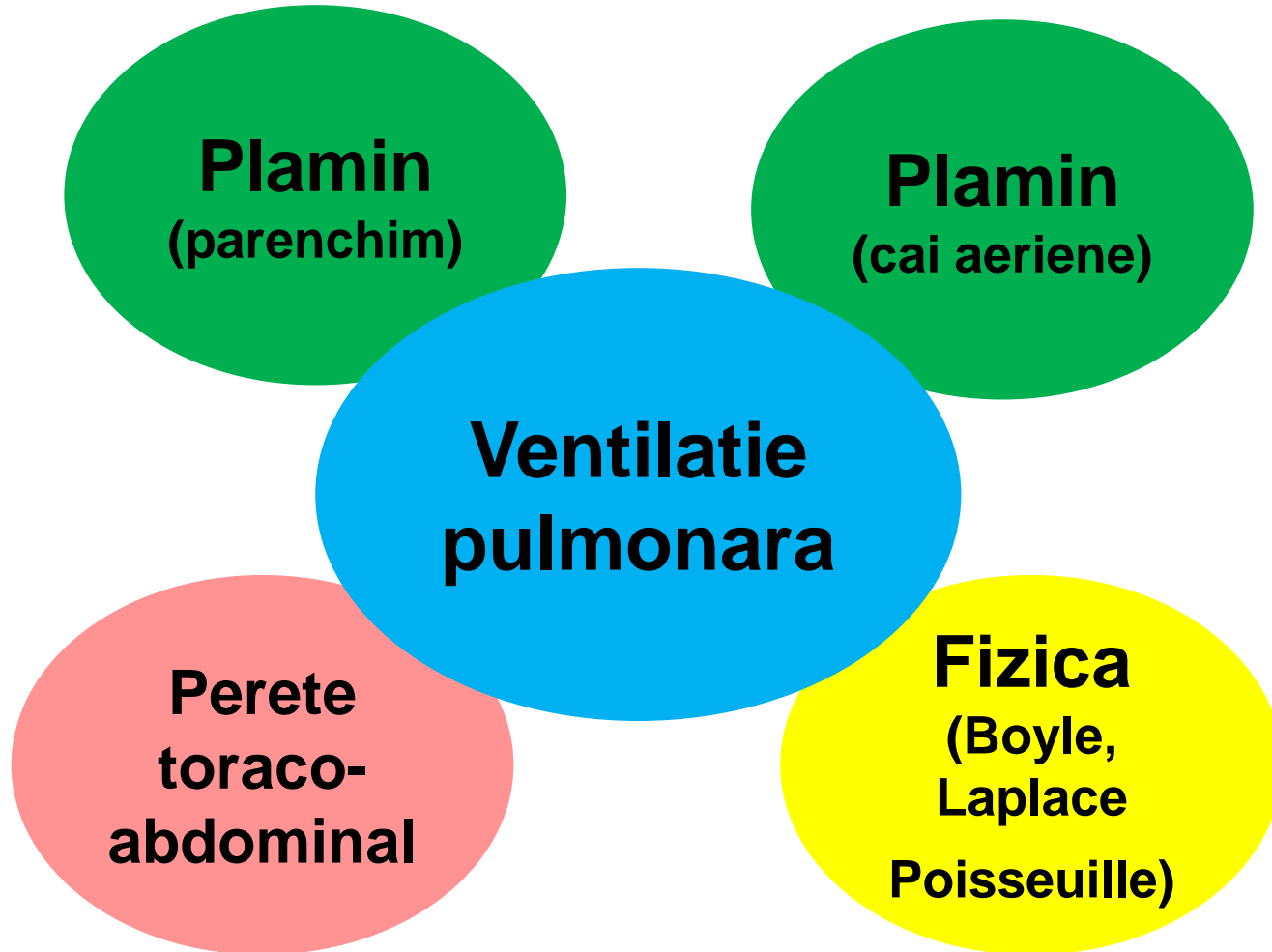




Mecanica Respiratiei

Constantin Bodolea, MD, PhD, DEAA
Tirgu Mures 12.12.2018

Ventilatia = Interactiuni coordonate

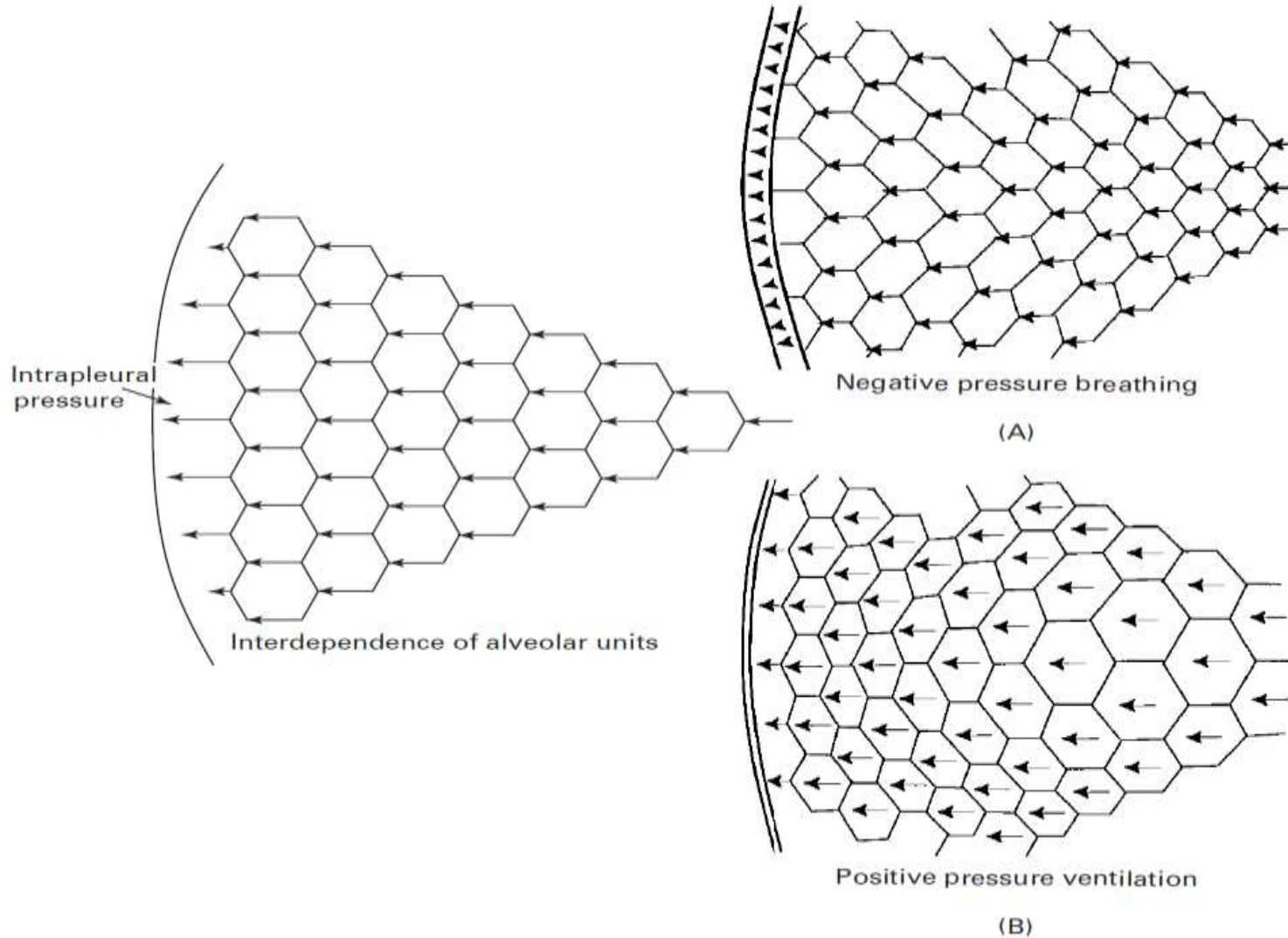


Repaus ventilator

cmH₂O (1 cmH₂O = 0.74mmHg; 1 mmHg = 1.34 cmH₂O)

Fortele mecanice care actionaza asupra aparatului respirator:

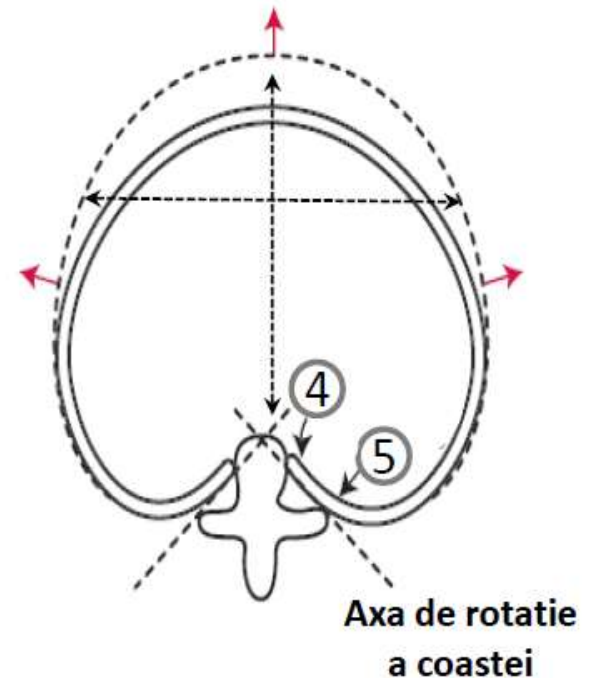
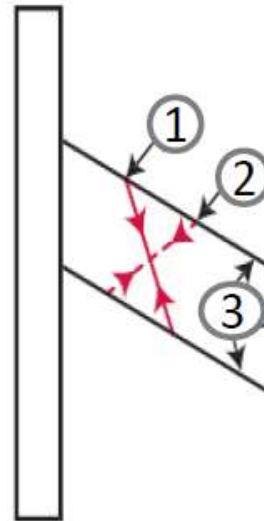
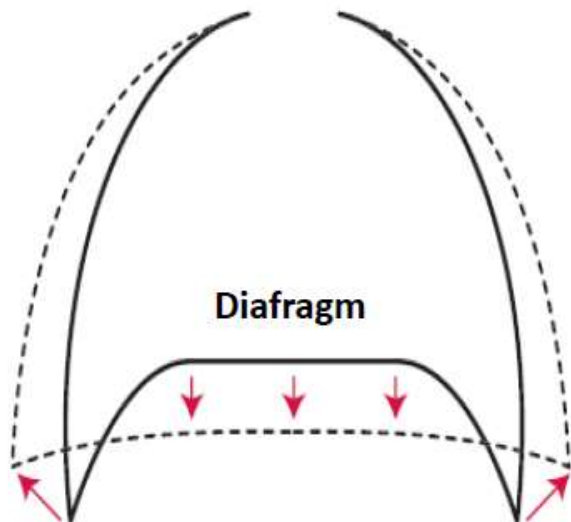
- 1.Reculul elastic al parenchimului pulmonar**
- 2.Reculul elastic al peretelui toracic**
- 3.Presiunea transmurala**
- 4.Presiunea intrapleurala**



Ventilatie: fortele motrice

1. Diafragm (66-75%)
2. Muschii intercostali externi (34-25%)
3. Muschii intercostali interni

4. M accesori: SCM
5. Muschii abdominali (drepti, oblici, transvers)



Ciclul ventilator: inspir-expir

Tabelul 1 Evenimentele pulmonare ale ciclului ventilator.

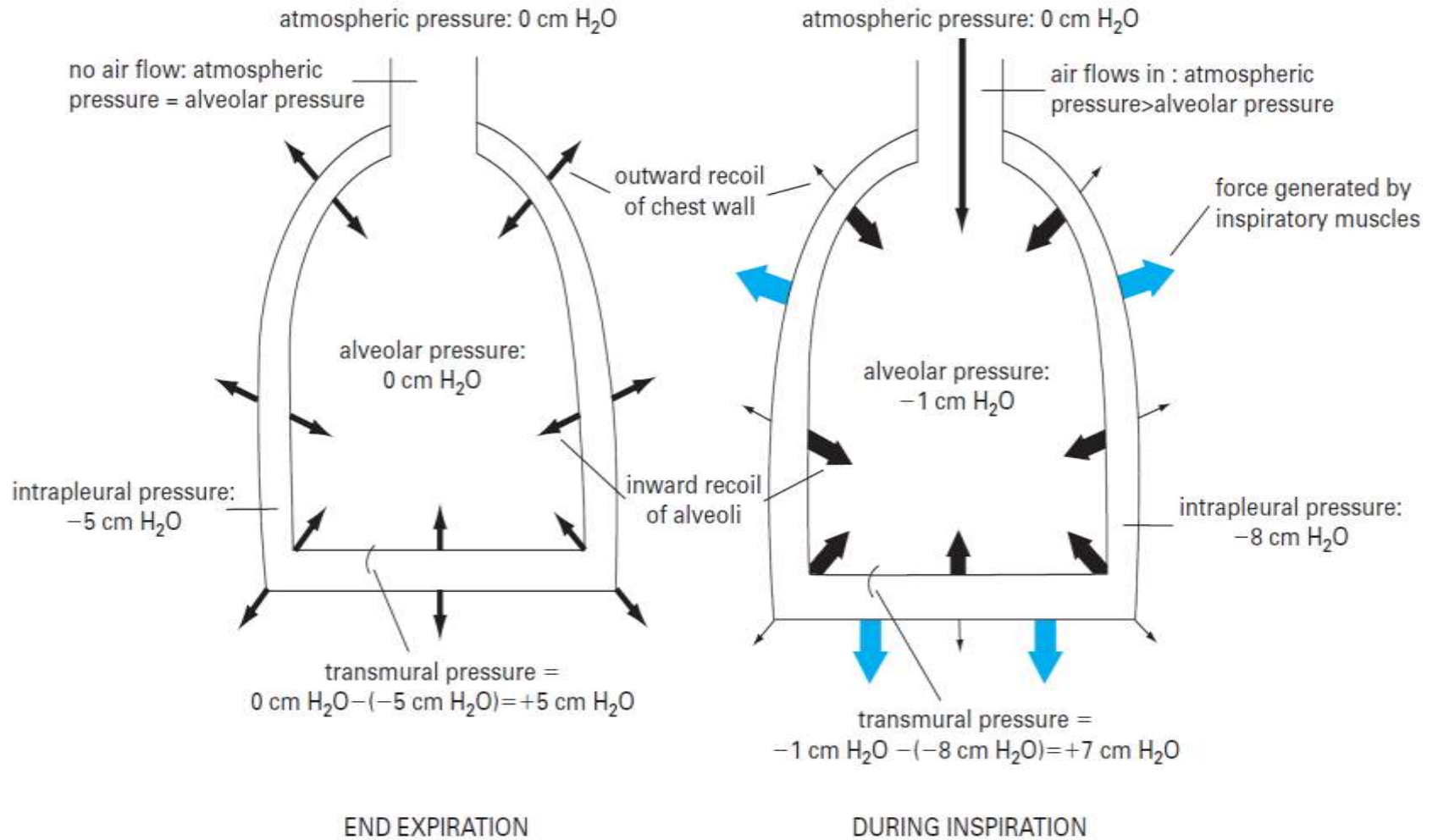
Inspir (activ)

1. Inițierea centrală (sistem nervos) a stimulului inspirator.
2. Transmiterea impulsului nervos spre mușchii inspiratori.
3. Contractia diaframului (și/sau a m.intercostali externi).
4. Creșterea volumului toracic odată cu expandarea cutiei toracice.
5. Negativarea mai accentuată a presiunii intrapleurale.
6. Creșterea gradientului de presiune transmurală.
7. Expandarea alveolară (proporțional cu complianța pulmonară) ca răspuns la creșterea presiunii transmurale, dar și a valorii reculului elastic pulmonar.
8. Producerea unui gradient presional între alveola expandată și atmosferă
9. Influx alveolar de aer pînă la echilibrarea presiunilor dintre alveolă și atmosferă.

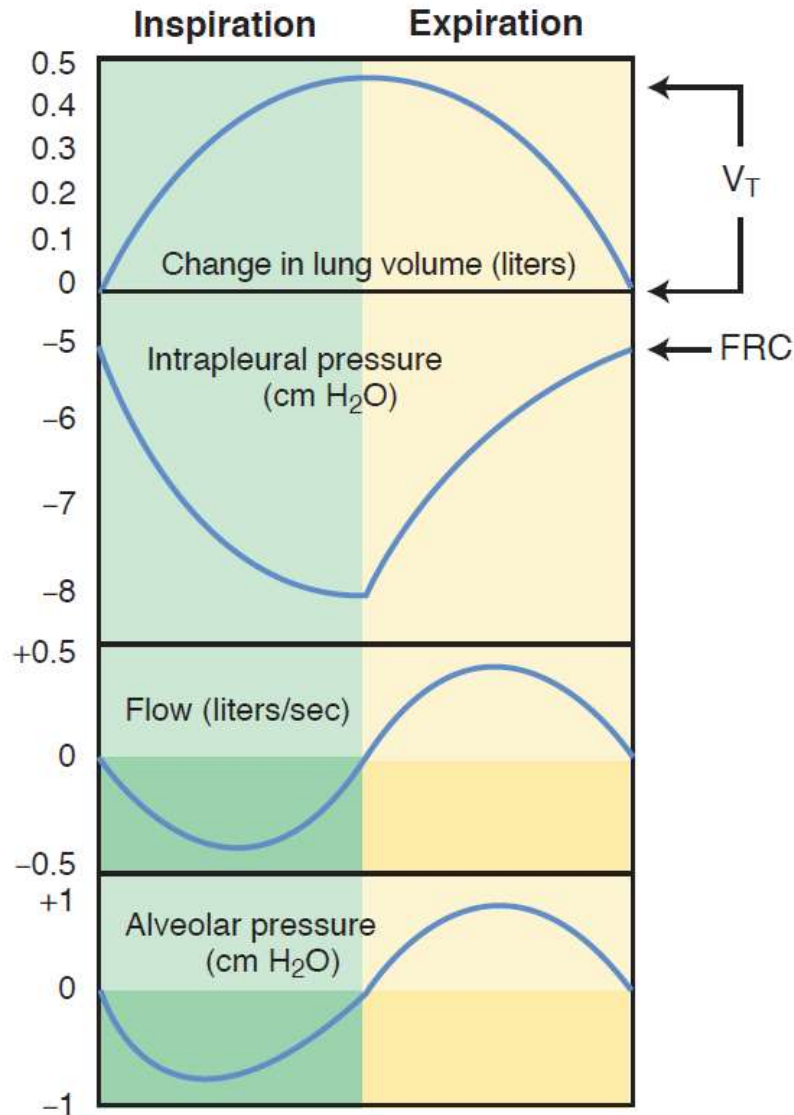
Expir (pasiv)

1. Oprirea stimulului nervos pentru susținerea inspirului.
2. Relaxarea musculaturii inspiratorii.
3. Scăderea volumului toracic, reducerea negativării presiunii intrapleurale și reducerea gradientului presional alveolar transmural.
4. Reducerea gradientului alveolar transmural permite reculului elastic pulmonar să readucă volumul alveolar la dimensiunile preinspiratorii.
5. Scăderea volumului alveolar conduce la creșterea presiunii intraalveolare la parametri supraatmosferici.
6. Ieșirea aerului din alveole pînă la echilibrarea presiunilor alveolatoatmosferice.

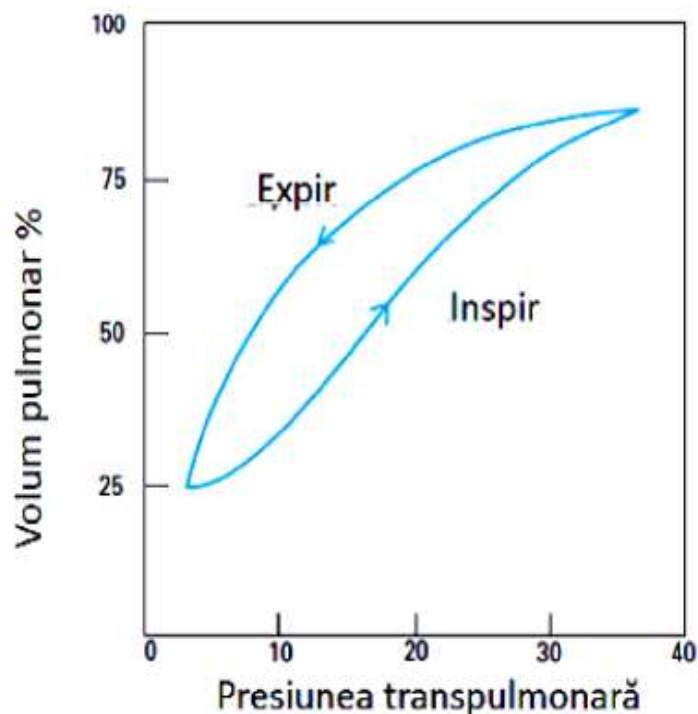
Ciclul ventilator: inspir-expir



Ciclul ventilator: inspir-expir



Complianța pulmonară



Panta dintre două puncte situate pe curba de presiune-volum **complanță pulmonară**

Modificarea de volum survenită pe unitate de presiune

$$\text{Complinața pulmonară} = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

Complinața pulmonară = 1/ Elastanta

Complianța pulmonară = 200 mL/cmH₂O

Complinața totală = 70-85 mL/cmH₂O

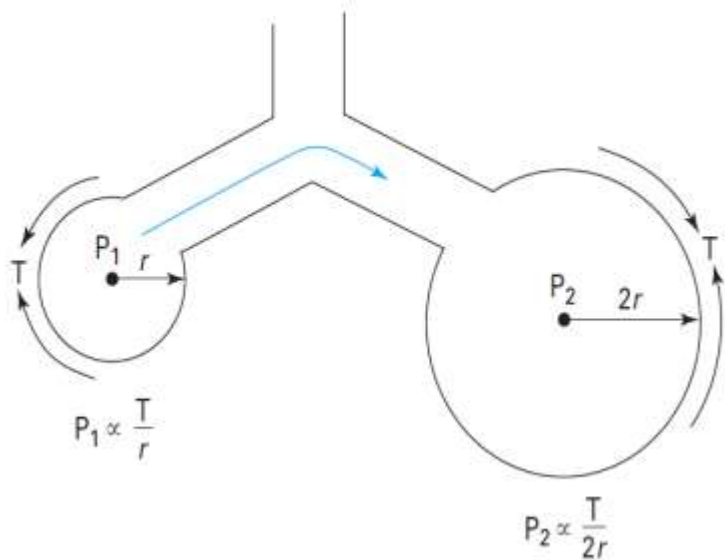
Complianța statică: în absența mișcărilor respiratorii

Complianța dinamică (impedanța pulmonară): secvențial pe durata ciclului I/E

Tensiunea superficiala

T= determinant major al reculului elastic pulmonar

Legea lui Laplace :



$$\text{Presiunea (dyne/cm}^2\text{)} = \frac{2 \times T \text{ (dyn/cm)}}{\text{raza (cm)}},$$

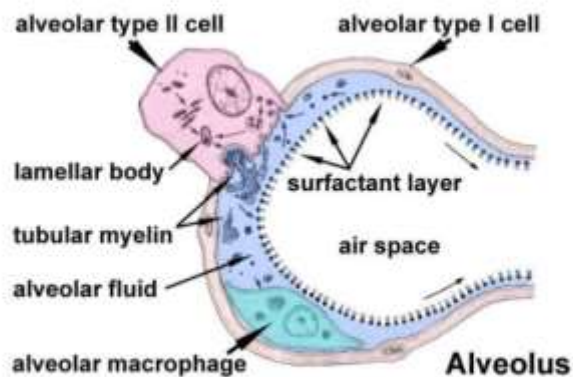
$$T = \frac{P \times r}{2}$$

factori care împiedică tendința colabării alveolare:

surfactantul pulmonar

interdependenta structurala alveolara

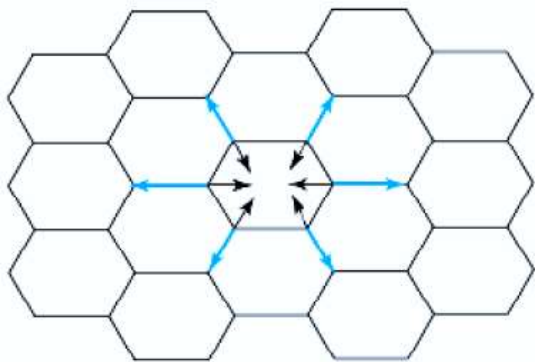
Surfactantul pulmonar



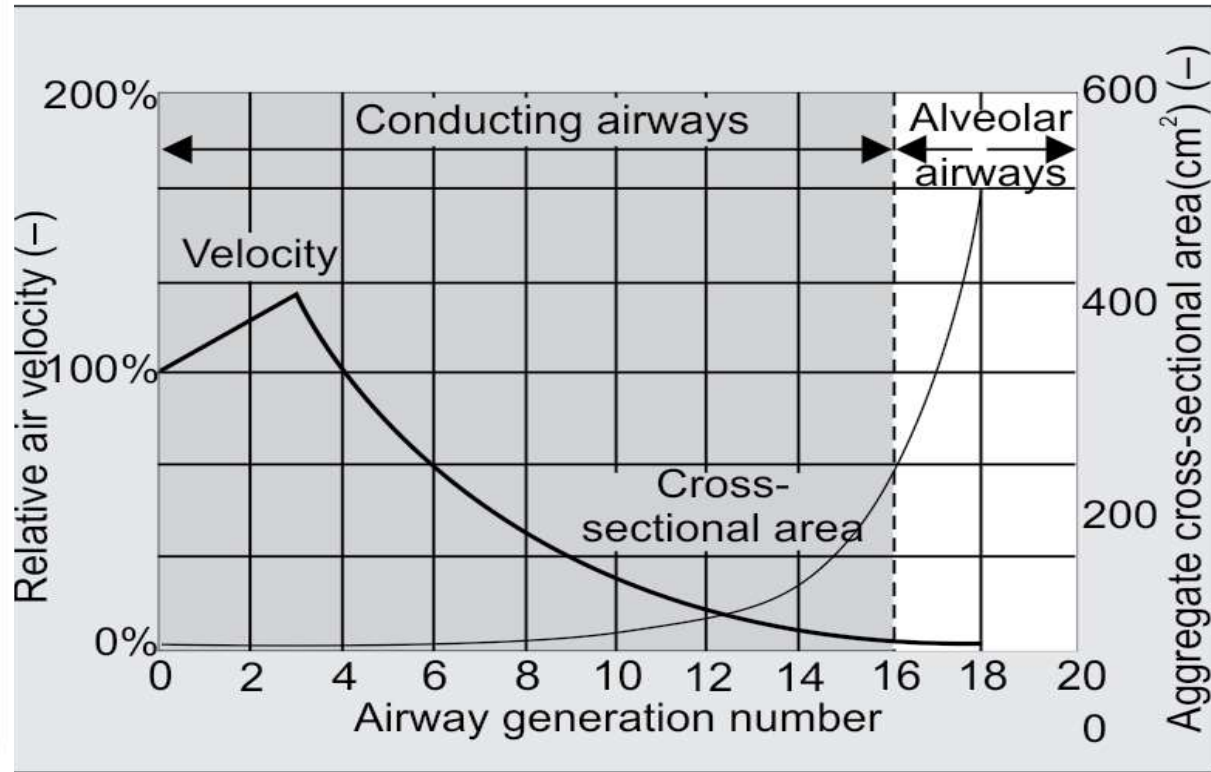
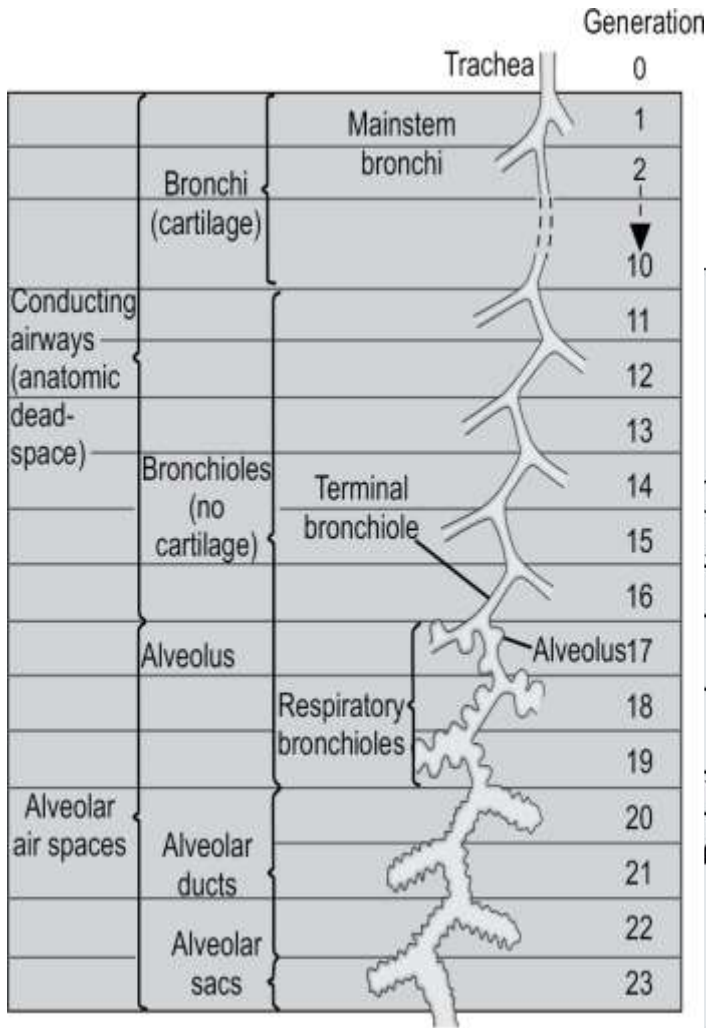
Pneumocitele de tip II,
(wks. 20-24, cu maturare
finală în wks. 35-37)

Amestec complex de lipide
(90% dipalmitoyl phosphatidylcholină-
DPPD),

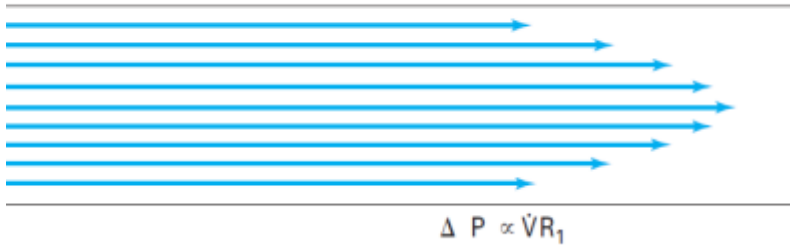
proteine și glucide (10%).
subunități SP-A, SP-B, SP-C și
SP-D



Rezistența din caile aeriene



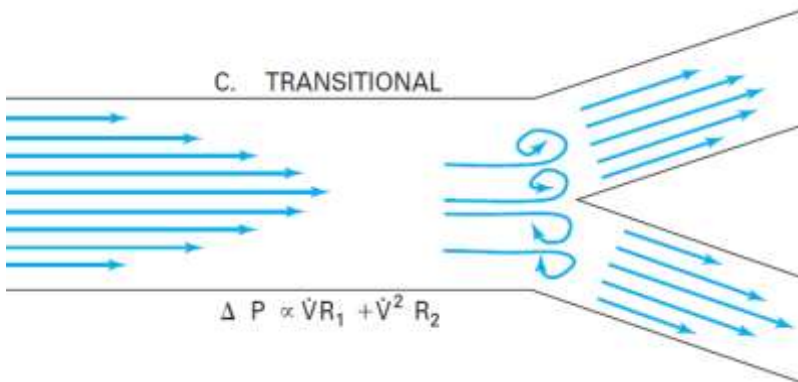
A. LAMINAR



B. TURBULENT



C. TRANSITIONAL



Legea Poisseuille:

$$\Delta P \propto \tilde{V} R_1 \quad (\tilde{V} = \text{flux}; R_1 = \text{rezistență})$$

$$R = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$

$$\text{Numărul Reynold} = \frac{\rho \times V_e \times D}{\eta}$$

Numărul Reynold:

>2900 flux turbulent

<2100 flux laminar

2100-2900 flux tranzitie

η = viscozitatea fluidului

ρ = densitatea fluidului

l = lungimea tubului

r^4 = raza tubului

V_e = viteza liniara

D = diametrul tubului

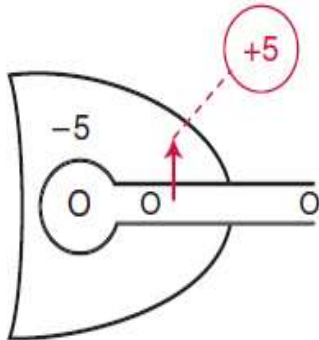
Efect bronhoconstrictor

1. Stimularea parasimțatică
2. Achetilcholina
3. Histamina
4. Leukotrienele
5. Tromboxanul A₂
6. Serotonina
7. Agoniștii alfa-adrenergici
8. Scăderea presiunii CO₂ în căile aeriene mici

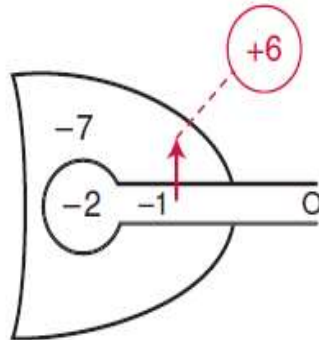
Efect bronhodilatator

1. Stimulare simpatică (β_2 adrenergică)
2. Administrarea sistemică de medicație β_2 adrenergică
3. Oxidul nitric
4. Creșterea presiunii de CO₂ în căile aeriene mici
5. Scăderea presiunii O₂ în căile aeriene mici

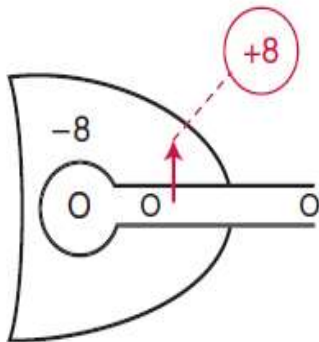
Compresia dinamica a cailor aeriene



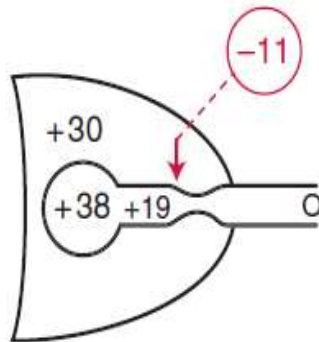
A. Preinspiration



B. During inspiration



C. End-inspiration



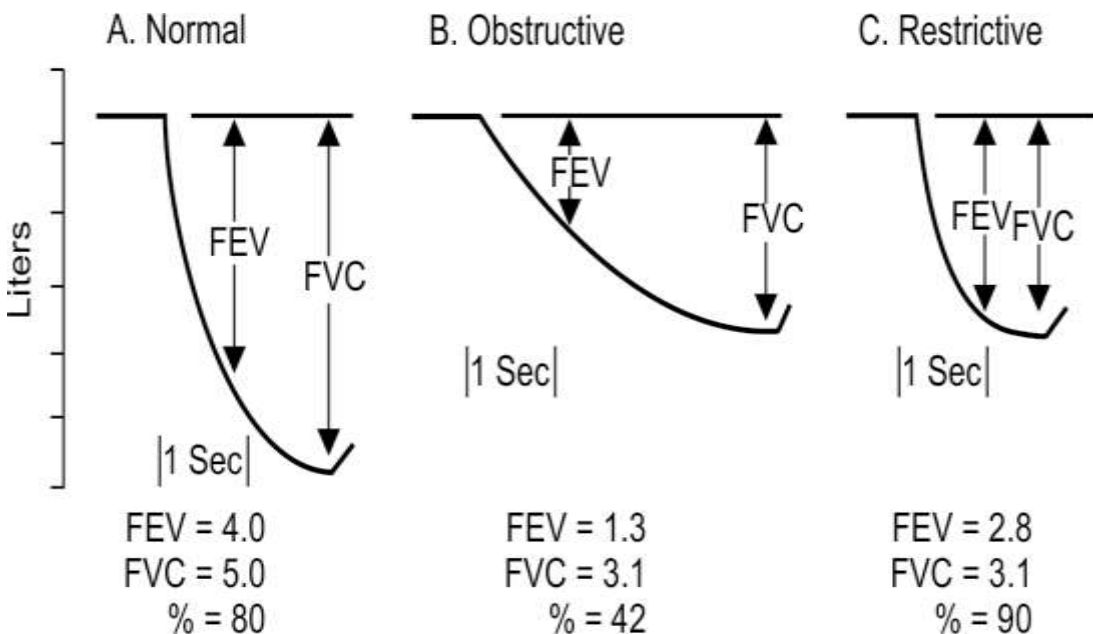
D. Forced expiration

Mecanism de limitare al fluxului

Flux generat = $P_{alv} - P_{intrap}$

Flux Independent de effort

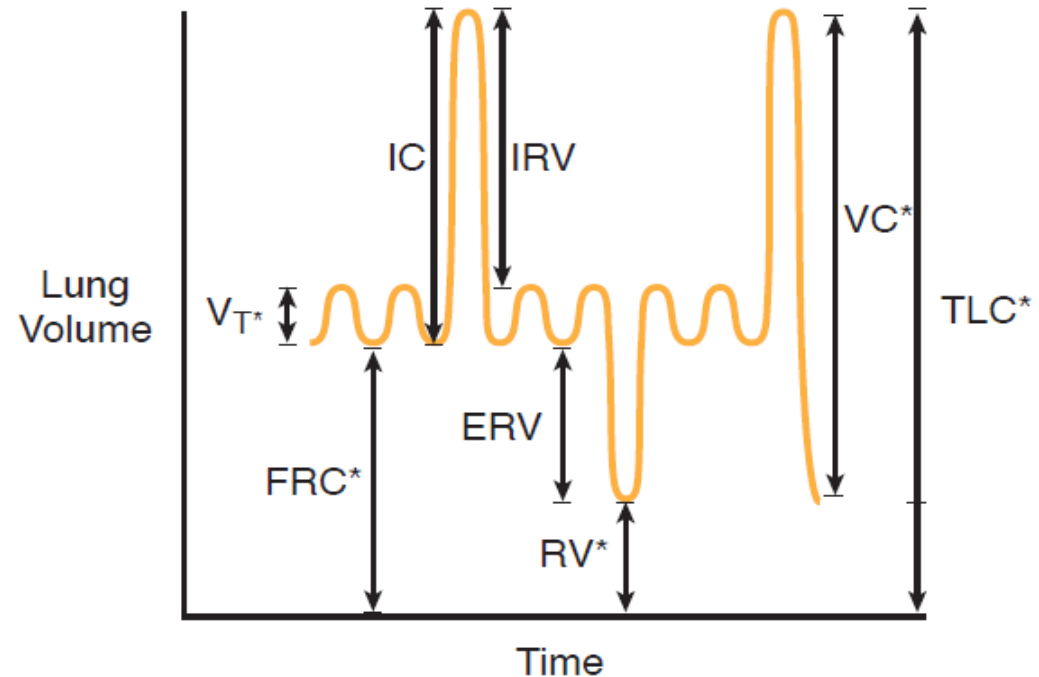
Progresiv se colabeaza cai respiratorii in amonte (spre alveole)!

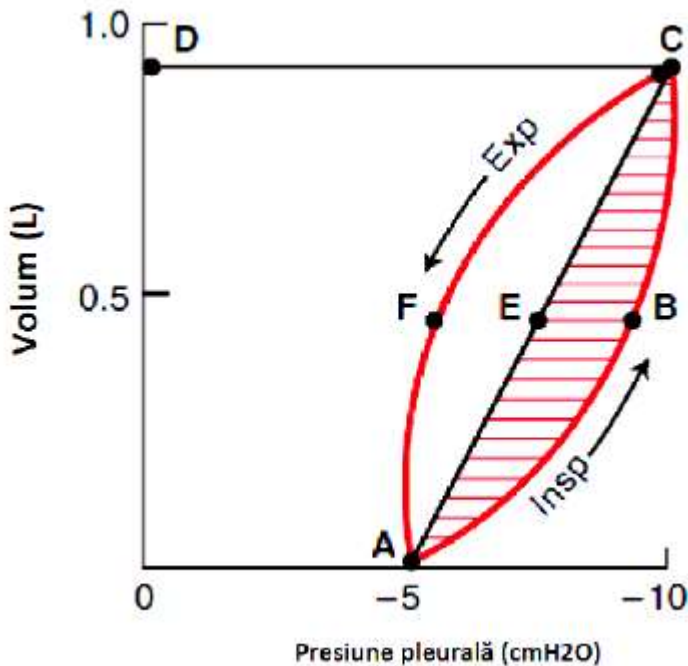


Testul capacității vitale forțate
FEV₁-volumul expirat forțat într-o secundă
FEV₁/FVC ≥ 0.8

	Capacitate pulmonara totala	Volum rezidual	Volum curent	FEV ₁ /FVC
Boala obstructiva	Normala/crescuta	Crescut	Redus	Redus
Boala restrictiva parenchimotoasa	Redusa	Redus	Redus	Normal Crescut
Boala restrictiva extra-parenchimotoasa	Redusa	Crescuta	Redus	Variabil

Masuratori	Valori (mL)	Definitie
Volum curent (VC)	500-700	Volumul de aer inhalat sau exhalat intr-o respiratie normala.
Volum inspirator de rezerva (VIR)	2000	Volumul de aer inspirat suplimentar printr-un efort maxim la sfirsitul unui inspir normal.
Volumul expirator de rezerva (VER)	1000	Volumul de aer expirat suplimentar printr-un efort maxim la sfirsitul unui expir normal.
Volumul rezidual (VR)	1300	Volumul de aer ramas in alveole dupa un expir maximal.
Volumul de inchidere (VI)	Aproape de VR	Volumul pulmonar deasupra volumului rezidual la care caile mici respiratorii incep sa se colabeze in portiunile pulmonare dependente.
Capacitatea pulmonara totala (CPT)	5000	= (VIR+VC+VER+VR) Depinde de complianta pulmonara
Capacitatea vitala (CV)	3500	= (VIR+VC+VER)
Capacitatea inspiratorie (CI)	2500	= (VC+VIR)
Capacitatea expiratorie (CE)	1500	= (VC+VER)
Capacitatea reziduala functionala (CRF)	2500	= (VER+VR)





O₂ pt activități respiratorii 5%-30%
 65% componente elastice
 1/3 elastanta tisulara
 2/3 rezistenta tensiune sup.
 35% componenta nonelastica
 (aproape in totalitate cailor
 aeriene)

$$\text{WOB} = \text{Volum} \times \Delta \text{ Presiuni}$$

0ABCD0 = efortul realizat de către plămân pe durata inspirului
 0AECDO = travaliul de depășire a forțelor elastice
 ABCEA = învingerea forțelor vâscoase (căi aeriene și țesuturile
 pulmonare (inspir)
 AECFA = învingerii rezistenței tisulare și a căilor aeriene (expir)

1. Inspirul este un proces activ dar expirul este pasiv (in repaus). Diafragmul este cel mai important muschi respirator.

2. Gradientele de presiune intre interiorul alveolei si atmosfera (presiunea transmurala) sunt responsabile de miscarile aerului inspre si dinspre alveola.

3. Volumul de gaz pulmonar la sfirsitul unui volum curent normal (la momentul CRF), este determinat de echilibrul mecanic dintre reculul elastic pulmonar (colabant) si reculul elastic al peretelui toracic (anticolabant).

4. La momentul CRF presiunea intrapleurala este negativa deoarece se afla intre doua forte opozante (recul elastic pulmonar vs. recul elastic parietal).

5. Alveolele sunt mai compliante la volume joase si mai putin compliante la volume mari (curba P-V).

6. Surfactantul pulmonar reduce tensiunea superficiala, creste complianta alveolara, previne atelectazia, edemul alveolar si travaliul respirator.

7. Rezistenta in caile aeriene este invers proportionala cu puterea a patra a razei caili respiratorii.

8. In expir fortat cind presiunea intrapleurala devine pozitiva, caile respiratorii mici sunt comprimate (compresie dinamica) si pot chiar colapsa.

9. Testele expiratorii spirometrice care masoara FEV1 si FVC, sunt usor de efectuat si ofera date valabile despre natura suferintei pulmonare restrictive sau obstructive.