**DIERENFYSIOLOGIE HOOFDSTUK 6: Ademhaling**

1. Ademhaling/respiratie

* Energie uit eten wordt vrijgesteld door oxidatieve processen
  + Hierbij is O2 meestal de finale e-acceptor
  + 2 ademhalingsprocessen: cellulaire respiratie & externe respiratie
* 1) Cellulaire ademhaling/respiratie
  + = de oxidatieve processen die voorkomen in cellen
  + Aeroob metabolisme
  + Oxidatie van energiehoudende moleculen: verwijderen van elektronen
  + Vertering – glycolyse -citroenzuurcyclus – elektronentransport: ATP productie
  + O2 is de finale e-acceptor in de e-transportketen, vorming van water
  + Proces: zuurstof om energierijke producten te oxideren => geven elektronen af => zuurstof elektronen acceptor zuurstof wordt gereduceerd => oxidatie-reductie reactie
* 2) Externe ademhaling/respiratie
  + = de uitwisseling van zuurstof en koolstofdioxide tussen organisme en omgeving
* In dit H: externe respiratie & transport van gassen vd luchtwegen naar weefsels

2. Uitdagingen bij ademhalen in water en lucht

* Het mechanisme van externe ademhaling van een dier wordt bepaald door de aard van zijn omgeving (water, land)
* Water en land zijn verschillend in hun fysieke kenmerken:
  + Water
    - Zuurstofconcentratie in water is lager dan in lucht
    - CO2 oplosbaarheid hoger dan in lucht
    - Viscositeit water is hoger: 50x groter dan lucht
    - Diffusie trager: gasmoleculen diffunderen trager dan in lucht
  + Lucht
    - Zuurstofconcentratie veel hoger: lucht bevat veel meer O2 (20x meer)
    - O2 oplosbaarheid hoger dan in water
    - Viscositeit lucht is lager
    - Diffusie sneller: gasmoleculen diffunderen 10,000 keer sneller in lucht dan in water
* Probleem 1: Deze verschillen betekenen dat aquatische dieren efficiente manieren moesten ontwikkelen om O2 uit water te verwijderen
  + Water: Hogere energetische kost verbonden aan extractie van zuurstof
    - Maar vissen met zeer efficiente kieuwen & pompmechanismen gebruiken 20% van hun EN gebruiken om zuurstof extractie te doen (O2 onttrekken aan het water) = PROBLEEM
  + Land: Lagere energetische kost verbonden aan extractie van zuurstof
    - De kost om te ademen bij zoogdieren is 1% of 2% van hun EN
* Probleem 2:
  + Respiratorisch oppervlak moeten dun zijn & altijd vochtig gehouden worden door een dun vloeistoflaagje op het respiratorisch oppervlak
    - Reden: diffusie van gassen over een waterige fase tussen omgeving & de onderliggende circulatie mogelijk te maken
  + Water: geen probleem voor aquatische dieren => zijn ondergedompeld in water
    - **Evaginaties** vh lichaamsopp. (kieuwen) = structuur beste voor ademen in water
  + Lucht: uitdaging voor lucht ademhalers want waterlaag verdampt ctu (uitdrogen)
    - om respiratorisch oppervlak vochtig te houden & beschermen tegen schade
      * => respiratorisch oppervlak ontwikkeld als invaginaties vh lichaamsoppervlak tegen het uitdrogen vb: (longen, tracheae)
    - Pompsysteem
      * => vervolgens pompmechanismen toegevoegd om lucht in & uit de ademhalingsregio te verplaatsen
    - **Invaginaties** vh lichaamsopp (Longen, trachea) = structuur beste voor ademen op land

3. Gasuitwisseling via directe diffusie

* Gasuitwisseling via directe diffusie
  + Protozoa, sponzen, cnidaria, en vele wormen halen adem via directe diffusie van gassen tussen organisme & omgeving (lichaamsoppervlakte)
  + Huidademhaling
    - = Enige methode voor te ademen/gasuitwisseling te doen via directe diffusie
    - => geen voldoende methode als de celmassa groter is dan 1mm in diameter
      * Oplossing1: dan is het een complementaire methode
      * Oplossing2: of het is soms de enigste methode, maar dan moet de lichaamsoppervlakte stijgen
    - Complementaire methode
      * Huidademhaling vult vaak de kieuw of long ademhaling aan in grotere dieren vb amfibieën of vissen
      * Vissen
        + vb paling: kan 60% van zijn O2 &CO2 uitwisselen via zijn huid => complementair
      * Amifibieën
        + Vb Kikkers: tijdens winterslaap wisselen ze alle ademhalingsgassen uit via hun huid, terwijl ze ondergedompeld zijn in water => enkel via huid

Hoe? Kikker heeft plooien => oppvergroting

Normale toestand => complementair

* + - * + Vb salamander: sommige longloze salamanders hebben larven met kieuwen

=> kieuwen blijven in volwassen toestand van sommige soorten => complementair

=> maar de meeste soorten hebben geen longen of kieuwen => enkel via huid

* + - * Reptielen
        + vb schildpad: idem als kikker

4. Gasuitwisseling via netwerk van tracheeën

* Gasuitwisseling via netwerk van tracheeën
  + Tracheaal systeem
    - = het ademhalingssysteem bij Arthropoden: Insecten, duizendpoten, miljoenpoten, sommige spinnen
    - = het eenvoudigste, meest directe en zeer efficiënt ademhalingssysteem
    - = een vertakt netwerk van buizen/tracheeën die zich uitstrekken naar alle delen vh lichaam
  + Tracheeën
    - = ademhalingsbuizen
  + Tracheolen
    - = de kleinste eindkanalen vd tracheeën die met vloeistof zijn gevuld
    - = dunne vertakkingen van een trachee
    - Minder dan diameter 1µm
    - Doodlopend
    - Staan aan het einde in contact met plasmamembraan van lichaamscellen
  + Tracheole cel
    - = waterlaagje gemaakt voor zuurstof uitwisseling (?)
  + Spirakel
    - = klepachtige opening => regulatie vochtverlies
      * Kunnen gesloten worden voor reductie van vochtverlies
    - Langs deze opening komt lucht binnen & verlaat lucht het tracheaal systeem
  + Omloop: lucht binnen via spirakel => doorheen tracheeën => via tracheolen naar weefsels
  + Sommige insecten ku het tracheaal systeem ventileren door lichaamsbewegingen
    - vb bijen: telescopische beweging vd buik op hete zomerdagen
  + Bloed niet belangrijk voor O2 en CO2 uitwisseling
    - Insecten hebben ademhalingspigmenten in het bloed
    - MAAR via het tracheale systeem staan cellen rechtstreeks in verband met de buitenwereld => uitwisseling O2 (naar binnen) en CO2 (naar buiten)
    - Gevolg: ademhaling van insect is onafhankelijk van zijn bloedsomloop

5. Gasuitwisseling via kieuwen

* Gasuitwisseling via kieuwen
  + Kieuwen of branchia
    - = ademhalingsapparaten voor leven in water
    - = Eenvoudige externe uitstulpingen van lichaamsoppervlak
  + Vb: papulae van zeesterren
    - Papulae
      * = huid kieuwen of huid branchia
      * = zachte, delicate uitsteeksels vd coelomische holte
      * Enkel bedekt met epidermis en inwendig afgelijnd met buikvlies/peritoneum
      * Strekken zich uit door de ruimtes tussen de gehoorbeentjes
      * Functie: zijn betrokken in de ademhaling
  + Vb: kieuwen van mariene wormen: borstelwormen
    - Borstelwormen = klasse ringwormen (Annelida)
    - Bevat veel polychaeten en oligochaeten die in buizen of holen leven
    - veel buisbewoners hebben kieuwen
    - Kieuwen
      * vb: amphitriet
        + heeft drie paar vertakte kieuwen
        + pluimachtige kieuwen die bloed rood zijn
      * vb: arenicola = de gravende zeeworm
        + leeft in een U gevormde holte
        + heeft gepaarde kieuwen op bepaalde segmenten
  + Vb: aquatische amfibieën: salamanders
    - Paedomorfose = een aandoening
      * = het behoud van juveniele kenmerken in een volwassen stadium, veroorzaakt door een stop op de lichamelijke ontwikkeling terwijl de seksuele rijping doorgaat
      * Dramatische vorm: soorten die seksueel volwassen worden, met behoud van hun kieuwen
        + Deze niet gemetamorfoseerde soorten = perennibranchiaten
    - Vb: modderpups vh geslacht Necturus
      * Leven op bodem van vijvers & meren
      * = voorbeeld van extreme paedomorfose
      * = hebben permanent kieuwen (zijn dus perennibranchiaten)
        + => ondergaan dus geen metamorfose!!
    - Vb: ambystoma
      * De kieuwvormige individuen worden axolotls genoemd
      * = hebben permanent kieuwen
      * Metamorfose: Typische habitat bestaat uit kleine vijvers die door verdamping bij droog weer kunnen verdwijnen => als vijver verdampt => verandert een axolotl in een terrestrische vorm
        + => waarbij hij zijn kieuwen verliest en longen ontwikkelt
  + Interne kieuwen
    - Het meest efficiënte zijn de interne kieuwen van vissen, weekdieren & arthropoden
    - Bij: Vissen, Weekdieren, Arthropoden
    - Opbouw
      * Kieuwbogen
      * Filamenten: dunne filamenteuze structuren
        + voorzien van bloedvaten
      * Lamellen
    - Tegenstroomprincipe
      * Kieuwen zijn zo gerangschikt dat de bloedstroom tegengesteld is aan de waterstroom over de kieuwen
        + => zorgt voor de grootst mogelijke extractie van zuurstof uit het water
    - Waterstroom/ kieuwventilatie
      * Waterstroom bij weekdieren
        + Water stroomt over de kieuwfilamenten door beweging van cilia
      * Waterstroom bij vissen
        + water stroomt over de kieuwen in een constante stroom => door actie van 2 tweekleppige skeletspier pompen

1 pomp in de mondholte

1 pomp in de operculum holte

* + - * + 1) mond open, mondholte expandeert, operculum is gesloten, operculum holte expandeert => water w in de mond gezogen en passeert over de kieuwen
        + 2) mond gesloten, mondholte is samengedrukt, operculum opent, water w over de kieuwen geduwd => verlaat het lichaam via het operculum
      * Kieuwventilatie w vaak ondersteund door de voorwaartse beweging van de vis door water met zijn mond open

6. Gasuitwisseling via longen

* Gasuitwisseling via longen
  + Kieuwen ongepast voor het leven in lucht
    - Reden: kieuwen drogen uit in de lucht & storten in elkaar in lucht
  + Longen gepast voor het leven in lucht
    - Longen bezitten de meeste lucht ademhalende vertebraten
    - = zijn interne holten die vochtig gehouden worden
  + Invertebraten
    - Hebben structuren die ‘longen’ genoemd worden
      * Maar zijn niet efficiënt geventileerd (zoals bij vertebrate longen)
      * Maar zijn niet homoloog aan longen van vertebraten
    - Vb: Bij bepaalde slakken (longslakken)
      * Ontbreken kieuwen, maar hebben een vasculair gebied in hun mantel => dient als een long
    - Vb: Boeklongen bij spinnen
  + Vertebraten
    - Hebben echte longen
    - Longvissen
      * Hebben de meest rudimentaire vertebrate longen
      * Kieuwen en longen
        + Longvissen gebruiken longen om kieuwen te ondersteunen of om kieuwen (complementair) te vervangen bij periodes van droogte
      * Long van een longvis
        + Heeft een capillair netwerk in zijn grotendeels ontvouwde wanden
        + Heeft een buisvormige verbinding met de keelholte (farynx)
        + Heeft een primitief ventilatiesysteem om lucht in en uit de long te verplaatsen
    - Longen van amfibieën
      * => Longen zijn simpele zakken (soms onderverdeeld)
      * => Klein opp. voor gasuitwisseling tussen bloed en luchtruimtes
      * Vb: Salamanders: eenvoudige gladde(!) zakvormige longen
      * Vb: Kikkers en paden: onderverdeelde longen
    - Longen van zoogdieren
      * => Meest uitgebreide long van alle longen
      * => Geventileerde zak
      * => Longen zijn gelobde structuren
      * => Long bevat miljoenen kleine zakjes = alveoli
        + Elk zakje nauw verbonden met een rijk vasculair netwerk
        + Sterke opp vergroting!
      * => Long bevat bronchus = luchtwegvertakkingen (luchtwegen)
      * => Groot opp. voor gasuitwisseling tussen bloed en luchtruimtes
        + Menselijke longen: totaal opp van 50-90m² & bevatten 1000 km capillairen
        + Groot opp is essentieel voor hoge O2 opname

O2 nodig om de verhoogde metabole snelheid van endotherme zoogdieren te ondersteunen

* + - * = Meestal doodlopende structuur
        + Dode ruimte

= het deel vd luchtwegen waar geen gasuitwisseling plaatsvindt

=> Enkel gasuitwisseling tssn bloed en lucht in de alveoli en alveolaire kanalen (op einde)

* + - * + Lucht moet in en uit de long langs hetzelfde kanaal

Gevolg: Menging van in en uitgeademde lucht waardoor partiële zuurstofdruk lager (minder efficiente gasuitwisseling)

Mensen: slechts 1/6 lucht vervangen door nieuwe

Bij vogels efficiënter!

* + - * + Residuvolume

Er blijft altijd een beetje lucht in de longen over

* + - Longen van vogels
      * Aan de longen: luchtzakken (air sacs) toevoegen
        + Verbeteren de longefficiëntie bij vogels
        + Dienen als lucht reservoirs tijdens de ventilatie
        + Voorste & achterste luchtzakken
        + Inademen: 75% vd inkomende lucht gaat de luchtzakken in

Hier gebeurt geen gasuitwisseling

* + - * + = idem zoals bij zoogdieren: alveoli = luchtzakjes, maar bij vogels grotere luchtzakken die aan buitenkant hangen (Ofzo)
      * Parabronchi in de longen
        + = 1 cellaag dikke lucht capillairen
        + = buisjes

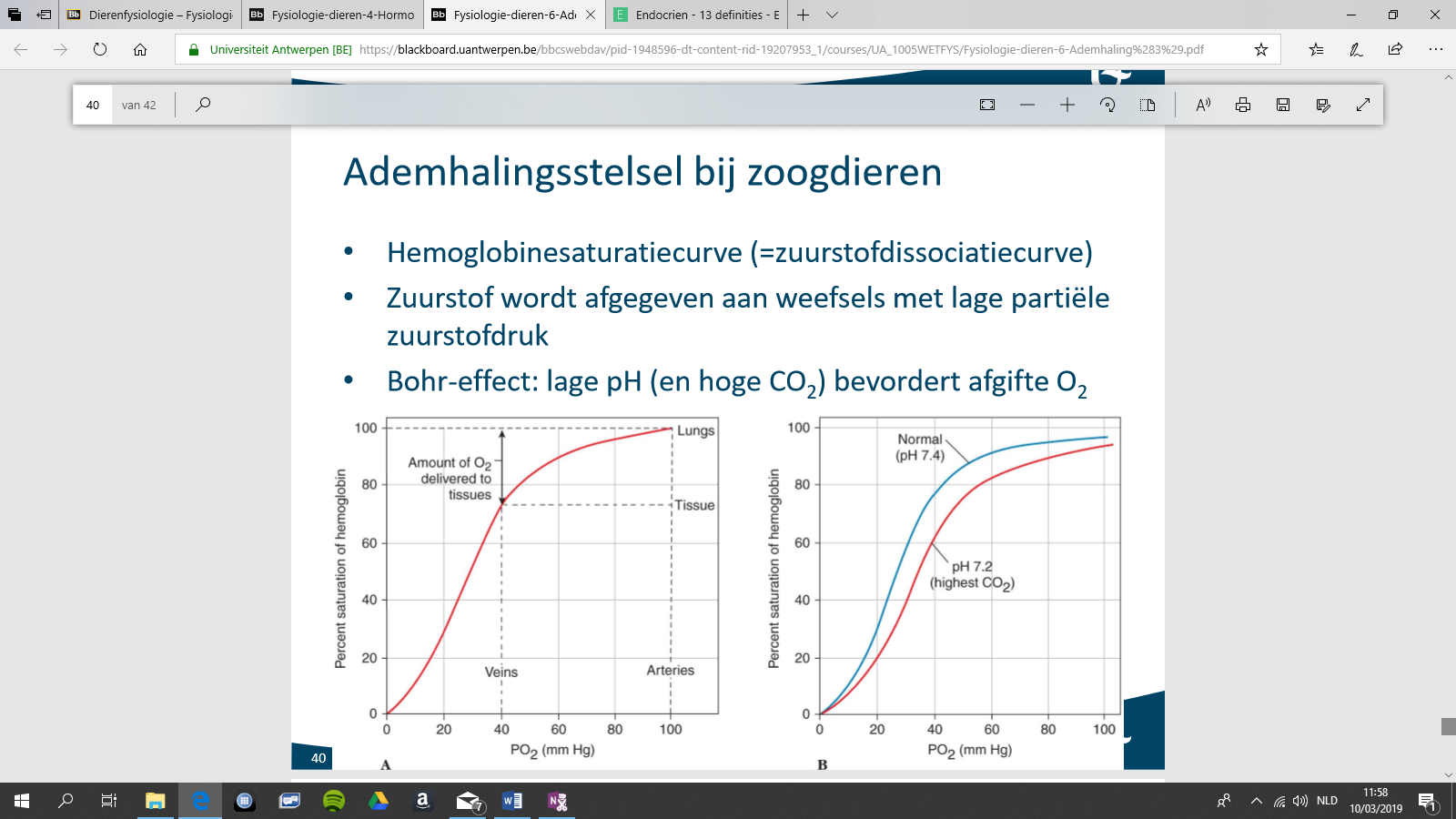
⬄ alveoli: luchtzakjes

* + - * + Inademen: 25% vd inkomende lucht passeert over de long parabronchi

Hier gebeurt gasuitwisseling

* + - * + Uitademen: deel van de frisse lucht opgeslagen in de longzakken gaat bij uitademen direct door de long naar de long parabronchi
        + Conclusie: de parabronchi krijgen bijna frisse lucht tijdens zowel de inademing als de uitademing
      * 2 cycli ademen
        + Cyclus 1: inademing => eerst lucht gezogen in achterste luchtzakken => uitademing => lucht verder geperst over parabronchi
        + Cyclus 2: lucht uit parabronchi in voorste luchtzakken gezogen => naar buiten via trachea
      * Voor vliegen: hoge metabole eis
        + Hiervoor is deze long ontworpen
      * Tegenstroomprincipe
        + Bloedstroom loop tegengesteld aan de luchtstroom => bevordert de uitwisseling
      * Efficiënter dan zoogdierlongen want lucht stroomt in 1 richting en wordt niet erin en eruit gepompt langs idem kanaal!!!!!
  + Ventilatie door positieve druk
    - Vb: bij Amfibieën en longvissen
    - Positieve druk uitoefenen om lucht in longen te krijgen
    - Vb: Kikkers ventileren hun longen door
      * 1) eerst mondbodem verlagen, glottis sluiten & lucht in hun mond te zuigen doorheen de neusgaten
      * 2) daarna neusgaten sluiten, glottis openen & mondbodem te verhogen (op te liften) => zo lucht in longen drijven
      * Meestal ventileren de kikkers enkel de mondholte
        + = respiratorisch oppervlak dat complementair is aan de longen & huidademhaling
      * Ademhaling via: Huid, Mond, Longen
  + Ventilatie door negatieve druk
    - Vb: bij Reptielen, vogels, zoogdieren
    - Negatieve druk uitoefenen om lucht in longen te krijgen
      * Expansie vd borstkas trekt lucht in de longen

7. Ademhalingsstelsel bij zoogdieren

* Ademhalingsstelsel bij zoogdieren
  + Trachea vertakt in 2 **bronchiën** (bronchi)
    - 1 bronchi gaat naar elke long
  + In de longen elke bronchi verdeelt & subverdeeld in **bronchioles**
    - Bronchioles = smalle buisjes
    - Bronchiolen omhult met mucus en cilia
      * Functie: ze conditioneren de lucht af vooraleer het alveoli bereikt (oplossen denkik)
    - Bronchiolen:
    - Bronchioles leiden via alveolaire kanalen naar de alveoli of longblaasjes
  + **Longblaasje of alveoli** 
    - Hier gebeurt de gasuitwisseling (trachea, bronchien etc is dus dode ruimte!)
    - Hebben vochtig dun afgeplat epitheel dat in contact staat met capillairen
      * Zo uitwisseling van CO2 en O2 tssn lucht en bloed capillairen
      * Geen tegenstroomprincipe
      * Oplosbaarheid van O2 in plasma laag
        + => Hemoglobine nodig voor opname O2!
    - Vooraleer lucht naar de alveoli gaat:
      * Filteren lucht van stof enz.
      * Opwarmen lucht tot lichaamsT
      * Bevochtigen lucht
  + Extra:
    - Parietal pleura = dunne laag epitheel dat de borstholte aflijnt
    - Visceral pleura = dunne laag epitheel dat de longen aflijnt
      * => in nauw contact met elkaar => glijden over elkaar als longen expanderen & contraheren
    - Pleurale holte = holte tussen de pleura
      * Onderhoud een gedeeltelijk vacuum of intrapleurale druk => hieroor kunnen open blijven
* Ventilatie van de longen
  + Inademen
    - Ribben worden omhoog getrokken
      * Door contractie vd externe intercostale spieren
    - Het diafragma contraheert en wordt vlakker (omlaag)
    - Resultaat: volume borstkas wordt groter
      * Gevolg: intrapleurale druk daalt
      * Gevolg: intrapulmonaire druk (luchtdruk in longen) daalt onder Patm
        + => hierdoor w lucht aangezogen om evenwicht in luchtdruk
  + Uitademen
    - Elastische terugslag van bindweefsel & relaxatie van spieren
      * Gevolg: ribben & diafragma keren terug naar originele positie, borstkas grootte daalt, de drukken stijgen
        + => hierdoor w lucht wordt naar buiten geduwd
* Tijdens inspanning
  + Gebeurt geforceerd uitademen
    - Interne intercostale spieren
      * = extra set van spieren tussen de ribben
      * trekken de ribben verder omlaag dan de originele positie (normale uitademing)
    - Buikspieren
      * Tegelijkertijd met de intercostale spieren => contraheren buikspieren
      * Door opwaartse druk vd buikspier organen (lever) bij contractie => forceren het diafragma verder omhoog dan in de originele positie
* Figuur: toename vh ademvolume vh rustvolume (tidal volume) van ongeveer 500mL tot aan het max van bijn 5l per ademhaling (vitale capaciteit)
  + Zelfs bij volledige uitademing w de long nooit geheel geleegd
    - => blijft residuvolume achter
  + Teugvolume (tidal volume) in rust: 500mL
    - = het normale volume lucht dat verplaats w tussen de normale in- en uitademing wanneer er geen extra inspanning wordt geleverd
  + Vitale capaciteit
    - = de totale hoeveelheid lucht die na maximale inademing kan worden uitgeademd
  + Residuvolume
* Coordinatie van ademhaling (functie)
  + Ademhalen gebeurt automatisch
    - maar kan willekeurig worden gecontrolleerd
  + Neuronen in de medulla vd hersenen
    - reguleren een normale rustige ademhaling
    - ze produceren ritmische uitbarstingen => stimuleren contractie diafragma & externe intercostale spieren bij inademen
      * => ritmische spiercontracties
  + Bij veranderingen in O2 benodigdheden => ademhaling moet zichzelf ku aanpassen
    - CO2 in plaats van O2 heeft het grootste effect op de ademhalingssnelheid
    - Reden: de centrale en perifere chemoreceptoren zijn gevoeliger voor verhoogde kooldioxideniveaus dan voor lage zuurstofniveaus
      * Zelfs kleine stijging in CO2 conc in bloed => sterk effect op ademhalingssnelheid
    - Stimuli: verhoging van de H+ in het hersenvocht => cerebrospinaal vocht wordt zuur => dit stimuleert de chemoreceptoren in medulla vd hersenen => ademhalingssnelheid verhoogt
  + Hyperventilatie vóór duiken
    - Hyperventileren voor het duiken => alle CO2 uit hun longen halen => verlagen zo de circulatie van CO2 in het bloed => minder nood aan ademen
      * Gevolg: duikers ku langer onder water blijven zonder ademen
    - Gevaar: voor zuurstoftekort
      * O2 is even snel uitgeput tijdens het zwemmen als zonder hyperventilatie => dit zal niet de respiratorische centra stimuleren => O2 toevoer naar hersenen onder kritisch punt => bewustloos
* Diffusie en partiele drukken: gasuitwisseling in longen & weefsels (functie!)
  + Functie ademhalingsysteem: gasuitwisseling CO2 en O2
  + Lucht-longen
    - Ingeademde lucht mengt met de overgebleven lucht vd vorige ademhalingscyclus in de aveoli => andere samenstelling:
      * Partiele P van O2 daalt & partiele P van CO2 stijgt
    - Uitademen: lucht vd aveoli mengt met lucht vd dode ruime => andere samenstelling
      * Partiele P van O2 stijgt & partiele P van CO2 daalt
      * uitgeademde lucht = mengsel van lucht uit dode ruimte en alveoli
  + Bloed-longen
    - Partiele P van O2 in long aveoli > dan in bloed => O2 diffundeert uit aveoli naar de bloed capillairen
    - Partiele P van CO2 in long aveoli < dan in bloed => CO2 diffundeert uit bloed naar de long aveoli
  + Bloed-weefsels
    - In weefsels gassen volgens hun conc gradient
    - Cellen verbruiken O2 & produceren CO2
    - Partiele P O2 in bloed > in weefsels => O2 diffundeert naar weefsels
    - Partiele P CO2 in bloed < in weefsels => CO2 diffundeert naar bloed
  + Algemeen: Gassen diffunderen van hoge naar lage partiele druk
* Transport gassen
  + In sommige invertebraten:
    - ademhalingsgassen w weggedragen, opgelost in lichaamsvloeistoffen
    - => door de lage oplosbaarheid van O2 in water => deze methode enkel voor dieren met laag metabolisme
    - Vb: mens heeft hoog metabolisme => slechts 1% van humane nood aan O2 oplosbaar in plasma (dat water bevat) => kan zo getransporteerd w
      * Gevolg: respiratorische pigmenten nodig
  + Respiratorische pigmenten
    - = speciale gekleurde proteinen in het bloed
    - Functie: transporteren bijna al het O2 en een groot deel van CO2 in het bloed
    - Vertebraten
      * respiratorische pigmenten worden verpakt in rode bloedcellen
      * vb: hemoglobine = meest bekende respiratorisch pigment
    - Vele invertebraten: andere vormen
  + Transport van O2: Hemoglobine bij vertebraten
    - = rood, respiratorisch pigment => zit verpakt in rode bloedcellen
    - bevat heemgroep die ijzer bevat
      * Heme geeft de rode kleur aan bloed
      * Heme heeft grote affiniteit voor zuurstof
        + Hemoglobine houdt O2 in een reversibele binding vast => zo kan het O2 vrijstellen aan weefsels
    - Bevat globine = een kleurloos eiwit
    - Proces
      * In capillairen vh long aveoli, waar O2 concentratie hoog is => hemoglobine bindt O2
      * In weefsels waar de partiele P van O2 laag is => hemoglobine stelt O2 vrij
    - Conformatiewijziging na zuurstofbinding
      * coöperatieve ligandbinding (4O2)
    - Hemoglobinesaturatiecurve
      * =zuurstofdissociatiecurve
      * Geeft de O2-draagvermogen weer van hemoglobine relatief tov de omringende O2 concentratie
      * Hoe lager de omgevende O2 partiele P => Hoe groter de hoeveelheid O2 vrijgesteld van hemoglobine
    - Bohr-effect
      * = De eigenschap van [hemoglobine](https://nl.wikipedia.org/wiki/Hemoglobine) dat als de conc van CO2 in het bloed toeneemt, de afgifte van O2 aan [cellen](https://nl.wikipedia.org/wiki/Cel_(biologie)) toeneemt
      * Oxyhemoglobine (hemoglob gebonden aan O2) is gevoelig aan CO2
      * CO2 verschuift de curve naar rechts = Bohr effect
        + bloed: Als CO2 uit weefsels in bloed komt => hemoglobine verliest affiniteit voor O2 => bevordert afgifte O2 van hemoglobine
        + pH: Stijging CO2 in bloed => verlaagt de pH => lage pH bevordert afgifte van O2
      * CO2 verschuift de curve naar links = omgekeerde Bohr effect
        + In longen: als CO2 van bloed naar longen gaat => affinitiet hemoglobine voor 2O verhoogt => hemoglobine meer O2 kan binden
    - Hemoglobine belang conclusie: zuurstof w afgegeven aan weefsels met lage partiele zuurstofdruk (of maw de weefsels met een hoog niveau van aerobe cellulaire ademhaling (en dus veel O2 nodig hebben))
    - Curves: relatie partiele P van O2 en de hoeveelheid O2 dat hemoglobine kan binden
    - Curve A
      * bij de hogere partiele P in de longen => hemoglobine bindt meer O2
      * in de weefsels lage conc O2 => hemoglobine bindt minder & geeft meer O2 af
    - Curve B: Hemoglobine is gevoelig aan CO2 partiele (bohr effect) en pH
  + Transport van CO2
    - Bloed dat O2 transporteert naar weefsels, brengt CO2 terug naar longen
    - MAAR CO2 kan in 3 versch vormen getransporteerd w ⬄ O2 hemoglobine
    - A) in weefsels
      * 5% vd CO2 gedragen in bloed is opgelost als gas in plasma
        + De overschot diffundeert naar rode bloedcellen RBC
      * 70% vd CO2 in de RBC w omgezet tot koolzuur door het enzym carbonic anhydrase in rode bloedcellen
        + Koolzuur dissocieert dan onmiddellijk in proton & bicarbonaat
        + Bicarbonaat: diffundeert uit RBC naar plasma

Hierbij gebeurt een chloride shift

Bicarbonaat uitwisseling met Cl-

Bicarbonaat blijft in oplossing in het plasma

* + - * + Proton: bindt met hemoglobine => vormt deoxyhemoglobine

Regulatie bloed pH: deoxyhemoglobine voorkomt een daling in blood pH

Verhoogde afgifte O2: deoxyheloglobine zorgt voor stijging in O2 afgifte

* + - * 25% vd CO2 w reversibel gebonden aan hemoglobine =>
        + CO2 bindt niet met de hemegroep, maar met de aminogroep van versch AZ => vormen zo carbaminohemoglobine
      * Al deze reacties zijn reversibel
    - B) In de longen
      * Als bloed de longen bereikt => bicarbonaat terug getransporteerd naar de RBC (Cl- shift omgekeerd) => bicarbonaat reageert met protonen die vrijgesteld zijn van hemoglobine wnnr het O2 bind => converteert naar CO2 => CO2 diffundeert uit RBC naar plasma => van plasma naar de alveoli
      * Maw alle reacties omgekeerd (reversibel!)