

SISTEMUL RESPIRATOR

Organismul uman:

- metabolism aerob → depinde de:

- aportul exogen de O₂
- capacitatea de eliminare a CO₂
- necesară suprafață mare de schimb
- risc deshidratare !!!!!!!!

→ epiteliu respirator intern → oferă:

- mediu umed pentru schimburi gaze
- protejează suprafața fină de schimb împotriva leziunilor

→ PROBLEME:

- deplasarea aerului între atmosferă și suprafața de schimb
- este necesară o „pompă” musculară pentru a crea diferențele de presiune necesare pentru schimburi

→ Sistemul respirator → 2 componente:

1. „pompă” musculară → structura musculo-scheletică a cutiei toracice
2. căile aeriene și plămâni → prezintă o suprafața de schimb fină, umedă → epiteliul alveolar + vascularizație abundentă

ROLURILE SISTEMULUI RESPIRATOR

1. Schimbul de gaze între atmosferă și țesuturi
2. Homeostazia pH-ului → CO₂
3. Protecție împotriva agenților patogeni inhalați și împotriva substanțelor iritante
4. Fonația

NOȚIUNI DE ANATOMIE FUNCȚIONALĂ A SISTEMULUI RESPIRATOR

1. **Respirația celulară (internă)** = utilizarea intracelulară a oxigenului și reacțiile acestuia cu moleculele organice → formare de energie (ATP), apă și CO₂
 2. **Respirația externă** = deplasarea gazelor respiratorii între mediul înconjurător și țesuturi:
 - **schimbul I → atmosferă-plămâni (V)** - schimbul II → alveole-sânge
 - transportul sanguin al gazelor
 - schimbul III → sânge-celule
- necesită funcționarea coordonată a sistemului respirator și cardiovascular

SISTEMUL RESPIRATOR

1. Sistem de conducere a aerului atmosferic până la nivelul suprafeței de schimb
= căile respiratorii
2. Suprafața de schimb a gazelor respiratorii
= alveolele pulmonare

3. „Pompa” care realizează gradientele de presiune necesare ventilației pulmonare
→ oasele și mușchii cutiei toracice
→ musculatura abdominală (secundar)

CUTIA TORACICĂ

- coloana vertebrală toracică
- sternul + coastele
- musculatura asociată:

1. Mm INSPIRATORI

- diafragma → boltă musculară cu suprafața de aproximativ 250- 350 cm²
- mușchii intercostali externi
- mm inspiratori accesorii (inserție la nivelul capului, gâtului, centurii scapulare și pe primele două coaste) sterno-cleido-mastoidieni și scaleni

2. Mm EXPIRATORI

- mm intercostali interni
- mm cu inserția pe baza toracelui și pe bazin
- ex.: mm drepți abdominali etc.

PLĂMÂNII ȘI PLEURELE

Plămâni → drept și stâng

- țesut spongios, ușor, ocupat în mare parte de spații pline cu aer
- alături de inimă → umplu aproape în totalitate cavitatea toracică
- comunică cu exteriorul prin căile respiratorii
- plămânul DREPT → 3 lobi
- plămânul STÂNG → 2 lobi
- înveliți de pleure

Pleura

- sac seros → 2 foițe + lichid pleural
- țesut conjunctiv elastic + capilare
- **foița viscerală**
- contact intim cu țesutul pulmonar → urmează relieful pulmonar
- foița parietală
- contact cu pereții cutiei toracice și cu mediastinul
- Lichidul pleural:
- aproximativ 3 ml
- strat foarte subțire
- forțe de tensiune superficială

ROLURI:

1. suprafața umedă și glisantă pentru foițele pleurale pleure
2. adeziune între plămâni și cutia toracică
3. menține plămânii parțial „deschiși” chiar și în repaus

VASCULARIZAȚIE DUBLĂ

- nutritivă → aa și vv bronșice
(din marea circulație)
- funcțională → aa și vv pulmonare
(mica circulație)

CĂILE RESPIRATORII

1. Superioare:

- fosele nazale
- cavitatea bucală
- faringele
- laringele

2. Inferioare:

- traheea
- arborele bronșic
- parenchimul pulmonar

I. FOSELE NAZALE

- mucoasa olfactivă → cornete nazale superioare → OLFACTIE
- mucoasa nazală → „condiționarea aerului”

II. CAVITATEA BUCALĂ

- cale respiratori accesorie
- „condiționare” deficitară

III. FARINGELE

- răspântie digestivă și respiratorie
- 3 regiuni:
 - nazofaringe
 - orofaringe
 - laringofaringe

IV. LARINGELE

- cale aeriană
- rol fonator
 - coardele vocale
 - glota
 - epiglota

Mm laringelui:

- abductori → deschid glota
- adductori → închid glota
- inervație → n. laringeu recurent (ramură din vag)

Închiderea glotei

- previne aspirația
- rol în reflexul de tuse

Patologie:

- paralizie abductori → stridor
- paralizie adductori + pacienți în comă sau sub anestezie generală → risc aspirație

CĂILE RESPIRATORII INFERIOARE

Arborele traheo-bronșic:

- trahee → inele cartilaginoase incomplete + fibre musculare netede ↓
- bronhii → inele cartilaginoase complete + fibre musculare netede ↓
- bronhiole + bronhiole terminale → lipsite de cartilaj + numeroase fibre musculare netede
- bronhiole respiratorii
- ducte alveolare

TERMINOLOGIE:

- căi respiratorii mari → $\phi > 2$ mm
→ epiteliu cilindric
- căi respiratorii mici → $\phi < 2$ mm
→ epiteliu cubic
- bronhiole → $\phi < 1$ mm

Acinul pulmonar

= bronhiolă respiratori + ducte alveolare + saci alveolari + alveole

- între trahee și sacii alveolari → 23 diviziuni
- 16 diviziuni → zona de conducere
- bronhii, bronhiole, bronhiole terminale
- 7 diviziuni → zona de tranziție și respiratorie
- bronhiole respiratorii; ducte alveolare; alveole

ALVEOLELE PULMONARE

- aproximativ 300 milioane
- suprafața de schimb → 70-75 m²
- epiteliu unistratificat pavimentos
- bogată rețea capilară
- pneumocite:
tip I → cel pavimentoase alveolare
tip II → mai mari → celule granulare alveolare, cu incluziuni dense → secretă surfactant
- macrofage alveolare
- limfocite, plasmocite, mastocite etc.

INERVAȚIE

Tonus bronhomotor

- bronhiile și bronhiiolele → stare de ușoară constricție
- tonus PS → fibre colinergice vagale
- PS → bronhoconstricție

Inervația simpatică

- adrenergică, slab reprezentată
- bronhodilatație (R β_2)

Fibre non-ACh, non-A (peptidergice)

- VIP → bronhodilatație

Prostaglandninele și leucotrienele

PGF_{2 α} , LT → bronhoconstricție

PGE₂ → bronhodilatație

Histamina → bronhoconstricție

FUNȚIILE NONRESPIRATORII ALE CRS

I. Protecția fizică

1. ÎNCĂLZIRE

- plexuri venoase submucoase
- sânge → aproximativ 32°C
- modificarea progresivă a temperaturii aerului
- în plămâni → ajunge la temperatura corpului

2. UMECTARE

- până la saturație 100%
- strat lichidian secretat de glandele seroase ale mucoasei nazale
→ pierdere de apă pe cale respiratorie
0,5 l/zi → 2,5 l/zi

3. PURIFICARE + FILTRARE

- fire de păr
- circulația turbulentă a aerului
- stratul de mucus
- mișcările cililor
- în funcție de diametrul particulelor

a. Particulele cu $\phi > 10\mu\text{m}$

- reținute de firele de păr
- proiectate pe peretele posterior al nazofringelui
- aderă de mucus

b. Particulele cu $\phi=2-10\mu\text{m}$

- ↓ viteza aerului
- aderă de mucusul care tapetează căile respiratorii
- eliminate prin:
 - mișcările cililor
 - tuse

MIȘCĂRILE CILILOR

- mucusul și particulele se deplasează prin mișcările cililor (de la fosele nazale și până la bronhiiolele terminale)
- mucusul → 2 straturi:
 - strat superficial → gel (produs de glandele mucoase)
 - strat profund fluid, produs de cel Clara
- cilii
 - acoperiți cu mucus
 - mișcări coordonate
 - independente de nerv. extrinsecă
 - mișcare retrogradă rapidă în stratul fluid
 - mișcare lentă de revenire în stratul superficial
 - aproximativ 20 bătăi/min.
 - deplasează mucusul: 1-2 cm/min.
 - blocare → boala cililor imobili, fumat
- ajuns în laringe → înghițit

STRĂNUTUL ȘI TUSEA

- curățirea căilor respiratorii
- secreții
- particule inhalate
- reflexe medulare

Strănut → declanșat de prezența iritanților la nivelul mucoasei nazale

Tuse → declanșată de stimularea

- mecanoreceptorilor de la nivelul căilor respiratorii mari (laringe, trahee, bronhii)
- chemoreceptorilor de la nivelul bronhioloalelor și acinilor pulmonari

Etape:

1. inspirație profundă
2. reținerea aerului prin închiderea căilor aeriene
3. inițierea efortului expirator → ↑ presiunea intratoracică
4. ↑ presiunea aerului „capturat”
5. eliberarea bruscă a aerului

c. Particulele cu $\phi < 2\mu\text{m}$

- ajung în alveole
- fagocitate de macrofagele alveolare

II. Protecția imună

- secrețiile bronșice → IgA
- epiteliul sinusurilor paranazale
→ NO → bacteriostatic
- macrofagele alveolare
 - celule fagocitare → fagocitează particule mici și bacterii
 - secretă citokine
 - produc α_1 -antitripsină → inhibă proteazele → protecție împotriva emfizemului pulmonar

III. Funcții metabolice și endocrine

- pneumocitele II → secreție surfactant
- sistem fibrinolitic → liza cheagurilor mici care ajung în vasele pulmonare
- enzima de conversie a angiotensinei
 - activează AgT I → AgT II
 - inactivează bradikinină
- eliberare de substanțe în circulație
 - histamină
 - kalikreină
- îndepărtare substanțe din circulație
 - serotonină
 - noradrenalină

VENTILAȚIA PULMONARĂ

= înprospătarea aerului din alveole
= mișcarea de dute-vino a aerului din atmosferă până la nivelul alveolelor

→ normal: 12-16 resp/min (repaus)
→ DVR = 6-8 l/min.

ETAPE:

→ Inspirația = intrarea aerului
→ Expirația = ieșirea aerului

normală/forțată

INSPIRAȚIA:

I. Modificările diametrului cutiei toracice

Inspirație → ↑ cele trei diametre
Expirație → ↓ diametrele cutiei toracice

a. Diametrul vertical

- crește prin coborârea diafragmului
- cu 1,5 cm în eupnee
- max. 7 cm în inspirație profundă
- responsabil de aprox. 75% din inspirul normal

b. Diametrul anteroposterior

- crește prin mișcările coastelor superioare (II→VI)
- ridicare și orizontalizare
- mișcare „în mâner de pompă”

c. Diametrul transversal

- crește prin mișcările coastelor inferioare (VII→X)
- ridicare, rotație proiecție anterioară
- mișcare „în mâner de găleată”

Musculatura inspiratorie

- mm principali:

- diafragmul
- inervat de nn. frenici (C3-C4-C5)
- mm pătratul lombelor → sinergic → stabilizator
- mm intercostali externi
- inervați de nn. intercostali

- mm accesorii:

- sterno-cleido-mastoidian
→ se inseră pe apofiza mastoidă, manubriul sternal și regiunea medială a claviculei
→ inervat de n. XI și n. spinal C2
- scaleni
→ originea → procesul cervical
→ inserția → prima coastă
→ inervație nn. spinali C3-C8
→ ridică prima coastă

II. REZISTENȚA RESPIRATORIE

= rezistența la inflație sau deflație a plămânilor

Datorată rezistenței:

- căilor respiratorii

- 10% căi periferice mici (fibre elastice)
- 50% căi aeriene mari
- 40% fosele nazale (circulație turbulentă)

- țesutului pulmonar

- ↑ în clinostatism → ↑ umplerea vaselor pulmonare
- ↑ în lipsa surfactantului

- toracice

- cutia toracică
- diafragm
- conținutul abdominal

III. COMPLIANȚA

Def = distensibilitatea plămânilor și a cutiei toracice

→ cutia toracică și plămânii își urmează reciproc mișcările

Complianța pulmonară = modificarea volumului pulmonar ca urmare a modificării cu o unitate a presiunii transpulmonare (= diferența de presiune între interiorul alveolelor și mediul înconjurător)

→ complianța statică

→ complianța dinamică = măsurată pe parcursul respirației ritmice

Presiunea intrapleurală = Vidul pleural

→ la sfârșitul expirului normal

= -2,5 mmHg

→ expansiunea toracelui

→ ↓ presiunea intrapleurală (cu maxim 4 mmHg în inspir normal

→ la - 6 mmHg)

→ expansiunea pulmonară

→ inspir forțat → până la -30 mmHg

Presiunea intrapulmonară

→ - 3 mmHg în cursul inspirației

→ 0 mmHg la sfârșitul inspirației

→ intrarea aerului

EXPIRAȚIA

MECANICA TORACICĂ

→ reducerea diametrelor cutiei toracice:

→ elasticitatea cutiei toracice → cartilajele costale

→ tendința de retracție a plămânului

→ retracția fibrelor elastice

→ tensiunea superficială a lichidului alveolar

Musculatura expiratorie

- necesară doar în expirația forțată

→ mm. intercostali interni

- ridică coastele

- compensat de contracția simultană

- mm. abdominali

- mm. pătratul lombelor

→ mm. abdominali anterolaterali (dreپți, oblici, transvers, extern)

- coboară rebordul costal

- ↑ presiunea intra-abdominală

→ împing diafragma

SURFACTANTUL

- substanță tensio-activă
- secretat de pneumocitele II
- amestec de:
 - dipalmitoil fosfatidilcolină (PL)
 - alte lipide
 - proteine
- strat subțire la suprafața epiteliului alveolar
- capul hidrofil spre epitelium
- cozile hidrofobe spre lumenul alveolar

- secreție:
 - s 21-24 IU
 - stimulată de **glucocorticoizi** și h. tiroidieni

- lipsa
- Copii → boala membranelor hialine
- Adulți → detresă respiratorie
- leziuni epitelium → ↓ surfactant

Roluri:

1. reduce tendința la colaps a parenchimului pulmonar
2. reduce tendința fiziologică a alveolelor mici de a se goli în alveolele mari
3. reduce tendința fluidului interstițial de a transuda în interiorul alveolelor

Legea lui Laplace

$$P = 2T/R$$

P = tendința alveolelor la colapsare

T = tensiunea superficială alveolară

R = raza alveolei

→ tendința la colaps a alveolelor mici

→ Grosimea stratului de surfactant este mai mare în alveolele mici → ↓ tensiunea superficială → previne colabarea alveolelor

Presiunea intrapleurală = Vidul pleural

→ la sfârșitul expirului normal = -2,5 mmHg

Presiunea intrapulmonară

→ + 3 mmHg în cursul expirației

→ → 0 mmHg la sfârșitul expirației → ieșirea aerului → raportate la valoarea presiunii atmosferice

Pneumograma

= înregistrarea mișcărilor respiratorii

Tipuri respiratorii:

→ copil → abdominală

→ bărbați → toracică inferioară

→ femei → toracică superioară

Spirometria

= înregistrarea volumelor și capacităților respiratorii

→ LP