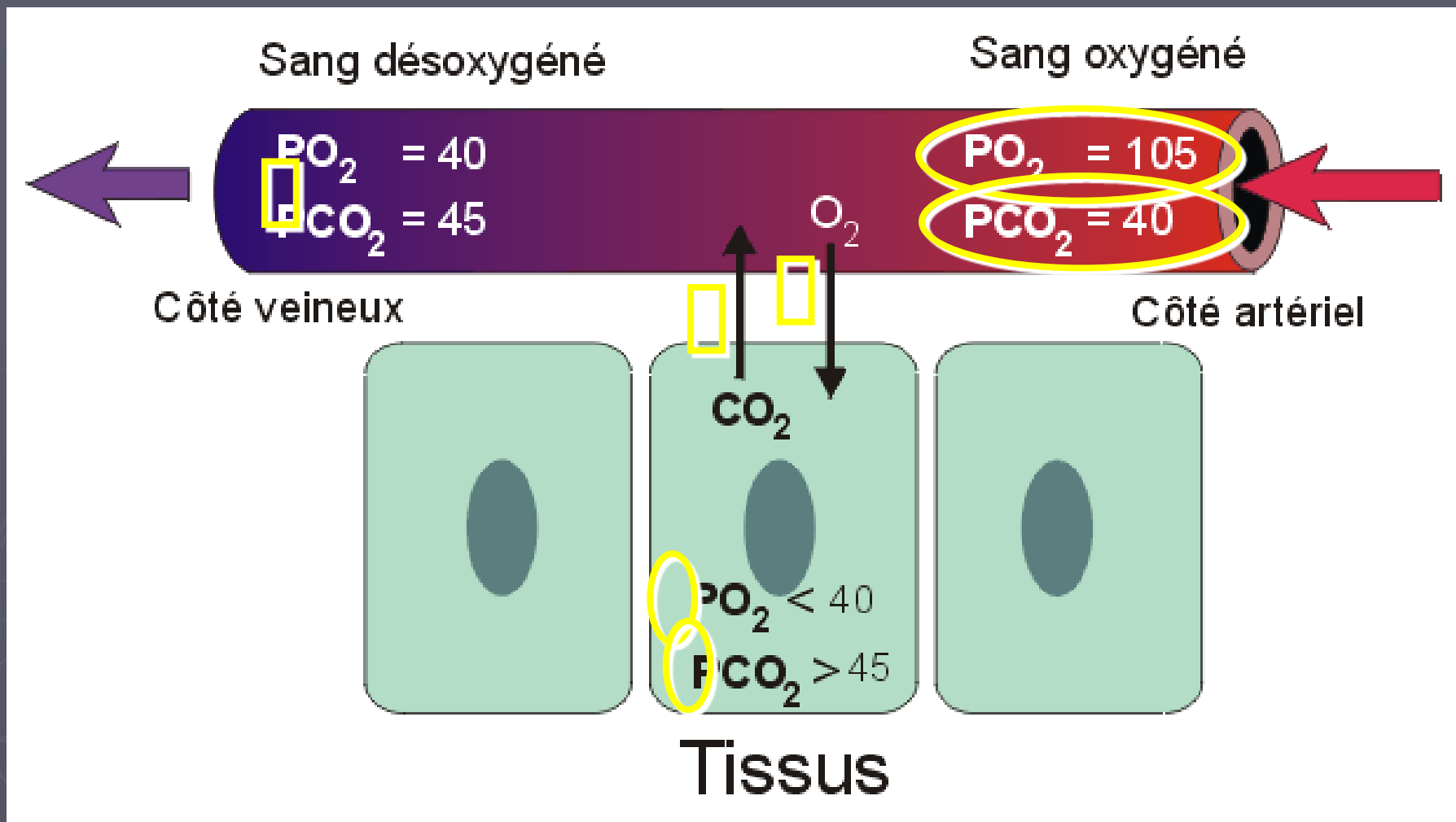
- Dată fiind această diferență de presiune, fenomenul de difuziune va determina **trecerea oxigenului din sânge spre celulă**. Această scădere a oxigenului disociat va produce **eliberarea oxigenului din hemoglobină**.

- **În cazul gazului carbonic, pasajul se realizează în sens invers**, către sânge, care este mult mai sărac în gaz carbonic decât citoplasma celulară.
- Sângele se va întoarce astfel în plămâni **încărcat în gaz carbonic și sărac în oxigen**.

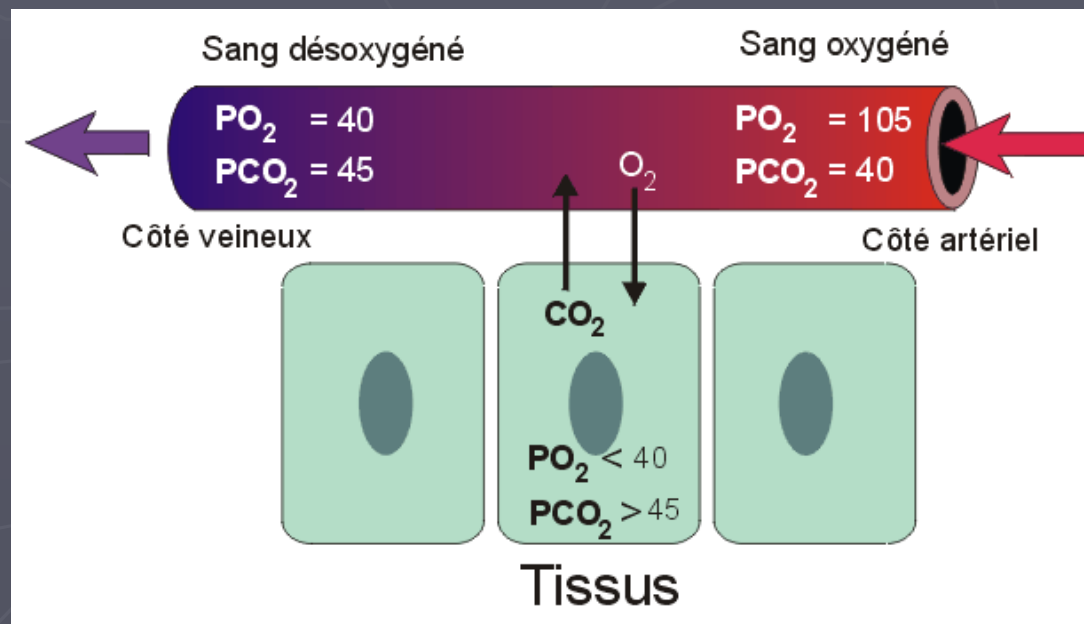
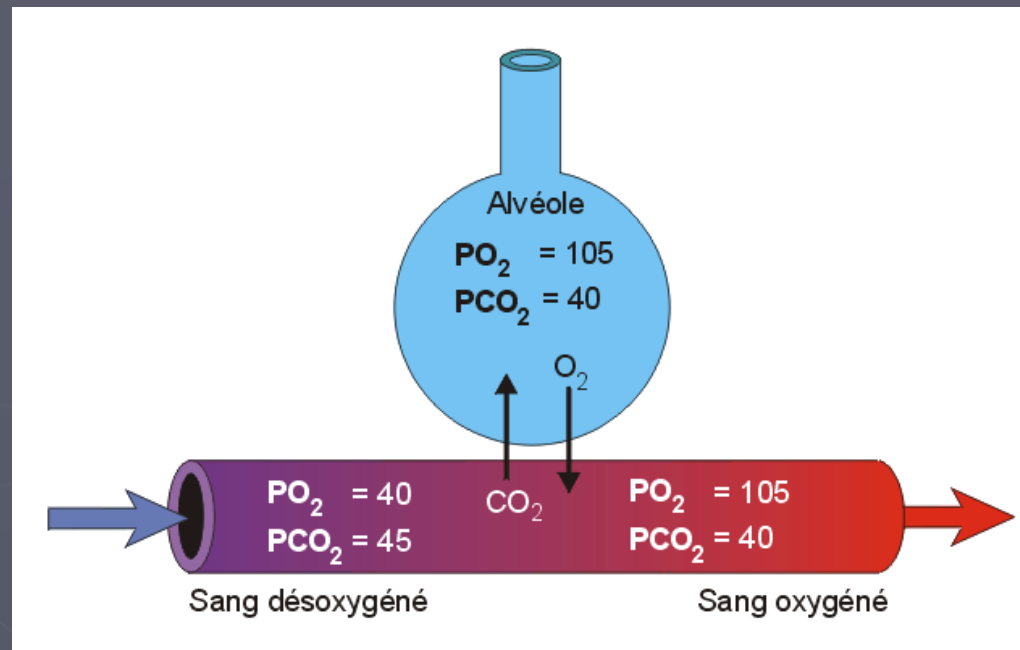
Presiunile parțiale la nivel venos sunt:

**$PvO_2 = 40\text{mmHg}$ și
 $PvCO_2 = 45\text{mmHg}$**





Schimburile gazoase la nivel tisular



Reglarea ventilatiei in repaus

- In repaus, Ventilatia/minut = 6 l/min

$$\text{Ventilatia/min} = V_c \times Fr$$

V_c : Volum curent, 0,5 l

Fr : Frecventa respiratorie, 12

Amplitudinea
respiratorie

Ritm
respirator

Centri respiratori
din bulbul rahidian si punte

5. Reglarea respirației

- ▶ Ritmul respirației este programat de centri nervosi situați în bulbul rahidian.
- ▶ Influxurile parcurg nervii intercostali și frenici, care stimulează diafragma și mușchii intercostali.
- ▶ Centrii respiratori funcționează automatic, fără concursul activității voluntare (această caracteristică este demonstrată de respirația din timpul somnului);
- ▶ În mod periodic sunt trimise influxuri mușchilor inspiratori, via nervii respirației, într-un ritm în medie de 16-18, inspirul și expirul durând în total aproape 5 secunde respirații/minut.
- ▶ Acțiunea voluntară intervine doar în cazul mișcărilor de inspir și expir *forțate*.
- ▶ Respirația este un **act spontan**, complex, ale cărui ritm și amplitudine pot fi modificate de diferite elemente exterioare (boala, alcool, somnifere...) care inhibă neuronii implicați.

- controlul voluntar;
- emotiile;
- modificarile pH-ului si ale concentratiilor de CO_2 si O_2 ;
- intinderea plaminilor;
- stimuli precum atingerea, temperatura, si durerea:

pot determina modificari la nivelul centrului respirator, modificind astfel respiratia.

(+): indica o crestere a frecventei respiratorii

(-): indica o scadere a frecventei respiratorii.

