BIOLOGI

SMERTEBEHANDLING



Indhold

Biologi og sygdomsbehandling 3
Hvad er biologi? 3
Biologisk organisation 3
Hvad arbejder en biolog med? 3
Celler og smertebehandling med aspirin 8
Celletyper 8
Dyrecellens opbygning og funktion 10
Dyrecellens opbygning 10
Cellemembranen og membrantransportprocesser 14
Cellemembranens opbygning 14
Membrantransportprocesser 15
Diffusion 15
Osmose og faciliteret transport 16
Aktiv transport 16
Passiv diffusion i agar-blok (øvelse) 19
Afleveringen - biologidelen af portfolio-posteren (Hjemmeopgave) 23

Biologi og sygdomsbehandling

Hvad er biologi?

Biologi er læren om det levende. Faget beskæftiger sig derfor med levende organismer lige fra mikroskopiske bakterier og grønne planter til svampe og dyr, som os selv.

Levede organismer er levende, fordi de har livsytringer. Dvs. at de ofte kan bevæge sig, de optager føde og udskiller affaldsstoffer, de trækker vejret (respirerer) og de formerer sig.

Alle levende organismer er opbygget af celler. Celler vender vi tilbage til senere, når vi skal se nærmere på, hvordan de er medvirkende til, at vi kan føle smerte, og til at acetylsalicylsyre (aspirin) kan optages til kroppen, når vi behandler smerter.

Biologisk organisation

Biologiens udgangspunkt er altså det levende og naturen. Naturen kan inddeles i forskellige biologiske systemer, som struktureres i et hierarkisk system (se figur 1). Naturen beskrives og undersøges på forskellig måde på de forskellige niveauer. Undersøger man et økosystem vil man ofte se på samspillet mellem de levende (**biotiske**) dele af økosystemet: **dyr**, **planter** og **nedbrydere** og de ikke-levende (**abiotiske**) dele: pH-værdi, lys, temperatur mm. Undersøger man en population kunne man f.eks. undersøge bestemte sygdommes hyppighed i befolkningen. En fysiolog vil måske undersøge, hvordan bestemte organer og væv påvirkes af vores livsstil og hvordan vores livsstil kan føre til livsstilssygdomme som hjertekarsygdomme. En kræftforsker vil forske i, hvordan kræftceller reagerer på forskellige kemiske stoffer.

Man bruger med andre ord forskellige metoder indenfor biologien. **Feltarbejde/feltundersøgelser** bruges, når man vil undersøge et økosystem; **epidemiologiske undersøgelser**, når man vil undersøge fordelingen af bestemte sygdomme i befolkningen og **kontrollerede laboratorieforsøg**, når man vil undersøge kræftceller.

Når det drejer sig om forskning i medicin vil man ofte arbejde i laboratoriet med eks. vis cellelinjer eller forsøgsdyr som modelorganismer.

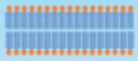
Hvad arbejder en biolog med?

Som det ses af ovenstående, er der altså mange forskellige måder man kan arbejde på indenfor biologien.

Man kan arbejde som naturvejleder eller med miljøforvaltning og miljøbeskyttelse.

Man kan arbejde i biotek- eller medicinalvirksomheder, der udvikler og producerer lægemidler vha. levende organismer.

Man kan arbejde som underviser i gymnasiet eller forsker på universitetet.

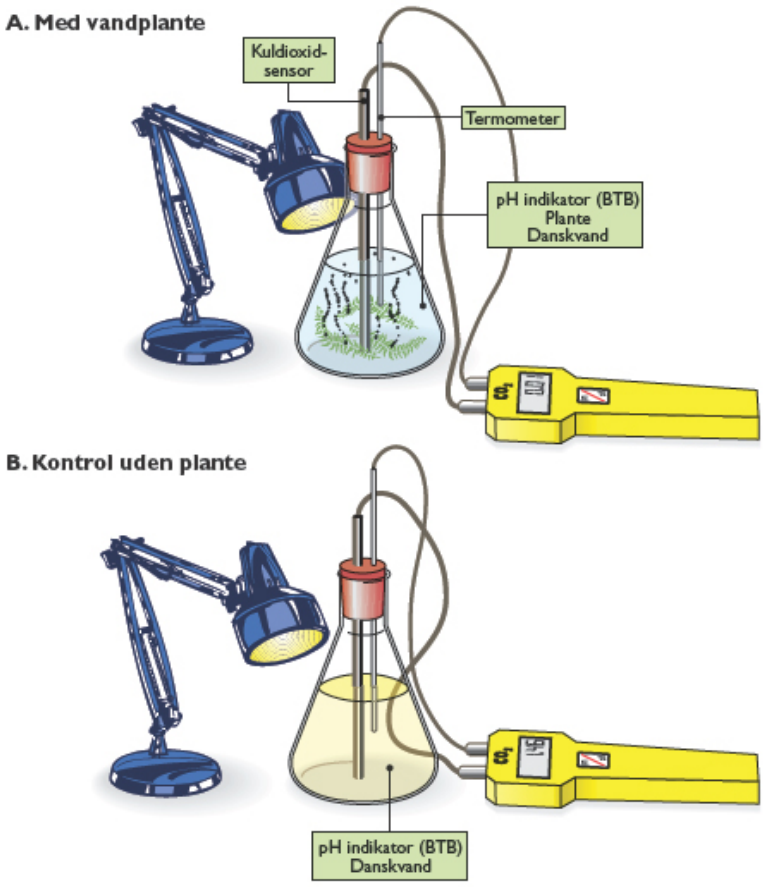
 BIOSFÆREN	Den del af jorden, hvor der er liv: vand, jord og luft. Det største biologisk system. Består af alle jordens **økosystemer**.
 ØKOSYSTEM	En afgrænset del af naturen: en skov, en sø osv. Består af levende og ikke-levende dele.
 SAMFUND	Hvert økosystem består af forskellige plante- og dyre**samfund**, der igen består af **populationer.**
POPULATION	En population er en gruppe **individer** af samme art.
 INDIVID	Dig f.eks. :-)
 VÆV OG ORGANER	Individer er opbygget af **væv** og **organer.**
 CELLER	Væv er opbygget af **celler.**
 ORGANELLER	Celler er sammensat af blandt andet **organeller.**
 MOLEKYLER	Organellerne er opbygget af forskellige organiske **molekyler** som fedt, kulhydrat og protein.
 ATOMER	Molekylerne er opbygget af **atomer.**

Figur 1: Det biologisk hierarki. Efter Biologibogen, Systime 2005-2006

Endelig kan man arbejde med naturformidling i eks. vis. zoologiske haver eller akvarier. Skan QR-koden, hvis du vil vide mere om karrieremuligheder som biolog.

Opgave 1: biologisk metode

1. Figuren herunder viser det, der kaldes **et kontrolleret forsøg**, hvor man måler en vandplantes fotosyntese ved at måle, hvor meget kuldioxid den optager. Hvorfor er kontrolforsøg vigtige?



Fra Biologibogen, Systime 2005-2006

2. Forestil Jer nu, at vi også gerne vil undersøge om lys er nødvendigt for fotosyntesen. Kan forsøgsopstillingen bruges til det? Hvis nej: hvordan skal forsøget så opstilles?

3. Forsøget på figuren foregår i et laboratorie. Brug kritisk informationssøgning (dvs. du googler og udvælger nøje, hvilke kilder du tænker er mest troværdige) til at finde oplysninger om laboratorieforsøg, så du kan besvare nedenstående spørgsmål:
    a. Hvad kendetegner laboratorieforsøg?
    b. Hvilke fordele og ulemper er der ved laboratorieforsøg?

4. Vandplanten kunne også undersøges ude i naturen ved en feltundersøgelse. Brug kritisk informationssøgning (dvs. du googler og udvælger nøje, hvilke kilder du tænker er mest troværdige) til at finde oplysninger om feltundersøgelser, så du kan besvare nedenstående spørgsmål:
    a. Hvad kendetegner feltundersøgelser?
    b. Hvilke fordele og ulemper er der ved feltundersøgelser?

5. I forsøget måles vandplantens optagelse af kuldioxid via BTB, der er en pH-indikator. Man tilsætter danskvand med kuldioxid til kolben med planten. Det sænker pH og opløsningen vil blive gul. Når planten forbruger kuldioxid i fotosyntesen, stiger pH igen og opløsningen skifter farve til blå. I kontrolforsøget er der ingen plante, der kan optage kuldioxid – derfor forbliver opløsningen gul. Denne observation er **kvalitativ**. Kvalitative observationer beskriver en egenskab ved noget – her farven på opløsningen.

   Observationer kan også være **kvantitative**. Kvantitative observationer er mængder, antal, størrelser og lign. - altså noget der kan måles eller tælles. Hvad observeres der kvantitativ i forsøget?

Celler og smertebehandling med aspirin

Celler er kroppens byggesten og spiller en central rolle for vores sundhed. Når kroppen udsættes for skade eller betændelse, bliver celler i det påvirkede område ødelagt. I cellemembranen findes fedtsyren **arachidonsyre**, som frigives ved skaden. Inde i cellen dannes enzymet **COX (cyklooxygenase)**, som omdanner arachidonsyre til **prostaglandin**, som aktiverer nerveceller og sender signal til hjernen om, at noget gør ondt.

Aspirin er et lægemiddel, der indeholder **acetylsalicylsyre (ASS)**, og som bruges til at dæmpe smerte. Når man tager aspirin, optages ASS i blodbanen gennem fordøjelsessystemet. Herfra transporteres det rundt i kroppen og passerer ind i vævet, hvor der er inflammation eller skade. ASS-molekylet er lille og fedtopløseligt nok til at **passere cellemembranen** og trænge ind i de celler, hvor COX-enzymet findes indlejret i det endoplasmatiske retikulum. Her hæmmer ASS COX-enzymet, så det ikke kan omdanne arachidonsyre til prostaglandin, og på den måde stopper den række af hændelser, som leder til smerte.

For at forstå smerte, og hvordan den kan behandles, må man altså forstå, hvordan celler er opbygget og fungerer.

Celletyper

Alle levende organismer er som nævnt opbygget af celler. Nogle blot af en enkelt celle (**encellede organismer**) andre af mange celler (**flercellede organismer**). På figur 1 ses forskellige celletyper: **bakterier** samt **plante-, svampe- og dyreceller.**

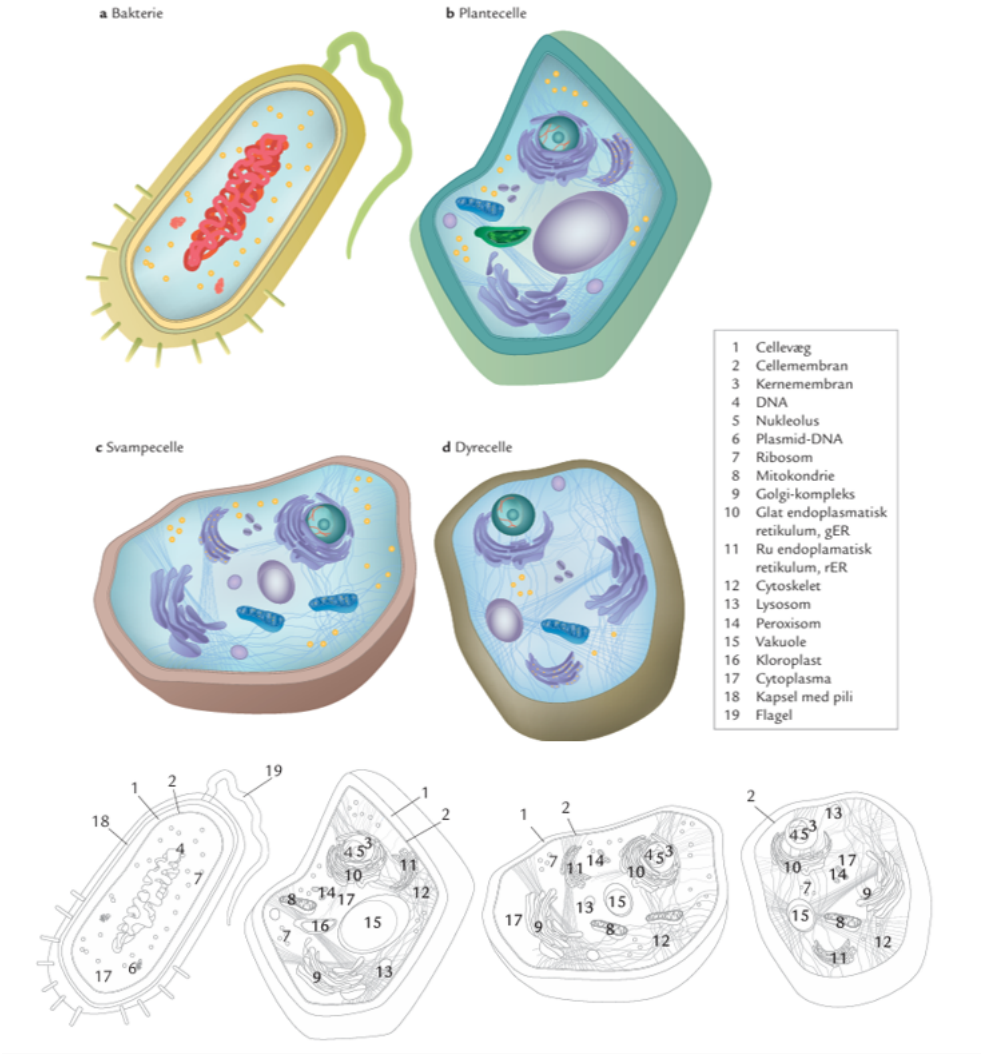
Bakterieceller er **prokaryote celler**. Det er simple celler uden cellekerne. Plante-, svampe- og dyreceller er **eukaryote celler**, der alle har en kerne, hvori arvematerialet (kromosomerne) findes.

De 4 celletyper har en del tilfælles som det ses på figur 2, f.eks. har de alle **arvemateriale**, **cytoplasma**, **ribosomer** og en **cellemembran**. Cellemembranen vender vi tilbage til senere, da den spiller en central rolle i forhold til, hvordan lægemidler optages til kroppen og ind i det ødelagte væv.

Der er imidlertid også en del forskelle på cellerne. En plantecelle indeholder **grønkorn**. Det er i grønkornene, at **fotosyntesen** foregår. Fotosyntesen er den livsvigtige proces, hvor planter optager lysenergi fra solen og videregiver energien til alt levende på jorden. Ved processen omdannes kuldioxid og vand til ilt og glukose ved hjælp af lysenergi:

$$\underset{\text{Kuldioxid}}{6CO_2} + \underset{\text{Vand}}{6H_2O} \xrightarrow{Lysenergi} \underset{\text{Glukose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Ilt}}{6O_2}$$

Glukosen indeholder nu energien fra solen, man siger at lysenergien er omdannet til kemisk energi, fordi energien er gemt inde i et kemisk stof. Glukosen danner nu grundlag for at planten og alle andre organismer på jorden har adgang til energi.



Figur 2: Forskellige celletypers opbygning.
Fra Biologi i Fokus 2009; Nucleus Forlag. Illustration: Jørgen Strunge

Grønkorn findes kun i planteceller. Til gengæld findes der **mitokondrier** i alle eukaryote celler. I mitokondrierne foregår der respiration. I denne proces omdannes det energirige glukosemolekyle og ilt til kuldioxid og vand, og der frigives energi:

$$\underset{\text{Glukose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Ilt}}{6O_2} \longrightarrow \underset{\text{Kuldioxid}}{6CO_2} + \underset{\text{Vand}}{6H_2O} + \underset{\text{Energi i form af ATP}}{Energi}$$

Mitokondrierne fungerer altså som cellernes kraftværker, der leverer energi til alle cellens funktioner, og er drivkraften i forhold til alle levende organismers livsytringer.

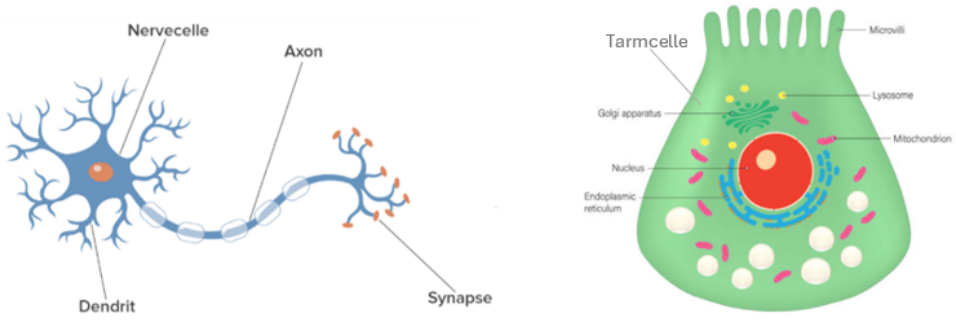
Grønkorn og mitokondrier har altså forskellig funktion i forhold til cellernes energiomdannelse, men de har det til fælles, at de begge er omgivet af en membran. En sådan struktur i en celle kaldes et **organel**. Skan QR-koden, hvis du vil vi mere om de forskellige celletyper.

Dyrecellens opbygning og funktion

Dyrecellen er den celletype vi selv er opbygget af og kroppens væv består af mange forskellige slags dyreceller med hver deres funktion. **Sanseceller** registrerer påvirkninger som tryk, temperatur eller kemiske stoffer og sender signaler videre via **nerveceller** til hjernen. **Hudceller** danner en beskyttende barriere og samarbejder med sanseceller om at registrere ydre påvirkninger.

I tarmen har **tarmceller** to vigtige roller. De optager næringsstoffer og lægemidler, som fx acetylsalicylsyre (aspirin), og de kan registrere indre forandringer som irritation eller betændelse.

Cellernes funktion hænger tæt sammen med deres **opbygning**, f.eks. har nerveceller forskellige udløbere. Nervecellen har **dendritter** til at modtage signaler og **axonet**, der er en lang udløber til at sende signaler med. Tarmcellen har mikrovilli, der giver en stor overflade, så cellen effektivt kan optage stoffer fra tarmen (se figur 3). Cellernes struktur er nøje tilpasset deres rolle i vævet og i kroppen.



Figur 3: Nerveceller og tarmcellers karakteristiske opbygning, der er tæt knyttet til cellernes funktion. iStockphoto

Dyrecellens opbygning

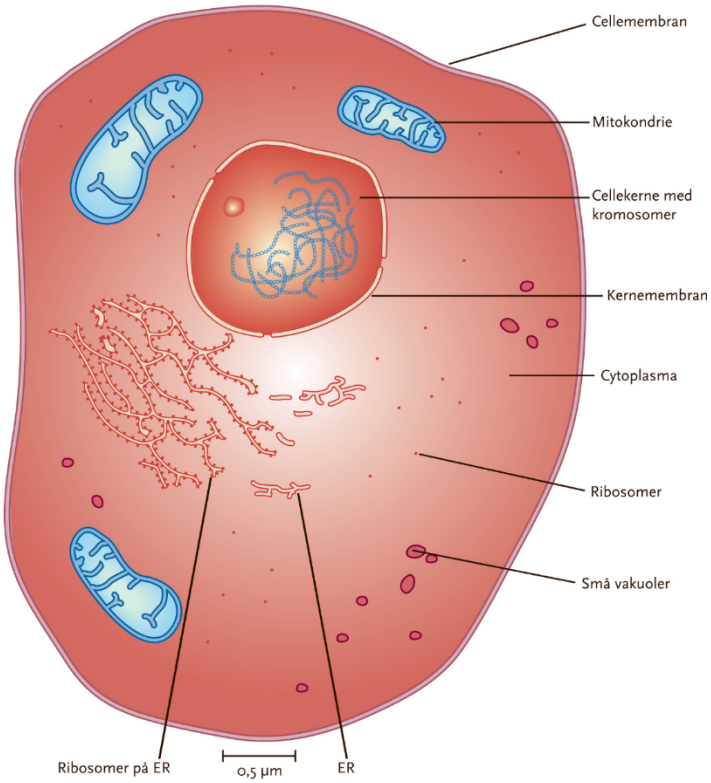
På figur 2 så vi dyrecellens forskellige celledele ses, og på figur 4 er der zoomet helt ind på dyrecellens generelle opbygning, som er fælles for alle dyreceller. Dyrecellen er

omgivet af en **cellemembran**, hvis opbygning og funktion uddybes i næste afsnit. Derudover indeholder dyrecellen **mitokondrier** og **cellekerne**, hvis funktion er beskrevet tidligere.

I cellen findes også det **endoplasmatiske retikulum (ER)**, der sørger for transport af forskellige stoffer i cellerne. Noget ER er såkaldt **ru ER**, da der sidder **ribosomer** på.

Ribosomerne sørger for at danne **proteiner** såsom **enzymer** og **transportproteiner**. Transportproteiner regulerer adgang af stoffer ind og ud af cellen og er placeret i cellemembranen.

Et vigtigt enzym, som ribosomerne danner, er COX, der spiller en central rolle i dannelsen af signalstoffer ved smerte og betændelse. COX-enzymet færdiggøres og indlejres i ER, efter det er dannet af ribosomerne.

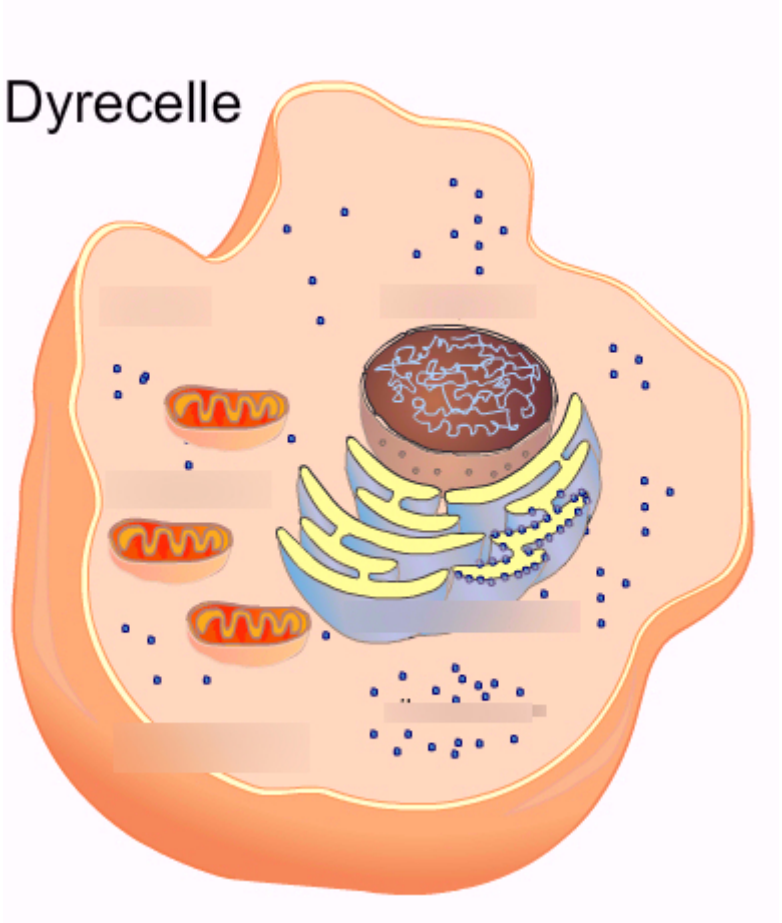


Figur 4: En typisk dyrecelle.
Fra Biologi til Tiden, 2. udgave, Nucelus Forlag

Endelig findes der også **vakuoler** i dyrecellen. Vakuoler er små opbevaringssteder for fx væske eller næringsstoffer. Den cellevæske, som de nævnte strukturer flyder rundt i kaldes **cytoplasma**.

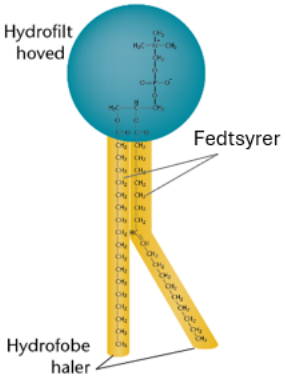
Opgave 2: dyrecellen

Marker/skriv på figuren herunder, hvor cellemembran, cellekerne, ER, ribosomer, mitokondrier og cytoplasma findes. Skriv også på figuren, hvor COX-enzymet findes og udfyld herefter skemaet nedenunder.



Celle-bestanddel	Funktion/opgave i cellen
Cellekernen	
Cytoplasma	
Ribosomer	
Mitokondrier	
ER (rER og gER)	
Vakouler	

Cellemembranen og membrantransportprocesser



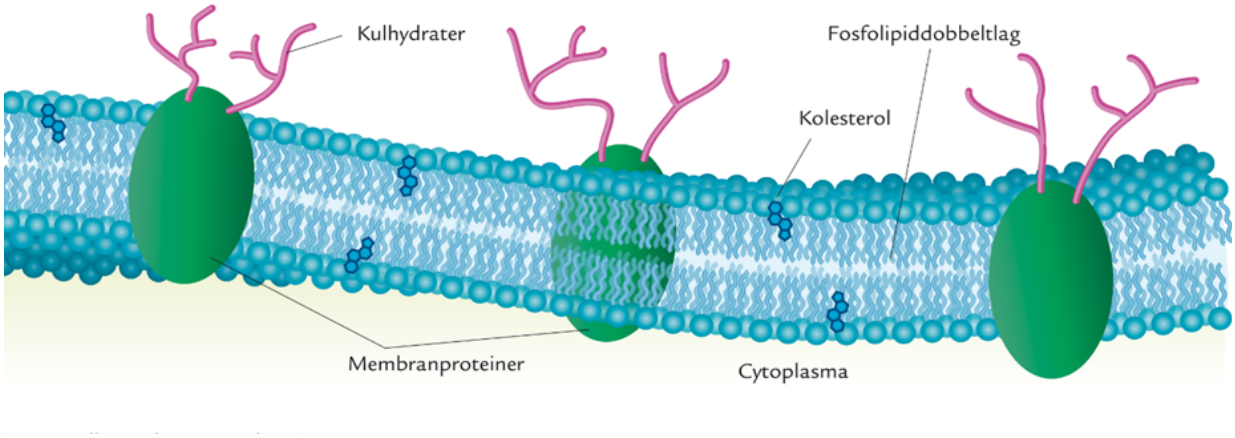
Figur 5: Fosfolipiders opbygning og egenskaber.
I gang med kemi, Nucleus forlag

Cellemembranens opbygning

Cellemembranen er opbygget af **fedt og protein**.
Fedtmolekylerne i membranen kaldes **fosfolipider**.
Fosfolipiderne er opbygget af fedtsyrer (se figur 5), hvor **arachidonsyre** kan være er en af dem. Den har, som nævnt, en vigtig rolle i forbindelse med afsendelse af smertesignaler fra ødelagt væv.

Fosfolipiderne er organiseret i et **dobbeltlag**, hvor hvert molekyle har et **hydrofilt (vandelskende) hoved** og to **hydrofobe (vandskyende) haler** (se figur 5 og 6). De hydrofile hoveder vender ud mod vandet både uden for og inde i cellen, mens de hydrofobe haler vender ind mod hinanden og danner en vandskyende barriere. Denne struktur gør cellemembranen fleksibel, men samtidig selektiv for, hvilke stoffer der kan passere igennem. Det kun er meget små og hydrofobe molekyler, der kan passere direkte igennem membranen.

Mellem fosfolipiderne findes også fedtstoffet **kolesterol**, som hjælper med at gøre cellemembranen mere **stabil og mindre gennemtrængelig.**

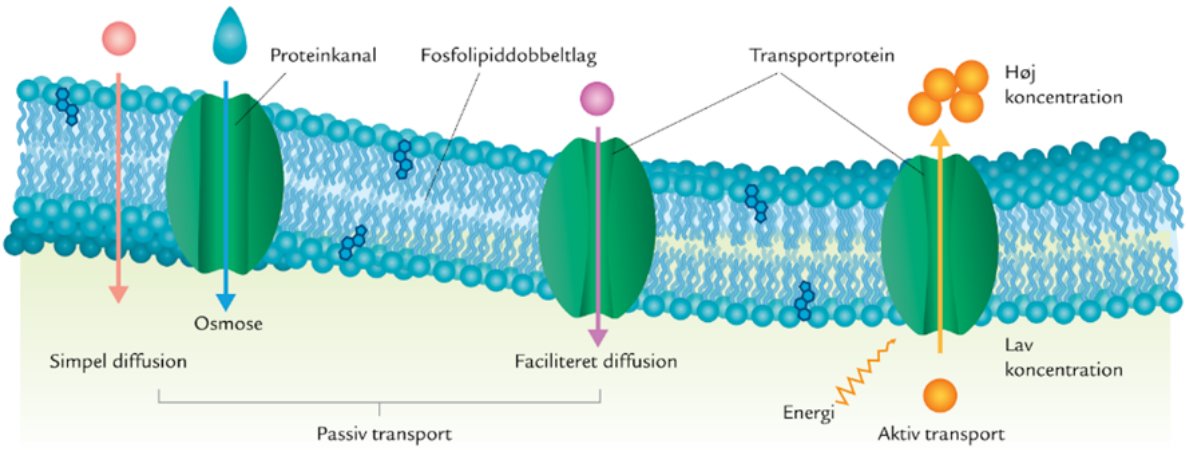


Figur 6: Cellemembranens opbygning. Fra Biologi i Fokus 2009; Nucleus Forlag. Illustration: Jørgen Strunge

I membranen sidder forskellige **membranproteiner** ofte med et kulhydrat (et sukkermolekyle) på. Proteinerne har mange forskellige funktioner, men en meget vigtig funktion er transport af forskellige hydrofile stoffer, der skal ind og ud af cellen.

Membrantransportprocesser

Når stoffer skal bevæge sig over cellemembranen, sker det via en af 4 forskellige måder: **diffusion, osmose, faciliteret diffusion** og **aktiv transport**. De 4 membrantransportprocesser er vist i figur 7.



Figur 7: De fire membrantransportprocesser. Fra Biologi i Fokus 2009; Nucleus Forlag. Illustration: Jørgen Strunge

Diffusion, osmose og faciliteret diffusion har det til fælles, at transporten af stofferne ikke koster cellen energi i form af **ATP**. Derfor kaldes det **passiv transport**. Det svarer lidt til at cykle ned ad bakke – det koster ikke energi. Transporten vil her altid gå fra høj mod lavere koncentration. Hvis et stof skal transporteres fra lav mod højere koncentration, altså f.eks. opkoncentreres inde i en celle, kræver det energi i form af ATP. Det svarer til at cykle op ad bakke.

Diffusion

Det der driver diffusionen af stoffer over en membran, er **molekylernes egenbevægelse**. Alle molekyler bevæger sig, og er der flere molekyler et sted og færre et andet sted vil molekylerne over tid fordele sig ligeligt. Putter du en sukkerknald i en kop kaffe vil koncentrationen af sukker være høj ved selve sukkerknalden og lavere ude i kaffen. Men efterhånden fordeles sukkeret ligeligt i kaffen. Molekylerne vil stadig bevæge sig, men koncentrationsforskellen er udlignet.

Eksempler på diffusion i kroppen er f.eks. diffusion af ilt fra lunger til blod, og fra blodet ind i cellen direkte igennem cellemembranen. I lungerne vil ilt diffundere fra lungerne og over i blodet, da koncentration af ilt er høj i lungerne og lavere i blodet. Ligeledes vil ilten diffundere ind i cellerne fra blodet, da ilt koncentrationen inde i cellen er lav pga. at det forbruges ved respirationsprocessen i mitokondrierne. Dette kan kun lade sig gøre, fordi iltmolekylet er et meget lille og hydrofobt molekyle.

Et andet eksempel er acetylsalicylsyre (ASS), der er det aktive stof i aspirin. ASS diffunderer først over i blodet igennem cellemembranerne i tarmcellerne. Derefter fra blodet ind i de celler, der er beskadiget, hvor det skal hæmme COX og forhindre, at der sendes smertesignaler til hjernen. Det er ASS i stand til, da det er **hydrofobt**. Det passerer dog ikke membranen lige så nemt som ilt, da ASS er et meget større molekyle end ilt.

Skan QR-koden og se en animation af diffusion.

Osmose og faciliteret transport

Når vand diffunderer over cellemembranen, sker det gennem bestemte proteinkanaler, da vand, skønt det er et lille molekyle, ikke kan passere direkte igennem membranen. Det skyldes at vand er meget hydrofilt. Denne membrantransportproces kaldes osmose, og er vigtig for at cellerne kan opretholde deres vandbalance, så de ikke dehydrerer.

Når molekyler passerer cellemembranen igennem et transportprotein, kaldes det faciliteret transport. Glukose til respirationsprocessen transporteres på denne måde. Det kaldes også faciliteret diffusion, da glukose er et ret stort og **hydrofilt** molekyle, og derfor skal hjælpes igennem membranen.

Aktiv transport

Aktiv transport kræver som nævnt energi, fordi molekylerne skal flyttes fra en lav koncentration til en høj koncentration, men det vil vi ikke komme yderligere ind på her.

Ovenstående viser, at det langt fra er alle stoffer, der uhindret kan komme ind i cellen. Cellemembranen gør altså, at cellen kan opretholde et indre miljø, der kan være forskelligt fra det ydre. Cellemembranen er **semipermeabel** eller selektivt permeabel – dvs. halvgennemtrængelig.

Opgave 3: membranen og membrantransportprocesser

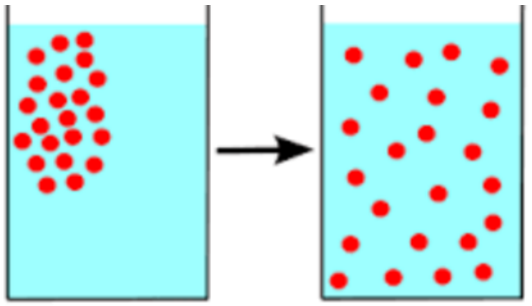
1. Hvordan er cellemembran opbygget?

2. Hvilken funktion har cellemembranen?

3. Hvad forstås ved hhv. passiv og aktiv transport?

4. Hvad er forskellen på diffusion og osmose?

5. Forklar hvad der sker i figuren herunder og hvorfor?



6. Hvordan kommer acetylsalisylsyre over cellemembranen?

Passiv diffusion i agar-blok (øvelse)

Efter øvelsesvejledningen *Det kommer an på størrelsen* fra Yubio A 2023

Det er eksperimentets formål at se nærmere på begrebet diffusion. Vi skal finde ud af, hvilken betydning en celles størrelse har for diffusionen af acetylsalisylsyre (ASS) ind i cellen.

Diffusionshastighed

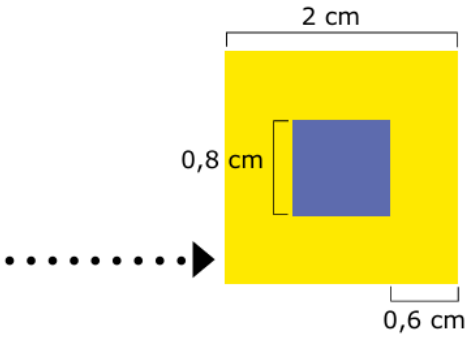
Diffusionshastigheden har betydning, når ASS skal over cellemembranen og frem til ER, hvor det virker ved at hæmme COX-enzymerne. Jo hurtigere diffusion, des hurtigere smertelindring.

Ved eksperimentet undersøges diffusionshastigheden i tre kunstige celler lavet af agar. Blokkene skal have en kendt størrelse, fx 1x1x1 cm, 2x2x2 cm og 3x3x3 cm. Agarblokkene er farvet blå med en pH-indikator, der skifter farve, når pH-værdien ændres. Ved at lægge blokkene ned i en sur opløsning kan vi ved farveskift se, hvordan den sure opløsning trænger ind i agaren. Transporten af den sure opløsning sker ved diffusion. Med andre ord kan vi holde øje med, hvor hurtigt diffusionen ind i agarblokkene forløber. Ved at skære dem midt over bagefter, kan vi se, om den sure væske er trængt helt ind i blokkenes indre, eller den kun er trængt ind i overfladen. Ved at opmåle, hvor langt den sure væske er trængt ind, kan diffusionshastigheden beregnes.

Her ses et regneeksempel:

I en agarblok på 2x2x2 cm (8 cm^3) er diffusionen nået 6 mm ind i cellen på 3 minutter.

Det uberørte rumfang (som stadig er blåt) er på 0,8x0,8x0,8 cm, hvilket er 0,512 cm^3. Det gule rumfang, som er det, diffusionen har nået, bliver dermed: 8 – 0,512 = 7,488 cm^3.



Den procentvise andel, som diffusionen har nået af det oprindelige rumfang, bliver derfor: (7,488 / 8) x 100% = 93,6 %.

Den gule farve er trængt 0,6 cm ind (fra alle sider) på 3 minutter. Det svarer til en diffusionshastighed på 0,2 cm/min (0,6 / 3).

Materialer

Agar farvet med BTB (25 g neutral agar pr. liter vand)

Kniv

Bægerglas

Eddike eller svag eddikesyreopløsning (sur opløsning)

Lineal

Ske

Fremgangsmåde

1) Skær omhyggeligt tre kvadratiske blokke ud af agaren. De tre blokke skal have sider på hhv. 1 cm på hvert led, 2 cm på hvert led og 3 cm på hver led.
2) De tre "celler" lægges på en ske og sænkes forsigtigt ned i bægerglasset.
3) Hæld eddike op i bægerglasset, så det dækker "cellerne".
4) Vent 3 minutter. Imens I venter, udarbejdes hypotese for resultatet af forsøget. **En hypotese er en begrundet forventning om, hvordan forsøgsresultatet vil være.**
5) Efter præcis 3 minutter tages de tre "celler" op igen.
6) Læg dem på et stykke papirhåndklæde og skær dem forsigtigt igennem så I kan se, hvor langt eddiken er diffunderet ind i cellen.
7) Opmål og noter i skemaet herunder, hvor mange cm den gule farve er trængt ind i de tre blå "celler" (agarblokke)
8) Tag et billede af de tre celler.

Resultater og resultatbehandling:

1) Beregn overfladearealet af de tre terninger.
2) Beregn rumfanget af de tre terninger.
3) Beregn overfladearel/rumfang forholdet (O/R).
4) Beregn rumfanget af det gule område.
5) Beregn rumfanget af det blå område.
6) Angiv i % hvor stor en del af rumfanget der er blevet gult.
7) Beregn diffusionshastigheden.
8) Skriv tallene ind i skemaerne herunder:

Kant-længde	Diffusions-længde (cm)	Overflade= **O** cm^2	Rumfang= **R** cm^3	**O/R**	Gult rumfang	Blåt rumfang	Omregn til %
3 cm							
2 cm							
1 cm							

Agarblok	Diffusionshastighed (cm/min)
3 x 3 x 3	
2 x 2 x 2	
1 x 1 x 1	

Diskussion:

1) Hvordan er sammenhængen mellem cellestørrelse og ASS´s mulighed for at diffundere ind i cellen og frem til ER?

2) Stemmer resultatet overens med Jeres hypotese? Begrund jeres svar.

3) Hvis du på baggrund af dette simple forsøg skal udtale dig om cellestørrelsens betydning i forhold til hvor effektiv diffusionen af ASS ind i cellen er, hvad vil du så konkludere?

4) Skriv en kort sammenhængende tekst, hvor du forklarer hvilken rolle cellers størrelse, har for optagelsen af ASS til cellen og hvorfor dette er vigtigt ifht. virkningen af smertestillende medicin.

Afleveringen - biologidelen af portfolio-posteren (Hjemmeopgave)

Afleveringen består af biologfagligt indhold til portfolio-posteren, der skal bruges i forbindelse med NV-prøven. Indholdet til portfolio-posteren skal relatere til diffusionsøvelsen. Portfolio-posterens biologifaglige indhold skal som minimum omfatte:

1. Titel
2. Formålet med øvelsen.
3. En præsentation af resultaterne fra øvelsen (billeder, tegninger, beregninger)
4. Figur eller tegning af cellemembranens opbygning.
5. Figur eller tegning, der illustrerer begrebet diffusion.
6. Konklusion: hvilken betydning har cellestørrelse for diffusionshastighed og hvorfor er denne hastighed vigtig i forbindelse med smertebehandling?

Ovenstående skal bl.a. kunne bruges til at forklare, hvordan forsøget udføres og hvad man kan konkludere ud fra resultaterne. Du skal ikke bruge brødtekst på din poster.

Omfang: Biologidelen af port-folio-posteren skal have et omfang på ét A4-ark

Afleveringen udarbejdes i laboratoriegrupperne. Således laver hver laboratoriegruppe én samlet poster med indhold både fra kemi, bioteknologi og biologi med inddragelse af engineering.