



# Celula și funcțiile sale

Fiecare din cele 100 de trilioane de celule din organismul uman este o structură vie care poate supraviețui timp de mai multe luni sau ani dacă în lichidul înconjurător există substanțele nutritive necesare. Celulele reprezintă pietrele de temelie din care este construit organismul, asigurând structura țesuturilor și organelor acestuia, transformând substanțele nutritive ingerate în energie și îndeplinind funcții specializate. De asemenea, celulele conțin codul genetic al organismului care controlează sintezele celulare și le permite să se multiplice.

Pentru a înțelege funcțiile organelor și ale celorlalte structuri ale corpului este esențial să cunoaștem organizarea fundamentală a celulei și funcțiile părților sale componente.

## ORGANIZAREA CELULEI

În **Figura 2-1** este prezentată o celulă tipică, așa cum apare în microscopie optică. Cele două părți principale sunt *nucleul* și *citoplasma*. Nucleul este separat de citoplasmă prin *membrana nucleară*, iar citoplasma este separată de lichidele extracelulare prin *membrana celulară*, numită și *plasmalemă*.

Diferitele substanțe care alcătuiesc celula sunt numite generic *protoplasma*, care este compusă în principal din cinci substanțe de bază: apă, electroliți, proteine, lipide și glucide.

**Apa.** Principalul mediu fluid al celulei este apa, care este prezentă în majoritatea celulelor, cu excepția celor adipoase, în procent de 70-85%. Multe substanțe chimice celulare sunt dizolvate în apă, iar altele se află în suspensie sub formă de particule solide. Reacțiile chimice au loc între substanțele chimice dizolvate în apă sau la suprafața particulelor aflate în suspensie sau a membranelor.

**Ioni.** Ionii celulari importanți sunt *potasiul*, *magneziul*, *fosfatul*, *sulfatul*, *bicarbonatul* și mici cantități de *sodiu*, *clor* și *calciu*. Acești ioni sunt discutați în detaliu în Capitolul 4 în care sunt abordate interrelațiile dintre lichidul intracelular și cel extracelular.

Ionii reprezintă substanțe chimice anorganice necesare pentru reacțiile celulare și pentru buna funcționare a unor mecanisme de control celular. De exemplu, ionii care acționează la nivelul membranei celulare sunt necesari

pentru transmiterea impulsurilor electrochimice prin fibrele nervoase și musculare.

**Proteinele.** După apă, cele mai abundente substanțe prezente în majoritatea celulelor sunt proteinele, care reprezintă în mod normal 10-20% din masa celulară. Ele pot fi clasificate în două categorii: *proteine structurale* și *proteine funcționale*.

*Proteinele structurale* sunt prezente în celule mai ales sub formă de filamente lungi care sunt polimeri ai unor molecule proteice individuale. Unul din rolurile principale ale filamentelor intracelulare este cel de a alcătui *microtubulii* care formează "citoscheletul" unor componente celulare precum cilia, axonii celulei nervoase, fusurile mitotice ale celulelor aflate în diviziune mitotică și, de asemenea, o rețea dezordonată de tubuli filamentoși care menține diferitele porțiuni ale citoplasmei și nucleoplasmei împreună în compartimentele respective. Proteinele fibrilare se găsesc în afara celulelor, în special în fibrele de colagen și elastină ale țesutului conjunctiv precum și în peretele vaselor sanguine, în tendoane, ligamente, etc.

*Proteinele funcționale* sunt un tip complet diferit de proteine și sunt alcătuite de obicei din combinații de câteva molecule care au formă tubulo-globulară. Aceste proteine sunt în special *enzime* celulare și, spre deosebire de proteinele fibrilare, sunt deseori mobile în lichidul celular. De asemenea, multe dintre ele aderă la membranele intracelulare. Enzimele vin în contact direct cu alte substanțe aflate în lichidul celular, catalizând reacții chimice intracelulare specifice. De exemplu, reacțiile chimice care descompun glucoza în părțile sale componente și apoi le combină cu oxigenul formând dioxid de carbon și apă, eliberând simultan energie care asigură funcționarea celulară, sunt catalizate de o serie de proteine enzimatic.

**Lipidele.** Lipidele sunt reprezentate de mai multe tipuri de substanțe grupate pe baza proprietății lor comune de a fi liposolubile. Lipidele cu importanță specială sunt *fosfolipidele* și *colesterolul*, care constituie împreună doar 2% din masa totală a celulei. Semnificația acestor două clase de lipide este aceea că fiind insolubile în apă constituie membrana celulară și diferite bariere membranare celulare care separă componentele celulei.



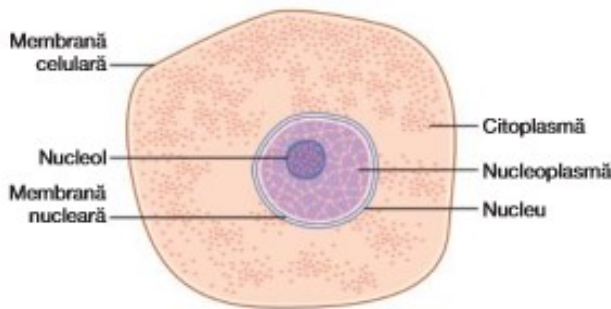


Figura 2-1. Structura Celulei observată la microscopul optic.

Pe lângă fosfolipide și colesterol, unele celule conțin cantități importante de *trigliceride*, numite și *grăsimi neutre*. În interiorul *celulelor adipoase* trigliceridele reprezintă deseori până la 95% din masa celulară. Lipidele stocate în aceste celule constituie depozitul principal de substanțe nutritive eliberatoare de energie al organismului, care pot fi utilizate ulterior pentru a asigura energia necesară oriunde în organism.

**Glucidele.** Glucidele au un rol structural redus la nivelul celulei, cu excepția participării la alcătuirea moleculelor glicoproteice, în schimb au o importanță majoră în nutriția celulei. Majoritatea celulelor organismului uman nu dețin depozite mari de glucide; cantitatea medie uzuală este de aproximativ 1% din masa celulei, fiind mai mare, de aproximativ 3%, în celulele musculare și uneori de 6% în cele hepatice. Totuși, glucidele sub formă de glucoză dizolvată sunt întotdeauna prezente în mediul lichid extracelular, fiind permanent disponibile pentru nevoile celulei. De asemenea, o cantitate redusă de glucide este depozitată în celule sub formă de *glicogen* – un polimer insolubil de glucoză – care poate fi rapid depolimerizat și utilizat pentru a susține nevoile energetice ale celulelor.

## STRUCTURA FIZICĂ A CELULEI

Celula conține structuri fizice cu un grad înalt de organizare numite *organite intracelulare*. Natura fizică a fiecărui organit este la fel de importantă pentru funcționarea celulei ca și componentele chimice celulare. De exemplu, dacă ar lipsi unul din organitele celulare, *mitocondria*, peste 95% din eliberarea celulară de energie din substanțele nutritive ar înceta imediat. Cele mai importante organite celulare și alte structuri ale celulei sunt prezentate în **Figura 2-2**.

## STRUCTURILE MEMBRANOASE ALE CELULEI

Majoritatea organitelor celulare sunt acoperite de membrane alcătuite în principal din lipide și proteine. Aceste membrane includ *membrana celulară*, *membrana nucleară*, *membrana reticulului endoplasmic* și *membranele mitocondriei*, *lizozomilor* și *aparaturii Golgi*.

Lipidele membranare reprezintă o barieră care împiedică transferul apei și al substanțelor hidrosolubile de la un compartiment celular la altul, deoarece apa nu este solubilă

în lipide. Cu toate acestea, există proteine membranare care traversează complet membrana și realizează astfel căi specializate, organizate sub formă de *pори*, pentru transportul prin membrană al unor substanțe specifice. De asemenea, multe din proteinele membranare sunt *enzime* care catalizează un mare număr de reacții chimice, fiind discutate în acest capitol și în cele care urmează.

## Membrana celulară

Membrana celulară (numită și *membrană plasmatică*) delimitează celula, fiind o structură subțire, flexibilă și elastică, cu grosimea de numai 7,5-10 nanometri. Este alcătuită aproape în totalitate din proteine și lipide. Compoziția aproximativă este următoarea: proteine 55%; fosfolipide 25%; colesterol 13%; alte lipide 4%; și glucide 3%.

**Bariera lipidică membranară a celulei împiedică pătrunderea substanțelor hidrosolubile în celulă.** În **Figura 2-3** este prezentată structura membranei celulare. Aceasta este reprezentată de un *bistrat lipidic* care este o peliculă subțire, alcătuită din două straturi de lipide – fiecare strat având grosimea unei singure molecule – cu distribuție continuă pe toată suprafața celulară. În această peliculă lipidică sunt înglobate proteine globulare mari.

Dublul strat lipidic de bază este compus din trei tipuri principale de lipide: *fosfolipide*, *sfiniolipide* și *colesterol*. Fosfolipidele sunt lipidele cel mai bine reprezentate la nivel membranar. Unul din capetele fiecărei molecule fosfolipidice este solubil în apă; din acest motiv este *hidrofil*. Celălalt capăt este solubil doar în lipide; acesta este capătul *hidrofob*. Capătul fosfat al fosfolipidelor este hidrofil, iar cel care conține acidul gras este hidrofob.

Deoarece porțiunile hidrofobe ale moleculelor fosfolipidice sunt respinse de apă dar se atrag reciproc, vor avea tendința naturală de a se lega între ele în mijlocul membranei așa cum se observă în **Figura 2-3**. Prin urmare, porțiunile fosfat hidrofobe vor alcătui cele două suprafețe ale membranei celulare, care vin în contact atât cu mediul apos *intracelular*, în cazul stratului intern al membranei, cât și cu mediul apos *extracelular*, în cazul stratului extern al acesteia.

Stratul lipidic din zona mijlocie a membranei este impermeabil pentru substanțele hidrosolubile uzuale cum ar fi ionii, glucoza și ureea. Dimpotrivă, substanțele liposolubile, de exemplu oxigenul, dioxidul de carbon și alcoolul, pot traversa cu ușurință această porțiune a membranei.

Sfiniolipidele derivate din amino-alcoolul *sfiniozină* conțin de asemenea grupări hidrofobe și hidrofobe, fiind prezente în cantitate mică în membranele celulare, în special ale celulelor nervoase. Se consideră că sfiniolipidele complexe din membranele celulare îndeplinesc câteva funcții, inclusiv protecția față de factorii agresivi din mediu, transmiterea impulsului nervos, și ca situsuri de adeziune pentru proteinele extracelulare.

Moleculele de colesterol din membrană sunt de asemenea lipide deoarece nucleul steroidian pe care îl conțin este înalt liposolubil. Dintr-un anumit punct de vedere, aceste molecule sunt dizolvate în dublul strat lipidic membranar. Rolul lor



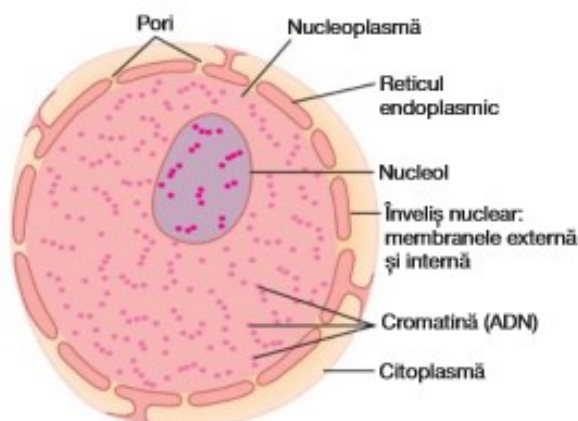


Figura 2-9. Structura nucleului.

cu spațiul din interiorul reticulului endoplasmic, așa cum este prezentat în Figura 2-9.

Membrana nucleară este străbătută de câteva mii de *pori nucleari*. La extremitatea acestor pori sunt atașate complexe mari de molecule proteice, astfel încât diametrul zonei centrale a fiecărui por este de numai 9 nanometri. Această dimensiune redusă este însă suficientă pentru a permite trecerea cu ușurință a moleculelor cu greutate moleculară de până la 44.000 daltoni.

**Nucleoli și formarea ribozomilor.** Nucleii majorității celulelor conțin una sau mai multe structuri care se colorează intens, numite *nucleoli*. Nucleolul, spre deosebire de majoritatea celorlalte organite discutate anterior, nu este delimitat de o membrană. În schimb, el este o simplă acumulare de ARN și proteine de tipul celor întâlnite în ribozomi. Nucleolul se mărește foarte mult atunci când celula sintetizează activ proteine.

Formarea nucleolilor (și cea a ribozomilor în citoplasmă, deci în afara nucleului) începe în nucleu. Inițial, ADN-ul din gene specifice din cromozomi determină sinteza de ARN, o parte din acesta fiind depozitat în nucleoli, dar cea mai mare parte este transportat în afara nucleului prin porii nucleari în citoplasmă. Aici este utilizat în asociere cu proteine specifice și conduce la formarea ribozomilor "maturi" care joacă un rol esențial în formarea proteinelor citoplasmice, așa cum se va discuta mai pe larg în Capitolul 3.

### COMPARAREA CELULEI ANIMALE CU FORMELE DE VIAȚĂ PRECELULARE

Celula reprezintă un organism complicat care a necesitat sute de milioane de ani pentru a se dezvolta, după apariția pe pământ a formelor de viață primitive care semănau cu *virusul* din zilele noastre. Figura 2-10 prezintă mărimea relativă (1) a celui mai mic virus cunoscut, (2) a unui virus mare, (3) a unei *Rickettsii*, (4) a unei bacterii și (5) a unei celule nucleate, demonstrând că celula are diametrul de 1000 de ori mai mare decât al celui mai mic virus și volumul de un miliard de ori mai mare decât al aceluiași organism. În

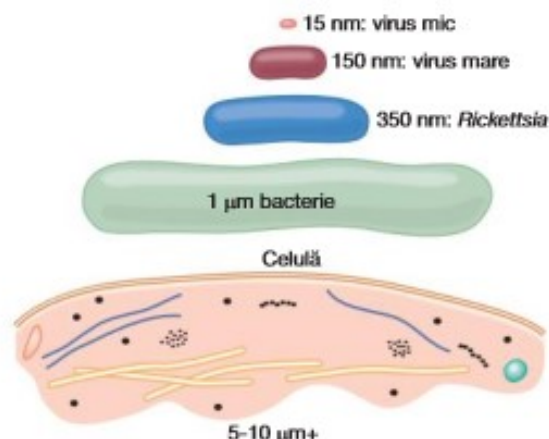


Figura 2-10. Comparatie între dimensiunea microorganismelor precelulare și cea a unei celule din organismul uman.

mod corespunzător, funcțiile și organizarea anatomică a celulei sunt cu mult mai complexe decât cele ale unui virus.

Componenta esențială care conferă viabilitate unui virus este *acidul nucleic* conținut într-un înveliș proteic. Acest acid nucleic este alcătuit din aceiași constituenți elementari care compun ADN-ul și ARN-ul din celulele mamiferelor, fiind capabil de autoreproducere în condiții adecvate. Astfel, virusul își menține filiația din generație în generație, fiind din acest punct de vedere o structură viabilă ca și celula sau organismul uman.

Pe măsură ce viața a evoluat, alături de acidul nucleic și proteinele simple s-au adăugat alte substanțe chimice care au devenit parte integrantă a microorganismului și au început să se dezvolte funcții specializate în diferite regiuni ale virusului. În jurul virusului s-a format o membrană, iar în interiorul acesteia a apărut o matrice fluidă. După aceea, în acest fluid s-au dezvoltat substanțe chimice specializate, cu funcții diferite; au apărut multe enzime capabile să catalizeze reacțiile chimice, determinând astfel activitățile microorganismului.

Într-un stadiu de viață mai avansat, corespunzător rickettsiilor și bacteriilor, în interiorul organismului acestora s-au dezvoltat *organitele* celulare - structuri fizice alcătuite din agregate chimice care îndeplinesc anumite funcții într-un mod mai eficient decât prin substanțe chimice dispersate în matricea fluidă.

În final, în celulele nucleate s-au dezvoltat organite și mai complexe, dintre care cel mai important este *nucleul*. Prezența nucleului diferențiază acest tip de celule de formele de viață inferioare; nucleul reprezintă centrul de control al tuturor activităților celulare și asigură reproducerea repetată a unor noi generații de celule, fiecare din ele păstrând aproape aceeași structură ca și celula progenitoare.

### SISTEMELE FUNCȚIONALE ALE CELULEI

În continuarea acestui capitol se vor discuta câteva sisteme funcționale reprezentative pentru celulă care fac din aceasta un organism viu.



## ENDOCITOZA - INGESTIA REALIZATĂ DE CELULĂ

Condiția necesară pentru ca celula să trăiască, să crească și să se reproducă este obținerea de elemente nutritive și alte substanțe din lichidele înconjurătoare. Majoritatea substanțelor traversează membrana celulară prin *difuziune* și *transport activ*.

Difuziunea constă în simpla deplasare prin membrană, produsă de mișcarea aleatorie a moleculelor de substanță; acestea pătrund fie prin porii membranei celulare fie, în cazul moleculelor liposolubile, prin matricea lipidică a membranei.

Transportul activ presupune pasajul substanței prin membrană cu ajutorul unei proteine care traversează integral membrana. Aceste mecanisme de transport activ sunt atât de importante pentru funcționarea celulei încât vor fi prezentate detaliat în Capitolul 4.

Particulele de dimensiuni foarte mari pătrund în celulă ca urmare a unei funcții specializate a membranei celulare numită *endocitoză*. Principalele forme de endocitoză sunt *pinocitoza* și *fagocitoza*. Pinocitoza înseamnă ingestia particulelor mici, cu formarea de vezicule alcătuite din lichid extracelular și constituenți structurali din citoplasma celulei. Fagocitoza înseamnă ingestia unor particule mari cum ar fi bacteriile, celulele întregi sau fragmente de țesut degradat.

**Pinocitoza.** Pinocitoza are loc continuu la nivelul membranei majorității celulelor, dar se produce foarte rapid doar în anumite celule. Un astfel de exemplu sunt macrofagele, la care aproximativ 3% din membrană este ingerată sub formă de vezicule în fiecare minut. Deși are loc acest fenomen, veziculele de pinocitoză sunt atât de mici – de obicei cu diametru de numai 100-200 nanometri – încât cele mai multe dintre ele pot fi vizualizate doar în microscopie electronică.

Pinocitoza este singura modalitate prin care majoritatea macromoleculelor de dimensiuni mari, cum sunt cele mai multe proteine, pot pătrunde în celule. De altfel, ritmul cu care se formează veziculele de pinocitoză este crescut atunci când aceste macromolecule se atașează de membrana celulară.

În **Figura 2-11** este prezentată succesiunea etapelor procesului de pinocitoză în care sunt prezentate trei molecule proteice atașate de membrană. De obicei, acestea se leagă de structuri proteice specializate numite *receptori* aflați pe suprafața membranei și care sunt specifici tipului de proteină ce urmează să fie absorbită. În general, receptorii sunt concentrați în mici depresiuni ale suprafeței externe a membranei celulare numite *excavații tapetate*. Pe fața internă a membranei celulare, exact în dreptul acestor excavații, se află o rețea de proteine fibrilare numită *clatrină* precum și alte proteine, care includ probabil și filamente contractile de *actină* și *miozină*. Odată cu legarea moleculelor proteice de receptori, proprietățile suprafeței membranei locale se modifică astfel încât întreaga excavație se invaginează spre interior, iar proteinele fibrilare care o înconjoară

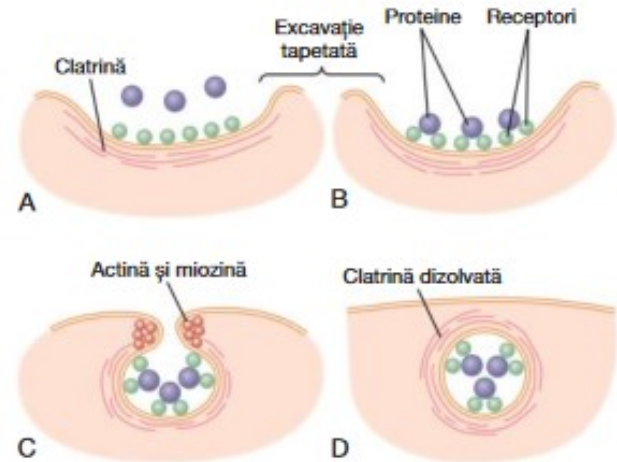


Figura 2-11. Mecanismul pinocitozei.

determină închiderea marginilor excavației, cuprinzând atât proteinele atașate cât și o cantitate mică de lichid extracelular. Imediat după aceea porțiunea invaginată a membranei se desprinde de suprafața celulei formând o *veziculă de pinocitoză* în interiorul citoplasmei celulare.

Cauza care determină modificările de formă ale membranei conducând la formarea acestor vezicule este neclară. Acest proces necesită energie provenită din interiorul celulei care este asigurată de ATP, o substanță care înmagazinează o cantitate mare de energie despre care se va discuta mai departe. Procesul mai are nevoie de prezența ionilor de calciu în lichidul extracelular care reacționează probabil cu filamentele proteice contractile aflate sub depresiuni, asigurând astfel forța necesară pentru desprinderea veziculelor de membrana celulară.

**Fagocitoza.** Fagocitoza are loc într-o manieră similară pinocitozei, cu excepția faptului că implică mai des particule de dimensiuni mari și nu molecule. Doar unele celule au capacitatea de a fagocita, cele mai reprezentative fiind macrofagele tisulare și unele leucocite.

Fagocitoza este inițiată atunci când o particulă – de exemplu o bacterie, o celulă moartă sau reziduuri tisulare – se leagă de receptorii de pe suprafața fagocitelor. În cazul bacteriilor, fiecare tip de bacterie este deja atașată de un anticorp specific, anticorpul fiind cel care se leagă de receptorul fagocitului transportând bacteria împreună cu el. Acest proces de intermediere prin anticorpi se numește *opsonizare* și va fi discutat în Capitolele 34 și 35.

Fagocitoza se produce parcurgând următoarele etape:

1. Receptorii de pe membrana celulară se atașează de ligandii de suprafață ai particulei.
2. Marginile membranei din jurul punctelor de atașare se proiectează către exterior într-o fracțiune de secundă, înconjurând întreaga particulă; după aceea, în mod progresiv din ce în ce mai mulți receptori membranari se atașează de ligandii particulei. Tot acest proces se derulează rapid, într-o manieră asemănătoare