# **EKSAMENSOPGAVER I BLOK B FRA 2023-2018**

Indholdsfortegnelse

[EKSAMENSOPGAVER I BLOK B FRA 2023-2019 2](#_Toc158922447)

[1. BLOK B 2](#_Toc158922448)

[A: Intracellulær proteinsortering I, II og III (inkl. sau 24), KAP 15. 2](#_Toc158922449)

[Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.) 2](#_Toc158922450)

[Opgave III (Syge/reeksamen 7. august 2023) 3](#_Toc158922451)

[Opgave IV-A (Syge/reeksamen 7. august 2023) 5](#_Toc158922452)

[Opgave III (8 maj 2023. Ordinær eksamen) 6](#_Toc158922453)

[Opgave III (Syge/reeksamen 23. februar 2023) 6](#_Toc158922454)

[Opgave III (29 november 2022. Ordinær eksamen.) 8](#_Toc158922455)

[Opgave I (Syge/reeksamen 18 aug 2022) 9](#_Toc158922456)

[Opgave III (Syge/reeksamen 18 aug 2022) 9](#_Toc158922457)

[Opgave III (9 maj 2022. Ordinær eksamen) 12](#_Toc158922458)

[Opgave III (Syge/reeksamen 17 feb 2022) 14](#_Toc158922459)

[Opgave III (Syge og reeksamen 18 feb 2021) 16](#_Toc158922460)

[Opgave III (Ordinær eksamen 23 nov. 2020) 18](#_Toc158922461)

[Opgave III (Syge og reeksamen aug 2020) 21](#_Toc158922462)

[Opgave III (Ordinær eksamen 4 maj. 2020) 23](#_Toc158922463)

[Opgave III (syge/reeksamen 20 feb 2020) 26](#_Toc158922464)

[Opgave III (Ordinær eksamen, 25 nov 2019) 26](#_Toc158922465)

[Opgave (Ordinær eksamen 6 maj 2019) 30](#_Toc158922466)

[Opgave II (sygeeksamen aug 2018) 32](#_Toc158922467)

[B: Mitochondrier og peroxisomer (inkl. sau 24), 33](#_Toc158922468)

[Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.) 33](#_Toc158922469)

[Opgave III (Syge/reeksamen 23. februar 2023) 34](#_Toc158922470)

[Opgave III (Ordinær eksamen, 25 nov 2019) 34](#_Toc158922471)

[C: Cytoskelettet, KAP 17 35](#_Toc158922472)

[Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.) 35](#_Toc158922473)

[Opgave III (Syge/reeksamen 7. august 2023) 36](#_Toc158922474)

[Opgave III (8 maj 2023. Ordinær eksamen) 37](#_Toc158922475)

[Opgave III (29 november 2022. Ordinær eksamen.) 38](#_Toc158922476)

[Opgave III (syge/reeksamen 20 feb 2020) 39](#_Toc158922477)

[Opgave III (15 aug 2020, syge/reeksamen) 40](#_Toc158922478)

[D: Celle-celle og celle-ECM interaktioner (inkl. sau24), KAP 20 41](#_Toc158922479)

[Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.) 41](#_Toc158922480)

[Opgave I (8 maj 2023. Ordinær eksamen) 42](#_Toc158922481)

[Opgave III (Syge/reeksamen 23. februar 2023) 42](#_Toc158922482)

[Opgave III (Syge/reeksamen 18 aug 2022) 44](#_Toc158922483)

[Opgave III (9 maj 2022. Ordinær eksamen) 44](#_Toc158922484)

[Opgave III (Syge og reeksamen aug 2020) 45](#_Toc158922485)

# 1. BLOK B

## A: Intracellulær proteinsortering I, II og III (inkl. sau 24), KAP 15.

### Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.)

I undersøgelser af intracellulær proteinsortering har en forsker manipuleret gener i eukaryote celler,  
således at cellerne udtrykker proteiner med forskellige kombinationer af specifikke signalsekvenser

**4. Redegør for den forventede cellulære lokalisering af genmanipulerede proteiner som indeholder:**

**a. både en intern ER signalsekvens og et nukleært import signal.**

Svar: a. Det forventes, at proteinet ender i plasmamembranen som et transmembrant protein.  
Proteinsyntesen initieres på frie ribosomer i cytoplasma, men efter fremkomst af det interne  
ER-lokaliseringssignal vil polypeptidet blive transporteret til rER. Polypeptidet indsættes i en  
proteintranslokator og forankres efterfølgende i ER-membranen, idet den interne ER-  
signalsekvens ikke kløves fra, men fungerer som et transmembransegment i det færdige  
protein. Efter endt syntese transporteres proteinet videre til Golgi apparatet og i trans-Golgi  
netværket (TGN) pakkes proteinet i en sekretorisk vesikel, som ved fusion med  
plasmamembranen indsætter proteinet i denne. Selvom den cytosoliske del af proteinet kunne  
indeholde signalet (NLS) for nukleær import, er det ikke sandsynligt, at proteinet vil kunne  
transporteres til kernen, når det er et transmembrant protein. ECB, 6. udgave, kapitel 15.

**b. både en N-terminal ER signalsekvens og et signal for påsætning af mannose-6-fosfat.**

Svar:

Proteinet vil sandsynligvis ende i et lysosom. Ved fremkomst af en N-terminal ER-signalsekvens vil proteinet først transporteres til rER, som beskrevet i svaret til spørgsmål 4a,  
og resten af polypeptidkæden overføres til rER lumen co-translationelt. Proteinet frigøres til  
ER lumen, når signalsekvensen kløves fra. Herfra (efter modificering og foldning) føres  
proteinet videre til Golgi apparatet, og i cis-Golgi apparatet påføres mannose-6-fosfat  
signalet. Dette signal genkendes af mannose-6-fosfat receptorer i trans-Golgi netværket  
(TGN), og proteinet sorteres herefter via vesikler til et endosom og videre til et lysosom. ECB,  
6. udgave, kapitel 15.

### Opgave III (Syge/reeksamen 7. august 2023)

Lysosomer indeholder opløselige hydrolytiske enzymer involveret i nedbrydning af mange forskellige molekyler.

**1.  
a. Angiv, hvilke organeller der er involveret i syntese og transport af opløselige hydrolytiske  
enzymer til lysosomer.**

**Svar:**

a. rER og Golgi apparatet (og endosomer).

**b. Redegør for, hvorfor de opløselige hydrolytiske enzymer ikke gør skade på molekyler, der er til stede i disse organeller.**

Svar:

b. De hydrolytiske opløselige lysosomale enzymer har optimal aktivitet ved den lave pH (pH ~5),  
som opretholdes i lysosomer. Enzymernes afhængighed af et surt miljø forhindrer derved en  
uønsket aktivitet uden for lysosomerne.

**C. Redegør for, hvilke(n) tegning(er), der kan repræsentere et opløseligt lysosomalt hydrolytisk enzym.**

Et billede, der indeholder skærmbillede, tekst, linje/række, nummer/tal

Automatisk genereret beskrivelse

Figur 1. Tegninger af forskelige teoretiske proteiner. De røde segmenter kan markere ER-signal-,  
start-transfer- eller stop-transfersekvenser

Svar:

c. Det teoretiske protein B har kun ét N-terminalt ER-lokaliseringssignal, som vil blive  
fraspaltet af en signalpeptidase i rER, hvorefter proteinet vil forekomme som et opløseligt  
protein i rER lumen, som efterfølgende kan sorteres til lysosomer via Golgi apparatet. De  
andre teoretiske proteiner indeholder sekvenser (ER-signal-, start-transfer- og/eller stop-  
transfersekvenser), der bevares og indgår i proteinernes membranforankrende segmenter.  
ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Plasmamembranen indeholder glykoproteiner.

**2. Redegør for, hvorfor N-glykosyleringer på transmembrane glykoproteiner i plasmamembranen er lokaliseret ekstracellulært**

Svar:

Transmembrane plasmamembranproteiner syntetiseres typisk co-translationelt til membranen i  
rER. N-glykosyleringen af disse proteiner foregår på den del af proteinet, som befinder sig i  
rER lumen. Under den vesikulære transport til plasmamembranen vil proteinet bevare den  
samme orientering i membranen. Dette medfører, at efter sammensmeltning af  
vesikelmembranen med plasmamembranen vil den del af de N-glykosylerede transmembrane  
proteiner, som før vendte mod rER lumen, nu være lokaliseret ekstracellulært. ECB, 5. udgave,  
kapitel 15

**3. Beskriv mekanismen for transport af cargomolekyler gennem en polariseret celle, fra et ekstracellulært rum til et andet.**

Svar:

Ved transcytose kan cargomolekyler optages i cellen fra ekstracellulærrummet ved et  
plasmamembrandomæne og frigives til ekstracellulærrummet ved et andet  
plasmamembrandomæne. Cargomolekyler optages ved receptormedieret endocytose og sorteres  
i endosomer (tidlige endosomer og ”recycling” endosomer) til vesikler, som transporteres til et  
nyt membrandomæne, hvor cargomolekylerne frigives til ekstracellulærrummet, når  
vesikelmembranen fusionerer med plasmamembranen. ECB, 5. udgave, kapitel 15

### Opgave IV-A (Syge/reeksamen 7. august 2023)

Et billede, der indeholder cirkel, sort-hvid

Automatisk genereret beskrivelse

**1.** **a. Angiv, hvilke intracellulære strukturer der ses ved A, B og C på EM billedet (figur 1).**

svar: A: Nucleolus, B: Heterokromatin og C: Mitokondrier. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**b. Redegør, med udgangspunkt i EM billedet, for cellens lysmikroskopiske udseende, såfremt denne farves med hæmatoxylin/eosin.**

Svar: Cellens cytoplasma er domineret af rER, mens kernen indeholder markante mængder af heterokromatin i periferien og en centralt lokaliseret nucleolus. Disse strukturer indeholder alle betragtelige mængder af nukleinsyrer, som er basofile ved vævspræparation og derfor vil binde hæmatoxylin. Derfor vil cytoplasmaet overordnet optræde relativt kraftigt blåfarvet, og det samme vil være tilfældet i de områder af kernen, hvor nucleolus og heterokromatin er lokaliseret (urskivekromatin). ECB, 5. udgave, kapitel 15, Geneser 2. udgave, kapitel 2.

**c. Redegør for cellens overordnede funktion.**

Svar: Den markante nucleolus (hvor ribosomale underenheder ansamles) i kernen og de mange ribosomer i cytoplasmaet vidner om, at cellen har et højt niveau af proteinsyntese. Tilstedeværelsen af den store mængde af rER peger på en høj aktivitet i den sekretoriske pathway. (EM-billedet viser ikke tilstedeværelsen af et veludviklet Golgi apparat og tydelige sekretoriske vesikler, hvorfor det ikke entydigt kan konkluderes, at cellen secernerer store mængder protein ved konstitutiv sekretion. Cellen er en plasmacelle, der secernerer antistof). ECB, 5. udgave, kapitel 15; SAU 4 materiale.

### Opgave III (8 maj 2023. Ordinær eksamen)

Kernen har en meget vigtig funktion i langt de fleste af kroppens celletyper og er involveret i en række sygdomme.

**1. Beskriv, hvorledes proteiner selektivt bliver transporteret ind i kernen.**

Svar:

proteiner, som selektivt transporteres ind i kernen, indeholder en signalsekvens (”nuclear  
localization signal”). Denne sekvens bliver genkendt af cytosolære proteiner kaldet nukleære  
importreceptorer. Disse receptorer hjælper kerneproteinerne ned til kerneporerne, (hvor de  
genkender specifikke tentakel-lignende fibriller), hvorefter receptorerne, som stadig binder  
kerneproteinerne, transporteres gennem kerneporerne og ind i kernen. I kernen binder Ran-GTP  
til importreceptorerne, hvilket bevirker, at de medbragte kerneproteiner frisættes, og at  
importreceptorerne returnerer til cytosolen for at binde til nye kerneproteiner. (Små proteiner  
kan frit og uselektivt passere gennem kerneporekomplekserne). ECB, 5. udgave, kapitel 1

### Opgave III (Syge/reeksamen 23. februar 2023)

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, linje/række, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

**5. Redegør for om det teoretiske protein X) i figur 2B kan orienteres i plasmamembranen som  
proteinet i figur 2A.**

Svar:

Når den grå boks sidder N-terminalt, vil den markere en ER-lokaliseringssignalsekvens, som kløves fra co-translationelt. Det teoretiske protein X vil således kun indeholde et enkelt transmembrant segment, hvilket ikke svarer til proteinet i figur 2A, der har to transmembrane segmenter. ECB, 5. udgave, kapitel 15

**6. Redegør for om det teoretiske protein Y) i figur 2B, kan orienteres i plasmamembranen som proteinet i figur 2A.**

Svar:

Som for protein X vil den N-terminale grå boks i protein Y være en ER-lokaliseringssekvens, der  
samtidig initierer co-translationel syntese af peptidkæden til ER-lumen efter indsættelse i  
translokationskanalen. Den co-translationelle syntese fortsætter ind til fremkomsten af et  
stoptransfer segment (anden grå boks). Syntesen af proteinet fortsætter nu i cytosolen ind til  
fremkomsten af et starttransfer segment (tredje grå boks), hvorefter den resterende C-terminale  
del af proteinet syntetiseres ind i rER lumen. Da ER-signalsekvensen er kløvet af, vil den N-  
terminale del af proteinet ligeledes være lokaliseret i rER lumen. Det teoretiske protein Y kan  
således godt svare til det transmembrane protein vist i figur 2A. ECB, 5. udgave, kapitel 15

**7. Redegør for om det teoretiske protein Z) i figur 2B, kan orienteres i plasmamembranen som proteinet i figur 2A.**

Svar:

Det teoretiske protein Z indeholder en intern ER-lokaliseringssekvens (første grå boks), som  
også vil fungere som et transmembrant segment, da det ikke kløves fra. Hvis ER-  
lokaliseringssekvensen indsættes i translokationskanalen med N-terminalen af peptidkæden  
orienteret mod ER lumen, vil ER-lokaliseringssignalet fungere som et stoptransfer-segment. Den  
efterfølgende del af peptidkæden vil herefter blive syntetiseret i cytosolen ind til fremkomsten af  
et starttransfer-segment (anden grå boks), der indsættes i translokationskanalen, hvilket  
medfører, at den resterende C-terminale del af peptidkæden syntetiseres til rER lumen. Det  
teoretiske protein Z kan således godt svare til det transmembrane protein vist i figur 2A.  
(Det er ligeledes en fyldestgørende besvarelse, såfremt der redegøres for, at det teoretiske  
protein Z ikke svarer til det transmembrane protein vist i figur 2A. Hvis ER-  
lokaliseringssekvensen (første grå boks) indsættes i translokationskanalen med N-terminalen af  
peptidkæden orienteret mod cytosolen, som vist i ECB, 5. udgave, figur 15-17, vil ER-  
lokaliseringssignalet fungere som en starttransfer-sekvens, og peptidkæden vil co-translationelt  
blive syntetiseret til ER lumen indtil fremkomsten af et stoptransfer-sekvens (anden grå boks),  
der indsættes i translokationskanalen, hvilket medfører at den resterende C-terminale del af  
peptidkæden vil blive syntetiseret i cytosolen. Proteinet vil derfor, i modsætning til det  
transmembrane protein i figur 2A, have både N- og C-terminalen lokaliseret i cytosolen). ECB,  
5. udgave, kapitel 15, materiale til SAU 4.

### Opgave III (29 november 2022. Ordinær eksamen.)

**3. Clathrin indgår i dannelsen af visse typer intracellulære vesikler fra plasmamembranen og fra trans-Golgi netværket**

1. **Angiv den intracellulære destination for clathrin-coatede vesikler dannet fra henholdsvis plasmamembranen og fra trans-Golgi netværket.**

Svar:

Destinationen for vesikler dannet ved receptor-medieret endocytose og fra trans Golgi  
netværket er i begge tilfælde endosomer. (I ECB nævnes lysosomer via endosomer fra trans  
Golgi netværket. ECB, side 512, nævner desuden, at ”clathrin-coated vesicles bud from the  
Golgi apparatus on the outward secretory pathway”, hvorfor det kan accepteres, at  
plasmamembranen også nævnes som en mulig destination). ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**b. Beskriv hvilken rolle clathrin spiller i forbindelse med vesikelafsnøring.**

Svar:

Under processen ansamles clathrinmolekyler sammen med adaptin, på cytosolsiden af  
membranen, og danner et kurvelignende netværk. Clathrin-coaten indgår i at forme  
membranen (startende med en clathrin-coated pit) til den vesikelformede struktur, der til sidst  
afsnøres som en clathrin-coated vesikel. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Opgave tekst (5);

- Mucolipidosis II (ML II) er en alvorlig sygdom, hvor patienterne typisk ikke opnår en levealder på  
mere end 5-7 år. Sygdommen er karakteriseret ved, at lysosomerne ikke fungerer normalt grundet  
mangel på lysosomale enzymer. Hos en patient med ML II fandt man et relativt højt niveau af  
lysosomale enzymer i blodet.

**5. Redegør for, hvorfor de lysosomale enzymer i patientens blod har en lav aktivitet.**

Svar:

Lysosomale enzymer er optimalt aktive i lysosomer ved lavt pH (pH ~5). Ved en stigning i pH vil  
enzymerne ikke længere fungere optimalt. I blodet er pH væsentligt højere end i lysosomer (pH  
~7.4), hvilket reducerer enzymaktiviteten. ECB, 5. udgave, kapitel 15

**Patienten fik konstateret en mutation i begge alleler af et specifikt gen, hvilket medførte dannelsen af et ikke-funktionelt protein**

**6. Redegør for, hvilket ikke-funktionelt protein der kan forårsage, at patienten lider af ML II.**

SVAR:

6. Når patienten har lysosomer, der ikke fungerer normalt, og der til gengæld er lysosomale  
enzymer i blodet, peger det på, at enzymerne bliver secerneret fra cellerne frem for at blive  
sorteret til lysosomer. Lysosomale enzymer mærkes med mannose-6-phosphat (M6P) af et enzym  
(en phosphotransferase) i cis-Golgi, hvorefter de kan genkendes af M6P-receptorer i trans-  
Golgi. Hvis dette enzym er defekt på grund af mutationer, vil det medføre, at lysosomale enzymer  
vil blive secerneret fra cellerne frem for at blive sorteret til lysosomer. (En redegørelse for en  
defekt i M6P-receptorer eller i ’uncovering enzyme’ kan principielt også angives, selvom det  
ikke er beskrevet for ML II). ECB, 5. udgave, kapitel 15.

### Opgave I (Syge/reeksamen 18 aug 2022)

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, dokument

Automatisk genereret beskrivelse

1. Redegør for funktionen af preproinsulins N-terminale aminosyresegment.

Svar:

Efter initiering af translationen af preproinsulin mRNA på et frit ribosom fremkommer en N-  
terminal ER-signalsekvens, der genkendes af en signal recognition particle (SRP). Komplekset  
(bestående af preproinsulins N-terminale ER-signalsekvens, ribosomet og SRP) transporteres  
herefter til SRP-receptoren, som er lokaliseret i rER membranen. Derefter frigives SRP fra  
komplekset, og når ribosomet associerer med translokatøren, indsættes ER-signalsekvensen heri.  
Herefter genoptages translationen, og peptidkæden overføres cotranslationelt til rER lumen.  
Undervejs kløves den N-terminale ER-signalsekvens af, og proinsulin overføres til rER lumen som  
et vandopløseligt sekretorisk protein. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

### Opgave III (Syge/reeksamen 18 aug 2022)

**1. Redegør for om nedenstående udsagn er generelle for transmembrane proteiner i  
plasmamembranen**

**a. Proteinerne indeholder kun hydrofobe aminosyrer.**

Svar:

Dette udsagn er ikke generelt for transmembrane proteiner i plasmamembranen, da disse er  
amfifatiske, med deres hydrofobe region(er) i membranen og deres hydrofile region(er) intra-  
eller ekstracellulært. ECB, 5. udgave, kapitel 11.

**b. Proteinerne påsættes et mannose-6-phosphat signal i cis-Golgi netværket.**

**Svar:**

Dette udsagn er ikke generelt for transmembrane proteiner i plasmamembranen, da  
proteiner, som mærkes med mannose-6-phosphat, sorteres i TGN til det  
endosomale/lysosomale compartment og ikke til plasmamembranen. ECB, 5. udgave, kapitel  
15

**c. Proteinerne er N-glykosylerede på ekstracellulær-siden.**

SVAR:

Dette udsagn er generelt for transmembrane proteiner i plasmamembranen, da proteiner N-  
glykosyleres på de peptidsegmenter, der befinder sig i rER-lumen, og disse peptidsegmenter  
vil derfor være ekstracellulært lokaliserede, når exocytose-vesikler fusionerer med  
plasmamembranen. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Opgave tekst (2);

Det ru endoplasmatiske retikulum (rER) er involveret i intracellulær proteinsortering.

**2. Redegør for, hvornår og hvorledes en celle regulerer størrelsen af rER.**

Svar:

I ER-lumen sker der kvalitetskontrol af proteiner vha. chaperoner, men hvis mængden af ufoldede proteiner aggregerer aktiveres UPR. Herefter vil visse sensor proteiner aktiverer transkriptionelle gener, der koder for dannelsen af chaperoner så proteinerne kan foldes korrekt. Dette fører til at ER udvider sig. Hvis mængden af misfoldede proteiner i ER er for stor, og det ikke kan fikses begår ER apoptose, eftersom den ikke har kapacitet nok.

**4. Angiv 3 eksempler på celletyper, udover epitheler, hvor tilstedeværelsen af gap junctions er  
udbredt.**

Svar:

Eksempler på celletyper, udover epitheler, der kan have udbredte gap junctions er:  
hjertemuskelceller, osteocytter, osteoblaster, astrocytter, glatte muskelceller og visse neuroner  
(blandt andre celletyper kan nævnes oligodendrocytter, mikroglia og Schwannske celler). ECB,  
5. udgave, kapitel 20; Geneser, 2020, kapitel 12-14.

Et billede, der indeholder tekst, diagram, linje/række, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

Connexiner indeholder 2 ekstracellulære loops. Ligeledes er både N-terminalen (et kort  
aminosyresegment) og C-terminalen fri fra membranen.

**5. Redegør, med udgangspunkt i figur 1, for connexins lokalisering i plasmamembranen. Svaret skal indeholde en tegning.**

Svar:

På hydropathy plottet ses 4 områder med et positivt hydropathy-index, svarende til hydrofobe  
områder på 20 aminosyrer eller mere, hvilket er nødvendigt for at udgøre et transmembrant  
segment. En tegning af et protein med 4 potentielle transmembrane segmenter, samt frie N- og  
C-terminaler, vil således vise, at N- og C-terminalerne vender mod samme side af membranen,  
mens områderne med de 2 loops vil vende mod den modsatte side. Da de 2 loops vender mod  
det ekstracellulære rum vil N- og C-terminalerne vende mod cytosolsiden, som vist på  
nedenstående tegning. ECB, 5. udgave, kapitel 11 og 15

Et billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, skærmbillede, design

Automatisk genereret beskrivelse

Syntesen af connexiner følger den sekretoriske pathway.  
**6. Beskriv 2 mekanismer, hvorved cellen kan nedbryde connexiner.**

Svar:

Connexiner, der sidder i plasmamembranen, kan nedbrydes ved, at disse endocyteres og føres  
til lysosomer, hvor nedbrydningen foregår. Translation af connexiner sker ved co-translationel  
syntese til rER. I forbindelse med syntesen af connexiner til rER, vil der kunne forekomme  
fejlfoldning af disse. Fejlfoldede connexiner eksporteres fra rER til cytosolen, hvor de mærkes  
med ubiquitin og efterfølgende nedbrydes i proteasomer. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

### Opgave III (9 maj 2022. Ordinær eksamen)

**I polariserede epithelceller findes transmembrane receptorer i plasmamembranen, der indgår i receptormedieret endocytose.**

**1. Angiv tre mulige ”skæbner” for disse receptorer, efter at de er blevet endocyteret.**

Svar:

1. ”Recycling” (transport tilbage til det oprindelige plasmamembrandomæne), nedbrydning (i  
lysosomer) og transcytose (transport til et nyt plasmamembrandomæne). ECB, 5. udgave, kapitel  
15.

**4. Redegør for, hvorledes proteiner sorteres til mitochondriets matrix.**

Svar:

4. Proteiner, der sorteres til mitochondriets matrix, translateres som et precursorprotein af frie  
ribosomer i cytosolen. En mitochondrie signalsekvens på precursorproteinet genkendes af en  
importreceptor i den ydre mitochondriemembran. Receptoren er forbundet med en  
proteintranslokator (TOM), som transporterer mitochondrieproteinet med signalsekvensen over  
den ydre mitochondriemembran til det intermembranøse rum. Komplekset af receptor,  
precursorprotein og translokator diffunderer derefter lateralt i den ydre mitochondriemembran,  
indtil signalsekvensen genkendes af en translokator i den indre mitochondriemembran (TIM).  
Sammen transporterer de to translokatorer mitochondrieproteinet hele vejen over både den ydre  
og den indre mitochondriemembran (proteinet forbliver ufoldet i processen). I mitochondriets  
matrix spaltes signalsekvensen fra precursorproteinet af en signalpeptidase. (Chaperone-  
proteiner hjælper med at trække proteinet over membranerne og assisterer også med foldning af  
proteinet). ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Protein X og protein Y er **transmembrane proteiner**, der indgår i proteintransport til **mitochondriets matrix**. For at bestemme lokalisationen af protein X og Y i mitochondriemembraner, blev lysater fra intakte mitochondrier og mitoplaster (mitochondrier, hvorfra den ydre membran er fjernet) analyseret med SDS-PAGE efterfulgt af western blot med antistoffer rettet mod protein X eller protein Y (figur 1A, B).

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, design

Automatisk genereret beskrivelse

**6. Redegør, baseret på resultaterne vist i figur 1A og 1B, for lokaliseringen af protein X og protein Y i mitochondrier.**

SVAR:

6. Figur 1A viser, at protein X kan påvises i intakte mitochondrier, men ikke i mitoplaster. Da  
mitoplasterne ikke indeholder den ydre mitochondriemembran, kan det konkluderes, at protein X  
udelukkende er lokaliseret i den ydre mitochondriemembran. Figur 1B viser, at protein Y er til  
stede i både mitochondrier og mitoplaster. Det kan derfor konkluderes, at protein Y er  
lokaliseret i den indre mitochondriemembran, som er til stede i både mitochondrier og  
mitoplaster. (Det kan ikke udelukkes, at der ligeledes forekommer en mindre fraktion af protein  
Y i den ydre mitochondriemembran. Såfremt protein Y udelukkende er lokaliseret i den indre  
mitochondriemembran, ville man forvente, at intensiteten af båndet i mitochondriefraktionen var  
mindre intenst, da intakte mitochondrier, ud over den indre mitochondriemembran og matrix,  
også indeholder proteiner fra den ydre mitochondriemembran og fra det intermembranøse rum).  
ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Protein Z er ligeledes et transmembrant protein, der indgår i proteintransport til mitochondriets  
matrix. For at bestemme orienteringen af protein Z i mitochondriemembranen blev oprensede  
intakte mitochondrier og mitoplaster behandlet med en aktiv protease. Lysater fra mitochondrier og  
mitoplaster blev analyseret med SDS-PAGE efterfulgt af western blot ved anvendelse af specifikke  
antistoffer rettet mod henholdsvis den N-terminale og C-terminale del af protein Z. Resultaterne er  
vist i figur 1C og 1D.

**7. Redegør, baseret på resultaterne vist i figur 1C og 1D, for lokaliseringen af den N-terminale og C-terminale del af protein Z i mitochondriemembranen**

Svar:

I figur 1 er protein Z påvist ved hjælp af antistoffer rettet mod proteinets N-terminale del (1C) og  
C-terminale del (1D). Western blottene viser, at størrelsen af protein Z i  
mitochondriefraktionerne er upåvirket af behandling med protease, hvilket kan tolkes som, at  
hverken den N- eller C-terminale del af protein Z befinder sig på ydersiden af mitochondriet.  
Man kan ydermere se, at protein Z kan detekteres i ubehandlede mitoplaster (figur 1C og D). Da  
protein Z er et transmembrant protein, kan det således konkluderes, at protein Z må være  
lokaliseret i den indre mitochondriemembran.  
Når mitoplaster behandles med protease, kan man ikke længere detektere protein Z ved hjælp af  
antistof rettet mod dets N-terminale del (figur 1C), mens man kan observere, at størrelsen af  
protein Z bliver mindre (sammenlignet med størrelsen af protein Z i intakte mitochondrier og i  
mitoplaster, som ikke er behandlet med protease) ved detektion med antistoffet rettet mod den C-  
terminale del (figur 1D). Det kan derfor konkluderes, at protein Z er lokaliseret i den indre  
mitochondriemembran med N-terminalen i det intermembranøse rum og C-terminalen  
lokaliseret i mitochondriets matrix. (Såfremt protein Z er et multi-pass transmembrant protein,  
vil C-terminalen kunne være lokaliseret i den indre mitochondriemembran). ECB, 5. udgave,  
kapitel 15.

### Opgave III (Syge/reeksamen 17 feb 2022)

gp130 er en enzymkoblet receptor lokaliseret i plasmamembranen. Receptoren er indsat i membranen som et ”single-pass” transmembrant protein med N-terminalen lokaliseret ekstracellulært.

**1. Beskriv, hvorledes gp130 bliver syntetiseret og indsat i rER membranen**

Svar.

Efter initiering af translationen af gp130 mRNA på et frit ribosom fremkommer en N-terminal ER-  
signalsekvens, der genkendes af en signal recognition particle (SRP). Komplekset transporteres  
herefter til SRP-receptoren, som er lokaliseret i rER membranen. SRP frigives fra komplekset, og  
når ribosomet associerer med translokatøren indsættes ER-signalsekvensen heri. Herefter  
genoptages translationen, og peptidkæden overføres cotranslationelt til rER lumen, indtil en stop-  
transfersekvens genkendes af translokatøren. Den transmembrane stop-transfersekvens indsættes  
i rER membranen som en transmembran ankersekvens, og proteinet færdigtranslateres på  
cytosolsiden. Undervejs kløves den N-terminale signalsekvens af, hvorefter den N-terminale del af  
proteinet befinder sig i rER lumen. (Alternativt kunne gp130 proteinet have et internt ER-  
lokaliseringssignal, der indsættes i translokatøren. Den forudgående N-terminale del af peptidet  
vil derefter blive overført til rER lumen, mens selve ER-lokaliseringssekvensen vil fungere som en  
transmembran ankersekvens, og den resterende C-terminale del af peptidet vil blive syntetiseres  
på cytosolsiden af rER). ECB, 5. udgave, kapitel 15

**2. Redegør for, hvilken funktion COPII proteiner har i forhold til gp130’s lokalisering i  
plasmamembranen.**

Svar:

COPII er coat-proteiner, der fungerer i afsnøringen af vesikler, som dannes fra rER, og som  
efterfølgende transporterer materiale til cis Golgi netværket/Golgi cisterner. COPII proteiner  
har derfor en vigtig funktion i transporten af gp130 fra rER til Golgi apparatet, hvilket er  
essentielt for den videre transport til - og lokalisering i - plasmamembranen. ECB, 5. udgave,15.

**3. Redegør for, hvorvidt v-SNARE proteiner har betydning for gp130’s lokalisering i  
plasmamembranen.**

Svar:

v-SNAREs er transmembrane proteiner, der er lokaliseret i membranen på transportvesikler. v-  
SNAREs genkender t-SNAREs på target-kompartmentmembraner, hvilket medfører ”docking” af  
vesiklen ved targetmembran. Dette indebærer, at de to membraner fusionerer, og at cargo i  
transportvesiklen overføres til target-kompartment. v-SNAREs har derfor en essentiel betydning  
for at vesikler indeholdende gp130 i deres membran transporteres fra rER til cis Golgi  
netværket/Golgi cisterner, og derefter fra trans Golgi netværket (TGN) til plasmamembranen,  
hvor gp130 indsættes. ECB, 5. udgave, 15.

Effekten af **glucosamin** på **gp130** i **DU145**-**celler** blev undersøgt ved tilsætning af dette samt  
**tunicamycin** (som er en hæmmer af N-glykosylering) og **”peptide-N-glycosidase**” (PNGase F, der  
kløver oligosakkarider fra asparagin) til dyrkningsmediet.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, diagram

Automatisk genereret beskrivelse

**4. Forklar, ud fra resultaterne i figur 1A og 1B, hvorledes glucosamin påvirker gp130. Svaret skal inkludere i hvilke(t) kompartment(s) påvirkningen foregår.**

**Svar:**

4. Figur 1A og 1B viser, at en stigende koncentration af både glucosamin og tunicamycin, en kendt  
hæmmer af N-glykosylering, resulterer i en sammenlignelig gradvis reduktion i molekylevægten  
af gp130. Baseret på dette er det en nærliggende forklaring, at glucosamin virker ved at hæmme  
N-glykosylering i rER lumen, som er det kompartment, hvor N-glykosylering foregår. ECB, 5.  
udgave, 15, SAU1 materiale.

**5. Forklar, hvorfor der i figur 1A ses en gradvis reduktion af molekylevægten for gp130 ved  
stigende koncentration af glucosamin.**

**Svar:**

5. Den gradvise reduktion af størrelsen af gp130, som følge af behandling med glucosamin, kan  
forklares ved, at gp130 indeholder flere forskellige N-glykosyleringssites, og at glykosyleringen  
af disse gradvist hæmmes mere og mere effektivt med stigende koncentration af glucosamin. ECB,  
5. udgave,15

**6. Forklar resultaterne i figur 1C.**

**Svar:**

6. Figur 1C viser (som figur 1A), at behandling af cellerne med glucosamin resulterer i en reduceret  
molekylevægt af gp130. Behandling med PNGase F resulterer i en yderligere reduktion af  
molekylevægten af gp130 uafhængigt af glucosaminbehandlingen. Resultatet kan forklares ved,  
at behandling med glucosamin ikke hæmmer N-glykosyleringen fuldstændigt ved den anvendte  
koncentration af aminosukkeret, hvorfor PNGase F stadig er i stand til at fjerne påsatte  
oligosaccharider fra gp130. Actin er medtaget som loadingkontrol, og det kan konkluderes, at  
der er tilsat lige meget protein til brøndene inden SDS gel-elektroforesen (det er tilstrækkeligt at  
nævne actin til et af spørgsmålene 4-7). ECB, 5. udgave, 15, SAU1 materiale.

**7. Forklar, ud fra resultaterne i figur 1, hvorvidt virkningen af glucosamin er specifik for gp130.**

Svar:

7. Figur 1D viser, at molekylevægten af EGFR reduceres, sammenligneligt med det der ses for  
gp130 ved behandling med glucosamin. Det er derfor en nærliggende forklaring, at glucosamin  
ikke har en specifik effekt på gp130, men derimod en mere generel hæmmende effekt på N-  
glykosylering. ECB, 5. udgave,15, SAU1 materiale.

### Opgave III (Syge og reeksamen 18 feb 2021)

**1. Beskriv den strukturelle opbygning af adherens junctions i epithelceller.**

**Svar:**

Adherens junctions er en type celle-celle kontakt, der forbinder naboliggende epithelceller til  
hinanden og er typisk lokaliseret på den laterale flade af plasmamembranen. Identiske  
transmembrane E-cadherin proteiner fra to naboceller binder til hinanden ekstracellulært. Inde i  
cellen forbindes cadherin-molekylerne til cytoskelettets aktinfilamenter via linkerproteiner  
(plaqueprotein, vinculin). Ofte danner adherens junctions et adhæsionsbælte i epithelet. ECB kapitel  
20, Geneser, 2020, kapitel 6, Pawlina, 8. udgave, kapitel 5

**2. Redegør for den funktionelle betydning af adherens junctions i hjertemuskulatur.**

**Svar:**

hjertemuskulatur danner adherens junctions en flade (fascia adherens) mellem to naboliggende  
muskelceller. Aktin fra muskelcellernes myofibriller (svarende til området ved et sarcomérs Z-skive) forankres i hver ende af cellen i adherens junctions. Denne sammenhæftning tillader, at kontraktion af den enkelte celle overføres gennem vævet, så muskulaturen kan kontraheres som et hele. Geneser, 2020, kapitel 13, Pawlina, 8. udgave, kapitel 11

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

**Figur 1. A: Skitsering af et teoretisk protein. B: Skitsering af samme protein i plasmamembranen. Start- og stop-transfer sekvenser er markeret med blå kasser.**

**3. Redegør for, hvorfor proteinet i figur 1A er længere end proteinet i figur 1B.**

**Svar:**

At den N-terminale aminosyresekvens på figur 1A mangler i 1B skyldes, at der er tale om et  
præprotein, hvor sekvensen fungerer som en ER signalsekvens, der kløves af vha. en signalpeptidase i rER lumen under den cotranslationelle translokation til ER. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**4. Redegør for rækkefølgen af start- og stop-transfer sekvenser i figur 1A**

Svar:

Den N-terminale ER signalsekvens initierer translokation af de efterfølgende aminosyrer, når den  
indsættes i translokationskanalen, og kan derfor opfattes som en start-transfer sekvens. Det  
efterfølgende transmembrane segment indeholder en stop-transfer sekvens, hvorfor de følgende  
aminosyrer vil translateres i cytosolen, indtil det næste segment indsættes i translokationskanalen og agerer start-transfer sekvens. Det sidste transmembrane segment er en stop-transfer sekvens,  
hvilket betyder, at den C-terminale del af proteinet lokaliseres i cytosolen. ECB, 5. udgave, kapitel  
15

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

**Forklar, hvorvidt resultaterne i de fire western blots i figur 2 kan fremkomme ved:  
6. at protein Y ved binding til protein X maskerer NLS på protein X.**

**Svar:**

(Da protein X har en størrelse på 70 kDa, kan det ikke transporteres til kernen ved fri diffusion  
gennem kerneporerne, hvorfor det indeholder en NLS, som via binding til nukleære  
importreceptorer faciliterer dets transport til kernen).  
På western blottet for vildtype celler ses det, at protein X uden stimulation med en mitogen faktor  
udelukkende er lokaliseret i cytosolen. Såfremt protein Y ved binding til protein X maskerer NLS på protein X i ustimulerede vildtype celler, vil det forhindre, at protein X binder til nukleære  
importreceptorer og dermed hæmme transport af protein X til kernen. Ved stimulering med en  
mitogen faktor, ses det ud fra western blottet, at protein X i alt overvejende grad bliver transporteret  
til kernen. Dette kan forklares ved, at stimulering med en mitogen faktor (via intracellulær  
signalering) resulterer i, at protein Y ændrer konformation og derved ikke længere kan binde til og  
maskere NLS. I celler, der mangler protein Y, transporteres den altovervejende del af protein X ind i kernen, uafhængigt af om cellerne er ustimulerede eller stimulerede med en mitogen faktor, hvilket er i overensstemmelse med, at protein Y normalt kan regulere kerneimport af protein X via maskering af NLS i protein X. Resultaterne fra alle fire western blots kan således forklares ved, at protein Y maskerer NLS på protein X. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**7. at protein Y er en nukleær importreceptor, som transporterer protein X ind i nukleus**

Svar:

Da protein X har en størrelse på 70 kDa, kan det ikke transporteres til kernen ved fri diffusion  
gennem kerneporerne, hvorfor det indeholder en NLS, som via binding til nukleære import  
receptorer faciliterer dets transport til kernen).  
I vildtype celler forbliver protein X i cytosolen i ustimulerede celler, mens det i alt overvejende grad bliver transporteret til kernen i mitogen-stimulerede celler. I begge tilfælde ses protein Y

udelukkende i cytosolen. Hvis protein Y fungerer som en importreceptor for protein X, ville man  
forvente, at noget af protein Y ville være at finde i kernen sammen med protein X i mitogen  
stimulerede celler (da den nukleære importreceptor translokeres til kernen sammen med sit cargo).  
På western blottet for celler, der mangler protein Y, ses det, at den overvejende del af protein X  
forekommer i kernen, både i ustimulerede og stimulerede celler. Hvis protein Y er en nukleær  
importreceptor, som er afgørende for at transportere protein X til kernen, vil man ikke forvente, at  
protein X forekommer i kernen, når protein Y ikke udtrykkes. Resultaterne fra de fire western blots  
kan således ikke forklares ved, at protein Y fungerer som en nukleær importreceptor for protein X.

### Opgave III (Ordinær eksamen 23 nov. 2020)

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, skitse, cirkel

Automatisk genereret beskrivelse

**1. Angiv lokalisering af cargomolekyler, cargoreceptorer og clathrin i forhold til A, B, C, D og E på billede 2 i figur 1.**

Svar:

D: Cargomolekyler, B: Cargoreceptorer, E: Clathrin. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**2. Beskriv clathrins funktion i dannelsen af vesiklen (figur 1).**

Svar.

Ved receptor-medieret endocytose ansamles clathrinmolekyler sammen med adaptin, på  
cytosolsiden af plasmamembranen, og danner et kurvelignende netværk. Clathrin-coaten indgår i at forme membranen (startende med en clathrin-coated pit) til den struktur, der til sidst afsnøres som en clathrin-coated vesikel. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**3. Beskriv processen, der foregår fra billede 3 til billede 4 (figur 1).**

**Svar:**

Den proces, der foregår mellem billede 3 og 4, er selve afsnøringen af en clathrin-coated vesikel.  
Det GTP-bindende protein dynamin samles som en ring omkring halsen af den dybt invaginerede  
clathrin-coatede pit. Dynamin (sammen med associerede proteiner) tilsnører membranen, så  
vesiklen til sidst afsnøres fra plasmamembranen. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

OPGAVE TEKST (4)

Vesiklen med cargomolekyler og cargoreceptorer på billede 4 (figur 1) vil senere fusionere med et endosom.

**4. Beskriv to mulige endestationer for cargomolekyler og cargoreceptorer, efter at de er blevet  
transporteret til endosomer.**

Svar:

To af følgende muligheder. i) Cargoreceptorer kan returnere til plasmamembranen, mens  
cargomolekyler transporteres til nedbrydning i lysosomet (som for f.eks. LDL receptorer/LDL).

ii) Cargoreceptorer kan returnere til plasmamembranen sammen med cargomolekyler (som for f.eks. transferrin receptorer/transferrin). (Hvis det er transport til et andet plasmamembrandomæne i  
polariserede celler, benævnes det transcytose). iii) Cargoreceptorer kan sammen med  
cargomolekyler transporteres til nedbrydning i lysosomet. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**5. Redegør for forløbet af processen, der ses i billede 1-4 (figur 1), hvis:  
a. cargoreceptorerne er muteret i bindingssitet for cargomolekyler.  
b. cargoreceptorerne er muteret i bindingssitet for adaptin 2.**

**Svar:**

a. Hvis cargoreceptorerne er muterede i bindingssitet for cargomolekyler, kan det betyde, at  
cargomolekylerne ikke kan binde til cargoreceptorerne. Cargoreceptorerne vil stadig blive  
inkluderet i clathrin-coatede vesikler, som vist i billedserien i figur 1, men cargomolekyler vil ikke  
blive optaget af cellen ved receptor-medieret endocytose. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

b. Hvis cargoreceptorerne er muterede i bindingssitet for adaptin 2, vil det kunne betyde, at adaptin  
2 og clathrin ikke kan ansamles til en clathrin-coated pit. Cargoreceptorerne og cargomolekyler  
vil derfor ikke blive optaget af cellen ved receptor-medieret endocytose. ECB, 5. udgave, kapitel  
15.

**6. Beskriv hvilken rolle adaptin 1 spiller i cellen.**

Svar:

Adaptin 1 genkender cargoreceptorer i Trans Golgi netværk (TGN)-membranen. Proteinet indgår i  
samspil med clathrin i afsnøring af clathrin-coatede vesikler fra TGN membranen, som indeholder  
cargoreceptorer og cargomolekyler (bestemt for lysosomer). ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, nummer/tal

Automatisk genereret beskrivelse

**7. Redegør for hvilke(n) tegning(er) i figur 2, der kan repræsentere cargoreceptorer, hvis disse er ”single-pass” transmembranproteiner.**

Svar:

Hvis cargoreceptorerne er ”single-pass” transmembranproteiner, skal de være indsat i  
plasmamembranen, så N- og C-terminalen er lokaliseret i hhv. ekstracellulærrummet og cytosolen,  
eller omvendt. Dette indebærer, at der er receptordomæner, som kan associere med hhv.  
cargomolekyler og adaptin på hver sin side af plasmamembranen. Følgende proteiner opfylder  
disse kriterier:

Protein B, grundet det har en intern ER-signalsekvens, der samtidig virker som et transmembrant  
domæne.  
Protein D, grundet det har et N-terminalt ER-signal, som kløves fra i ER, og et internt stop-transfer  
signal. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

### Opgave III (Syge og reeksamen aug 2020)

Et billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, skærmbillede, algebra

Automatisk genereret beskrivelse

SVAR:

Det er ii, som er et falsk udsagn, da misfoldede proteiner ikke nedbrydes i lumen af rER.  
Misfoldede proteiner, der ikke kan foldes korrekt, bliver transporteret tilbage til cytosolen,  
hvor de ubiquitinyleres og efterfølgende nedbrydes i proteasomer. ECB, 5. udgave, kapitel 7  
og 15.

**2. Redegør for to måder, hvorpå epithelceller kan sortere membranproteiner, der lokaliseres til henholdsvis det apikale og det basolaterale plasmamembrandomæne.**

SVAR:

i) En polariseret epithelcelle kan transportere plasmamembranproteiner til det apikale og  
basolaterale membrandomæne ved en direkte sortering, hvor vesikler med specifikke  
plasmamembranproteiner bestemt for enten det apikale eller det basolaterale  
membrandomæne afsnøres fra TGN og derefter direkte sorteres til det korrekte  
membrandomæne.

ii) En polariseret epithelcelle kan også udføre en indirekte sortering af  
plasmamembranproteiner til deres korrekte membrandomæner. I den indirekte sortering af  
plasmamembranproteiner til specifikke membrandomæner vil alle vesikler, som indeholder

plasmamembranproteiner, efter afsnøring fra TGN blive transporteret til f.eks. det  
basolaterale membrandomæne. Herefter vil plasmamembranproteinerne i det basolaterale  
membrandomæne kontinuerligt blive endocyteret til basolaterale endosomer, og de  
plasmamembranproteiner, som skal lokaliseres i det apikale membrandomæne, vil via  
vesikler blive transporteret til det apikale membrandomæne ved en proces, der svarer til  
transcytose. (De basolaterale plasmamembranproteiner, som også endocyteres til  
basolaterale endosomer, vil derimod via andre vesikler blive recyklet til  
basolateralmembranen). ECB, 5. udgave, kapitel 15

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, nummer/tal

Automatisk genereret beskrivelse

**7. Forklar resultaterne i figur 2.**

Svar:

Da MDH2 fungerer i citronsyrecyklus, må det efter translation i cytosolen importeres til  
mitokondriets matrix. Proteiner, som importeres til matrix, indeholder en N-terminal  
signalsekvens, der kløves af efter import. Proteinet ved 35 kDa afspejler derfor  
precursorproteinet med signalsekvens, og det lavereliggende bånd er det mature protein, hvor  
signalsekvensen er kløvet af i mitokondriets matrix. Dette understøttes af, at der kun ses et  
lavereliggende bånd, når det udelukkende er protein fra isolerede mitokondrier, der  
analyseres. I bane 2 ses kun båndet på 35 kDa, hvilket tyder på, at der ikke dannes maturt  
MDH2 ved tilstedeværelse af Aβ. Ved analyse af protein fra isolerede mitokondrier (bane 4)  
ses ingen bånd, hvilket ligeledes viser, at MDH2 ikke importeres til mitokondriets matrix, når  
Aβ er til stede. (Dette vil kunne påvirke en vigtig del af mitokondriets funktion idet  
citronsyrecyklus hæmmes). ECB, 5. udgave, kapitel 15 og materiale til Sau1.

### Opgave III (Ordinær eksamen 4 maj. 2020)

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

Svar:

1. Proteinet indeholder en N-terminal ER-sekvens, der dels fungerer som et signal til påbegyndelse  
af co-translationel translokation over rER-membranen og dels kløves af (af signalpeptidasen), så  
det ikke er en del af det færdige protein. De følgende røde segmenter vil være skiftevis stop-transfer  
og start-transfer sekvenser, som integreres i membranen og forankrer proteinet, således at det  
sidste røde segment bliver en stop-transfer sekvens. Dette medfører, at N-terminalen vil være  
lokaliseret i rER lumen, og efterfølgende ekstracellulært, mens C-terminalen vil være lokaliseret i  
cytosolen. Proteinet vil derfor indeholde 5 transmembrane segmenter, svarende til de 5 blivende  
stop- og start-transfer sekvenser. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**2**. **Redegør for om området markeret ved ”A” i figur 1 kan blive N-glykosyleret.**

Svar:

Område ”A” i figur 1 bliver ikke N-glykosyleret i rER, fordi denne del af proteinet følger efter en  
stop-transfer sekvens og derfor vil vende mod cytosolen, mens (oligosaccharyl)transferasen, som er  
det enzym der udfører N-glykosylering, udelukkende er lokaliseret i lumen af rER. ECB, 5. udgave,  
kapitel 15

**3. Redegør for funktionen af 2 intracellulære receptorer som har betydning for, at et lysosomalt hydrolytisk enzym kan transporteres til lysosomer.**

**Svar:**

3. SRP receptorer og mannose-6-fosfat receptorer er nødvendige for at nysyntetiserede lysosomale  
hydrolytiske enzymer transporteres til lysosomer. SRP receptorer er lokaliseret i rER membranen.  
(Først binder SRP til en ER signalsekvens i de nysyntetiserede lysosomale hydrolaser samt til  
ribosomet, hvorved proteinsyntesen hæmmes). SRP-ribosom-komplekset binder herefter til en SRP  
receptor i rER membranen. Dette medfører, at SRP frigøres fra SRP-ribosom-komplekset og at SRP  
receptoren overfører ribosomet til en proteintranslokatør i rER-membranen. Derefter genoptages  
proteinsyntesen, og de lysosomale hydrolaser overføres co-translationel til lumen af rER.  
Mannose-6-fosfat receptorer er lokaliseret i trans Golgi netværket (TGN). Proteiner, der skal  
transporteres til lysosomet, mærkes med mannose-6-fosfat i cis Golgi netværket. Når lysosomale  
hydrolaser transporteres til TGN, binder de til mannose-6-fosfat receptorer. Fra TGN afknoppes  
vesikler (clathrin-coatede vesikler) indeholdende de lysosomale hydrolaser, og disse transporterer  
derefter deres cargo til lysosomer via endosomer. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

OPGAVE TEKST (4);

Proteiner, som skal fungere i henholdsvis mitokondriers matrix og lumen af peroxisomer,  
syntetiseres på frie ribosomer i cytosolen og transporteres herefter til deres destination (undtaget er  
de proteiner, som mitokondrierne selv syntetiserer).

**4. Beskriv 2 forskelle mellem disse proteiners transport fra cytosol til mitokondriers matrix og lumen af peroxisomer.**

SVAR:

i. Proteiner skal transporteres igennem to membraner for at komme til mitokondriets matrix,  
hvorimod proteiner transporteres over en membran for at komme til lumen af peroxisomer.  
ii. Proteiner translokeres gennem mitokondriets membraner til matrix i ufoldet tilstand, mens  
proteiner translokeres til lumen af peroxisomer i foldet tilstand. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

5. Proteiner, som importeres til lumen af peroxisomer ved hjælp af et C-terminalt signal på tre  
aminosyrer (Ser-Lys-Leu), genkendes af en importreceptor, **Pex5**, i cytosolen. For at undersøge  
rollen af Pex5 i denne import, blev et Pex5 konstrukt (Pex5-flag) fremstillet (se figur 2A),  
indeholdende:

i. en N-terminal peptid-sekvens med et kløvningssite for en protease, som kun forekommer i lumen  
af peroxisomer.

ii. en FLAG-sekvens, som kan genkendes af specifikke antistoffer. Det konstruerede Pex5-flag protein fungerer som normalt Pex5.

Der blev udført en western blot analyse af forskellige fraktioner fra celler der udtrykker Pex5-flag:  
intakte celler (IC), oprensede peroxisomer (P) og oprenset cytoplasma (Cy). Der blev benyttet to  
antistoffer: Ab1, som genkender både kløvet og ukløvet Pex5-flag, og Ab2, som kun genkender  
Pex5-flag, når den N-terminale peptidsekvens er kløvet fra (Figur 2B og C).

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, nummer/tal, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

**5. Forklar hvad det teoretiske resultat 1 og 2 på figur 2B viser i forhold til Pex5’s mulige rolle i protein-import til lumen af peroxisomer.**

Svar:

5. For teoretisk resultat 1 ses ingen bånd med Ab2, hvilket viser, at der ikke er kløvet Pex5-flag i  
cellerne. De bånd, som ses i western blottet med Ab1, er således ukløvet Pex5-flag protein. Dette  
teoretiske resultat viser, at Pex5 ikke kommer med ind i lumen af peroxisomerne under protein-  
import.  
For teoretisk resultat 2 ses to bånd for IC, som viser, at der er både ukløvet og kløvet Pex5-flag i  
cellerne, hvilket tyder på, at en del af Pex5-flag er transporteret ind i lumen af peroxisomerne.  
Dette understøttes af, at der ses et bånd for kløvet Pex5-flag i P fraktionen og et bånd for ukløvet  
Pex-flag i Cy fraktionen. Dette teoretiske resultat viser, at Pex5 transporteres med ind i lumen af  
peroxisomerne under protein-import (og at det ikke returnerer til cytosolen igen). ECB, 5. udgave,  
kapitel 15.

**I figur 2C ses, at de eksperimentelle resultater fra forsøg udført på celler, som udtrykker Pex5-flag, stemmer overens med det teoretiske resultat 3 i figur 2B.**

**6. Forklar Pex5’s rolle i protein-import til lumen af peroxisomer på baggrund af resultaterne i figur 2C.**

Svar:

6. IC fraktionen viser tilstedeværelse af både ukløvet og kløvet Pex5-flag, hvilket betyder, at en del  
af Pex5-flag transporteres ind i lumen af peroxisomerne. Dette understøttes af tilstedeværelsen af et  
bånd, der viser kløvet Pex5-flag i P fraktionen. I Cy fraktionen ses både ukløvet og kløvet Pex5-  
flag. Dette kan forklares ved, at Pex5 kan transporteres tilbage til cytosolen og genbruges til  
protein-import, efter at det er blevet transporteret til lumen af peroxisomer. ECB, 5. udgave, kapitel  
15. Opgave modificeret fra MBOC Problems Book 12-79.

### Opgave III (syge/reeksamen 20 feb 2020)

Misfoldede proteiner i rER lumen kan binde til forskellige sensor-proteiner. Akkumulering af  
misfoldede proteiner kan starte et ”unfolded protein response” (UPR).

**3. Beskriv et eksempel på hvorledes aktivering af et UPR kan forløbe**

Svar:

Misfoldede proteiner genkendes af forskellige typer sensorproteiner i ER-membranen, der kan  
aktivere forskellige dele af UPR, heriblandt: i) aktivering af transkriptionsregulatorer, der  
aktiverer gener, som koder for bl.a. chaperoner, som er involveret i ER kvalitetskontrol såsom  
foldning samt retrotranslokation og nedbrydning i cytosol (ER ekspanderer); ii) inhibering af  
proteinsyntese, så flowet af protein gennem rER mindskes; iii) et ekspanderet ER kan ikke holde  
trit med den mængde protein, som ender i ER og UPR aktiverer et apopotisk program  
(beskrivelsen af ét af eksemplerne anses som en korrekt besvarelse). ECB, 5. udgave, kapitel 15

**En del af cellens proteiner transporteres i vesikler.**

**4. Beskriv de trin, og de proteiner, der er involveret ved fusion af en vesikel med en  
targetmembran.**

De trin, der er involveret i vesikel-fusion er tethering, docking og fusion. Tethering protein på  
targetmembranen binder til Rab protein på vesiklens overflade. v-SNARE i vesikelmembranen  
binder herefter til komplementært t-SNARE på targetmembranen. Disse interaktioner muliggør  
docking af vesiklen ved den relevante targetmembran. Efter disse trin vil sammensnøring af  
SNARE-proteiner bringe de to membraner i tæt kontakt og katalysere den endelige fusion mellem  
membranerne. ECB, 5. udgave, kapitel 15

### Opgave III (Ordinær eksamen, 25 nov 2019)

To typer af protein translokeres til ru endoplasmatisk reticulum (rER): vandopløselige proteiner og transmembrane proteiner.

**1. Beskriv forskellen på mekanismen hvorved de to typer af protein translokeres til rER.**

Svar.

Vandopløselige proteiner dirigeres til ER membranen (vha. SRP) ved en N-terminal ER-  
signalsekvens og resten af aminosyrekæden syntetiseres co-translationelt til rER lumen via en  
translokator (under translokationen til ER lumen kløves signalpeptidet fra af en  
signalpeptidase). Transmembrane proteiner kan ligeledes indeholde en N-terminal signalsekvens  
og initialt translokeres til ER lumen. Forskellen mellem de to typer af proteiner er, at  
aminosyresekvensen i transmembrane proteiner indeholder mindst en stop-transfersekvens, som  
vil indlejres i ER membranen og forankre proteinet i denne. Transmembrane proteiner kan  
desuden indeholde en intern ER-signalsekvens, der ikke kløves fra, men indsættes i membranen  
som et transmembrant domæne, der forankrer proteinet til membranen (hvorledes proteinet  
forankres i membranen afhænger bl.a. af antallet af start- og stop-transfersekvenser). ECB, 5.  
udgave, kapitel 15.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

**2.  
a. Angiv orientering af proteinet i forhold til cytosol og ekstracellulærrummet.  
b. Redegør for om det transmembrane segment, der er markeret ved pilen, er en start- eller stop- transfersekvens.**

Svar:

a. Proteinet er orienteret med C-terminalen mod ekstracellulærummet (her sidder N-  
glykosylering) og N-terminalen mod cytosolsiden.  
b. Figuren viser, at C-terminalen må være blevet overført co-translationelt ind i ER lumen, så  
det markerede segment er en start-transfersekvens.  
ECB, 5. udgave, kapitel 15.

OPGAVE TEKST (3);

En mutation medfører, at sekvensen markeret ved pilen ikke kan fungere som en start- eller stop-  
transfersekvens.

**3. Beskriv, gerne ved hjælp af en skitse, hvorledes proteinet med ovenstående mutation vil være orienteret i rER membranen.**

Svar:

Proteinet vil være lokaliseret som før, bortset fra at efter det 6. transmembrane domæne (talt fra  
N-terminalen) vil den C-terminale hale stikke ud i cytosolen, lige som N-terminalen. ECB, 5.  
udgave, kapitel 15.

Intracellulær proteintransport foregår ved forskellige mekanismer.

4.  
**a. Angiv 2 celleorganeller hvor proteiner transporteres over membranen i foldet tilstand.  
b. Angiv 2 pathways der transporterer proteiner til endosomer.  
c. Angiv 2 pathways der transporterer proteiner fra endosomer.**

Svar:

a. Kerne og peroxisomer.

b. Sortering fra trans-Golgi netværk og endocytose (alternativt til endocytose kan nævnes  
receptormedieret endocytose, pinocytose, makropinocytose og fagocytose).

c. Recycling til plasmamembran og sortering til lysosomer (recycling til trans-Golgi netværk og  
transcytose er ligeledes korrekte svar).  
ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**Legumain er en lysosomal protease, der bl.a. udtrykkes af nogle celletyper i knoglemarv. Ud over at forekomme i lysosomer vil legumain også kunne blive secerneret ved exocytose.**

5. Beskriv, med udgangspunkt i translateret protein, hvorledes legumain transporteres til lysosomer.

Svar:

Under den co-translationelle transport til rER lumen kløves ER-signalpeptidet fra og legumain  
foldes og glykosyleres. I cis-Golgi-apparatet mærkes legumain med mannose-6-fosfat, inden den  
videre transport til trans-Golgi netværk, hvor mannose-6-fosfat-receptorer genkender mannose-  
6-fosfat mærket legumain. Herfra sorteres legumain til vesikler, som transporteres til sene  
endosomer/lysosomer og ved fusion mellem vesikel- og endosom/lysosom-membran afgives  
legumain til organellet. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

Osteoblaster og fedtceller (adipocytter) differentieres fra mesenchymale stamceller (MSC) i  
knoglemarven. I et forsøg blev en cellekultur af isolerede MSC aktivt differentieret til adipocytter  
over en periode på 12 dage (proceduren for dette er ikke afgørende for tolkning af forsøget).  
Celledeling ophørte ved igangsætning af differentiering. Dyrkningsmediet fra cellekulturen blev  
udskiftet hver dag. På de angivne tidspunkter blev det isolerede dyrkningsmedium analyseret for  
indhold af legumain ved western blot (figur 2)Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

Figur 2. Western blot analyse af legumain i dyrkningsmedie isoleret fra MSC-kulturer der  
differentieres til adipocytter over en periode på 12 dage. Der er anvendt antistoffer rettet mod  
legumain. Det antages, at der ved SDS-PAGE analysen er påsat lige meget protein til alle brønde  
(legumain udgør kun en lille fraktion af proteinindholdet i mediet). Kermani et al., unpublished  
results.

**6. Forklar resultatet i figur 2**

Svar:

Western blottet viser, at MSC secernerer legumain, da analysen er udført på dyrkningsmediet og  
ikke et cellelysat. Der er en øget detektion af legumain fra 0 til 12 dage, hvilket tyder på, at  
sekretionen af legumain øges, efterhånden som MSC differentierer til adipocytter. ECB, 5.  
udgave, kapitel 4; metodeoversigt; SAU1

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, Parallel

Automatisk genereret beskrivelse

**7. Redegør for hvor i cellerne proteolytisk aktivt legumain vil være lokaliseret efter tilsætning af legumain til dyrkningsmediet**

Svar:

Da legumain er en lysosomal protease og lysosomale proteiner kun fungerer optimalt ved surt  
pH som i lysosomer, må det betyde, at MSC har optaget legumain, og at det er endt i cellernes  
lysosomer. Dette kan ske ved 2 mekanismer: 1) Ved pinocytose, hvor legumain optages non-  
selektivt af cellerne sammen med andet ekstracellulært materiale via endosomer. 2) Via  
receptormedieret endocytose. MSC udtrykker mannose-6-fosfat-receptorer på  
plasmamembranen, og da det tilsatte legumain er mærket med mannose-6-fosfat, vil det blive  
endocyteret og ført til lysosomer via endosomer. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

**8. Forklar, ud fra figur 2 og 3 samt informationer i teksten, hvilken rolle adipocytter kan spille i forhold til osteoblastdifferentiering af MSC i knoglemarven**

Svar:

Figur 2 viser, at adipocytter secernerer legumain, mens figur 3 viser, at ekstracellulært tilsat  
legumain signifikant (p<0,05) kan hæmme differentiering af MSC til osteoblaster. Da der er  
adipocytter til stede i knoglemarven, og da MSC udtrykker mannose-6-fosfat-receptorer på  
plasmamembranen, er det muligt, at adipocytter ved parakrin signalering kan hæmme  
differentiering af MSC til osteoblaster. ECB, 5. udgave, kapitel 15.

### Opgave III (Ordinær eksamen 6 maj 2019)

**Proteiner bestemt for mitochondrier og peroxisomer syntetiseres bl.a. på frie ribosomer i  
cytoplasma og transporteres derefter til deres endelige destination.**

**1. Angiv hvad der er afgørende for at disse proteiner ender i mitochondrier eller peroxisomer.**

Svar:

De nysyntetiserede proteiner indeholder specifikke aminosyresekvenser, der fungerer som signal  
for sortering til enten mitochondrier eller peroxisomer. ECB, 4. udgave, kapitel 15.

**2. Beskriv hvorledes disse proteiner importeres til mitochondriers matrix og til peroxisomers indre.**

Svar:

2. Ved sortering til mitochondriers matrix genkendes sorteringssignalet på (precursor) proteinet af  
en importreceptor, der sidder i forbindelse med en protein translokator (TOM) i mitochondriets  
ydre membran. Proteintranslokatoren alignes herefter med en proteintranslokator i mitochondriets  
indre membran (TIM), og peptidet trådes herefter igennem de to komplekser i ufoldet tilstand. I  
mitochondriets matrix foldes proteinet, og signalpeptidet kløves fra. Ved sortering til peroxisomers  
indre transporteres proteinet over peroxisommembranen via en proteintranslokator i færdigfoldet  
tilstand. ECB, 4. udgave, kapitel 15.

**3. Beskriv hvorledes proteiner ellers kan ende i henholdsvis mitochondriers matrix og i  
peroxisomer.**

Svar:

3. Mitochondrier har deres eget synteseapparat i matrix, med DNA, mRNA, tRNA og ribosomer i  
matrix, og kan derfor selv syntetisere nogle få proteiner (13 proteiner). Peroxisomer kan også  
modtage enkelte membranproteiner via vesikler, der er afsnøret fra rER. (Disse vesikler fusionerer  
med præeksisterende peroxisomer eller importerer peroxisomale proteiner fra cytoplasmaet,  
hvorved de bliver til modne peroxisomer). ECB, 4. udgave, kapitel 15.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, cirkel, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

**4. Forklar resultaterne i figur 1**

Svar:

Det ses af figur 1, at intakt nucleoplasmin, såvel som de forskellige typer fragmenter, der  
indeholder haleregionen (som vist i (a) til (c)), alle kan transporteres ind i kernen efter injektion i  
cytoplasma. Derimod kan fragmentet, som kun indeholder pentamer-fragmentet, ikke transporteres  
til kernen. Små molekyler kan frit diffundere gennem kerneporekomplekser, mens større proteiner (> 60kDa) kræver aktiv transport via association til en nucleær import receptor (importin). Da størrelsen på nucleoplasmin eller dets fragmenter ikke er oplyst, kan det principielt ikke afgøres ud fra (a)-(c), hvorledes nucleoplasmin transporteres til kernen. Da pentameren alene (d) ikke transporteres til kernen, betyder det, at alle strukturer, der indeholder denne, er for store til at passere gennem kerneporekomplekser alene ved fri diffusion. Nucleoplasmin må derfor transporteres aktivt til kernen ved hjælp af en nucleær import receptor, der genkender en nucleær lokaliseringssekvens (NLS) i proteinets haleregion. ECB, 4. udgave, kapitel 15

### 

### Opgave II (sygeeksamen aug 2018)

Et billede, der indeholder tekst, diagram, skærmbillede, kort

Automatisk genereret beskrivelse

**1**

**a. Angiv navnet på den proces som er ansvarlig for optagelse af LDL i cellen.  
b. Angiv hvor i cellen LDL receptorer syntetiseres**

Svar:

a: Receptor medieret endocytose.  
b: Ribosomer på ER (rER).  
ECB, 4. udgave, kapitel 15.

**2. Beskriv hvorledes hydrolytiske enzymer sorteres til lysosomet.**

Svar:

Hydrolytiske enzymer, der skal sorteres til lysosomer, mærkes med mannose-6-phosphat (M6P) i  
cis Golgi netværket. Enzymerne genkendes af M6P-receptorer i trans Golgi netværket, så de sorteres og pakkes i transportvesikler, som afsnøres. Vesiklerne transporteres til endosomer, hvor enzymerne afgives efter fusion af vesikel- med endosom-membran. Enzymerne ender i lysosomer, når endosomer modnes til lysosomer. ECB, 4. udgave, kapitel 15.

**3. Redegør for hvorledes den clathrin-coatede vesikel på figur 1 overfører materiale (LDL) til  
endosomet**

Svar:

3. Efter at have afgivet sin clathrin coat transporteres vesiklen til et endosom. Her vil Rab protein på  
vesikelmembranen genkende tethering protein på endosommembranen. Dette tillader docking af  
vesiklen. v-SNAREs på vesikelmembranen binder herefter til komplementære t-SNARES på  
endosommembranen. SNAREs katalyserer membranfusion ved at trække membrandomænerne fra de to compartments tættere sammen. Efter membranfusion afgives LDL til endosomet, ved at LDL  
frisættes fra LDL-receptorer ved surt pH. ECB, 4. udgave, kapitel 15

OPGAVE TEKST (4);

Jern er essentielt for cellers normale funktion og optages (som Fe3+) efter binding til proteinet  
transferrin. Optagelsesprocessen minder om den, som er vist for LDL i figur 1. Transferrin, der  
cirkulerer i blodet, kan kun binde jern ved neutralt pH og binding til jern er nødvendig for at  
transferrin kan binde til transferrinreceptorer. Ved surt pH kan transferrin derimod binde til  
transferrinreceptorer, selvom det ikke har bundet jern.

**4. Redegør for hvorledes ét transferrin protein i dets levetid kan transportere flere Fe3+ ind i cellen.**

**Svar:**

Transferrin binder Fe3+ i blodet, hvor pH er neutralt, og transferrin kan herefter binde til  
transferrinreceptorer i cellens plasmamembran. Fe3+/transferrin/transferrinreceptor komplekset  
optages ved receptormedieret endocytose (som LDL) og transporteres til endosomer. Da pH er surt i  
endosomet, vil transferrin bundet til transferrinreceptorer frigive Fe3+ (som således bliver  
tilgængeligt for cellen, når det transporteres til cytoplasma). Transferrin/transferrinreceptor  
komplekset vil herefter re-cykles til plasmamembranen, hvorefter transferrin grundet neutral pH vil  
dissociere fra transferrinreceptoren. Transferrin vil herefter have mulighed for at optage et nyt Fe3+, og kan på denne måde transportere mange Fe3+ ind i cellen, inden det nedbrydes. ECB, 4. udgave, kapitel 15.

I figur 1 ses det, at LDL receptorer ”recycles” til samme membrandomæne.

**5. Beskriv to andre transportveje for internaliserede receptorer.**

Svar:

5. Receptorer kan transporteres til lysosomer, hvor de nedbrydes, eller de kan ved transcytose  
transporteres til et andet membrandomæne end det, de oprindeligt kom fra. ECB, 4. udgave, kapitel  
15

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

## B: Mitochondrier og peroxisomer (inkl. sau 24),

### Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.)

**2. Beskriv tre forskelle i proteiners import til henholdsvis mitokondrier og peroxisomer.**

Svar:

Tre af følgende:  
i) Proteiner, der importeres til mitokondrier og til peroxisomer indeholder forskellige  
signalsekvenser, der benytter forskellige importreceptorer.  
ii) Mitokondrier importerer proteiner i ufoldet tilstand, mens proteiner importeres i foldet  
tilstand til peroxisomer.  
iii) Specifikke membranproteiner kan transporteres til peroxisomer via vesikler afsnøret fra ER,  
mens proteiner til mitokondrier importeres efter syntese på frie ribosomer i cytoplasma.  
iv) Hvis mitokondriets matrix sammenlignes med peroxisomets indre, skal importerede matrix  
proteiner i mitokondrier translokeres over 2 membraner, mens der kun skal translokeres over  
en enkelt membran i peroxisomer.  
ECB, 6. udgave, kapitel 15.

**3. Redegør kort for, hvorledes energirige elektroner fra citronsyrecyklusen udnyttes til dannelse af ATP i mitokondrier.**

Svar:

Fra citronsyrecyklussen overføres energirige elektroner til elektrontransportører (NADH og  
FADH2), som donerer dem til komplekser i elektrontransportkæden. I elektrontransportkæden  
udnyttes elektronernes energi til at transportere H+ fra matrix til det intermembranøse rum.  
Den elektrokemiske gradient, der herved dannes over den indre mitokondriemembran, benyttes  
til at drive en ATP-syntase, når H+ transporteres tilbage til matrix. ECB, 6. udgave, kapitel 14

### Opgave III (Syge/reeksamen 23. februar 2023)

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

Figur 1. Skitsering af 6 mulige aktiviteter (a-f) i et mitokondrie (M). Pile mod M angiver forbrug, mens pile væk fra M angiver dannelse af de angivne komponenter. Mulighed b) og c) er identiske, hvilket blev oplyst under eksamen

1. **Redegør kort for den af de 6 muligheder (a-f), som bedst beskriver processer i mitokondriet**

Svar:

Det er (d), som bedst beskriver mitokondriets funktion. O2 reduceres til H2O når kompleks IV  
afgiver elektroner. ATP dannes fra ADP og fosfat under oxidativ fosforylering. CO2 dannes  
under oxidering af acetyl CoA i citronsyrecyklus. ECB, 5. udgave, kapitel 14.

Opgave I (Syge/reeksamen nov 2019)

**1. Angiv 4 karakteristika som understøtter hypotesen om mitokondriets prokaryote oprindelse.**

Svar:

- dobbeltmembran (den ydre membran kan stamme fra cellens plasmamembran),

- tilstedeværelsen af mtDNA,

- nydannelse af mitokondrier fra eksisterende mitokondrier / fission,

- sammensætning af lipider i mitokondriets dobbeltmembran (stort set intet kolesterol, tilstedeværelse af cardiolipin). ECB, 5. udgave, kapitel 11 og 15; SAU2 materiale.

**2. Beskriv kort, gerne ved hjælp af en skitse, sammenhængen mellem elektrontransportkæden, den elektrokemiske gradient og ATP-syntese.**

Svar:

NADH (og FADH2) fra citronsyrecyklus donerer elektroner til elektrontransportkæden i  
mitokondriets indre membran ved oxidation til NAD+ (og FAD). Energien herfra anvendes til at pumpe protoner over mitokondriets indre membran, hvilket resulterer i en protongradient (en elektrokemisk gradient for protoner) over membranen. ATPasen syntetiserer ATP, som er drevet af protontransport med den elektrokemiske gradient ind i mitokondriets indre matrix. Elektronerne reducerer O2 under dannelse af vand. ECB, 5. udgave, kapitel 14, figur 1412

**3. Beskriv hvorledes mitokondrier, endoplasmatisk reticulum og Golgi-apparatet deles mellem to datterceller under M fasen i cellecyklus**

Svar:

Endoplasmatisk reticulum forbliver intakt i M-fasen, organiseres af mikrotubuli og kløves ved  
cytokinese til fordeling i de to nye datterceller. Golgi-apparatet fragmenteres under mitosen,  
associeres til tentrådsapparatet via motorproteiner og fordeles reguleret til de to datterceller  
under anafasen. Mitokondrier fordeles tilfældigt til de to nye datterceller. ECB, 5. udgave,  
kapitel 18

## C: Cytoskelettet, KAP 17

### Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.)

**1.**

**a. Beskriv forskellen i den strukturelle organisering af mikrotubuli, som 1. indgår i cilier og 2.  
forankres i kromosomers kinetochorer.**

Svar:

1. Mikrotubuli, som indgår i cilier er organiseret i en ringstruktur af 9 ydre sammenhængende dubletter samt 2 centrale enkelte mikrotubuli (”9+2” konformation).  
2. Mikrotubuli, der indgår i tentrådsapparatet, forankres i kromosomers kinetochorer som  
flere (omkring 20 styk per kinetochor) enkelt-mikrotubuli.

**b. Angiv to eksempler på ciliers funktion i kroppen**

Svar:

i) Sædcellers motilitet.  
ii) Transport af slim henad luftvejsepithelet.  
iii) Medvirker ved transport af sekret og oocytter henad epithelet i æggeleder.  
iv) Assisterer ved transport af endnu ubevægelige sædceller i ductuli efferentes (transporten  
menes dog helt overvejende at ske ved væskestrømning).  
ECB, 6. udgave, kapitel 17

### Opgave III (Syge/reeksamen 7. august 2023)

Mikrotubuli, som indgår i tentrådsapparatet, spiller en vigtig rolle i mitosen.

**a. Redegør for, hvilken type motorprotein der er involveret i de interpolære mikrotubulis dynamik under mitosens anafase.**

**Svar:**

a. interpolære mikrotubuli er forankrede i minus-enden og rækker ud fra hver af spindelpolerne  
(centrosomerne). De interagerer antiparallelt med mikrotubuli fra modsatte spindelpol. I  
anafase B skubbes spindelpolerne længere væk fra hinanden bl.a. ved forlængelse ved plus-  
enden og samtidig forskydning af de interpolære mikrotubuli. Motorproteiner af typen  
kinesin, der bevæger sig mod plus-enden af mikrotubuli, interagerer med de modsatrettede  
mikrotubuli og sørger for den antiparallelle forskydning.

**b. Redegør for, hvilken type motorprotein, der er involveret i de astrale mikrotubulis dynamik under mitosens anafase.**

Svar:

b. Astrale mikrotubuli er ligeledes forankrede i spindelpolerne, og rækker ud mod cellens  
periferi og forankres i plus-enderne ved plasmamembranen. I anafase B trækkes  
spindelpolerne længere fra hinanden ved at motorproteiner af typen dynein, der bevæger sig  
mod minus-enden ved plasmamembranen, trækker i mikrotubuli.  
ECB, 5. udgave, kapitel 17 og 18.

**Keratinfilamenter er en del af cytoskelettet. I klinikken anvendes keratiner som markører i forbindelse med diagnostik af cancer**

**5.  
a. Angiv 2 strukturer, hvortil keratinfilamenter forankres i epitheler.**

Svar: a. Desmosomer og hemidesmosomer (via plaqueproteiner). (Alternativt kan nævnes, at keratin  
linkes til mikrotubuli og aktinfilamenter via plectin, hvilket også kan opfattes som en  
forankring).

**b. Angiv 2 andre typer af intermediære filamenter.**

Svar: b. To af følgende: Vimentin og vimentin-relaterede filamenter (inkl. GFAP), neurofilamenter og nukleære laminer. ECB, 5. udgave, kapitel 17.

**6. Beskriv den strukturelle opbygning af keratinfilamenter.**

Svar: Keratinfilamenterne er opbygget af filamentøse monomerer med et centralt alfa-helix domæne. Monomerer associeres parvist i samme retning og danner dimerer (i en ”coiled-coil” struktur). Dimerer associeres antiparallelt forskudt til tetramerer, som herefter pakkes i strukturer á 8  
tetramerer, der ansamles til det færdige keratinfilament (med en tykkelse på omkring 10 nm).  
ECB, 5. udgave, kapitel 17

**7. Forklar, hvorfor patologer ofte kan benytte en immunhistokemisk analyse af keratin-ekspression til at afgøre, om en metastase stammer fra en primær tumor med oprindelse i epithel eller bindevævsceller.**

Svar: Celler fra forskellige vævsklasser udtrykker ofte forskellige typer af intermediære filamenter.  
Epitheler udtrykker keratiner og bindevævsceller udtrykker vimentin. Metastaser udtrykker ofte  
samme type intermediære filamenter, som de celler i det normale væv der har givet ophav til  
den primære tumor, hvorfor en påvisning af keratin-ekspression i en metastase kan være med til  
at fastslå, at den er af epithelial oprindelse. ECB, 5. udgave, kapitel 17; SAU 7 materiale

### Opgave III (8 maj 2023. Ordinær eksamen)

Personer med Hutchinson-Gilford progeria syndrom (HGPS) ældes meget hurtigere end normalt. På  
cellulært niveau er HGPS karakteriseret ved, at morfologien af kernemembranen er forandret (figur 1)

Et billede, der indeholder skærmbillede

Automatisk genereret beskrivelse

**2**

**a. Redegør for, hvilket strukturelt kerneprotein, der kan være defekt hos en person med HGPS.**

**Svar:**

Den markante fluorescensfarvning i periferien af kernen viser tydeligt, at den strukturelle  
organisering af kernemembranen er påvirket i cellen fra personen med HGPS. Nukleære  
laminer danner den nukleære lamina op ad indersiden af kernemembranen, hvilket styrker og afstiver kernemembranen. Bestemte defekter i laminer fører til tab i den strukturelle integritet i kernemembranen. ECB, 5. udgave, kapitel 17.

**b. Angiv 2 andre proteiner, der er nødvendige for at opretholde kernemembranens integritet**

**Svar:** SUN og KASH. ECB, 5. udgave, kapitel 17

### 

### Opgave III (29 november 2022. Ordinær eksamen.)

Fibroblasters evne til at migrere er ofte blevet undersøgt i cellekultursystemer, hvor cellerne  
adhærerer til et passende underlag/substrat indeholdende bl.a. fibronektin og kollagen.

1. Redegør for, hvorfor det er vigtigt, at substratet indeholder fibronektin.

Svar:

Fibroblasternes forankring til den ekstracellulære matrix er udgangspunktet for, at de kan  
migrere. Fibroblasterne vil benytte fokale adhæsioner til at forankre sig til underlaget.  
Transmembrane integriner i de fokale adhæsioner vil ekstracellulært kunne binde fibronektin,  
som videre forankres til kollagen. ECB, 5. udgave, kapitel 17 og 20.

2. Redegør for processen, hvorved en fibroblasts migrerer henover et underlag.

Svar: i cortex i en migrerende celle polymeriserer aktinfilamenter ved plusenden, hvilket leder til, at  
der dannes fremskydninger i form af lamellipodia (og filopodia) i bevægelsesretningen  
(protrusion). I disse områder danner aktinfilamenter via fokale adhæsioner kontakt til ECM,  
hvor cellen forankres til omgivelserne (attachment). Ved interaktion mellem aktin og myosin  
længere bagtil i cellen dannes kontraktion, således at bagenden flyttes fremad, når forankringen  
til ECM slippes i dette område (contraction). ECB, 5. udgave, kapitel 17

OPGAVE (4):

Mutationer i genet som koder for ciliært dynein kan føre til Kartagener syndrom. Mænd, der lider af Kartagener syndrom, er typisk infertile og har en øget risiko for luftvejsinfektioner

**4. Redegør for, hvorfor defekter i proteinet ciliært dynein kan resultere i de to beskrevne  
symptomer.**

Svar:

Ciliært dynein forbinder de ydre/perifere mikrotubuli-dubletter med hinanden i cilier. Her  
fungerer det som et motorprotein, der medfører, at mikrotubuli-dubletterne forskydes i forhold til  
hinanden, hvilket leder til aktiv ciliebevægelse. Defekt ciliært dynein vil derfor hæmme  
ciliebevægelse. Aktiv ciliebevægelse er vigtig for sædcellers motilitet, som igen er afgørende for,  
at de kan finde frem til og befrugte en ægcelle. Aktiv ciliebevægelse er desuden vigtig for  
overfladeepithelets funktion i luftvejsepithel, hvor mikroorganismer og andre partikler kan  
’fanges’ og bevæges mod svælget. Ved manglende cilieaktivitet vil mikroorganismer kunne  
ophobes i luftvejene og herved øge risikoen for infektion. ECB, 5. udgave, kapitel 17

Epidermolysis bullosa (EB) er en sjælden arvelig hudsygdom, der medfører, at mekanisk påvirkning  
af huden fører til vabeldannelse, hvor epidermis løsnes fra dermis. EB kan opdeles i forskellige  
undertyper, alt efter hvilket protein, som er defekt.

**7. Redegør for, hvor ’brudfladen’ vil ligge i forhold til epithelet i epidermis efter mekanisk  
påvirkning, hvis:**

**a. der er en mutation i laminin, der medfører, at det ikke binder til andre proteiner.**

SVAR:

Laminin er et multiadhæsivt protein, der forekommer i basallamina, hvor det agerer  
bindeled mellem hemidesmosomers integriner og kollagen IV. Hvis en mutation gør, at  
laminin ikke sammenbinder integrin og kollagen IV, vil brudfladen ligge i selve basallamina  
(betegnes junctional EB, JEB)

**b. der er en mutation i keratin, der medfører, at det ikke binder plaque-protein.**

Svar:

Keratinfilamenter associerer cellens cytoskelet til hemidesmosomer og desmosomer via  
plaque-protein. En mutation, der fører til at keratin ikke binder plaque-protein, vil således  
svække cytoskelettets forankring i hemidesmosomer og/eller desmosomer, og brudfladen vil  
ligge intraepithelialt (betegnes EB simplex, EBS)

**c. der er en mutation, der medfører, at kollagen VII ikke syntetiseres.**

**Svar:**

Kollagen VII danner forankringsfibriller fra kollagen IV i basallamina til kollagene  
fibre/fibriller i det underliggende bindevæv. Hvis kollagen VII ikke er til stede, vil  
brudfladen ligge under basallamina, således at denne løsnes fra det underliggende  
bindevæv (betegnes dystrophic EB, DEB).

### Opgave III (syge/reeksamen 20 feb 2020)

Cytoskelettet er essentielt for cellers funktion.

**5. Angiv:  
a. 4 eksempler på cellulære funktioner, hvor mikrotubuli spiller en rolle.**

**svar:**

a. Vælg blandt: i) positionering af celleorganeller (ER og Golgi apparatet); ii)  
vesikel/organeltransport; iii) opbygning af tentrådsapparat; iv) cilie/flagelbevægelse; v)  
afstivning af cellestruktur; vi) opbygning af det mikrotubulus-organiserende center  
(centrosom/basallegeme).

**b. 4 eksempler på cellulære funktioner, hvor aktinfilamenter spiller en rolle.  
SVAR:**

Vælg blandt: i) cytokinese; ii) vesikel/organeltransport; iii) kontraktion af celler; iv)  
cellemigration; v) dannelse af pseudopodier; vi) forankring af cellekontakter; vii) ændring  
af cellens morfologi.

**c. den type af intermediære filamenter, som findes i henholdsvis epithel, fibroblaster og  
nerveceller.**

c. keratin, vimentin, neurofilamenter.  
ECB, 5. udgave, kapitel 17.

### Opgave III (15 aug 2019, syge/reeksamen)

En forskergruppe undersøgte fibroblasters migration (cell crawling) i cellekultur. Fibroblasterne blev dyrket på et underlag bestående af kollagen.

**1. Beskriv hvorledes fibroblaster hæfter til et underlag af kollagen.**

Svar:

Fibroblaster kan forankres til omgivelserne ved fokale adhæsioner. Den fokale adhæsion  
indeholder transmembrane integriner, som via intracellulært adapterprotein (plaqueprotein) er  
forankret i aktin-cytoskelettet. Extracellulært vil integriner binde til fibronectin, som videre  
binder sig til kollagen. ECB, 4. udgave, kapitel 20.

Forskerne tilsatte cytochalasin til dyrkningsmediet, hvorefter fibroblasternes migration ophørte.

**2. Redegør for hvorfor cytochalasin hæmmer fibroblasternes migration.**

Svar:

Cellulær migration af en fibroblast omfatter polymerisering af aktinfilamenter i cellens leading  
edge, som medfører en fremskydning af plasmamembranen (dannelse af lamellipodia) og  
dannelse af nye fokale adhæsioner i cellens forende. Cytochalasin hindrer polymerisering af  
aktinfilamenter og hæmmer herved dannelse af leading edge. ECB, 4. udgave, kapitel 17.

**3. Beskriv myosins funktion under migration.**

Svar:

Mens plasmamembranen skydes frem og der dannes nye kontaktpunkter i cellens forende  
(leading edge) skal cellen slippe underlaget og kontraheres i bagenden (trailing edge). Myosin  
er et motorprotein, der interagerer med aktin, og bevægelsen af myosin langs aktinfilamenter  
medierer, at bagenden af cellen trækkes fremad, hvorved cellen flytter sig. ECB, 4. udgave,  
kapitel 17.

Mikrotubuli spiller også en rolle ved migration, blandt andet for cellens bevægelsesretning.

4.  
**a. Beskriv den strukturelle opbygning af en mikrotubulus.**

**Svar:**

En mikrotubulus er opbygget som et tubulært filament med en ydre diameter på ca. 25 nm.  
Filamentet består af alfa/beta tubulin subunits arrangeret i en ring af 13 protofilamenter.  
Tubulin subunits er arrangeret i samme retning i filamentet, hvilket orienterer filamentet i  
en plus og minus ende.

**b. Angiv 3 specifikke cellulære strukturer hvori mikrotubuli indgår.**

Svar:

Tentrådsapparat (mitotisk spindel), centriole eller centrosom, cilie, basallegeme, primær  
cilie.  
ECB, 4. udgave, kapitel 17.

## D: Celle-celle og celle-ECM interaktioner (inkl. sau24), KAP 20

### Opgave III (27. november 2023. Ordinær eksamen.)

Mutationer i genet, som koder for plectin (PLEC), er blandt andet blevet relateret til epidermolysis  
bullosa simplex (en nedarvet hudsygdom). Betydningen af en mutation i PLEC blev undersøgt ved  
at se på effekten af mekanisk påvirkning af epidermis.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede

Automatisk genereret beskrivelse

**6. Redegør for plectins funktionelle rolle baseret på immunfarvningen i figur 1, #1.**

Svar: Plectin er et intracellulært cytoplasmatisk protein. På billede #1 ses plectin lokaliseret diffust i  
epithelcellerne i epidermis i de suprabasale lag. Her kan plectin indgå i at ’bundle’  
intermediære filamenter og krydsbinde dem til andre dele af cytoskelettet (aktinfilamenter og  
mikrotubuli), samt ved at forankre intermediære filamenter til nucleus og desmosomer. Desuden  
ses en kraftig farvning af plectin, som er koncentreret mod den basale del af det nederste  
epithellag. Dette tyder på, at plectin har en funktion for hemidesmosomer, som intracellulært  
forankrer cytoskelettets intermediære filamenter og ekstracellulært forankrer epithelceller til  
basalmembranen (plectin indgår i hemidesmosomers plaque, hvor intermediære filamenter  
forankres). ECB, 6. udgave, kapitel 17

**7. Redegør for tre andre proteiner, hvori defekter kan påvirke epidermis tilsvarende, som det ses ved epidermolysis bullosa simplex.**

Svar:

Ved epidermolysis bullosa simplex ses en utilstrækkelig forankring af det epidermale epithel til  
den underliggende basalmembran og/eller en utilstrækkelig forankring mellem celler i  
epithellaget. Defekte proteiner, herunder proteiner i hemidesmosomer og desmosomer samt i de  
intracellulære og ekstracellulære komponenter som disse forankres i, kan principielt forårsage  
epidermolysis bullosa simplex.

Tre af følgende:  
i) Intermediære filamenter/keratiner der indgår i at forankre cellens cytoskelet til  
hemidesmosomer og desmosomer.  
ii) Integriner, der indgår som en del af hemidesmosomer, og som dels forankres i cytoskelettet  
og dels forankres i basallamina.  
iii) Laminin, der ekstracellulært indgår i at forankre integriner til kollagen IV netværket i  
basallamina (entactin/nidogen kan også nævnes her).  
iv) Kollagen type IV, der udgør et netværk i basallamina, som epithelceller forankres til.  
v) Kollagen type VII, som danner fibriller, der forankrer til kollagen IV netværket i basallamina  
og til fibre i det underliggende bindevæv (evt. retikulære lamina).  
vi) Cadheriner (desmoglein, desmocollin), der indgår som en del af desmosomer, og som dels  
forankres i cytoskelettet og dels forankres i nabocellers cadheriner.  
(Eventuelt kan andre intracellulære plaqueproteiner end plectin nævnes også som eksempel).  
ECB, 6. udgave, kapitel 17, Geneser, 2020, kapitel 6 samt SAU 8 materiale.

### Opgave I (8 maj 2023. Ordinær eksamen)

”Vascular endothelial growth factor A” (VEGFA) er en vækstfaktor, som bl.a. stimulerer nydannelse af blodkar (angiogenese) og regulerer blodkar homøostase via receptor tyrosin kinaser (RTK).

Antistoffer, som kan neutralisere VEGFA, anvendes til behandling af specifikke øjensygdomme  
karakteriseret ved øget nydannelse af blodkar og til kombinationsbehandlinger af specifikke  
kræftsygdomme

**1. Angiv 6 cancerkarakteristika (”Hallmarks”).**

**Svar:**

Hyperproliferation, undvige væksthæmning, angiogenese, immortalitet, metastasering, undvige apoptose (genetisk ustabilitet, ændret metabolisme, tumor induceret inflammation, undvige immunsystemet). ECB, 5. udgave, kapitel 20.

**2. Redegør for, hvorvidt VEGFA er et proto-onkogen eller en tumor suppressor**

Svar:

VEGFA er et proto-onkogen, idet det, hvis der opstår en ”gain-of-function” mutation, vil øge  
nydannelsen af blodkar (angiogenese), som er et cancerkarakteristika. (Alternativt svar kan  
inkludere RTK stimuleret celledeling, overlevelse m.m.). ECB, 5. udgave, kapitel 20

### Opgave III (Syge/reeksamen 23. februar 2023)

Den strukturelle opbygning af et enlaget tarmepithel gør, at makromolekyler, som f.eks. immun- globuliner (antistoffer), ikke kan diffundere fra blodsiden (interstitiet) til tarmlumen.

2.

**a. Angiv navnet på den strukturelle komponent, der er årsag til at immunglobuliner ikke kan passere tarmepithelet ved diffusion.**

Svar:

a. Tight junctions.

b. Beskriv, hvorledes immunglobuliner transporteres over tarmepithelet fra blodsiden til  
tarmlumen.

Svar:

b. Mekanismen er transcytose, hvor proteiner optages i cellen ved endocytose fra ét  
membrandomæne og frigives ved exocytose fra et andet membrandomæne. ECB, 5. udgave kapitel 15 og 20.

**3. Beskriv, hvorledes en polariseret celle i et enlaget epithel kan fastholde en apikal/basolateral membrandomæne-specifik lokalisering af plasmamembranproteiner.**

Svar:

Proteiner, der er sorteret til et specifikt plasmamembrandomæne i polariserede epithelceller,  
kan ikke diffundere frit fra det ene plasmamembrandomæne til det andet. Dette skyldes tight  
junctions, som danner en barriere omkring hele cellen og derved forhindrer lateral passage af  
membranforankrede proteiner. (Plasmamembrandomæne-specifikke proteiner kan ligeledes  
fastholdes via intracellulære proteiner, såsom aktin; via kobling til molekyler i den  
ekstracellulære matrix eller til proteiner udtrykt på en nabocelle). ECB, 5. udgave, kapitel 11, 12  
og 20.

**4. Beskriv:  
a. den strukturelle lighed mellem hemidesmosomer og desmosomer i epitheler.**

**Svar:**

Strukturelt er hemidesmosomer og desmosomer opbygget ensartet, med transmembrane  
proteiner, der intracellulært er bundet til plaqueprotein, hvortil intermediære filamenter fra cytoskelettet er forankret (de involverede membran- og plaqueproteiner er dog forskellige).

**b. den funktionelle forskel mellem hemidesmosomer og desmosomer i epitheler**

Svar:

Funktionelt forankres hemidesmosomer mekanisk til basalmembranen via celle-matrix  
kontakter. Derimod giver desmosomer mekanisk styrke til epithellaget/lagene via celle-celle kontakter mellem naboceller. ECB, 5. udgave, kapitel 20, Geneser, 2. udgave, kapitel 6.

### Opgave III (Syge/reeksamen 18 aug 2022)

**Connexiner er strukturelle proteiner, der indgår i gap junctions, som er til stede i mange epitheler.**

**3. Beskriv den generelle struktur og funktion af gap junctions.**

Svar:

Gap junctions er opbygget af connexoner, der hver består af 6 transmembrane connexiner.  
Hvert connexon er lokaliseret over for en nabocelles connexon, således at disse er forbundne  
ekstracellulært og danner en sammenhængende kanal mellem cytoplasmaet i de to celler. Gap  
junctions tillader passage af en række uorganiske ioner og mindre vandopløselige molekyler op  
til omkring 1000 Da mellem naboceller. ECB, 5. udgave, kapitel 20.

**Gap junctions lukkes hurtigt, hvis den intracellulære Ca2+ -koncentration øges.**

**7. Redegør for betydningen af denne egenskab ved gap junctions set i forhold til nabocellers  
integritet, når en enkelt epithelcelle udsættes for mekanisk skade i plasmamembranen**

Svar:

Når celler i et epithel er forbundne via gap junctions udveksles uorganiske ioner og  
metabolitter relativt frit mellem cellerne. Hvis en enkelt celle i et epithel bliver beskadiget, så  
plasmamembranen bliver ”leaky”, vil dette medføre influx af ioner, herunder frie calciumioner  
som forekommer i meget højere koncentration ekstracellulært end intracellulært (samtidig med  
at cellen mister vigtige metabolitter mm. til det ekstracellulære rum). Den øgede frie  
intracellulære calciumkoncentration, der derved opstår i den beskadigede celle, vil føre til, at  
gap junctions lukkes. Dette forhindrer flux af calciumioner til naboceller, som derfor ikke bliver  
udsat for skadeligt høje koncentrationer af calcium, der ellers ville kunne medføre, at den  
oprindelige cellulære beskadigelse forplantede sig til nabocellerne. Den hurtige lukning af gap  
junctions betyder således, at de raske nabocellers (og epithelets) integritet bevares. ECB, 5.  
udgave, kapitel 20.

### Opgave III (9 maj 2022. Ordinær eksamen)

**2. Angiv:  
a. typen af intermediære filamenter, der er til stede i stort set alle eukaryote celler.  
b. et motorprotein, der binder til mikrotubuli og danner kraften til bevægelse af cilier.  
c. et kernemembranprotein, der er lokaliseret i det perinucleære rum og samtidig kan binde  
forskellige cytoskeletfilamenter i cytosolen.**

**Svar:**

2. a. Nucleært lamin, b. Ciliært dynein og c. KASH-protein (alternativt KASH-SUN  
proteinkompleks). ECB, 5. udgave, kapitel 17.

**Mitochondrier forekommer i stort antal i både perikaryon og i neuroners udløbere.**

**3. Redegør for, hvorledes mitochondrier transporteres igennem et axon til axonterminalen.**

Svar:

3. Mitochondrier bliver transporteret til axonterminalen ved (hurtig) axonal transport (med en  
hastighed på 100-400 mm pr. døgn) langs polariserede mikrotubuli, som løber parallelt i  
længderetningen af axonet. Dette foregår ved, at kinesin motorproteiner binder mitochondrier  
og under energiforbrug bevæger sig mod plusenden af mikrotubuli. ECB, 5. udgave, kapitel 17.