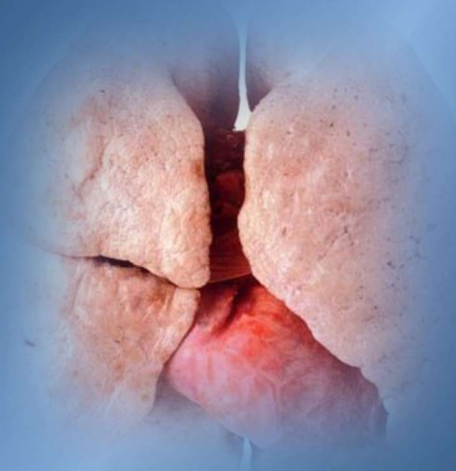
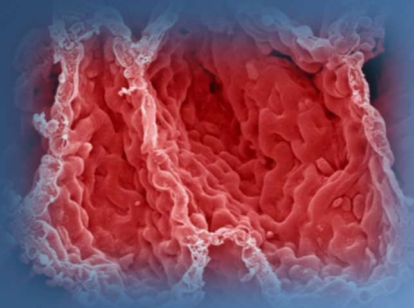


4.5. A LÉGZÉS

Részlettel: Vizkovicz András



Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

4.5. A Légzés

4.5.1. Légcsere

Kulcsfogalmak

- Orrüreg, garat, gége, légcső, főhörgők, hörgők, hörgőcskék, léghólyagocskák, légzőizmok, mellhártya, vitálkapacitás,
- ideális gáz állapotegyenlete, térfogat, nyomás, légköri nyomás, Donders-modell.

Gondolkodási művelet

- Ismertesse a légzőrendszer szerveit és azok funkcióit.
- Ismertessen légzési segédizmokat, hozza kapcsolatba ezek működését a nehézlégzéssel.
- Magyarázza a mellkasi és a hasi légzés különbségét.
- Magyarázza a mellhártya, a rekeszizom, a bordaközi izmok szerepét a belégzés és kilégzés folyamatában.
- Magyarázza a légzési teljesítmény és a szervezet energiafelhasználása közötti összefüggést.
- Ismertesse a vitálkapacitás és a légzési perctérfogat fogalmát.
- Magyarázza aktív sportoló és nem sportoló fiúk és lányok vitálkapacitását bemutató táblázat eltérő értékeit.
- *Határozza meg a légzésszámot nyugalomban és munkavégzés után, magyarázza az eltérést.*
- *Elemezzen a légzési térfogatváltozásokat és a légző-mozgásokkal kapcsolatos nyomásváltozásokat bemutató grafikont, ismerje a változók mértékegységeit.*
- *Értelmezze a Donders-modellt bemutató ábra alapján a légzőműködések.*
- *Értelmezze a tüdő makroszkópos anatómiai és mikroszkópos szövettani ábráit.*

4.5.2. Gázcsere

Kulcsfogalmak

- Légcsere, gázcsere, sejtlégzés,
- parciális nyomás, szaturáció.

Gondolkodási művelet

- Elemesse a légcsere, a gázcsere és a sejtlégzés összefüggéseit.
- Értelmezze, hogy a tüdőben és a szövetekben folyó gázcsere diffúzió alapul.
- Ábra segítségével magyarázza a vörösvértest és a hemoglobin szerepét a légzési gázok szállításában.

4.5.3. Hangképzés

Kulcsfogalmak

- Gége, gégefedő, pajzsporc, kannaporcok, hangszalagok, hangrés,
- gyűrűporc, hangerősség, hangmagasság, hangfrekvencia, hangszín, hangintenzitás, alaphang, felharmonikusok.

Gondolkodási művelet

- Ismerje fel ábrán a gége alábbi részeit: gégefedő, pajzsporc, kannaporcok, hangszalagok.
- Ismertesse, mely porcok között feszülnek ki a hangszalagok.
- Ismertesse a hangszalagok szerepét a hangképzésben.
- Ismertesse a gége működését, magyarázza meg, hogy mitől függ a keletkezett hang erőssége, magassága, és mi befolyásolja a hangszínt.

4.5.4. Szabályozás

Kulcsfogalmak

- Belégzési inger,
- gerincvelő, nyúltvelő, híd, agykéreg, mechanoreceptor, kemoreceptor.

Gondolkodási művelet

- Magyarázza a vér szén-dioxid koncentrációjának szerepét a légzés szabályozásában.
- Magyarázza a vér szén-dioxid koncentrációjának és pH-jának összefüggő szerepét a légzés és a pulzusszám szabályozásában.
- Ismertesse a kemoreceptorok és a mechanoreceptorok szerepét a légzés, a vérnyomás és a pulzusszám szabályozásban
- *Elemezzen kísérletet az egyes szabályozóelemek feladatának bemutatására.*

4.5.5. A légzés és a légzőrendszer egészségtana

Kulcsfogalmak

- Orr szerepe, asztma, rekedtség, torok(garat)gyulladás, tüdőgyulladás, tüdődaganat, légúti elzáródás, gázmérgezés,
- légmell, keszonbetegség.

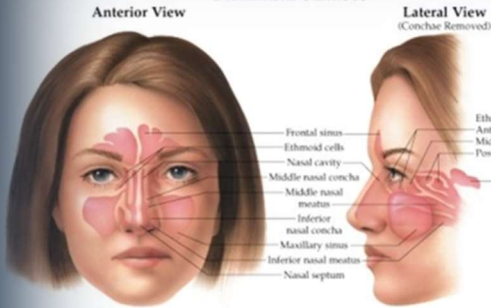
Gondolkodási művelet

- Ismertesse az orron át történő belégzés előnyeit a szájon át történő belégzéssel szemben.
- Nevezzen meg a légzőrendszert károsító tényezőket (kórokozók, légszennyező anyagok) és ismertesse a légzőrendszer gyakori betegségeit (fertőzések eredetű és daganatos megbetegedések, asztma).
- Magyarázza, miért jár gyakran együtt a torokgyulladás középfülgyulladással.
- Érveljen a dohányzás ellen: ismertesse a dohányzás során szervezetbe jutó anyagok káros hatásait.
- Ismertesse az elsősegélynyújtási teendőket légúti elzáródás és gázmérgezés esetén.
- *Kapcsolja össze fizikai ismereteivel a légmell és a keszonbetegség kialakulását.*
- *Hozza összefüggésbe a tüdő-léghólyagocskákat borító folyadékréteg felületi feszültségének változását a dohányzással.*



THE RESPIRATORY SYSTEM

Paranasal Sinuses

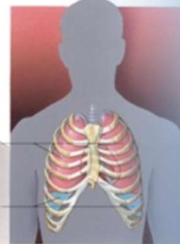


Conducting System

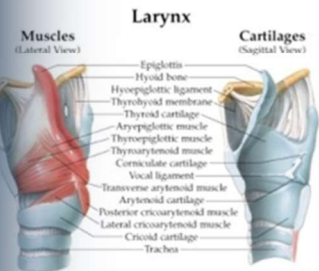
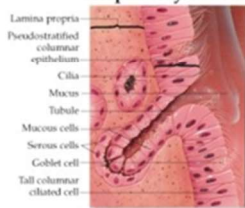
The conducting system comprises all of the pathways through which air travels to reach the lungs. These pathways include the nasal cavity, pharynx, larynx, trachea and bronchi. Within the conducting system, air is warmed, filtered, moistened, and delivered to and from the gas exchange area of the lungs.

Lungs and Pleurae

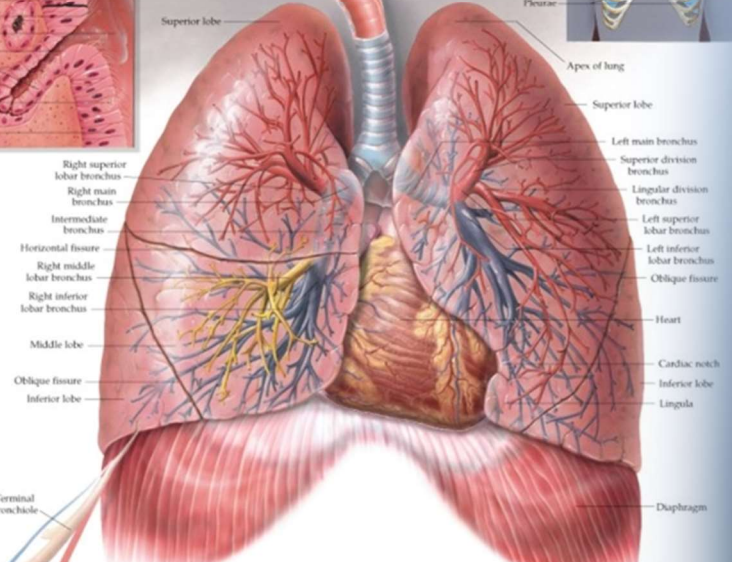
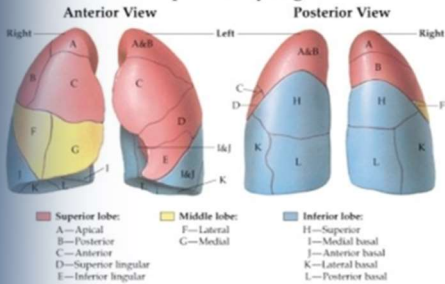
The pleurae are the membranes that envelop the lungs and line the thoracic cavity. They facilitate the movement of the lungs in the chest.



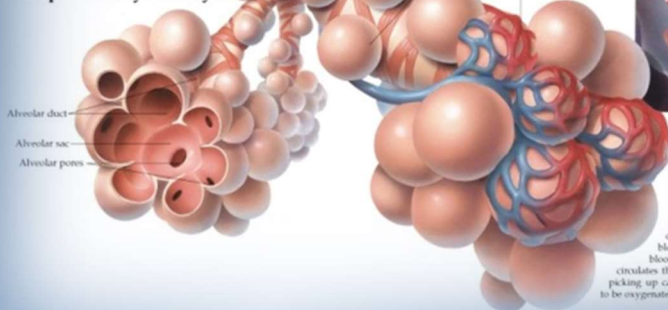
Respiratory Mucosa



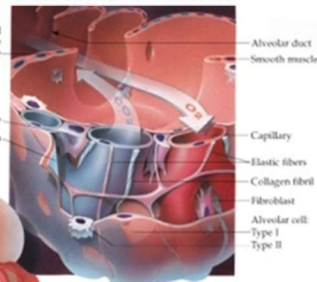
Bronchopulmonary Segments



Structure of Intrapulmonary Airways



Cross Section of Alveolus

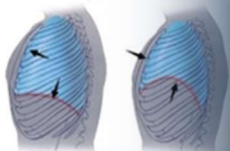


Gas Exchange

The respiratory unit consists of the respiratory bronchiole, alveolar duct, alveolar sac, and alveoli. Gas exchange occurs very rapidly in the millions of tiny, thin-membraned alveoli within the respiratory units. Inside these air sacs, oxygen from air inhaled diffuses into the blood as carbon dioxide diffuses from the blood into the air and is exhaled. Blood then circulates throughout the body, delivering oxygen and picking up carbon dioxide, until returning to the lungs to be oxygenated again.

Ventilation

Breathing, or ventilation, is the movement of air into and out of the respiratory system. During inspiration, the diaphragm and external intercostal muscles contract, causing the rib cage to expand and the volume of the thoracic cavity to increase. Air then rushes in to equalize the pressure. During expiration, the lungs passively recoil as the diaphragm and intercostal muscles relax, pushing air out of the lungs.



4.5. A légzés

Készítette: Vizkievicz András

4.5.1. Légcsere, 4.5.2. Gázcsere

A fejezet a követelményrendszer 4.5. pontja alapján készült.



Bevezetés, alapfogalmak

A légzőszervrendszer azon túl, hogy

- **lebonyolítja a külső gázcserét, azaz**
 - **biztosítja** a biológiai oxidációhoz szükséges **oxigén felvételét,**
 - ill. a lebontó anyagcserében keletkezett **szén-dioxid leadását,**

számos feladatot lát el, mint pl.

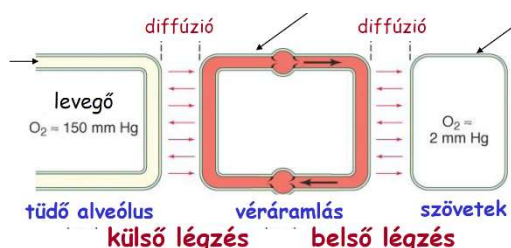
- lehetővé teszi a **hangképzést,**
- intenzív légcsere során részt vesz a **hőleadásban,**
- a **légzőmozgások** – belégzés – **segítik a vér szív felé történő áramlását** az ún. negatív mellúri nyomás – a légköri nyomásnál kisebb – kialakítása révén.

A lebontó anyagcserében keletkező szén-dioxid felhalmozódása veszélyeztetné a szervezetünk homeosztázisát, tekintve, hogy vízben oldódva szénsavvá alakul, ami a testfolyadékok kémhatását savas irányba tolja el. Ebben az értelemben a légzőszervrendszer **kiválasztó működést** is végez.

A terminális oxidációhoz szükséges **oxigént,** ill. az elsősorban a citrát ciklusban keletkező felesleges **szén-dioxidot légzési gázoknak** nevezzük.

A légzést fizikai és kémiai folyamatként is értelmezzük. **Fizikai értelemben** beszélhetünk

- **gázcseréről, ill.**
- **légcseréről.**



A **diffúzió** alapuló **gázcsere** lehet

- **külső,** ha a gázok kicserélődése a testfolyadék – pl. vér – és a levegő között zajlik a légzőszerv – tüdő – felületén.
- **Belső gázcseréről** akkor beszélünk, ha a légzési gázok a testfolyadék (vér) és a szövetek között cserélődnek ki a kapillárisok határfelületén.

A **légcsere** a tüdő és a külső légtér között zajló, **nyomáskülönbségen alapuló levegőáramlás.**

Kémiai értelemben légzésnek a **biológiai oxidáció** folyamatát értjük, ekkor a folyamatot **sejtlégzésnek** is nevezzük.

Az ember az életveszély kockázata nélkül éhezhet 1-2 hétig (egy-egy óriáskígyók, akár 2 évig), szomjazhat 1-2 napig, ezzel szemben 10 mp-en belül elveszti az eszméletét, 4-5 perc után már helyrehozhatatlan károsodásokat szenved, ha a kp.-i idegrendszer oxigén ellátása megszűnik.

Pihenő felnőtt ember oxigén szükséglete percnként 250 ml, amely fokozott izommunka esetén elérheti a 20-szorosát is. A termelődő szén-dioxid folyamatos eltávolítása legalább ennyire fontos, hiszen felhalmozódása esetén a vérben szénsavként a kémhatást savas irányba tolja el, ami szintén eszméletvesztéshez vezet.

A légzési hányados

A sejtlégzést az időegység alatt keletkező CO₂ gáz és az elfogyasztott O₂ gáz térfogatának (anyagmennyiségének) hányadosával az ún. légzési hányadossal (respirációs kvóciens) jellemezzük:

$$RQ = \frac{\text{CO}_2 \text{ térfogat (anyagmennyiség)}}{\text{O}_2 \text{ térfogat (anyagmennyiség)}}$$

A különféle anyagok légzési hányadosa eltérő.

Szénhidrátok légzési hányadosa 1.



Ettől azonban lehet eltérés, tisztán **alkoholos erjedésnél RQ értelmezhetetlen.**

A zsírok légzési hányadosa 0.7 körül van.

Azaz a zsírok oxidációjakor több oxigén használódik fel, mint amennyi szén-dioxid keletkezik.

A jelenséget a zsírsavak ún. oxidációs spiráljával magyarázzuk. A folyamat során víz lép be a reakcióba, így **több lesz a H-atom**, melyek vízzé oxidálásához több oxigén szükséges.

A **légzési hányados mérhető**, értékéből következtetni lehet a sejtekben zajló anyagcsere-folyamatok minőségére. Palmitinsav esetén.



Példa

Mekkora a csírázó magvak légzési hányadosa abban az esetben, ha a **szőlőcukor 20%-át biológiai oxidációval, 80%-át pedig etanolos erjedéssel** hasznosítják?

Tehát 1 mol szőlőcukor esetén 0,2 mol biológiai oxidációval, 0,8 mol pedig etanolos erjedéssel alakul át.

A biológiai oxidáció esetén a reakció egyenletnek megfelelően

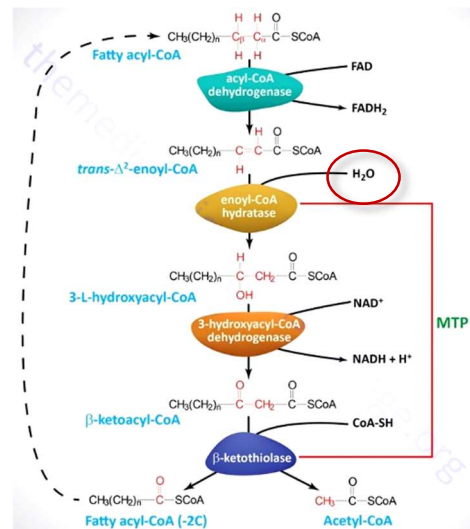
- 1,2 mol CO₂ keletkezik és
- 1,2 mol O₂ használódik el.

Erjedés esetén

- 1,6 mol CO₂ keletkezik
- 0 mol O₂ használódik fel.

Összesen tehát:

$$RQ = \frac{2,8 \text{ mol CO}_2}{1,2 \text{ mol O}_2} = \underline{\underline{2,33}}$$



A légzőrendszer felépítése

A légzőszervrendszerhez tartoznak

- a **légutak**,
- a **tüdő**,
- a **mellhártyák**,
- a **kisvérkőri erek**,

továbbá tágabb értelemben

- a **mellkas**, a **légzőizmokkal** együtt, ill.
- a légzésszabályozásban résztvevő **idegrendszeri képletek, receptorok**.

A levegő a tüdő légzőfelszínéig a **légutakon** keresztül jut el. A **felső légutakhoz** tartozik

- az **orrüreg**, a **szájüreg**,
- a **garat**, ami a légzőrendszer és a tápcsatorna közös szakasza,

az **alsó légutakat**

- a **gége**,
- **légcső**,
- **főhörgők**, egyre kisebb **hörgők**, **hörgőcskék** alkotják,
- melyek a **légchólyagokba** torkollva végződnek.

Az alsó légutak a főhörgőktől kezdve a tüdőben futnak.

Nyugodt légzés esetén a levegő az orron, ill. az orrüregen keresztül jut a légutakba. Megkülönböztetjük az **orr külső részét** és **belső üregrendszerét**.

Az **orr külső részét**

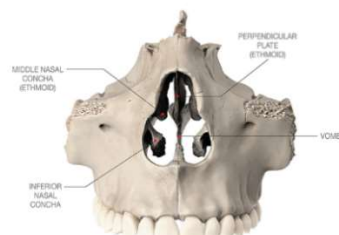
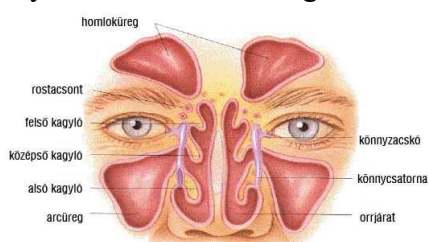
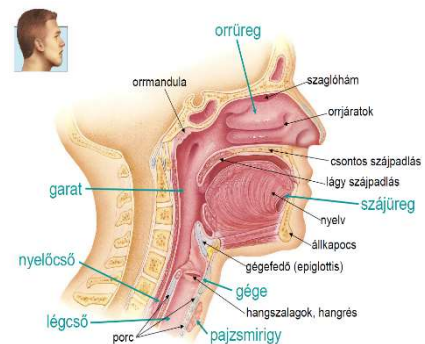
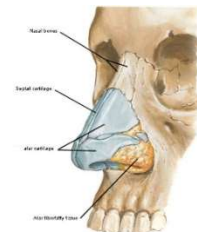
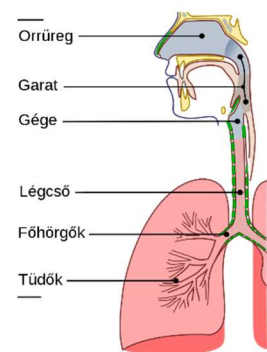
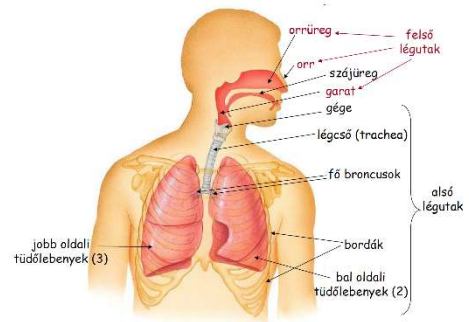
- csontos – orrcsont –,
- porcos,
- részben tömör kötőszövet alkotja,
- **kívülről bőr, belső részét nyálkahártya borítja, sok faggyúmirigyvel és szőrtüszővel.**

Az **orrüreg** igen bonyolult járatrendszer, részben a külső orrban, részben a koponya üregrendszerében található. Az orr üregrendszere

- két **nagyobb üregből** és
- az azokból nyíló **melléküregekből** áll.

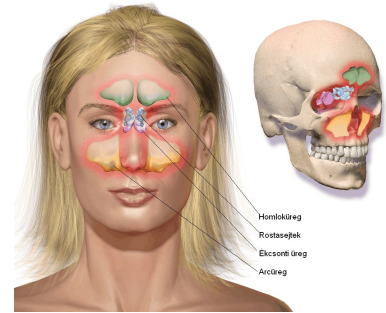
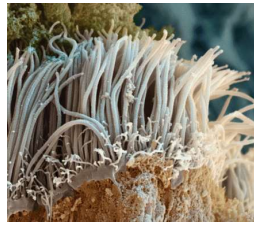
A **nagyobb üregek** – melyeket középen a csontos, ill. porcos **orrsvévény** választ el – az **külső orrnyílásokkal** kezdődnek és a **belső orrnyílásokkal** nyílnak a **garatba**. Az orrüreg hátsó részének külső, oldalsó falain helyezkedik el a 3 pár csontos **orrkagyló** – alsó, középső, felső – amelyek növelik az orrüreg belső felületét és **kialakítják a megfelelő légáramlatokat**.

A légzőrendszer felépítése

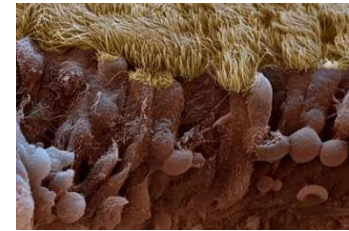


A **melléküreg** az orrüreg kiöblösödéseként fejlődnek ki. Ilyen

- az **arcüreg**,
- a **homloküreg**,
- a **rostacsontok** üregei,
- az **éksonti** üreg.

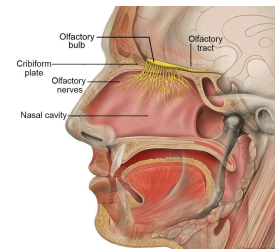


Az orr üregrendszerét – a melléküregeket is – **nyálkahártya** béleli, felületét **csillós hengerhám** fedi, amelyben igen sok **nyálkatermelő mirigysejt** van. A csillók csapkodási iránya olyan, hogy a nyálkába beletapadt port a garat felé hajtja, ahonnan a szennyeződések a nyeléssel a gyomorba kerülnek. A hám alatti **kötőszövet igen gazdag mirigyekben, erekben**. Az orrüreg felső részén található az idegi eredetű, **kemoreceptorokban** gazdag **szaglóhám**.



Nyugodt légzés esetén a levegő az orrüregen keresztül jut az alsó légutakba, így **feladata**

- a nyálkahártya bő vérellátása révén az áthaladó **levegő felmelegítése**,
- nagyszámú mirigye miatt a **párásítása**,
- a szőrzete, ill. a csillózata pedig a **pormentesítést** biztosítja.
- Rezonátorüregként részt vesz a **hangképzésben**,
- ellátja a **szaglóműködést**.



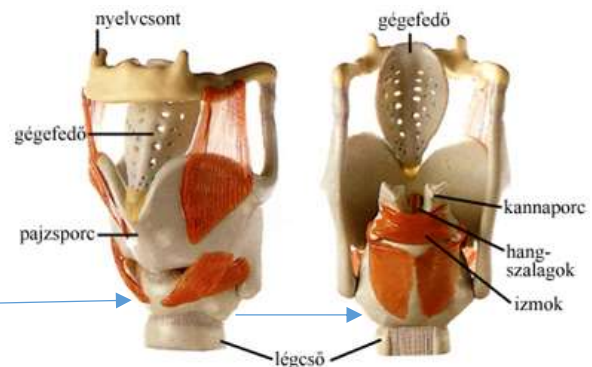
4.5.3. Hangképzés

Az alsó légutak a gégével nyílnak a garatból. A **gége**

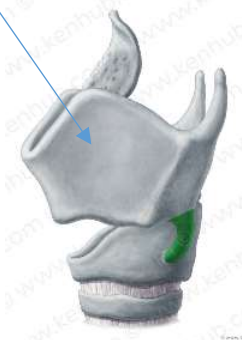
- **porcokból**,
- **kötőszövetes lemezekből**,
- **izmokból** álló,
- **nyálkahártyával bélelt üreges szerv**.

A **gége porcai**

- a **pajzsporc**,
- a **gyűrűporc**,
- a **kannaporcok** és
- a **gégefedőporc**.



A porcok közül a legnagyobb a **pajzsporc**, mely **előlről határolja a gégét**, két egymással elől összetalálkozó **lemezből áll**. A két lemez által bezárt szög az életkorral változik, ill. másodlagos nemi jelleg, férfiaknál a pajzsporc lemezei hegyesszöget zárnak be, nőknél és gyerekeknél a bezárt szög tompább. **Minél kisebb a lemezek által bezárt szög, annál hosszabbak a hangszalagok és ennek megfelelően annál mélyebb a hang fekvése**. A mély hangú férfiak pajzsporcának csúcsi része erősen előre ugró, ez az **ádamcsutka**.



A pecsétgyűrűhöz hasonló **gyűrűporc** a pajzsporc alatt található. A hátrafelé néző “pecsét” **felső széléhez ízesülnek a páros, háromoldalú, piramis alakú kannaporcok.**

A **kannaporcok** alapjánál erednek a hangszalagok.

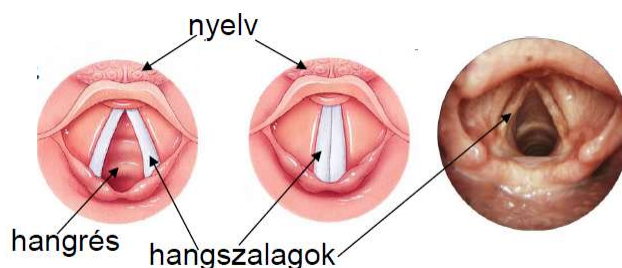
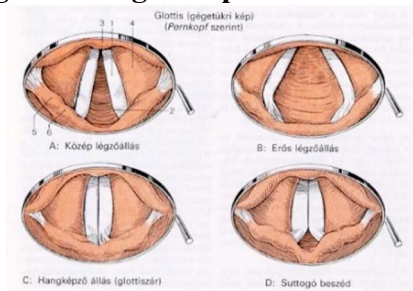
A **gégefedő** porca felülről határolja a gége nyílását, levélszerű, rugalmas porcból álló lemez. Helyzeténél fogva **megakadályozza, hogy nyeléskor a falat a légsőbe jusson.**

A gége porcait erős kötőszövetes lemezek tartják egybe.

A gége porcai közül a **kannaporcok mozgékony ízületekkel kapcsolódnak a gyűrűporchoz**, aminek köszönhetően a porcok között kifeszülő nyálkahártyalemezek és ezek széli részei, a **hangszalagok a gége ürterének alakját változtatni képesek.** A porcokat több **harántcsikolt izomköteg** mozgatja.



A **hangszalagok** - melyek hámszövetből, kötőszövetből és vázizomszövetből épülnek fel – a **kannaporcok és a pajzsporc között feszülnek ki, a köztük levő háromszögletű nyílás a hangrész**, amely normális légzés alatt nyitott, háromszög alakú. A két hangszalag összehúzódásával a gége egyrészt légmentesen lezárható, másrészt a **kiáramló levegő általi rezgésük hangok képzésére teszi őket alkalmassá.**



Hangképzéskor a hangszalagok közelednek egymáshoz, a hangrész szűkül, a **kiáramló levegő megrezegteti a hangszalagokat**, aminek következtében a felettük levő légoszlopban rezgéshullámok – hanghullámok – keletkeznek.

A **hang magassága** a hangszalagok vastagságától, hosszától, feszességétől és a hangrész alakjától függ. A **szűkebb hangrész és a kifeszült, ill. rövidebb hangszalagok magas hangot eredményeznek.** A hangmagasság érzetét a rezgésszám/frekvencia határozza meg.

A **hangerő** a **kiáramló levegő mennyiségétől és sebességétől függ.** Lásd még 4.8.1.10. fejezet.

Az egyes magán- és mássalhangzók képzésében a gégén kívül a garat, a nyelv, az ajkak, a fogak, a száj-, és az orrüreg is részt vesznek.

Az egyes emberek **hangszíne** eltérő, aminek az az oka, hogy a személyekre jellemző hangképzéskor a **gégében keletkezett alaphangok** az egyénenként különböző felületekről – fogakról, nyelvről, szájpadlásról –, és a rezonátorüregekből **visszaverődve különböző erősségű felhangokkal** dúszulnak.

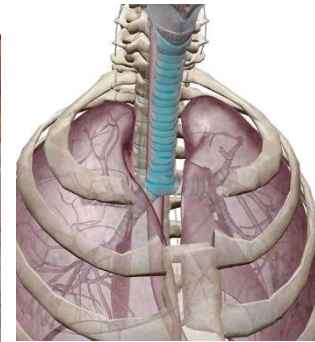
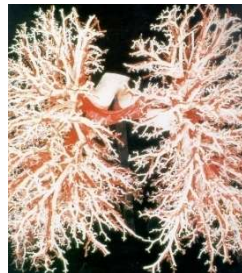
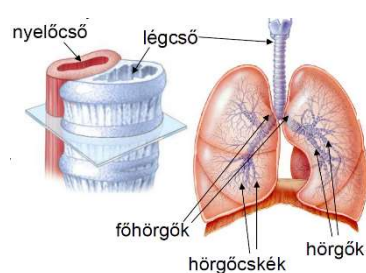
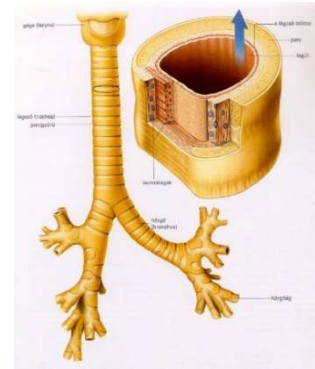
A **felhangok** (más szóval részhangok) egy zenei hanggal egy időben megszólaló, de külön nem hallható hangok sora. A hangzó test anyaga, alakja és mérete mellett a részhangok mennyisége és ereje határozza meg a hangszínt: azonos magasságú hangok ezért szólnak másképpen a különböző hangszereken és énekhangokon.

$$\begin{array}{l} \text{Ha az alaphang} \left[\text{---} \right] \text{ frekvenciája } [x], \\ \text{akkor a felhangok} \left[\begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \dots \end{array} \right] \text{ frekvenciája } \left[\begin{array}{l} 2x \\ 3x \\ 4x \\ \dots \end{array} \right] \end{array}$$

A **légső** C alakú porcokból (20) felépülő, nyálkahártyával bélelt cső. Mögötte, hozzá szorosan kapcsolódva helyezkedik el a nyelőcső. A légső nyálkahártyáját **csillós hengerhám** borítja, a hámban **sok nyálkatermelő kehelysejttel**. A csillók csapkodása a garat felé áramoltatja a nyálkarétegbe tapadt port.

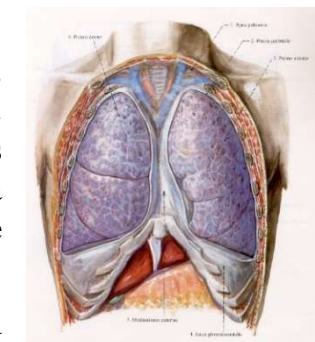
A légső két **főhörgőre** oszlik, melyeket **porcgyűrűk** merevítenek, de egyébként a **légsővel azonos felépítésűek**.

A két főhörgővel a **légutak a tüdőben folytatódnak**. A főhörgők egyre kisebb átmérőjű **hörgőkre** és **hörgőcskékre** ágaznak, amik végül a **léghólyagokban** végződnek. Az elágazódások bonyolult rendszere az ún. **tüdőfát** hozza létre.

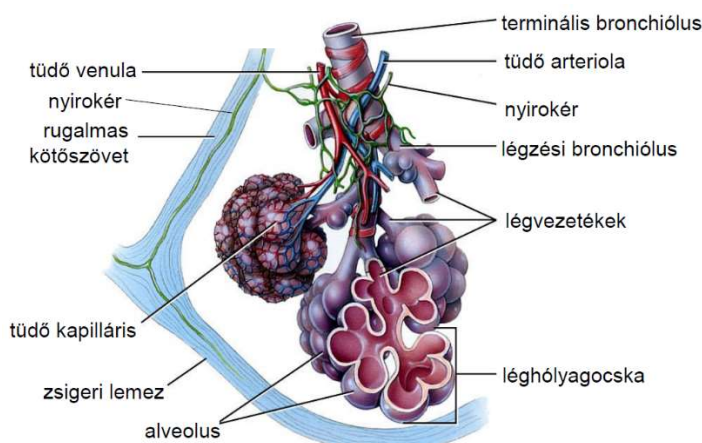


A főhörgőktől a hörgőcskéik felé haladva folyamatosan változik a légutak falának szerkezete. A fal felépítésében **egyre kevesebb a porcszövet** – a hörgőcskéik falából már teljesen hiányoznak a porcok –, **egyre több a kötőszövet** és a **simaizomszövet**, a **hámszövet is egyre laposodik**, a léghólyagok falában már laphám található.

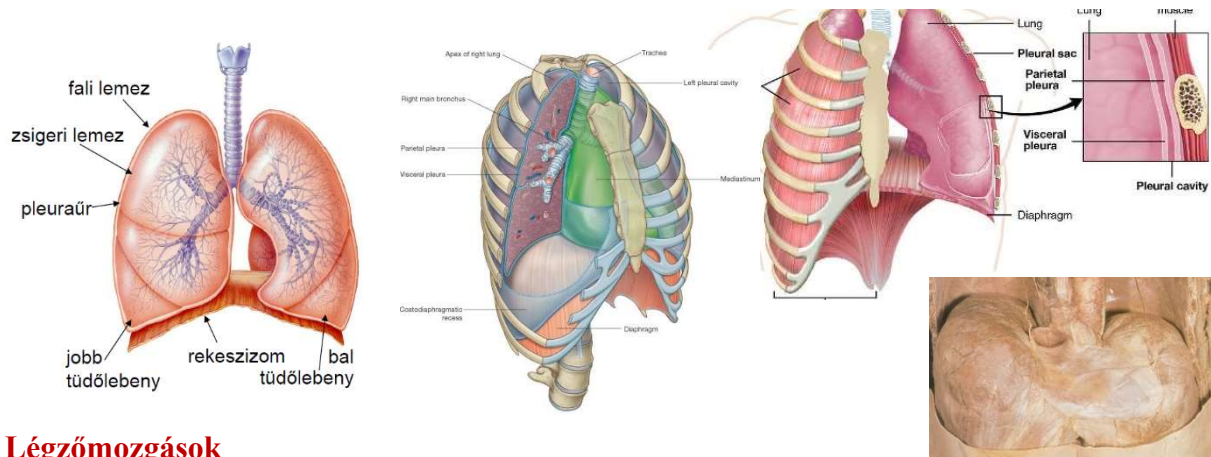
A **tüdő** a **mellüregben található páros szerv**, oldalról a mellkasfal, alulról a rekeszizom határolja, felső csúcsa a kulcscsontig nyúlik. Alakja kúphoz, állománya szivacshoz hasonlítható. A két tüdő egymás felé eső felszínein találhatóak a **tüdőkapuk**, ahol a tüdő erei és a főhörgők lépnek be, ill. ki. A tüdőt mély **hasadékok lebenyekre tagolják**, a jobb 3, a bal 2 lebenyből áll.



A tüdőben a legutolsó hörgőcske elágazások a **szőlőfürtszerű léghólyagokba** nyílnak, amelyeket **léghólyagocskák** bonyolult rendszere épít fel. A **léghólyagocskák felülete a légzőfelület**, emberben elérheti a 150 m²-t, **itt zajlik a külső gázcseré**. Ennek megfelelően faluk igen vékony, felszínüket **laphámsejtek** borítják.



A tüdő a mellkasban saját térfogatánál nagyobb teret tölt ki, a **mellhártyák** által a tüdő mintegy ki van feszítve a mellkas belső felszínére. A mellhártya a nagy **savós hártyák** – hashártya, szívburok, mellhártya – **egyike**. A két tüdőnek külön mellhártya rendszere van, melyek zsákszerűen veszik körül a tüdőfeleket. A mellhártyának két lemeze van, a külső lemez a mellkas belső felszínére, a belső lemez a tüdő külső felszínére tapad. A két lemez között **súrlódást csökkentő savós folyadék** található, **aminek a nyomása mindig kisebb, mint a tüdőben a levegő nyomása**, így a tüdő kifeszül a mellkas falára.



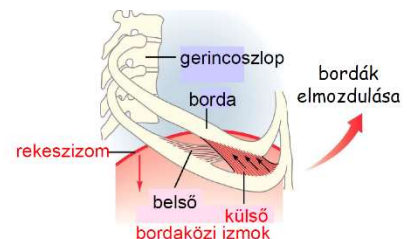
Légzőmozgások

A külső légtér és a tüdő légtere közötti **légcserét** a mellkas térfogatát változtató **légzőmozgások** teszik lehetővé. A **tüdőnek saját izomzata nincs** – leszámítva az egyes légutakat szűkítő simaizmot –, így **önálló mozgásra képtelen**, a mellhártyák közvetítésével **belülről rátapad a mellkasfalra, passzívan követi annak mozgását**, térfogatváltozásait. Ez a térfogatváltozás a vázizmok közé sorolható, **légzőizmoknak** nevezett

- **bordaközi izmok** és
- a **rekeszizom** működésének köszönhető.

Nyugodt belézéskor

- a **külső bordaközi izmok felemelik a mellkast, ill.**
- a kupolaszerű **rekeszizom összehúzódva ellaposodik.**



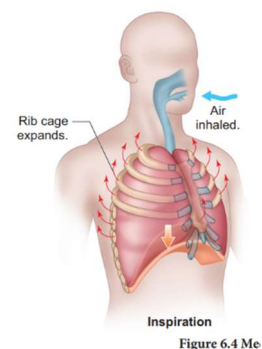
Az aktív izomösszehúzódásoknak köszönhetően

- a **mellüreg térfogata megnő,**
- a **tüdő kitágul,**
- **s benne a nyomás lecsökken,**
- **így a levegő kívülről a tüdőbe áramlik.**

Attól függően, hogy a belézésben mely izmok működése dominál, megkülönböztetünk **hasi légzést és mellkasi légzést.**

A **hasi légzésben a rekeszizom vesz főleg részt**, ez inkább a tüdő alsóbb részeit tölti meg levegővel, a férfiak, a gyerekek, ill. a sportolók körében gyakoribb.

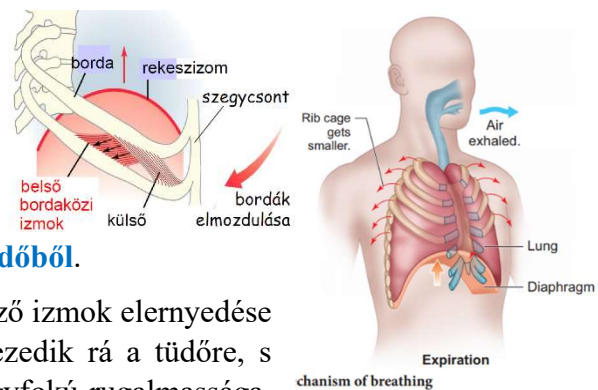
A **mellkasi légzésnél inkább a bordaközi izmok működése hangsúlyosabb**, így elsősorban a tüdő felső része telik meg levegővel, ez inkább a nőkre jellemző.



Erőltetett belézéskor a **vállizmok** is szerepet játszanak a **váll felemelése révén** a mellkas térfogat növekedésében.

Nyugodt kilégzés során

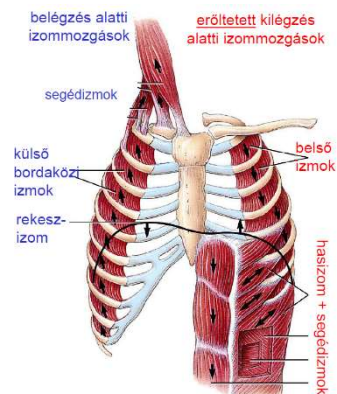
- a mellkas visszatér alaphelyzetébe,
- térfogata csökken,
- a tüdőben a levegő nyomása megnő,
- aminek következtében kiáramlik a tüdőből.



A **nyugodt kilégzés passzív folyamat**, a beléző izmok elernyedése miatt történik, a mellkas súlyánál fogva nehezedik rá a tüdőre, s összenyomja. Ezt segíti a tüdő szövetének nagyfokú rugalmassága, ami a tüdőt összehúzni igyekszik.

Erőltetett kilégzéskor már ún. **járolékos kilégzőizmok** is közreműködnek, mint pl.

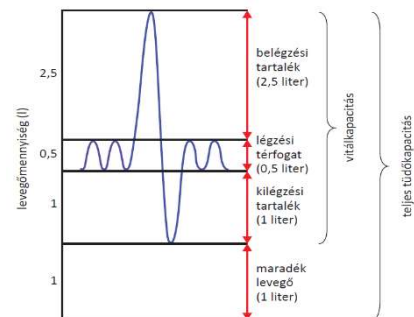
- a **belső bordaközi izmok**, amelyek összehúzzák a mellkast, ill.
- a **hasizmok**, amelyek a belekre gyakorolt nyomásuk révén erősebben bedomborítják a rekeszizmot a mellüregbe (hasprés).



A légzőműködések **szabályozásáért** felelős **idegi központok az agytörzsben** vannak. A légzőmozgások szabályozásában a **legfontosabb inger a vér széndioxid tartalma**, koncentrációjának növekedése a belézés kiváltásáért felelős neuroncsoport aktivitását fokozza.

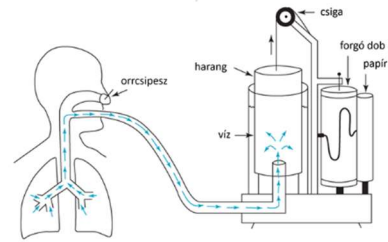
A légszere térfogati jellemzői

- **Nyugodt légzés** esetén az egyszeri légvétellel ventilált 0,5 l (dm³) levegőt **légszere térfogatnak** nevezzük.
- A légvételenként kicserélt levegő térfogatát megszorozva a percnkénti légvételek számával, megkapjuk a **légszere perctérfogatot**. **Nyugodt légzés** esetén a perctérfogat **8 l**, mivel percnként 16-szor veszünk levegőt, légvételenként 0,5 l levegőt kicserélve.
- **Fizikai, ill. pszichés terhelés hatására** a perctérfogat jelentősen fokozódhat, ami egyrészt a megnövekedett légszere számának, ill. a megnövekedett légszere térfogatának köszönhető.
- **Erőltetett belézéskor** további 2,5 l levegőt tudunk beszívni, amit **belézési tartaléknak** hívunk.
- **Erőltetett kilégzés** során 1,5 l levegőt tudunk még kipréselni a tüdőből, ezt **kilégzési tartaléknak** tekintjük.
- Ekkor még mindig marad levegő a tüdőben, amit semmilyen körülmények között nem tudunk kifújni, ez a **maradék levegő**, kb. 1 l.
- Az egy légvétellel maximálisan beszívott, majd erőteljesen kifújt levegő térfogatát **vitálkapacitásnak** nevezzük, kb. 4,5 l.

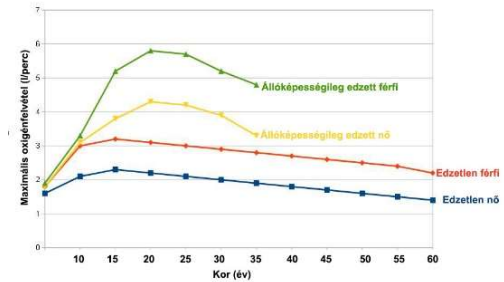


A légsere térfogati változásait **spirométerrel** lehet meghatározni.

Fizikai terhelés során – az intenzív izomműködés energiaszükségletének fedezéséhez – **fokozódik a biológiai oxidáció, mely eredményeképp nő a vér CO₂ koncentrációja**, ami a légzőműködések intenzitásának – a légzési perctérfogatnak – növekedését eredményezi.



Ugyanakkor minél intenzívebb fizikai terhelésnek van kitéve egy szervezet, annál **több oxigénre van szüksége** a működő izmok energiaellátása érdekében. Az **oxigénfelvevő képesség** azonban korlátozott és egyénileg változó. A test által maximálisan **felvehető és szállítható oxigén mennyiségét a V(O₂)_{max}** értékkel adhatjuk meg. A V(O₂)_{max} megadja pl., hogy a test 1 kilogrammja hány milliliter oxigént szállít és vesz fel percenként (ml/kg/min).

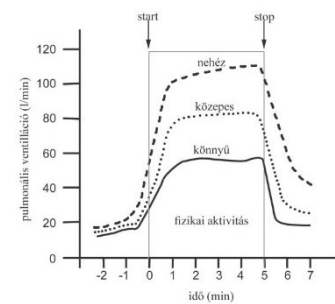


A **V(O₂)_{max} értéke kor, nem és edzettségfüggő**. Az életkor előrehaladtával a légzőrendszer rugalmasságának elvesztése, a mellkasfal merevségének növekedése, a légzőizmok erejének csökkenése, a légzőfelület és a tüdőt ellátó kapillárisok csökkenése korlátozza a V(O₂)_{max} értékét.

A megnövekedett oxigénigényt

- az **edzett szervezet** a légzésszám növekedése mellett a **légzések mélységének növelésével**,
- az **edzetlen szervezet** inkább a **légzésszám fokozásával biztosítja**.

Tehát pl. futás közben egy sportoló percenkénti légzésszáma kevesebb, mint egy nem sportolóé, miközben légzési perctérfogatuk közel azonos. A fizikai igénybevétel hosszú távon a tüdő levegőbefogadó képességének növekedésével jár, aminek egyenes következménye a tüdő vitálkapacitásának növekedése. Ennek értéke átlagos felnőtt szervezet esetében 4,5 dm³ körüli, sportolóknál és fúvós hangszerezen játszó zenészeknél elérheti akár a 6-7 dm³-t is.



Az ábra a légzési perctérfogat változását mutatja különböző intenzitású 5 perces fizikai aktivitás során.

A táblázatból megállapítható, hogy a **vitálkapacitás mértékét meghatározza a kor és a nem** (lányoknál kisebb), ugyanakkor fiatalabb korban az értékek kevésbé függenek a nemtől és az edzettségi állapottól.

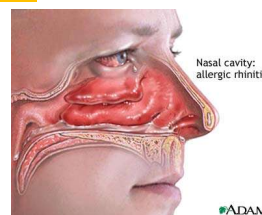
Jelen táblázat vízszintes sorai térfogati jellemzőket, függőleges, pedig a sportoló fiúk-lányok és nem sportoló fiúk lányok adatait tartalmazzák, hasonló testméreteket összehasonlítva

	NEM	130 cm	150 cm	170 cm
Vitálkapacitás	Fiú/sportoló fiú	1960/2000	2800/2950	4210/5000
	Lány/ sportoló lány	1780/ 1850	2600/2750	3560/4100

4.5.5. A légzés és a légzőrendszer egészségtana

A légzőszervrendszeri megbetegedéseket okozhatják

- örökletes tényezők,
- különféle fizikai-kémiai környezeti ártalmak, ill.
- kórokozó szervezetek.



Az egyik leggyakoribb, viszonylag enyhe lefolyású rendellenesség az **orrnyálkahártyagyulladás**, mely különböző eredetű gyulladások összefoglaló neve. Típusai

- az **allergiás eredetű**, ún. **szénanátha** és
- a heveny **fertőzések**, hurutos, **közönséges nátha**.

A **szénanátha** egyike a legelterjedtebb allergiáknak. A szénanáthát leggyakrabban

- **növényi pollenek** vagy különféle **penészek**, ill. **háziporok** – poratkák ürüléke – okozhatják.
- **Tünetei az orrfolyás, szemkönnyezés, tüszögés, viszketés.**

A **közönséges nátha** az orr nyálkahártyájának

- hurutos – intenzív váladéktermeléssel járó – gyulladása, a leggyakoribb megbetegedések egyike, legtöbbször egyszerű meghűlésből ered,
- **bakteriális, ill. vírusfertőzés okozza.**

A **garatgyulladás** vagy **torokgyulladás** rendszerint

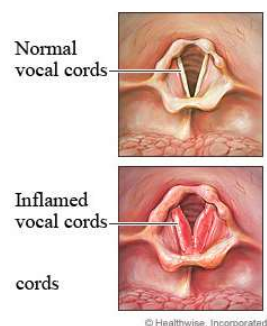
- **bakteriális vagy virális eredetű.**
- Jellemző, hogy a garatot bélelő **nyálkahártya gyulladt**, továbbá láz, és a nyaki nyirokcsomók duzzanata tapasztalható.
- Kezelése leginkább **antibiotikumokkal** történik.



A **középfülgyulladás** rendszerint a felső légutak gyulladásos folyamataival hozható kapcsolatba, tekintve, hogy a garat a fülkürtön keresztül kapcsolatban áll a középfüllel, s így az ide bejutó kórokozók idézik elő a gyulladást.

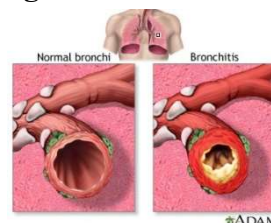
Rekedtség esetén

- az emberi beszédhang színezete megváltozik, a **beteg nem tudja teljesen kontrollálni a hangképzést és fokozni a hangerejét.**
- A rekedtség közvetlen oka a **hangszálak megvastagodása**, melynek a hátterében egyszerű gége- és hangszálgulladás áll. A rekedtség társulhat felső légúti fertőzéshez, de okozhatja túlzott mértékű **dohányzás** vagy a **hangszalagok túleröltetése** is.



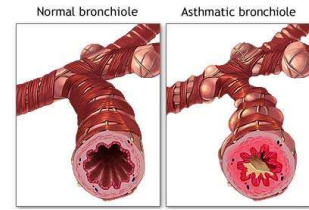
A **hörghurut**

- a **hörgők** fokozott váladék termelésével járó **gyulladásos megbetegedése.**
- Leggyakrabban valamilyen **vírus vagy baktérium okozza**, általában a nátha szövődménye. Ha nem gyógyul, a folyamat előrehaladtával tüdőgyulladás alakulhat ki.
- A leggyakoribb **tünetek a köhögés, rossz közérzet, hátfájás, váladékképződés, hőemelkedés.**



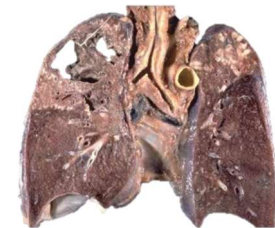
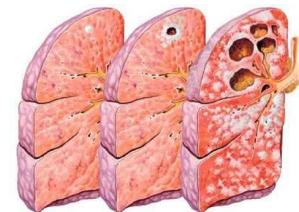
Az **asztma**

- az **alsó légutak krónikus gyulladással** betegsége,
- amit rohamokban jelentkező **nehézlégzés** kísér. Asztmás roham alatt a **hörgőfal simaizmai összehúzódnak**, a **hörgők keresztmetszete beszűkül**, **sűrű, tapadós váladék zárja el a levegő útját**, ami köhögést, sípoló kilégzést vagy mellkasi szorító érzést, légszomjat eredményez.
- A tüneteket leggyakrabban **allergia okozza**, de **kiválthatja** légúti **vírusfertőzés**, levegőszennyezés, **fizikai terhelés és pszichés tényezők** egyaránt.



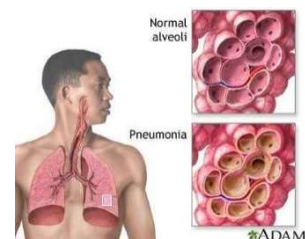
A **tuberkolózis** (tbc)

- okozója a **Koch-féle baktérium**. A kór **cseppfertőzés útján** terjed.
- A betegség **elsődlegesen a tüdőt támadja meg**, de ha a baktériumok a vérárammal szétszóródnak, **megettámadhatják a központi idegrendszert, a nyirokrendszert, a keringési rendszert**, az ivarszerveket, a **húgyutakat**, a **csontokat**, az **ízületeket** és még a **bőr felületét** is. A tbc-s beteg tüdejében **rögök, gümők** keletkeznek. A gümő latinul tuberculum, innen ered a betegség neve (gümőkór).
- **Tünetei: mellkasi, ill. hátfájás, vér felköhögése, nem szűnő köhögési rohamok, valamint láz**, testsúlycsökkenés és gyakori fáradtság.
- A tuberkulózis megelőzésére szolgáló **BCG-oltás** Magyarországon kötelező, **kezelése antibiotikummal** történik. A kórokozó fertőzőképességétől, ill. a szervezet immunrendszerének állapotától függ, hogy a szervezetbe jutott baktérium képes-e betegséget okozni. Általában a **legyengült immunrendszerű, rossz egészségügyi állapotban lévő, nem megfelelő higiéniai viszonyok között élő emberek** vannak jobban kitéve a fertőzés veszélyének.



A **tüdőgyulladás** elsősorban

- a **léghólyagokat és a környező szöveteket érinti**. A tüdőgyulladás nem egyféle betegség, hanem sok fajtája van, amelyeket különböző **mikroorganizmusok, vírusok, baktériumok, gombák és egyéb környezeti ártalmak okoznak**.
- A tüdőgyulladást elsődlegesen a belégzéssel bejutott, az ép tüdő felületén megtapadt **kórokozók** váltják ki. A másodlagos tüdőgyulladás az **influenza egyik leggyakoribb szövődménye**. Az influenza miatt a légúti hám sérülései teszik könnyebbé a gyulladást okozó baktériumok behatolását. Ritkábban maró gáz, füst vagy por, permet is okozhat tüdőgyulladást.



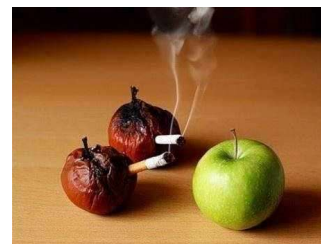
- **Leggyakoribb tünetei a köpettel járó köhögés, mellkasi fájdalom, láz és nehézlégzés.** Tüdőgyulladás gyanúja esetén a mellkast sztetoszkóppal hallgatják meg. A tüdőgyulladás rendszerint megváltoztatja a sztetoszkópban hallható légzési hangokat, a tüdőből szörtyögésre emlékeztető hang hallható. A tüdőgyulladás diagnózisát a **mellkasröntgen** erősíti meg.



A **dohányzás** hazánkban az alkoholfogyasztás után a második legveszélyesebb **legális droghasználat**, Magyarországon az áldozatok száma évente közel 28 ezer. A cigarettában 50 vegyületről ismert, hogy **rákkeltő** hatású. A dohányban lévő **nikotin** nagyobb mennyiségben **halálos mérge**, kis mennyiségben pedig **élénkítő hatású**,



- az agy bizonyos területein az idegsejtek nikotinikus acetilkolin receptoraihoz kötődik,
- **fokozza a szív működését, emeli a vérnyomást,**
- **oldja a szorongásokat, javítja a kedélyállapotot.**

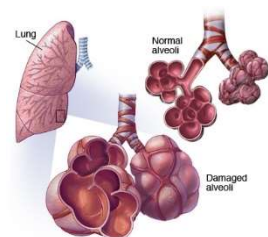


A nikotin azért nem okozhat mérgezést, mert lebomlása nagyon gyors, halálos dózisban nem képes felhalmozódni a szervezetben. A nikotin a központi idegrendszerben az ún. jutalmazó központokban **dopamin felszabadulását váltja ki**. A dopamin felelős a nikotin-függőség kialakulásáért.

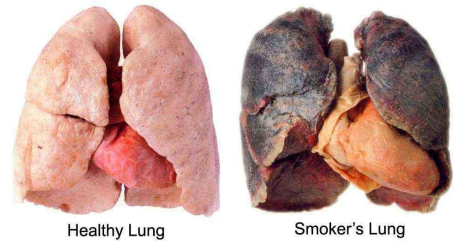


A dohányzás

- a tüdő-, a gége-, a szájüreg-, a nyelőcső- és a húgyhólyagrák egyik fő rizikófaktora.
- A **tüdőrákos** megbetegedések 80%-áért felelős.
- A dohányfüsttel bekerült **szén-monoxid**, mivel jóval erősebben kötődik a hemoglobinhoz, mint az oxigén, **megakadályozza a vörösvértestek oxigénszállítását**.
- A dohányfüst a légutak nyálkahártyáját fokozott nyálkatermelésre serkenti, ami pedig **köhögésre ingerel, krónikus hörghurutot** okoz, továbbá **gátolja a légutak csillóinak működését**, ezért a szennyeződések eltávolításának hatékonysága csökken.
- A léghólyagocskák közötti válaszfalak felszívódnak **tüdőtágulatot** eredményezve (COPD), aminek következtében jelentősen **csökken a légzőfelület**.
- Csökken a tüdőben a felületaktív váladék termelődése is, ami a léghólyagocskákat borító folyadékfilm felületi feszültségének növekedését és a **légzőfelszínek összetapadását** eredményezi.
- Megnö az **agyvérzés**, a **szívkoszorúér betegség**, az **infarktus**, az **érszűkület** kialakulásának kockázata.
- A várandósság alatti dohányzás növeli a magzati halálozást, a koraszülést, a **fejlődés visszamaradásának** a valószínűségét, a szoptatás alatt károsítja a csecsemő egészségét, mivel az anyatejbe bekerülnek a dohányfüst mérgeanyagai.
- A dohányfüstös környezet a nemdohányzók egészségét is veszélyezteti (passzív dohányzás).



A **tüdőrák** a hörgőkben vagy a tüdő szövetében kialakuló **rosszindulatú daganat**. Kialakulását eredményezhetik a dohányzáshoz köthető kátrányszármazékok, ill. okozhatja légszennyeződés, azbeszt, egyéb vegyi- és radioaktív anyagok.



A **légutakba került idegen test** – pl. étel, folyadék – **légtúti elzáródást** okozhat, ami az oxigén-utánpótlás megszűnése miatt életveszélyes állapothoz vezethet. A mentők kikerkezéséig minél hamarabb kezdjük meg az **elsősegélynyújtást**. **Próbáljuk eltávolítani az idegen testet**, köhögtessük a sérültet, ütögezzük a lapockák közötti területet, ill. gyakoroljunk hirtelen nyomást a bordák alatti hasi részre. Ha a sérült eszméletlen, fektessük stabil oldalfekvésbe.

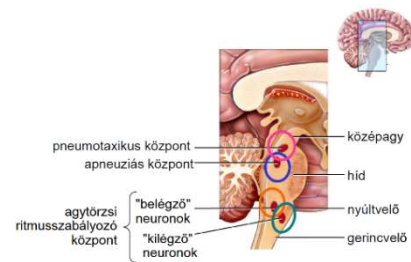
Gázmérgezésről

- akkor beszélünk, ha egészséget károsító vagy **életveszélyt okozó gázok** – pl. **szén-monoxid**, szén-dioxid, nitrogén-oxidok, klórgáz stb. – **kerülnek a szervezetbe**.
- Ezek egy része **tüdővizenyőt okoz**, ami által **nehezítik az oxigén vérbe történő bejutását**, mások a hemoglobinhoz erősen kötődve megakadályozzák az oxigénszállítást.
- A **segítségnyújtás első lépése a mérgezés okának a megszüntetése**, a sérült szabad levegőn történő elhelyezése.

4.5.4. A szabályozás

A légzés szabályozása

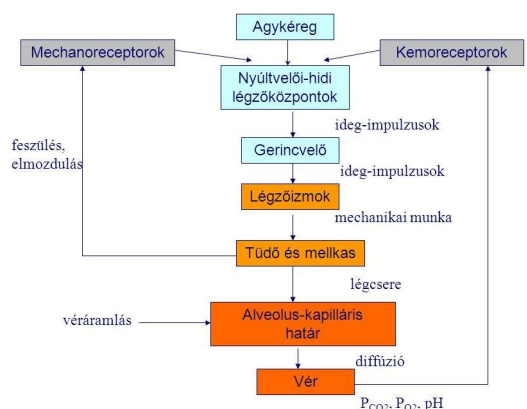
A **légzés szabályozása** lényegében a **légzőizmok – rekeszizom és bordaközi izmok – működésének szabályozását jelenti**. **Automatikus reflexes működés**, amely bizonyos határok között **akaratlagosan szabályozható**.



Az **agytörzs területén – nyúltvelő és a híd – találhatók a légzés szabályozásáért felelős idegi központok**. A nyúltvelőben megkülönböztetünk **belégző-** és ún. **kilégzőközpontot**.

- **Belégzőközpont**, a nyugodt légzés alapritmusát generálja automatikusan,
- a **kilégzőközpontnak csak erőltetett légzésben van szerepe**.

A központi neuronok a nyúltvelőből az idegrostjaikat leküldik a **gerincvelőbe** a légzőizmok mozgató idegsejtjeihez (mellső szarvai mozgató neuronokhoz), melyek, mint végrehajtó neuronok, közvetlen kapcsolatban vannak a légzőizmokkal.



A légzés szabályozásában

- **kémiai** – a **vér és az idegszövet sejtközötti állományának CO₂ és O₂ tartalma** – és
- a **tüdőből származó mechanikai ingerek** játszanak szerepet.

A kémiai ingereket

- részben a szívhez közeli **erek falában** található **kemoreceptorok**,
- részben maguk a **szabályozó központok** képesek felfogni.

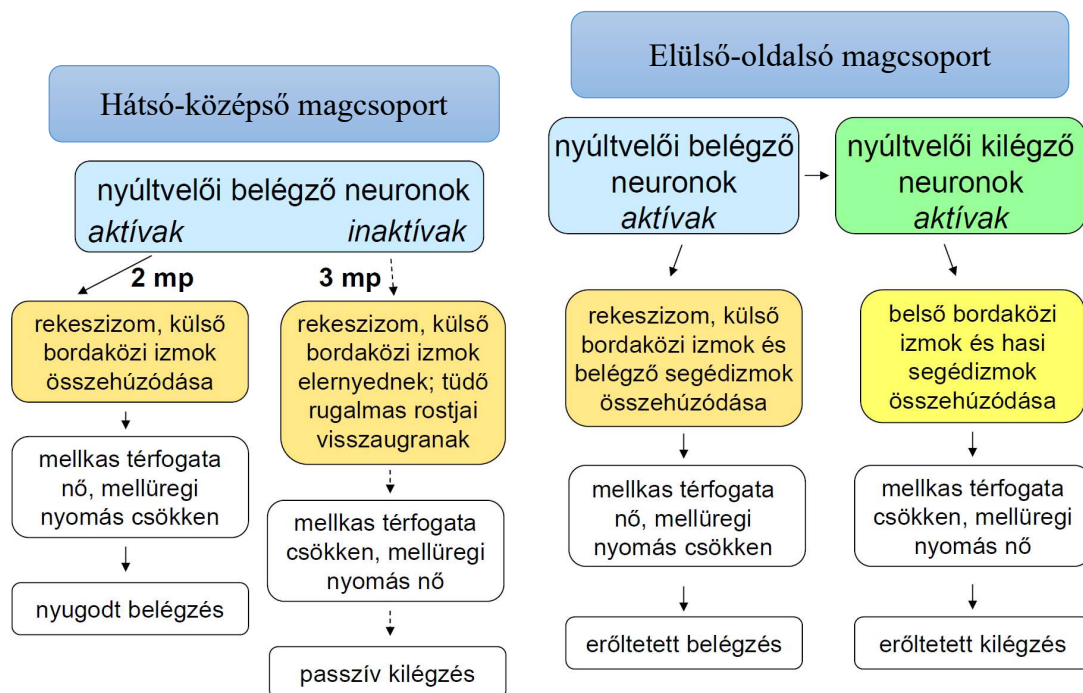
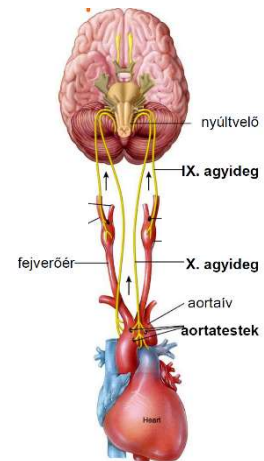
A **belégzésben a vér szén-dioxid koncentrációja** ill., ami ezzel arányos, az **idegszövet H^+ koncentrációja** a **legfontosabb inger**, mivel ezek a **belégzőközpont működését serkentik**.

A **nyugodt kilégzésben** a tüdő falában található **feszülésérzékeny mechanikai receptorok** játszanak szerepet, mivel a tüdő kitérüléskor – belégzés végén – gátolják a belégzőközpont aktivitását, megszakítva a belégzőmozgásokat, utat adva a **passzív kilégzésnek** (Hering-Breuer reflex).

A **nyugodt légzésben tehát csak a belégzőközpont ritmikus működésének van szerepe, a kilégzőközpont csak erőltetett (be-) és kilégzésnél szerepel**, a járulékos légzőizmokat idegzi be (pl. belső bordaközi izmok, hasizmok stb.).

A nyúltvelői légzőközpont aktivitását módosíthatják

- a **gerincvelőből** felszálló idegi hatások (mechanikai vagy hőhatások; a túl hideg vagy a túl meleg, illetve ütődések, simogatások),
- a **híd központjai** (összerendezik, ritmikussá teszik a légzőmozgásokat, serkentik, ill. gátolják a nyúltvelői központokat),
- a hipotalamusz és a **limbikus rendszer** (közvetítik a belső környezeti hatásokat, ill. emocionális (érzelmi) változásokat (sóhaj)),
- a **nagyagykéreg** (bizonyos határok között akaratlagos légzésszabályozást tesz lehetővé, vagy a beszéd és az éneklés kivitelezésében játszik szerepet).



nyugodt légzés

erőltetett légzés

A vérkeringés szabályozása lásd még 4.6.4. fejezet

A vér **szén-dioxid** tartalmának változása nemcsak a légzőműködéseket befolyásolja, hanem **hatást gyakorol a vérkeringésre is**. A vérkeringés szabályozása a szív működés és a vérnyomás szabályozását jelenti, elsődleges **központjai** szintén az **agytörzsben** találhatóak, melyek együttműködnek a légzés szabályozásában szerepet játszó neuronokkal. A vérnyomás szabályozásában a különféle

- **idegi és**
- **hormonális mechanizmusok**

többnyire az **erek falában** található **simaizmok** tónusára gyakorolt hatás révén, azok

- **szűkülését** vagy
- **tágulatát,**

így a vérnyomás

- **emelését** vagy
- **csökkenését** eredményezik.

A **hormonok** vérnyomás emelő hatásúak:

- **adrenalin, érszűkítő,**
- **vazopresszin (ADH), vízvisszaszívás révén,**
- **aldoszteron, só visszaszívás révén.**

Az idegi szabályozás

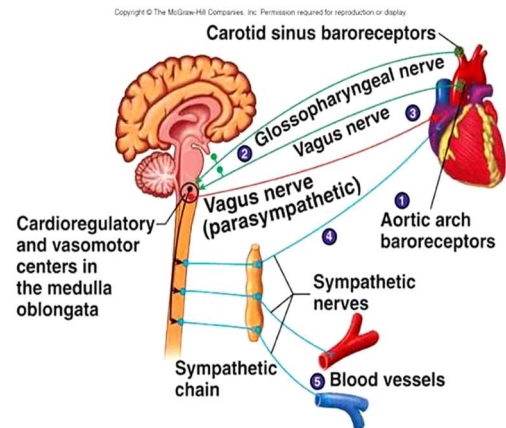
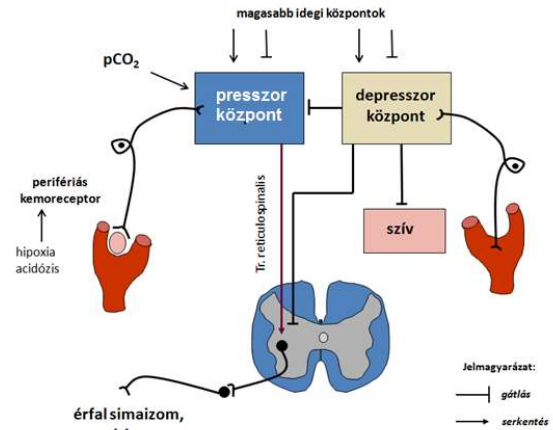
Az agytörzsi hálózatos állomány **nyúltvelői** szakaszában két egymással ellentétesen működő központ van.

- Az ún. „**pressor**” központ működése
 - **érszűkítő hatású,**
 - **növeli a vérnyomást és**
 - **a szívfrekvenciát.**
- A „**depressor**” központ
 - **gátolja a pressor központot, így**
 - **vérnyomás csökkentő hatású,**
 - továbbá a X. agyidegen keresztül **lassítja a szív működését.**

Mindkét nyúltvelői központ a gerincvelő oldalsó szarvában lévő központi vegetatív neuronokra van hatással,

- a pressor központ aktiválja,
- a depresszor központ gátolja működésüket.

A magasabb agyi központokból (hipotalamusz, limbikus rendszer) származó ingerületek (pl. a düh) további befolyást gyakorolnak a keringési rendszer állapotára.

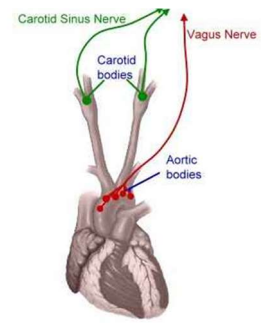


Az idegi központok működésére hatást gyakorló **receptorok** – a légzés szabályozásához hasonlóan – szintén

- a szívhez közeli erek falában, ill.
- a központi idegrendszerben találhatók.

Ezek részben

- a vér szén-dioxid és oxigén tartalmára érzékeny **kemoreceptorok**, ill.
- a vérnyomás emelkedését érzékelő **nyomásreceptorok**.

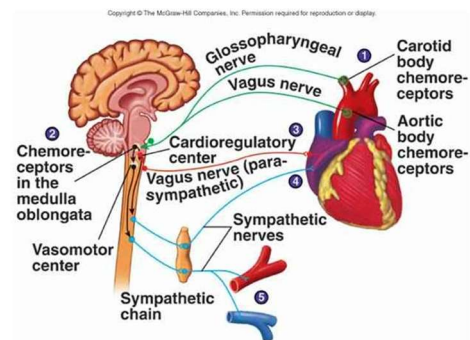


A vér szén-dioxid koncentrációjának az emelkedése (és az idegszövet sejtközötti állapotjának pH csökkenése), ill. az oxigén mennyiségének a csökkenése a IX. agyideg érzőrostjai közvetítésével **serkenti a presszor központ működését, ezáltal a vérnyomás emelkedését és a szívfrekvencia – pulzus – növekedését eredményezi.**

Aortaív reflex

A legfontosabb vérnyomás szabályozó a mindennapi életben!

- **Inger: vérnyomás emelkedés.**
- **Receptor az aortaív falában, (1)**
- **depressor kp. aktiválás, pressor kp. gátlás, (2)**
- gerincvelői vegetatív központok gátlása,
- az érfalak tónusának csökkenése, értágulás, vérnyomás csökken, (5)
- X. paraszimpatikus agyideg közvetlenül gátolja a szinuszcsomót, (3)
- **szívfrekvencia csökken,**
- **perctérfogat csökken.**

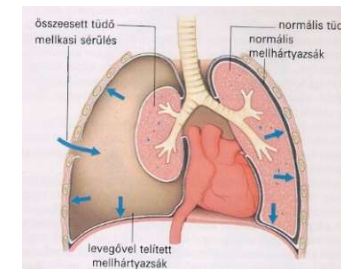
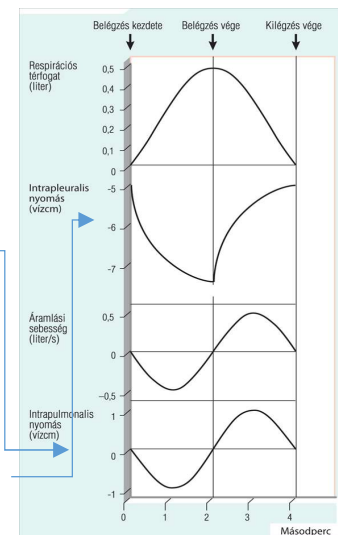


A légzőmozgásokkal kapcsolatos nyomás- és térfogatváltozások

Belégzés során a tüdőben **eleinte csökken a nyomás, majd** a folyamat második felétől ismét **növekedik**, amíg el nem éri újra a légköri nyomás – 760 Hgmm, 101 kPa – értékét.

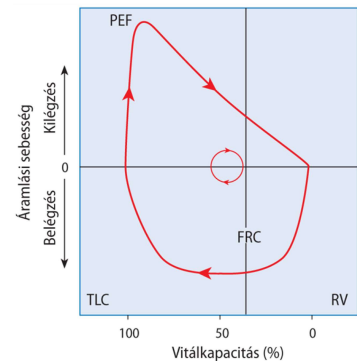
Kilégzéskor eleinte **növekedik a nyomás** a tüdő légterében, **majd** a folyamat második felétől **elkezd csökkenni** addig, ameddig egyenlő nem lesz ismét a légköri nyomással.

A **mellhártya két lemeze között a nyomás végig kisebb, mint a tüdőben**, ami biztosítja, hogy a tüdő rátapadjon a mellkas belső felszínére. A különbség a tüdőben mérhető nyomásváltozáshoz képest, hogy a belégzés során mindvégig csökken, a kilégzés során pedig mindvégig nő a nyomás a két lemez között. Amennyiben a **mellhártya két lemeze közé levegő kerül**, a tüdőben található rugalmas rostoknak köszönhetően a **tüdő kis gombóccá ugrik össze**, s így képtelen követni a mellkas mozgását. Ez a jelenség a **légmell**.



Az **áramlásintenzitás** alakulása nyugalmi és erőltetett légzés során grafikusán egyszerűen megjeleníthető.

- A **vízszintes tengelyen a tüdőben lévő levegő térfogata** látható a vitálkapacitás %-ában, a szokásostól eltérő módon feltüntetve, az értékek jobbról balra növekednek.
- A **függőleges tengelyen az áramlásintenzitás változásait** látjuk. A 0 vonal feletti pozitív értékek a kilégzési, a vonal alatti negatív értékek a belégzési intenzitás értékei.



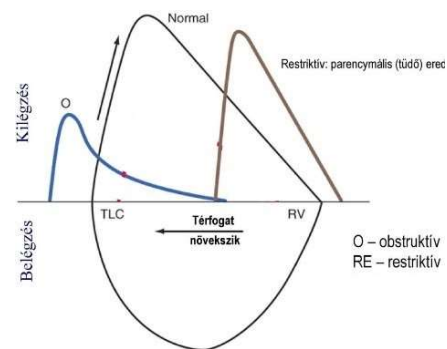
Az ábrán kisebbik kör tünteti fel a nyugalmi légzés, a nagyobb görbe az erőltetett légzés áramlásintenzitását.

Légzésfunkciós vizsgálat (spirometria) meghatározható az áramlásintenzitás, melynek segítségével a tüdő térfogatviszonyai, a légutak átjárhatósága, a légzési mechanizmus épsége vizsgálhatók. A vizsgálat a légúti betegségek feltárásának egyik bevett módszere is. A betegségek alapvetően két nagy csoportba sorolhatók:

1. a **légutak beszűkülése** okozta (ún. obstruktív) tüdőbetegségek (pl. asztma);
2. a **tüdő tágulékonyosságának csökkenése** miatt fellépő (ún. restriktív) tüdőbetegségek.

Az ábrán

- A kék görbe tartozik az obstruktív,
- a barna görbe tartozik a restriktív betegségekhez.



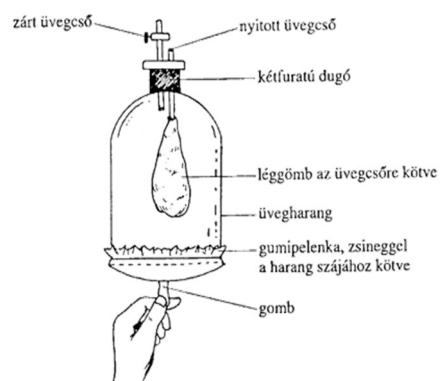
A **légzőrendszer nyomás és térfogatváltozásainak összefüggéseit** a **Donders-féle tüdőmodellel** demonstrálhatjuk.

A kísérletet

- egy olyan harang alakú **üvegbúrával (mellkas)** végezzük,
- amit alulról egy **gumimembrán (rekeszizom)**,
- felülről pedig egy kétfuratú **gumidugó** zár el.
- Az egyik furatban egy **elzárható üvegcső** található (melynek nyitásával a légmellt demonstrálhatjuk),
- a másikban egy olyan **üvegcső (léggömb)**, amelyre
- egy rugalmas **léggömb (tüdő)** csatlakoztatható.
- A Donders harang és a léggömb közötti tér a **mellhártyák** közötti teret,
- a léggömb belső tere a **tüdő belső terét** modellezi.

A rekeszt modellező gumimembránt lehúzza a harang és a tüdő közötti térben a légköri nyomásnál alacsonyabb nyomást hozunk létre, a változást a léggömb rugalmas fala passzívan követi, kitágul és levegő áramlik a belsejébe (belégzés).

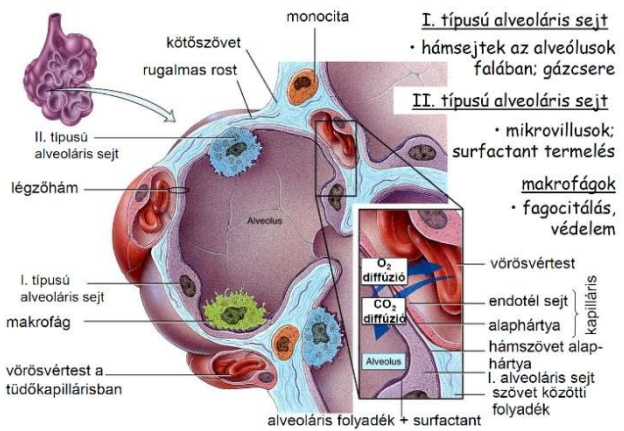
A gumilapot elengedve, az visszatérve eredeti helyzetébe, fokozza a nyomást a harang belsejében, a léggömb összenyomódik és a levegő kiáramlik (kilégzés).



Gázcseré, a légzési gázok szállítása lásd még 4.6.1. fejezet

A léghólyagocskák felülete a **légzőfelület**, emberben elérheti a 150 m²-t, itt zajlik a **külső gázcseré**. Ennek megfelelően faluk igen vékony. A léghólyagocskák felszínén többféle sejttípust különböztetünk meg, találhatók itt

- **laphámsejtek**, ezek képezik a légzőfelületet, továbbá
- **fagocitáló sejtek (makrofágok)**, melyek a léghólyagokig eljutott porszemcséket kebelezik be, ill.
- **felületaktív anyagot termelő sejtek**, ezek váladéka csökkenti a léghólyagocskákat borító folyadékfilm felületi feszültségét, s megakadályozza, hogy a nagyon kis átmérőjű (10 µm) léghólyagocskák felszíne kilégzéskor összetapadjon.



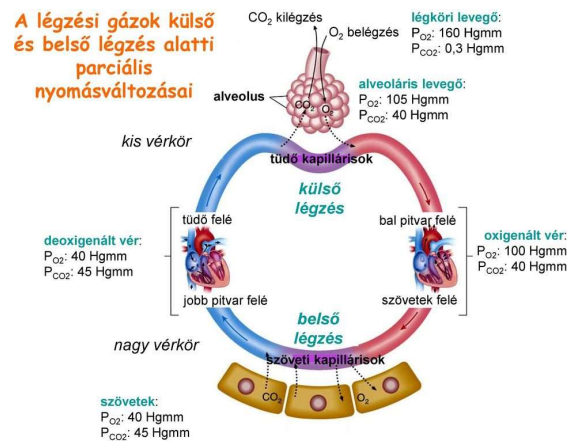
A léghólyagocskák közötti igen vékony válaszfalban vannak

- a tüdő **hajszalerei**,
- továbbá olyan **kötőszöveti sejtek**, amik a tüdő falában található nagy mennyiségű
- **rugalmas rostot** termelik.

Az egyes légzési gázok diffúziójának az irányát a **koncentráció különbségek**, az ezzel arányos **parciális nyomáskülönbségek** határozzák meg.

A parciális nyomásérték az a részleges nyomásmennyiség, ami a gázkeverék összes nyomásából az illető komponensre jut. Pl. a levegő össznyomása 101 kPa, ebből 21 kPa jut az oxigénre, és kb. 0,04 kPa jut a szén-dioxidra.

A tüdőben a levegő összetétele különbözik a külső levegő összetételétől, a gázcseré miatt kevesebb oxigént és több szén-dioxidot tartalmaz.

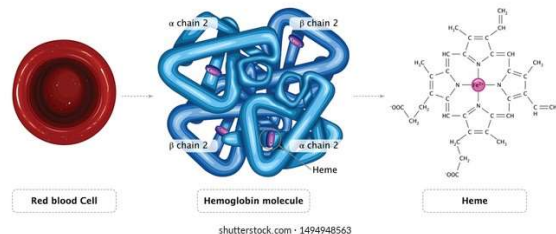


A légzési gázok szállítása

A **légzési gázok szállításában** a vörösvértesteknek és a vérplazmának van alapvető szerepe.

- Az oxigén a **hemoglobin**hoz kötöten,
- míg a **szén-dioxid** elsősorban (70%-ban) **HCO₃⁻** formájában szállítódik.

A vörösvértestek szárazanyagának 95 %-át a **hemoglobin** tölti ki, 4 alegységből felépülő, vörös színű, **vas-porfirin** komplexeket (hem) tartalmazó **összetett fehérje**. Az oxigén a **hem vas-ionjához kötődik**, miközben a fehérje harmadlagos és negyedleges szerkezete egyaránt megváltozik.



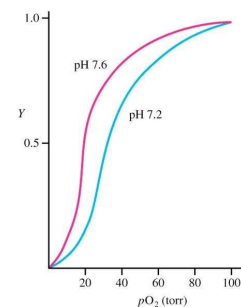
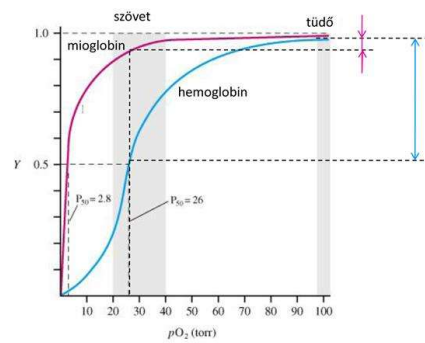
A **hemoglobin oxigénnel való telítettségének a mértékét elsősorban a közeg oxigén koncentrációja** – s ezzel arányosan a parciális nyomása – **határozza meg**, melyet a szaturációval jellemzünk.

Az **oxigén-szaturáció** tehát a hemoglobin oxigénnel való telítettségének százalékban kifejezett mértéke.

A grafikon a hemoglobin és a mioglobin szaturációját ábrázolja a közeg parciális oxigén nyomásának függvényében.

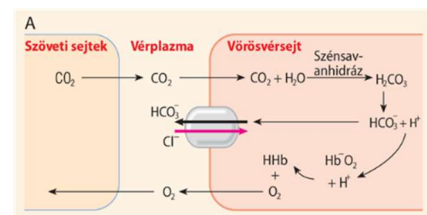
A hemoglobin a tüdőben telítődik oxigénnel (közel 100%-os a szaturáció), a szövetekben tapasztalható alacsonyabb parciális nyomáson pedig leadja azt.

A **hemoglobin** fontos tulajdonsága, hogy **oxigéntelítettsége pH függő**. Ahogy csökken a vér pH-ja, úgy csökken az oxigénkötődés erőssége, ezért alacsonyabb pH-n a hemoglobin molekulák könnyebben leadják az oxigént. Ez a jelenség biztosítja, hogy a működő szövetekben – ahol a keletkezett szén-dioxid oldódva növeli a H^+ koncentrációját – a hemoglobin könnyebben adja le az oxigént. A tüdőben fordított a helyzet, ahol a magas oxigén koncentráció – és magasabb pH – miatt a hemoglobin újra oxigénnel telítődik. A fentiek értelmében az oxigén, ill. a szén-dioxid szállítása összefügg egymással.



A szövetekben

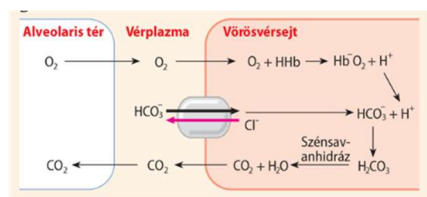
- a **szén-dioxid** a sejtekből a **vérplazmába diffundál**,
- onnan a **vörösvértestekbe jut**, ahol egy enzim – szénsavanhidráz – hatására **szénsavvá alakul**,
- ami **elbomlik H^+ és hidrokarbonát-ionra (HCO_3^-)**.
- A protonokat a hemoglobin – **oxigén leadása mellett – felveszi**,
- a felesleges HCO_3^- pedig **kidiffundál a vérplazmába**, s ott szállítódik.



A **tüdőben** az egyensúlyi **folyamatok fordított irányba tolnak el**, ami a szén-dioxid felszabadulását és a tüdő légterébe való diffundálását eredményezik.

Tehát a CO_2

- **70%-a** a fenti reakcióknak köszönhetően **hidrokarbonát-ionok formájában szállítódik a vérplazmában**,
- ugyanakkor a szén-dioxid molekulák egy része (20%) a hemoglobinhoz kötődve,
- ill. fizikailag oldódva (10%) a vérplazmában is eljut a tüdőbe.



A vérben nemcsak a légzési gázok oldódnak, hanem a levegőben lévő egyéb összetevők is, mint pl. kisebb mértékben a nitrogén. A **keszonbetegség** vagy más néven dekompressziós betegség olyan, akár halálos kimenetelű tünetegyüttes, ami **akkor alakul ki, ha egy nagyobb nyomású térből hirtelen egy alacsonyabb nyomású térbe kerülünk**. A keszonbetegség különösen búvárokat és a magasnyomású környezetben dolgozókat (pl. mélyépítők) fenyegeti. **Nagy nyomású környezetben a vérgázok oldékonysága megnő** a vérplazmában majd, ha a

szervezet hirtelen **alacsonyabb nyomású térbe kerül**, a gázok oldékonyságának csökkenése miatt **buborékok** (elsősorban nitrogéngáz) **keletkeznek** a vérben és a szövetekben, melyek elzárhatnak kisebb ereket. A tüneteik annak megfelelően alakulnak ki, hogy milyen szerveket érinti az érelzáródás, kialakulhat rossz közérzet, fáradtság, ízületi fájdalom, bőrviszketés, izomgyengeség, bénulás, látászavarok, szédülés, egyensúlyzavar stb., súlyosabb esetben halál.

Fizikai alapismeretek

A levegőt, mint gázelegyet ún. **állapotjelzőkkel** jellemezhetjük, ezek a hőmérséklet, a nyomás, a térfogat, az anyagmennyiség.

A gázok **térfogata** az a térrész, ahol a molekulák mozoghatnak. Jele: V, mértékegysége: m³.

A gázok **nyomása** a felületre merőleges nyomóerő és a felület nagyságának a hányadosa. Jele: p, mértékegysége: N/m² = Pa

Az állapothatározók kapcsolatát az **ideális gázok állapotegyenlete** írja le.

p.V = n.R.T, ahol R az egyetemes gázállandó, értéke 8,31 J/mol.K, a T a gáz hőmérséklete Kelvinben kifejezve, n az anyagmennyiség.

Eszerint adott hőmérsékleten, adott mennyiségű gáz nyomásának és térfogatának a szorzata állandó, másképpen, **ha a gáz térfogata nő, nyomása csökken.**

Az ideális gázokban a gázmolekulák pontszerűek, kiterjedés nélküliek, egymással, illetve az edény falával való ütközésük teljesen rugalmas, nem vonzzák és nem taszítják egymást.

Magyar nyelvű ábrák forrása: <http://physiology.elte.hu/>

Emelt szintű érettségi feladatok

Légzésvizsgálat

10 pont

„- Hogy van ez? Mi vagyok én neked? (...)

- Egy darabka élet. Tudod, mik vagyunk? Két kis tölcsér, amelyen ugyanaz a levegő áramlik át.”

(Jókai Anna)

A légúti betegségek feltárásának egyik bevett módszere az ún. légzésfunkciós vizsgálat (spirometria), amellyel a tüdő térfogatviszonyai, a légutak átjárhatósága, a légzési mechanizmus épsége vizsgálhatóak. A műszer műanyag tölcsérébe lélegző páciens légzésének áramlási viszonyait számítógépes módszerrel rögzítik.

Az alábbi grafikonon egy légzésfunkciós vizsgálatot megelőző, illetve a vizsgálat alatt rögzített térfogatadatokat láthatja. A csillag (*) a vizsgálat kezdetét, az 1 s az egy másodperces időtartamot jelöli.

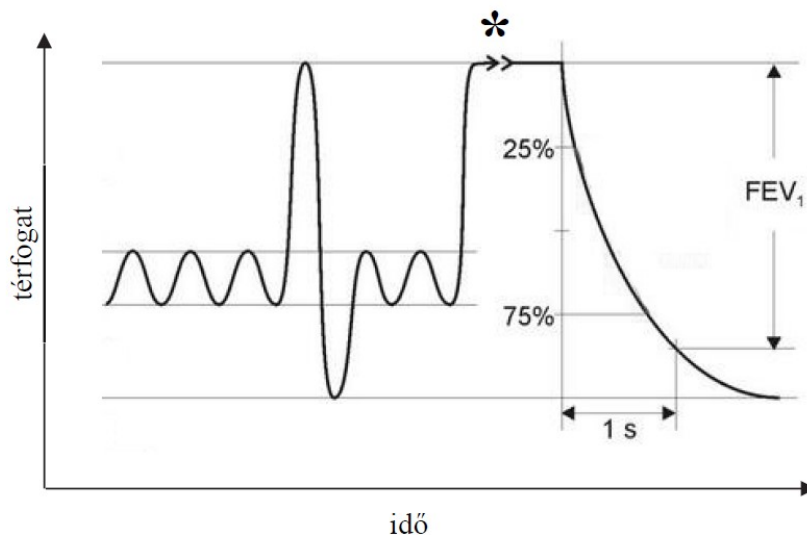
1. Írja le, hogy a grafikon alapján mit kellett tennie a páciensnek a légzésfunkciós vizsgálat során!

.....
.....

A vizsgálat során számos, a légzést jellemző élettani értéket rögzítenek, mint például a vitálkapacitást (VC) vagy az ábrán is jelölt FEV₁-értéket.

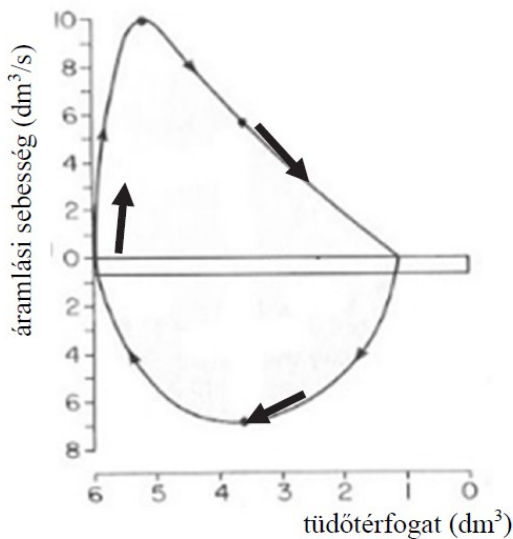
2. Jelölje az ábrán kapcsos zárójel () segítségével és VC jelöléssel a vitálkapacitást!
3. Magyarázza a grafikon alapján a FEV₁-érték jelentését!

.....



4. A spirometria során egyéb, a légzés áramlási viszonyait jellemző grafikonokat is rögzítenek. Egy ilyen, a fent bemutatott légzésfunkciós vizsgálat során rögzített görbét mutat az ábra.

Leolvashatók-e a grafikonról a következő adatok? Ha igen, rögzítse értéküket a téglalapba, ha nem, húzza át a téglalapot! (3 pont)



a) Kilégzéskor mérhető maximális sebesség:

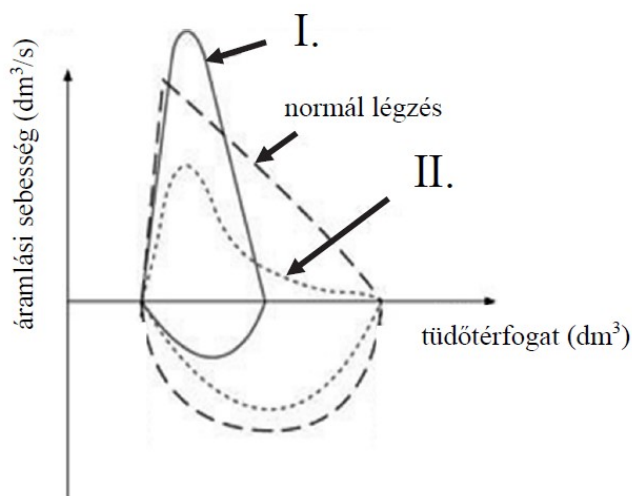
b) Vitálkapacitás:

c) Nyugalmi légzéstérfogat:

A légzésfunkciós vizsgálattal felismerhetők a tüdő és a légutak különböző megbetegedései, kóros állapotai. Ezek alapvetően két nagy csoportba sorolhatók:

- a légutak beszűkülése okozta (ún. *obstruktív*) tüdőbetegségek (pl. asztma);
- a tüdő tágulékonyságának csökkenése miatt fellépő (ún. *restriktív*) tüdőbetegségek.

A két betegségcsoport esetén jellegzetesen és eltérő módon változik meg a légzésfunkciós görbék lefutása is. A normál légzési grafikonokhoz képest megváltozott funkciós görbéket látja az ábrán. (A két típus között folyamatos átmenetek figyelhetők meg és kevert jellemzőjű kóros állapotok is előfordulnak. A grafikonok és a feladat további részei az egyértelmű esetekre vonatkoznak.) Azonosítsa, hogy az I-II. görbepárok közül melyik vonatkozik az obstruktív, s melyik a restriktív megbetegedésekre, majd a következő feladatok alapján hasonlítsa össze a két betegségtypust!



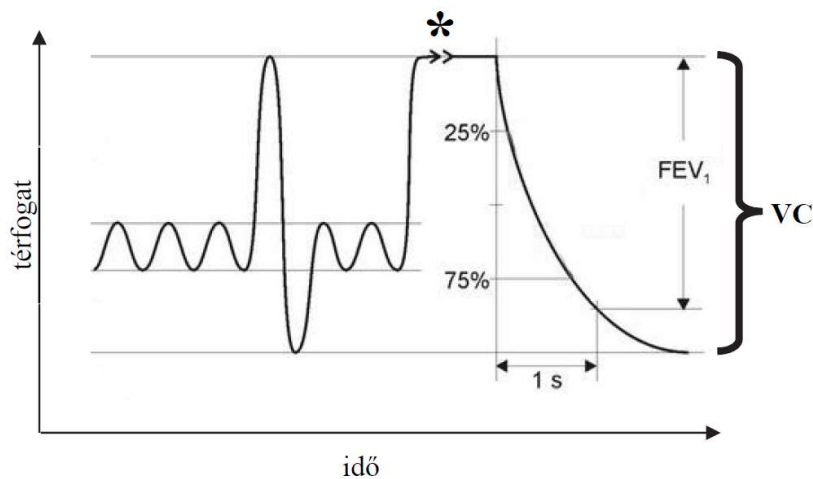
Hasonlítsa össze a két megbetegedés-csoportot! Az állítások mögé írja a megfelelő válasz betűjelét!

- A) A légútszűkület miatt fellépő betegségekre jellemző.
- B) A tágulékonyság csökkenése miatt fellépő betegségekre jellemző.
- C) Mindkettőre jellemző.
- D) Egyikre sem jellemző.

5.	Ide tartozik például a légmell.	
6.	A kilégzéskor mérhető áramlási sebesség (jelentős) csökkenésével járnak.	
7.	A légzőizmok sérülése vagy gátolt működése okozhatja.	
8.	A II. görbével jellemzett állapot.	

Megoldás

1. Erőltetett belégzést követően benn kell tartania a levegőt, majd erőltetett kilégzést kell végeznie. 1 pont

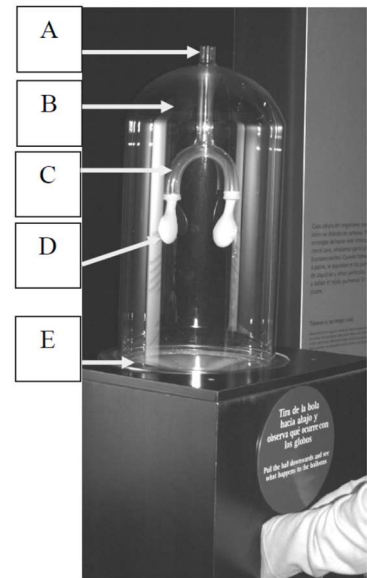


2. Az elfogadható jelölés (az ábra bármely részén, egyértelműen jelölve): 1 pont
3. Az egy másodperc alatt erőltetetten kilélegzett levegő térfogatát jelöli. 1 pont
4. a) $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ 1 pont
 b) $4,9 \text{ dm}^3$ (4,8-5,0 között elfogadható a válasz) 1 pont
 c) (Egyértelmű áthúzás esetén adható pont.) 1 pont
5. B 1 pont
6. A 1 pont
7. B 1 pont
8. A 1 pont

A Donders-modell

Ez a modell a légcserét szemlélteti (Donders-modell).

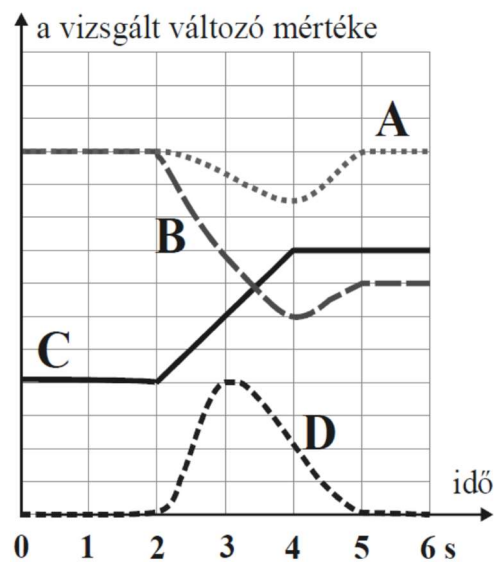
Az „A” jelű cső felül nyitott. Az üvegcsövek „C” nyílásaira egy-egy léggömböt erősítettek (D). Az „E” jelű rugalmas membrán alulról zárja le az üveghengert. A berendezés felirata: húzd lefelé a membránt és figyeld meg, mi történik!



1. Milyen látható változás történik a berendezésben?
.....

2. Mely szervet vagy szervrészletet jelképezik a betűkkel jelölt részletek ebben a tüdőmodellben? (5 pont)

A:
B:
C:
D:
E:



Az alábbi grafikonon néhány fizikai jellemző változásait mutatja a berendezésben. Tételezzük fel, hogy a kísérleti személy 2 másodpercen át gyorsan, egyenletes sebességgel lefelé húzta az „E” membránt, majd hosszabb ideig a kihúzott helyzetben tartotta.

3. Válassza ki az alábbiak közül és írja a betűk mellé, hogy a felsoroltak közül melyik görbe mit ábrázol a grafikonon! Az egyik betűhöz kétféle jelentés is társítható. (4 pont)

- a nagy üveghenger térfogata
- a nagy üveghengerben uralkodó légnyomás
- a léggömbökben uralkodó légnyomás
- a léggömbök térfogata
- a léggömbökbe áramló levegő sebessége

A:
B:
C:
D:

4. Melyik szakasz modellezi ebben a példában a belégzési fázist?

- A) A 2. és 3. másodperc közötti.
- B) A 3. és 4. másodperc közötti.
- C) A 2. és 4. másodperc közötti.
- D) A 2. és 5. másodperc közötti.
- E) A 3. és 5. másodperc közötti.

5. Melyik szakasz modellezi ebben a példában a légzőizmok összehúzódásának fázisát?
- A) A 2. és 3. másodperc közötti.
 - B) A 3. és 4. másodperc közötti.
 - C) A 2. és 4. másodperc közötti.
 - D) A 2. és 5. másodperc közötti.
 - E) A 3. és 5. másodperc közötti.

Megoldás

1. A léggömbökbe levegő áramlik / térfogatuk megnő.

2.

- A: légcső
- B: a mellhártya lemezei közti tér / mellkas
- C: főhörgő
- D: tüdő
- E: rekeszizom / légzőizmok

3.

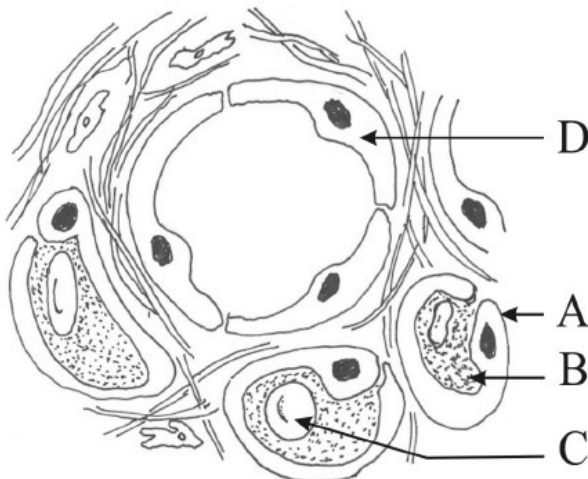
- A: a léggömbökben uralkodó légnyomás
- B: a nagy üveghengerben uralkodó légnyomás
- C: a nagy üveghenger térfogata / a léggömbök térfogata
- D: a léggömbökbe áramló levegő sebessége

4. D

5. C

Ábraelemzés

Az 1. ábra a tüdő egy részletét mutatja, egy tüdőhólyagocska és hajszálerek keresztmetszetét, valamint az azokat körülvevő kötőszöveti rostokat és sejteket.



Az 1. ábra a tüdő egy részletét mutatja, egy tüdőhólyagocska és hajszálerek keresztmetszetét, valamint az azokat körülvevő kötőszöveti rostokat és sejteket.

1. A jellemzők alapján azonosítsa és nevezze meg az ábrán betűkkel jelölt részeket! (Egy betű csak egy helyen szerepelhet, de azonos szövettípus többször is előfordulhat.)
A táblázat minden helyesen kitöltött sora 1 pont. (4 pont)

1. A jellemzők alapján azonosítsa és nevezze meg az ábrán betűkkel jelölt részeket! (Egy betű csak egy helyen szerepelhet, de azonos szövettípus többször is előfordulhat.)

Jellemző	Betűjele	Megnevezése
Hajszáleret bélelő szövet:		
Hormonokat szállít:		
A vörös csontvelőben képződik:		
A léghólyagocskákat bélelő szövet:		

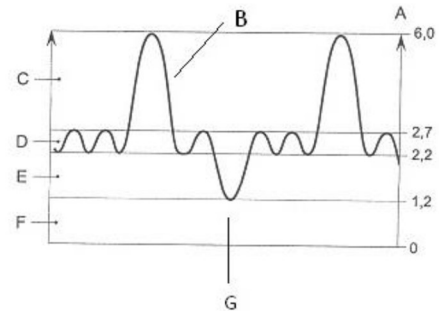
Megoldás

1. 4 pont

Jellemző	Betűjele	Megnevezése
Hajszáleret bélelő szövet:	A	(lap) hám / endotélium
Hormonokat szállít:	B	Vérplazma / vérplazma fehérje (a „vér” nem fogadható el!)
A vörös csontvelőben képződik:	C	vörösvértest/vérsejt
A légútyagocskákat bélelő szövet:	D	(lap/légző) hám

A légzés

A grafikonon az emberi légzési szervrendszer működése során fellépő térfogatváltozásokat ábrázoltuk:



1. A megfigyelhető információk alapján mi a grafikon függőleges tengelye (A)? 1p

- A tüdőben uralkodó nyomás (kPa).
- A tüdőben lévő levegő térfogata (liter).
- A tüdőből kiáramló levegő térfogata (liter/perc).
- A membránpotenciál változása az agyi légzőközpontban (mV).
- A fentiek közül egyik sem az ábrán látható módon változik a légzés során.

2. Mit jelöl a grafikon vízszintes tengelye?

.....

3. Mely állítások igazak a légcserre B-vel jelölt szakasza alatt? 2p

- A tüdőben nagyobb a nyomás, mint a külvilágban.
- A rekeszizom összehúzódik.
- A mellkas tágul.
- A bordaközi izmok elernyednek.
- A mellhártya lemezei között csökken a nyomás.

4. Írja be a megfelelő relációs jelet (<, =, >) a két mennyiség közé!

A tüdőben lévő levegő széndioxid-tartalma a B-vel jelölt időpontban		A tüdőben lévő levegő széndioxid-tartalma a G-vel jelölt időpontban
A tüdőben lévő levegő nyomása a B-vel jelölt időpontban		A tüdőben lévő levegő nyomása a G-vel jelölt időpontban
A légnyomás értéke a külvilágban		A tüdőben lévő levegő nyomása a G-vel jelölt időpontban

5.

Adja meg a következő számadatokat a grafikon alapján:

- az ábrázolt belélegzések száma (db):
- a nyugodt kilégzést követően erőltetetten kilélegzett levegő térfogata (l):
- a vitálkapacitás értéke (l):

6. Mi változna meg, ha rövid ideig fizikai terhelésnek tennénk ki olyan személyt, aki nem edzett? 2p

- A. Az F értéke.
- B. A vitálkapacitás.
- C. A légzési perctérfogat.
- D. A D értéke.
- E. A levegő nyomása a G időpillanatban.

7. Rajzolja be az ábrába, hogyan folytatódik a görbe, ha az ábrázolt utolsó időpillanatban légmell következik be!

Megoldás

- 1. B
- 2. idő
- 3. A, D (2 pont)
- 4. <, >, = (3 pont)
- 5. a) 8
b) 1
c) 4,8
- 6. C, D (2 pont)
- 7. Lefelé folytatódik a görbe.