

Kinesin transportører

Af Malcolm Bowden

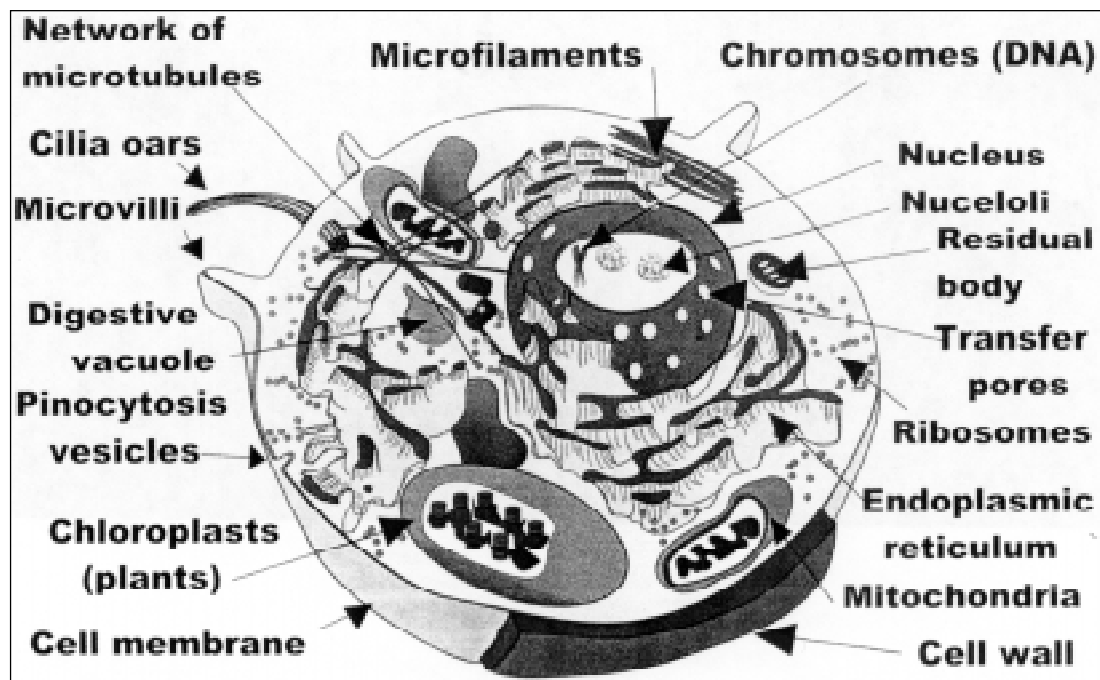
Denne artikel beskriver, hvordan kemiske stoffer bliver transporteret rundt i den enkelte levende celle fra det sted, de bliver produceret, til der, hvor de skal anvendes. De transporteres ved hjælp af uendeligt små "motorer", der bevæger sig langs mikrotubuli, der danner et internt netværk i cellen.

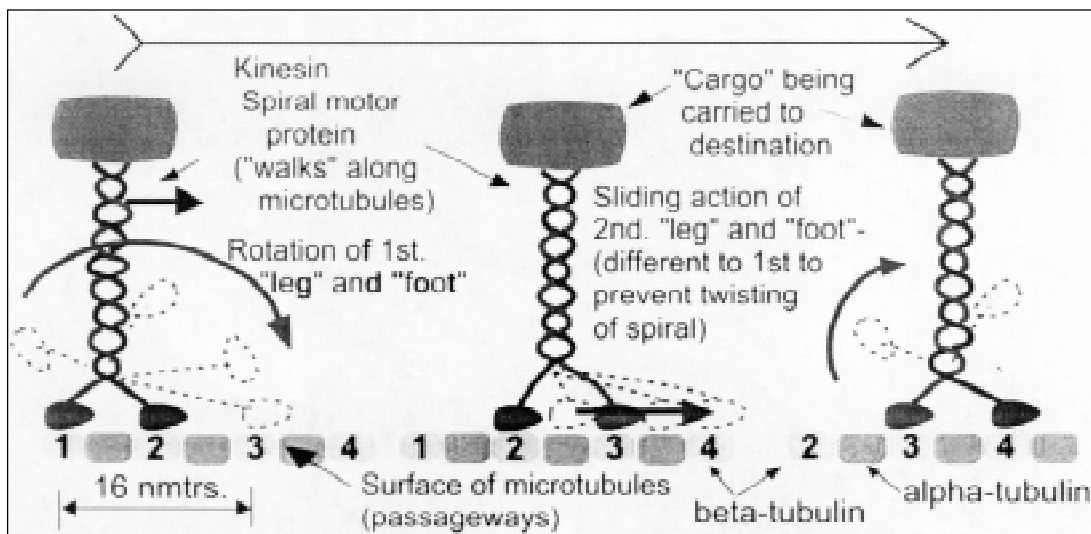
Jeg er sikker på, at alle er faldet over bygningstræk i naturen, som har forundret os. For mit eget vedkommende er jeg aldrig blevet så slået af forundring, som da jeg første gang hørte om disse minimale "motorer", der findes inden i hver eneste celle.

Der findes en kort beskrivelse af disse såkaldte kinesin-transportører (KT) i William Corliss' "Science Frontiers" (1), men studiet af KT går så stærkt, at det kan anbefales at konsultere internettet vedr. litteratur og viden om emnet.

Figur 1 giver en lille indikation af den kompleksitet, hver eneste levende celle besidder. Cellen er en ufattelig indviklet lille fabrik, der producerer tusindvis af kemiske stoffer, som bruges af de forskellige dele. Det oplagte spørgsmål opstår derfor: "Hvordan kommer alle disse kemiske stoffer fra produktionsstedet og derhen, hvor de skal bruges?" Det ville være ekstremt ineffektivt, hvis stoffer bare blev opløst i cellevæsken og fordelt rundt ved diffusion. Så ville kun en lille del af stofferne nogensin-

Figur 1. Celle med mikrotubuli





Figur 2. Kinesin transport

de nå frem til deres bestemmelsessted. Der må derfor være en måde, hvorpå et stof produceret ved punkt A kan nå punkt B direkte. Men hvordan?

Figur 1 viser nogle enkelte mikrotubuli, men rent faktisk findes de spredt i et tæt netværk overalt inde i cellen. De har mindst 3 forskellige funktioner:

- At skabe struktur i cellen, så den ikke flyder ud.
- I forbindelse med celledeling: Kromosomerne duplikeres, hvorefter specielle mikrotubuli sættes fast til de såkaldte kinetokorer, som sidder på midten af kromosomerne. Ved kontraktion af mikrotubuli trækkes hver af kromosom-kopierne sin vej. På figur (ikke vist, red.) ses en celle med mikrotubuli, der netop trækker kromosomdelene fra hinanden. Efter dette snøres cellen sammen på midten, og 2 nye identiske celler er dannet.

- Da mikrotubuli gennemtrænger alle dele af cellen, kan de være korridorer for stoftransport internt i cellen.

Disse 3 funktioner – og der er måske flere – er et godt eksempel på en biologisk komponent med mere end én opgave.

Med mikrotubuli har vi altså korridorerne, men hvordan transporteres stofferne? Det er her, motorerne spiller en afgørende rolle. Der er groft sagt 3 grupper af moto-

rer: kinesiner, myosiner og dyneiner. De er imidlertid ekstremt forskellige i både struktur og funktion. Således kendes i dag over 250 forskellige kinesin-lignende proteiner (3).

De konventionelle kinesin-motorer består af bundter af proteiner, der har en meget specifik form. Det enkelte KT-molekyle består af to identiske proteiner, der er snoet, så de danner en lodret del. Øverst bærer KT det specifikke molekyle, som det skal transportere. I bunden sidder to bundter af proteiner, der er bundet til hvert sit af de snoede proteiner. Disse "bundstykker" fungerer som "fødder" (selv om de kaldes "hoveder" i videnskabelige publikationer).

Men hvordan bevæger disse KT sig langs mikrotubuli? Dette er den mest fantastiske del af historien. Idet de lodrette proteinsnoninger snoes lidt ud og ind, bevæger "fødderne" sig faktisk langs ydersiderne af mikrotubuli. Figur 2 viser en forsimplet tegneserie, der viser funktionen. Ydersiden af mikrotubuli består af skiftevis alfa-tubulin og beta-tubulin. "Fødderne" placeres udelukkende på beta-tubulin-delene. Den ene "fod" – vi kan kalde den "venstre fod" – løftes op og over til den følgende beta-tubulin-sektion, forbi den "højre fod". Når det er sket, gentages processen tilsvarende med "højre fod" – og så fremdeles. På denne må-

de bevæger KT sig langs mikrotubuli til deres bestemmelsessted. På internettet findes flere computer-animationer af, hvordan KT bevæger sig (4).

For hvert skridt bevæger KT sig 8 nm og bruger til bevægelsen ét molekyle ATP, som er cellens basale energienhed. ATP produceres i mitokondrierne og produktionen heraf repræsenterer et andet fantastisk system i cellen, som vi ikke vil komme nærmere ind på her.

Det, der gør disse bevægelses-motorer så fantastiske, er, at de ganske enkelt er bundter af kemiske stoffer – samlinger af proteiner, der er snoet op i særlige former. Alligevel er de i stand til at samle deres last op ét sted i cellen og bære den til dens korrekte bestemmelsessted, hvor den bliver deponeret.

I et eksperiment med KT var man endog i stand til at måle den kraft, som KT udøver, når den bevæger sig langs mikrotubuli. "På figuren (ikke vist, red.) ser man et enkelt kinesinmolekyle, der trækker i en mikrotubulus, der er fastgjort til en tynd glasfiberstreng. Den elastiske kraft, der virker på motoren via glasfiberstrengen og mikrotubulus, kan beregnes ud fra strengens stivhed, flytningen af strengens spids, når mikrotubulus er fastgjort dertil, og flytningen af strengens spids, når mikrotubulus er fri. Man kan vise, at den gennemsnitlige flytning af motoren repræsenterer en maksimal kraft på 5pN (piconewton). Idet den modsat rettede kraft øges, når glasfiberen spændes, mindskes kinesins fart, indtil den standser helt, når kraften er ca. 5 pN. Idet vi går ud fra, at mekanisk arbejde svarer til kraft gange afstand, indikerer disse mikromekaniske eksperimenter, at kinesin kan udføre et arbejde på 4×10^{-21} J pr "skridt" ... Den aktuelle model for, hvordan motorproteinerne udvikler en kraft går ud på, at motoren indeholder et elastisk element, en fjeder, der spændes som resultat af ændringerne i molekylets struktur: Denne spænding udgør den kraft, som motoren anvender, og løsningen af fjederspændingen er den drivende kraft for kinesins fremadgående bevægelse" (5).

Man kan kun beundre den dygtighed, som sådanne eksperimenter er udført med. Det har med sådanne eksperimenter vist sig, at der er forskel på de forskellige KT'ers bevægelseshastighed. *Neurospora crassa* (en algeart) kinesin-motoren bevæger sig med 2,5 mikrometer pr sekund, hvilket er fem gange hurtigere end andre kinesiner. Man kalder den derfor kinesin-gruppens Ferrari.

Når man konfronteres med det ufattelige design af disse motorer, ville man ikke forvente at nogen ville hævde, at alt dette udvikledes ved tilfældig evolution. Trods dette kan jeg citere fra en kilde: "Den strukturelle lighed mellem kinesin og myosin antyder, at disse motorer har en fælles afstamning og måske anvender samme strategi for at omdanne kemisk energi til mekanisk arbejde" (5).

Disse motorer er tilsyneladende basale komponenter i enhver levende celle, og selvom det ikke nævnes direkte, må man som evolutionist antage, at de eksisterede i de allerførste organismer. Kan man virkelig tro, at disse meget komplekse proteiner, der er i stand til at bevæge sig langs mikrotubuli, er opstået ved ren tilfældighed ved livets opståen? – Jeg har personligt den opfattelse, at der ikke findes fossile enkeltceller i Prækambrium. Dette til trods for, at nogle forskere hævder det modsatte. Man kan argumentere for, at de fund, der er gjort (såkaldte stromatolither), ganske enkelt er små klippedannelser. Da de først blev opdaget, mente man også dette. Det var først efter at evolutionsteorien kom til, at man begyndte at diskutere, om det kunne være rester af levende celler. Det skal siges, at man havde et akut behov for at finde forstadier til de enorme mængder af komplekse livsformer, der dukker op allerede i Kambrium. Også i dag findes der forskere, der hævder, at der blot er tale om uorganiske dannelser (6). Hvordan kunne en celle fungere, med mindre den allerede havde effektiv transport af de forskellige kemiske stoffer? Disse fænomenele KT'er dukker altså pludselig op i de kambriske aflejringer, i et væld af forskellige komplekse organis-

mer. Efter min opfattelse er den eneste fornuftige konklusion, at de er blevet designet.

Megen tid er blevet brugt i forsøget på at forstå, hvordan disse motorer virker, og mange spørgsmål udestår fortsat. Men selv når vi når til en bedre forståelse af deres bevægelse, er der stadig tre store spørgsmål, der må besvares:

- Hvordan ved hver enkelt motor, hvad, hvor og hvornår den skal opsamle og transportere sin "last"?
- Hvordan ved hver motor, ad hvilke mikrotubuli den skal transportere sin last for at komme hurtigst muligt til sin destination?
- Hvordan ved hver motor, hvornår den har nået sit præcise bestemmelsessted, hvor den skal aflevere sin last?

Det gælder for KT som for alt andet i den levende natur, at jo mere man søger at nå til forståelse af virkningsmekanismen af selv simple celler som bakterieceller, des større kompleksitet opdager man. Mennesket har konstrueret og designet meget komplicerede apparater med sin enestående viden og kunnen, men de blegner i sam-

menligning med naturens underere. Disse småbitte bevægelsesmotorer er efter min opfattelse bare endnu et eksempel på Skaaberens design.

*Oversat og bearbejdet af
cand. Scient. Holger Daugaard
fra Creation Science Movement,
Pamphlet no. 347, July 2003.*

Kilder:

1. William Corliss producerer "Science Frontiers" en gang hver anden måned. Materialet består af resumeer og noter fra forsøg og observationer fra en meget stor mængde videnskabelige publikationer. For dem alle gælder, at de ikke passer ind i de vedtagne videnskabelige normer og modeller. The Sourcebook Project, Box 107, Glen Arm, MD 21057, USA.
2. www.mbowden.info for use in talks etc.
3. Gilbert, S. 2001. High performance of fungal motors. Nature 414, 597-598.
4. www.mpasmb-hamburg.mpg.de/ktdock/
5. www.proweb.org/kinesin/KinesinMotility.html
6. New Scientist, 22 February 2003 p. 28.