



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

Den faglige baggrund

Undervisningsoplægget „Dyr i bevægelse“ er udviklet til grundskolens ældste klassetrin (8.-9. klasse). Eleverne arbejder selvstændigt med måling af respiration hos levende dyr ved forskellige arbejdsstationer. Til respiration i luft anvendes pattedyr (rotter/dværghamster) i hvile og i aktivitet og krybdyr (skægagam) i hvile. Til respirationsforsøg i vand benyttes fisk (guldfisk).

De indsamlede data viderebearbejdes og analyseres. Eleverne får derved øget forståelse for at arbejde naturvidenskabeligt med hypoteser, indsamling af data samt metoder til at arbejde videre med dem. Endvidere diskuteres videnskabelige metoder og fejlkilder.

Det er muligt at diskutere det målte iltforbrug i forhold til ensvarm/vekselvarm organisme ved forskellige arbejdsbelastninger samt iltoptag fra henholdsvis luft og vand. Respirationsforsøget i vand foregår i et respirometer, der kan indkøbes til skolen. Det er ikke velegnet til strengt videnskabelige undersøgelser, men egner sig udmærket til eksperimentel undervisning, hvor principperne i ånding i vand skal illustreres, og er desuden et godt redskab i et tidsbegrænset undervisningsforløb. Fiskene kan i andre forsøg erstattes af fx muslinger, krabber eller andre organismer, der respirerer i vand.

Oplægget er et fint udgangspunkt for eleverne til at stifte bekendtskab med og arbejde selvstændigt med biologiske emner som udveksling af ilt og kuldioxid, respiration, hjerte/gæller, kredsløb, anatomi af hjerte og lunger, stofskifte hos ensvarme og vekselvarme organismer, blodtryksregulering, systematik m.m.

Biologiske emner:

- udveksling af ilt og kuldioxid
- respiration
- hjerte/gæller
- kredsløb
- anatomi af hjerte og lunger
- stofskifte hos ensvarme og vekselvarme organismer
- blodtryksregulering
- systematik m.m.



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

En lang række fællesmål dækkes ved arbejdet med iltforbrug og efterfølgende resultatbearbejdning.

Forløbet er udviklet til BioX, Naturhistorisk Museum, Århus, men kan udføres på egen skole, hvis det relevante tekniske udstyr er tilgængeligt.

Hvis udstyret ikke findes på skolen, kan man benytte sig af tilbud i BioX, Naturhistorisk Museum, Århus.

BioX tilbyder forskellige muligheder

- Reservere lokale og udstyr og selv stå for forløbets udførelse.
- Tage imod tilbuddet om et oplæg med en BioX-medarbejder på museet, hvor forsøgsopstilling indgår. Oplægget varer 2 timer med mulighed for at arbejde videre med data på skolen.
- Reservere lokale og udstyr samt vejledning fra BioX til projekt- eller emneuger for elever.

Lærer- og øvelsesvejledning er frit tilgængelige på hjemmesiden

www.naturhistoriskmuseum.dk



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

Biologisk baggrund

Respiration

Ilt er livsnødvendig for omsætningen af stof for de fleste levende organismer. Respirationen foregår i mitokondrierne inde i cellerne. Ved respirationsprocessen nedbrydes glukose ($C_6H_{12}O_6$) ved hjælp af ilt (O_2) til kuldioxid (CO_2), vand (H_2O) og energi i form af ATP (adenosin-tri-phosphat).

Respirationsprocessen



Celler omsætter stof for at få energi til at drive basale livsprocesser og fx muskelarbejde. En organismes stofskifte er den samlede energi- og stofomsætning. Iltforbruget angiver størrelsen af respirationen og er et mål for dyrets stofskifte. Hos ensvarme dyr kommer stofskiftet til udtryk som en varmeproduktion og spiller en væsentlig rolle i temperaturreguleringen.

Ensvarme og vekslevarme dyr har forskelligt basalstofskifte og dermed forskelligt iltforbrug. Energiforbruget og dermed iltforbruget stiger ligeledes i takt med muskelarbejdets omfang.

Kuldioxidproduktionen kan ligeledes anvendes som mål for respirationen. Mængden af forbrugt ilt og produceret kuldioxid er ens – den respiratoriske kvotient er 1. I virkelighedens verden er der en lille krølle ved dette. Organismer kan under langvarig neddykning eller fysisk hårdt arbejde i kortere perioder slå over på anaerob respiration (altså en stofomsætning uden forbrug af ilt). Her vil det målte iltforbrug kun udgøre en del af den samlede respiration. Denne faktor ser vi bort fra i de pågældende øvelser.

Iltforbruget er et mål for dyrets stofskifte.

Energiforbruget og iltforbruget stiger i takt med muskelarbejdet.

Mængden af forbrugt ilt og produceret kuldioxid er ens ved nedbrydning af kulhydrater.



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

Den arbejdende krop

Den arbejdende krop har behov for øget tilførsel af ilt for at imødekomme det øgede energikrav, idet nedbrydning af glukose forbruger ilt (O_2). Desuden har kroppen behov for, at nedbrydningsprodukter som kuldioxid (CO_2) fjernes. Derfor øger kroppen blodtilførslen til særligt iltforbrugende områder. Fordelingen af blodet i kroppen afhænger stort set af behovet for ilt. Dette betyder, at kredsløbet kommer på ekstraarbejde.

Hjertet øger sin slaghastighed og slagvolumen og dermed mængden af iltet blod til arbejdende kropsdele. Blodtrykket styres af, hvor meget blod der pumpes ud i minuttet (minutvolumen) og af modstanden i de perifere kar – altså hvor lukkede karrene er. Ved sammentrækning og/eller afslapning af muskler omkring vener, arterier og kapillærer føres blodet til de områder i kroppen, hvor der er særligt behov for øget mængde ilt og næringsstoffer, og hvor der sker en ophobning af kuldioxid. Iltrykket PO_2 og kuldioxidtrykket PCO_2 bestemmer, om lukkemusklen mellem arterioler og kapillærer trækker sig sammen og hindrer blodgennemstrømning eller slapper af og tillader, at blodet løber gennem kapillæren. Ved lav PO_2 , høj PCO_2 og faldende pH, slapper lukkemusklen af, og blodgennemstrømningen øges. Arteriolevæggene er ligeledes forsynet med muskler, som derved styrer blodtilførslen til et helt område. Karkontraktioner styres lokalt ved trykreceptorer og signalstoffer, fx adrenalin, noradrenalin og acetylcholin, der er med til at styre graden af sammentrækning i karvæggen.

Ændringer i kredsløbet styres overvejende i det vasomotoriske center (kredsløbscentret). Dette center befinder sig i den forlængede rygmarv, dvs. den nederste del af hjernen, som har med regulering af åndedræt, hjerteslagsfrekvens og karsammentræk-

Den arbejdende krop har behov for øget tilførsel af ilt, idet nedbrydning af glukose forbruger ilt (O_2).

Hjertet øger mængden af iltet blod til arbejdende kropsdele

Iltrykket PO_2 og kuldioxidtrykket PCO_2 påvirker om lukkemusklen mellem arterioler og kapillærer.

Det autonome nervesystem består af det sympatiske og parasympatiske nervesystem.



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

ning at gøre. Centret er en del af den ubevidste del af hjernen og giver via signalstoffer besked til det ubevidste, autonome nervesystem. Dette opdeles i det sympatiske og parasympatiske nervesystem, som groft taget er to modsatrettede systemer. Det sympatiske nervesystem gør det muligt for kroppen at reagere hurtigt og målrettet på fare og omtales også som "kæmp eller flygt-respons". Signalstofferne er her adrenalin og noradrenalin. Det parasympatiske nervesystem sætter kroppen i stand til at normalisere forholdene, når en fare er overstået. Det vigtigste stof i den forbindelse er acetylcholin.

Ensvarm og vekselvarm

Der er forskel i stofskiftet og dermed iltforbruget hos ensvarme (dyr, der holder en konstant kropstemperatur) og vekselvarme dyr (dyr, hvis kropstemperatur svinger med omgivelsernes). Pattedyr og fugle er ensvarme, hvilket betyder at de bruger en del af deres energi til at producere varme. Kropstemperaturen hos vekselvarme dyr, fx krybdyr, styres overvejende af omgivelsernes temperatur. Stofskiftet hos pattedyr er generelt 10 gange højere end hos krybdyr. Antallet af hjerteslag hos et pattedyr på ca. 1 kg er omkring 250, mens det hos krybdyr med samme vægt er omkring 25.

Respiration ved lunger

Iltkoncentrationen i atmosfærisk luft er ca. 21% (210 ml O₂ pr. liter luft eller 280 mg O₂ pr. liter luft). Det er i lungerne, udvekslingen af ilt og kuldioxid foregår. Lungerne, hos mennesket, består af ca. 300 millioner små luftsække, alveoler, som tilsammen danner et areal på 70-100 m₂.

Fra luftrøret føres luften via et stadigt finere forgrenet net af bronkier og bronkioler til alveolerne. Bruskringe i bronkiernes

Der er forskel i stofskiftet og dermed iltforbruget hos ensvarme og vekselvarme dyr

Lungeventilationen afhænger af arbejdets intensitet

I hvile trækker et voksent menneske vejret ca. 12-16 gange i minuttet. Lungeventilationen er da 6-8 liter pr. minut.

Ved hårdt fysisk arbejde øges hastigheden af vejrtrækningen til 20-30 gange i minuttet, og mængden af luft, der fyldes i lungerne, stiger til 4-6 liter. Lungeventilationen er da 80-180 liter pr. min. Dette afhænger dog af personens størrelse og kondition.



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

vægge sikrer, at de ikke klapper sammen, mens bronkiolo- og alveolevæggene er uden bruskringe. Omkring alveolerne findes et fintmasket netværk af blodårer, kapillærerne. Diffusionen og hermed udvekslingen af ilt og kuldioxid foregår gennem alveolevæggen og den tætliggende kapillærvæg. Diffusionen går fra højere koncentrationer mod lavere koncentrationer.

Lungeventilation angives i ml pr. minut og er et produkt af åndedrætsfrekvensen (hvor hurtigt man trækker vejret) og åndedrætsdybden (hvor meget luft man har i lungerne).

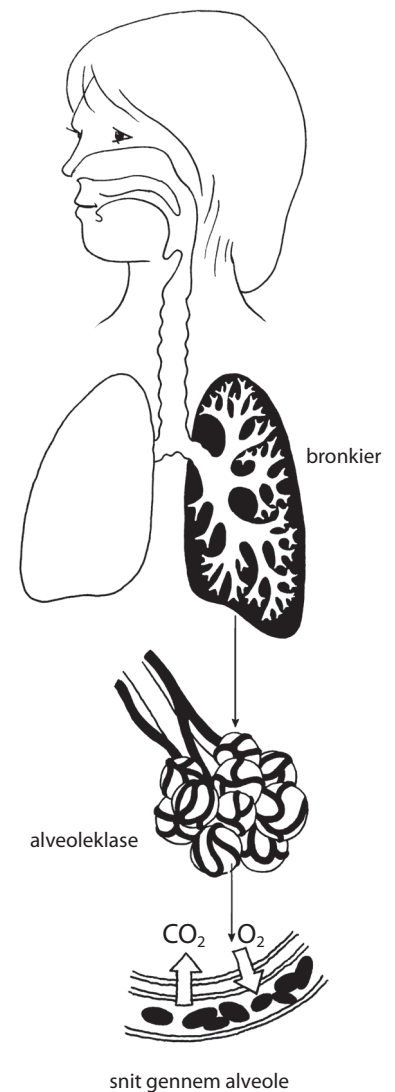
Blod

Blodet består af blodplasma, forskellige blodlegemer samt lymfe (blodvæske).

Plasmaet består overvejende af vand (90%) med en saltholdighed på 0,9%, men indeholder desuden forskellige proteiner som albumin og immunoglobulin (antistoffer), hormoner samt fedtstoffer og vitaminer. Nogle plasmaproteiner spiller en rolle for sygdomsforsvaret, mens andre er ansvarlige for at få blodet til at størkne eller for transport af molekyler gennem organismen.

Der findes ca. 2½ liter plasma i menneskekroppen

Røde blodlegemer dannes konstant ud fra stamceller i den røde knoglemarv. Der dannes ca. 100 milliarder røde blodlegemer om dagen i en menneskekrop, da de har en forholdsvis kort levetid på ca. 120 dage. De udtjente røde blodlegemer fjernes af milten eller knoglemarven.



Blodlegemer

Et menneske har ca. 5 milliarder røde blodlegemer (erythrocytter), pr. ml. blod. Det svarer til at menneskekroppens 4-6 L blod indeholder 20-30 milliarder røde blodlegemer. Der er ca. 250 millioner blodplader (thrombocytter) pr. ml. blod og 5-10 millioner hvide blodlegemer (leukocytter) pr. ml. blod. Kun 1% af blodet består altså af hvide blodlegemer.



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

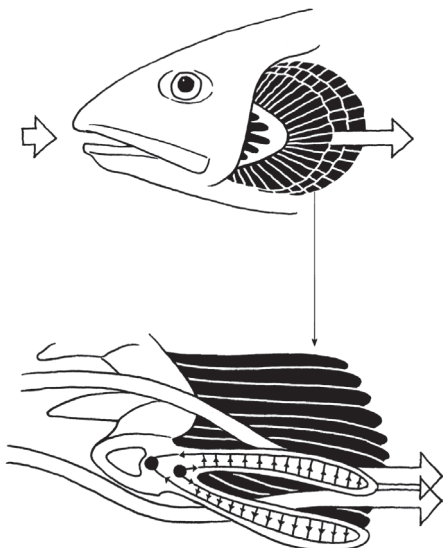
Ilt i vand

Ilt (O_2) opløses dårligt i vand. Opløseligheden af ilt i vand er kun ca. 1/30 af opløseligheden i luft. Desuden er diffusionshastigheden af iltmolekylerne 10.000 gange lavere end i luft. Vandmolekylerne (H_2O) danner et særdeles tæt netværk, der holdes sammen af hydrogenbindinger. Derfor er der kun plads til, at få iltmolekyler kan smutte ind og sætte sig mellem vandmolekylerne. Dyr, der lever i vand, står derfor over for nogle særlige udfordringer, når det gælder deres iltforsyning.

Ferskvand i ligevægt med atmosfærisk luft indeholder kun ca. 9 mg ilt pr. liter ved $20^\circ C$ i modsætning til atmosfærisk luft, der indeholder 280 mg ilt pr. liter.

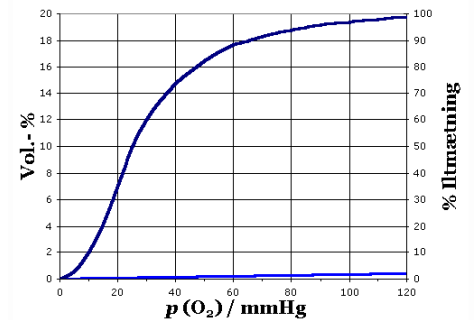
Respiration ved gæller

Fisk optager ilt fra vandet. Hos fisk udgør gællebladene den aktive respiratoriske del af gællerne, dvs. det sted, hvor ilt- og kuldioxidudvekslingen finder sted. Dette sker, når vandet strømmer hen over gællernes tynde overflade.



iltbindingskurve

Hæmoglobin i de røde blodlegemer sørger for, at blodet kan binde og dermed transportere meget mere oxygen (O_2). En forsimplet afbildning af iltbindingskurven viser, hvordan hæmoglobinet specielle iltbinding har betydning for optagelsen og afgivelsen af ilt.



Fisk optager ilt fra vandet, når vandet strømmer hen over gællernes tynde overflade.



Dyr i bevægelse

Lærervejledning - den faglige baggrund

På hver side af en benfisks hoved sidder 4 gællebuer, som hver bærer en indre/nedre og en ydre/øvre række af gælleblade. Gællebladene sidder så tæt på hinanden, at de danner en tæt gitterstruktur i forhold til vandets bevægelsesretning. Hvert gælleblad består af en række tætsiddende lameller. Vandet løber i kanaler mellem nabolamellerne. Gællebladene er beklædt med et ganske tyndt lag af overfladeceller, kaldt epitelceller. Det totale areal af gællebladene er stort og er eksponeret mod vandet. Afhængigt af typen af fisk udgør det samlede, eksponerede areal af gællebladene 1,5-15 cm² pr. gram af fiskens kropsvægt.

Gællernes mange tyndvæggede lameller har til sammen en stor overflade og dermed en god basis for udveksling af ilt og kuldioxid. Strømningen af vand igennem lamellerne sker i modsat retning af strømningen af blod i lamellerne. Dette kaldes modstrømsprincippet og sikrer, at det afilterede blod hele tiden møder en højere iltkoncentration. Blodet i venekapillæren er iltfattigt, men bliver iltet i kapilærnetværket i lamellen i gællen, således at det frastrømmende blod i gællekapillæren er iltrigt. Opbygningen af en fiskegælle i gællebuer, filamenter og lameller, det tyndvæggede epitel samt cirkulationen af blod i modsat retning af vandets retning sikrer, at fiskene kan udnytte det meste af vandets ilt.

Det ensrettede flow af vand opretholdes og kontrolleres af muskulaturen i mundhulen. Vandet tages ind i munden, hvorefter den lukkes. Gællelåget presses indefter samtidig med, at mundhulens bund løftes, så vandet presses forbi gællebladene og ud under gællelåget. Undervejs optager blodet den ilt, der er opløst i vandet.

Iltmængden i vand kan opgives som **mg ilt pr. liter vand** eller **ml O₂ pr. liter vand**.

Vandets iltindhold afhænger af temperaturen

- Ved 5°C er ferskvand iltmættet, når det indeholder 9 ml opløst O₂/liter
- Ved 15°C er ferskvand iltmættet, når det indeholder 7 ml opløst O₂/liter
- Ved 25°C er ferskvand iltmættet, når det indeholder 6 ml opløst O₂/liter

Særligt hårdføre fisk kan klare iltindhold i vand på ned til 0,5 ml O₂/liter.

Velnærede fisk har et større iltbehov end magre, og yngre har et større iltbehov end ældre. Temperaturen har indflydelse på respirationen. Ved 10°C foretager en karpe ca. 100 åndedrætsbevægelser i minuttet, mens den under vinterdvalen kun trækker vejret 3-4 gange i minuttet.

Fisk har en blodmængde, der svarer til 2-4% af deres samlede kropsvægt. Det er lidt mindre end hos varmblodede hvirveldyr.