

# Hvad er liv?

Levende organismer: (biotiske faktorer)

- Består af celler
- Deres celler er afgrænset fra resten af verden ved hjælp af cellemembraner
- Er i stand til at optage næring
- Har et stofskifte
- Kan udskille affaldsstoffer
- Har arvemateriale, der bestemmer deres egenskaber
- Kan få afkom
- Der kan opstå ændringer i arvematerialet, og disse kan nedarves
- Lever evigt

Ikke alle kriterier behøver være opfyldt (fx muldyr er sterilt)

En virus ligger på grænsen mellem liv og ikke-liv: Har ikke stofskifte og er ikke i stand til at formere sig uden hjælp fra en levende celle.

## Forudsætninger for liv (abiotiske faktorer)

Energi: Nedbryder energirige organiske molekyler.

Autotrofe organismer kan selv opbygge energirige organiske molekyler ud fra energifattige uorganiske forbindelser (H<sub>2</sub>O og CO<sub>2</sub>) - fotosyntese

Flydende vand: er livsnødvendigt for overlevelse og formering på længere sigt.

Endospore: dvaletilstand, som nogle bakterier kan overleve i uden brug for vand (i tusindvis af år)

Det er godt at jordens gns. temp. ligger på ca. 15° C, da vand kun er flyende mellem 0° C og 100° C.

Beskyttelse mod uv-stråler: Solen er uundværlig og en trussel. UV-stråler ødelægger arvematerialet og kan medføre alt fra celledød til ukontrolleret celledeling, som kræft. Ozonlaget beskytter os mod disse stråler, men CFC-gasserne ødelagde en del af dette, men det kan måske reetablere sig selv.

Lys: fra solen (og temperatur)

Næringssalte: ioner, mineraler, jordbund

## Spontan genese

Alle levende organismer opstår som afkom af andre levende organismer

Spontan genese er ideen om at liv opstår spontant fra ikke-levende materiale, hvis blot de rette forudsætninger er til stede.

Ideen om spontan genese blev først afvist af videnskaben i midten af 1800-tallet.

## Cellen

To hovedtyper af celler:

Prokaryote (uden cellekerne, fx bakterier)

Eukaryote (med cellekerne (=nukleus))

En cellemembran regulerer hvilke stoffer der kan komme ind/ud

Alle celler indholder en væske - cytoplasma

I stort set alle celler findes ribosom - proteinfabrikker

## Prokaryote celler (side 15)

- Yderst: cellevæg, består af peptidoglykan (kulhydrat)
- Grampositive cellevæge har tykt lag af peptidoglykan, mens gramnegative har tyndere lag
- Gramnegative bakterier har til gengæld en ydre plasmamembran
- Kun grampositive bakterier kan behandles med antibiotika
- Cellemembranen er under cellevæggen og omkranser cytoplasmaet (indeholdende næringsstoffer, bakteriernes arvemateriale og deres ribosomer)

### **Eukaryote celler (side 16)**

- Cellekernen har en cellemembran, hvorigennem enzymer og RNA frit kan passere
- Cytoplasmaet består af et cytoskelet, der giver cellen en fast form
- Indeholder organeller (saml. kroppens organer) - det vigtigste hedder mitokondrier
- Mitokondrier udvinder energi til livsprocesser ved respiration, dvs aerob nedbrydning af organiske stoffer til CO<sub>2</sub> og vand. I planteceller foregår fotosyntesen i et organel (kloroplast, grønkorn)
- Nogle ribosomer er bundet til et membrankompleks, der kaldes endoplasmatisk retikulum (ER)
- Når ribosomer er bundet til ER får det en ru overflade = kaldes ru ER (producerer proteiner der skal bruges i cellemembranen eller uden for cellen - fordøjelsesenzymer)
- Den glatte ER medvirker i stofskifteprocesser
- Hos planteceller består cellevæggen hv.sag. af kulhydratet cellulose, men ved svampe er det kitin

### **Cellemembranen og transportprocesser**

- Cellemembranen er opbygget af et dobbelt lag af mange sammenhængende enheder af fosfolipid (fosfatgruppe bundet til to fedtsyrer, se fig. 13, side 17)
- Kun små uladede molekyler kan komme igennem uden hjælp = membranen er halvgennemtrængelig eller semipermeabel
- I cellemembranen findes en række transportproteiner (som kanal eller pumpe) der benyttes når større molekyler eller ladede ioner skal gennem cellemembranen
- Der skelnes mellem passiv og aktiv transport
- En receptor opfanger signalstoffer fra omgivelserne eller fremviser signaler til omgivelserne. På den måde kan cellen kommunikere med andre celler

### **Diffusion**

- Passiv transport: processer ud/ind gennem cellemembranen, som ikke kræver energi
- Diffusion: Når molekyler rammer hinanden påvirker de hinandens bevægelsesretning, hvilket betyder, at de med tiden vil være jævnt fordelt i rummet
- Ufaciliteret diffusion: Cellemembranen er gennemtrængelig for O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>, så disse vil tilfældigt og uden brug af energi fra cellen, frit bevæge sig igennem membranen og med tiden være jævnt fordelt på begge sider
  - På denne måde ser vi det i lungerne, hvor ilt diffunderer fra lungerne over i blodet, fordi iltkoncentrationen er større i lungerne end i blodet. Omvendt vil blodet afgive CO<sub>2</sub> fordi koncentrationen i blodet her er den største

## Faciliteret diffusion

- Fx glukose kan ikke frit passere membranen. Skal optages eller udskilles gennem særlige transportproteiner
  - Kræver ikke energi - blot en diffusionsproces gennem transportproteinerne
- Faciliteret diffusion: diffusionen skal hjælpes på vej af særlige transportkanaler

## Osmose

- Særlig form af faciliteret diffusion
- Den passive transport af vandmolekyler igennem særlige vandtransportproteiner
- Vandopløselige stoffer kan påvirke koncentrationen af frie vandmolekyler i en opløsning
- Osmose er med til hele tiden at regulere mængden af væske inden for og uden for cellerne i kroppen. Cellerne kan regulere vandbalancen i forhold til omgivelserne

## Aktiv transport

- Energikrævende for cellen - det koster ATP
- Natrium/kalium-pumpen pumper  $\text{Na}^+$ -ioner ud af cellen og  $\text{K}^+$ -ioner ind, så der skabes en ulige fordeling af disse to ioner
- Endocytose: når store molekyler skal transporteres ind. Membranen krænger sig sammen om de ønskede stoffer, og der dannes en lille blære eller vesikel, der trækkes ind i cellen (sådan spiser amøber)
  - Modsat bevægelse hedder exocytose

# Carbon-kredsløb

To styks: Den biologiske og det geokemiske

## Biologisk:

- Planter optager CO<sub>2</sub> - planter respirerer og udsender CO<sub>2</sub>
- Herbivorer spiser planter - herbivorer respirerer og udsender CO<sub>2</sub>
- Carnivorer spiser herbivorer - carnivorer respirerer og udsender CO<sub>2</sub>
- Ikke alle planter, herbivorer og carnivorer bliver spist, men nedbrydes af nedbrydere, som også respirerer og udsender CO<sub>2</sub>
- Planter kan blive til fossile brændstoffer (carbon hydrider) -> brændes af og udsender CO<sub>2</sub>

## Kost og sundhed

Vi får energi fra tre typer af organiske stoffer:

Kulhydrater (17 kJ/g), proteiner (17 kJ/g) og fedt (38 kJ/g) (+ alkohol (30 kJ/g))

### Kulhydrater

Kul: carbon, hydrat: vand

Frugt, grøntsager, korn, sukker

Kvaliteten og ikke mængden er afgørende

God kulhydrater holder blodsukkeret stabilt

**Monosakkarider:** simpleste kulhydrater. En enkelte C-ring med H- og OH-grupper (fig. 89, side 76)

Findes i frugt og bær (fruktose og glukose)

Begge har samme bruttoformel  $C_6H_{12}O_6$  og smager sødt

Fruktose har dobbelt så stor sødeevne som glukose

Glukose omdannes til energi i respirationen, men fruktose skal først omdannes til glukose i leveren

Monosakkarider optages direkte i fordøjelsen og giver hurtig energi

**Disakkarider:** to sammenbundne monosakkarider (fig. 90, side 76)

Det mest alm.: sukrose (sukker) - findes i grøntsager, frugt. Tilsat i slik, kage

Det reelle sukkerindtag hos voksne svarer nogenlunde til det anbef. maks., men ved mere end halvdelen af alle børn overskrides det.

Disakkarider skal først nedbrydes til monosakkarider i tyndtarmen før de kan optages i blodet

Ikke alle kan nedbryde laktose (mælkesukker), fordi de har mistet enven til at producere det enzym, der nedbryder bindingen mellem glukose og galaktose (=laktose)

**Polysakkarider:** Lang kæde af monosakkarider.

Findes i grøntsager, korn

Kan være fordøjelige eller ufordøjelige (=kostfibre)

Stivelse: fordøjelige

Cellulose: ufordøjeligt

To former for stivelse: amylose og amylopektin

Bliver hurtigt nedbrudt til glukose i tarmsystemet

Stivelse fra kartofler eller hvidt brød giver hurtig energi, mens stivelse fra fuldkorn og grøntsager tager længere tid

**Kostfibre:** Sat sammen med en anden type bindinger end stivelse - pattedyr kan ikke fordøje dem

Vi kan ikke selv danne det enzym, der kan nedbryde bindingerne

MEN de har en vigtig funktion: Kostfibre kan binde vand og giver en god mæthedsfølelse

Fungerer som føde for vores tarmsystem og har bl.a. stor betydning for immunsystemet

Hjælper med at udskille skadelige stoffer

Producerer fx K-vitamin, som efterfølgende optages gennem tarmen

Findes især i grove grøntsager, korn

En kost med mange kostfibre er rel. energifattig = vi indtager ikke mere energi end nødvendigt

## **Proteiner**

Kroppens byggesten

Musklerne består af protein - fungerer som transportstof i kroppen (hæmoglobin)

Hormoner er opbygget af protein, og også immunforsvarets antistoffer

Transporterer stoffer ind/ud af cellemembranen

Fungerer som katalysatorer i kemiske processer (enzymene)

Giver en god mæthedfølelse

Der bruges mere energi på at omdanne proteiner end ved andre energikilder

Findes i: kød, mælkeprodukter, bønner, spinat mm.

Opbygget som kæder af aminosyrer (20 forskellige, de otte er essentielle)

I animalske produkter er der højere konct. af essentielle aminosyrer, som vi ikke kan danne selv

De tolv andre kan vi skaffe ved at omdanne én aminosyre til en anden

Aminosyre: centralt C-atom, hvortil der er bundet fire forskellige grupper:

Aminogruppe:  $-NH_2$

Syregruppe:  $-COOH$

H-molekyle:  $-H$

Variabel gruppe:  $-R$

Den variable gruppe bestemmer hvilken aminosyre der er tale om

Bundet sammen af peptidbindinger => korte proteinkæder kaldes også for peptider

Rækkefølgen af de enkelte aminosyrer har betydning for proteinets egenskaber

Frie aminosyrer optages i blodet i fordøjelsessystemet efter at peptidbindingerne bliver brudt

## **Fedtstoffer**

Fedtdepoter: oplægringsenergi, varmeisolering, beskytter organer mod fysisk overlast

Nødvendigt for optagelsen af de fedtopløselige vitaminer A, D, E og K

Vigtigste kilder til fedt: smør, olie, kød, mejeriprodukter

Opbygget af et glycerol-molekyle forbundet med tre fedtsyrer (=triglycerid)

Bruges til at danne energi i respirationen

Mættede fedtsyrer: ingen dobbeltbindinger mellem C-atomerne (stammer især fra mælkeprod., pattedyrskød, kokosfedt - bliver hårdt ved opbevaring på køl)

Monoumættet fedtsyrer: én dobbeltbinding (olivenolie, avokado, nødder, kylling)

Polyumættet fedtsyrer: mindst to dobbeltbindinger (fisk, planteolier)

Fx linolensyre (en omega-3-fedtsyre)

Steroider: særlige fedtstoffer, fx kolesterol (kød og æg)

Vi kan selv danne kolesterol i leveren

I cellemembranen sikrer kolesterol at membranen bliver mere fast (også vigtig byggesten for D-vitamin og en række hormoner (kønshormoner))

Fedt transporteres i blodårerne af fedttransportører, lipoproteiner (fx LDL)

Højt indtag af mættet fedt => øger risikoen for at der afsættes fedt i blodårerne fordi mængden af LDL øges som bl.a. kan få nogle af fedtstofferne til at sætte sig fast i arterierne

Umættet fedt nedsætter mængden af LDL => øger mængden af HDL som mindsker risikoen for fedtaflejringer

Kvaliteten af fedt er vigtigere end mængden af fedt

Ikke for mange polyumættede fedtsyrer => de oxiderer let og bliver harske hvilket har en

skadelig virkning på kroppen. DOG er mad med polyumættede fedtsyrer rigt på E-vitamin, som er en antioxidant der forhindrer oxidering.

### **Mineraler, vitaminer og vand**

**Mineraler:** 20 forskellige grundstoffer som har en kendt virkning på kroppen

Se tabel på side 83

**Vitaminer:** Kan opdeles i fedt- og vandopløselige vitaminer

Se tabel side 84

Fedtopløselige kan oplagres i kroppens fedtdepoter

Vandopløselige skal helst tilføres dagligt fordi kroppen ikke kan oplagre dem

Den største del af vores lager af D-vitamin dannes i huden når den påvirkes af solstråler

Mørk hud beskytter mod en overproduktion af D-vitamin, men i DK hvor solen ikke

skinner så meget om vinteren, kan denne beskyttelse føre til mangel på D-vitamin

D-vitamin findes fx i fed fisk (laks)

A, C og E er antioxidant: uskadeliggør frie radikaler, der dannes i mitokondrierne under respirationen.

Frie radikaler: molekyler, der mangler en elektron - er meget reaktive. De kan ødelægge molekyler i cellemembranen og DNA

Frugt og grønt er sundt og indeholder mange vitaminer og mineraler men også fytokemikalier, som bl.a. danner frugtens farver

**Vand:** Man kan kun overleve få dage uden vand

45-65% af kroppens vægt er vand

Alle kroppens processer foregår i vand

1,5 L vand om dagen

Dagligt indtag: 2,5 L (vand fra mad og kroppens respiration)

Bruges som opløsningsmiddel

### **Fordøjelsen**

Mad nedbrydes til små molekyler og transporteres gennem tarmvæggen

Derefter: næringsstoffer føres med blodet til cellerne -> energi eller byggemateriale

Fordøjelseskanalen: 8 meter rør fra munden til endetarmen

Til sidst består maden af monosakkarider, aminosyrer, fedtsyrer og glycerol

= optages sammen med vand, vitaminer og mineraler i tyndtarmen

Transport i fordøjelsessystemet foregår vha. peristaltiske bevægelser

(muskelsammentrækninger)

styres af det autonome nervesystem

### **Mund og spiserør**

Maden tygges og blandes med spyt = maden opløses og smagsreceptorer aktiveres (på tungen)

Spyt indeholder spytamylase (enzym) der nedbryder nogle bindinger mellem

glukosemolekyler i stivelse (kun en lille del nedbrydes i munden)

De tager 9 sekunder for maden at nå fra munden til mavesækken (30 cm)

### **Mavens funktion**

Tom tilstand: 0,1 L

Kan udvides til 1-2 L

Maden bearbejdes mekanisk og blandes med en saltsyre-holdig væske (også enzymet

pepsin)

Saltsyre dræber mikroorganismer og pepsin spalter peptidbindinger i proteiner (=polypeptid)

Kun 20% af proteinerne nedbrydes i mavesækken

Meget kød => pepsin speeder fordøjelsen op ved at nedbryde bindevævet i kød, hvorved processen i tyndtarmen bliver hurtigere

pH: 1-2

### **Bugspytkirtlens funktion**

Når maden kommer fra maven til tolvfingertarmen har den en pH < 2.

To hormoner sender besked til bugspytkirtlen der frigiver HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (-), hvilket neutraliserer den halvfordøjede mad.

Bugspytkirtlen udsender samtidigt en række fordøjelsesenzymer, der sendes til tolvfingertarmen (første del af tyndtarmen)

### **Tyndtarmens funktion**

Den endelige fordøjelse af maden vha. enzymerne fra bugspytkirtlen og enzymer produceret i tyndtarmsvæggen.

Stivelse ==> disakkaridet maltose (vha. bugspytamylase) ==> glukose (vha. maltase)

Proteaser nedbryder proteinerne til frie aminosyrer

Fedtstoffer klumper sammen og er svære for enzymerne at angribe.

Nedbrydelse af fedt:

    Først tilføres galdesalte fra galdeblæren (både vand- og fedtelskende del)

    Det danner bro mellem fedtet og fordøjelsvæskerne

    Store fedtdråber splittes vha. tarmens bevægelser

    Galdesaltene hæfter sig på de nu mindre fedtklumper for at forhindre dannelse af nye store

    Triglyceriderne bliver nu nedbrudt til frie fedtsyrer og glycerol vha. lipase fra bugspytkirtlen

### **Tyktarmens funktion**

Her optages fødens indhold af salte

Vha. osmose trækkes vandet ind i blodkredsløbet.

Langt de fleste bakterier lever i tyktarmen (10x antallet af celler i kroppen, samlet vægt: 1 kg)

Bakterierne nedbryder bindingerne i cellulosen og mange fibre

De producerer gavnlige stoffer, der optages gennem tarmvæggen

### **Enzymer**

Alle levende celler indeholder enzymer

Nødvendige for de kemiske processer

Fordøjer maden, binder glukosemolekyler sammen, nedbryder brintoverilte, hvis cellerne danner det (enzymet katalase - naturens mest effektive enzym, uskadeliggør 40 mio. brintoveriltemolekyler i sekundet).

Opbygget af store proteinkæder, der er foldet, så de får en bestemt rummelig struktur - kendetegn

Ofte med tilknyttet metalion

Specificitet: rummeligheden passer sammen med de molekyler, der skal virke på

Et enzym omdanner substrater til et produkt (fig. 119)

Kan ofte også nedbryde bindingerne



## **Fordøjelsesenzzymer**

Amylase: Stivelse ==> maltose

Laktase: Laktose ==> glukose

Sukrase: Sukrose ==> fruktose og glukose

Maltase: Maltose ==> 2x glukose

Proteaser: (forskellige enzymer) Proteiner ==> aminosyrer

Lipase: Triglycerider ==> glycerol og frie fedtsyrer

## **Reaktionshastighed**

Enzymers aktivitet: antal substratmolekyler omdannet pr. sekund

Afhængig af: mængden af substrat; antallet af enzymer; pH-værdi; temperatur

Optimal temperatur (temperaturoptimum): 37°C i msk.krop

Optimal pH-værdi (pH-optimum): forskelligt fra enzym til enzym

## **Mikroorganismer producerer enzymer**

Enzymer tilsættes vaskepulver for at nedbryde pletter på vasketøjet

Enzymer kan dyrkes vha. genteknologi ved at finde en mikroorganisme, der producerer dem, og derefter isolere dem og dyrke dem selv

## **Fordøjelse af mælkesukker**

Alle pattedyr fødes med enzymet laktase, der kan nedbryde laktose, som findes i mælk, til glukose og galaktose.

Denne evne forsvinder som ungen ikke længere skal die hos moderen

Genet, der danner laktase, sidder på kromosom nr. 2. Når genet er aktivt dannes laktase, men ved treårsalderen stopper produktionen fordi aktiveringsreguleringsgenerne bliver mindre aktive.

Laktoseintolerans: Laktosen spaltes ikke som normalt i tyndtarmen, og bakterierne i tyktarmen vil begynde at omdanne det. ==> rumlen, smerter, luft i maven, diarré.

## **Danskere har en mutation**

Nogle befolkningsgrupper: genmutation på kromosom 2, som fortsætter med at danne transskriptionsfaktorer for laktasegener resten af livet.

Mutationen er dominant (kun ét gen er nødvendigt) = intoleransen er recessiv.

Evnen til som voksen at kunne tåle mælk forekommer i dag hos nordeuropæere, i Mongoliet og Nordindien samt hos nogle afrikanske stammer

I syrnet mælk (A38, yoghurt) og ved fremstilling af ost nedbrydes laktosen af mælkesyrebakterier.

Laktosefri mælk indeholder laktase

## **Næringsstofferne optagelse**

Optagelse af fedtsyrer, aminosyrer og monosakkarider foregår gennem tyndtarmsvæggen

Tyndtarmen: 5-6 m lang og glat overflade: 0,3 m<sup>2</sup>

Væggen er dog stærkt foldet, så den har areal på 200 m<sup>2</sup> (fig. 128).

Som små totter på overfladen sidder såkaldte villi og på villi sidder mikrovilli

Monosakkariderne og aminosyrerne transporteres gennem tarmvæggen til blodet og sendes til cellerne (enten som energikrævende eller faciliteret transport)

Fedtstofferne diffunderer passivt ind i tarmvæggens celler og samles igen til triglycerider der pakkes med kolesterol i lipoproteiner og transporteres ind i blodet.

## **Hurtigt og langsomme kulhydrater**

Når glukosen optages i blodet stiger blodsukkeret

I bugspytkirtlens beta-celler dannes insulin, som stimulerer cellerne til at optage glukosen fra blodet

Insulin får cellerne til at danne de transportmolekyler, der transporterer glukose ind i cellerne ==> blodsukkeret falder igen.

Insulin stimulerer også leveren og musklerne til at omdanne glukosen til glykogen (meget lange kæder af glukose: 100.000 til 1.000.000 enheder)

Når blodsukkeret falder frigives den i leveren oplagrede glykogen takket være hormonet glukagon fra bugspytkirtlen.

Hurtigt kulhydrater (fx i hvidt brød): omdannes hurtigt til glukose og får blodsukkeret til at stige, men det hurtigt falder det igen, fordi insulinproduktionen også stiger. = man føler sig hurtigt sulten igen, fordi blodsukkerkoncentrationen falder til normalen (fasteniveau)

Langsomme kulhydrater: tager længere tid om at fordøje. Glukosen bliver frigivet til blodet over en længere periode

Glykæmisk indeks (GI): betegner hvor meget blodsukkeret vil stige efter indtagelse af pågældende madvare

## **Appetitregulering**

Energiindtag styres af både psykologiske, fysiologiske og genetiske faktorer

Når vi har holdt pause fra at spise udsender maven et appetitfremmende hormon: ghrelin => trang til at spise

Når vi spiser udspiles mavesækken og det sender besked til mæthedscenteret i hjernen

Hvis madden er meget energitæt eller hurtigt er videre til fordøjelsessystemet (fx cola) føler man sig ikke mæt, fordi mæthedscenteret ikke stimuleres så kraftigt

Fedtvæv danner hormonet leptin, der kan nedsætte appetitten.

I tolvfingertarmen udsendes insulin, der nedsætter appetitten.

Man mener at det er genetisk bestemt, hvor gode disse mekanismer er til at holde os fra at spise

Når mad smager godt påvirkes også vores belønningscenter => glæde

## **Kroppens energibalance**

Stofskifte: processer der foregår i cellerne, når stoffer opbygges eller nedbrydes

Basalstofskifte: den mindste mængde energi der skal bruges: 5500-7500 kJ/døgn

Gang har tredobbelt energiforbrug ift. hvile

Rigtig hård fysisk aktivitet: 4000 kJ/h

Eliteidrætsudøvere: 30.000 kJ/døgn

Børn i voksenalderen skal bruge mere energi end de forbruger, men voksne skal helst være i energibalance

## **Overvægt**

DK: 47% er overvægtige

BMI = vægt/højde<sup>2</sup>

BMI > 25 => overvægt (meget muskelmasse => høj BMI, ikke overvægt)

THR (talje-hofte-ratio) = omkreds af talje / omkreds af hofte

## **Livsstil og sundhed**

WHO: (proces mod) sundhed er fysisk, psykisk og social velvære

Metaboliske syndrom: forstyrrelser i kroppens omsætning af glukose og fedtstof, som kan føre til forhøjet blodtryk, hjerte-kar-sygdomme, diabetes

## **Diabetes**

Type 1: Har mistet evnen til at producere insulin. Cellerne kan ikke optage glukose fra blodet. Man skal indtage insulin vha. en pumpe

Type 2: Kan godt producere insulin, men ikke reagere på den. Insulin-resistens. Er arvelig, men ofte udløber af det metaboliske syndrom. Behandles med regulering af blodsukker

# Krop og træning

## De unge falder fra

De fleste børn er aktive, men de unge falder fra 40% på 16-19 år dyrker ikke regelmæssig motion

## Motionsanbefaling

Mindst 60 min. fysisk aktivitet om dagen  
Mindst tre gange om ugen: 30 min. med høj intensitet (160 bpm)

## Motion og livsstilssygdomme

Motion forebygger fedme, højt blodtryk, diabetes, hjerte-kar-sygdomme  
Motion nedsætter risikoen for muskel- og skeletsygdomme

## Kondition og energiproduktion

Fysisk træning: forbedrer stofskifte og kondition

## Kondition - kroppens evne til at skaffe ilt

= hvor god kroppen er til at optage og udnytte ilt i muskelcellerne

Jo mere ilt man kan optage via lungerne og blodkredsløbet, jo mere energi kan musklerne producere - arbejde hårdere i længere tid

Kondital: mL O<sub>2</sub> pr. min / kg legemsvægt

Fx kondital 45: kroppen kan optage 45 mL ilt pr. minut pr. kg, man vejer.

Hjertets maksimale puls falder med ca et slag pr år => konditallet falder med alderen

## Ilt og respiration

I hvile: kroppen har brug for ½ L pr. minut

Intensivt arbejde: 4 L pr. minut

Alle cellerne har brug for ilt til respiration: foregår i mitokondrierne og producerer ATP, kemisk energi

Glukose er brændstoffet og omdannes med ilt til CO<sub>2</sub> og vand (se side 106)

## Aerob og anaerob energiproduktion

Produktion af ATP via respiration: aerob energiproduktion (med-ilt)

Kortvarigt kan kroppen producere ATP uden ilt: anaerob energiproduktion. Her spaltes glukose til kuldioxid og mælkesyre (se side 107)

Anaerob energiproduktion er en ekstra motor for muskelcellerne. Bruges i starten af fysisk aktivitet før iltforsyningen er kommet på plads. Kobles også på i en spurt, hvor den aerobe ikke er nok.

## Blodkredsløbet

Kroppens transportsystem - forsyner celler med ilt og næringsstoffer samt fjerner affaldsstoffer

Består af fire dele: Lungerne, blodet, hjertet, blodkarnettet (se fig 143)

## **Det store kredsløb og lungekredsløbet**

Det store kredsløb: blod fra venstre side af hjertet rundt i kroppen og retur til højre side af hjertet

Lungekredsløbet: fra hjerte til lunger og retur

>4000 L blod om dagen gennem blodkredsløbet (mere ved fysisk aktivitet)

Et godt kredsløb forebygger livsstilssygdomme

## **Lungernes opbygning og funktion**

Lungerne består af mio. af små luftfyldte blærer = alveoler

Via luftvejene kommer luften ned i lungerne

Når åndedrætsmusklerne får brystkassen til at hæve sig dannes der et undertryk, som suger luften ned

Luftrøret deler sig i to lige før lungerne - de to hv. grene = bronkier (senere til bronkioler)

## **Alveoler**

= mikroskopisk lille luftfyldt blære

Omgivet af en ultratynd hinde (én celle tyk)

Diameter: ca 0,2 mm (=200 mikrometer)

Ca 700 mio. styks i lungerne

Samlede overfladeareal:  $100 \text{ m}^2 \Rightarrow$  diffusion sker meget hurtigt

Iltten i indåndingsluften kommer i blodet

CO<sub>2</sub> fra blodet kommer ud

Omkring alveolerne er masser af lungekapillærer = de tyndeste blodkar i kroppen

Iltten diffunderer ind i lungekapillærene

## **Diffusion af ilt**

Transport fra sted med høj konc. til sted med lav konc.

Ilt kan af sig selv trænge gennem alveolevæggen pga. Brownske bevægelser (tilfældige bevægelser) = konstant vil iltmolekyler ramme alveolevæggen

Røde blodceller indeholder hæmoglobin som tiltrækker O<sub>2</sub>

## **Udskillelse af kuldioxid**

På vejen rundt i kroppen har blodet opsamlet CO<sub>2</sub> fra cellernes respiration

Atmosfærisk luft indeholder kun 0,04% CO<sub>2</sub> så det diffunderer villigt fra blodet til alveolerne

## **Lungernes arbejdsevne**

I hvile: trækker vejret 12-16 gange i minuttet (ca 0,5 L pr. gang)

Samlet lungeventilation: 6-8 liter pr. minut

Veltræede personer i fysisk hårdt arbejde: samlet lungeventilation kan nå 150-180 L/min (fordi: frekvens: 30 gange/min og dybden: 5-6 L)

Høj frekvens og dybde: mellemgulvsmusklen er blevet større og kan trække mere luft ned samt opretholde en høj frekvens

## **Hjertets opbygning og funktion**

To pumper: højre (blod til lungerne) og venstre halvdel (blod til kroppen)  
Blodet kommer til forkammeret, som trækker sig sammen og sender blodet til hjertekammeret, der sender blodet videre

### **Hjertets højre side**

Modtager blod fra kropskredsløbet fra hhv. øvre hulvene (øvre del af krop.) og nedre hulvene (nedre del af krop.)  
Blodet presses ned i hjertekammeret, som presses videre til lungearterien - deles i to (to lunger)

*venstre side:*

Modtager iltet blod fra lungerne gennem hhv. højre og venstre lungevener  
Via for- og hjertekammer sendes blodet ud i kroppen af aorta - hv.pulsåren - diameter: 1,5 cm

### **Hjerteklapper**

4 styks. (ml. for- og hjertekammer og mellem hjertekammer og udgangskanal)  
Sikrer at blodet strømmer den rigtige vej

### **Defekte hjerteklapper**

De kan blive slappe eller utætte  
=> effekten af hvert hjerteslag bliver nedsat => hjertet må arbejde hårdere  
Typisk pga. for højt blodtryk eller åreforkalkning

### **Kranspulsåren og blodprop i hjertet**

Hjertemuskulaturen har brug for ilt og næringsstoffer  
Lige over hjertet udgår fra aorta to kranspulsårere  
Danner krans mellem for- og hjertekammer og fordeler sig ud over hele hjertet

Blodprop: et sted i hjertet er blodkarnettet lukkes af fedtaflejring og kalk  
Hvis det sker i en af de lidt større forgreninger: livstruende - en stor del af hjertemusklen får ikke ilt  
Mindre blodprop => nedsat hjerteaktivitet

### **Sinusknuden**

Styrer hjertetsslagrytme  
Gruppe af specialiserede celler i øverste del af hjertevæggen i højre forkammer

Udsender elektriske signaler som breder sig ud over hele musklen - regelmæssig slagrytme

Med et EKG (elektrokardiogram) kan man måle hjertets rytme  
En pacemaker kan indopereres - den overtager styringen

### **Hjertets arbejdsevne - puls og slagvolumen**

Ca 60 slag pr. minut i hvile - puls  
Ved hvert slag: ca 70 mL blod ud i blodkredsløbet - slagvolumen

Minutvolumen: puls \* slagvolumen

Voksnet menneske: minutvolumen ca 4,2 L/min

God nats søvn: ca 2000 L blod pumpes rundt - fylder 10 badekar

### **Hjertets maksimale kapacitet**

Hårdt fysisk arbejde = pulsen kan stige til ca 200 bpm

Hos veltrænede personer kan slagvolumen øges til 180 mL

Minutvolumen på 36 L/min

### **Træning øger slagvolumen**

Slagvolumen forbedres ved træning fordi venstre hjertekammer bliver større og hjertemuskulaturen tykkere = mere blod/min.

Øgede slagvolumen => hvilepuls falder

### **Den maksimale puls**

Maks. puls falder med alderen - hjertemuskulaturen bliver stivere og mindre elastisk

=> Hjertekamrene kan ikke arbejde med samme hastighed

Maks. puls: 220 bpm minus alder

Man kan ikke træne sig til højre maks.puls:

Hjertet bliver større pga. træning. Trods øgede styrke bruger det samme tid på en sammentræning

### **Hvile- og makspuls hos andre pattedyr**

Hos alle pattedyr og fugle er hjertet ens opbygget og fungerer på samme måde

Lille hjerte pumper hurtigere end stort hjerte

Markmus: hvilepuls: 200 bpm

Hjertet vejer nogle få gram

Blåhval: hvilepuls: 10 bpm (maks 40 bpm)

Hjertet vejer 600 kg og kan pumpe flere 100 L blod/min.

Pader og krybdyr: tre kamre

Fisk: to kamre

### **Kroppens blodkarnet**

Forsyner kroppens celler med ilt og næring og opsamler affaldsstoffer

Aorta - hv.pulsåren - går fra venstre hjertekammer via aortabuen ned i underkroppen

Aorta forgrener sig til arterier

Arterierne forgrener sig til arterioler

Arteriolerne forgrener sig til kapillærer - væver sig ind ml. cellerne

### **Arteriolerne regulerer blodforsyningen**

Omkring karvæggene sidder der et tyndt lag glat muskulatur - kan klemme sammen om karvæggen og derved regulerer blodstrømmen (se fig 153)

Kroppen kan skrue op for tilførelsen ét sted i kroppen ved fx fysisk aktivitet

### **Kapillærerne**

Ultratynde blodkar (diameter knap 0,01 mm) - karvæggen er blot et lag celler

I muskelvæv kan der være op mod 3000 kapillærer pr. mm<sup>2</sup>

Gennemvæver alle væv og organer i kroppen

Alle celler i kroppen har et blodkar i nærheden og derved adgang til ilt og næring

Transporten af ilt fra blodet foregår vha. diffusion

I muskelcellerne foregår det ekstra hurtigt, fordi de indeholder stoffet myoglobin, der tiltrækker O<sub>2</sub>

Kapillærerne forsyner cellerne med glukose, fedtsyre, aminosyrer (styret af insulin)

CO<sub>2</sub> diffunderer den modsatte vej og ledes tilbage til lungerne

### **Venesystemet - sender blodet retur**

Fra kapillærerne strømmer afiltet blod over i venesystemet

Består i første del af venoler → vener → øvre el. nedre hulvene → hjertet

Blodtrykket er faldet markant så det kan være svært at få blodet tilbage fra underbenene

Veneklapper og venepumpen hjælper:

### **Veneklapper og venepumpen**

Veneklapper: små ringformede flapper af væv på indersiden af venerne - forhindrer blodet i at flyde baglæns

Hvis man vipper op og ned på tæerne vha. lægmuskeln bruger man venepumpen idet lægmusklerne trykker på venerne og pumper blodet op gennem benet (se fig. 157)

### **Blodtryk**

Måles i enheden mm Hg

Typisk 115 og 80

Den høje værdi: trykket i blodet når venstre hjertekammer har trukket sig sammen og presset blodet ud i aorta (blodtrykket er på sit højeste) - systoliske blodtryk

Den lave værdi: trykket i blodet når kamrene er afslappede og fyldt helt op med blod - diastoliske blodtryk

### **Hvornår er blodtrykket for højt?**

Unge msk: systolisk tryk på 100-120 mm Hg (se fig. 158) og diastolisk på 70-90

Skal måles i afslappet tilstand

### **Årsager til for højt blodtryk**

På indersiden af blodkarvæggene har der gennem flere år aflejret sig kolesterol, fedtsyrer og kalk - åreforkalkning - blodet har sværere ved at komme igennem

Som reaktion øger hjertet sin pumpekraft - blodtrykket stiger

### **For lavt blodtryk**

under 110/60 - kan skyldes blodmangel eller brug af medicin

I forbindelse med trafikuheld, voldsomme styrt eller slag og spark i maveregionen bår man søge læge og få målt sit blodtryk

Lavt blodtryk kan skyldes indre blødninger = livstruende



## **Blodstryksmåling**

Apparat består af trykmåler og manchetter med lydsensor

Når manchetten pustes op klemmer den sammen om arterierne i armen så blodet ikke kan passere

Lukker lidt luft ud og måler, ved hvilket tryk blodet akkurat begynder at strømme igen - systoliske blodtryk

Diastoliske blodtryk: det tidspunkt hvor der nu passerer blod hele tiden

## **Kroppens muskler**

Et msk.: ca 450 skeletmuskler (tværstribet muskulatur)

Udspringer fra en knogle, løber langs knoglen til et knogleled, hvor den via en sene fæstnes til en anden knogle

## **Musklernes opbygning**

Muskelceller er meget lange (op til 30 cm lange) - kaldes også for muskelfibre

Muskelfibrene ligger ordnet i bundter - holdes sammen af bindevævshinde

Muskelfiber: indeholder mange hundrede myofibriller

Myofibriller: stave opdelt i ensartede segmenter = sarkomerer

Sarkomer: to typer proteintråde (aktin og myosin) - grunden til at muskler kan trække sig sammen

(fig 165): Aktintrådene hæfter på en såkaldt z-skive og ind i mellem ligger myosintrådene. Disse kan gribe fat i aktintrådene og trække sig ind mellem disse, således at hele sarkomeret (=muskelfibren = musklen) forkortes

Fra rygmarven udgår nerveforbindelser til hver muskel som forgrener sig ud og er i kontakt med hver eneste muskelcelle

## **Muskelcellernes energiproduktion**

Muskelceller forbruger ATP når de trækker sig sammen

= Når et myosinmolekyle griber fat og trækker sig et lille stykke ind mellem aktinkæderne forbruges der et ATP-molekyle

Muskelcellerne indeholder flere hundrede mitokondrier og herfra kommer ATP'en

Brændstof: glukose og fedtsyrer kommer fra blodbanerne (fra kosten)

Ved hårdt arbejde foretrækker musklerne at bruge glukose fordi de får et større ATP-udbytte pr. L ilt (sml. fedt)

## **Type 1- og type 2-muskelfibre**

Vores gener bestemmer hvilken type muskler vi har flest af

Normalfordeling: 50:50

Nogle har 80:20 - andre har 30:70

Se fig. 167 + 168

### *Type 1-muskelfibre*

Er omgivet af flere kapillærer end type 2 => bedre adgang til ilt => højere udholdenhed

Højt indhold af myoglobin og mitokondrier => effektiv anaerob energiproduktion

Gode til landevejscykelløb og langdistanceløb

### *Type 2-muskelfibre*

Er tykkere end type 1 pga. større indhold af myofibriller => stærkere (udvikler større kraft ved sammentræning)

Større indhold af ATP + kreatinfosfat (kan ved spaltning hurtigt genopbygge ATP) => kan hurtigt skaffe energi til eksplosivt arbejde

### **Elitesport og fiberfordeling**

Se fig. 168

80% af muskelfibrene ved maratonløber er type 1

25% af muskelfibrene ved 100 m-løber er type 1

### **Idræt og naturligt talent**

Generne spiller en rolle ift. ens talent inden for en idrætsgren.

### **Kondition**

Man kan træne sig til kondi

= øger kroppens evne til at optage ilt - højere kondital

Musklerne kan arbejde med højere intensitet end før

se fig. 170

### **Træning og restitution**

Fysiologiske forbedringer sker gradvist

Efter træning er muskelcellerne slidte - føles trætte og har brug for hvile (et døgn eller to)

Under restitution opbygges og forstærkes cellekomponenterne

(sker også i hjertemusklens og åndedrætsmusklerne) = superkompensation

### **Konditionstræning**

= bruge kroppens største muskler

ben, arme, ryg, mave

Blodkredsløbet presses til at levere så meget ilt som muligt

### **Kontinuert eller intervaltræning**

Kontinuert: moderat/middelhård intensitet i lang tid (30 min +)

Interval: høj/maksimal intensitet i kort tid efterfulgt af pause

### **Hvilken træningsform skal man vælge**

Intervaltræning: mest effektive måde at forbedre kroppens maks. iltoptagelse på

dog meget krævende (specielt mentalt)

Kontinuert: højere grad af modstandsdygtighed over for muskeltræthed

Begge måder forebygger fedtaflejringer i blodkarvæggene og undgår udvikling af fedme og diabetes

### **Anaerobt arbejde**

Ved pludseligt hårdt arbejde

Iltforsyningen til musklerne er utilstrækkelig

Kan ikke producere nok ATP via respirationsprocessen

Hvis man begynder at løbe i højt tempo vil der gå et par minutter før kroppen har indstillet sig, således at musklerne får den mængde ilt de har brug for (stabil puls = steady state)

se fig 173

Den anaerobe energiproduktion kan slås til øjeblikkeligt

### **Kreatinfosfat og glykolyse**

Anaerob energiproduktion kan se på to måder:

1) vha. kreatinfosfat

CrP - energirigt stof - kan hurtigt genopbygge ATP:  $\text{CrP} + \text{ADP} \rightarrow \text{Cr} + \text{ATP}$

Muskelcellernes lager rækker til ca. 5 sekunders maksimalt arbejde

2) ved glykolyse

tager hurtigt over efter kreatinfosfat

Glukose spaltes til mælkesyre og 2 ATP:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2 (\text{ADP} + \text{P}_i) \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CHOCOOH} + 2 \text{ATP}$

Processen kører meget hurtigt = 3 gange så meget ATP produceres som ved respiration

Efter ca 1 minut er respirationen ved at være oppe i fulde omdrejninger og leverer den nødvendige ATP

### **Iltgæld - så er man forpustet**

Iltgæld opstår ved anvendelse af anaerob energiproduktion

I cellerne skal der:

1) genopbygges ATP-lager

2) genopbygges kreatinfosfat

3) Bortskaffes mælkesyre (via leveren eller via nedbrydning til  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{O}$ )

4) genopbygges et ilt-lager (bundet til myoglobin)

derfor hiver man efter vejret for at få tilstrækkelige mængder ud til muskelcellerne, der skal rydde op

Pulsen forbliver over hvilepulsen i flere timer fordi kroppen behøver energi til gemopbygning af muskelvæv

### **Anaerob træning og muskeltræthed**

Jo bedre man er til at producere ATP via anaerob produktion, jo bedre er man til at yde

### **Intervaltræning**

Hård intervaltræning er vejen til succes

Effekt: musklerne bliver bedre til at udføre anaerobt arbejde, dvs.:

x) større ATP- og kreatinfosfatlager

x) øget koncentration af enzymer, der omsætter ATP og kreatinfosfat

x) øget koncentration af enzymer nødvendige i glykolysen

x) øget antal af Na/K-pumper - vigtige i nervesystemet

### **Anaerob tærskel**

Efter intervaltræningprogram vil laktatkoncentrationen (mælkesyre) i blodet være over 10 mmol pr. L

normal: 1 mmol/L ved løb i jævnt tempo

Anaerob tærskel: hvor man kan fortsætte i lang tid, men ikke hæve tempoet, for så ryger laktatværdien over tærsklen

### **Mælkesyre eller kaliumkollaps**

Mælkesyre beskytter mod følelse af træthed

Træthed: musklerne kan ikke opretholde kaliumbalancen - underskud af kaliumioner = nervesystemet kan ikke i samme grad aktivere og styre musklerne

Tunge ben = kaliumkollaps

### **Målet med styrketræning**

- x) større muskler - bodybuilding
- x) øget maks. styrke
- x) øget eksplosionsstyrke
- x) muskeludholdenhed

Effekten af den enkelte øvelse afhænger af belastningen og antal gentagelser og antal serier

### **Effekt af styrketræning**

Efter træning er musklerne trætte og må hvile = superkompensation = næste gang er de stærkere

### **Flere proteintråde og enzymer**

Tung styrketræning = musklerne superkompenserer ved at producere flere proteintråde - forstærkning af myofibriller

Træning bevirker at muskelcellerne producerer flere af de enzymer, der skal bruges til energiproduktion.

# Sex, hormoner og ønskebørn

## Pubertet

Piger: 11-12-år

Drenge: 12-14 år

Stor variation, men de fleste er fuldt kønsmodne ved 16 år

### Ved pubertets begyndelse:

- Hjernen (hypothalamus) producerer særligt hormon, GnRH (Gonade Regulerende Hormon) => øget produktion af hhv. testosteron og østrogen
- Stigningen i GnRH sker først, når kroppen har opnået en vis størrelse
  - Der skal dannes nok fedtvæv til at producere leptin (hormon) - nødvendigt for igangsættelse af pubertet

### I løbet af puberteten:

- Sekundære køns karakterer dannes (se fig. 181)
  - Skyldes kønshormonerne

## Hormoner

- Kroppen har to signalsystemer:
  - Nervesystemet
    - Reagerer kortvarigt og hurtigt på forsk. impulser
  - Det hormonelle system
    - Længerevarende effekt (ofte)
  
- Hormoner er kemiske stoffer
- Efter produktion frigives de til blodet - transporteres rundt i kroppen
- Forskellige celler reagerer på deres signal
  
- I hjernen findes området: hypothalamus
- Styrer mange af kroppens basale funktioner (sult, tørst, sexdrift)
- GnRH produceres i hypothalamus
- Dette får hypofysen til at danne to overordnede kønshormoner FSH og LH (se fig 182)
- FSH (follikel stimulerende hormon) og LH (luteiniserende hormon) ender via blodet i hhv. testiklerne og æggestokkene hvor cellerne påvirkes til at danne kønshormoner
- LH => testosteron => muskelproteiner i muskelcellerne => mændene får kraftigere muskulatur end kvinder
  
- Koncentrationen af hormoner skal reguleres nøje (balance i kroppen)
- Reguleringen sker via negativ feedback (skruer op/ned for produktionen efter behov)
- For meget testosteron (høj koncentration) => hæmmer produktionen af GnRH og LH (negativ feedback-signal) => produktionen af GnRH og LH sænkes => testosteronproduktionen hæmmes

## Mandens kønsorganer

- Primære kønsorganer: testiklerne
- Testikler: producerer sædceller
- Bitestikler: opbevarer og modner sædceller - der er 6 meter sædleder i bitestiklerne
- Sædlederen: leder sædcellerne fra bitestiklerne til sædblæren hvor cellerne blandes med en sædvæske
- Sædvæske: indeholder bl.a. fruktose, som cellerne bruger som brændstof. Indeholder også flaviner, der lyser op ved UV-belysning (jf. kriminalundersøgelse)
- Blærehalskirtlen (prostata): tilsætter mere væske (sekret med citronsyre og enzymer) til sæden - aktiverer sædcellerne
- Cowpers kirtel: tilsætter en basisk væske ( $\text{HCO}_3^-$ ) så sæden kan modstå det sure miljø i kvindens skede
  
- Rejsning af penis sker ved at svulmelegemerne i penis fyldes med blod og samtidig klemmer på de vener, der skal føre blodet tilbage igen.
- Rejsningen sker spontant - styret af signaler fra hjernen
- Signal fra hjernen => dannelse af signalstoffer lokalt i arterierne i penis => blodkarvæggen afslappes => mere blod kan komme frem
  
- Efter rejsning nedbrydes disse signalstoffer og lemmet bliver slapt

## Produktion af sædceller

- Produktionen af sædceller fortsætter fra kønsmodningen til og med resten af livet
- Hver dag 100-200 mio. sædceller produceres
- En udløsning: 300 mio. sædceller
  
- Se opbygning af sædceller på fig. 185 (s. 137)
- Næsten hele hovedet: fyldt med DNA, 23 kromosomer (22 autosomer og et X eller et Y) samt de enzymer, der kan gennembryde ægcellen.
- Bag hovedet er et mellemstykke med mitokondrier (giver energi til bevægelse)
  
- Produktionen sker i snoede sædkanaler i testiklerne
- I yderkanten af sædkanalerne er stamceller, som sædcellerne dannes ud fra.
- Stamcellerne indeholder 46 kromosomer, men via meiotisk deling deler de sig i to - hver med 23 kromosomer
- Stamcellerne er omgivet af sertoliceller, der videregiver næringsstoffer til stamcellerne
- Samtidig forhindrer sertolicellerne af der er kontakt mellem stamceller og blod - det hinderer skadelige stoffer i at påvirke produktionen
- Desuden kunne kroppen finde på at danne antistof mod sædcellerne
  
- LH stimulerer leydigceller til at producere testosteron
- FSH påvirker sertolicellerne til at producere et protein, som testosteron kan binde sig til
- LS og FSH påvirker at stamcellerne begynder at danne sædceller.

## Kvindens kønsorganer

- Omkring indgangen til skeden: kønslæber (hhv. store og små)

- Klitoris lige over - mange nerveceller
- Skeden: slimhinde, meget elastisk
- Under samleje: "smøremiddel" uskilles + et kulhydrat, der fremmer produktion af mælkesyrebakterier, som forhindrer uønskede bakterier i at komme ind
- Primære kønsorgan: æggestokkene
- Æggene (ligger i væksefyldte blærer, follikler) bliver anlagt allerede i fosterstadiet (ca 500.000 æg)
- Hver måned: start på modning af ægceller - ét frigives fra æggestokken under ægløsning
- Ægget opsamles af æggeledertragten - til æggelederen
- I æggelederen vil ægget evt. befrugtes - så vil det sætte sig fast på livmorvæggen

### **Menstrationscyklus**

- Start: ca 10-16 år
- Fortsætter i 35-40 år - dog ikke mens kvinden er gravid
- Menstrationscyklus varer ca 28 dage

### **Udvikling og modning af æg i æggestokkene**

- FSH får ægcellen til at vokse og stimulerer follikelcellerne til at producere østrogen
- Efter 14 dage er som regel kun én follikel færdigudviklet - de andre går til grunde
- Efter de 14 dage går der hul på folliklen - det modnede æg frigives
  - Fordi folliklen bliver stimuleret af LH
- Ved ægløsning omdannes folliklen til det gule legeme - producerer det kvindelige kønshormon progesteron
- Hvis ægget IKKE befrugtes holder det gule legeme op med at fungere

### **Ændringer i livmoren under menstrationscyklus**

- Hvis ægget befrugtes sætter det sig fast i livmorslimhinden
- Hver måned skal livmorslimhinden altså være klar til at modtage et æg
- Starten af cyklus: stigende mængde østrogen -> livmorslimhinden vokser og danner blodkar (næring til foster)
- Slutningen af cyklus: qua progesteron bliver livmorslimhinden svampet så fosteranlægget kan sætte sig fast
- Hvis ægget IKKE bliver befrugtet vil mængden af progesteron falde -> menstration
- Østrogen påvirker slimproduktionen i livmorhalsen:
  - Omkring ægløsning: tyndtflydende slim - sædcellerne kan lettere komme ind
  - Senere i cyklus: tyktflydende slim - uigennemtrængelig - beskyttende
- Se gennemgang af cyklusen på side 141

### **Samleje og befrugtning**

- Ved sex er mange sanser aktiveret
- Puls og blodtryk stiger - blodgennemstrømning til huden og kønsorganer øges
  - Kvinde: væske ud gennem skedevæggen, klitoris og kønslæber bliver større
  - Mand: blod samles i svulmelegemer i penis
- Orgasme: klimaks i samlejet - små rytmiske sammentrækninger omkring kønsorganerne
  - Mand: samtidig udløsning

- Kvinde: ikke nødvendigt at hun opnår orgasme, men man mener det fremmer transporten af sædcellerne
- Befrugtning finder sted i øverste del af æggeledeerne (ca 20 min.s sædcellevandring fra skeden)
- Ægcellen er kun befrugtningedygtig i 24 timer med sædcellerne er levedygtige i tre døgn
- Tidspunktet for ægløsningen kan dog vaires, så man kan aldrig vide sig sikker
- Mange mio. sædceller i udløsning -> 1000 når frem til ægget -> 1 celler vil aflevere sit DNA
- De første celledelinger finder sted mens det befrugtede æg transporteres til livmorslimhinden
- 7-8 dage efter befrugtningen vil ægget sætte sig fast i livmoren
- Nogle af cellerne vil begynde at danne HCG (humant choriongonadotropin) som vil få det gule legeme til at opretholde produktionen af kønshormoner indtil moderkagen selv kan

### Graviditetstest

- Måler konc. af HCG i urinen

### Fra æggeleder til livmor

- Når æg- og sædcelle mødes dannes en zygote - en befrugtet ægcelle
- Efter ca. et døgn: mitoser begynder (celledelinger) inden i zygoten
  - 3 døgn: delt 2 gange = 8 celler (alle stamceller), danner kompakt celleklump - morula
- Næste celledelinger vil danne et hulrum i morula - en blastocyst dannes
  - Herfra begynder cellerne at specialisere sig
  - De indre celler: selve fostret
  - De ydre celler: moderkage, fosterhinde

### Fosterudvikling i livmoren

- Efter ca 7 dage når blastocysten livmoren
- Den oprindelige hinde om ægcellen sprænges, og nogle molekyler på overfladen af blastocysten danner en forbindelse med livmorslimhinden
- Moderkagen dannes fordi blastocystens celler opnår forbindelse til morens blodkar
  - Morens blod kommer ikke i kontakt med fosterets. Meget smart fordi fosteret er genetisk forskelligt fra moren, og hendes immunforsvar derfor ville bekæmpe fostret
- Når der dannes moderkage og fosterhinde begynder blastocystens indre celler at dele sig
  - Først tre forskellige celle- eller kimlag
  - Yderst: nerve- og hudceller (epiderm)
  - Mellems: Muskel- og knoglevæv (mesoderm)
  - Inders: Indre organer (endoderm)
- Efterhånden som cellerne specialiseres bliver dele af cellernes DNA deaktiveret, hvorfor celletyperne bliver mere og mere specialiserede
  - Under denne specialisering er fostret aller mest sårbart ift. udefrakommende påvirkninger (alkohol, stråling, hormonforstyrrende stoffer, vira)
- 20% af alle graviditeter fører til ufrivillig abort ca tre uger efter befrugtningen



- Graviditeten varer 40 uger fra sidste menstruationsdag, 38 uger fra befrugtningen

## Prævention

- P-piller er næsten 100% sikre
- Kondomer er kun 97% sikre ved korrekt brug

## Kondomer

- Eneste præventionsmiddel, der beskytter mod kønssygdomme
- Hvert år: 20-30.000 får klamydia pga. ubeskyttet sex (80-90% er ml. 15 og 29)

## Pessar

- En gummiskål, der trykkes sammen og føres op gennem skeden
- Dækker for livmormunden, så sædcellerne ikke kan trænge ind
- Smørres med sæddræbende creme
- Sættes op 2 timer før samleje og skal sidde 6-8 timer efter

## Spiral

- To former: kobber- og hormonspiral
- T-formet plasticstav, der placeres i livmoren
- Kobber: tynd kobbertråd viklet om selve spiralen - kobber dræber sædceller. Påvirker også livmorslimhinden, så et befrugtet æg ikke kan sætte sig fast
- Kan også fungerer som nødprævention hvis den sættes op maks fem dage efter ubeskyttet sex
- Hormonspiral: et rør, der frigiver gestagen, som får slimen i livmormunden til at blive så tykt, at sædcellerne ikke kan komme igennem
  - Påvirker livmorslimhinden på samme måde som kobber
- Kan sidde i ca. 5 år - meget sikre
- Hormonspiral: mindre kraftige menstrationer

## P-piller og andre hormonelle præventionsformer

- 50% af alle dk. kvinder mellem 20 og 24 bruger p-piller
- P-piller:
  - Indeholder ethinylestradiol og gestagen
  - De to hormoner (minder om østrogen og progesteron) forhindrer ægmodning og ægløsning
  - Skal ordineres af lægen
  - Tages i 21 dage, herefter pause i 7 dage
  - Bivirkninger: kvalme, hovedpine, humørsvingninger, mindsket sexlyst - kan øge risikoen for blodpropper
- Minipiller
  - Indeholder kun gestagen
  - Ikke helt så sikre som p-piller
  - Virkning som hormonspiral
  - Får desuden livmorslimhinden til at blive tyndere, så et æg ikke kan sætte sig fast
- P-plaster, p-ring og p-stav
  - P-plaster: indeholder hormoner som p-piller. Sættes på huden. Virker i en

uge

- P-ring: lille bøjelig ring, der indeholder østrogen og gestagen. Sættes op overst i skeden. Virker i tre uger
- P-stav: 4 cm plasticstav. Lægges under huden i overarmen. Indeholder gestagen. Virker i tre år

### **Sterilisation**

- Forhindrer graviditet 100%
- Alle over 18 år, dog særlige regler for dem mellem 18 og 25
- Mænd: sædlederne klippes over. Påvirker ikke dannelse af kønshormoner. Sædceller mangler ved udløsning
- Kvinder: Æggelederne klipses sammen. Sædcellerne kan ikke nå frem til ægcellerne. Påvirker ikke kønshormonerne

### **Nødprævention**

- Fortrydelsespille: Tages så hurtigt som muligt efter samleje - ingen effekt efter 72 timer
- Indeholder store mængder gestagen - forhindrer ægcellen i at sætte sig fast

### **Abort**

- Lovligt indtil 12. uge
- Under 18 år: forældrenes samtykke
- Abort senere end 12. uge kræver godkendelse fra Abortrådet
  - Fx ved alvorlige fysiske lidelser eller voldtægt
- DK: Abort kun tilladt indtil 22. uge

### **Kønssygdomme**

- Sygdomme, der overføres ved samleje, når slimhinden fra kønsorganer eller endetarm kommer i kontakt med hinanden eller ved oralsex

### **Klamydia**

- Mest udbredte kønssygdom
- 80-90% af tilfældene er ml. 15 og 29 år
- Er en bakterie: Chlamydia trachomatis
- Fra smitte går der 5 til 21 dage før man mærker noget
- Symptomer: Svie ved tis og udflod fra urinrøret
  - Evt. også blødninger under samleje
- Ubehandlet klamydia kan føre til sterilitet (betændelse i bitestiklerne eller æggelederne)
- Hos kvinder øger klamydia risikoen for graviditet uden for livmoren (i æggelederen)
- Behandles med antibiotika - ingen vaccine

### **Herpes**

- Virus
- To typer herpes
  - Forkølelsessår

- Små væskefyldte blærer på kønsorganerne
- Hvis en blærer springer går der 2-3 uger før huden igen er helet
- Kan også give svie og kløe omkring kønsorganerne
- Virusen forsvinder ikke ud af kroppen men sætter sig i nervebanerne til næste udbrud (kommer oftest i sammenhæng med stress)
- Behandles med virusdæmpende medicin

## HPV

- Human PapillomaVirus
- Tidligere blev de fleste smittet med en eller anden form for HPV ved samleje
- Mange opdager det ikke - nogle får knudede vorter (kondylomer) på kønsorganerne
- Nogle HPV-former øger risikoen for livmorhalskræft hos kvinder
- Piger får HPV-vaccine som 12-årige

## Hiv

- Human Immundefekt-Virus
- Den farligste kønssygdom
- Virussygdom
- Smitter ved samleje og ved overførsel af kropsvæsker (fx blod)
- Hvis man ikke behandles mister immuncellerne evnen til at modstå infektioner
- Kaldes også aids
- Dødelig hvis ikke man behandles

## Fødselstal og ufrivillig barnløshed

- DK's kvinder: første barn ved 29 år
- 30 år siden: 24 år
- Risikabel udvikling - idet kvinders forplantningsevne falder med årene
- Hovedsageligt er det fordi man prioriterer uddannelse højere end familiestiftelse

## Årsager til barnløshed

- Normalt bliver man gravid inden for et år efter man beslutter sig for at prøve
- Ca 15% har store problemer - diagnose: ufrivillig barnløshed
- Årsager:
  - Kvindens høje alder
  - Æggelederne kan være helt eller delvist lukkede (som følge af underlivsbetændelse, klamydia)
    - Gælder også for sædlederne
  - Rygning har negativ effekt på fertiliteten
  - Ringe sædkvalitet (genetisk fejl)
  - Ubalance i kønshormonerne (arvelige forhold eller skadelige stoffer i miljøet)

## Pas på forplantningsevnen

- For mange unge lyder ufrivillig barnløshed for en fjern planet
- Men for mange bliver det største i livet at få et barn - og det bliver måske umuligt

## Kunstig befrugtning

- 4.500 børn fødes hvert år som følge af kunstig befrugtning

### **Insemination**

- En sædprøve føres op i kvinden på ægløsningstidspunktet (ofte kombineret med hormonbehandling)

### **Reagensglasmetoden**

- Befrugtningen sker i en glasskål og ikke i æggelederen
- Kaldes også IVF-behandling (in-vitro-fertilisation - "befrugtning i et glas")
- Se faser i IVF-behandling på side 156-157

### **Indsprøjtning af sædcelle**

- Man kan supplere IVF-behandling med mikroinsemination (ICSI)
- Man fører en sædcelle ind i ægcellen

### **Etiske overvejelser**

- IVF er en succes men vækker bekymring
- Meget ressourcekrævende (40.000 kr. pr. behandlingsforløb - succesrate på 20%)
- Kunstig befrugtning giver mulighed for at udvælge et bestemt æg med bestemte egenskaber, frem for et andet
- Hvad med det overskydende æg?
  - Destrueres efter fem år
- Den manglende fertilitet skyldes ofte arvelige egenskaber, som nu videreføres til næstkommende generation

### **Drømmen om det perfekte barn**

- Biologisk set er meningen med livet at give det videre
- I dag kan man teste for over 1000 genetiske sygdomme eller gener, der øger risikoen for særlige sygdomme
- Ved en ultralydsscanning kan man vurdere, om organer og lemmer udvikler sig normalt
  - Fra 6. uge: slår hjertet??

### **Tilbud om fosterundersøgelse**

- Siden 2004 har alle danske kvinder fået tilbudt en doubletest og en nakkefoldsscanning
  - Vurderer om der er øget risiko for Downs syndrom (trisomi 21)
- Doubletest:
  - Fra 8. uge
  - Blodprøve fra moren - undersøger for graviditetsproteiner PAPP-A og  $\beta$ -HCG
  - Lav PAPP-A- og høj  $\beta$ -HCG-koncentration indikerer øget risiko for Downs syndrom
- Nakkefoldsscanning:
  - Fra 11. uge
  - Vha. ultralyd måles tykkelsen af den væskeansamling alle fostre har under huden i nakke-regionen

- Jo tykkere nakkefold - jo større risiko for Downs syndrom
- De to tests kan afsløre 90% af alle fostre med Downs syndrom
- Ved tegn på kromosomfejl bliver man tilbudt en moderkageprøve, som med 100% sikkerhed kan fastslå Downs
- Efter 15. uge vil man få tilbudt en fostervandsprøve
- I dag fødes der langt færre børn med Downs
- Rejser dog spørgsmålet: Er børn med Downs uønsket i vores samfund?

### **Moderkagebiopsi og fostervandsprøve**

- En tynd kanyle føres gennem morens hud på maven, ind gennem livmorvæggen og videre ind til enten moderkagen eller hulrummet med fostervand
- Med nålen udtages væv fra moderkagen eller fostervand
- 1% risiko for at kvinden aborterer under indgrebet
- Kromosomanalyser:
  - Metoder til at analysere fostervand eller moderkage-prøver
  - Hurtig metode: PCR-metode
    - Fastlægger på få dage om barnet har trisomi 15, 18 eller 21 - eller fejl i antallet af kønskromosomer
    - PCR-teknikken kopierer hurtigt bestemte stykker DNA så de opformeres
  - Grundig metode: cellevækstmetode
    - Ved at dyrke cellerne og efterfølgende analysere kromosomerne vha. forskellige farveteknikker kan man finde ud af, om de har defekter e.l.
- Cellerne dyrkes og kromosomerne farves:
  - Cellerne dyrkes og deler sig ved mitoser
  - Typisk varer dyrkningen 1-3 uger og celledelingen bringes så til ophør med cellegift
  - Kromosomerne farves så de bliver mørkeblå i områder, med mere end 60% thymin-adenin basepar
  - Således kan kromosomerne identificeres - resultatet kaldes en karyotype
  - De tælles og undersøges for uregelmæssigheder
  - I dag kan man undersøge for tab af enkelte DNA-sekvenser
- DNA-diagnostik:
  - At undersøge om baserækkefølgen i det enkelte gen er korrekt
  - Med en genfejl vil man få en alvorlig monogen sygdom
  - Vi har 20.000 gener og derfor er det nødvendigt, at man kun undersøger dem, hvor man har mistanke om fejl
  - Hvis man har en monogen sygdom i familien vil man få tilbudt en undersøgelse for netop dén sygdom
  - DNA-diagnostik starter med at opformere genet vha. PCR-metoden
  - Så kan man vha. elektroforese undersøge genet

### **Huntingtons chorea**

- En dominant arvelig sygdom
- Bryder først ud i 35-45-årsalderen
- 50% risiko for at ens børn bliver ramt
- Sygdommen er uhelbredelig
- Starter med ukontrollerede rystelser og muskelbevægelser
- Samtidig ændrer personligheden sig og man bliver dement
- Efter ca 15 år dør man af sygdommen

- Årsagen til sygdommen: mutation i huntington-gen (HTT-gen)
  - Normalt 9-26 CAG-sekvenser, men mutation: 40-120 CAG-sekvenser
- Dette resulterer i et proteinstof, der nedbryder nervecellerne i visse områder i hjernen (normalt er det et stof, der er nødvendigt for cellerne)
- Se figur 226, side 164

### **Et svært dilemma**

- Hvis man får sit barn testes positiv for en alvorlig sygdom kan det være svært
- Skal man fravælge sit barn fordi det som 45-årig vil have dobbelt så stor risiko for at få en blodprop?
- Indsigt i barnets gener betyder også indsigt i ens egne gener

### **Ægsortering - hvad kan man vælge**

- At undersøge forskellige af kvindens befrugtede æg og indsætte det bedste i livmoren
- PGD-metoden: præimplantationsdiagnostik: Når ægget er delt i otte celler udtages en, der undersøges
  - Må kun anvendes til par med alvorlig arvelig sygdom i familien
- Donorbørn: Et barn med leukæmi har brug for en doner med nøjagtig samme vævstype

## På opdagelse i gernerne

- DNA (molekyle): arvemateriale
- Alle vore celler er genetisk set identiske
- DNA: genetiske opskrifter - kokebog for cellerne = genregulering
  - Opskrift på forskellige proteiner
  - Vejledninger til cellen: hvilke opskrifter hvornår etc.

### Kromosomerne

- DNA kan farves med forskellige farvestoffer og undersøges med lysmikroskop
  - Her ser man kromosomerne
- Kromosom betyder 'farvet legeme'
- Består af dobbeltstregnet DNA-molekyle vilket omkring histoner (proteiner), se fig 228b
- Når en celle deler sig i to får den nye celle den samme DNA som den oprindelige celle
  - Når delingen skal finde sted er DNA-molekylet spiraliseret, dvs. snoet op omkring sig selv
  - Deler sig og kommer til at ligne et X
- De to identiske arme kaldes søsterkromatider+p
- Vha. mitose deler cellen sig i to, og kromosomet deler sig også i to
- Mennesker er diploide = i hver cellekerne har de to sæt kromosomer (forældre)
- Æg- og sædcellerne er haploide (kun ét sæt kromosomer)
- Når æg- og sædcelle mødes og danner en zygote bliver den diploid
- Menneskets 22 kromosompar (44 kromosomer, dem alle har) kaldes autosomer - gener på disse kromosomer nedarves autosomt
- En kvinde har desuden to X-kromosomer, mens en mand har et X og et Y
- Y-kromosomet nedarves udelukkende fra far til søn
- Ploiditet
  - Haploid: n: en celle har 23 kromosomer - kønsceller, der deler sig ved meiose
  - Diploid: 2n: en celle med to sæt kromosomer, altså 46 kromosomer, somatiske celler, der deler sig med mitose

### DNA

- Deoxyribose Nucleic Acid - deoxyribonukleinsyre
- Består af to enkelt DNA-streng viklet om hinanden
- DNA-strengen er opbygget af skiftevis fosfat og et sukkerstof (deoxyribose), hvorpå der er bundet fire kvælstofholdige baser
  - Adenin, cytosin, guanin og thymin (A, C, G og T)
- Nukleotid: en enhed af fosfat og deoxyribose bundet til en af de fire baser (4 mulige)
- DNA-streng kan bestå af flere hundrede millioner nukleotider - den indbyrdes rækkefølge bestemmer en celleds genetiske opskrift (dermed egenskaber)
- De to DNA-streng er viklet om hinanden således, at strengenes baser peger ind mod hinanden og danner svage hydrogenbindinger
- A sidder altid over for T (2 bindinger), C altid over for G (3 bindinger) (=baseparringsprincippet)
  - De to streng er komplementære

## Cellens livscyklus (24 h)

- Hvis der opstår fejl i reguleringen af cellens livscyklus kan det medføre alvorlige konsekvenser - evt. udvikler cellen sig til en kræftcelle
- Cyklussen består af to overordnede faser, der gennemløbes flere gange (interfasen og delingsfasen)

### Interfasen

- Her er cellerne det meste af deres levetid
- Udfører de fleste af dens funktioner
- Kopierer DNA - gør sig klar til deling
- Inddeles i fire underordnede faser:
  - G1 - vækstfasen (13 h)
    - Vokser, danner mitokondrier, ribosomer, andre nødvendige cellestrukturer
    - Særlige signalstoffer får cellen til at skifte til næste fase
  - G0 - den funktionelle fase
    - Udfører sine særlige funktioner i kroppen
    - Størstedelen af en voksen persons celler er i denne fase det meste af tiden
    - Ændring af udefrakommende signaler kan få cellen til at skifte til:
  - S - forberedelsesfasen (7 h)
    - Cellen laver en komplet kopi af sit DNA (vha. DNA-replikation)
    - Det X-formede kromosoms to identiske kopier kaldes i denne form kromatider
  - G2 - kontrolfasen (3 h)
    - Cellen kontrollerer, at kopieringen af DNA'et er sket korrekt
    - Cellen forsøger at reparere evt. fejl
    - Hvis den ikke kan reparere fejlen begår den selvmord (ved apoptose)
    - Hvis cellen godkendes skifter den fra interfasen til delingsfasen (M-fasen - 1 h)

### DNA-replikation

- De to komplementære DNA-strengene i molekylet splittes i to, og vha. baseparringsprincippet dannes en ny komplementær streng

### Mitose

- Cellerne deler sig mange gange
- I løbet af en graviditet deler barnets celler sig mange milliarder gange - zygoten omdannes til en baby
- Et voksent menneske består af 10-100 bio. celler
- De to identiske kopier af kromosomerne hænger sammen i centromeret (i midten)

### Mitosens fire faser

- Profase
  - DNA-molekylerne spiraliseres - X-formede kromosomer bliver synlige i cellekernen
  - Uden for cellekernen findes to centrioler, der i profasen bevæger sig mod hver sin ende af cellen
- Metafasen



- Kerne membranen opløses - kromosomerne ligger frit i cellens cytoplasma
- Mellem centriolerne og centromerområdet dannes tynde elastiske proteintråde (=tentråde). Disse placerer kromosomerne på en lang række
- Anafasen
  - Tentrådene trækker sig langsomt sammen
  - De to identiske kromatider adskilles
- Telofasen
  - Starter når begge celler indeholder et komplet sæt kromatider
  - To nye kernemembraner dannes
  - Cellens midterplan indsnævres, så cellen til sidst deler sig i to
  - De to nye celler starter nu i interfasen

## Arvematerialet indeholder gener

- Genom: organismens genom - den samlede mængde arvemateriale i en haploid kønscelle
- Hos mennesket: 3 mia. basepar fordelt på 23 kromosomer
- Somatiske celler (kropsceller) indeholder to udgaver af genomet - diploide
- Samspillet mellem de to ikke helt ens udgaver af genomet bestemmer et individs genetiske egenskaber

## Genet

- Før DNA blev opdaget blev genet betragtet som en afgrænset arvelig enhed, der giver en organisme en bestemt egenskab
- Et gen er en afgrænset del af et DNA-molekyle - indeholder opskriften på et bestemt protein - giver organismen en bestemt egenskab
- Genom: en genetisk kokebog i 23 bind
- Hver somatisk celle: indeholder to udgaver - to udgaver af alle opskrifter

## Proteiner og det centrale dogme

- Proteiner udfører mange opgaver i organismen
- En menneskecelles arvemateriale indeholder ca 20.000 forskellige proteinkodende gener
  - 20.000 opskrifter på unikke proteiner
  - Hvordan skal et protein opbygges? Hvornår? Hvor? Hvor meget?
- Proteinsyntesen foregår altid på samme måde
  - DNA'et aflæses i cellekernen
  - Genet kopieres i form af et RNA-molekyle = transskription
  - RNA er magen til DNA, blot er thymin udskiftet af uracil og deoxyribose er erstattet af ribose. RNA er enkeltstrenget, DNA er dobbeltstrenget.
  - RNA-kopien fragtes ud af cellekernen til ribosomet - afkodes og bestemmer rækkefølgen af aminosyrer i det færdige protein = translation
- Ovenstående kaldes **det centrale dogme** fordi det er så vigtigt i biologien

## Proteinsyntesen

- Proteinsyntesen aflæser og oversætter de opskrifter, der findes i arvematerialet til proteinerne
- Først transskription, dernæst translation

## Transskription og splejsning

- Betyder: afskrivning
- Enzymet RNA-polymerase aflæser og kopierer genet
- DNA-molekylet åbnes i området for det pågældende gen
- Genet findes kun på den ene af de to strenge, og den pågældende streng kaldes for den kodende streng
- Den komplementære streng kaldes for skabelonstrengen
- RNA-polymerase bevæger sig hen af strengen og påsætter de komplementære baser
- Den nye RNA-streng kaldes for det primære transskript
- Til sidst: ikke kodende dele - introns - skæres ud ved splejsning
- Det splejsede RNA kaldes messenger RNA = mRNA - fragtes ud af cellekernen til ribosomerne klar til næste trin

## Translation

- Betyder: oversættelse
- Opskriften skal omsættes til et protein
- Gen-opskriften er skrevet med A, C, G og U, men proteinerne er opbygget af op til tyve byggeklodser: aminosyrer
- mRNA'et bindes til ribosomet og trækkes igennem det
- Tre baser aflæses ad gangen - tripletter eller codons
- Hver codon koder for en af de 20 aminosyrer
- Aminosyrerne bindes løbende sammen til en voksende polypeptid-streng
- Den første aminosyre i polypeptid-kæden er methionin - oversættelsen starter når ribosomet finder et startcodon i mRNA - startcodon (ATG) koder for methionin
- Før startcodonet sidder der en promotor (sørger for at RNA polymerase og strengen mødes) - indeholder en TATA-boks
- Processen fortsætter et codon ad gangen indtil der kommer et stopcodon (UAG, UGA, UAA)
- Resultatet er et pre-mRNA og består af exons (kodende DNA) og introns (ikke-kodende DNA)
  - Alle introns fjernes så man får et modent mRNA, som kun består af exons
- Så frigives den færdige polypeptidkæde fra ribosomet og den foldes så proteinet får sin endelige 3d-struktur
- tRNA (transfer RNA)-molekyler kobler et bestemt codon og en bestemt aminosyre
- De kan oversætte en bestemt codon til en bestemt aminosyre
- To aminosyrer danner en peptidbinding så rækken bindes sammen
- Et anticodon kan binde til kun et codon
- Hvert tRNA bærer en bestemt aminosyre og dens anticodon bestemmer, hvornår den kan påsættes polypeptidkæden
- Der kan dannes 64 forskellige codons og tilsvarende anticodons
- tRNA-molekylet kan genbruges gang på gang idet de efter brug sendes ud i cellen igen og bliver sammenkoblet med den samme type aminosyre som før

## Genetik og genetiske egenskaber

- Genetik: opstille simple modeller - forudsigelse af hvordan egenskaber nedarves => sandsynlighedsregning
- Gregor Mendel: udviklede den klassiske genetik i midten af 1800-tallet

- kendte ikke til DNA, kromosomer eller proteiner
- Klassisk genetik: kan forudsige, men ikke forklare
- Vi har alle to udgaver af vores genom
  - Én undtagelse: Mænd har to forsk. kønskromosomer - kun én udgave af gener på X- og Y-kromosomerne
- Arvegangen for gener på kromosom 1-22: autosomal nedarvning - de kromosomerne kaldes "autosomer"
- Variant af bestemt gen: *allel* - arvet en kopi af hvert gen fra far og mor - to alleler i hvert genpar
- Kombinationen af de to alleler: et individs genotype i dette genpar
- To ens alleler: homozygot modsat: heterozygot
- En egenskab, der skyldes en given genotype: fænotype
  - Ex: blodtype, øjenfarve, hårfarve
- I de fleste heterozygote tilfælde vil den ene allel (dominant) dominere over den anden (recessiv)
- Dominerende allel bestemmer fænotype

### Øjenfarve - et eksempel på en genetisk egenskab

- Kromosom 15: gen: OCA2 (to alleler) - påvirker produktionen af brunt farvestof i øjets iris
  - Den ene allel: normal produktion - brune øjne
  - Den anden allel: nedsat produktion - blå øjne
- Brune øjne: dominant, kaldes B. Blå øjne: recessiv, kaldes b
- Tre mulige genotyper: BB, Bb, bb
  - BB + Bb: Brune øjne
  - bb: blå øjne

### Nedarvningsmønstre for monogene egenskaber

- Hvis en egenskab eller en genetisk sygdom kun bestemmes af ét gen: monogen egenskab/sygdom
- Øjenfarve, hårfarve, hårtype, tungerulning, fregner m.fl. er IKKE NØDVENDIGVIS monogene
- Laktoseintolerans - monogen egenskab
  - >50 % af verdens befolkning kan ikke nedbryde laktose
  - Mange europæere: særlig variant af genet MCM6 (kromosom 2) - laktosetolerans
  - Laktoseintolerans: nedarves autosomt recessivt: t
  - Laktosetolerans: dominant: T
  - Tre muligheder: TT, Tt, tt
  - To laktosetolerante forældre med heterozygote MCM6-gener: 25 % chance for l.intolerant barn
  - Mendel arbejdede med ærteplanter og regnede sandsynligheder

### Mendels 1. lov - kønscelleloven

- Der dannes lige mange kønsceller med hver af de to alleler
- Hun- og hankønsceller forenes tilfældigt ved befrugtning
- En kønscelle indeholder kun én allel
- Der produceres lige mange celler med t og T
- Der er 50 % for t i sæd og 50 % for t i æg

- Sandsynelighed for tt:  $50 \% * 50 \% = 25 \%$
- tilsva.: TT = 25 %
- Sandsynelighed for homozygot (tt eller TT): 50 % ==> heterozygot (Tt): 50 %
- TT og Tt = l.tolerans = 75 %

### Krydsningsskemaer

- Viser det forventede udfald af en krydsning ml. to individer

### Fregner

- Regnes for nemhedens skyld som monogen
- Styres af MC1R (kromosom 16)
- Fregner: F, ikke fregner: f
- Ved to alleler og et gen: 4 mulige kombinationer, FF, Ff, Ff, ff
- $\frac{1}{4}$  FF,  $\frac{1}{2}$  Ff,  $\frac{1}{4}$  ff => 1 FF : 2 Ff : 1 ff => 1:2:1 - det genotypiske udspaltningsforhold
- $\frac{3}{4}$ : fregner,  $\frac{1}{4}$ : ingen fregner => 3:1 - det fænotypiske udspaltningsforhold

### Stamtavler

- Stamtavle viser de enkelte individers fænotyper i en familie
- Mænd: firkanter, kvinder: cirkler (side 189). Generationer benævnes med romertal, ældste først

### Føllings sygdom

- Føllings sygdom: defekt i genet PAH (kromosom 12)
- PAH koder et enzym, der omdanner fenylalanin til andre vigtige stoffer
- Uden dette enzym ophobes giftige mængder af fenylalanin i kroppen => mental retardering tidligt i livet
- Ved analyse af stamtavler leder man efter den simpleste genetiske model, der nogenlunde sandsyneligt kan forklare arvegangen
- Føllings sygdom nedarves autosomt recessivt

### Kønsbundne egenskaber

- = genet for denne egenskab ligger på X- eller Y-kromosomet
- Ikke så relevant med Y-kromosomet, da det kun nedarves fra far til søn
- En recessiv egenskab hos mænd kan ikke skjules når den sidder på X-kromosomet, fordi de kun har én kopi af X.
- Recessive X-bundne egenskaber kommer oftere til udtryk hos mænd end hos kvinder, fx farveblindhed eller hæmofili

### Nogle egenskaber bestemmes af flere gener

- ... langt de fleste egenskaber
- Mendels 2. arvelov: Gener for forskellige egenskaber fordeles uafhængigt af hinanden ved dannelsen af kønsceller

### Blodtyper

- På oversiden af røde blodlegemer: glykoproteiner - molekyle sammensat af protein

- og kulhydrat
- Flere forskellige typer - genetisk bestemte
- Flere forskellige blodtypesystemer

### ABO-systemet

- Type bestemmes af et gen på kromosom 9
  - Findes i tre udgaver I<sup>a</sup>, I<sup>b</sup> og i (nul)
  - I<sup>a</sup> og I<sup>b</sup> koder for hver deres specielle glykoprotein, i for intet glykoprotein
  - i er recessiv mens I<sup>a</sup> og I<sup>b</sup> er co-dominante
- Glykoproteinerne bruges af immunforsvaret til at adskille fremmede celler fra egne celler
  - Kaldes derfor også for antigener
- Fænotyper (blodtyper):
  - A
    - Genotyper: I<sup>a</sup> I<sup>a</sup>, I<sup>a</sup> i
  - B
    - Genotyper: I<sup>b</sup> I<sup>b</sup>, I<sup>b</sup> i
  - AB
    - Genotyper: I<sup>a</sup> I<sup>b</sup>
  - 0
    - Genotyper: ii

### Rhesus-systemet

- Rhesusgenet sidder på kromosom 1 - to varianter
- Dominant: rhesus positiv (D)
- Fænotyper (blodtyper):
  - Rh+
    - Genotyper: DD, Dd
  - Rh-
    - Genotyper: dd

**Jeg har: A+**

### Blodtypebestemmelse og -genetik

- Kan beregne de forventede geno- og fænotypiske udspaltningsforhold for afkom
- Mendels 1. og 2. lov => fordelingen af det ene gens alleler har ingen indflydelse på fordelingen af det andet gens alleler

### **De grønne øjne**

- Øjenfarve: flere gener
- Modellen for monogene egenskaber udvides med et ekstra gen, G el. g
- Genotypen i de to gener påvirker hinanden - den resulterende fænotype afhænger af begge gener på én gang
- Dominansforhold for øjenfarve: brun > grøn > blå
- Brune øjne: BBGG, BBGg, BBgg, BbGG, BbGg, Bbgg (samlet: B- - -)
- Grønne øjne: bbGG, bbGg (samlet: bbG-)
- Blå øjne: bbgg

## Epistasi

- Nogle gange påvirker generne i ét locus generne i et andet locus, så de ikke bliver udtrykt
  - En recessiv egenskab kan fx overrule en dominant
- Labrador retriever:
  - Farvelocus 1: E: mørk, e: gul
  - Farvelocus 2: B: sort, b: brun
  - Hvis en hund er ee i 1. locus er det lige meget, hvad der står i 2. locus - den bliver gul alligevel
  -

## Vi er alle forskellige

- Vi ligner vores søskende - men ikke 100%
- Årsag: celledelingsprocessen meiose

## Meiose

- Kønselledannelse
- Generelt: stamceller deler sig så en diploid stamcelle (med 46 kromosomer) bliver til fire genetisk forskellige haploide kønsceller (23 kromosomer)
- DNA'et kopieres som ved mitose
- Der sker to celledelinger ved meiose, kontra mitosens ene deling

### Første meiotiske deling

- Profase I:
  - DNA'et spiraliseres
  - 46 kromosomer med to identiske kopier af det oprindelige kromosom bliver synlige i cellen
  - Kernemembranen er opløst
  - De placeres tæt op ad hinanden parvis (så de passer sammen ift. type kromosom)
  - De udveksler dele af deres kromosomer med hinanden - overkrydsning
  - De fire kromatider, der før var ens, bliver nu forskellige fra hinanden
- Metafase I:
  - Kromosomerne arrangeres parvis i cellens midterplan vha. tetråde
  - Tentrådene binder sig fast på hvert kromosoms centromer
- Anafase I:
  - Kromosomparrene adskilles ved at tentrådene trækker sig sammen
  - Cellen indeholder et af hvert kromosompar
- Telofase I:
  - Cellen danner to kernemembraner der omkranser kromosomerne
  - Kromosomerne afspiraliseres og tentrådene opløses

### Anden meiotiske deling

- Foregår på samme måde som mitose

### Kvindens meiose er anderledes

- Der dannes kun én celle efter første meiotiske deling - den anden dattercelle går til grunde
- Efter anden meiotiske deling forkastes atter en af cellerne
- Kvinde: ét æg
- Mand: fire unikke celler pr. meiose

### Når der sker fejl i meiosen

- Fejl kan resultere i forkert antal kromosomer - kromosomtalsmutation
  - Adskillelsen af kromosomerne i anafase I eller anafase II går galt
- Anafase I: et enkelt par kromosomer adskilles ikke korrekt: begge ender i én dattercelle
  - To celler med -1 og to celler med +1
  - KALDES non-disjunktion i første meiotiske deling
- Anafase II: To kromatider adskilles ikke korrekt: begge ender i én dattercelle
  - To normale celler, en med +1 og en med -1
  - KALDES non-disjunktion i anden meiotiske deling
- Langt de fleste kromosommutationer er så skadelige, at zygoten ikke udvikler sig til et levedygtigt foster

### Kromosomtalsmutationer

- Nogle giver alvorlige problemer, andre giver små problemer
  - Ofte: sterilitet
- Kvinder med ekstra X-kromosom: sterile, lavere gns. højde, forsk. misdannelser (Turner-syndrom - 45,X0 - 1:2000)
- Kromosomtalsmutationer identificeres ved hjælp af karyotyping

### Andre typer kromosommutationer

- Sker ofte i profase I: fejl i overkrydsningerne
  - Det ene af de to stykker, der udveksles, går tabt

### Genmutationer

- Mindre mutationer, der gør os genetisk forskellige
- Punktmutation: et basepar bliver erstattet af et andet par
- Længdemutation: et eller flere basepar er enten faldet fra (delektion) eller kommet til (insertion)
- Genmutationer kan have meget forskellig effekt på det protein, der dannes
  - Spænder fra "ingen" til "dødelige"
  - Fx en mutation, der ender med at kode for samme stof, som det oprindelige kontra en mutation, der flytter startcodonet adskillige pladser
- Genmutationer opstår primært under DNA-replikation eller spontant pga. mutagener
  - Mutagen: noget i miljøet, der kan forårsage mutationer (UV, radioaktivitet, kemiske stoffer etc.)
- I cellen findes et reparationssystem, der løbende kontrollerer cellens DNA for og retter fejl
- Ikke alle fejl kan repareres => vores celler ophober mutationer gennem livet
- Kun mutationer, der opstår i vores kønsceller, videregives til vores børn

- Og testiklerne og æggestokkene er relativt godt beskyttede
- Når en mutation i en kønscelle videregives til et barn vil samtlige af barnets celler have den mutation

## Genteknologiske undersøgelser

- Simple molekylærbiologiske teknikker => genmutationer?
  - Kan fx målrette kræftbehandling bedre i fremtiden

### PCR-teknikken

- Polymerase Chain Reaction
- Formål: opformere et stykke dobbeltstrenget DNA til et enormt antal identiske kopier
- Minder om cellens egen DNA-replikation
- Kræver: DNA, nukleotider, varmeresistens polymerase, primere (se herunder)
- PCR-reaktion: eksponentielt voksende antal kopier af det udvalgte DNA dannes
- Nukleotider: dNTP (deoxyribose, nukleotid, trifosfat). Bindingerne mellem fosfatgrupperne bruges af polymerasen når nukleotiderne bindes sammen til en DNA-streng
- Primere: et sæt korte stykker enkeltstrenget DNA, typisk 15-25 basepar. Binder til det sted i genomet, som man ønsker at opformere
- Polymerase: Taq-polymerase, meget varmestabil (optimum: 70-80°). Kopierer mindst 100 baser i sekundet

### PCR-cyklus

- Tre trin (i alt ca 4 min.) - gentages 30-40 gange (altså ca 2 timer)
- Efter 2 timer:  $2^{30} = 1.073.741.824$  kopier
- Den nu store mængde DNA farves og undersøges vha. gelelektroforese-teknikken

### Gelelektroforese

- Fællesbetegnelse for type af analysemetoder
- Gel: plade af geleagtigt porøst materiale - benyttes til disse analyser
- Udnytter at DNA og proteiner er elektrisk ladede - vil bevæge sig mod den ene elektrode
  - Små DNA-stykker bevæger sig hurtigere gennem gelen end store - DNA bliver adskilt efter størrelse

### Evnen til at smage bitterstoffet PTC

- Afgjort af genet TAS2R38 på kromosom 7
- Dominant allel indeholder GGCC-sekvens (smager), mens den recessive indeholder GGGC (ikke-smager)
- GGCC-sekvensen klippes over med restriktionsenzymet HaeIII - klipper kun ved GGCC
- Hvis man er smager klippes genet (221 basepar) over i hhv. 44 og 177, men hvis man er ikke-smager forbliver genet 122 basepar langt
- På gelelektroforesen kan man aflæse, om man er smager eller ej ved at se, hvor store båndene er (dvs. også homo- eller heterozygot)



## DNA-sekventering

- For at undersøge et gen for punktmutationer undersøger man basernes rækkefølge
- Til DNA-sekventering skal bruges: DNA fra celle, Taq-polymerase, to primere, stort antal dNTP, lille antal særlige trifosfatnukleotider, ddNTP (fluorescerende farvet - lyser i mørke)
- Taq-polymerasen kan ikke binde noget til ddNTP
- Fire parallelle reaktioner, afhænger af hvilken type ddNTP
- Meget mere dNTP end ddNTP - processen kører derfor i ring indtil der opfanges noget ddNTP i stedet for dNTP
- De fire reaktioner tilføres nu i hver deres brønd i en polyacrylamidgel - gelelektroforese
- Polyacrylamidgel er mere fintmasket end agarosegel
- Ved UV-lys ser man de forskelligfarvede bånd - de aflæses

## Det humane genom

- 2001: færdig med den første udgave af det msk.lige genom
- Vi kender menneskers genetiske forskellighed ned på nukleotidniveau

## En personlig DNA-profil

- Snart muligt at få bestemt hele sit genom
- Genetisk variation inden for en art: polymorfi
- SNP (Single Nucleotide Polymorphism): et basepar, hvor basen varierer ml. mennesker
  - Fx smager/ikke-smager
  - TAS2R38 (skifter ml. G og C) => G/C-SNP
- Risikoprofil : risiko for forsk. sygdomme

## Ophavsanalyser

- Mitokondriet indeholder mini-kromosom på 16.000 basepar
  - mitokondrie-DNA
- Ikke overkrydsninger i mitokondrie-DNA
- Nedarves udelukkende fra mor til barn
- = Direkte arv fra generation til generation
  - Eneste ændring: spontane mutationer
- Y-kromosomet nedarves fra far til søn
  - Kun lille overkrydsning
- Mitokondrie-DNA og Y-kromosomet kan bruges til at undersøge det genetiske ophav

## Livets udvikling

- Teori: Solsystemet dannedes for 4,6 mia. år siden
- Ældste sten på jorden: 4 mia. år gamle

### Livets alder

- Mikrofossiler - ældste spor af liv - 3,4 mia. år siden
- Livet kan være opstået for 3,8 mia. år siden

## Livets opståen

- Selv primitive bakterier er komplekse
- Hvordan opstod livet? Stadig ubesvaret spørgsmål

### Miller-Urey-eksperimentet

- 1952: Stanley Miller og Harold Urey
- Viste: Aminosyrer og kulhydrater kan dannes fra simple gasser spontant hvis de rigtige betingelser er til stede
- Methan + hydrogen + ammoniak + vanddamp ) udsat for elektriske impulser (lynnedslag)
  - Efter et par uger havde de aminosyrer og kulhydrater
- I dag har man fundet ud af, at atmosfærens sammensætning ikke var, som Miller og Urey troede
- Lignende nutidige forsøg har eftersigende givet samme resultater

### Kunstigt liv

- Selv moderne bioteknikere er ikke i stand til at skabe liv
- Man kan opbygge kunstige kromosomer og sætte dem ind i en bakterie, men man kan ikke lave liv selv
- Man arbejder på at lave en kunstig algart, der er bedre til at udnytte energien i fotosyntesen

## Livets historie

- Jordens historie er inddelt i fire æoner: Hadal, Arkæikum, Protozoikum, Phanerozoikum

### Jorden afkøles og livet opstår

- Æonen Hadal: ingen ilt
- Livet opstår ved starten af Arkæikum
- Fotosyntetiserende bakterier opstår
- Iltniveauet begynder at stige
- Muliggør udviklingen af bakterier, der kan udnytte ilten til at nedbryde organisk materiale (aerob respiration)

### Den eukaryote celle opstår

- Protozoikum: første eukaryote celler opstår - flercellede organismer
- Første eukaryote celle: tæt samspil ml. to prokaryote celler, hvor en større har optaget en mindre uden at dræbe den - tæt symbiotisk forhold
  - Den indre celle mistede evnen til at leve frit, og den store celle dannede en membran om arvematerialet
- Første gang det skete: udviklet til mitokondrie
- Anden gang det skete (blandt mitokondrier): udviklede sig til alger og planter - kloroplast
  - Beviser for denne teori (endosymbiont teorien): mitokondrier og kloroplast har deres eget arvemateriale - cirkulært kromosom - der kopieres uafhængigt af cellens øvrige kromosomer

### **Flercellede organismer og den kambriske eksplosion**

- Slutningen af Protozoikum: første flercellede organismer
- Iltindholdet når 2 % i slutningen af denne æon
- Phanerozoikum er inddelt i tre æraer: Palæozoikum, Mesozoikum og Kænozoikum
- Æraen Palæozoikum starter med perioden Kambrium
- Kambrium starter med den kambriske eksplosion, hvor en hel masse dyrearter pludselig opstår
  - Bl.a. første hvirveldyr

### **Dinosaurernes tidsalder**

- Mesozoikum
- 230 mio. år siden: første dinoer
- I løbet af 100 mio. år udvikler de sig til at dominere livet på landjorden og i havet
- Pattedyrene opstår også i denne periode
- Vi ved ikke, hvorfor dinoerne uddøde for 65 mio. år siden
  - meget tyder på meteornedslag i Mexico
- De dinoer, der overlevede, har eftersigende udviklet sig til fugle

### **Pattedyrens tidsalder**

- Kænozoikum
- 6 mio. år siden: første msk. i Centralafrika
- 200.000 år siden: Homo Sapiens

## **Evolution**

- Evolution: fordring/udvikling
- Arternes udvikling over tid
- Arter opstår, udvikler sig og uddør

### **Charles Darwin - evolutionsteoriens far**

- Fremset i "Arternes Oprindelse" fra 1859
- Han rejste jorden rundt med H.M.S. Beagle
- Induktive naturvidenskabelige metode

### **Levende organismer er forskellige**

- Individuer inden for en art er aldrig helt ens
- De ydre forskelle er arvelige
- Afkom vil ligne en blanding af forældrenes udseende
- Darwin kendte hverken til DNA eller Mendel, så han kunne ikke forklare, hvordan arvelige forskelle opstår og nedarves
- Forskellene opstår som mutationer i arvematerialet

### Evolutionsteorien

- 1. Livet på jorden er foranderligt
  - Nye arter udvikler sig fra eksisterende arter
  - Andre arter uddør
  - = Alt liv på jorden er beslægtet og har en fælles forfader
- 2. Der er ikke uendelige ressourcer til rådighed
  - = evig kamp for overlevelse og reproduktion
- 3. De bedst tilpassede individer får flest afkom
  - = naturlig selektion

### Livets mangfoldighed

- Overvældende mangfoldighed blandt organismer på jorden
- ca 8,7 mio. eukaryote arter på jorden (+/- 1,3 mio.)
- Man finder hele tiden nye arter - selv blandt fugle og pattedyr

### Artsbegrebet

- Biologisk artsbegreb: hvis to individer naturligt kan få fertilt afkom, er de en og samme art
- Hybrider: tæt beslægtede arter, der ikke kan få naturligt afkom
- Det er arten, ikke individet, der forandres over tid
- Hvis en art deles i to, der ikke mødes og får afkom med hinanden, er der to adskilte populationer inden for arten
  - Efter mange år har de måske udviklet sig forskelligt - måske til nye arter

### Levende organismer sættes i system

- Taksonom: forsker, der arbejder med at klassificere og inddele jordens forsk. organismer i grupper
- Carl von Linné, 1735: Systema Naturae
  - Klassificerede dyr og planter ud fra fysiske forskelle og ligheder
- Indførte navngivningssystemet, vi bruger i dag: latinsk dobbeltnavn (arts- og slægtsnavn)
  - Ligesom for- og efternavn, med efternavnet først
  - Skrives altid med kursiv. Slægtsnavnet med stort, artsnavnet med lille forbogstav:
  - *Homo sapiens*

### Moderne taksonomi

- Arter med ligheder = slægt
- Slægter med ligheder = familier
- Familier med ligheder = ordner ... klasser, rækker, riger, superriger

- Linné brugte fysiske ligheder - i dag: hvor tæt er de beslægtede med hinanden?

### **Alt liv er beslægtet**

- Darwin: den første, der foreslog, at alle tidligere og nulevende organismer er beslægtede
- Fundamentale processer:
  - Mutationer: skaber variation - individer inden for samme art er forskellige
  - Naturlig selektion: de bedst tilpassede får mest afkom - arter tilpasser sig miljøet
  - Artsdannelse: adskilte populationer danner forskellige arter

### **Livets træ**

- Biologien ønsker at kortlægge alle arter, der lever på jorden, og deres indbyrdes slægtskab
- Vha DNA-sekventering sammenlignes dele af arvematerialet
- Fjernt beslægtede arter har større variation

### **Menneskets plads i livets træ**

- Mennesket skulle eftersigende nedstamme fra aberne
- Neandertalerne og det moderne menneske skulle have levet sammen indtil for ca 27.000 år siden - neandertalerne uddøde pga. konkurrence med *Homo sapiens*
- Darwin argumenterede aldrig for, at vi nedstammede fra nulevende aber, men blot at vi har en relativt nylig fælles forfader

### **Liv i ekstreme miljøer**

#### Termofile bakterier

- Bakterier, der lever under meget varme forhold, fx i en varm kilde
- Interessante for bioteknologiindustrien
- Bakteriernes enzymer er særligt tilpassede varme
- Taq-polymerase kommer fra den termofile bakterier *Thermus aquaticus*

#### Bjørnedyr

- Ligner vingummibamser i mikroskop
- Mange 100 forsk. arter af bjørnedyr
- Ekstremt modstandsdygtige over for ekstreme miljøforhold
- Fundet i varme kilder, på bjergtoppe, i iskapper, på havets bund
- Små mængder flydende vand = chance for bjørnedyr
- De kan opvarmes til langt over vands kogepunkt og fryses ned til tæt på det absolutte nulpunkt og blive udsat for massive mængder af radioaktivstråling

### **Er der liv andre steder i universet?**

- Størst chance på planeter, der ligner vores
- Krav: flydende vand - man leder efter vand

#### Vores naboplanet Mars

- Man har fundet sikre spor af vand og kuldioxid

- Ikke noget ozonlag - livet vil have svært med at trives
- Bakterier fra jorden vil trives fint på Mars, hvis de dækkes af få cm støv fra Mars
- Sender man msk. til Mars er der stor sandsynlighed for at forurene Mars med bakterier fra jorden

## Naturlig selektion

- Mekanismen bag evolutionsteorien
- 1. Der er variation mellem individerne af samme art og denne variation er arvelig
- 2. Alle arter får langt flere afkom end det overlever
- Der er en kamp for at overleve
- Individer med en gavnlig arvelig egenskab overlever oftest
- Større chance for at deres afkom også får denne egenskab
- Evolutionsteorien er en sandsynlighedsbaseret teori: chancerne øges for at de bedst tilpassede udkonkurrerer de andre, men det sker ikke nødvendigvis
  - Mange tilfældigheder kan afgøre, om et individ overlever eller ej

## Darwins finker

- Finkerne på Galapagosøerne mindede som dem i Sydamerika
- De var dog tilpassede de forskellige øers liv og føde

## Birkemåleren

- Der findes en lys og en mørk birkemåler
- De tilhører samme art
- En mutation har ændret grundfarven fra lys til mørk
- Den mørke farve er dominant
- I perioden op mod den industrielle revolution i England var den mørke udgave sjælden
- Under industrialiseringen ændrede dette sig drastisk
- Siden 1970'erne er den lyse igen blevet almindelig
- Under den industrielle revolution blev træerne mørkere pga. udledning af røg fra fabrikker, og derfor var den mørke mere kamufleret

# Økosystemerne og os

## Energi i økosystemet

- Energi strømmer gennem økosystem (solenergi -> varme) (se figur 23, side 24)
- Planterne er det første trofiske niveau
- Organismer, der kan opbygge organisk stof ud fra uorganisk: autotrofe
- Planter bruger lys: fotoautotrofe
- Hvis der kræves tilførsel af organisk stof: heterotrofe

## Fotosyntese

- Foregår i plantecellernes grønkorn/kloroplaster
- $\text{CO}_2 + \text{vand} \xrightarrow{\text{lyset som energikilde}} \text{glukose, ilt og vand}$

## Fødekæde

- Græsningsfødekæde: starter med levende planter der græsses af planteæder
- Nedbryderfødekæde: starter med dødt organisk stof
- Fødekæder sættes sammen i fødenet

## Respiration

- Ved respiration overføres energien fra det organiske stof til ATP (adenosin-tri-phosphat), som vi bruger når vi arbejder
- I mitokondrierne forbrændes glukose under iltforbrug til kuldioxid og vand og en del af energien overføres til ATP
- Fordi en del af energien går til varme bliver der mindre og mindre mad til næste led i fødekæden => en fødekæde er sjældent længere end 4-5 led
- Planternes fotosyntese: bruttoprimærproduktion, BPP
- Respiration: R
- Vækst: nettoprimærproduktion, NPP
- $\text{NPP} = \text{BPP} - \text{R}$
- Energien overføres i sidste ende til varme
- Respirationstab: den del af den producerede eller indtagne energi, der går til respiration, kan ikke udnyttes af andre
- Der bliver mindre og mindre mad til overs til næste led i fødekæden
- Fødekæde er sjældent mere end fire til fem led pga. tab i energi gennem de trofiske niveauer

## Økologiske fodaftryk

- Den påvirkning af økosystemet, som vores behov medfører, kan måles på det økologiske fodaftryk
- Behov ud over føde kaldes bekvemmelighedsbehov
- Der er stor forskel på, hvor bekvemmeligt vi har det
- Økologisk fodaftryk: hvor stort et areal man skal bruge for at opfylde sine behov
  - Udover mad, tøj og bolig også flyrejser, elektronik, store bøffer etc.
- 2008, indb. i Østtimor: 0,45 ha sml. DK: 8,22 ha sml. Qatar: 11,64 ha sml. USA: 7,17 ha
- Vores forbrug kræver 5 jordkloder for at tilfredsstille alle

## Nedbrydning og stofskifte

- Især bakterier og svampe nedbryder
- De udgør nedbryderfødekæden
- Energien frigives ved respiration - når der er ilt nok til stede, dvs. aerobt
- Når der ikke er ilt tilstede - anaerobt - kan mange mikroorganismer frigive energi vha. gæring
  - Giver dog færre ATP-molekyler end respiration
- Alle stoffer indgår i stofkredsløb takket være nedbryderne
  - Vands, kulstofs, kvælstofs, fosfors kredsløb
- De kredsløb er ofte indbyrdes forbundne
- Ved fotosyntese og respiration cirkulerer ilt, vand, CO<sub>2</sub> og glukose

## Kulstofs kredsløb

- 1. Det biologiske kredsløb - hurtig omsætningstid
  - Skyldes levende organismers fotosyntese og respiration
  - CO<sub>2</sub> frigives ved respiration og optages igen ved fotosyntese
  - Ligevægt mellem optagelse og udskillelse af CO<sub>2</sub>
- 2. Det geokemiske kredsløb - meget langsom omsætningstid (mio. år)
  - CO<sub>2</sub> nedbryder og opbygger bjergarter
  - Kalkbjergarter (CaCO<sub>3</sub>) nedbrydes:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$
  - CO<sub>2</sub> i luften: går i forbindelse med vand:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
  - I havet danner mange organismer kalkskaller af CaCO<sub>3</sub>:  $2 \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - Når de dør ender de på havbunden og ophobes til store lag, der bliver til bjerge (Møns Klint)
  - CO<sub>2</sub> deponeres altså i kalklagene i stedet for atmosfæren

## Drivhuseffekten

- CO<sub>2</sub> tillader solstråling at komme ind, men holder varmestrålingen tilbage (længere bølger)
- Naturlig drivhuseffekt: uden den vil jordens gns. temp. være -18 C.
- Siden 1900: mængden af CO<sub>2</sub> i atmosfæren er steget med 30%
- Planter og alger i forhistorisk tid fjernede store mængder CO<sub>2</sub> ved fotosyntese
- Nu frigiver vi den i et alt for hurtigt tempo
- Når havtemp. stiger, falder opløseligheden af CO<sub>2</sub> -> havene forsures -> mindre skaldannelse
- Andre drivhusgasser:
  - Vanddamp
  - Methan
    - Meget stærkere end CO<sub>2</sub>, men langt mindre af den

## Kvælstofs kredsløb

- 80% af atmosfæren: N<sub>2</sub>
- N er en begrænsende faktor for plantevækst
- Kun ganske få bakteriearter kan optage luftens N og give det videre i brugbar form



- N-forbindelser skal bruges når planternes laver aminosyrer og til DNA
- N-kredsløbet omfatter fire overordnede processer:
  - Kvælstoffiksering
  - Ammonifikation
  - Nitrifikation
  - Denitrifikation

### **Kvælstoffiksering**

- Bakterier optager frit N ( $N_2$ ) fra luften
- Omdanner det til  $NH_4(+)$
- Bælgplanter lever i symbiose med knoldbakterien Rhizobium, der optager og omdanner  $N_2$  til  $NH_4(+)$  som gives videre til planten
- Planterne leverer energien til bakterierne i form af glukose
- Bakterierne inficerer bælgplanternes rødder gennem rodhårene
- I roden sker så en kraftig cellevækst - der dannes knolde fyldt med bakterier
- Det enzym, bakterierne bruger til omdannelsesprocessen, tåler ikke ilt = bakterierne er anaerobe
- Men bakterierne skal jo bruge ilt til respirationsprocessen
  - Løsning: Leghæmoglobin binder ilt - holder ilt væk fra enzymet, men leverer ilt til respiration
- I vand: cyanobakterier (blågrønalger) fikserer også N. Det frigives igen ved død

### **Ammonifikation**

- Mineralisering: når levende organismer nedbrydes til uorganiske stoffer
- Proteinernes aminosyrer nedbrydes til ammoniak,  $NH_3$  = ammonifikation
- Ammoniak danner sammen med vand straks ammonium,  $NH_4(+)$

### **Nitrifikation**

- Ammonium kan omdannes til nitrit,  $NO_2(-)$ , af nitritbakterier
- Nitrit omdannes til nitrat,  $NO_3(-)$ , af nitratbakterier
- De to processer kaldes tilsammen: nitrifikation
- Begge delprocesser forsyner bakterier med energi, som de kan bruge til at lave glukose
- De nitrificerede bakterier er kemoautotrofe

### **Denitrifikation**

- Nogle bakterier kan udnytte ilten i nitrat, og omdanner således nitrat til frit N

### **Konkurrence**

- Planter og dyr konkurrerer om bl.a. plads og næringsstoffer
- Habitat: levende organismers levested
- Hvis to arter har samme levevis, niche, vil den ene udkonkurrere den anden
- Biotop: bredere end habitat: en del af et økosystem
- Organismer konkurrerer om abiotiske faktorer og biotiske faktorer
- For at en organisme vokser og trives skal faktorerne være optimale
- Den faktor, der er relativt mindst af, kaldes den begrænsende faktor
- Intraspecifik konkurrence: konkurrence inden for en art

- Interspecifik konkurrence: konkurrence mellem arter

### **Intraspecifik konkurrence**

- Ræve er territoriale dyr: de konkurrerer om de bedste levesteder

### **Interspecifik konkurrence**

- Dræbersnegl og skovsnegl har samme niche, men dræbersnegl (kommet hertil omkring 1991) kan også fortære køkkenhaver, mens sneglens fjender foretrækker skovsneglen
-

## Den blå planet

- Livet opstod i vand for mindst 3,4 mia år siden
- Alle levende organismer er afhængige af vand
  - Alle væsker i kroppen har en saltholdighed på 0,9%
- Kroppen: 45-65 % vand (mænd mere end kvinder)
- 97,5% af vandet på jordens overflade er saltvand - 2,5 % er ferskvand
  - Meget ferskvand er bundet i is => vi kan kun udnytte mindre end 1%

### Det globale vandkredsløb

- Årligt: 111.000 km<sup>3</sup> nedbør på landjorden
- 4000 km<sup>3</sup> er tilgængelige - 70% til kunstvanding i landbruget, 20% i industrien, 10% i husholdninger

### Vandforbruget i Danmark

- Grundvand: den del af regnvandet, der synker ned i jorden
- Om vinteren synker der mere ned, end vi bruger. Omvendt om sommeren
- Siden 1980'erne er vandforbruget faldet fra 1 mia m<sup>3</sup> til ca 600-650 mio m<sup>3</sup> pr. år
  - Det er kun husholdningerne, der sparer
- Sandjord: vandet trænger hurtigere ned -> mindre fordampning -> mere vand kan udnyttes. Modsat lerjord
  - Sandjord kræver dog kunstvanding for planter, fordi de ikke når at få fat i det. Modsat lerjord, hvor kapillærkræfterne holder vandet tilbage i lerjordens porer
- De fleste pesticider, vi finder i vandet, er pesticider, der nu er forbudte

### Vores eget vandforbrug

- Dansker: 114 L vand pr. dag, heraf ca 40 L varmt

### Mangel på vand

- 2,5 mia. msk. oplever periodevis vandmangel
- Kunstvanding af marker medfører, at grundvandet falder og floder tørrer ud
- Det øger risikoen for at bruge inficeret vand
- 2010: retten til rent drikkevand blev anerkendt som en menneskeret
- FN's 2015-mål nr. 7 indbærer at halvere andelen af verdens befolkning, der ikke har adgang til rent drikkevand (NÅET i 2010)
- U-landene skal have vejledning i korrekt kunstvanding
- Vi skal spare på grundvandet

### Når det regner alt for meget

- Når meget regn falder samtidigt kan det ikke nå at trænge ned til grundvandet og løber derfor ud i åer og vandløb
- Rensningsanlæggene må lede urensset vand ud for at have plads til det nye vand

## Spildevandsrensning

- 99% af DKs spildevand som ledes i kloarken renses
- N og P skal begrænses fordi de virker som gødning for alger (=> iltsvind)
- Rensningsanlægget renses i tre trin (i alt 24-36 timer):

### Mekanisk rensning

- Roterende riste sorterer store affaldsstykker fra (ristehus)
- Herefter kommer vandet til et sand- og fedtfang
- Langt bassin hvor større partikler bundfældes mens olie og fedt flyder ovenpå
- Vandet er nu for-klaret

### Biologisk rensning

- God mikroflora
- Temperatur og pH reguleres elektronisk
- Der dannes en del næringssalte, som skal fjernes af bakterier inden vandet ledes ud
- Nogle stoffer er lette at omdanne, andre er ikke
- Proces:
  - 1. Det for-klarede vand blandes med slam fra en anaerob tank. Dette slam kommer fra et senere led i rensningsanlægget (efterklaringen). Det er fyldt med bakterier, der har optaget en masse fosfat
  - 2. Kvælstof fjernes i procestanken hvor der sker skiftevis nitrifikation og denitrifikation. Proteiner omdannes til aminosyrer. Både aminosyrer og urin indeholder  $\text{NH}_2$ , som af bakterier omdannes til  $\text{NH}_3$ . I vandet omdannes det til  $\text{NH}_4^+$  (ammonifikation). Ammonium omdannes til nitrat
  - 3. Under aerobe forhold optager bakterier store mængder fosfat, der omdannes til poly-fosfat. Det kræver energi, men på den måde opbruges ilten i vandet
  - 4. Hvis ilten forsvinder vil bakterier omdannes  $\text{NO}_3^-$  til frit kvælstof ( $\text{N}_2$ ), der diffunderer op i atmosfæren

### Kemisk rensning

- Fosfat kan fældes med jernsulfat  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
- Det dannede jernfosfat ( $\text{FePO}_4$ ) bundfældes og binder sig til slammet
- Det nu rensede vand iltes og ledes ud igen

### Slam behandling

- Nogle steder transporteres slam til biogasanlæg, så der laves biogas af dem, der kan drive rensningsanlægget
- Det kan også tørres og brændes eller deponeres

## Hormonforstyrrende stoffer

- Parabener i kosmetik
- Ftalater i plast
- Stoffer udskilles når vi fx vasker os selv, men de går uhindret gennem

rensningsanlæggene og når både fx fisk og os selv

- Mængden vokser i dyr, der ikke kan skille sig af med dem = bioakkumulation
- Koncentrationen stiger gennem fødekæden, fordi dyrene respirerer og skiller sig af med mange stoffer, bare ikke de bioakkumulerede
  - Denne forøgelse: biomagnifikation
- Hormonforstyrrende stoffer kan virke feminiserende på hanfisk = de får hun-træk
-

## Åer og vandløb

- DK: 69.000 km vandløb
- Et naturligt vandløb udspringer i en sø eller kildevæld - nogle også fra dræn
- Et vandløb er et økosystem - levested for en række organismer
- Fungerer som spredningskorridor for dyr og planter
- Transporterer stoffer fra udspring til udløb

## Det naturlige vandløb og det regulerede

- Naturligt vandløb:
  - slynget
  - indskudte søer
  - fugtige enge der oversvømmes
  - skaber søer
  - udmunder i fjorde eller havet
  - høj biodiversitet
- Reguleret vandløb:
  - lav diversitet
  - mere ensartet fysisk miljø
  - bunden i udrettede vandløb består af blødt mudder

## Vandløbenes historie

- Langs store åer: spor af stenaldermennesker - transportveje og fiskeri
- Middelalder: opdæmning, udnyttelse af vandets potentiale
  - = begyndende industrialisering i 1600-tallet
- Midt 1800-tallet: landbrugsjorden drænes
- I 1900-tallet udrettede man mange vandløb eller rørlagde dem

## Abiotiske faktorer

- Strømningshastighed, iltindhold, pH-værdi, næringssalte, lys, temperatur, bundforhold
- Vandets strømning skaber diffusion af ilt mellem vand og luft
- De faktorer, der får størst betydning for vandløbenes kvalitet er lys og bundforhold

## Næringssalte

- Næsten alt nitrat og halvdelen af fosfat i vandet stammer fra landbruget
  - fosfat er oftest bundet til andre stoffer (aluminium, jern, kalcium) sammen med organiske stoffer

## Iltindhold

- Stærk strøm = gode iltforhold
- Dybe åer med langsom strøm = iltmangel på bunden
- Højere iltkoncentration om dagen fordi fotosyntese kun finder sted om dagen, mens respiration foregår hele natten også
- I vandløb med mange planter kan iltkoncentrationen blive kritisk lav om natten

## Lys

- Lyset når sjældent længere ned end 1 m
- Hvor hurtigt det aftager afhænger af mængden af partikler i vandet
- Planter i vandet kan skygge - planter i vandkanten eller på brinken kan også skygge
- Lysmængden er en meget variabel faktor

## Bundforhold

- Hvis vandløbet formål er at fjerne så meget vand som muligt skal der skæres grøde (planter i åen og langs brinkerne)
  - Så bliver bunden sandet og uegnet for dyr
  - Trådformede grønalger kan dog godt lide det om sommeren
  - De får biodiversiteten til at falde

## Liv i vandløbene

- Kun iltkrævende dyr tilstede hvis iltkoncentrationen er høj

## Planter, alger og bakterier

- Naturligt løb:
  - fastsiddende mikroalger på bunden i det øverste løb (stræk strøm)
  - mellemste løb: bundplanter og mikroalger
  - nederste del: planktonalger
  - Biofilm: belægnings af mikroalger, svampe og bakterier på sten etc.
  - Rodfæstede planter danner planteøer i åen
    - de nedsætter strømmen
    - giver mere varierede bundforhold
  - MEN begrænser også gennemstrømningen
- Derfor grødeskæres drænløb

## Vandløbenes småkravl

- I det rene vandløb: mange hvirvelløse dyr
  - Mange er insekternes larve- og nymfestadier
- Øverst i åen er der meget ilt men det er svært at holde sig fast
  - nederst er det omvendt

## Insekternes udvikling

- Fuldstændig forvandling:
  - æg -> larve -> puppe -> voksen
  - puppetide fra få uger til flere år afhængigt af arten
  - Vårfluer, sommerfugle, biller, myg
- Ufuldstændig forvandling:
  - æg -> nymfe -> voksen
  - forvandlingen sker gennem flere nymfestadier
  - Slørvinger, døgnfluer, græshopper

## Tilpasning til strøm

- I strømmende vand er dyrene ofte fladtrykte for ikke at blive revet med
- Nogle (kvægmyggelarve) binder sig fast til bunden med en silketråd
- I mere stillestående vand graver nogle sig ned

### Niche

- Dyrene i vandløb lever generelt af mikroorganismer og dødt organisk materiale
- Skraber biofilm af sten
- Dyrene omfatter både nedbrydere, planteædere og rovdyr
  - flest nedbrydere

### Iltoptagelse

- De fleste insekter optager ilt gennem huden hvor den diffunderer til trakeerne (figur 70)
- De fineste trakeer er væskefyldte og kaldes trakeoler
  - her diffunderer O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> frem og tilbage
- Nogle få vandlevende insekter har åbninger ind til trakeerne (=spirakler)
- Jo langsommere vandstrømning dyrene er tilpasset, jo større og mere bevægelige gæller skal de have
- Forureningsdominanter: fx røde dansemyggelarver og børsteorm. Kan blive meget talrige i områder, hvor iltindholdet er lavt
- Rottehalen kaldes en forureningsindikator, fordi den kan leve i meget forurenede vand. Dens hale kan stikkes op som rør, hvorigennem den kan trække vejret

### Andre dyr

- Laksefisk kræver en varieret bund og gyder i strømmen på grus eller sten
- Laks og havørred lever deres første år i vandløbets øverste og mellemste del, men vandrer så ud i havet
  - de kommer dog tilbage til samme vandløb hvert år for at gyde
- Havørreder gennemgår en såkaldt smoltifikation: udvikler saltpumper i gællerne
- Der var en gang forskellige laksestammer i forskellige åer - men nu er de udryddet

## Restaureringsprojekter - Skjern Å

- 1960'erne: Skjern og Omme åer rettes ud for at dræne markerne
- 2000: omlagt og genslynget
- Skjern Å er DK's vandrigeste å og udspringer i Rørbæk Sø
- Når åen om foråret går over sine bredder gøder næringssaltene jorden og gør den frugtbar
- Siden 1700-tallet har bønderne dog klaget over oversvømmelser
- Hedeselskabet regulerede i 1960'erne den nedre å = dræning af 3750 ha jord (7500 fodboldbaner)
- Ulemper:
  - planter og fugle forsvandt
  - odderen blev sjælden
  - Skjern Å-laksen uddøde næsten
  - den drænede jord satte sig og sank => der måtte drænes mere
  - der kom okker, der kvæler smådyr fordi det lægger sig på gællerne
  - næringssaltene som engene tidligere havde tilbageholdt løb ud i fjorden
- 1998: det blev besluttet, at der skulle foretages en naturgenopretning



- 1999-2003: stort set tilbageførsel => 2200 ha enge
- Til sidst vil vi få en skov i området, fordi skov er klimakssamfund i DK - det stabile slutstadium hvis ikke vi blandet os
  - vi blander os dog og holder det som eng

### **Skjern Å-laksens DNA**

- 1980'erne: man fangede så få laks, at man regnede med, at den var uddød
- DNA-undersøgelse viste dog, at det virkelig VAR Skjern Å-laks, og det førte til et større opdræt
- Kvote på én laks pr. år

### **Randzoner**

- Randzone: dyrknings-, gødnings- og sprøjtefri zone omkring et vandløb
- Pr. 1. sept. 2012: 10 m
- Klager fra landbruget

### **Randzoner skal mindske iltsvind**

- Vandløb er transportveje for næringsalte som skader livet i fjorde og have
- Hver sommer: iltsvind -> planter og dyr dør
- Randzoner skal først og fremmest mindske udslippet af nitrat
- Se rækkefølge af hændelser på side 70

### **Denitrifikation i randzonen**

- Enten:
  - 1. begrænse mængden af gødning i landbruget
  - 2. øge betingelserne for denitrifikation
- Brede randzoner = mere ugødet jord + iltfattige miljø i den våde engjord, dvs. mere denitrifikation

### **Bestemmelse af vandløbskvalitet**

- Nitrat og fosfor er sjældent afgørende i vandløb, fordi de hurtigt transporteres ud i havet
- Den sikreste indikator er dyrelivet
- DVFI: Dansk Vandløbsfaunaindeks

### **Når vandløbet bliver forurenede**

- Primær forurening:
  - består af opløst organisk materiale
  - bakteriernes iltforbrug stiger og BI\_5 falder
  - Mikroorganismer kan blive så talrige, at de bidrager til at danne lammehaler: tætte bevoksninger af bakterier, svampe og encellede dyr
  - Mikroorganismernes respiration betyder, at de iltkrævende arter dør
- Sekundær forurening:
  - bakterierne får nedbrudt det organiske stof og der frigøres næringsalte (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> og NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

- kraftig opblomstring af trådformede grønalger på bunden
- Selvrensning: åen renses sig selv over tid