



RESPIRATIONSSYSTEMET: INTRODUKTION TILL RESPIRATIONSSYSTEMET

NIKLAS DAHRÉN



Innehåll:

- Respirationssystemet
- Respirationssystemet olika delar
- Struphuvud (larynx) och luftstrupe (trachea)
- Öppna och stängda stämband
- Adamsäpplet (prominentia laryngea)
- Bronker (bronchi) och bronkioler (bronchioli)
- Lungornas (pulmones) funktion och placering
- Röntgenbilder av lungorna
- Lungornas uppbyggnad
- Lungsäcken (pleura)
- Alveoler (alveoli) och gasutbyte
- Gasutbytet i alveolerna sker med diffusion
- Viktiga faktorer för effektivt gasutbyte
- Andningsmuskler (musculi respiratorii)
- Ventilation (yttre andning)
- Diafragma (diaphragma)
- Vid forcerad utandning aktiveras de inre interkostalmusklerna samt bukmusklerna
- Reglering av ventilationen
- Hyperventilering och andhållning

Respirationssystemet

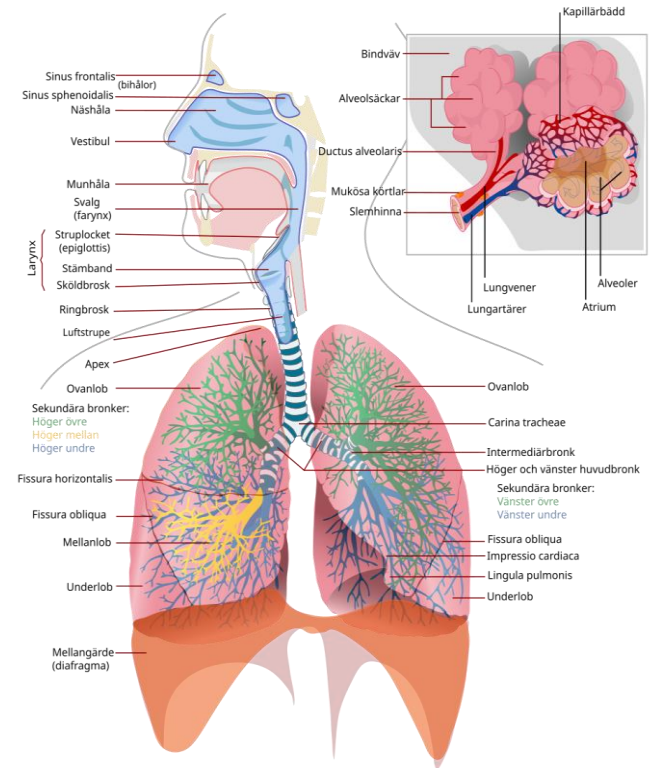
✓ **Definition:** Respirationssystemet är kroppens organsystem för yttre andning, vars huvuduppgift är att möjliggöra gasutbyte mellan luft och blod. Systemet består av de organ och strukturer som gör att kroppen kan ta upp syre (O_2) och avge koldioxid (CO_2).

✓ **Funktion:**

- Möjliggör gasutbyte mellan luft och blod.
- Tillför syre (O_2) till kroppen.
- Avlägsnar koldioxid (CO_2) från kroppen.
- Bidrar till att reglera blodets pH genom att avlägsna CO_2 (CO_2 sänker blodets pH).

✓ **Består av:**

- Övre luftvägar
- Nedre luftvägar
- Lungor (*pulmones*)
- Andningsmuskler



Respirationssystemet olika delar

✓ Övre luftvägar:

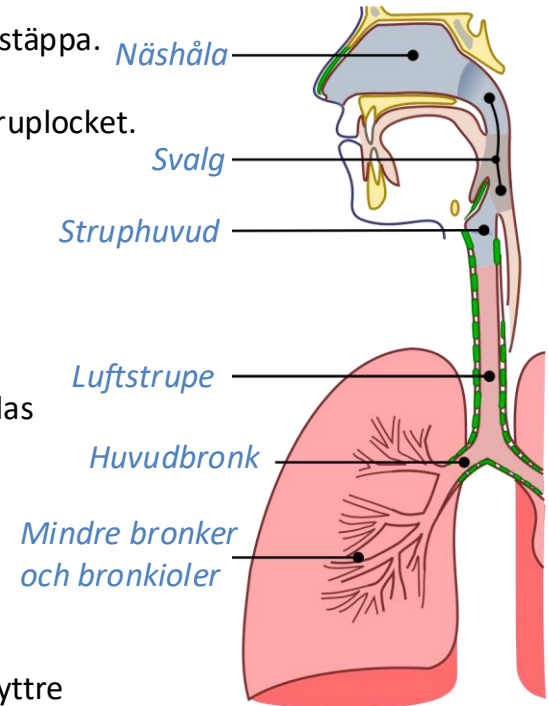
- Näshåla (*cavitas nasi*) och bihålor (*sinus paranasales*): Filtrerar, värmer och fuktar inandningsluften. Producerar slem som fångar partiklar.
- Munhåla (*cavitas oris*): Alternativ luftväg, t.ex. vid fysisk ansträngning och nästäppa.
- Svalg (*pharynx*): Gemensam passage för både luft och mat.
- Struphuvud (*larynx*): Leder luft till luftstrupen. Innehåller stämbanden och struplocket.

✓ Nedre luftvägar:

- Luftstrupe (*trachea*): Transporterar inandningsluft från struphuvudet (*larynx*) ner till lungorna.
- Bronker (*bronchi*): Luftstrupen delas i två luftrör som kallas huvudbronker som går in i varsin lunga och förgrenar sig vidare i ännu mindre bronker.
- Bronkioler (*bronchioli*): Bronkerna övergår successivt i mindre luftrör som kallas bronkioler. Dessa förgrenar sig ytterligare och leder luften vidare ut i lungvävnaden fram till alveolerna där gasutbytet sker.

- ✓ **Lungor (*pulmones*):** Lungorna är elastiska organ som innehåller miljontals alveoler (lungblåsor) där gasutbytet sker.

- ✓ **Andningsmuskler (*musculi respiratorii*):** Andningsmusklerna möjliggör ventilation (yttre andning) genom att förändra bröstorgans volym. Den viktigaste är diafragma (*diaphragma*).



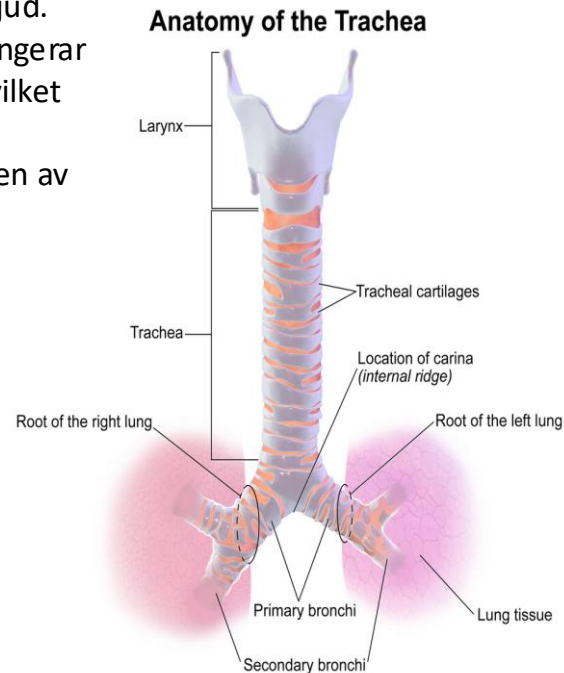
Struphuvud (larynx) och luftstrupe (trachea)

✓ Struphuvud (*larynx*):

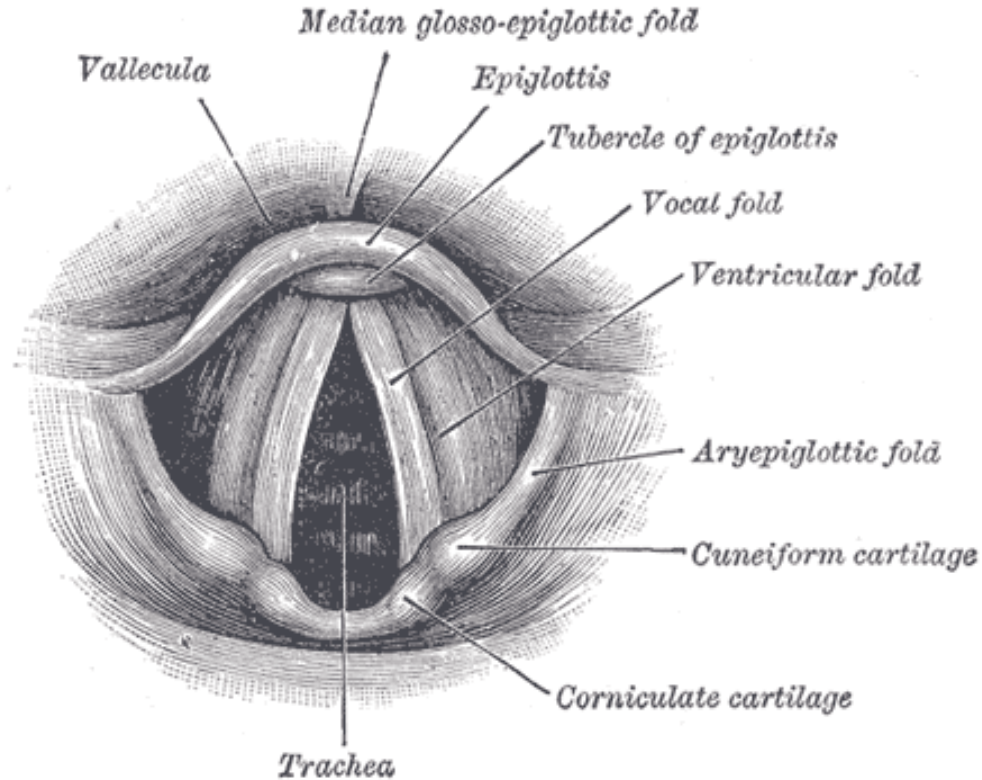
- **Stämbanden (*pliae vocales*):** Struphuvudet innehåller stämbanden som möjliggör ljudbildning. När luft passerar mellan stämbanden kan de vibrera och skapa ljud.
- **Struplocket (*epiglottis*):** I struphuvudet sitter struplocket, en broskflik som fungerar som en lucka. Vid sväljning fälls det ner och täcker ingången till luftstrupen, vilket förhindrar att mat och vätska hamnar i luftvägarna.
- **Adamsäpplet (*prominentia laryngea*):** Adamsäpplet är den framträdande delen av struphuvudets broskstruktur (*cartilago thyroidea*).

✓ Luftstrupe (*trachea*):

- **Funktion och anatomi:** Luftstrupen transporterar inandningsluft från struphuvudet ner till lungorna. Den är cirka 10–12 cm lång och hålls öppen av C-formade broskringar av hyalint brosk.
- **Slemhinna med flimmerhår (*cilier*):** Insidan är täckt av slemhinna med flimmerhår (*cilier*) och slemproducerande celler. Slemmet fångar upp partiklar och mikroorganismer, medan cilierna transporterar slemmet upp mot svalget (*mukociliär transport*), där det sväljs bort eller hostas upp.
- **Förgrening:** Luftstrupen delar sig i två huvudbronker (*bronchi principales*), en till varje lunga.



Struphuvud och luftstrupe



Öppna och stängda stämband

- ✓ **Öppna stämband:** Vid andning är stämbanden öppna så att luft kan passera fritt till och från lungorna. När stämbanden är öppna (abducerade) bildar de en öppning som kallas glottis. Öppningen regleras av muskler i struphuvudet.



Bildkälla: By melvil - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52972195>

- ✓ **Stängda stämband:** Vid sväljning sluts stämbanden för att skydda luftvägarna från mat och vätska. Vid tal förs de också närmare varandra och sätts i svängning när luft passerar, vilket ger upphov till ljud. Stängningen regleras av muskler i struphuvudet.



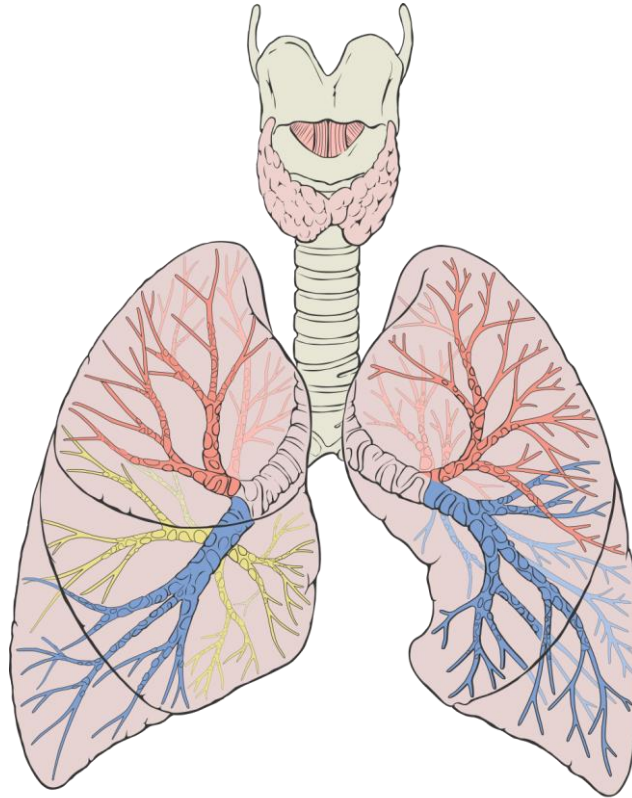
Bildkälla: By melvil - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53298867>

Adamsäpplet (prominentia laryngea)

- ✓ **Adamsäpplet (*prominentia laryngea*):** Adamsäpplet är den framträdande delen av struphuvudets sköldbrosk (*cartilago thyroidea*). Det syns som en utbuktning på framsidan av halsen och ingår i struphuvudet (*larynx*).
- ✓ **Varför heter det Adamsäpplet?:** Namnet kommer från en gammal biblisk myt om Adam och det förbjudna äpplet. Enligt traditionen skulle en bit av "äpplet" ha fastnat i Adams hals och orsakat utbuktningen. Detta är en myt och inte medicinskt korrekt, men namnet har blivit kvar i vardagspråk.
- ✓ **Skillnader mellan könen:** Adamsäpplet finns hos alla människor, men det är ofta mer framträdande hos personer som genomgått puberteten med högre testosteronnivåer (oftast män).
 - Under puberteten växer struphuvudet mer hos dessa individer.
 - Sköldbrosket blir större och vinklas mer framåt.
 - Detta gör att Adamsäpplet blir tydligare och rösten samtidigt blir djupare.



Bronker (bronchi) och bronkioler (bronchioli)



Bronker (bronchi) och bronkioler (bronchioli)

✓ Bronker (*bronchi*):

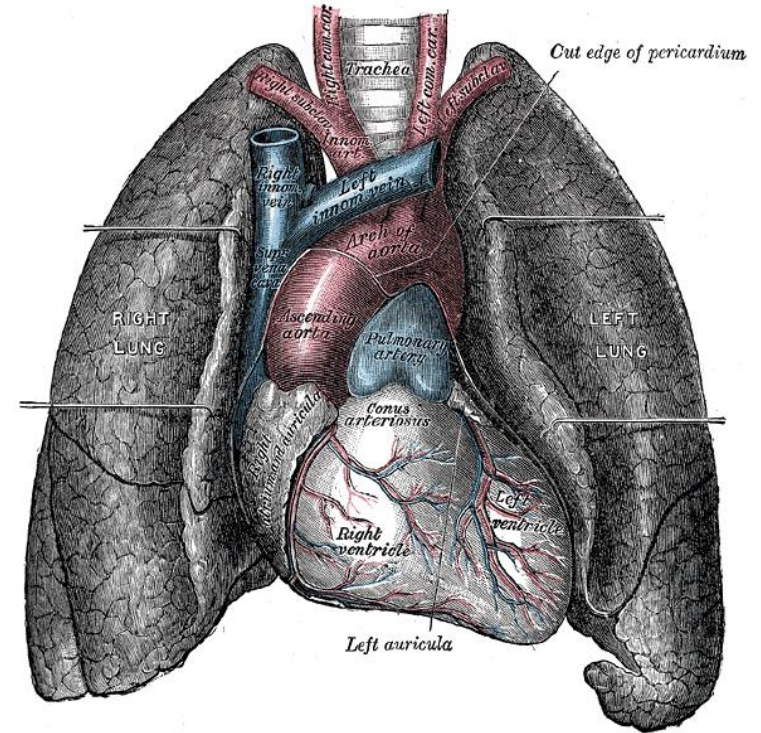
- Luftstrupen delar sig i två huvudbronker (*bronchi principales*), en till varje lunga.
- Huvudbronkerna (*bronchi principales*) går in i lungorna och förgrenar sig till mindre lobära bronker (*bronchi lobares*), som fördelar luft till respektive lunglob. Dessa förgrenar sig vidare till mindre segmentbronker (*bronchi segmentales*), som leder luft till lobernas olika segment (en mindre, funktionell del av en lunglob).
- Förgreningarna bildar alltså ett trädliknande nätverk som effektivt sprider luften i hela lungan.
- Bronkerna är förstärkta med brosk som håller luftvägarna öppna och förhindrar kollaps vid andning.
- Precis som i luftstrupen har bronkerna en slemhinna med flimmerhår (cilier) och slemproducerande celler. Slemmet fångar partiklar och mikroorganismer, och cilierna transporterar det upp mot svalget (mukociliär transport) där det sväljs eller hostas upp.

✓ Bronkioler (*bronchioli*):

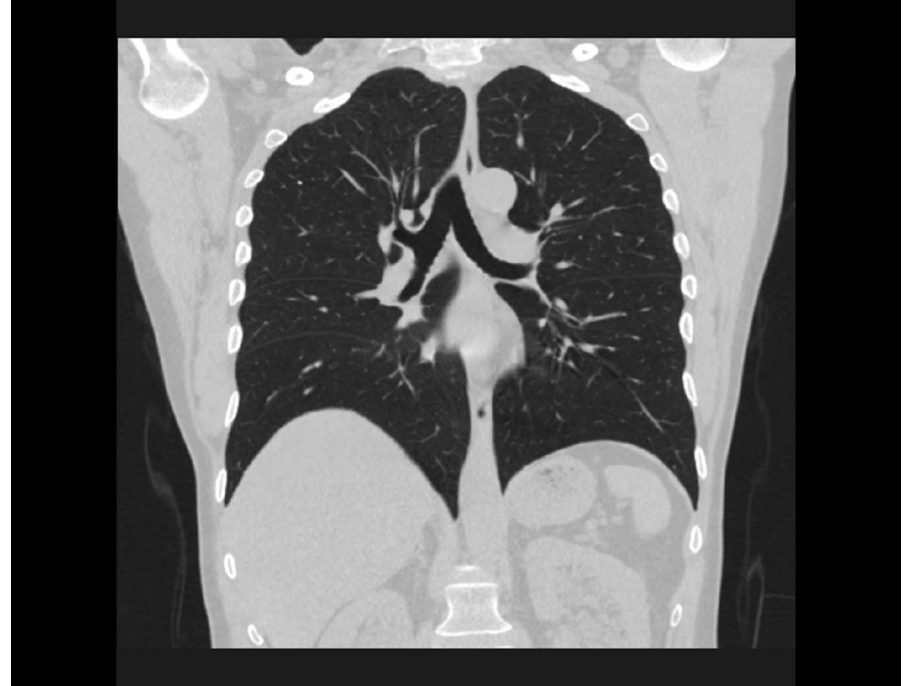
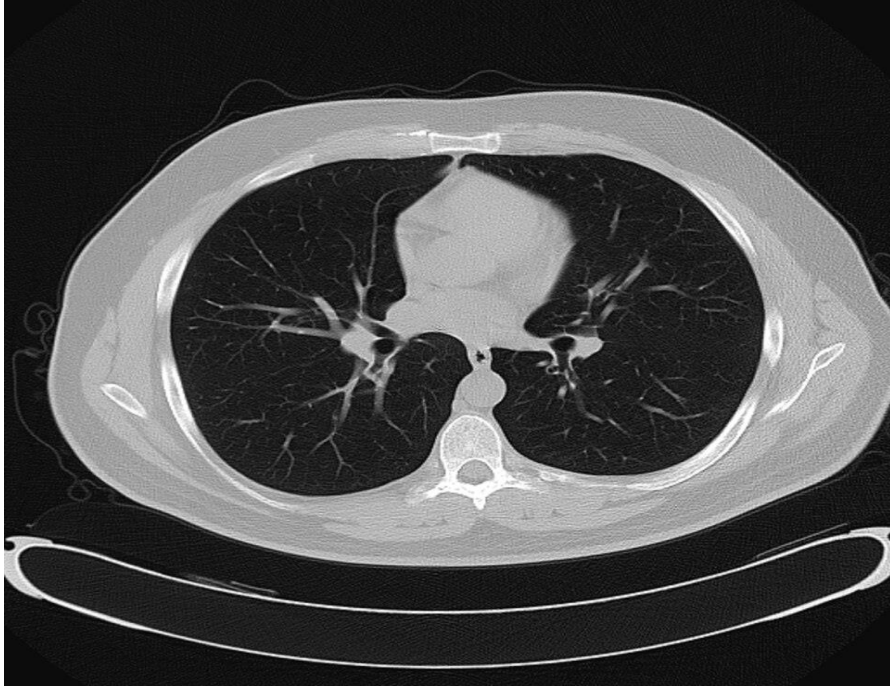
- Bronkerna övergår successivt i allt mindre luftrör som kallas bronkioler. Dessa förgrenar sig ytterligare och leder luften vidare ut i lungvävnaden fram till alveolerna, där gasutbytet sker.
- Flimmerhår (cilier) finns i de större bronkiolerna men minskar successivt och saknas i de minsta bronkiolerna.
- Bronkioler saknar brosk men innehåller glatt muskulatur som kan dra ihop sig eller slappna av (bronkkonstriktion och bronkdilatation). På så sätt regleras luftflödet till olika delar av lungan.

Lungornas (pulmones) funktion och placering

- ✓ **Lungornas (*pulmones*) funktion:** Lungorna är två elastiska organ vars huvudsakliga funktion är att möjliggöra gasutbyte av syre (O_2) och koldioxid (CO_2) mellan luft och blod, där syre tas upp av blodet och koldioxid avges.
- ✓ **Lungornas placering:**
 - Lungorna (*pulmones*) ligger i bröstkorgen (*thorax*) och skyddas av revbenen (*costae*) och bröstbenet (*sternum*).
 - Mellan lungorna finns mediastinum, ett centralt område i brösthålan där bland annat hjärtat (*cor*) är beläget.



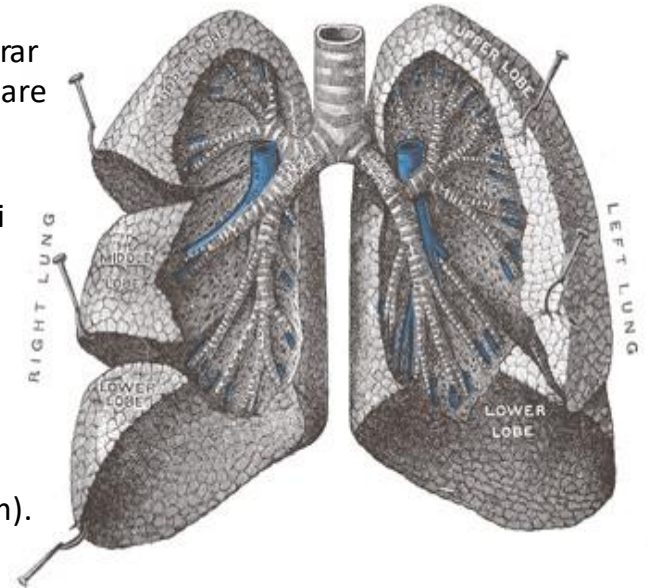
Röntgenbilder av lungorna



Lungornas uppbyggnad

✓ Intern struktur:

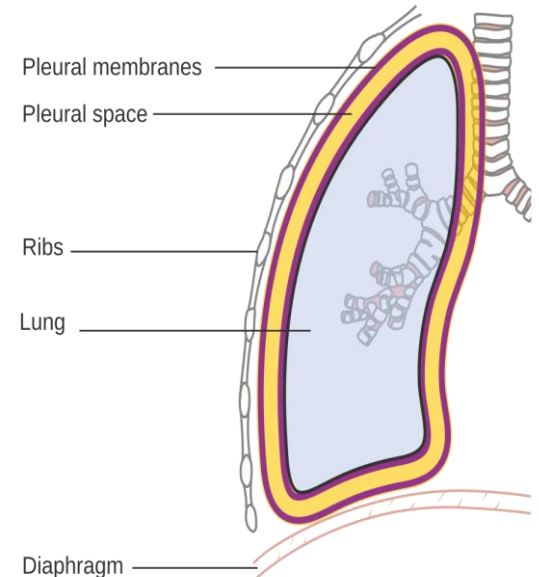
- **Bronkialträd:** Lungorna består av ett förgrenat bronkialträd som inkluderar bronker (*bronchi*) och bronkioler (*bronchioli*), vilka transporterar luft vidare till alveolerna (*alveoli*).
- **Huvudbronker (*bronchi principales*):** Luftstrupen (*trachea*) delar sig i två huvudbronker, en till höger lunga och en till vänster lunga. Dessa går in i respektive lunga och förgrenar sig vidare till lobära och segmentella bronker som fördelar luften i lungornas olika delar.
- **Bronkioler (*bronchioli*):** Bronkerna förgrenas successivt till allt mindre bronker och därefter till bronkioler. Bronkiolerna mynnar i alveolgångar och alveolsäckar där alveolerna finns samlade.
- **Alveoler (*alveoli*):** Alveolerna (lungblåsor) är slutstationen i luftvägarna. De omges av ett tätt nätverk av lungkapillärer (*vasa capillaria pulmonum*). Här sker gasutbytet mellan luft och blod.



- ✓ **Lober (*lobi pulmonis*):** Lungorna delas in i lober, som är större anatomiska avdelningar av lungan. Höger lunga har tre lober (övre, mellersta och nedre loben), medan vänster lunga har två lober (övre och nedre loben). Vänster lunga är mindre eftersom hjärtat (*cor*) tar plats i bröstkorgen. Loberna underlättar lungans funktion genom att organisera luftvägar och blodkärl i separata områden.

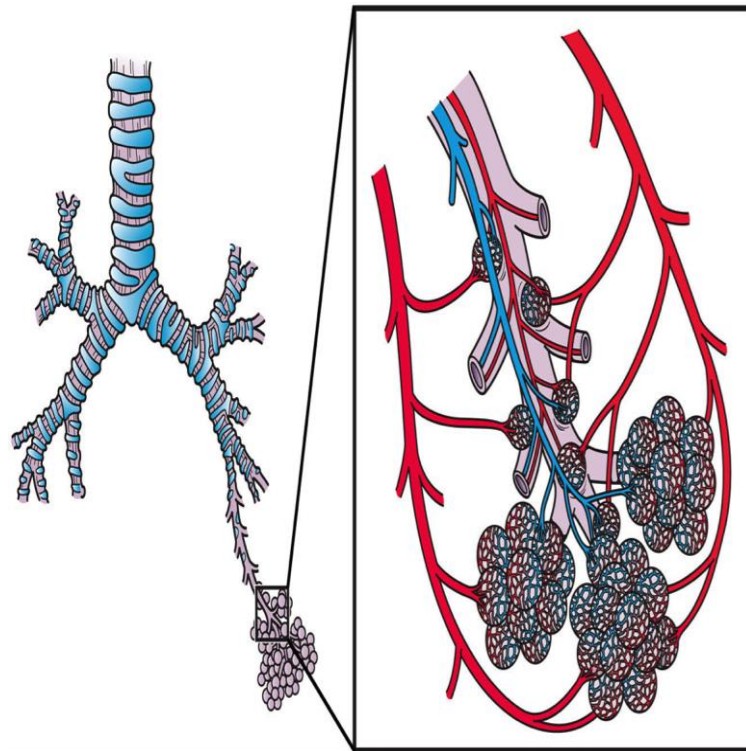
Lungsäcken (pleura)

- ✓ **Lungsäcken (pleura):** Lungsäcken omger lungorna och är viktig för deras funktion.
- ✓ **Lungsäckens uppbyggnad:** Lungsäcken består av två tunna hinnor (pleurablad) och ett vätskefyllt utrymme (pleurarummet).
 - **Viscerala pleura (*pleura visceralis*):** En tunn hinna som sitter fast direkt på lungornas yta.
 - **Parietala pleura (*pleura parietalis*):** En tunn hinna som sitter mot bröstväggen, diafragma och mediastinum (det centrala området i bröstkorgen där bland annat hjärtat (*cor*) är beläget).
 - **Pleurarummet (*cavitas pleuralis*):** Mellan hinnorna finns ett mycket tunt, vätskefyllt utrymme som kallas pleurarummet.
- ✓ **Lungsäckens funktion:**
 - Minskar friktion så att lungorna kan glida smidigt mot bröstväggen vid in- och utandning.
 - I pleurarummet (*cavitas pleuralis*) råder ett negativt tryck (undertryck) jämfört med atmosfärstrycket. Detta gör att lungorna hålls utspända mot bröstkorgen och följer dess rörelser vid andning.

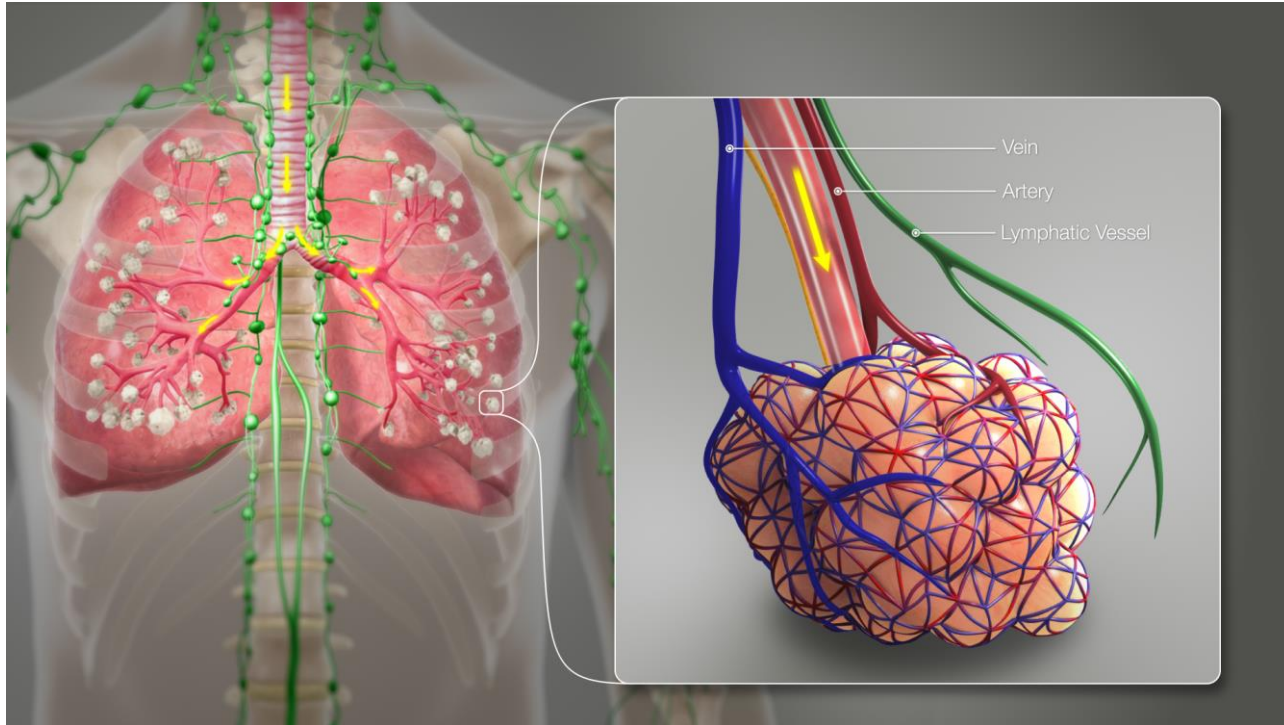


Alveoler (alveoli) och gasutbyte

- ✓ **Alveoler (*alveoli*) är lungblåsor:** Alveolerna är små luftblåsor i lungorna (*pulmones*) där gasutbytet sker mellan luft och blod, och kallas därför ofta lungblåsor. De utgör slutstationen i det förgrenade bronkialträdet.
- ✓ **Alveolernas uppbyggnad:**
 - Väggarna består av ett mycket tunt epitel (ett enda lager epitelceller).
 - Omgivna av ett tätt nätverk av kapillärer (*vasa capillaria*).
 - Stor sammanlagd yta (ca 70 m² hos vuxen människa) vilket ger ett effektivt gasutbyte.



Alveoler (lungblåsor) och gasutbyte



Gasutbytet i alveolerna sker med diffusion

✓ Diffusion av gaser:

- I lungorna sker gasutbytet genom diffusion över det tunna alveolkapillärmembranet.
- Diffusion innebär att partiklar rör sig från ett område med hög koncentration (eller högt partialtryck) till ett område med lägre koncentration (eller lägre partialtryck).
- För gaser i biologiska system används ofta begreppet partialtryck istället för koncentration. Partialtryck är det tryck som en enskild gas i en gasblandning utövar.

✓ Diffusion av syre:

- Syre (O_2) diffunderar från alveolerna till blodet eftersom partialtrycket för O_2 är högre i alveolerna än i kapillärerna.
- Syre binds till hemoglobin i röda blodkroppar och bildar oxyhemoglobin, vilket möjliggör effektiv syretransport i blodet.

✓ Diffusion av koldioxid:

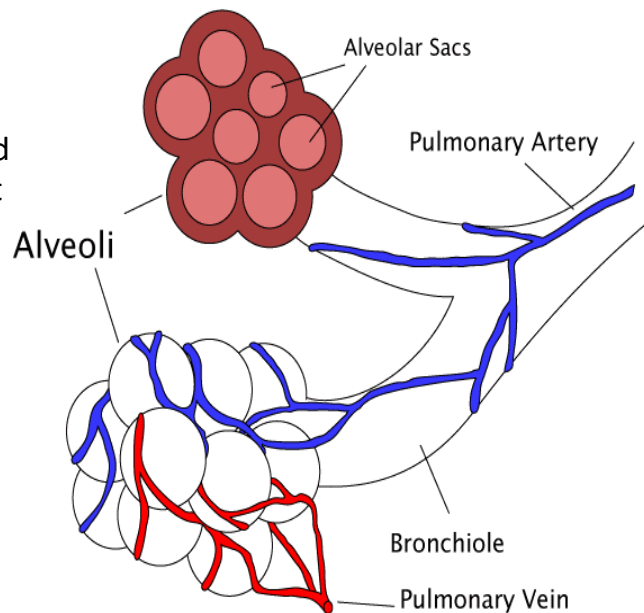
- Koldioxid (CO_2) diffunderar från blodet till alveolerna eftersom partialtrycket för CO_2 är högre i blodet än i alveolerna.
- CO_2 transporteras främst i form av bikarbonat (HCO_3^-) i plasma, men även bundet till hemoglobin som karbaminohemoglobin.

✓ Fuktig yta som underlättar gasdiffusion:

- Gaser (O_2 och CO_2) kan bara diffundera effektivt om de är lösta i vätska.
- Alveolerna har därför ett tunt lager vätska som gör att syre först löses i vätskefilmen, och därefter diffunderar genom alveolväggen till blodet.
- Koldioxid diffunderar i motsatt riktning från blodet till alveolluften via samma vätskeskikt, där den avges vid utandning.

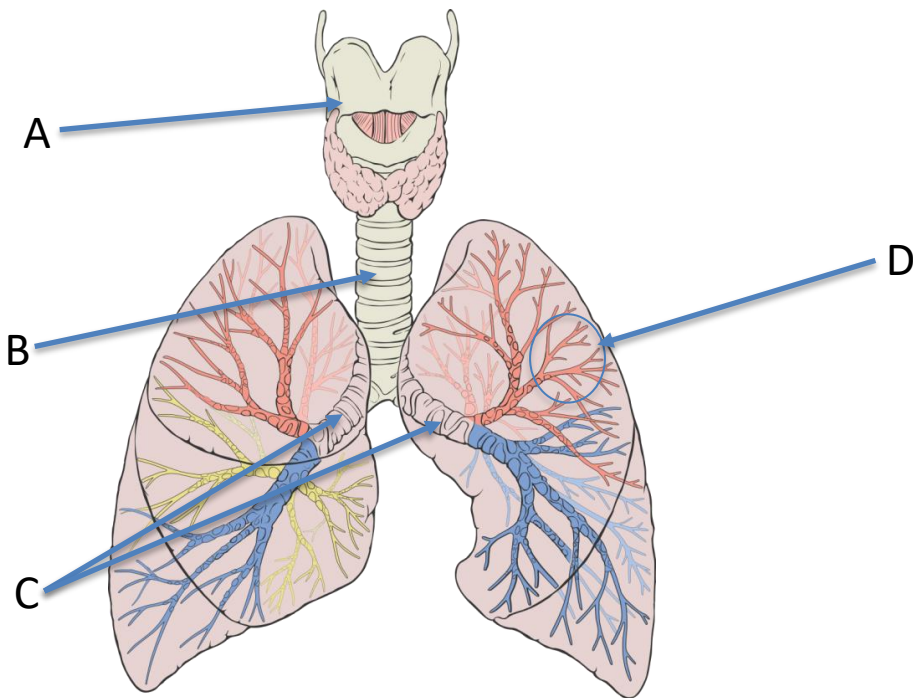
Viktiga faktorer för effektivt gasutbyte

- ✓ **Stor yta (många alveoler):** Lungorna innehåller miljontals alveoler (*alveoli*), vilket ger en mycket stor sammanlagd yta (ca 70 m²). Den stora ytan möjliggör effektiv diffusion, där stora mängder syre kan tas upp samtidigt som koldioxid avges.
- ✓ **Kort diffusionssträcka (tunna väggar):** Alveolernas väggar består av ett mycket tunt epitel (ett enda lager epitelceller) och ligger i direkt kontakt med kapillärerna. Detta minimerar diffusionsavståndet och gör gasutbytet snabbt och effektivt.
- ✓ **Stor koncentrations-/partialtrycksgradient:** Skillnader i koncentration och partialtryck mellan alveolluft och blod driver diffusionen. Syre diffunderar från alveolerna till blodet, medan koldioxid diffunderar i motsatt riktning. Ventilation och blodflöde (perfusion) upprätthåller kontinuerligt denna gradient.
- ✓ **Rik blodförsörjning:** Alveolerna omges av ett mycket tätt kapillärnät (*vasa capillaria*), vilket säkerställer snabb transport av syre från alveolerna till blodet och kontinuerlig tillförsel av koldioxid till alveolerna för utandning.



Uppgift 1:

Vilka olika strukturer pekar pilarna på?



Svar:

A: Struphuvudet (larynx)

B: Luftstrupen (trachea)

C: Huvudbronker

D: Mindre bronker och bronkioler

Uppgift 2:

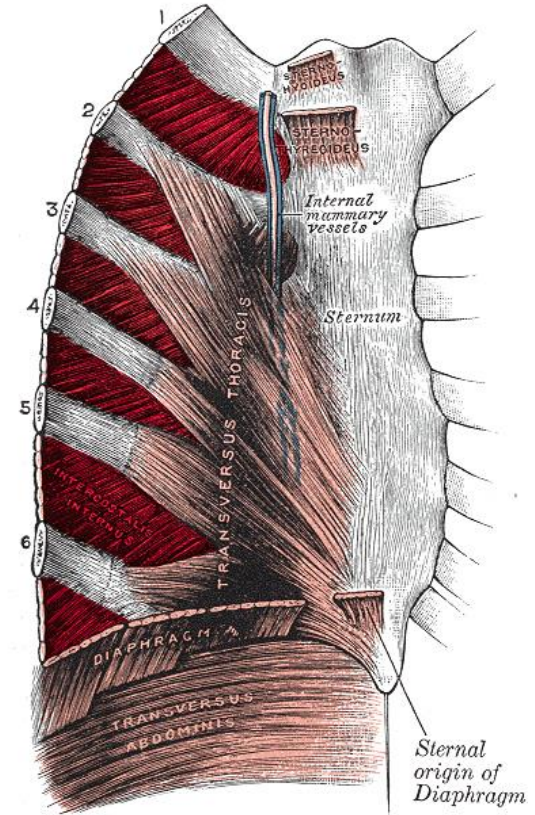
Redogör för syrets väg från den omgivande luften genom respirationssystemet till dess att det når blodet

Svar:

1. **Inandning (näshåla eller munhåla):** Luften med syre (O_2) tas in genom näsan eller munnen. I näshålan (och i bihålorna) värms, fuktas och renas luften.
2. **Svalg (pharynx):** Luften passerar genom svalget, som är en gemensam passage för luft och mat.
3. **Struphuvud (larynx):** Luften fortsätter genom struphuvudet, där stämbanden finns. Struplocket (*epiglottis*) ser till att maten inte hamnar i luftvägarna.
4. **Luftstrupe (trachea):** Luften förs ner i luftstrupen som hålls öppet av broskringar.
5. **Bronker (bronchi):** Luftstrupen delar sig i två huvudbronker, en till varje lunga. Huvudbronker förgrenas sig sedan till mindre bronker till varje del av lungan.
6. **Bronkioler (bronchioli):** Bronkerna förgrenas inne i lungorna i allt mindre luftvägar som kallas bronkioler, vilka leder luften vidare till alveolerna där gasutbytet sker.
7. **Alveoler/lungblåsor (alveoli):** Luften når till slut alveolerna, där gasutbytet sker. Syre diffunderar genom alveolernas vägg och kapillärernas vägg in i blodet. Syret binder till hemoglobin i röda blodkroppar och transporteras sedan till kroppens vävnader.

Andningsmuskler (musculi respiratorii)

- ✓ **Andningsmuskler (*musculi respiratorii*):** Andningsmusklerna är de muskler som möjliggör ventilation (yttre andning) genom att förändra bröstkorgens volym. Detta skapar tryckskillnader mellan lungorna och omgivningen, vilket gör att luft strömmar in och ut ur lungorna.
- ✓ **Viktiga andningsmuskler:**
 - **Diafragma/mellangärdet (*diaphragma*):** Den viktigaste andningsmuskeln. Den kontraherar och sänks vid inandning, vilket ökar bröstkorgens volym.
 - **Interkostalmuskler/revbensmuskler (*musculi intercostales*):** Lyfter och sänker revbenen och bidrar till att expandera respektive minska bröstkorgen.
 - **Bukmuskler (*musculi abdominales*):** Viktiga vid forcerad utandning, t.ex. vid fysisk ansträngning.



Ventilation (yttre andning)

✓ Ventilation:

- Ventilation är den fysiologiska processen där luft transporteras in och ut ur lungorna och består av inandning (inspiration) och utandning (expiration).
- Den kallas ibland yttre andning, medan inre andning avser cellandningen i mitokondrierna.
- Ventilation drivs av tryckskillnader mellan omgivningsluften och lungorna, vilka skapas genom förändringar i bröstkorgen och lungornas volym.

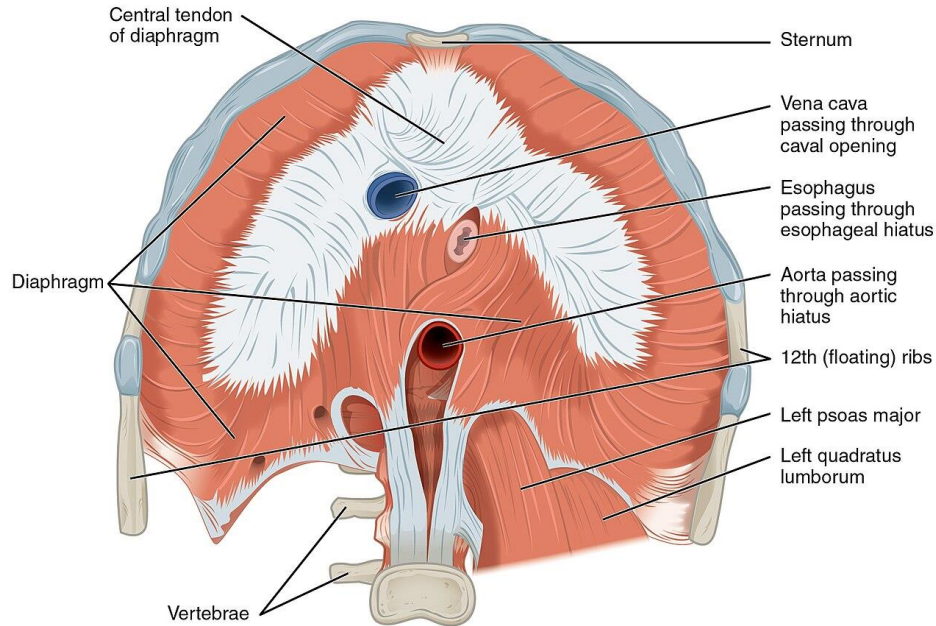
✓ Inandning (inspiration):

1. Diafragma kontraherar och rör sig nedåt samtidigt som de yttre interkostalmusklerna lyfter revbenen.
2. Bröstkorgens volym ökar, vilket leder till att lungornas volym också ökar.
3. Trycket i lungorna sjunker under atmosfärstrycket.
4. Luft sugas därför in genom luftvägarna.

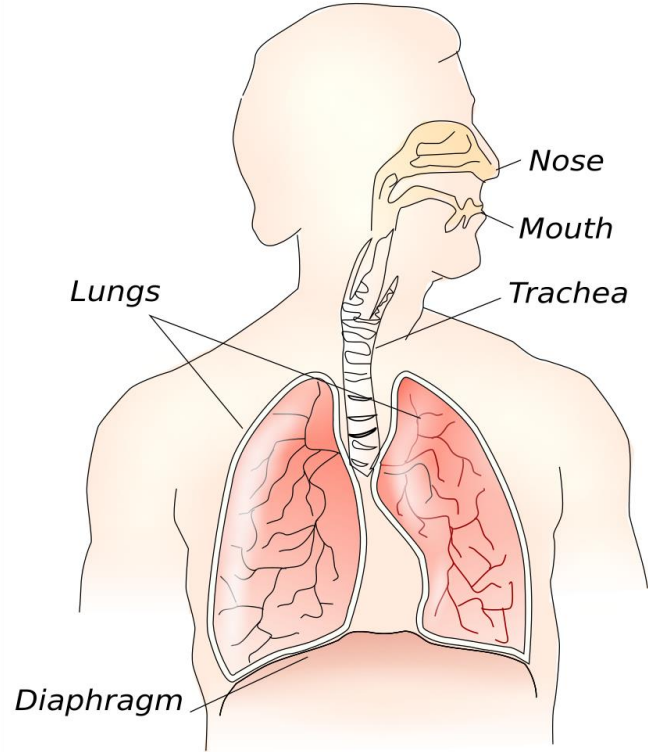
✓ Utandning (expiration):

1. Vid utandning slappnar andningsmusklerna av. Diafragma slappnar av och rör sig uppåt. De yttre interkostalmusklerna slappnar av, vilket gör att revbenen sänks. Detta minskar bröstkorgens volym. Vid forcerad utandning aktiveras de inre interkostalmusklerna samt bukmusklerna.
2. När bröstkorgens volym minskar minskar även lungornas volym.
3. Trycket i lungorna blir högre än atmosfärstrycket.
4. Luft pressas därför ut ur lungorna.

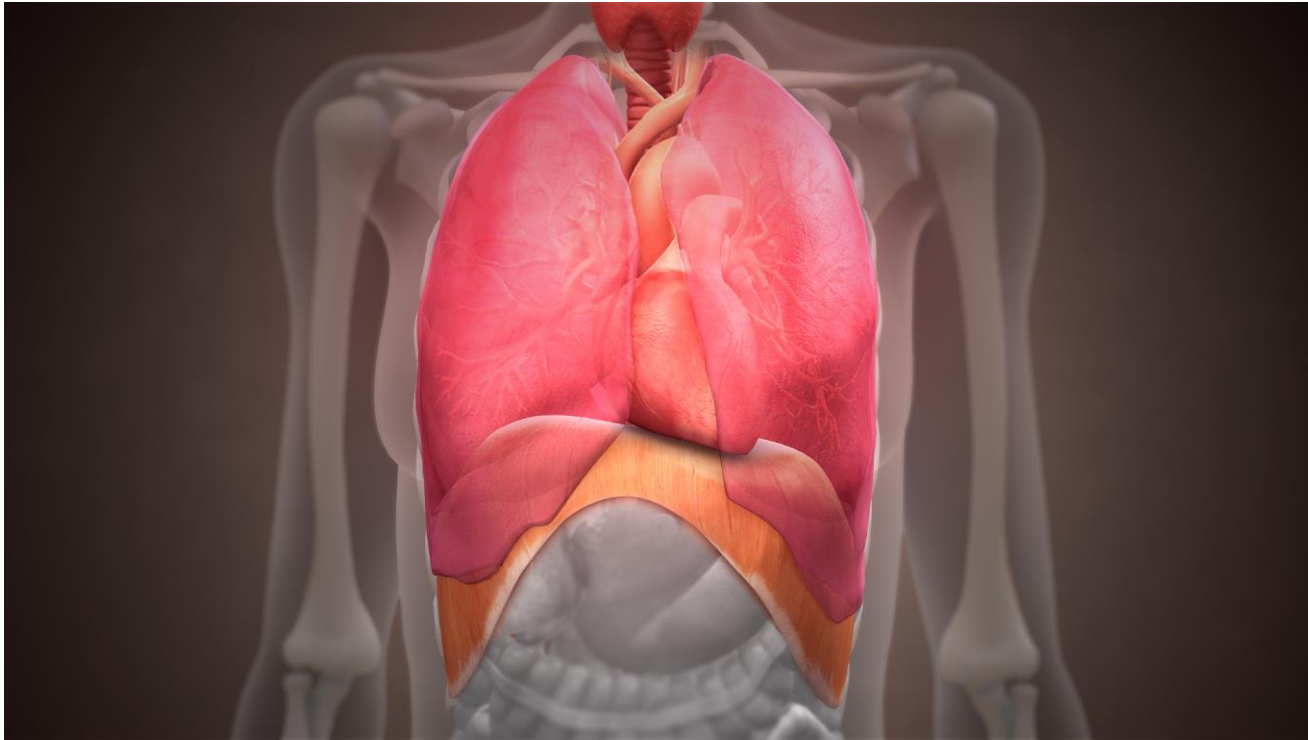
Diafragma (diaphragm)



Diaphragm (inferior view)

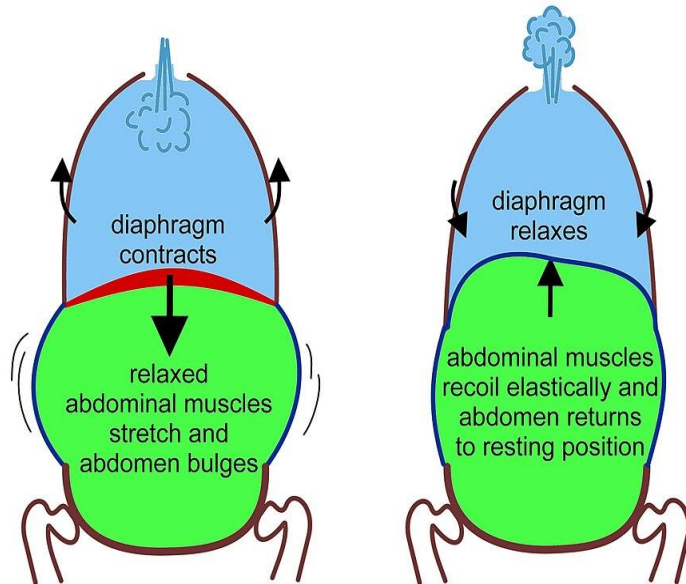


Diafragma (diaphragm)

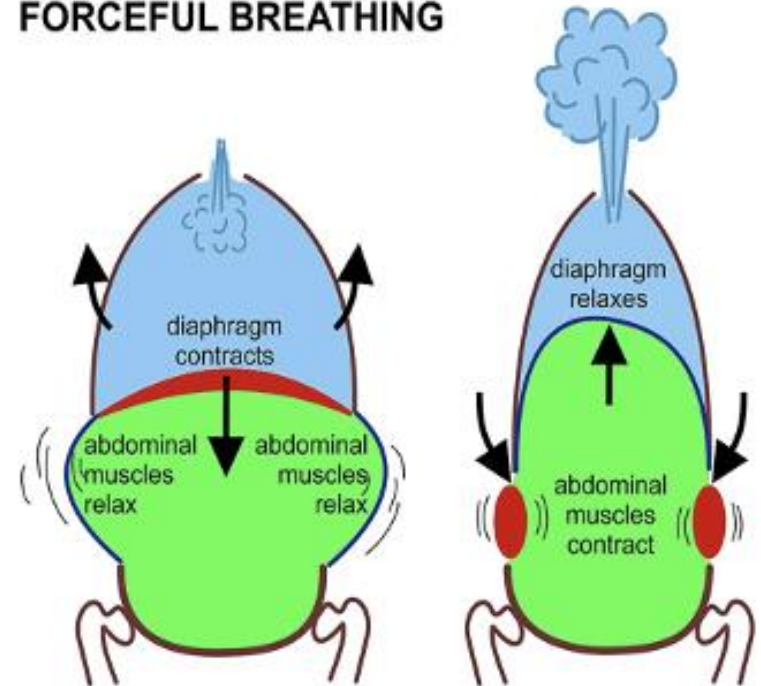


Vid forcerad utandning aktiveras de inre interkostalmusklerna samt bukmusklerna

QUIET BREATHING



FORCEFUL BREATHING



Ventilation (yttre andning)

(youtube-video)



Reglering av ventilationen

✓ Andningscentrum reglerar ventilationen:

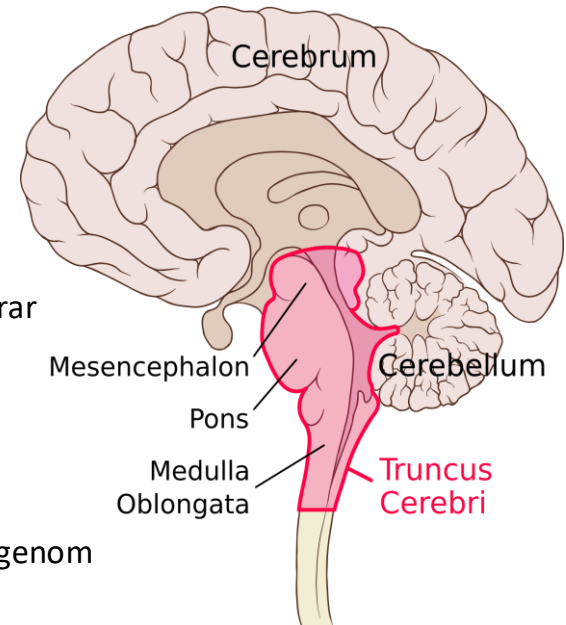
- Ventilationen styrs automatiskt av andningscentrum som sitter i hjärnstammen (i *medulla oblongata* och *pons*).
- Målet är att hålla nivåerna av CO_2 , O_2 och pH i blodet stabila.

✓ CO_2 är den viktigaste styrsignalen:

- Ventilationen styrs främst av CO_2 eftersom det bildas vid celledning i mitokondrierna och påverkar blodets pH.
- När CO_2 ökar bildas mer vätejoner eftersom CO_2 reagerar med vatten i blodet och bildar kolsyra (H_2CO_3), som sedan dissocierar till vätejoner (H^+) och bikarbonat (HCO_3^-), vilket sänker pH.
- Lågt pH är skadligt eftersom många enzymer och biokemiska processer fungerar optimalt i ett mycket snävt pH-intervall.
- Förändringar i pH registreras snabbt av kemoreceptorer, vilket leder till ökad ventilation för att avlägsna CO_2 .

✓ O_2 är en svagare signal:

- Syre (O_2) är en svagare signal eftersom nivåerna normalt hålls relativt stabila genom hemoglobinet's höga bindningskapacitet.
- Först vid kraftig syrebrist blir O_2 en viktig regulator för ventilationen.



Hyperventilering och andhållning

- ✓ **Vad är hyperventilering?:** Hyperventilering är en snabb och/eller djup andning som gör att man ventilerar ut mer koldioxid (CO_2) än kroppen producerar. Detta leder till att CO_2 -halten i blodet sjunker och att blodets pH ökar (blir mer basiskt).
- ✓ **Hyperventilering kan öka tiden man kan hålla andan:** Genom att sänka CO_2 -nivån i blodet fördröjs kroppens andningsreflex, eftersom det främst är ökande CO_2 som triggar andningscentrum. Därför kan man uppleva att det går att hålla andan längre innan den starka andningsimpulsen kommer.
- ✓ **Risker med hyperventilering:** Hyperventilering kan vara farligt eftersom den naturliga "varningssignalen" från CO_2 minskar. Det kan leda till plötslig svimning (blackout) på grund av syrebrist, särskilt i vatten, vilket innebär en risk för drunkning. Den kan också orsaka yrsel och stickningar i kroppen.
- ✓ **När används hyperventilering?:** Hyperventilering används ibland medvetet av fridykare för att förlänga andhållningstiden, men det görs kontrollerat eftersom det innebär risker. I vissa fall kan det även uppstå ofrivilligt vid stress, ångest eller panik.

Repetera:

Begrepp:



- Näshåla (*cavitas nasi*)
- Bihålor (*sinus paranasales*)
- Munhåla (*cavitas oris*)
- Svalg (*pharynx*)
- Struphuvud (*larynx*)
- Struplock (*epiglottis*)
- Stämband (*plicae vocales*)
- Luftstrupe (*trachea*)
- Bronker (*bronchi*)
- Bronkioler (*bronchioli*)
- Alveoler (*alveoli*)
- Lungor (*pulmones*)
- Lunglobber (*lobi pulmones*)
- Lungsäck (*pleura*)
- Pleurarummet (*cavitas pleuralis*)
- Interkostalmuskler (*musculi intercostales*)

Begrepp:

- Bukmuskler (*musculi abdominis*)
- Diafragma (*diaphragma*)
- Bröstkorg (*thorax*)
- Revben (*costae*)
- Bröstben (*sternum*)
- Mediastinum
- Ventilation
- Partialtryck
- Gasutbyte
- Diffusion
- Hemoglobin
- Röda blodkroppar
- Hyperventilering
- Andningscentrum

Fakta:

- Redogör för vilka delar som ingår i respirationssystemet.
- Redogör för syrets väg från den omgivande luften genom respirationssystemet till dess att det når blodet.
- Förklara hur gasutbytet i alveolerna sker och vilka faktorer som gör det effektivt.
- Förklara hur ventilationen (inandning och utandning) sker med hjälp av lungorna och andningsmuskulaturen.
- Redogör för vilka muskler som deltar i ventilationen.
- Redogör för hur ventilationen i lungorna regleras.
- Förklara varför hyperventilering kan påverka hur länge man kan hålla andan.



Lär dig mer medicin och biologi på:
medicinlektioner.se
youtube.com/medicinlektioner

