

## 11. APARATUL GOLGI

Aparatul Golgi a fost descris la sfârșitul secolului trecut de către **Camillo Golgi** ca un "aparat reticular intern", datorită aspectului de rețea perinucleară observat în ganglionul spinal de pisică; abia după 1954 prin microscopie electronică s-a precizat structura aparatului Golgi, apoi prin tehnici combinate biochimice și morfologice s-au clarificat aspectele funcționale.

Aparatul Golgi este format din trei elemente principale:

a) un număr variabil de saci turtiți (sacule) în formă de cupă așezați lângă nucleu, fața convexă privind spre nucleu și concavitatea spre suprafața celulei. Numărul de saci este variabil în funcție de celulă, în majoritatea cazurilor 5-11; la plantele superioare apar câteva sute de saci, dispuși sub forma unor aparate multiple Golgi răspândite prin citoplasmă. Fața convexă a aparatului Golgi este numită față **proximală** (apropiată de nucleu) sau **de formare**, iar cea concavă este **distală** sau **de maturare**.

b) între fața proximală și nucleu se observă vezicule mici, de ordinul Å, care se desprind din reticulul endoplasmic aflat în vecinătate și apoi fuzionează cu sacii proximali. Prin aceste **vezicule de tranziție**, materialele sintetizate în RE rugos sunt vărsate în sacii aparatului Golgi. Membranele veziculelor fuzionează cu membrana sacilor proximali, iar conținutul veziculelor se varsă în cavitatea sacilor Golgi. Sacii Golgi împreună cu veziculele de tranziție și cu RE adiacent formează **complexul Golgi**.

c) de la extremitatea sacilor, ca și din sacii distali se desprind vezicule mari, de 0,3-3 μm; majoritatea lor sunt reprezentate de **vezicule de secreție**, care conțin proteinele secretate de celulă, maturate în aparatul Golgi și care vor fi eliminate la exterior prin exocitoză. Veziculele desprinse de la periferia sacilor vor forma lizozomii primari.

Există un proces de maturare al sacilor din Aparatul Golgi. Ei se formează din RE pe fața proximală, apoi se deplasează spre fața distală, unde sacii Golgi se fragmentează în vezicule de secreție, ce vor fi eliminate din celulă prin exocitoză.

Funcția esențială a aparatului Golgi este de a accepta vezicule din RE, de a le îngloba în sacii aparatului modificându-le membrana și conținutul și de a livra pe urmă vezicule cu produsele finite. O parte din veziculele formate constituie **lizozomii primari**. Majoritatea veziculelor formate sunt însă vezicule de secreție. Majoritatea proteinelor secretate sunt glicoproteine, care primesc în cursul trecerii lor prin cisternele aparatului Golgi, grupările glucidice terminale (acid sialic, fucoză, galactoză). Albumina, secretată de hepatocite, deși nu este glicoproteină, trece și ea prin aparatul Golgi, ca și glicoproteinele.

Dacă produsele secretate sunt mucopolizaharide, sinteza lor are loc în întregime în aparatul Golgi; este cazul acidului hialuronic sau condroitinsulfatului.

Există și posibilitatea ca unele vezicule să se reîntoarcă la aparatul Golgi la reticulul endoplasmic, probabil aducând glicoproteine maturate în aparatul Golgi. Din cauza fluxului de membrane în toate direcțiile, aparatul Golgi împreună cu reticulul endoplasmic și componente asociate (peroxizomi, înveliș nuclear) constituie un singur **sistem vacuolar**, prin care toate membranele celulare sunt interconectate.

### 11. 1. Secreția celulară

Secreția este una dintre activitățile multor celule. La unicelulare este o modalitate de a elimina deșeurile. La plantele superioare și la animale multe din structurile extracelulare sunt produse prin secreție: membrana bazală pe care sunt situate multe celule, fibrele proteice pe care se depun sărurile de Ca în os, cuticula de la artropode. Pe lângă aceasta unele celule sunt specializate în secreție: celulele glandelor endocrine și exocrine secretă hormoni și enzime, celulele mucoase din căile respiratorii și tractul digestiv secretă glicoproteine și mucopolizaharide, unii neuroni secretă neurotransmițători.

Sinteza și secreția enzimelor digestive de către porțiunea exocrină a pancreasului a fost primul model de secreție celulară studiat prin metode moderne, de către **G.E.Palade și colab.** Autorii au injectat aminoacizi radioactivi la cobai și după 3 minute au injectat o doză mult mai mare de aminoacizi nemarcați pentru a opri captarea radioactivității (experiență "pulse-chase"). S-au sacrificat animalele la diferite intervale de timp; după câteva minute radioactivitatea s-a găsit în reticulul endoplasmic al celulelor pancreatice; după 20 minute s-a găsit în aparatul Golgi și veziculele vecine; după 2 ore s-a găsit în veziculele secretorii (numite și **granule de zimogen** fiindcă conțin enzime inactive). Aceste experiențe au demonstrat secvența prin care se deplasează proteinele secretate din RE rugos spre aparatul Golgi și veziculele secretorii (Fig.40).

Proteinele secretorii sunt sintetizate de către ribozomii atașați RE rugos și trec imediat în cisternele RE pentru prelucrarea proteolitică și adausul părții glucidice. Apoi proteinele sunt transferate în RE neted, care se află în relații de contiguitate cu RE rugos. Din RE neted proteinele sunt înglobate în vezicule derivate din RE, care trec în sacii aparatului Golgi, unde primesc grupările glucidice terminale

Din porțiunea distală a sacilor se desprind veziculele secretorii, care fuzionând cu membrana celulară își varsă conținutul la exterior. Fluxul acesta este energo-dependent, deși nu este clar dacă energia este necesară numai la formarea veziculelor sau este necesară și pentru transportul acestora.

#### Fig.40. Schema procesului de secreție celulară

Secreția insulinei în porțiunea endocrină a pancreasului a fost și ea studiată intens. În secreția insulinei s-au evidențiat rolurile microtubulilor și microfilamentelor din citoplasmă. La microscopul electronic se observă că veziculele de secreție dintre aparatul Golgi și plasmalemă sunt asociate cu microtubuli. De fapt, veziculele sunt deplasate de către microtubuli spre periferia celulei, până când ajung la rețeaua de microfilamente de la periferie, care la oprește. La stimularea celulei se modifică structura rețelei periferice de microfilamente, ceea ce permite ieșirea veziculelor secretorii din celulă. Aceasta este o primă fază, rapidă, de creștere a cantității de insulină secretate. A doua fază este constituită de mobilizarea prin microtubuli a veziculelor secretorii aflate mai spre interiorul celulei și vărsarea conținutului lor în sânge.

Este de remarcat faptul că ionii de  $\text{Ca}^{2+}$  sunt cei care produc efectele asupra microtubulilor și microfilamentelor. În mod normal în citoplasmă o concentrație mică de  $\text{Ca}^{2+}$  rezultat al echilibrului dintre pătrunderea  $\text{Ca}^{2+}$  în celulă și expulzarea sa printr-o pompă de calciu ( $\text{Ca}^{2+}$ -ATP-aza). Atât pătrunderea crescută a  $\text{Ca}^{2+}$ , cât și o inhibare a ieșirii sale duce la stimularea secreției de insulină. Se pare că glucoza acționează inhibând efluxul  $\text{Ca}^{2+}$ . Deci  $\text{Ca}^{2+}$  este responsabil de declanșarea secreției la fel cum intervine în cuplarea excitației cu contracția musculară. Pe lângă  $\text{Ca}^{2+}$  în secreția celulară joacă rol important nucleotidele ciclice cAMP și cGMP, care modulează răspunsul secretor al celulei. Ele acționează prin modificarea fosforilării și defosforilării proteinelor și prin reglarea nivelului  $\text{Ca}^{2+}$ , de pildă prin modificarea permeabilității membranelor mitocondriale pentru  $\text{Ca}^{2+}$ . În mod normal mitocondriile mențin o concentrație scăzută a  $\text{Ca}^{2+}$  în citoplasmă,  $\text{Ca}^{2+}$  fiind acumulat în mitocondrii. În cazul efectului de mai sus al cAMP și cGMP se

produce creșterea concentrației citoplasmatică a ionilor de  $\text{Ca}^{2+}$  datorită creșterii efluxului  $\text{Ca}^{2+}$  din mitocondrii.

## 11.2. Întrebări

### 1. Aparatul Golgi:

- a. este un sistem de vezicule și cisterne
- b. este apropiat reticulului endoplasmic rugos
- c. este apropiat reticulului endoplasmic neted
- d. este prezent în toate celulele vii
- e. este înconjurat de membrane simple

### 2. Veziculele Golgi conțin:

- a. proteine sintetizate în R.E. neted
- b. proteine sintetizate în R.E. rugos
- c. produși de secreție exocrină
- d. produși de secreție endocrină
- e. enzime hidrolitice

### 3. Celule cu un aparat Golgi dezvoltat sunt:

- a. celule nervoase
- b. celule din glande endocrine
- c. celule salivare
- d. celule pancreatice
- e. celule musculare

### 4. Deplasarea veziculelor aparatului Golgi, în celulă se realizează:

- a. cu ajutorul microtubulilor
- b. ionilor de calciu
- c. cu ajutorul microfibrilelor
- d. cu cAMP
- e. nici o variantă nu este corectă

### 5. Deplasarea veziculelor de secreție Golgi :

- a. a fost evidențiată în secreția de insulină
- b. a fost evidențiată în pancreasul exocrin
- c. se realizează spre exteriorul celulei
- d. este influențată de ionii de magneziu
- e. cu ajutorul miofilamentelor