



ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM

A LÉGZÉS SPORTÉLETTANA

Kiss Csaba

kiss.csaba@uni-eszterhazy.hu

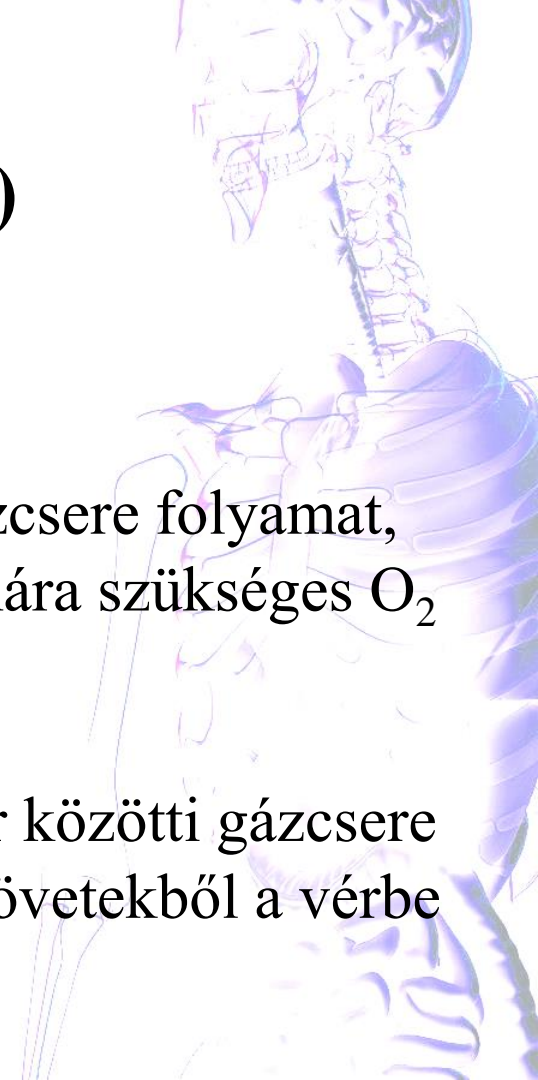


Légzőrendszer (*apparatus respiratorius*)

Feladata:

A **külső légzés** a külső légtér és a vér közötti gázcsere folyamat, amely a szervezet sejtanyagcsere-folyamatai számára szükséges O_2 felvétele és a CO_2 leadása

A **belső légzés** a sejtek és szövetek, valamint a vér közötti gázcsere folyamat. Az O_2 a vérből a szövetekbe, a CO_2 a szövetekből a vérbe diffundál



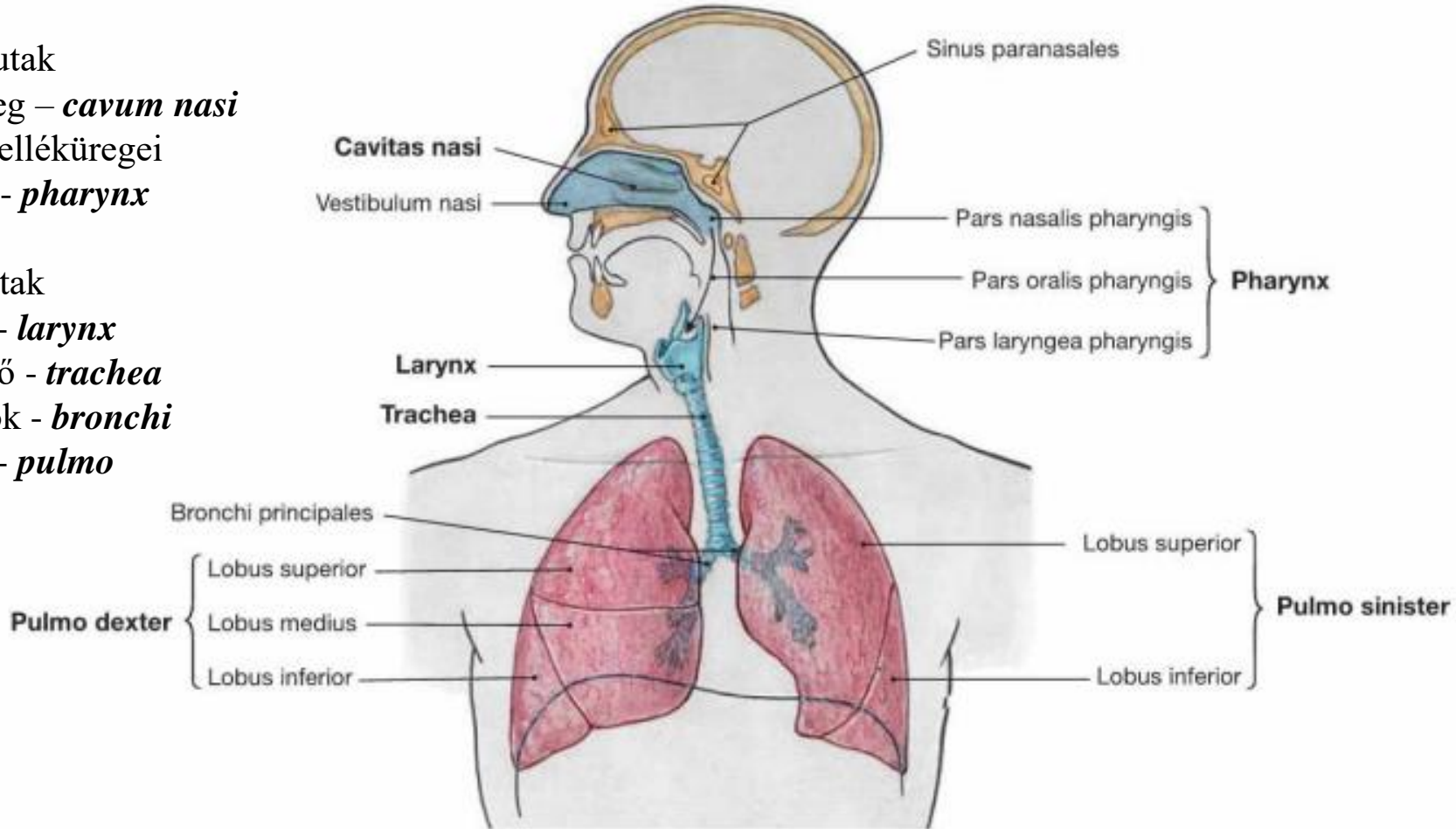
A légzőrendszer felosztása:

Felső légutak

- Orrüreg – *cavum nasi*
- Orr melléküregei
- Garat - *pharynx*

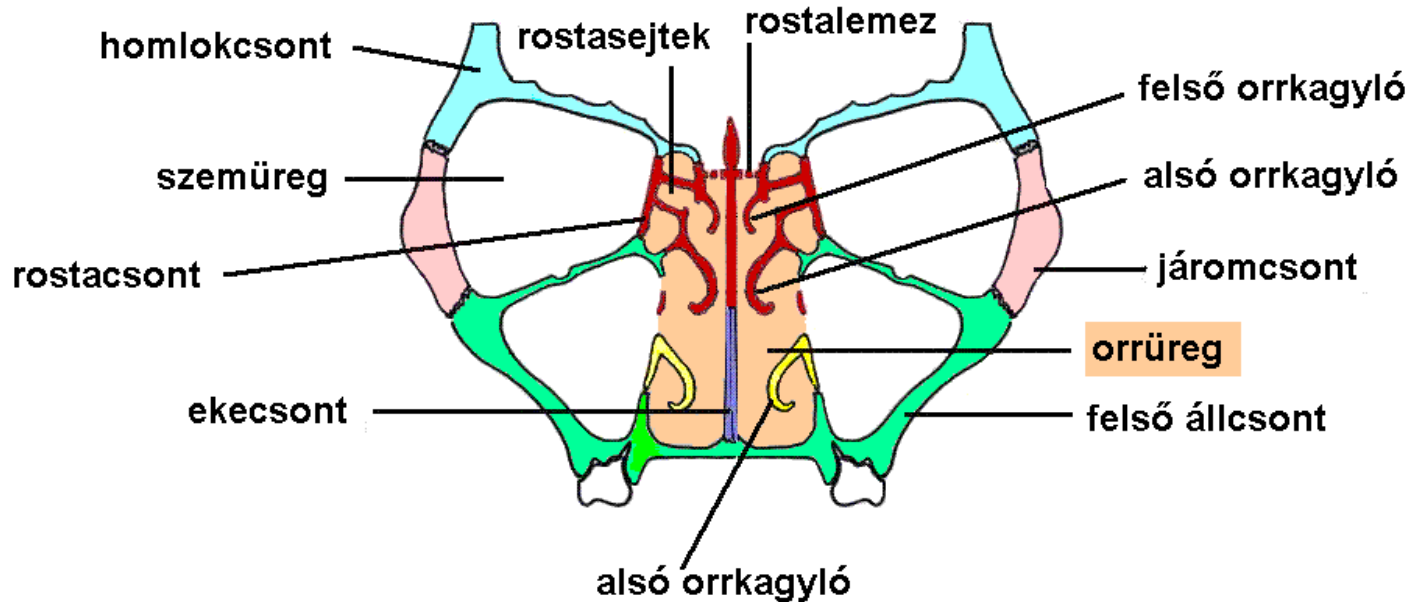
Alsó légutak

- Gége - *larynx*
- Légcső - *trachea*
- Hörgők - *bronchi*
- Tüdő - *pulmo*

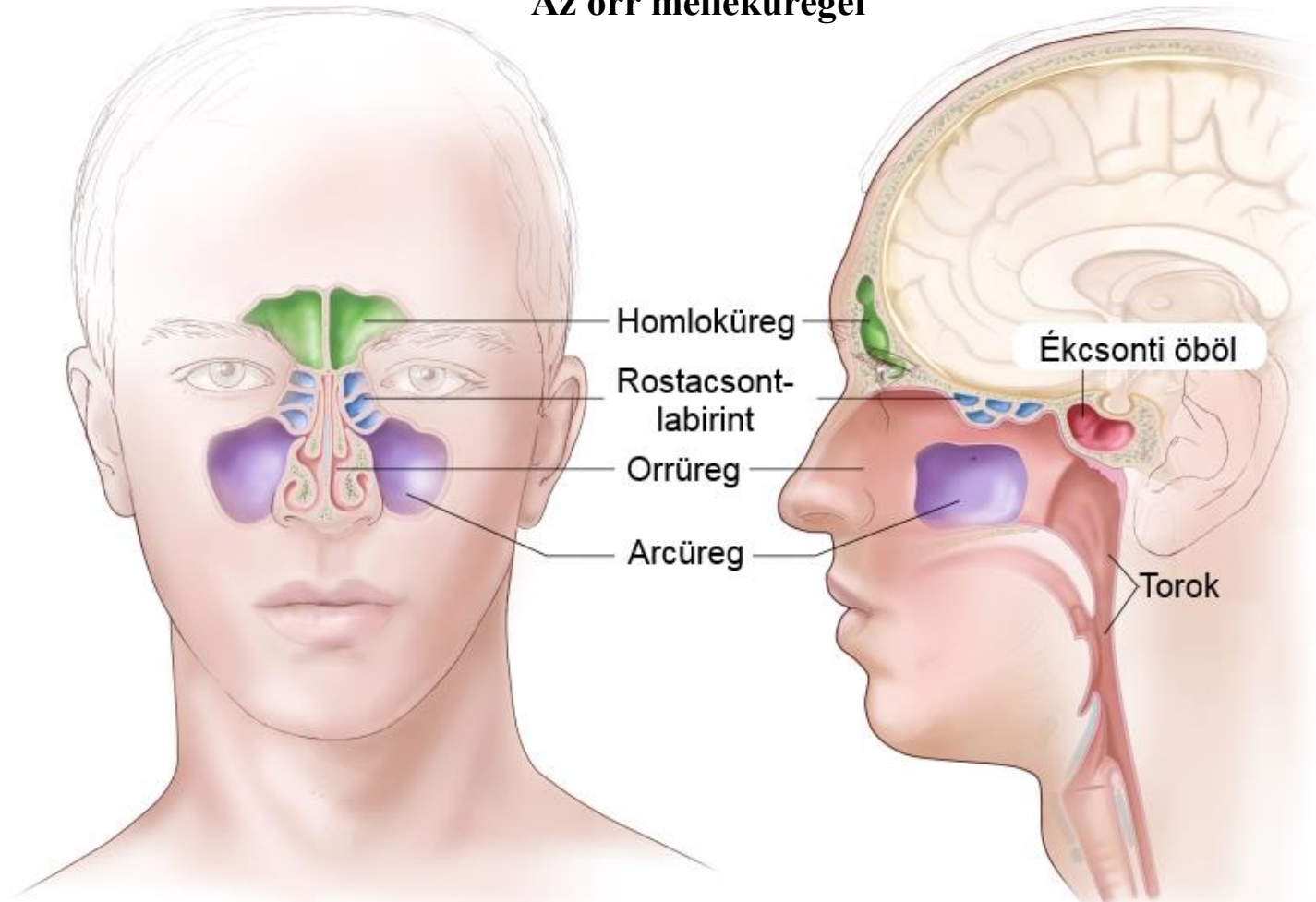


Az orrüreg (cavum nasi)

Az orrüreg a beáramló levegőt **megszűri** (orrszűrők), **felmelegíti** (vérbő orrkagylók felszíne) és **párásítja** (orrüreg mirigyei).



Az orr melléküregei



Az orr melléküregei (*sinus paranasales*)

Feladatuk:

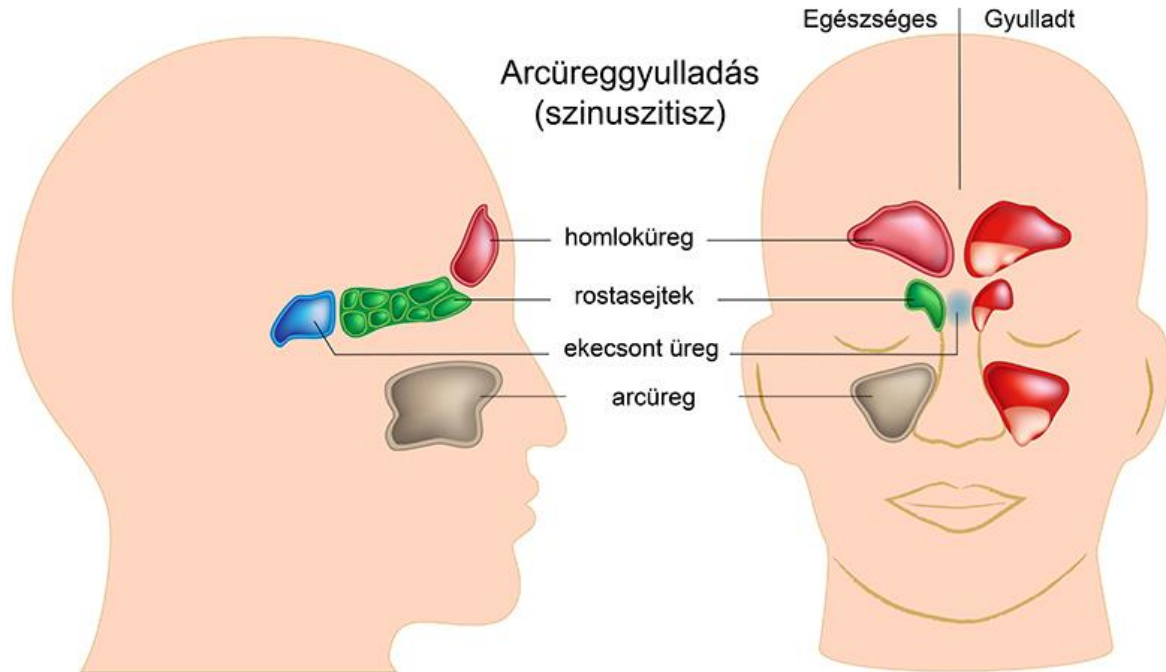
- Könnyítik a koponya súlyát
- Felmelegítik a beáramló levegőt
- Hangadásakor rezonátorként működnek

Arcüreg (*sinus maxillaris*)

Homloküreg (*sinus frontalis*)

Ékcsonti üreg (*sinus sphenoidalis*)

Rostasejtek (*cellulae ethmoidales*)



Garat (pharynx)

Nyálkahártyával bélelt izmos cső, amely az **orr-** és a **szájüreget** köti össze, illetve **lég-** és **nyelőcsövet** válassza ketté.

Orri szakasz

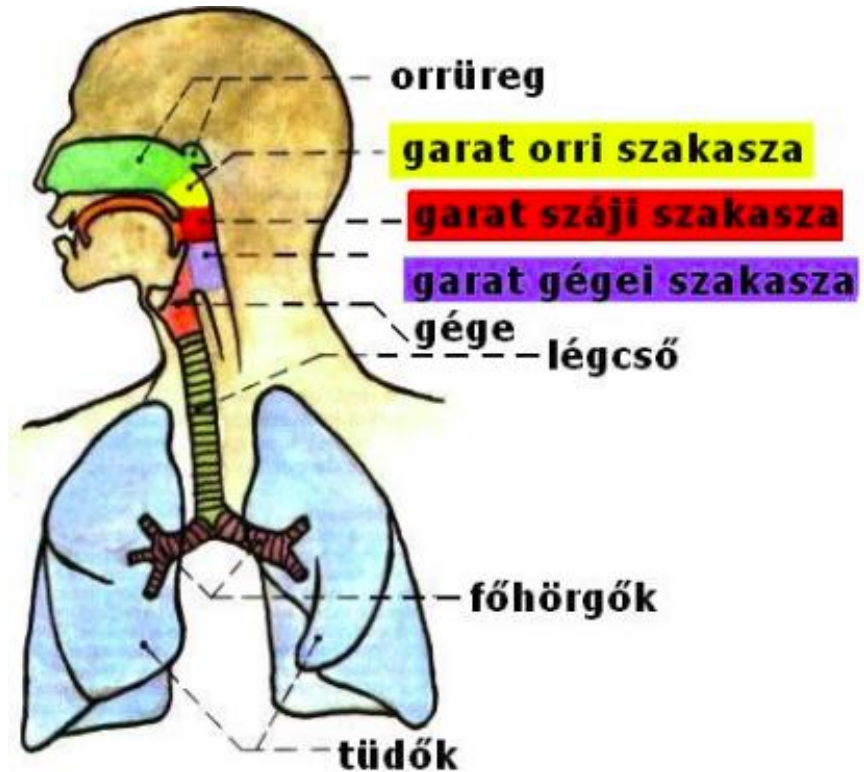
- Fülkürt nyílása, orrmandula

Száji szakasz

- A lég- és emésztőutak közös része

Gégei szakasz

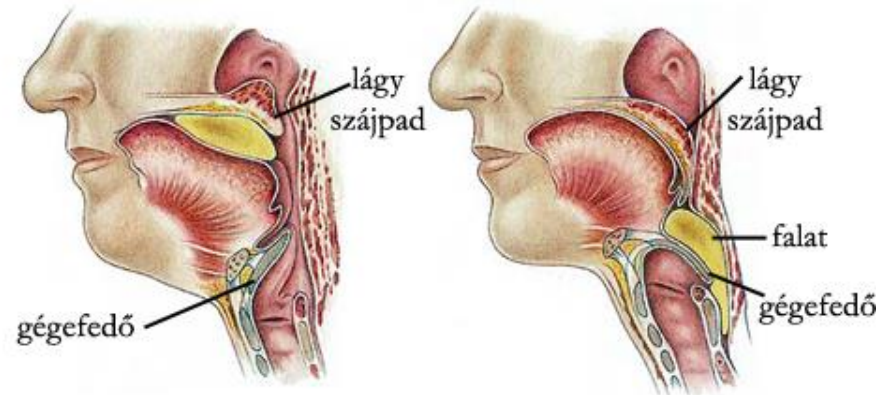
- Gége felső szakasza, nyelési reflex (*félrenyelés*)



Nyelési reflex

A megrágott és nyállal összekeveredett táplálék a gyomorba jut. A nyelési reflexet a garatfal érintése váltja ki.

- A nyelv mozgásával a táplálék hátrafelé csúszik
- A lágy szájpad lezár az orr- és szájgarat között
- A nyelvgyök lenyomja a gégefedőt (*epiglottis*) és lezárja a légcsövet
- A gége felemelkedik

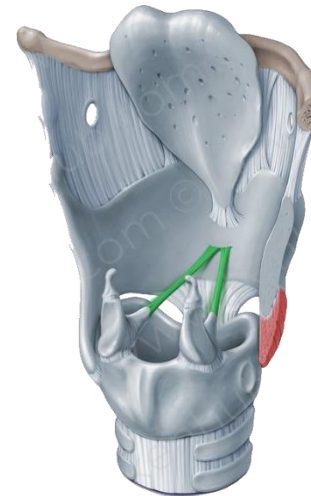
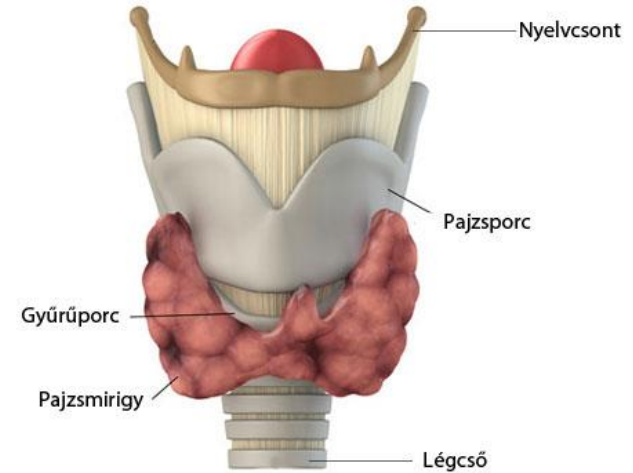


Nyelés alatt a légzés szünetel!

Gége (larynx)

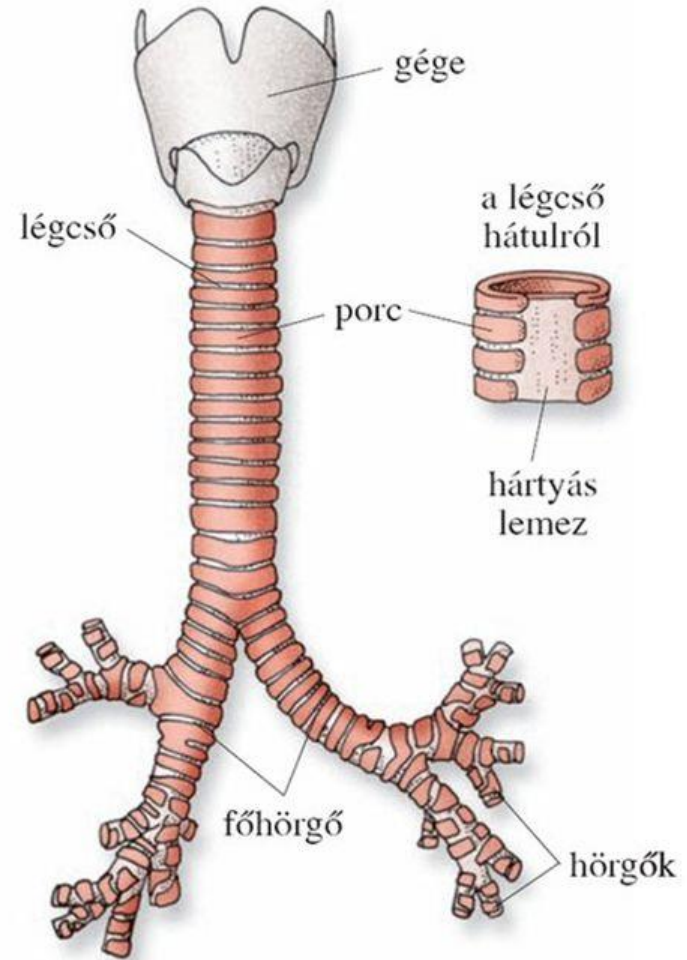
A **hangadás** szerve - a **hangszálak** (*ligamentum vocale*) elől a *pajzsporc* belsején, hátul a *kannaporcokon* rögzülnek

- **Gégefedő** (*epiglottis*)
- **Nyelvsont** (*os hyoideum*)
- **Pajzsporc** (*cartilago thyroidea*)
Pajzs módjára fogja körül és védi a gégét => „*ádámcsutka*”
- **Kannaporc** (*cartilago arytenoidea*)
- **Gyűrűporc** (*cartilago cricoidea*)
- **Legcső** (*trachea*)



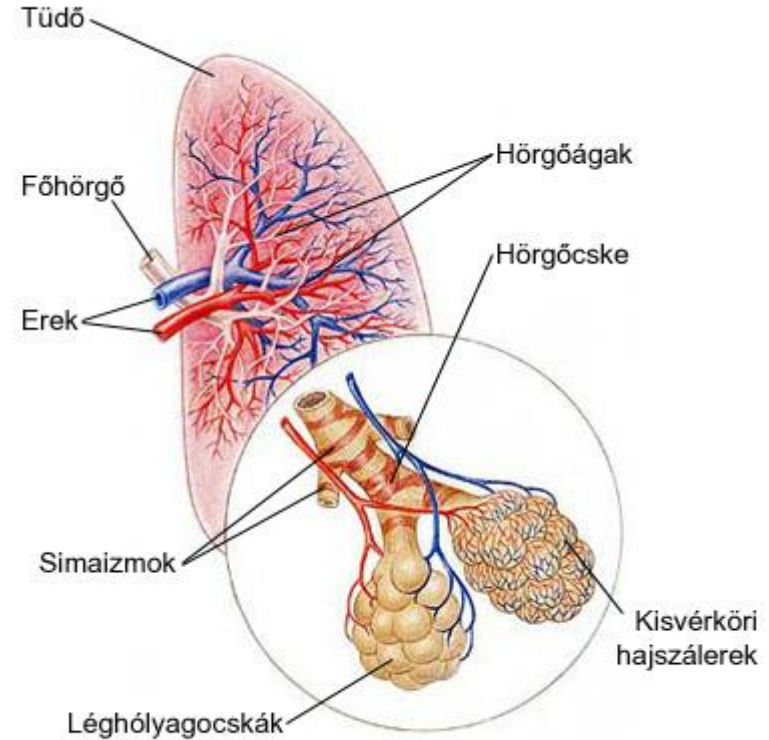
Légcső (trachea)

- A gyűrűporchoz kapcsolódik szalagosan
- C alakú porcokból épül fel (15-20)
- Hátsó falát *hártyás kötőszövet* képezi
- V alakban két *főhörgőre* oszlik



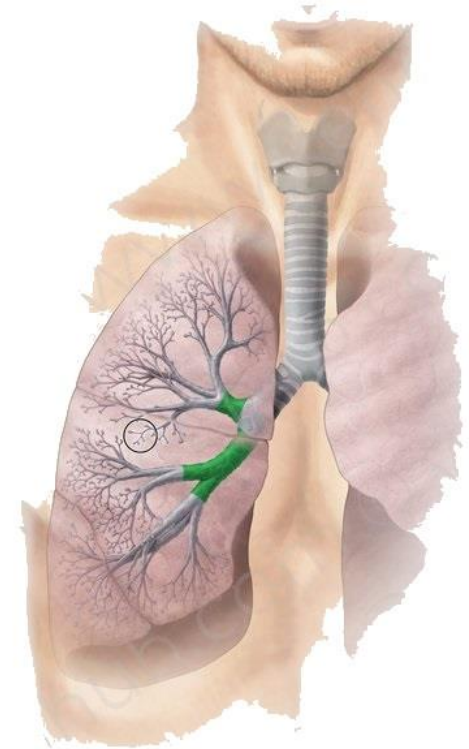
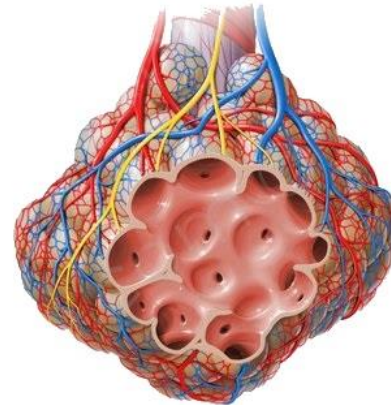
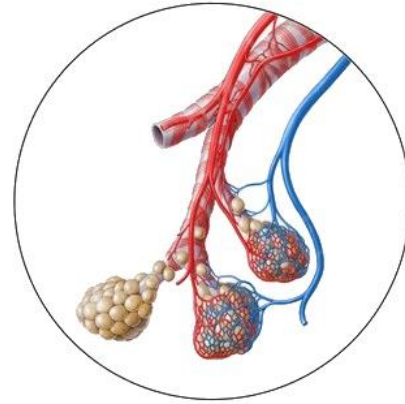
Hörgők (*bronchi*)

- **Főhörgők** (*primary bronchi*)
 - Belépnek a tüdőbe (jobb és bal)
 - Teljes gyűrű alakú porcok
- **Hörgők** (*secondary, tertiary bronchi*)
 - Jobb oldalon 3, bal oldalon 2
 - A tüdőlebenyeket határozzák meg!
 - Porcdarabok
- **Hörgőcskék** (*bronchiolus*)
 - A hörgők utolsó, legkisebb csövei
 - Végükön található a **léghólyagok** (*alveolus*)



Tüdő (*pulmo*)

- Alsó része a **rekeszizmon** (*diaphragma*) nyugszik
- Felső része a **tüdőcsúcs**
- **Lebenyezett** (jobb 3, bal 2)
 - lebenyeken belüli **tüdőszegmentumok** (jobb 10, bal 9)
- A légcsere a **léghólyagocskák** (*alveolus*) szőlőfürtszerű felületén (*alveolus hám*) történik
- A léghólyagocskák falában futó erecskékből (*a. pulmonalis-rendszer*) a **CO₂** kilép az *alveolus térbe*, az **O₂** bediffundál az erecskébe (*v. pulmonalis-rendszer*)



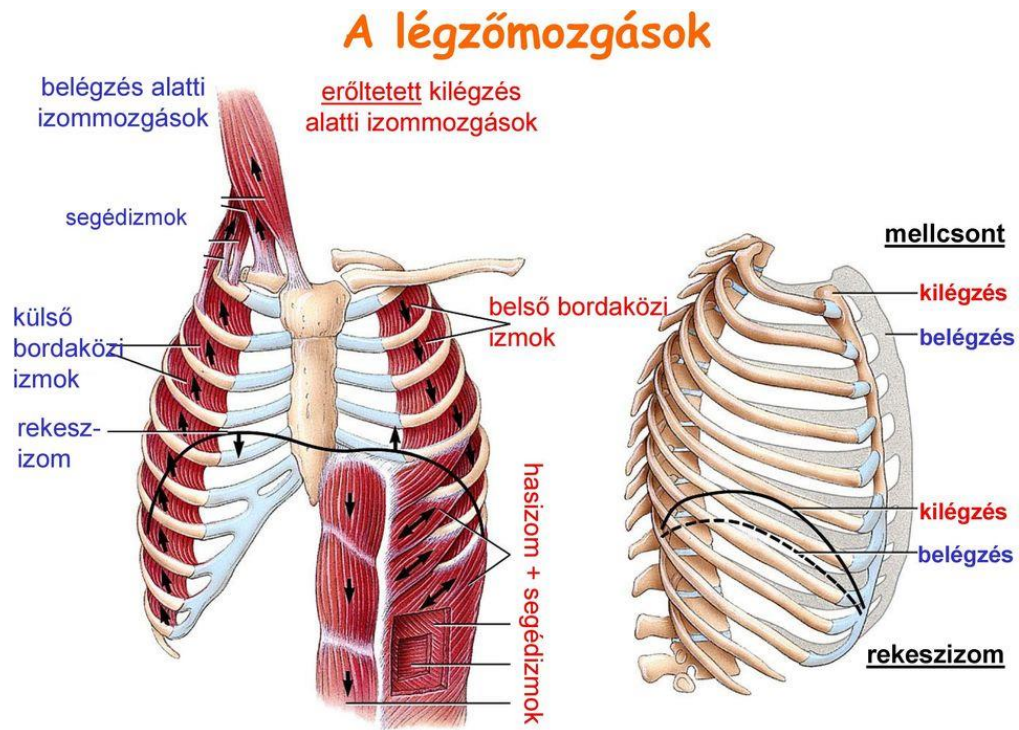
A légzés mechanizmusa

Belégzés (*inspiratio*)

- A mellüreg a belégzőizmok összehúzódása folytán tágul (a bordák megemelkednek, a rekeszizom leáll) => negatív nyomás, szívó hatás
- A mellhártya (pleura) lemezei eltávolodnak egymástól, nő a pleuraüreg, a mellüregi szívó hatás növekszik
- A külső légnyomáskülönbség miatt levegő áramlik a tüdőbe

Kilégzés (*expiratio*)

- A mellüreg szűkül (a bordák lesüllyednek, a rekesz felemelkedik)
- A mellhártya (pleura) lemezei közelednek egymáshoz, csökken a szívó hatás
- A tüdő a saját rugalmasságánál fogva összehúzódik, és levegőt présel ki magából



Tüdőtérfogatok- és kapacitások

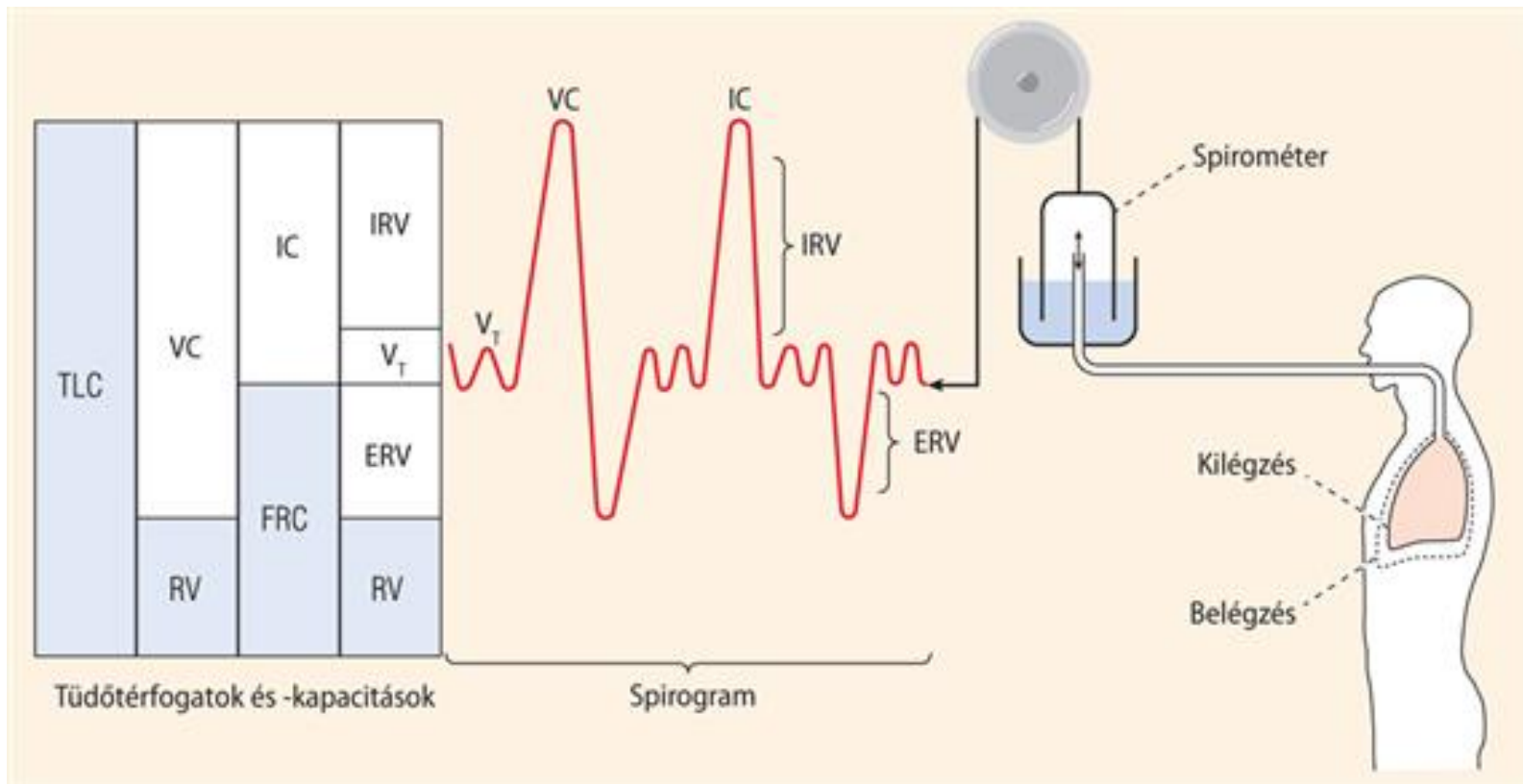
Térfogat: nyugalmi légzési körülmények: kb. 500 ml levegő/légvétel

- Az egyetlen légvétel alatt be-, ill. kilégzett gáz térfogatát **respirációs térfogat (VT)**
- Nyugodt belégzés után erőltetett mély belégzéssel további levegő szívható be: **belégzési, vagy inspirációs rezervtérfogat (IRV)**, amely nőben átlagosan 1900, férfiban 3100 ml.
- A nyugalmi kilégzés után erőltetett kilégzéssel gáz lélegezhető ki: **kilégzési, vagy expirációs rezervtérfogat (ERV)**, amely nőben 800, férfiban 1200 ml.
- A kilégzőizmok maximális aktiválása után is marad gáz a tüdőben: **reziduális térfogat (RV)** nőben átlagosan 1000, férfiban 1200 ml.

Kapacitás: előbbi térfogatok kombinációi.

- **Vitálkapacitás (VC):** maximális belégzés állapotától a maximális kilégzésig kifújható gáz, belégzési rezervtérfogat, a respirációs térfogat és a kilégzési rezervtérfogat
- **Totálkapacitás (TLC):** a maximális belégzés állapotában a tüdőben lévő gáz
- **Funkcionális reziduális kapacitás (FRC):** nyugodt kilégzés után – amikor tehát sem a be- sem a kilégzőizmok nem aktívak – a tüdőben van (a reziduális térfogat és a kilégzési rezervtérfogat összege)
- Nyugodt légzés esetén a tüdőtérfogat az **FRC** és az **FRC + VT** között ingadozik

Tüdőtérfogatok- és kapacitások



Légzőkapacitás növekedése sportolással

- A rendszeres testedzés (*erőteljes **aerob** edzés*) jelentős adaptációs (**alkalmazkodási**) folyamatokat indít el légzőszervrendszerünkben.
- A léghólyagok összfelületének növekedése
- A hajszálerezettség fokozódása => Nagyobb *vitálkapacitási érték!*
- Erősödő légzőizmok => Szív teljesítménynövekedése => Növekedő vörösvértest szám => Jobb izomellátás (anyagcsere) és munka => Jobb teljesítmény!

<i><u>Nyugalmi állapotban</u></i>	LÉGZÉSI FREKVENCIA	LÉGZÉSI TÉRFOGAT	LÉGZÉSI PERCTÉRFOGAT
Nem edzettek:	12-16 percenként	0.5 liter	6-8 liter/perc
Edzettek:	ugyanaz	ugyanaz	ugyanaz

<i><u>Maximális terhelésben</u></i>	LÉGZÉSI FREKVENCIA	LÉGZÉSI TÉRFOGAT	LÉGZÉSI PERCTÉRFOGAT
Nem edzettek:	60 percenként	1.0 liter	kb. 60 liter/perc
Edzettek:	60-65 percenként	1.5-2.0 liter	120-160 liter/perc

Alveoláris gázcsere folyamata

- Az alveoláris gáztér összetétele az alkotórészek **parciális nyomásának** viszonylatában eltér a levegő összetételétől.
- **Parciális nyomás:** az a nyomás, amit az adott gáz akkor képviselne, ha egyedül töltené ki a teret.
- Az O_2 és a CO_2 vonatkozásában fennálló **parciális nyomáskülönbség** hatására a vér O_2 vesz fel és CO_2 ad le.
- A gázcsere az egyensúly eléréséig zajlik, vagyis a távozó artériás vér **gáztenziói** megegyeznek az alveoláris tér **gáztenzióival**.

	Légköri levegő	Alveoláris tér	Vénás vér	Artériás vér
pO_2	158	100	40	100
pCO_2	0,2	40	46	40

Légzési perctérfogat növelése

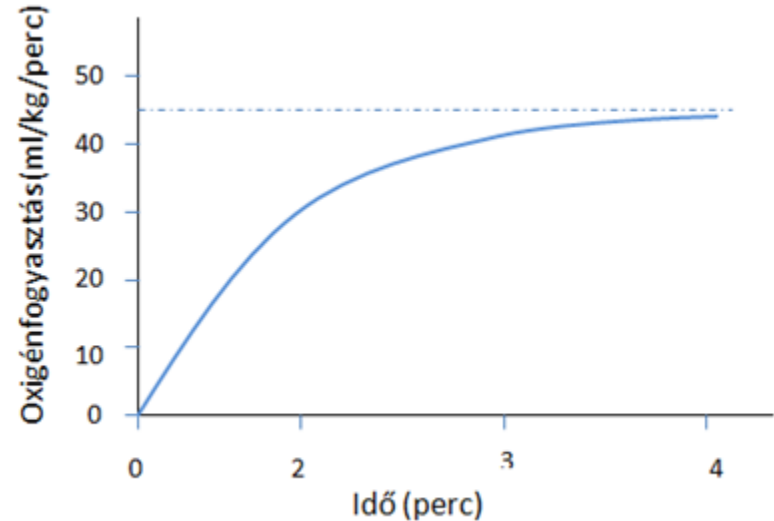
- A megnövekedett energiaforgalom (*fokozott metabolizmus*) **pO₂ növekedést** (*hypercapnia*) eredményez.
- A **centrális kemoreceptorokon** keresztül fokozódik a nyúltvelői belégző központ aktivitása,
- A **perifériás kemoreceptorok** ingerküszöbét meghaladó hypercapnia reflexesen is fokozza a belégző központ aktivitását.

Eredmény:

- A **légzési perctérfogat** *fokozódása*, amely a légzési térfogat és/vagy a légzési frekvencia növekedéséből származhat.
- Edzés hatására az arány a **légzési térfogat** javára tolódik el!

Oxigénfogyasztás/Oxigénfelvevő képesség

- Munkavégzés során az anyagcsere megnövekedett követelményeinek megfelelően **fokozódik** az oxigénfogyasztás.
- A munkavégzés kezdetekor azonnal jelentkeznek az anyagcsere intenzitásának fokozódása, de az O_2 fogyasztás fokozódása csak bizonyos **időbeli késéssel jelentkeznek**, majd eléri maximumát és **konstans** szinten marad.
- A konstans érték a munkavégzés intenzitásának függvénye, de egy felső határt **nem léphet túl**.
- A maximálisan elérhető O_2 fogyasztást VO_2 max rövidítéssel jelölik.

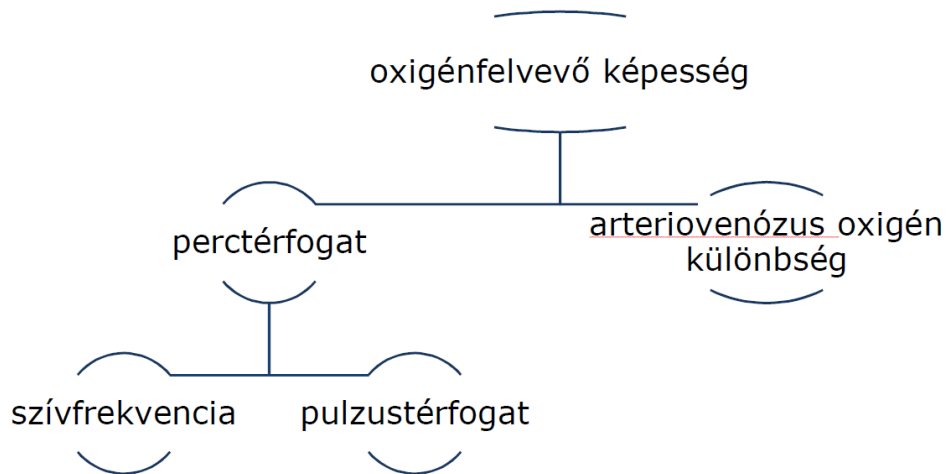


Oxigénfogyasztás/Oxigénfelvevő képesség

- Értéke sok tényezőtől függ (pl. nem, kor, izomtömeg, testsúly, edzettségi és általános egészségi állapot, stb.)

A megnövekedett oxigénfelvétel három folyamat kombinációjából adódhat:

- Megnövekedett légzésszám
- Megnövekedett respirációs térfogat
- A kisvérköri alveolusokban megnövekedett oxigéndiffúzió



Oxigénfogyasztás/Oxigénfelvevő képesség

- Az oxigénfelvevő képesség (VO_2) a **perctérfogat** és az **arteriovenózus oxigénkülönbség** szorzata.

$$VO_2 = CO \times AVO_2 \text{ diff}$$

ahol, VO_2 = az oxigénfelvevő képesség [L/perc], CO = perctérfogat [ml/min], $AVO_2 \text{ diff}$ = arteriovenózus oxigénkülönbség [ml/L].

- Központi komponense a **szív** munkájának mutatója.
- Kifejezi, hogy mennyi vért tud a szív kilökni az **izmok** felé egy perc alatt.
- A **perctérfogat** a pulzustérfogat (a szívizom egy összehúzódása által kilökött vér mennyisége) és a szívfrekvencia szorzata.

Életkor (év)	Férfiak (ml/kg/perc)	Nők (ml/kg/perc)
10-19	47-56	38-46
20-29	43-52	33-42
30-39	39-48	30-38
40-49	36-44	26-35
50-59	34-41	24-33
60-69	31-38	22-30
70-79	28-35	20-27

Oxigénfogyasztás/Oxigénfelvevő képesség

	Életkor (év)	Férfiak (ml/kg/perc)	Nők (ml/kg/perc)
Baseball	18-32	48-56	52-57
Kosárlabda	18-30	40-60	43-60
Kerékpár	18-26	62-74	47-57
Kajak- Kenu	22-28	55-67	48-52
Amerikai Football	20-36	42-60	
Torna	18-22	52-58	35-50
Jégkorong	10-30	50-63	
Tájékozódási futás	20-60	47-53	46-60
Evezés	20-35	60-72	58-65
Alpesi Sielés	18-30	57-68	50-55
Sífutás	20-28	65-94	60-75
Labdarúgás	22-28	54-64	50-60
Gyorskorcsolya	18-24	56-73	44-55
Úszás	10-25	50-70	40-60
Atlétika – Diszkoszvetés	22-30	42-55	
Atlétika – Futás	18-39	60-85	50-75
Atlétika – Futás	40-75	40-60	35-60
Atlétika – súlylökés	22-30	40-46	
Röplabda	18-22		40-56
Súlyemelés	20-30	38-52	
Birkózás	20-30	52-65	

Forrás: WILMORE ÉS COSTILL (1994)

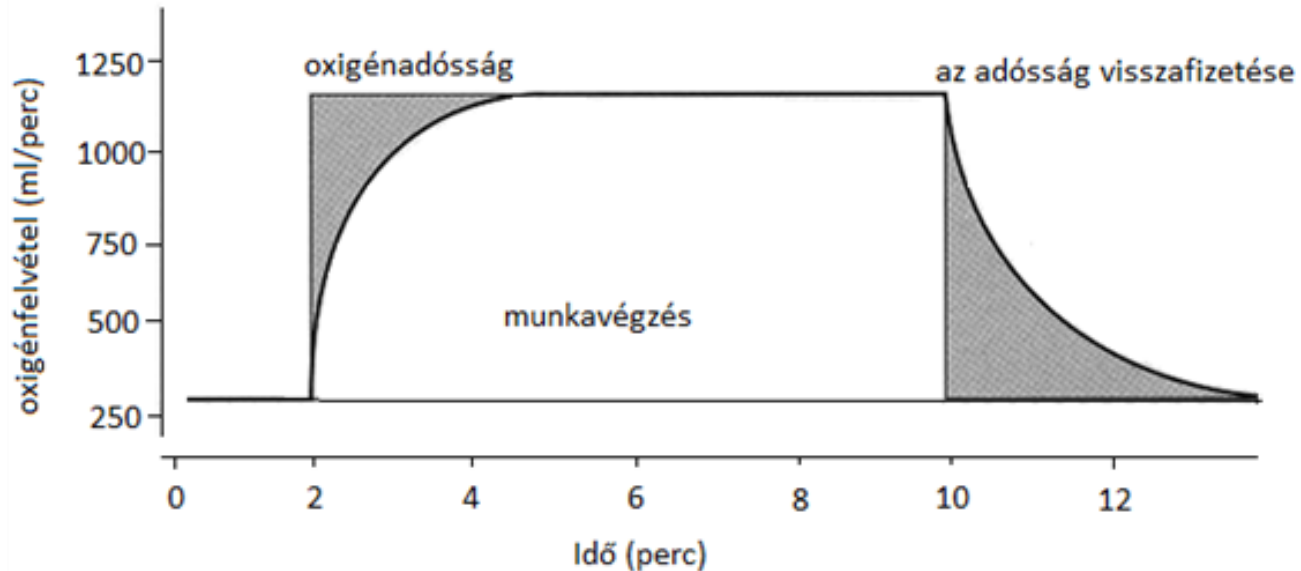
Oxigénfogyasztás/Oxigénfelvevő képesség

VO ₂ max (ml/kg/perc)	Sportoló	Nem	Sportág
96.0	Espen Harald Bjerke	férfi	sífutás
96.0	Bjorn Daehlie	férfi	sífutás
92.5	Greg LeMond	férfi	kerékpár
92.0	Matt Carpenter	férfi	maratón
92.0	Tore Ruud Hofstad	férfi	sífutás
91.0	Harri Kirvesniemi	férfi	sífutás
88.0	Miguel Indurain	férfi	kerékpár
87.4	Marius Bakken	férfi	5.000m futás
85.0	Dave Bedford	férfi	10.000m futás
85.0	John Ngugi	férfi	sífutás
73.5	Greta Waitz	nő	maratón
71.2	Ingrid Kristiansen	nő	maratón
67.2	Rosa Mota	nő	maratón

Forrás: WILMORE ÉS COSTILL (1994)

Az oxigénadósság keletkezése és "visszafizetése"

- A munkavégzés intenzitásának megfelelő mértékű O₂ fogyasztás nem azonnal alakul ki, így a munkavégzés kezdetén oxigénadósság keletkezik, melynek visszafizetésére a munkavégzést követően kerül sor.
- A munkavégzést követően felvett többlet O₂ az O₂ raktárak feltöltésére, az ATP reszintézisére és a tejsav eliminálására fordítódik.



Spirometriás mérés

- **Tüdőtérfogatok** és/vagy **légáramlás** mérése az orr- vagy szájnyílásnál.
- A spirometriás eljárások során nem csak a **statikus légzési paramétereket** (*légzési térfogat, belégzési és kilégzési rezerv, vitálkapacitás*) határozzák meg, hanem mód nyílik a légzés **dinamikájának** vizsgálatára is.
- A be- és kilégzés során **változik** a levegő áramlásának sebessége.
- Meghatározható a **PIF** (*csúcs áramlási sebesség a belégzés alatt – peak inspiratory flow*), a **PEF** (*csúcs áramlási sebesség a kilégzés alatt – peak expiratory flow*), kirajzoltatható a légzési **hurokgörbe**.

Spirometriás mérés

Restrictiv ventilációs zavar:A tüdőterefogatok nincsenek jelen (pl. tüdőműtét utáni állapot) vagy nem tudnak megnyilvánulni (pl. rekeszizom bénulás).

Jellemzői: IVC↓(↓), FEV1↓(↓), TLC↓(↓) Tiffeneau-index→

Obstructiv ventilációs zavar:A légúti áramlás akadályozott. Endobronchialis obstructio (pl. asthma bronchiale): FEV1↓(↓), IVC↓(→), Tiffeneau-index↓(↓), FIV1↓(↓), TLC→(↑)

Exobronchialis obstructio(pl. tracheobronchialis collapsus): FEV1↓(↓), IVC↓(→), Tiffeneau-index↓(↓), FIV1→, TLC=(↑)

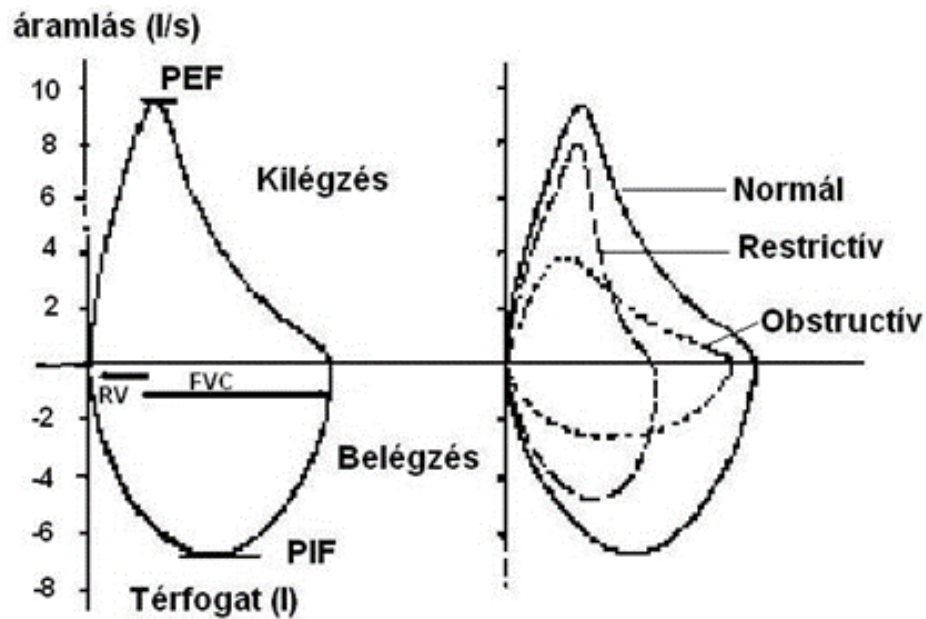
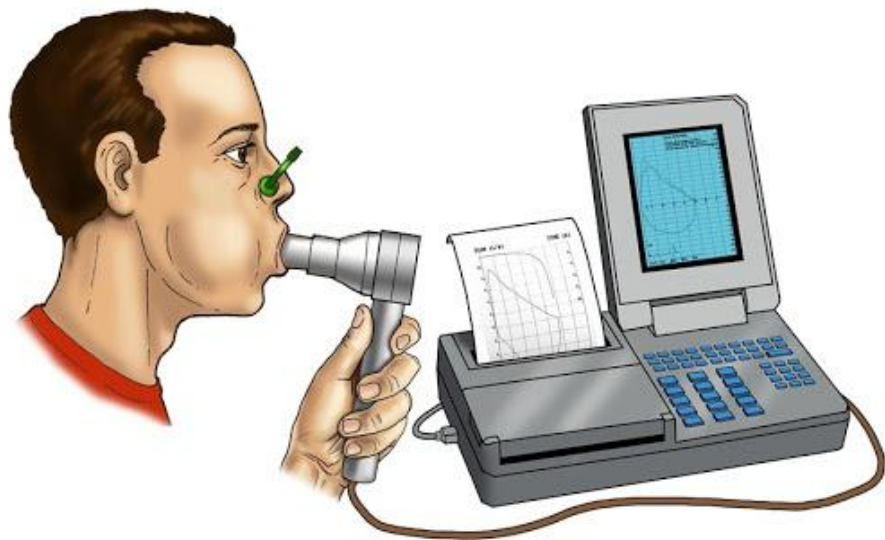
Kishörgőobstructio:FEV1→, IVC→, Tiffeneau-index→, MEF₂₅↓

Vegyes jellegű ventilációs zavar:FEV1↓(↓), IVC↓(↓), Tiffeneau index↓(↓), TLC↓(↓)

Hyperinflatio:TLC↑(↑), FRC↑(↑), RV↑(↑), RV/TLC%↑(↑)

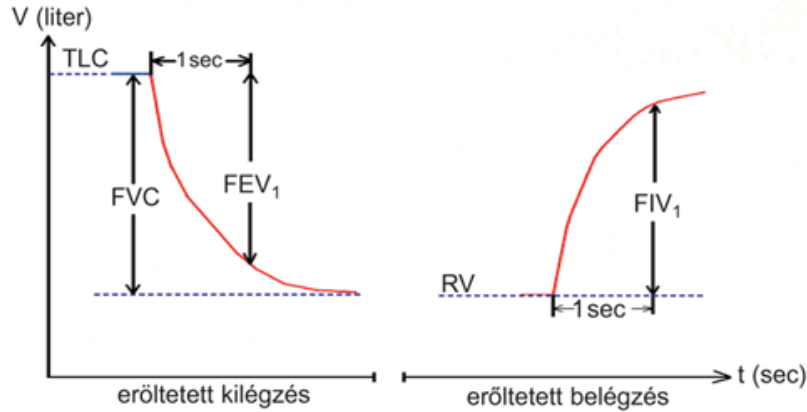
A spirometria kritikája:A mérési eredményeket nagymértékben befolyásolja a vizsgált személy együttműködése.

Spirometriás mérés

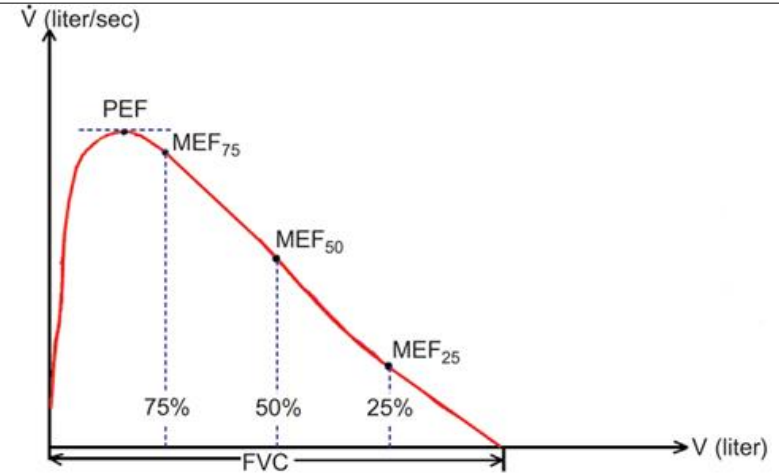


Spirometriás mérés

Dinamikus tüdőtérfogatok - Mérésük erőltetett ki- és/vagy belégzés közben történik



FEV₁: Az első másodpercben mért térfogat erőltetett kilégzés közben
FIV₁: Ua. erőltetett belégzés közben
FVC: Erőltetett kilégzési vitálkapacitás



PEF: Kilégzési csúcsáramlás
MEF₂₅: Erőltetett kilégzési áramlás amikor már csak az FVC 25%-a van a tüdőben
Erőltetett kilégzési áramlás- térfogat görbe

Ergospirometriás mérés

- A **laboratóriumban** végzett terheléses (**ergospirometriás**) vizsgálatok olyan vizsgálati eljárások, amelyek a szív-, keringési- és a légzőrendszer (**kardiorespiratórikus rendszer**), valamint az anyagcsere-működések színvonalának meghatározására szolgálnak.

Maga a terheléses vizsgálat alapvetően háromféle protokoll alapján történhet:

- Huzamos ideig állandó (**steady state**)
- Fokozatosan növekvő terhelés, amely az anaerob küszöb-szint meghatározására szolgál (**nem max. terhelés**)
- Fokozatosan növekvő terhelés, amely a kimerülésig tart (**vita maxima**)



Bruce protokoll

- **Teljes kifáradásig** tartó vizsgálat, ahol a futás sebessége és a futószalag meredeksége három percenként emelkedik.
- A vizsgálatot eredetileg **kardiovaszkuláris** betegségekben szenvedők fizikális állapotának vizsgálatára dolgozták ki, de jelentősen elterjedt sportolók körében is a maximális oxigénfelvétel megállapítására.



Bruce protokoll

- Megbízható adatokhoz teljes kifáradást kell elérni, ami igen nagy **elszántságot**, **motiváltságot** és a maximális terhelésekkel járó kellemetlen érzések **tolerálását** igényli.
- A vizsgálat tíz szakaszból áll.

Szakasz	Idő (perc)	Sebesség (km/h)	Meredekség (%)
Bemelegítés	10	-	-
1	0	2,74	10
2	3	4,02	12
3	6	5,47	14
4	9	6,76	16
5	12	8,05	18
6	15	8,85	20
7	18	9,65	22
8	21	10,46	24
9	24	11,26	26
10	27	12,07	28



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

EGER 1774



ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM