

Hingamiselundite anatoomia ja füsioloogia

Alan Altraja, TÜ Kopsukliinik

Hingamisteede jaotus

Ülemised hingamisteed:

- Ninaesik, ninaõõs, ninakäigud, suuesik, suuõõs
- Ninaneel, suuneel
- Nina kõrvalkoopad (põskkoopad, otsmikukoopad, kiilluu urge, eesmised ja tagumised sõelluurakud)
- Kuulmetõri ja keskkõrv
- Kurk, kõriesik, kõri, häälepaelad

Alumised hingamisteed:

- Trahhea (e. hingetoru)
- Bronhid (nn. "bronziaalpuu")
- Bronhiolid
- Alveoolid (alveolaartasand)

Alumiste hingamisteede ehitus

Trahhea e. hingetoru:

- 9-11 cm pikkune, 1,5-2 cm läbimõõduga
- Lõpeb 4./5. rinnalüli vaheketta kõrgusel kahendharguse e. bifurkatsiooniga paremaks ja vasakuks peabronhiks

Bronhiaalpuu:

- Tsentraalsed bronhid (vaadeldavad fiiberbronhoskoobiga):
 1. jagunemise aste: Peabronhid: parem jämedam, lühem (1-2 cm), jätkab enam hingetoru suunda allapoole; vasak pikem (5 cm), keerab vasakule suurema nurga all
 2. jagunemise aste: Sagarabronhid: paremal 3 (ülasagar, kesksagar, alasagar), vasakul 2 (ülasagar, alasagar)
 3. jagunemise aste: Segmendibronhid: kokku paremal 10, vasakul 8 (vahel 9) segmenti
 4. jagunemise aste: Subsegmendibronhid: iga segment olenevalt suuruselt jaguneb 2-3 subsegmendiks

Trahhea e. hingetoru ehitus

Koosneb 15-20 hoburauakujulisest toestavast kõhrest

- Tagumine sein e. söögitorumine sein lihasealine (*m. trachealis*) elastne, pehme, võimaldamaks tahkete toiduosakeste läbipääsu
- Seinas 4 kihti:
 - Limaskest
 - Limakesta alumine e submukooskude
 - Kõhr-sidekest (kondrofibrooskest)
 - Kohev välimine sidekoeline adventitsiaalkiht

Alumiste hingamisteede struktuur

Bronhiaalpuu ja alveolaartasand:

- Kokku 23-24 kaheks hargnemise järku (lugedes hingetorust (0-järk)
- "Juhtehingamisteed" e. nn. *conducting airways* – õhuteed, milles ei toimu gaasivahetust (kuni 16 jagunemist)
- "Hingamistasand" – seintes alveoolid (jagunemised 17-23)

- Mingile hargnemisjärgule vastavate hingamisteede arv $N = 2^Z$, kus Z on hargnemistasandi number

Alveolaartasandi struktuur

Alveoolid:

- 23 kaheks hargnemise tasand
- Alveoolide arv kopsudes kokku 300-400 miljonit
- Alveoolide üldpind ~100 m²
- Alveoolid koos seda seestpoolt voorderdava epiteeliga moodustavad kopsude parenhüümi ehk elundi spetsiifilisele funktsioonile vastava koe

Alveoolide põhifunktsioon on:

- Gaasivahetus
- Alveoolide ventilatsiooni, sissehingatud gaasi distributsiooni e. jaotumise kopsu eri osade vahel
- Gaaside difusiooni
- Vere perfusiooni vahendusel

Kopsude anatoomia

- Kaal kokku 1,35 kg meestel, 1,05 kg naistel (53% / 47%)
 - Parem kops vasakust suurem
 - Ventilatsioon (50,5%/49,5%)
 - Verevoolutus e perfusioon (50,8%/49,2%)
 - Vitaalkapatsiteet e eluline mahtuvus (VC, FVC) 51%/49%
 - Suure õhusaldusega, seega hea röntgenläbipaistvusega elundid
 - Tihedus 340 g/dm³
- Kujult meenutab kumbki kops lõigatud tüvipüramiidi – alaosade läbimõõt igas suunas suurem kui ülaosades
 - Kumer, lai kopsupõhimik piirneb vahelihasega, ülal ulatub ümar kopsutipp 3 cm rangluust ülespoole
- Kummalgi kopsul 3 pinda (roidmine, vahelihasmine ja keskseinandi pool sisemine e. mediaalne pind) ja 3 serva
- Pinnal kummalgi kopsul “jäljendid” – näit. südamejäljend, aordijäljend jne.
 - Seesmisel pinnal keskkohast veidi tagapool on kopsuvärat e. hiilus, paremal on see laiem ja lühem kui vasakul
 - Kopsuväratid sisenevad kopsu peabronhid, närvid ja lümf- ning veresooneid – kõik kokku koos katva kopsukelme e. kopsupleuraga moodustavad kummagi kopsu kopsujuured
 - Peamiselt veresooneid jätab röntgenpildil otsevaates kopsuväratite (kopsujuurte) varju

Kopsude paiknemine

Vaade eest

- Kopsutipp ulatub 3 cm rangluust ülespoole
- Kopsupõhimik ulatub ees all väljahingamisfaasis 6.-7. roideni, sissehingamisfaasis 8. roide või 8. roidevahemikuni
- Maksa tõttu on parema kopsu alumine piir vasakust kõrgemal

Vaade tagant

- Kopsupõhimik ulatub taga all väljahingamisfaasis 10. roideni, sissehingamisfaasis 12. roideni

Kopsude segmendid

Parem kops

Vasak kops

Ülasagar	Ülasagar
1. Tipusegment e. <i>segmentum apicale</i>	1.+2. Tipmis-tagumine segment e. <i>segmentum apicoposterius</i>
2. Tagumine segment e. <i>s. posterius</i>	
3. Eesmine segment e. <i>s. anterior</i>	3. Eesmine segment e. <i>s. anterior</i>
Kesksagar	Kesksagar vasakul puudub, samal kõrgusel on
4. Välimine segment e. <i>s. laterale</i>	ülasagara juurde kuuluv keeleke e. lingula
5. Sisemine segment e. <i>s. mediale</i>	4. Ülemine lingulasegment e. <i>s. lingulare superius</i>
Alasagar	5. Alumine lingulasegment e. <i>s. lingulare inferius</i>
6. Alasagara tipusegment e. <i>segmentum superius</i>	6. Alasagara tipusegment e. <i>segmentum superius</i>
(apicale)	(apicale)
7. Sisemine basaalsegment e. <i>s. basale mediale</i>	7. Sisemine basaalsegment e. <i>s. basale mediale</i>
8. Eesmine basaalsegment e. <i>s. basale anterior</i>	8. Eesmine basaalsegment e. <i>s. basale anterior</i>
9. Välimine basaalsegment e. <i>s. basale laterale</i>	9. Välimine basaalsegment e. <i>s. basale laterale</i>
10. Tagumine basaalsegment e. <i>s. basale posterius</i>	10. Tagumine basaalsegment e. <i>s. basale posterius</i>

Kopsude segmendid, subsegmendid, sagarikud

- Vasakul puudub kesksagar, samas positsioonis paikneb keeleke e. lingula
- Kokku paremal 10, vasakul 8 (vahel 9) segmenti (vastavad bronhid on 3. jagunemise bronhid e. segmendibronhid)
- Vasakul jaguneb ülasagar ülemiseks (S1+2 ja S3) ja alumiseks divisjoniks (lingula)
- Vasakul puudub sageli iseseisev 7. segmendi bronh, see lähtub koos S8 bronhiga (B8-ga)
- Mõlema kopsu 6. segmendi all võib paikneda iseärasusena nn. subapikaalne segment (*s. subapicale*)
- Segmendid jagunevad 2-ks ... (sagedamini 3-ks) subsegmendiks (vastavad bronhid on 4. Jagunemisjärgu e. subsegmendibronhid)
- Subsegmendid jagunevad sagarikkudeks e. *lobulus*'teks (mõlemas kopsus on neid ca 1000)

Rinnakelme e. pleura

Normaalne pleura on sile, läikiv, õhuke membraanitaoline serooskelme, koosneb sidekoest ja on pleuraõõne pool kaetud mesoteelrakkude kihiga; mesoteel on mesodermi derivaat, rakkude valendikupoolne pind on varustatud mikrohattudega

Pleuralestmed:

Parietaalne e. seinmine pleura - katab rindkereõõne sisepinda ja diafragmaakupleid

Vistseraalne pleura e. kopsupleura – katab kopsude välispinda (kinnitub kopsu välispinnale) ja ümbritseb kopsu sagarate kaupa ulatudes interloobiumitesse

- Parietaalne pleura voorderab seestpoolt kogu rindkereõõnt (kaasa arvatud diafragmaakupleid rindkereõõne poolt) ja läheb kopsujuurte piirkonnas jätkuvalt üle vistseraalseks pleuraks (kopsupleuraks), mis katab pealispinnal kopsu olles kopsudega tihedalt liitunud. Seejuures tekib duplikatuur – kopsuside e. kopsuligament, mis ulatub kopsuväratitest diafragmani.
- Parietaalne pleura jaguneb koha järgi, millises osas ta rinnaõõne seina katab:
 - Vahelihasmiline pleura
 - Roidmine pleura
 - Keskseinandmine pleura
 - Pleurakuppel – ülalasetsev parietaalse pleura osa, ulatub kaelani

Mesoteeli all asetseb elastsete ja kollageenkiududerohke sidekude, seal on rohkesti kapillaare, lümfisooni

Pleura verevarustus

- vistseraalne: bronhiaalarteritest
- parietaalne: interkostaalarteritest ja diafragma arteritest

Pleura innervatsioon

- vistseraalne: autonoomsed närvilõpmed
- parietaalne: diafragma- ja interkostaalnärvid

Pleura lümfidrenaaž

- vistseraalne: kopsuväratil lümfisõlmedesse
- parietaalne: retrosternaalsetesse ja keskseinandi lümfisõlmedesse
- otsene ühendus kõhuõõne lümfiteedega

Rinnakelmeõõs e. pleuraõõs

- Pleuraõõs – inimkeha suuruselt teine seroosõõs, normaalselt on õõs teoreetiline, kuna pleuralestmed on kontaktis teineteisega: seinmine pleura ulatub vastu kopsupleurat, (on liibunud) kuid ei ole normaalselt sellega liitunud võimaldades libisevat liikumist
- Pleuralestmete "määrimiseks" leidub pleuraõõnes kokku ca 30 ml pleuravedelikku
- Rindkereõõne alaosades, roidmise pleura üleminekul vahelihasmiseks tekivad sopised: roiete-keskseinandi sopis (*recessus costomediastinalis*) ja välimisel roiete-vahelihasmiline sopis (*recessus costodiaphragmaticus*)
- Vedeliku või õhu kogunemisel või sattumisel (vedelikrind e. *fluidothorax*) ja õhkrind e. *pneumothorax*)
- Pleurat (kumba lestet tahes) haaravate haiguste tagajärjel tekivad liited pleuralestmete (seinmise ja kopsupleura) vahele
- "Pleuraõõnes" on negatiivne rõhk, see süveneb sissehingamisel (-1,0 kPa) ja väheneb väljahingamisel (-0,3 kPa)

Kopsude vereringe – kopsuarteri süsteem

Kopsuarteri – kopsuveenide süsteem e. kopsuringe e. nn. "väike vereringe"

- Algab südame paremast vatsakesest ja suubub vasakusse kotta
- Ülesanne: vere oksügeniseerimine kogu keha hapnikuvarustuse tagamiseks, CO₂ elimineerimine alveolaarõhku
- Maht võrdne suure e. kehavereringe omaga, ca 5 liitrit minutis
- See nn. "minutimaht" jaguneb normis vasaku ja parema kopsu vahel 50,8% : 49,2%
- Väikese vereringe veresooned on õhukeseseinalised, mahutavad suure hulga verd – kopsud on väga hea verevarustusega ja elupuhuselt vererohked
- Vererõhk madal 25/10 mmHg (keskmine rõhk 15 mmHg)
- Südame parem vatsake ei suuda järsku kujunenud olukorras oluliselt kõrgemat rõhku tekitada
- Kopsuringe maht suureneb: füüsilisel koormusel, palaviku, kilpnäärme ületalitluse, aneemia, vasakult paremale šundi korral

- Väheneb südamepuudulikkuse, emfüseemi, kopsufibroosi, difuusete parenhümatossete kopsuhaiguste, paremalt vasemale šundi korral
- Kopsuringe ei varusta kopsu ega selle kudesid hapnikuga

Kopsude vereringe – bronhiaalarterite süsteem

Bronhiaalarterite süsteem

- Väike osa suurest vereringest
- Bronhiaalarterites on süsteemne vererõhk
- Bronhiaalarterid – peened arterid, varustavad bronhide seinte ja kopsu strooma neid kudesid, mis ei osale gaasivahetuses ega saa hapnikuvarustust alveolaarventilatsiooni kaudu
- Bronhiaalarterid lähtuvad rinnaaordist või roietevahelistest arteritest (interkostaalarteritest)
- Venoosne veri dreeneerub suurte hingamisteede kudedest ja lümfisõlmedest bronhiaalveenidesse, need omakorda suubuvad v. *azygos*'sse (ülemise õõnesveeni süsteemi) (Defferbach *et al.*, 1987)
- Kopsu tasandilt dreeneerub venoosne veri kopsuringesse segunedes seal juba oksügeniseerunud verega (moodustab paremalt vasakule šundi ühe komponendi:
 - Interstiitsiumist, kopsusisestest hingamisteedest, vistseraalsest pleurast, närvidest ja veresoonte seintest kopsuveenidesse (nn. bronhopulmonaalsed veenid)
 - Alveolaartasandil tekivad nn. bronhopulmonaalsed anastomoosid

Kopsude lümfisüsteem

Eraldi lümfidrenaaz kopsust ja rindkereseinast

- Kopsust suunaga kopsuväritesse, sealt keskseinandisse, edasi suure vereringe venoossesse süsteemi – ülemisse õõnesveeni
- Lümfitee peal lümfisõlmed (N vastavalt kasvajate lümfoogeense leviku klassifikatsioonile:
- I etapp e. nn. N1 sõlmed: sama poole kopsusisesed (e. intrapulmonaalsed), peribronhiaalsed ja kopsuväri lümfisõlmed
- II etapp e. nn. N2 sõlmed: sama poole keskseinandi ja trahhea bifurkatsiooni alused lümfisõlmed
- III etapp e. nn. N3 sõlmed: vastaspoole keskseinandi, vastaspoole kopsuväri, sama või vastaspoole kaela (astriklühase eesserva või supraklavikulaarsed sõlmed •Rindkereseinast rinnaku kõrval olevatesse (parasternaalsetesse) lümfisõlmedesse
- Kopsust suunaga kopsuväritesse, sealt keskseinandisse, edasi suure vereringe venoossesse süsteemi – ülemisse õõnesveeni

Kopsude närvisüsteem

Aferentne ja eferentne süsteem

Aferentne süsteem:

- Pulmonaalsed (jukstaalveolaarsed) J-retseptorid – kemoretseptorid
- Vabad närvilõpmed bronhilimaskest epiteelis (nii kemo- kui mehhanoretseptorid) – põhilised kõharetseptorid
- Aeglaselt adapteerivad venitusretseptorid (SAR) bronhide silelihaste venitusretseptorid
- Kiiresti adapteeruvad venitusretseptorid (RAR, trahhea ja suurte bronhide seintes)
- Viivad signaali ajusse, aluseks hingamise ja bronhide toonuse regulatsioonil

Eferentne süsteem:

- Parasümpaatiline: Piklikajast uitnärv (*n. vagus*) kaudu *ganglion jugulare* ja *ganglion nodosum* kaudu parasümpaatiline toonus bronhidele – bronhokonstriksioon
- Sümpaatiline: rinnaosa sümpaatilistest gangloinidest - funktsionaalselt vähetahtis
- NANC (“mitte-adrenergiline, mitte-kolinergiline”) süsteem: uitnärv koosseisus, erinevad peptiidsed mediaatorid suurendavad ja vähendavad bronhide silelihaste ja näärmete toonust

Hingamisteede seinahitus

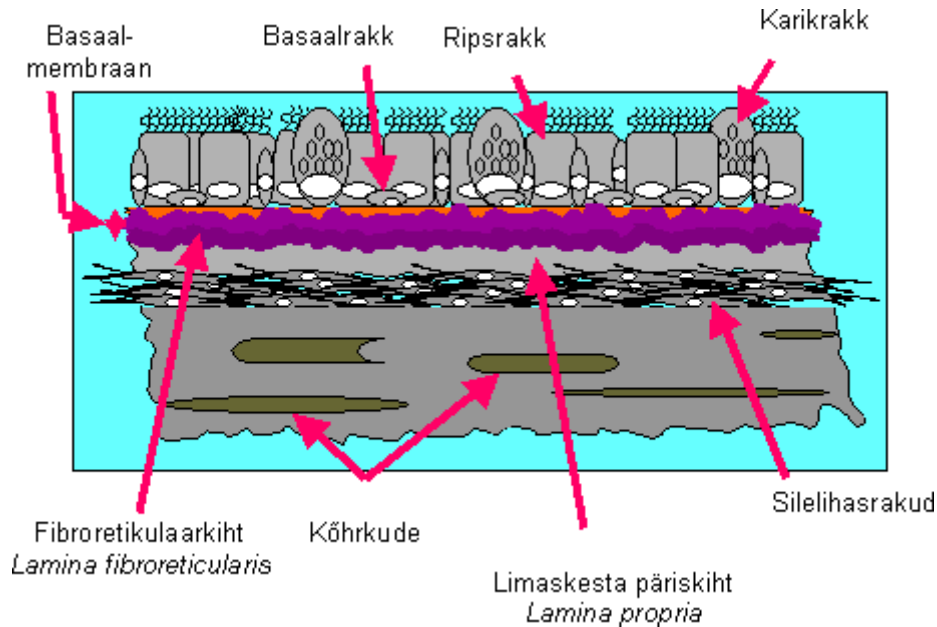
Trahhea ja suurte bronhide seinas 4 kihti:

- Limaskest
- Limakesta aluskiht
- Kõhr-sidekest (kondrofibrooskest)
- Kohev välimine sidekoeline adventitsiaalkiht, millega torujad hingamisteed on seotud ümbritsevate kudedega

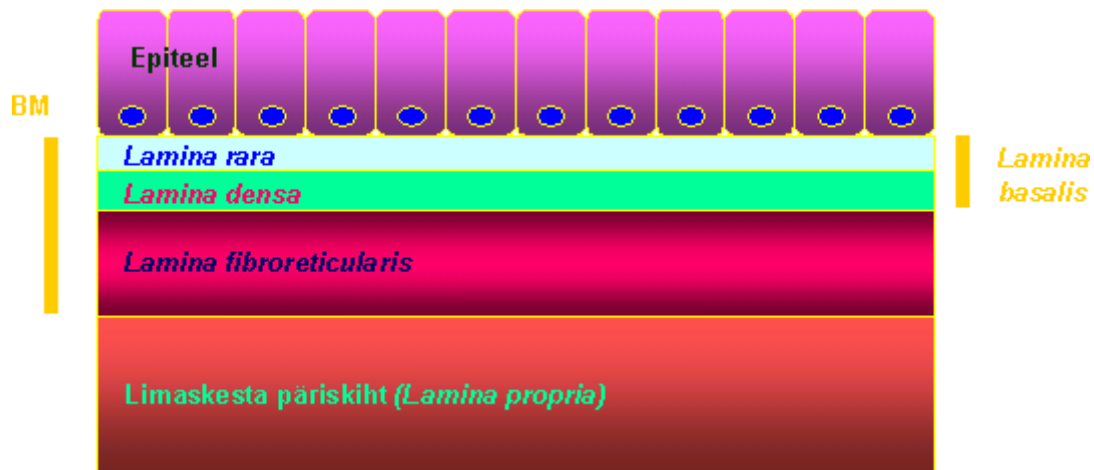
Limaskest

- Valendiku poolt katab mitmerealine ripsepiteel (kõik rakud kinnituvad basaalmembraanile, kuid kõik ei ulatu valendikuni)
- Suur osa rakkudest on ripsrakud, iga 10. on karikrakk (sisuliselt üherakuline limanääre)
- Basaalrakud (ei ulatu valendikuni)
- Neuroendokriinsed rakud
- Epiteeli all on basaalmembraan
- Omakorda allpool rohkelt elastseid kiude sisaldav limaskesta päris kiht rohkete näärmetega

<2 mm läbimõõduga hingamisteede seina ehitus



Bronhilimaskesta epiteelialuse basaalmembraani (BM) struktuur



<2 mm juhtehingamisteede seina ehitus (BM – basaalmembraan; *Lamina basalis* = termin tähistamaks lamina rara't ja lamina densa't üheskoos)

- Kõhrtoese elemendid muutuvad ebaregulaarsemateks, kaovad
- Asemele tuleb kogu tsirkulaarselt ümbritsev silelihas
- Epiteel madaldub mõnevõrra
- Limaskesta päris kiht on õhem kui jämedamates hingamisteedes
- Limaskesta aluskihi sidekude sisaldab näärmeid ja rasvkudet

<1 mm bronhiolide seina ehitus

- Seinas ei ole kõhre ega näärmeid
- Epiteel muutub üle 1-kihilise ripseepiteeli ühekihiliseks kuubiliseks epiteeliks
- Kaovad karikrakud, asemele tulevad clara-rakud, viimaste osakaal tõuseb perifeerias selgesti
- Silelihas on hästi arenenud

Alveoolide seina ehitus

Moodustab gaaside nn. difusioonimembraani:

Alveolaarepiteel

- I tüüpi alveolaarepiteelrakud (95% pinnast kaetud nendega)
- II tüüpi alveolaarepiteelrakud – kuubilised, sisaldavad lamellaarkehi (fosfolipiidid - surfaktandi komponendid)

Alveolaar-basaalmembraan

- Kapillaariderohke õhuke sidekude ümbritseb alveole
- Kapillaaride basaalmembraan – gaasivahetuspiirkondades ühine alveolaar-basaalmembraaniga
- Kapillaaride endoteel
- Alveolaarkapillaarid on 2 korda laiemad kui suures vereringes olevad)

Kaitsemehhanismides osalevad alveolaarmakrofaagid

Hingamise füsioloogia

Hingamisliigutused: skeletilihaste osaliselt tahtlikult reguleeritud, osaliselt tahtest olenemata, piklikajus paiknevate hingamiskeskuste juhitud liigutused eesmärgiga ventileerida kopsse

- Hingamislihased (sisse- ja väljahingamislihased)
- Põhilihased: diafragma, roietevahelised lihased
- Ülejäänud rindkerepiirkonna skeletilihaste hulgas mitmeid abilihaseid
- Kopsude ventilatsioon: rindkereõõne mahu muutmine rindkereõõne väliste lihaste töö tulemusena (ca 1% ööpäevasest energiabilansist)
- Kopsud peavad järgima rindkereõõne mahu muutusi
- Rindkereõõne mahu muutuse DV ja selle tekitamiseks vajaliku pleuraõõne rõhu muutuse D_p suhet nimetatakse kopsu venitatavuseks C ("compliance"), ml/kPa. Venitatavus on suurem kopsude alaosades
- Sellise ventilatsiooni võimalikkuse eeltingimused:
 - kopsude elastsus
 - negatiivne rõhk pleuraõõnes peab olema tagatav – ei tohi olla ühendust pleuraõõne ja väliskeskonna vahel (pleuradreenil "vesilukk"), samuti fikseeritakse roided hulgimurdude korral

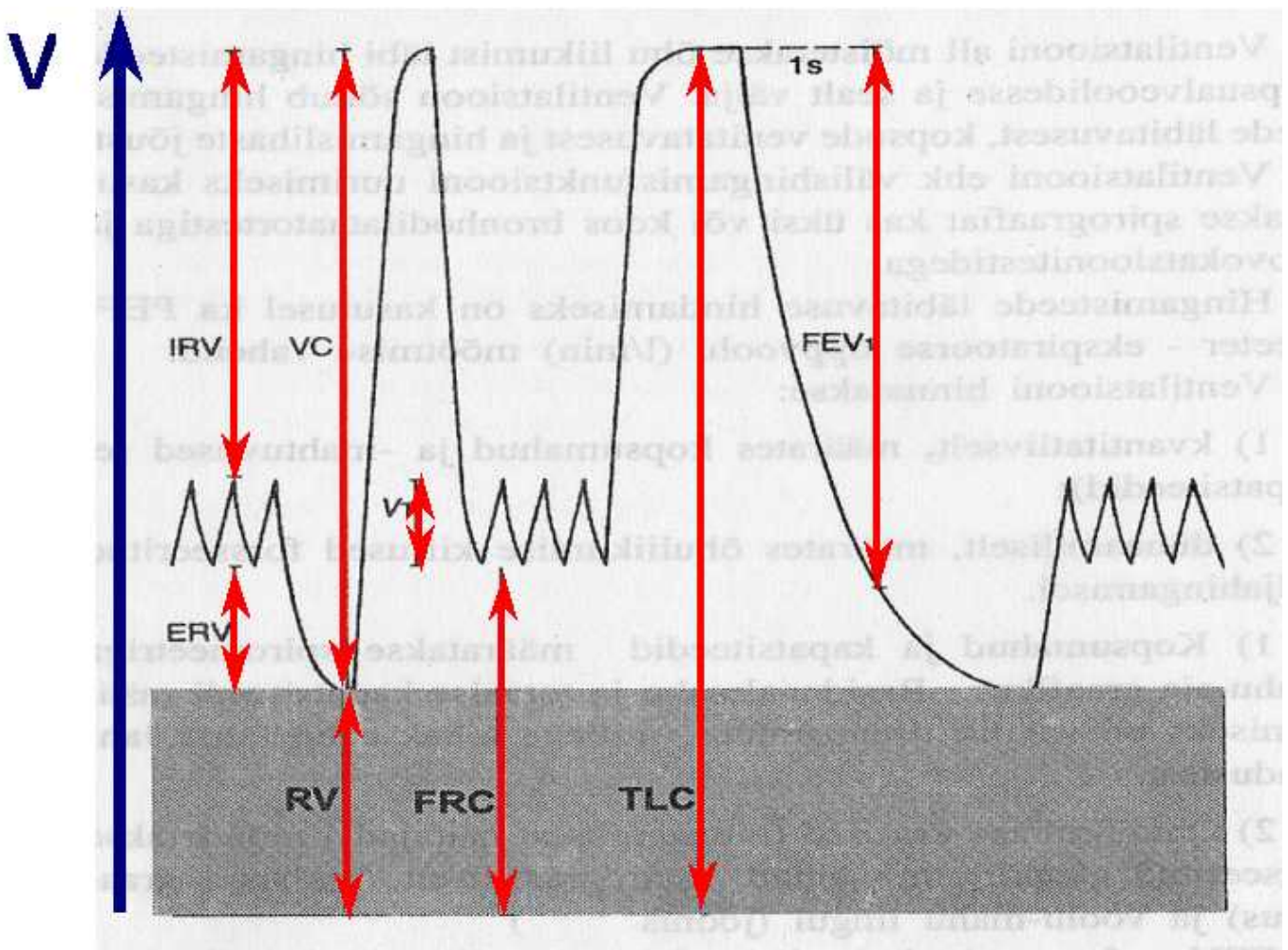
Kopsude ventilatsioon: rindkereõõne mahu muutmine rindkereõõne väliste lihaste töö tulemusena

- Kopsud järgivad rindkereõõne mahu muutusi
 - kopsude elastsus
 - negatiivne rõhk pleuraõõnes peab olema tagatav
- Negatiivne rõhk, see süveneb sissehingamisel (-1,0 kPa) ja väheneb väljahingamisel (-0,3 kPa)

Kopsude ventilatsioon

- Kopsude mahud ja mahtuvused (koosnevad mitmest mahust)
- Tavalise hingamise maht (V_T , "tidal volume")
- Inspiratoorne reservmaht (IRV) – võimalik lisaks sisse hingata pärast tavalist sissehingamist
- Ekspiratoorne reservmaht (ERV) - võimalik lisaks välja hingata pärast tavalist väljahingamist
- Residuaalmaht e. jääkmaht (RV) – õhu hulk, mis jääb kopsudesse alles pärast maksimaalset väljahingamist
- Vitaalkapatsiteet e. eluline mahtuvus (VC) (forsseeritud väljahingamisel mõõdetult FVC) on $V_T + IRV + ERV$
- Funktsionaalne residuaalkapatsiteet (FRC) on $ERV + RV$
- Totaalkapatsiteet e. kopsude kogumaht (TLC) on $RV + ERV + V_T + IRV$

Forsseeritud väljahingamismanöövri ajal mõõdetakse oluline funktsionaalne parameeter – FEV_1 (esimese sekundi jooksul väljahingatav maht e. nn. "esimese sekundi ekspiratoorne maht")

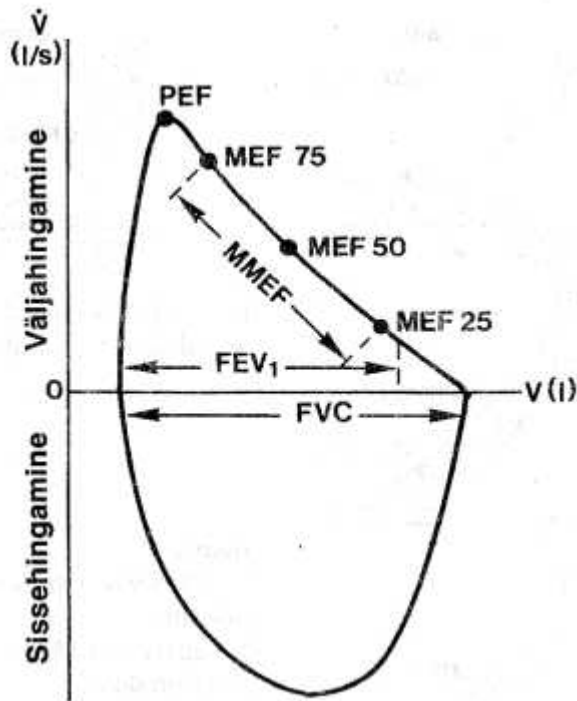


- Kopsude ventilatsiooni eesmärk on alveoolide (kus toimub gaasivahetus) ventilatsioon e. alveolaarventilatsioon
- Paratamatult toimub nn. "surnud ruumi" ventilatsioon
- "Surnud ruum" – gaasivahetusest mitteosavõttev ruum
- Koosneb ülemistest hingamisteedest ja alumistest juhtehingamisteedest kuni respiratoorsete bronhioolideni
- Maht ca 0,14 liitrit

Ventilatsioon sõltub:

- Hingamislihaste jõust
- Kopsude venitatavusest
- Hingamisteede läbitavusest
- Juhtehingamisteede obstruktsiooni korral halveneb alveolaarventilatsioon

Normaalne forsseeritud spirogramm voolu-mahu teljestikus



- FVC - forsseeritud vitaalkapatsiteet
- FEV₁ - esimese sekundi jooksul väljahingatav maht e. nn. "esimese sekundi ekspiraatorne maht"
- Suhe FEV₁/FVC (Tiffeneau indeks, normaalselt >70%) – näitab hingamisteede läbitavust (<70% viitab obstruktsioonile)
- PEF ("Peak Expiratory Flow") – ekspiraatorne tippvool
- MEF ehk FEF 75, 50, 25 - (Maximal Expiratory Flow e. Forced Expiratory Flow) – hingamisteedest väljuva õhu kiirus tasemetel 75%, 50% või 25% FVC-st
- MMEF – (Maximal Mid-Expiratory Flow) keskmine õhuvoolu kiirus vahemikus, mil välja hingatud on 25%-75% FVC-st

Gaasivahetus kopsudes

- Toimub difusiooni teel läbi alveooli seina alveooli sees olevast õhust (nn. alveolaarõhust) kapillaarveresoontesse läbi nn. difusioonimembraani (Vt.)
- Difusiooni aluseks on gaasi liikumine kõrgema kontsentratsiooniga/(osa)rõhuga ruumist madalama kontsentratsiooniga/(osa)rõhuga ruumi
- Suurest vereringest naasev ja kopsuarteri kaudu kopsu tulev hapnikuvaene veri rikastub kopsukapillaarides hapnikuga, süsihappegaas difundeerub samas verest välja
- Gaasivahetuseks kulub vajalik aeg on 0,25 s., rahuolekus viibivad punalibled kopsukapillaaris 0,75 s., füüsilisel koormusel 0,4 s.
- Hapnikuga rikastunud (oksügeniseerunud) veri jõuab kopsuveenide kaudu südame vasakusse poolde ja pumbatakse arteriaalse verena suurde ringesse

Arteriaalne ja venoosne veri

Arteriaalne veri:

- pH 7,35...7,45;
- Hapniku osarõhk PaO₂ 80-100 mmHg
- Süsihappegaasi osarõhk PaCO₂ 40 (35-45) mmHg

Venoosne veri:

- Hapniku osarõhk PaO₂ 40 mmHg
- Süsihappegaasi osarõhk PvCO₂ 46 mmHg

Hapnik seondub veres põhiliselt hemoglobiiniga. Mitu protsenti hemoglobiinist on seotud hapnikuga, seda näitab hemoglobiini küllastatus %-des e. saturatsioon. Saturatsioon ja O₂ osarõhk on füüsiliselt omavahel seotud

- Tähistus: SaO_2 - arteriaalses veres, SvO_2 - venoosses veres
- Kapillaarveres pulssoksümeetriga mõõtes SpO_2
- SpO_2 normaalselt $\geq 95\%$
 - $SpO_2 < 90\%$ on ohtlik!

Termineid hingamise füsioloogiast

- Eupnoe – normaalne hingamine
- Düspnoe – hingeldus, hingamisraskus
- Tahhüpnöe – tõusnud hingamissagedus
- Bradüpnöe – langenud hingamissagedus
- Apnoe – hingamatus, hingamisseiskus > 10 sekundi jooksul
- Hüpopnoe - õhuvoolu vähenemine läbi nina ja/või suu enam kui 50% võrra eeldatavast normaalsest õhuvoolu mahust > 10 sekundi jooksul
- Ortopnoe – düspnoe, mis tekib pikaliasendisse heitmisel (raske emfüseemi korral - kopsude ülaosade reperfusioon → ventilatsiooni-perfusiooni tasakaalu muutused; südame paispuudulikkuse korral paisu süvenemisest)
- Platüpnöe - düspnoe, mis tekib pikaliasendist istukile või püsti tõusmisel (harv, kopsude alaosa fibroosi või arteriovenoossete malformatsioonide korral - kopsude alaosa reperfusioon → ventilatsiooni-perfusiooni tasakaalu muutused)
- Hüperventilatsioon – tõusnud alveolaarventilatsioon, mille tulemusena on langenud arteriaalses veres CO_2 osarõhk ($PaCO_2$) normväärtustest madalamale
- Hüpoventilatsioon – langenud arteriaalse vere CO_2 osarõhk ($PaCO_2$) on tõusnud üle normi ülemise piiri
- Selgitus: kuivõrd CO_2 difundeerub läbi alveokapillaarse barjääri väga hästi (ca 20 korda hapnikust kiiremini), sõltub $PaCO_2$ praktiliselt täielikult ainult kopsualveoolide ventilatsioonist