

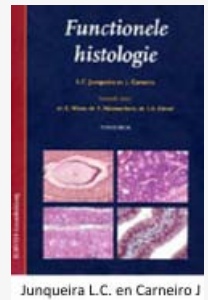
De wereld onder de microscoop

- Home
- Histologie
- Materialen
- Preparaten
- Fotogaleri
- Downloads
- Links
- Sitemap
- Contact

De eukaryotische cel, vervolg

Bronvermelding:

- 1 Theorie: Junqueira L.C. en Carneiro J. (2004, tiende druk), *Functionele histologie*, Maarsse. Uitgeverij Elsevier. Hoofdstuk 3, 'De cel'.
- 2 Wikipedia, de vrije encyclopedie, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>
- 3 Prof. Dr. med. Ulrich Welsch (2006, Auflage 2), *Lehrbuch Histologie*, München. Uitgeverij Elsevier GmbH, Urban & Fisher.

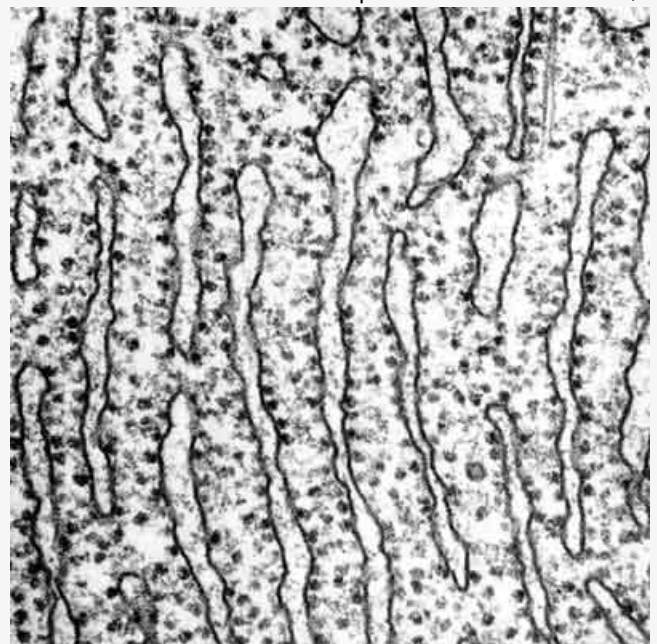


Het endoplasmatisch reticulum²

Het endoplasmatisch reticulum is een netwerk (reticulum) van membranen dat gelegen is in het cytoplasma van een cel. Het bestaat uit twee dicht tegen elkaar liggende membranen waartussen holten en kanalen worden gevormd. Het is afgescheiden van de rest van de cel door een membraan met dezelfde structuur als het celmembraan.

Het ruw endoplasmatisch reticulum (RER of ribosomaal ER) herbergt de ribosomen en heeft daardoor een belangrijke rol in de eiwitvorming (eiwitsynthese) in de cel. Ook heeft het een rol in het transport van stoffen in de cel, met name is het belangrijk voor het verzamelen van eiwitten die naar het Golgi-apparaat vervoerd moeten worden. Dit is eigenlijk de hoofdfunctie van het endoplasmatisch reticulum. Het ruw endoplasmatisch reticulum dankt zijn naam aan het ruwe uiterlijk onder de elektronenmicroscoop, dat veroorzaakt wordt door de vele ribosomen die op het buitenoppervlak zijn aangehecht. Ribosomen zorgen, door hun gehalte aan nucleïnezuren in een klassiek gekleurde HE (Haematoxyline-Eosine) coupe, voor een basofiele kleurreactie (roze).

Alle aangehechte ribosomen zijn verbonden met de binnenzijde van het ER door een porie-eiwit. Wanneer een van deze ribosomen een mRNA-streng ontvangt, wordt de door translatie gevormde peptideketen via het porie-eiwit het ER ingeleid. Pas daarna wordt het eiwit tot zijn uiteindelijke vorm gevouwen.



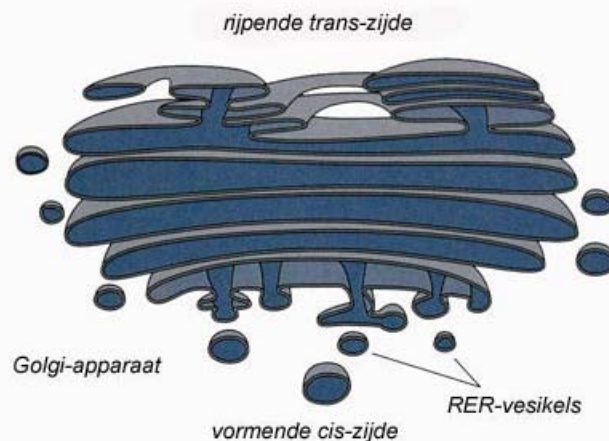
Het glad ER (Engels: smooth ER, SER) is een variant van ER die voornamelijk dient om stoffen vanuit het ruw ER te vervoeren naar het Golgi-apparaat, het bevindt zich dan ook vaak tussen zones met ruw ER en het Golgi-apparaat. Andere functies van het glad endoplasmatisch reticulum zijn het opslaan van calciumionen, de synthese van lipiden, fosfolipiden en de detoxificatie van drugs, alcohol en andere gifstoffen (met name in levercellen). Het SER komt daarom goed ontwikkeld voor in de bijnierschors (voor de productie van steroïdhormonen), leverparenchym en spiercellen (waar ze een rol spelen in het contractieproces, het zogenaamde sarcoplasmatisch reticulum).

Het Golgi-apparaat¹

Het Golgi-apparaat, of Golgi-complex, komt voor in alle kernhoudende cellen. Het aantal afzonderlijke Golgi-apparaten per cel kan oplopen tot enkele tientallen. In de meeste cellen liggen de verschillende Golgi-complexen bijeen, vaak in

de buurt van de kern, in een gebied waar zich ook de centriolen bevinden, het cytocentrum. Het centrale deel van het Golgi-complex bestaat uit een aantal gebogen, dicht tegen elkaar gelegen, afgeplatte **cisternen**². Het complex is omgeven door een grote hoeveelheid kleine vesikels, die materiaal aanvoeren vanuit het RER en afvoeren naar verschillende bestemmingen in de cel. Het interne transport tussen de Golgi-cisternen vindt waarschijnlijk ook plaats door middel van vesikeltransport.

De polariteit van het complex geeft aanleiding tot een specifieke terminologie: de cis-zijde (cis = aan deze kant, dat wil zeggen gezien vanuit het RER) of convexe zijde is de onrijpe kant van het Golgi-apparaat, terwijl de trans-zijde (trans = aan de overkant, gezien vanuit het RER) of concave zijde de rijpe zijde vertegenwoordigt. De laatste cisterne aan de trans-zijde wordt aangeduid met trans-Golgi-netwerk (TGN) en heeft een speciale taak in de verzending van materiaal. Een merkwaardig feit is dat de membranen van cis naar trans iets dikker worden en daarbij geleidelijk de dikte van de celmembran bereiken.

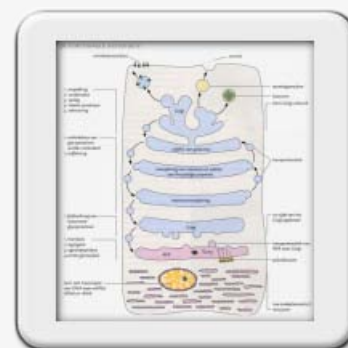


Secretieproducten bereiken in lage concentratie de cisternen van het Golgi-complex via transportvesikels, die afsnoeren van het ER en fuseren met een cis-Golgi-cisterne.

In het Golgi-complex passeren de secretieproducten de achter elkaar liggende cisternen in een vaste volgorde, waarbij ze verder worden geglycosyleerd en later geconcentreerd. De verschillende cisternen hebben een verschillende enzyminhoud. In het microscopisch beeld komt de concentratie van producten vooral tot uiting aan de trans-zijde door de toenemende elektronendichtheid van de condenserende vacuolen, die overgaan in de nog donkerder secretiegranula.

In het TGN (trans-Golgi-netwerk) worden producten gesorteerd voor drie bestemmingen, namelijk:

1. de lysosomen;
2. de celmembraan;
3. het extracellulaire milieu.



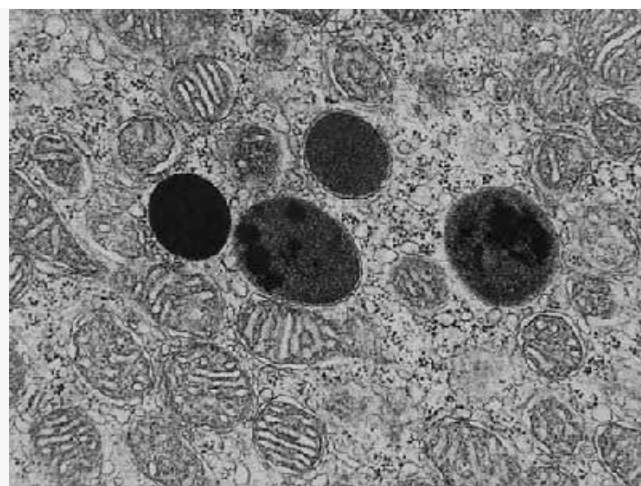
Deze sortering en adressering betreft hydrolytische enzymen (lysosomen), membraanewitten (celmembraan) en secretieproducten (extracellulair milieu). De sleutel bij deze sorteringsprocessen is het mannose-6-fosfaat, dat producten voor de lysosomen adresseert. De adressering voor de celmembraan en voor de secretie berust op de afwezigheid van mannose-6-fosfaat en op de eventuele hechting van moleculen aan de membraan.

De lysosomen¹

Lysosomen zijn 0,1 - 0,5 μm groot en worden door een membraan omgeven. Ze zijn vrijwel rond, heterogeen van inhoud en meestal elektronendicht. Per cel kunnen er enkele tot honderden lysosomen voorkomen. Zij bevatten hydrolytische enzymen (hydrolasen), aangeleverd vanuit het Golgi-apparaat, en vormen het verteringsapparaat van eukaryotische cellen. Veel lysosomen vinden we in macrofagen en neutrofielen. Te verteren materiaal bereikt de lysosomen langs twee verschillende wegen: via endocytose, hetgeen heterofagie wordt genoemd, en via autofagie, waarbij de cel delen van zijn cytoplasma of organellen verteert. Autofagie zorgt voor een turnover van organellen en voor verjonging van de celorganellen. De levensduur van een mitochondrium in een leverparenchymcel is ongeveer tien dagen, terwijl de cel zelf veel langer leeft.

Er is een tachtigtal verschillende lysosomale hydrolasen bekend. Deze hydrolasen hebben een zuur pH-optimum (3½-5). De enzymensamenstelling van lysosomen kan tussen verschillende celtypen variëren. Zure fosfatase is het merkerenzym. Daarnaast zijn er nog ribonuclease, desoxyribonuclease, cathepsine B, D, H en L, sulfatasen en glycuronidasen. Met deze enzymen kan het lysosoom een groot aantal moleculen afbreken. De producten van deze vertering passeren met behulp van transporteiwitten de lysosomale membraan en worden hergebruikt in de cel. De membraan van het lysosoom beschermt het cytoplasma tegen de inwerking van de hydrolasen. Hierbij is het lage pH-optimum van deze enzymen ook een beschermende factor: de pH in de lysosomen is lager dan die van het cytoplasma. In de membraan bevindt zich een ATP-afhankelijke H^+ -ionenpomp, die de lage pH binnen het organel handhaaft. Eventuele onverteerde resten blijven achter in het lysosoom, zodat een restlichaampje ('residual body') ontstaat (figuur 1-5). Deze restlichaampjes kunnen als

geelbruine lipofuscinegranula gevonden worden, bijvoorbeeld in cellen met een lange levensduur, zoals neuronen, hartspiercellen en macrofagen. De lysosomale enzymen worden gesynthetiseerd in het RER, en in het Golgi-complex voorzien van een adressering in de vorm van mannose-6-fosfaat. Deze adressering wordt herkend door de receptoren in het TGN (trans-Golgi-netwerk).

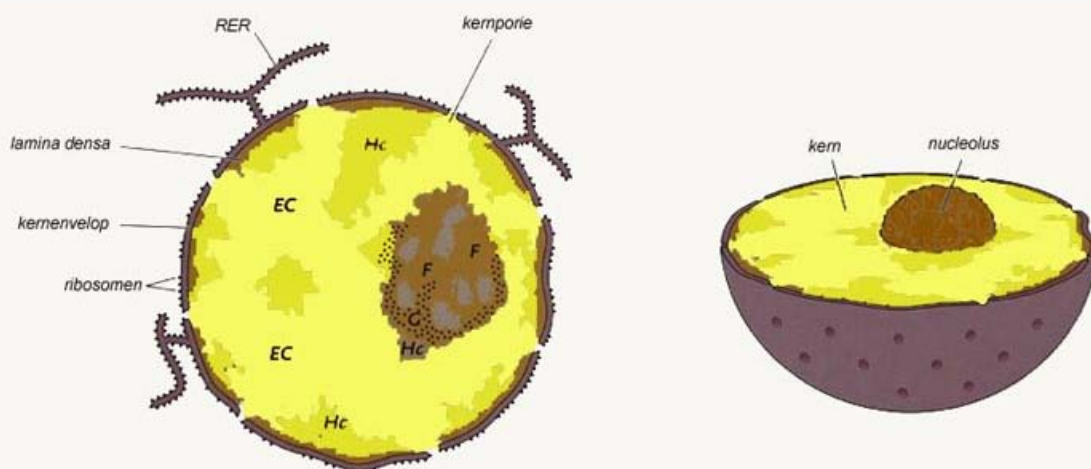


Transportvesikels, die nieuwe hydrolasen aandragen, verzorgen een pendeltransport (shuttle) tussen het Golgi-apparaat en de lysosomen. Op de terugweg vervoeren zij weer vrije receptoren naar het Golgi-gebied. Bij cellen die niet meer tot eiwitsynthese in staat zijn, zoals granulocyten uit het bloed, zijn het RER en Golgi-complex afwezig, met als gevolg dat deze cellen geen nieuwe hydrolasen kunnen aanmaken en bijgevolg hun lysosomen bij herhaalde fagocytose verbruiken.



De celkern¹

De kern van elke cel bevat in het DNA de gecodeerde informatie voor de synthese van alle eiwitten in alle cellen van het lichaam. Andere complexe of polymere verbindingen, zoals koolhydraten, lipiden en glycolipiden, ontstaan door de specifieke werking van enzymen, die op hun beurt door mRNA's zijn gecodeerd. Ieder eiwit is gecodeerd in één bepaald gebied van het DNA: een gen. Door transcriptie² van DNA naar messenger-RNA (mRNA) wordt de DNA-code in een afleesbare vorm overgeschreven en getransporteerd naar het cytoplasma. Het mRNA kan met behulp van ribosomen, transfer-RNA (tRNA) en met verbruik van energie in eiwit worden vertaald (translatie). Het tRNA en het ribosomaal RNA (rRNA), dat samen met eiwitten de ribosomen opbouwt, worden ook in de kern van het DNA overgeschreven. De kern wordt van het cytoplasma gescheiden door de kernvelop, bestaande uit twee parallelle membranen, die een perinucleaire cisterne vormen (figuur 1-6).



Figuur 1-6 De celkern wordt omgeven door een dubbele membraan (de kernvelop of perinucleaire cisterne), die in verbinding kan staan met het RER.

De kernvelop kan opgevat worden als een specialisatie van het RER. Aan de zijde van het cytoplasma is de kernvelop bezet met ribosomen, die deelnemen aan de eiwitsynthese. De kernvelop wordt aan de binnenzijde gesteund door een lamina densa, waar het donkerkleurende heterochromatine (Hc) tegenaan ligt. Er zijn vrij uitgebreide euchromatische gebieden (EC). Chromatine bestaat uit chromosomen, die in meerdere of mindere mate zijn gecondenseerd. Minder condensatie geeft een lichtere kleuring, zoals in euchromatine. Functioneel betekent dit meer transcriptie. De nucleolus is opgebouwd uit een pars fibrosa (F) en een pars granulosa (G), waarin grote hoeveelheden rRNA aanwezig zijn als voorlopers van ribosomen. Het heterochromatine (Hc) kan met de nucleolus geassocieerd zijn. De [morfologie](#)² van

de kern zegt dus iets over de activiteit van de transcriptie en de productie van ribosomen.

Tegen de binnenkant van de kernvelop liggen onregelmatige verzamelingen van gocondenseerd chromatine, het heterochromatine. Het binnenblad is verstevigd met de lamina densa, bestaande uit lamine. De lamina densa is onderbroken bij de poriën, evenals het heterochromatine. Het aantal poriën hangt samen met het niveau van de eiwitsyntheseactiviteit van de cel. Het buitenblad van de kernvelop kan in verbinding staan met het RER. Het bevat ribosomen en neemt dus deel aan de eiwitsynthese. Men kan de kernvelop opvatten als een gespecialiseerde cisterne van het RER. In de kernvelop bevinden zich kernporiën met een diameter van 70 nm voor het transport tussen de kern en het cytoplasma (figuur 1-7). Deze poriën zijn voorzien van een combinatie van eiwitten met een speciale functie en structuur, het zogenaamde pore-annulus-complex (of nuclear-pore-complex). Dit complex controleert het verkeer van moleculen door de kernporie.



Vriesbreekpreparaat van het darmepitheel van de rat. Kernporiën zijn met pijlen aangegeven. 30000x
Opname van Pinta da Silva uit L.C. Junqueira en J. Carneiro 2004.

Figuur 1-7 Vriesbreekpreparaat van het darmepitheel van een rat
Het bevroren weefsel is gebroken en van het verse breukvlak is een replica (afdruk) gemaakt, die in een TEM werd gefotografeerd. Het breukvlak is door de kernvelop gegaan en heeft de twee bladen van de kernvelop blootgelegd. De kernporiën zijn zowel in de binnenhelft als in de buitenhelft van de kernvelop duidelijk te zien. Het aantal kernporiën is groot in cellen met een hoge metabole activiteit, zoals hier het geval is. De organellen in het cytoplasma zijn moeilijk te identificeren.

Een eukaryotische cel bevat nog meer onderdelen die hier niet verder worden uitgewerkt.

Onderdelen zijn:

- Peroxisomen;
- Cytoskelet met microtubuli, microfilamenten en intermediaire filamenten;
- Centriolen;
- Ciliën;
- Flagellen;
- Insluitsels.

Klik op nevenstaande afbeelding³ voor een schematisch overzicht van alle celorganellen.



Tot slot,

Op de website van bioplek.org is een goede animatie van de verschillende celonderdelen te bekijken (klik op de afbeelding).

