

L. I. OSTAPCENKO, P. Gh. BALAN,  
T. A. KOMPANEȚ, S. R. RUȘKOVSKI

# BIOLOGIE ȘI ECOLOGIE

(nivel standard)

Manual pentru clasa a 10-a de la instituțiile  
de învățământ mediu general

*Recomandat de Ministerul Învățământului  
și Științei al Ucrainei*



Cernăuți  
„Bukrek”  
2018

УДК 57(075.3)

О-76

Перекладено за виданням:

Біологія і екологія (рівень стандарту):

підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти / Л.І. Остапченко, П.Г. Балан, Т.А. Компанець, С.Р. Рушковський. – Київ : Генеза, 2018. – 192 с. : іл.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(наказ Міністерства освіти і науки України від 31.05.2018 №551)*

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

### **Остапченко Л.І.**

О-76 Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти з навч. рум./молд.. мовами / Л.І. Остапченко, П.Г. Балан, Т.А. Компанець, С.Р. Рушковський ; пер. з укр. – Чернівці : Букрек, 2018. – 192 с. : іл.

ISBN 978-617-7663-38-5

**УДК 57(075.3)**

ISBN 978-966-11-0943-7 (укр.)

ISBN 978-617-7663-38-5 (рум./молд.)

© Остапченко Л.І., Балан П.Г.,  
Компанець Т.А., Рушковський С.Р., 2018


© ТОВ Видавництво „Ранок”, оригінал-  
макет, 2018

© Видавничий дім „Букрек”, переклад, 2018

## DRAGI ELEVI ȘI ELEVE DIN CLASA A ZECEA!

Anul acesta veți continua să însușiți știința – biologia, numită cu adevărat știința secolului al XXI-lea. În decursul anilor precedenți de învățământ ați descoperit pentru sine lumea minunată a diverselor organisme – procariote (bacterii și arhee) și eucariote (plante, ciuperci, animale). De asemenea, ați luat cunoștință de structura și procesele de activitate vitală a omului ca ființă biosocială. Anul trecut ați aflat despre o particularitate atât de importantă a materiei vii – capacitatea de dezvoltare istorică – evoluția. Anume în procesul evoluției au fost formate diferite nivele ale organismelor materiei vii: de la nivelul molecular la biosferă.

În decursul acestuia și următorului an de învățământ veți avea posibilitate să consolidați cunoștințele căpătate anterior și să le completați. Informația, pe care ați acumulat-o în decursul anilor precedenți și de care trebuie să vă amintiți pentru a vă lărgi cunoștin-

țele în chestiunea dată, este însemnată astfel .

Tezele principale, care urmează să fie însușite la fiecare lecție, sunt evidențiate la rubrica **Memorizăm**.

În centrul atenției muncii noastre comune se află sănătatea omului și bazele menținerii ei. Veți afla despre particularitățile schimbului de substanțe și mecanismele de reglare a lui, legitatea eredității și variabilității omului, biologia dezvoltării individuale. De asemenea, veți lua cunoștință detaliat de diversitatea sistemelor biologice de diferite nivele. O atenție deosebită va fi acordată formelor de viață acelulare – virusurilor, viroizilor și prionilor ca agenți ai bolilor periculoase pentru om, animale și plante.

O componentă importantă a cursului de biologie și ecologie sunt lucrările de laborator și practice. Ele vă vor ajuta să însușiți de sine stătător sistemul de cunoștințe, să vă formați deprinderi speciale și practice. Pentru generalizarea și sistematizarea cunoștințelor veți folosi tabele, diagrame, scheme.

Proiectele de învățământ vor contribui la formarea deprinderilor de muncă de sine stătătoare, de căutare a informației necesare în sursele literare suplimentare.

În afară de materialul de bază, manualul conține și materiale suplimentare, separate într-un fel anumit în text. Sunt date interesante și folositoare din diferite ramuri ale biologiei și ecologiei.

Manualul este important, dar nu și principala sursă de cunoștințe. Însușiți în mod activ ceea ce vă propune la lecții profesorul sau profesoara de biologie, folosiți în mod creator resursele Internetului, diversă literatură suplimentară. Acolo veți găsi teste tematice pentru autoverificarea cunoștințelor, exemple de rezolvare a problemelor la genetică și alte materiale suplimentare interesante.

Colectivul de autori speră: cunoștințele pe care le veți obține nu numai că vă vor lărgi imaginația despre organizarea complicată și captivantă a diversității sistemelor biologice, dar vă vor oferi posibilitatea să le aplicați în activitatea practică.

Deci, vă dorim succese în cunoașterea lumii complicate și interesante a naturii vii!

*Autori*



# INTRODUCERE

*La Introducere va veți generaliza cunoștințele despre:*

- legătura biologiei și ecologiei cu alte discipline;
- ramurile principale de aplicare a rezultatelor cercetărilor biologice;
- sistemele biologice, diversitatea și legăturile reciproce între ele;
- particularitățile fundamentale ale materiei vii;
- strategia dezvoltării echilibrate a naturii și societății.

## § 1. BIOLOGIA ȘI ECOLOGIA – ȘTIINȚE NATURALE COMPLEXE. LEGĂTURILE LOR CU ALTE DISCIPLINE

**Amintiți-vă** de savanții eminenti în domeniul biologiei. Ce științe biologice cunoașteți?

**Știința este sfera de activitate a omului pentru obținerea și sistematizarea cunoștințelor obiective despre lumea înconjurătoare.** Datele obținute sunt generalizate în formă de ipoteze, teorii, reguli, legi etc.

**Legăturile interdisciplinare ale biologiei și ecologiei.** Biologia este una dintre cele mai vechi științe naturale, care își are începutul de la lucrările savanților din antichitate. Primii care au folosit termenul „biologia” au fost: savanții germani Teodor Rus (1797), profesorul de anatomie și fiziologie Karl Friedrich Burdach (1800), iar apoi – cunoscutul savant francez Jahn Batist Lamarck și naturalistul german Goffried Reinhold Treviranus (1802).

**Biologia studiază și generalizează legitățile caracteristice sistemelor biologice cu diferite nivele de organizare; sarcina ei constă în cunoașterea esenței vieții.**

**Sarcină:** folosind cunoștințele primite în decursul anilor precedenți la lecțiile de biologie, precum și sursele literare și din Internet, creați schema „Structura științelor biologice”.

Marele realizări ale biologiei sunt rezultatul dezvoltării atât a științelor biologice, cât și a legăturilor lor strânse cu altele, în deosebi cu științele naturale și tehnice. De exemplu, datorită interacțiunii biologiei cu chimia a apărut *biochimia* (reacțiile chimice sunt baza tuturor celor mai importante procese fiziologice ale organismelor, legate de schimbul de substanțe și energie). Procesele fizice ale activității vitale ale organismelor sunt cercetate de *biofizică*.

A szervezettek törvényszerűségeit a *biogeográfia* vizsgálja (biológia és a földrajz) kaLegitatea răspândirii organismelor pe planeta noastră este studiată de biogeografie (a apărut în rezultatul interacțiunii biologiei și geografiei). În prezent este imposibil să-ți imaginezi o știință biologică fără interacțiunea ei cu matematica: de exemplu, aplicarea metodelor matematice la prelucrarea materialului adunat. Modelele matematice oferă posibilitatea nu numai să fie studiatefenomenele, care

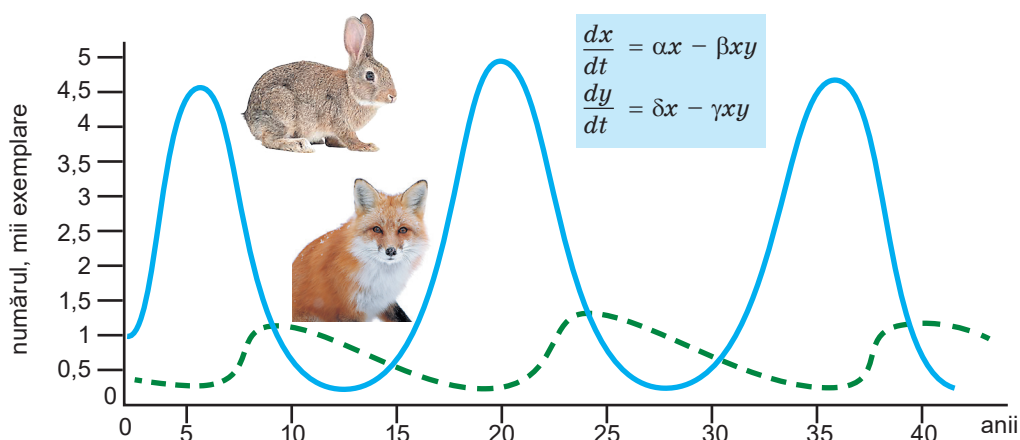


Fig. 1.1. Oscilarea numărului populației animalului de pradă (vulpiei) și a prăzii sale (iepurelui), care interacționează între ei

sunt imposibil să fie observate, dar și pronosticate urmările acelor procese, care pot avea loc în viitor (fig. 1.1).

E interesant să știi




Să examinăm un exemplu de model matematic simplu. Pe desenul 1.1 sunt redată oscilațiile periodice ale numărului populației animalului de pradă (vulpiei) și a prăzii sale (iepurelui). Studiind schimbările populației ambelor specii, se poate observa că odată cu creșterea numărului populației prăzii crește numărul populației animalului de pradă, după ce se reduce numărul populației prăzii, se reduce și numărul populației animalului de pradă. Acest exemplu demonstrează că, datorită interacțiunii populației animalului de pradă și prăzii este reglat numărul fiecăruia dintre ele. În anii 20 ai secolului trecut doi savanți-matematicieni – englezul Alfred James Lotka (1880–1949) și italianul Vito Volterra (1860–1940) – independent unul de altul au descris acest fenomen sub formă de sistem a două ecuații diferențiate (unde  $x$  – numărul prăzilor,  $y$  – numărul animalelor de pradă,  $t$  – timpul,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  – anumiți coeficienți, care reflectă particularitățile interacțiunii între specii).

O altă știință, *biologia cosmică*, studiază particularitățile funcționării ființelor vii în condițiile aparatelor cosmice; *bionica* cercetează particularitățile construcției și activității vitale a organismelor vii pentru crearea diferitor sisteme și utilaje tehnice; *radiobiologia* este știința despre influența diferitor tipuri de radiații ionizante și neionizante asupra sistemelor vii de diferite nivele; *criobiologia* studiază influența asupra materiei vii a temperaturilor joase.

Cercetările biologiei sunt folosite și de științele social-umanitare. Astfel, *biosociologia* sau *sociobiologia* prezintă un sistem de opinii asupra dezvoltării și funcționării societății umane, care se bazează pe legile evoluției lumii organice. *Filosofia biologiei* oglindește problemele filosofice ale biologiei contemporane.

Datele științelor biologice despre om (anatomia, fiziologia, genetica omului etc.) servesc drept bază teoretică pentru *medicină* (știința despre sănătatea omului și păstrarea ei). În rezultatul interacțiunilor acestor științe a apărut **biologia medicală**.

 **Biologia medicală este știința despre procesele și mecanismele, care au loc în organismul omului, în deosebi la nivelele molecular, celular, histologic și organic.** De asemenea, un obiect de studiere de către această știință este dezvoltarea individuală a omului, procesele evoluției și cele adaptive în populațiile

oamenilor, acomodarea la condițiile mediului, apariția dereglărilor sub influența factorilor mutageni ai mediului ambiant, agenților bolilor parazitare etc. Biologia medicală elaborează metodele de diagnosticare și profilaxie a bolilor omului, rezolvă multe alte probleme teoretice și practice de menținere și îmbunătățire a sănătății.

*Antropologia* este știința care se preocupă de studierea apariției și evoluției omului ca specie biosocială deosebită, raselor de oameni etc.


Interesant să știi



Interacțiunea diferitor științe asigură diversitatea metodelor de cercetare, oferă posibilitatea să fie examinate diferite probleme sub un nou punct de vedere, să fie efectuate noi descoperiri. De exemplu, descoperirea structurii spațiale ale moleculelor de ADN este rezultatul interacțiunii biologiei moleculare, biochimiei și fizicii. În deosebi, în cercetările sale Maurice Wilkins și cercetătoarea engleză Rosalinda Franklin (fig. 1.2.) pentru prima dată au aplicat metodele radiografiei (cercetarea structurii interne a obiectelor pe calea trecerii prin ele a razelor Roentgen).



Fig. 1.2. **Rosalinda Franklin** (1920–1958)

 Este imposibil să-ți imaginezi toate domeniile vieții contemporane fără cunoașterea bazelor ecologiei.

**Ecologia este știința despre legăturile reciproce între organismele vii și grupările lor între ele și mediul înconjurător.** Ea a apărut ca știință biologică cu 150 de ani în urmă. Datorită interacțiunii ecologiei cu științele tehnice și social-umanitare conținutul ei s-a extins foarte mult. Astfel, *ecologia socială (socioecologia)* studiază problemele interacțiunii societății umane și mediului înconjurător; *tehnoecologia* studiază influența factorilor tehnogeni asupra mediului, *radioecologia* studiază influența radiației ionizante asupra organismelor vii și grupărilor lor; *agroecologia*, sau *ecologia agricolă*, studiază influența diferitor factori asupra agrocenozei; *ecologia de landsaft* studiază diversitatea în spațiu, structura și funcționarea diferitor landsafturi etc.



Fig. 1.3. 1. **Eugene Odum** (1913–2002) – renumit ecolog și zoolog american

De cele mai multe ori ecologia interacționează cu alte științe biologice. Renumitul ecolog și zoolog american, E. Odum (fig. 1.3) în anul 1953 a propus modelul legăturilor științelor biologice în formă de „prăjitură în straturi”, în care ecologiei îi revine rolul unui astfel de „strat” între disciplinele fundamentale.

În opinia noastră, ecologia este acea axă care unește diferite științe biologice și asigură interacțiunea dintre ele.

**Însemnătatea biologiei și ecologiei în viața omului.** La aplicarea rezultatelor cercetărilor biologice în activitatea practică a omului ne vom referi nu o dată în decursul acestui și următorului an de învățământ. În schema de generalizare (fig. 1.4) sunt evidențiate principalele probleme actuale, care urmează să fie rezolvate de științele biologice și ecologice. Posibil, ca cineva dintre voi să-și consacre viața de creație acestor probleme.



Fig. 1.4. Ramurile principale de aplicare practică a rezultatelor cercetărilor biologice și ecologice. *Sarcină*: folosindu-vă de propriile cunoștințe din biologie și cu ajutorul profesorului sau profesoarei, completați schema propusă

O direcție cu perspectivă a cercetărilor biologice contemporane este **nano-tehnologiile** (sau **tehnologiile nano-moleculare**). În nano-tehnologiile, aplicate, în deosebi, în biologia moleculară, sunt folosite structurile cristalelor, moleculele și complexele lor, dimensiunile cărora sunt de la 1 până la 100 nanometri<sup>1</sup>

Interesant să știi



Exemple de creare a nanomaterialelor cu asemenea particularități sunt fullerenele și dendrimerii. Fullerenul este forma carbonului, care la început a fost prevăzută teoretic, apoi a fost descoperită în natură. Molecula de fullerene (C<sup>60</sup>) se aseamănă cu o minge de fotbal, creată din pentagoane și hexagoane (fig. 1.5). Fullerenele pot pătrunde în molecula ADN, deformând-o sau chiar „despletind-o”. Dendrimerii sunt polimeri care se aseamănă cu copacul (molecule lungi, formate din elemente omogene care se repetă). Dendrimerii sunt capabili să ducă medicamentele introduse în ei drept în celulă, de exemplu în cele de cancer. Experimentând în prezent cu fullerenele și dendrimerii, în prezent în multe țări sunt căutate medicamente eficiente împotriva SIDA, gripei, cancerului etc.

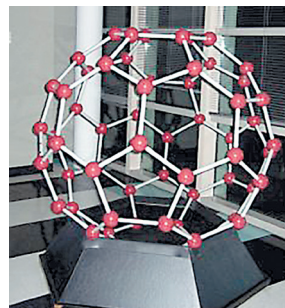


Fig. 1.5. Modelul moleculei de fullerene

<sup>1</sup> Nanometru (prescurtat – nm) este echivalent cu  $1 \cdot 10^{-6}$  mm (adică a milioana parte dintr-un milimetru), sau  $1 \cdot 10^{-9}$  m (adică a miliardul parte dintr-un metru). Pentru comparație: diametrul spiralei duble a moleculei ADN este de circa 2 nm.

## Termeni și noțiuni-cheie

biologia, ecologia, biologia medicală, ecologizarea științei și activitatea practică a omului, nano-tehnologiile.

### Verificați-vă cunoștințele



1. Care științe biologice principale cunoașteți? 2. De ce cercetările biologice contemporane sunt imposibile fără aplicarea metodelor matematice? 3. Care științe cercetează chestiunile menținerii și îmbunătățirii sănătății omului? 4. Cum biologia și ecologia interacționează cu alte științe? 5. Ce însemnătate are ecologizarea științei contemporane și activității practice a omului?

### Chibzuțiți



Care descoperiri ale omenirii au contribuit la dezvoltarea biologiei?

### Sarcini de creație



Pregătiți o comunicare scurtă despre contribuția vestitelor savanți-biologi ucraineni (O. Rjvalevski, I. Șmalgauzen, I. Mecinikov, S. Navalin, O. Fomin, M. Holodnyi, O. Palladin, D. Zabolotnyi, O. Bogomoleț, P. Kostiuk, S. Gherșenzon, O. Markevici). Puteți completa de sine stătător această listă sau cu ajutorul profesorului sau profesoarei. Această informație vă va fi de folos în timpul studierii temelor corespunzătoare în clasele a 10-a și a 11-a.

## § 2. NIVELELE DE ORGANIZARE A SISTEMELOR BIOLOGICE ȘI LEGĂTURA LOR RECIPROCĂ

**Amintiți-vă** de ipotezele despre apariția vieții pe planeta noastră. Ce este populația, ecosistemul, circuitul substanțelor? Care compuși sunt numiți fermenți (enzime)? Care sunt particularitățile lor? Ce este microevoluția, crearea speciilor și macroevoluția?

**Nivelele de organizare a materiei vii și legătura lor reciprocă.** Știți deja că materia vie se poate afla la diferite nivele de organizare, care s-au format treptat în procesul evoluției materiei vii: de la cele mai simple – la cele complicate (fig. 2.1).

**Evoluția este un proces de dezvoltare istorică a naturii vii, în timpul căruia s-a schimbat fondul genetic al populației, s-au format adaptările la mediul de viață, au apărut noi specii și unități sistematice de rang înalt, în schimb au dispărut unele vechi, care s-au dovedit a fi incapabile de a se adapta la schimbările care au avut loc, s-au schimbat atât sisteme ecologice aparte, cât și biosfera în întregime.**

Nu se știe exact cum a apărut viața pe planeta noastră. Potrivit ipotezei abiogene de apariție a vieții (*amintiți-vă* pe ce se baza această ipoteză), primele molecule ale compușilor organici au fost create din cele anorganice. În știința contemporană este cunoscută ipoteza lumii ARN. Pentru prima dată ea a fost propusă de C. Woese, apoi a fost dezvoltată de L. Orgel și V. Gilbert (fig. 2.2).

**Ipoteza lumii ARN** se bazează pe faptul că moleculele ARN sunt capabile nu numai să păstreze informația ereditară, dar și să îndeplinească funcțiile de fermenți. Moleculele ARN cu funcție catalitică, sunt numite **ribozomi**. Ei pot să asigure descompunerea moleculelor proprii sau a altor molecule ARN, participă la crearea relațiilor peptidice în moleculele de proteină. În baza adunării moleculelor ARN, care au apărut la o anumită etapă a dezvoltării planetei noastre, puteau să se formeze asociații de molecule ARN, ADN și proteine. La etapele timpurii ale apariției vieții de Pământ moleculele de ARN puteau să existe autonom datorită capacității lor de a se dubla și capacităților catalitice. Noile mutații puteau să cauzeze apariția noilor molecule ARN, capabile să catalizeze biosinteza anumitor mo-



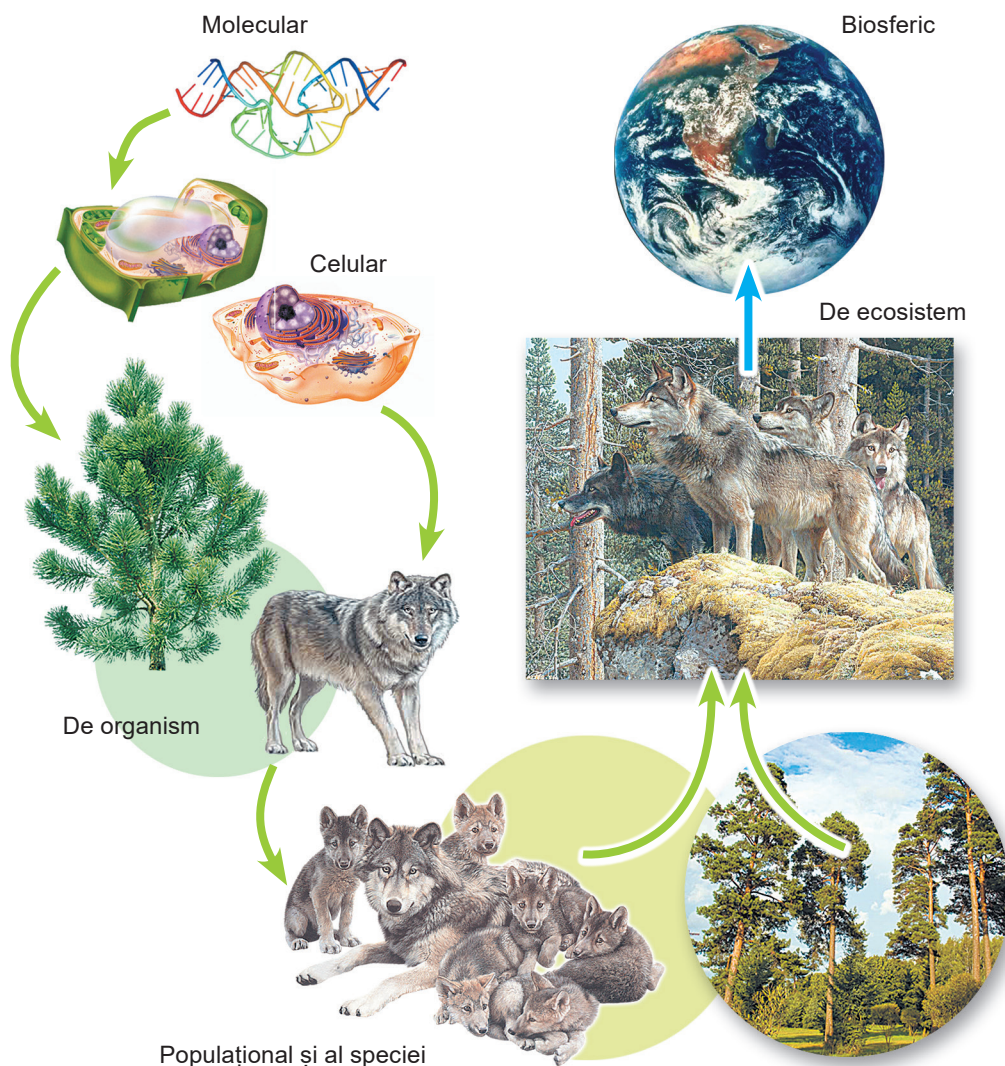


Fig. 2.1. Nivelele de organizare a materiei vii

lecul de proteină. Apariția moleculelor ADN a asigurat îndeplinirea de către ele a funcțiilor de „păstrători” speciali ai informației ereditare. În schimb, moleculele ARN le-a rămas funcțiile de intermediari între ADN și moleculele de proteină, care se sintetizează.

### **Memorizăm**

Lumea ARN este o etapă ipotetică de apariție și dezvoltare a vieții pe planeta noastră, legată de faptul că funcția de păstrare a informației ereditare și cataliza reacțiilor chimice primare au fost efectuate de grupul de molecule ARN.

- Deci, primele sisteme biologice pe planeta noastră puteau fi moleculele ARN, iar apoi și ADN și proteinele. Astfel a apărut nivelul molecular de organizare a materiei vii (vezi fig. 2.1). El este componenta următoarelor nivele mai complicate.

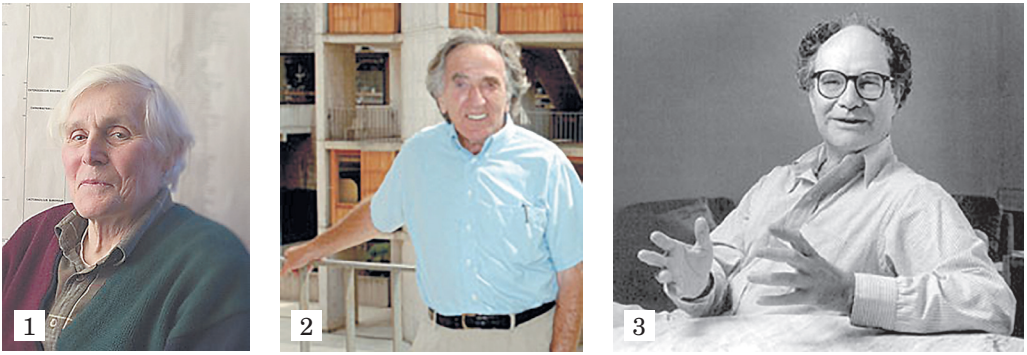


Fig. 2.2. Savanții care au propus și au susținut ipoteza Lumii ARN: 1. Microbiologul american **Carl Richard Woese** (1928–2012); 2. Chimistul britanic **Leslie Eleazer Orgel** (1927–2007); 3. **Wolter Gilbert** (născut în 1932), fizician american, biochimic, biolog în domeniul moleculelor, laureat al Premiului Nobel pentru chimie

Sistemele biologice elementare, care se află la nivel molecular, prezintă formele aceluare de viață: virusurile, viroizii. La nivel molecular au loc procese biochimice și transformarea energiei în sisteme biologice, de asemenea informația ereditară este codată, păstrată, schimbată și realizată.

**Sistemul biologic este un tot întreg, compus din părți aparte ale sistemelor vii, legate reciproc, capabile să interacționeze între ele.**

- Asociațiile primare de molecule ARN, ADN și proteine puteau să se separe cu membrane biologice de mediul extern. Așa puteau să apară celulele primare (trebuie să menționăm că experimental această etapă verosimilă a evoluției vieții pe planeta noastră nici până acum n-a fost demonstrată). Astfel s-a format următorul **nivel celular, mai complicat de organizare a materiei vii** (vezi fig. 2.1). Știți că celula prezintă un sistem biologic complicat, capabil să funcționeze de sine stătător ca un organism integru și integrat (fig. 2.3).

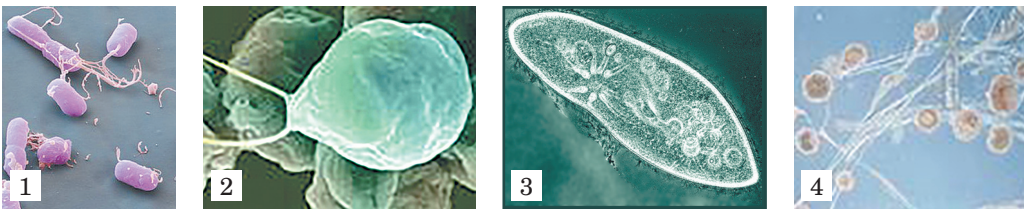


Fig. 2.3. Exemple de organisme unicelulare: 1 – celula bacteriei (*Yersinia pestis*); 2 – alga verde clamidomonada; 3 – organism unicelular eucariotic heterotrof infuzorul parameci; 4 – mucegaiul alb *Mucor* (este o celulă ramificată cu mai multe nuclee)

**Celula este o unitate elementară de construcție, funcționare și de dezvoltare a materiei vii.**

- În procesul evoluției construcția celulei s-a complicat: de la procariote la eucariote. Au apărut organisme multicelulare (unele alge albastre-verzi, majoritatea plantelor, animalelor, ciupercilor). Astfel, s-a format **nivelul de organism al organizării materiei vii** (vezi fig. 2.1). La multe organisme multicelulare în timpul

dezvoltării individuale celulele se specializează după construcție și funcțiile pe care le îndeplinesc (se diferențiază), deseori formând țesuturi. Din țesuturi se formează organe. Diferite organe interacționează între ele în procesul schimbului de substanțe și de transformare a energiei, formând sistemele de organe. Sistemele de reglare perfecte asigură funcționarea organismului multicelular ca sistem biologic integru și integrat. Deoarece în organismele unicelulare nivelul de organizare de organism coincide cu cel celular, construcția celulei lor este mai complicată față de construcția celulelor ce intră în componența țesuturilor animalier sau vegetal (*argumentați de ce*).

Toate organismele țin de anumite specii biologice. Organismele unei specii au particularități comune ale construcției și procesului de activitate vitală, cerinței față de mediul de viață. Ele sunt capabile să lase urmași fecunzi. Indivizii unei specii se asociază în grupe – **populații**, care ocupă o anumită parte a teritoriului de extindere a speciei date – **arealul** ei (fig. 2.4).

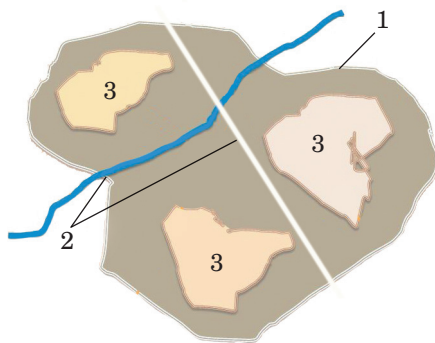


Fig. 2.4. Structura de populație a speciei: specia este formată din mai multe grupări de indivizi mai mari sau mai mici – populații: 1 – arealul; 2 – barierele care asigură izolarea parțială; 3 – populațiile

**Populațiile nu sunt numai unități de structură și funcționale ale speciei, dar și unități elementare ale evoluției. Evoluționează nu indivizi aparte sau specii întregi, ci populațiile lor.**

- Populațiile diferitor specii, care populează planeta noastră, creează **nivelul populațional și al speciei de organizare a materiei vii** (vezi fig. 2.1). Particularitatea lui constă în schimbul liber de informație ereditară între diferiți reprezentanți ai anumitor specii și transmiterea ei urmașilor. Izolarea anumitor populații creează premise pentru apariția noilor specii.

### Memorizăm

Specia este compusă din totalitatea populațiilor (foarte rar când o specie este reprezentată de o singură populație; asemenea specii, de obicei, sunt vulnerabile și se află în pericolul dispariției).

Populațiile diferitor specii, care populează teritoriul comun, interacționează între ele și cu factorii naturii nevie și intră în componența sistemelor ecologice supraspecii – **ecosisteme**.

**Ecosistemele, care ocupă un teritoriu cu condiții omogene de existență, sunt numite biocenoze.** Acestea sunt sisteme biologice durabile, capabile la autogenerare, baza lor o formează grupuri de plante de un anumit tip – **fitocenoze** (de exemplu, stepa cu stipă, pădurea de stejari și carpeni, mlaștinile cu mușchi).

- Ecosistemele creează **nivelul de ecosistem al organizării materiei vii** (vezi fig. 2.1). Pentru el sunt caracteristice fluxurile de energie între populațiile diferitor specii, precum și schimbul permanent de substanțe între părțile vie și nevie a biocenozelor, adică circuitul substanțelor. Fluxurile de energie și **circuitul substanțelor** unesc diferite componente ale biocenozelor (ecosistemelor) într-un

sistem biologic supraspecie integră și care se autoreglează. Totalitatea ecosistemelor de pe planeta noastră formează **biosfera** – o parte a învelișului Pământului, populată de organisme (vezi fig. 2.1).

• **Nivelul biosferic de organizare a materiei vii** se caracterizează prin schimbul de substanțe și fluxuri de energii globale, care asigură funcționarea biosferei ca sistem ecologic global pe planeta noastră.

Diferite nivele de organizare a materiei vii nu pot exista separat unul de altul, ci sunt strâns legate între ele: nivelele inferioare ale organizării materiei vii sunt componentele celor superioare, care fără acestea nu pot funcționa.

### Termeni și nuanțe-cheie

nivelele de organizare a materiei vii, ribozomii.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Prin ce se explică diversitatea nivelelor de organizare a materiei vii? 2. În ce constă legătura între diferite nivele de organizare a materiei vii? 3. Dați exemple de sisteme biologice, care se află în diferite nivele de organizare: de la molecular la biosferic. 4. Ce este comun și diferit între anumite ecosisteme și biosferă, ca ecosistem global al planetei noastre?

#### Chibzuți



Se știe că în decursul dezvoltării istorice a vieții pe planeta noastră numărul speciilor treptat s-a mărit. S-a produs aceasta în timp ce un număr însemnat de specii au dispărut. Prin ce se explică această tendință?

## § 3. PARTICULARITĂȚILE FUNDAMENTALE ALE NATURII VII

**Amintiți-vă** ce este microevoluția, crearea speciilor și macroevoluția. Ce înseamnă adaptarea? Care este însemnătatea ei în evoluția organismelor? Ce înseamnă homeostaza?

În pofida dezvoltării vertiginuoase a științelor biologice, aplicarea metodelor ingineriei genetice și celulare, microscopiei electronice și a tehnicii de calcul complicate, esența vieții și până acum rămâne o enigmă. Biologia cercetează diferite apariții ale vieții în decursul mai multor secole, dar și la etapa actuală a dezvoltării ei este greu să se facă o definiție clară și concisă a acestei noțiuni. Știința contemporană este încă departe de răspunsul la întrebarea, cum a apărut viața pe planeta noastră. De aceea, vom enumera principalele particularități ale materiei vii, accentuând că funcționarea sistemelor biologice se bazează pe aceleași legi fizice, caracteristice și naturii neviei.

E interesant să știți



Un grup de savanți americani sub conducerea lui Craig Venter (primul care a descoperit genomul omului) în anul 2010 a creat prima celulă vie artificială. Echipa lui Venter nu a creat „viața” din nimic. Celula a fost formată în baza ADN artificial și a cromozomului creat artificial, adică în timpul experimentului a fost sintetizat artificial genomul. Munca privind creșterea celulei artificiale a dat posibilitate să fie studiată mai bine funcționarea celulei vii.

**Capacitatea de a evoluționa.** Toată diversitatea sistemelor biologice la diferite nivele de organizare a materiei vii – **diversitatea biologică** – s-a format în procesul îndelungat (în decurs de miliarde de ani) al evoluției materiei vii. De obicei, transformările evoluționiste sunt legate de complicitatea organizării sistemelor biologice și numai în unele cazuri – de cele simple (cum ar fi, de exemplu, în organismele care trec la modul de viață parazitar sau cel atașat).

**Capacitatea de adaptare.** Procesul de evoluție a sistemelor biologice este legat de formarea la ele a capacității de adaptare la condițiile de existență.

**Adaptarea înseamnă apariția adaptărilor ca răspuns la schimbările care au loc în mediul extern sau intern al organismului** (fig. 3.1).



Fig. 3.1. Exemple de adaptări de protecție la animale. *Sarcină*: apreciați însemnătatea adaptărilor redată în imagine pentru supraviețuirea speciei

### Memorizăm

Capacitatea condiționată generic a sistemelor biologice de a se adapta la noile condiții de existență este numită **potențial adaptiv**. Cu cât mai bine este exprimată capacitatea organismelor de a forma noi adaptări, cu atât mai multe șanse au ele la supraviețuire în condițiile de trai.

Adaptările apar la toate nivelele de organizare a materiei vii: de la cel molecular la cel de supraorganism. Astfel, studiind virusurile – sisteme biologice aflate la nivelul molecular de organizare, veți afla despre anumite adaptări ale părților virale în celula organismului-gazdă. Căderea frunzelor toamna este un exemplu de adaptare a sistemelor biologice supraspecii – ecosistemele pădurilor de foioase – la supraviețuirea în perioada nefavorabilă de iarnă.

**Coraportul elementelor chimice organogene.** Sistemele biologice de diferite nivele de organizare au o **componentă chimică asemănătoare**. În primul rând, aceasta se referă la coraportul elementelor chimice, care sunt numite **organogene** (*amintiți-vă* de ce). Acestea sunt Hidrogenul, Carbonul, Nitrogenul și Oxigenul. În afară de aceasta, pentru sistemele biologice de diferite nivele de organizare sunt caracteristici biopolimerii (polizaharide, proteine, acizi nucleici etc.).

**Structura celulară a organismelor.** Sistemele biologice, care se află la nivelul de organism al organizării materiei vii, se compun din **unități de structură și funcționale** aparte – **celule**. Formele de viață acelulare – virusurile, virozii – sunt capabile la activitate vitală numai în interiorul celulelor acelor organisme, în care ele parazitează.

**Schimbul de substanțe și energie.** Sistemele biologice sunt deschise, adică permanent fac schimb de substanțe și energie cu mediul înconjurător (fig. 3.2). Deci, ele pot un timp îndelungat să funcționeze numai cu condițiile primirii din afară a ener-

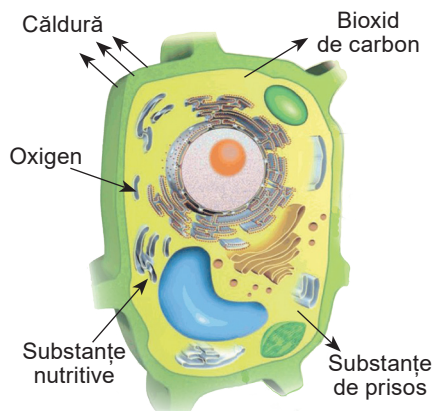


Fig. 3.2. Celula – laborator biochimic universal, în care permanent au loc multe procese chimice și fizice

giei și substanțelor nutritive. Procesul schimbului de substanțe (metabolismul) prezintă totalitatea proceselor fizice și chimice care au loc atât în unele celule aparte, cât și în întregul organism multicelular.

**Capacitatea sistemelor biologice la autoreglare.** Schimbul de substanțe și transformarea energiei asigură *susținerea hemostazei* – capacitatea sistemelor biologice de a-și păstra relativ componența stabilă și particularitățile în condițiile mediului înconjurător. La nivel de organisme acestea sunt asigurate de *sisteme regulatorii* deosebite (la animale – nervos, endocrin și imunitar, la plante și ciuperci – diverse substanțe biologice active: vitamine, fitohormoni, fitocide, antibiotice).

**Capacitatea de a-și menține structura specifică.** Toate sistemele biologice – de la formele aceluare de viață până la biosferă – au o organizare internă strictă. De aceea, există mecanisme specifice, orientate la susținerea lor. De exemplu, moleculele ADN sunt capabile de a se *repara* – de a reînnoi structura lor specifică după afectare. După defecte neînsemnate își pot reînnoi membranele celulare. Cu ajutorul *regenerării* animalele și plantele multicelulare își pot reînnoi părțile pierdute sau afectate.

**Capacitatea de a se autoînnoi.** În timpul existenței lor sistemele biologice de diferite nivele de organizare permanent se autoînnoiesc. Doar fiecare moleculă, celulă sau organism aparte trăiește doar o anumită perioadă de timp. De aceea, în locul lor trebuie să apară altele noi.

**Capacitatea de autoregenerare** este cea mai importantă trăsătură prin care se deosebește materia vie de cea nevie. Organismele creează altele asemănătoare, adică *se înmulțesc*. Datorită acestui fapt există nu numai specii aparte, ci și viața în genere. Capacitatea de autoregenerare este caracteristică și moleculelor acizilor nucleici (ADN și ARN). Capacitatea lor universală la autodublare – *replicare* – este baza autoregenerării sistemelor biologice de diferite nivele de organizare (fig. 3.3).

**Capacitatea sistemelor biologice de a se dezvolta.** În procesul dezvoltării individuale (ontogenezei) organismele cresc și se dezvoltă: în ele se produc schimbări calitative, legate de obținerea noilor trăsături ale structurii și particularități de funcționare (fig. 3.4, 1). Dezvoltarea istorică a speciei (sau a unității sistematice de rang superior) în timp se numește *filogeneză* (fig. 3.4, 2).

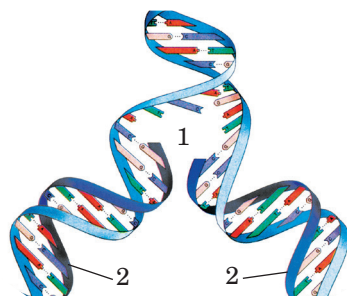


Fig. 3.3. Replicarea moleculei ADN: cu participarea fermentului se despletește spirala dublă ADN (1) și pe fiecare lanț matern, după principiul complementării, se formează spirala fiică (2)

## Memorizăm

Capacitatea de a se dezvolta este particularitatea generală nu numai a unor organisme aparte, dar și a sistemelor de supraorganisme. De exemplu, biosfera a parcurs o cale îndelungată și complicată de dezvoltare istorică, în timpul căreia ea a cunoscut schimbări deosebite.

**Păstrarea informației ereditare și transmiterea ei urmașilor în timpul înmulțirii** asigură stabilitatea existenței speciilor. Totodată, ființelor vii le este caracteristică și variabilitatea – capacitatea de a dobândi noi semne în decursul dezvoltării individuale și istorice. Datorită variabilității organismelor sunt create premise pentru apariția atât a noilor specii, cât și a unităților sistematice

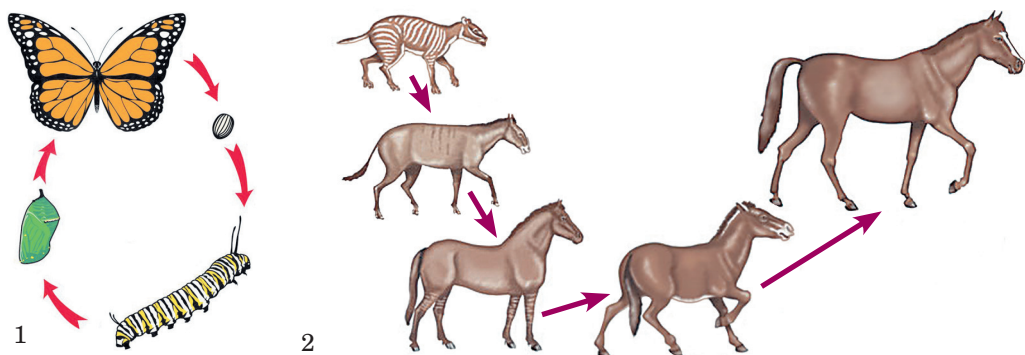


Fig. 3.4. Exemple de dezvoltare individuală (ontogeneză) și istorică (filogeneză) a organismelor: 1 – ontogeneza fluturului. *Sarcină*: amintiți-vă de stadiile de dezvoltare a acestei insecte; 2 – linia filogenetică a calului de la strămoșul îndepărtat la cel contemporan

de rang superior. Sistemelor biologice le este caracteristică calea universală de transmitere și realizare a informației ereditare.

În toate celulele și organismele multicelulare informația ereditară este codată sub formă de consecutivitate a moleculelor nucleotidelor ADN, de pe ele sunt transcrise pe moleculele ARN matrice. În continuare ea se realizează prin sintetizarea moleculelor de proteină corespunzătoare. Numai în formele de viață aceluia – virusurile – această schemă poate fi schimbată: la ele sunt posibile transcrierea informației ereditare de pe o moleculă ARN pe alta sau de pe molecula ARN pe ADN.

**Capacitatea de a recepționa stimulii din mediul extern și intern și de a reacționa în modul cuvenit la ei** se numește **excitabilitate**. La animale reacțiile la stimuli, care sunt realizate cu participarea sistemului nervos, se numesc **reflexe** (dați exemple de excitabilitate la plante și animale).

**Capacitatea de a se mișca.** Știți deja că mișcările de cele mai multe ori sunt reacția la acțiunile diferitor stimuli. Mișcarea este o proprietate nu numai a animalelor, dar și a plantelor. Amintiți-vă de mozaicul frunzelor, când frunzele plantelor sunt plasate în așa fel pentru a fi luminate la maximum. Multe bacterii microscopice, organisme eucariote unicelulare se mișcă pe apă cu ajutorul organelor mișcării – flagelele. Citoplasma celulelor se află în mișcare permanentă, pentru asigurarea legăturilor între toate componentele ei.

### Memorizăm

Organismele și sistemele de supraorganisme constituie sisteme biologice integre, capabile la autoînnoire, autoreglare și autoregenerare.

### Termeni și nuanțe-cheie

diversitatea biologică, potențialul de adaptare, filogeneza.

### Verificați-vă cunoștințele



1. De ce pentru sistemele biologice are o mare importanță capacitatea lor de formare a adaptărilor?

2. De ce existența sistemelor biologice de diferite

nivele de organizare este imposibilă fără susținerea homeostazei? 3. De ce sistemele biologice sunt din categoria celor deschise? Încercați să demonstrați, că ecosistemele sunt sisteme deschise. 4. Care este rolul excitabilității în asigurarea existenței normale a organismelor? 5. De ce fără variabilitatea ereditară evoluția materiei vii ar fi fost imposibilă?

### Chibzuți



Mișcarea la majoritatea animalelor multicelulare este asigurată de celulele mușchilor. Care mecanisme asigură mișcarea la plante?

## § 4. STRATEGIA DEZVOLTĂRII DURABILE A NATURII ȘI SOCIETĂȚII

**Amintiți-vă** ce este biocombustibilul. Cum se obține el? Care localități sunt numite megapolisuri? Care sunt posibilele cauze ale schimbării cliimei în zilele noastre?

**Necesitatea folosirii raționale a resurselor naturale.** O trăsătură caracteristică a dezvoltării diferitor științe naturale, social-umanitare și tehnice este **ecologizarea** lor. Pe de o parte, aceasta este o conștientizare că organismele sau grupările lor nu pot fi examinate separat de mediul de viață, iar pe de altă parte, prevede aplicarea ideii păstrării și îmbunătățirii stării mediului natural înconjurător și a dezvoltării echilibrate a naturii și societății.

Ecologia este baza științifică a **folosirii raționale a resurselor naturale și dezvoltării durabile (echilibrate) a societății**, a ocrotirii diversității biologice a planetei noastre (fig. 4.1).

Este imposibil să-ți imaginezi dezvoltarea contemporană a societății umane fără lucrările științifice ale eminentului savant ucrainean, Volodymyr Vernadski (fig. 4.2). El a creat concepția științifică despre **biosferă** – unicul ecosistem global de pe planeta Pământ, precum și despre **noosferă** – noua stare a biosferei, cauzată de activitatea intelectuală a omului.



Fig. 4.1. Gândirea ecologică oferă posibilitatea să fie elaborate măsuri eficiente pentru depășirea crizei ecologice globale și să fie soluționate problemele ecologice ale contemporaneității.

### Memorizăm

Trecerea biosferei în noosferă este o condiție inevitabilă a existenței omenirii.

Odată cu dezvoltarea ecologiei, omenirea a conștientizat însemnătatea cercetărilor legăturilor reciproce între organisme și mediul de existență al lor. Au fost descoperite legăturile, care conduc funcționarea sistemelor biologice supraorganismale: atât a populațiilor și ecosistemelor aparte, cât și a întregii biosfere. Chiar și influența neînsemnată a omului asupra mediului poate pune în funcțiune reacția în lanț, capabilă să cauzeze consecințe neprevăzute în plan global. Omul a conștientizat treptat necesitatea ocrotirii nu numai a unor specii aparte de organisme, dar și a ecosistemelor și a întregii biosfere.

Evitarea crizei ecologice globale este posibilă numai prin unirea eforturilor tuturor țărilor pentru elaborarea strategiei unice de păstrare și îmbunătățire a stării mediului natural înconjurător – strategia dezvoltării durabile (echilibrate) a naturii și societății.

**Concepția dezvoltării durabile (echilibrate) a naturii și societății** are trei componente: ecologică, economică și socială. În anul 1983 pe lângă Organizația Națiunilor Unite (ONU) (în engleză – *United Nations*) a

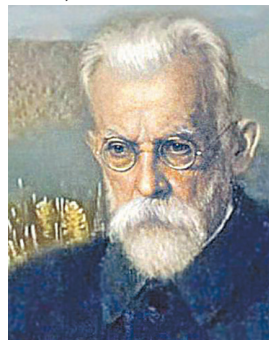


Fig. 4.2. **Volodymyr Vernadski**

(1863–1945) – primul președinte al Academiei Ucrainene de Științe (în prezent – Academia Națională de Științe a Ucrainei)



fost creată Comisia Mondială pentru Mediul Înconjurător și Dezvoltare. Ea a recunoscut că problemele ecologice ale contemporaneității au un caracter nu local, ci global. Societatea contemporană poartă răspundere pentru faptul în ce stare ea va lăsa după sine mediul înconjurător și resursele naturale generațiilor viitoare.

Principiile strategice de făurire a unei astfel de societăți au fost elaborate de savanții de la **Uniunea Internațională a Ocrotirii Naturii și Resurselor Naturale (UION)** (în engleză – *International Union for Conservation of Nature, INCN*). Ea a fost coordonată cu guvernele majorității țărilor lumii.

Comisia Internațională ONU pentru Mediul Înconjurător și Dezvoltare din 1983 este condusă de G.H. Bruntlann (fig. 4.3). Această comisie a elaborat concepția dezvoltării durabile. Scopul acestei concepții constă în asigurarea unei astfel de dezvoltări a omenirii, care în mod real ar îmbunătăți condițiile de viață și ar păstra și îmbunătăți concomitent starea biosferei, precum și diversitatea organismelor ca factor principal al durabilității ei. În anul 1987 a fost publicat raportul „Viitorul nostru comun” (el mai este numit și „Raportul Bruntlann”), consacrat căilor optime de dezvoltare durabilă. Anume G.H. Bruntlann a formulat noțiunea „dezvoltarea durabilă” (în engleză – *Sustainable development*).

Interesant să știți



Gru Harlem Bruntlann – cunoscut politician și activistă publică norvegiană, prima femeie în istoria Norvegiei, care a fost în fruntea Guvernului acestei țări. În anii 1998–2003 a deținut postul de Director general al Organizației Mondiale a Sănătății (OMS), din 2007 este trimisa specială a Secretarului General ONU pentru schimbarea climei. În 2004 ediția engleză cu autoritate Financial Times a inclus-o pe G. H. Bruntlann în lista europenilor cu cea mai mare influență în ultimii 25 de ani.



Fig. 4.3. **Gru Harlem Bruntlann** (născută în 1939)

**Sarcină:** folosind diferite surse de informații, pregătiți proiectul „Scopurile dezvoltării durabile”. Discutați-l în grupurile de lucru.

La 1 ianuarie 2016 au intrat în vigoare oficial 17 scopuri ale dezvoltării durabile. Ele au fost incluse pe Ordinea de zi în domeniul dezvoltării durabile pe perioada până în anul 2030 și pe care le-au aprobat liderii statelor lumii în septembrie 2015, la summit-ul istoric al ONU. Ne vom referi la unele dintre ele.

**Lichidarea foametei, asigurarea securității alimentare, îmbunătățirea alimentației și facilitarea dezvoltării stabile a agriculturii.** Agricultură, gospodăriile forestieră și piscicolă etc. sunt capabile să asigure o alimentație deplină pentru toată populația planetei, fără a încălca starea mediului înconjurător. Însă, din cauza tăierii intensive a pădurilor, epuizării capacității solurilor și resurselor Oceanului Mondial în ritm accelerat se reduce diversitatea biologică a planetei noastre. De aceea, agricultura trebuie să treacă pe calea intensivă de dezvoltare, adică de pe suprafețe minime să se obțină recolte bogate.

Asigurarea modului sănătos de viață și contribuirea la bunăstarea tuturor, indiferent de vârstă. Problemele actuale ale societății umane sunt lupta împotriva bolilor periculoase (de exemplu, SIDA, tuberculoza, poliomielita, malaria etc.) și mărirea duratei vieții, asigurarea accesului liber la apă potabilă curată, la serviciile medicale.



Fig. 4.4. Sursele de energie regenerabilă. *Sarcină:* examinați cu atenție imaginile și caracterizați sursele de energie regenerabilă, redată de ele

**Asigurarea pentru toți a accesului la surse de energie ieftine, sigure, stabile și moderne.** De energie depind funcționarea industriei, agriculturii, transportului, satisfacerea necesităților de trai ale omului. În prezent omul se confruntă cu problemele limitării rezervelor de surse de energie neregenerabile, cum ar fi cărbunele, petrolul, gazele naturale. Pentru soluționarea acestei probleme trebuie folosite pe larg sursele de energie regenerabilă: energia eoliană, a fluxurilor și refluxurilor, biocombustibilul etc. (fig. 4.4).

Asigurarea caracterului deschis, securitatea, rezistența vitală și stabilitatea ecologică a orașelor și altor localități. Orașele sunt centre industriale, comerciale, ale științei, culturii, învățământului, medicinei moderne etc. Însă ele, mai întâi de toate megapolisurile, se confruntă cu problemele supraaglomerării, lipsei de locuințe con-



Fig. 4.5. 1. Gunoaștile enorme, situate în apropierea marilor orașe, constituie o sursă periculoasă de poluare a mediului înconjurător. 2. Sortarea, adunarea și prelucrarea deșeurilor este un exemplu de soluționare a acestei probleme

fortabile, cu siguranță ecologică, dăunării mediului natural (de exemplu, reducerea suprafețelor cu plantații verzi, poluării aerului, utilizării deșeurilor industriale și menajere (fig. 4.5).

**Asigurarea trecerii la modelele raționale de consum și producție.** Reducerea nivelului consumului de resurse cu sporirea concomitentă a nivelului productivității va da posibilitate să fie consolidată competitivitatea întreprinderilor și redus nivelul de sărăcie a populației. Eforturile comune ale guvernelor, comunității științifice în rezolvarea acestei chestiuni, de asemenea, va da posibilitate să fie îmbunătățită calitatea mediului înconjurător.

**Luarea măsurilor urgente în lupta cu schimbările climatice și a consecințelor lor.** Degajarea în atmosferă a gazelor de seră, legate de activitatea omului, crește zilnic și a atins maximul istoric. Aceasta influențează negativ atât asupra ecosistemelor naturale (fig. 4.6), cât și asupra omului.

**Protecția și reînnoirea ecosistemelor terestre și facilitarea folosirii lor raționale, folosirea rațională a pădurilor, lupta împotriva creării pustiuilor și degradării pământurilor, oprirea procesului de pierdere a diversității biologice.** În prezent pădurile ocupă circa 30 la sută din suprafața planetei noastre. Din cauza tăierii intensive anual dispar 13 milioane hectare de păduri tropicale, în schimb crește suprafața pustiuilor.

**Consolidarea mijloacelor de realizare și activizare a muncii în cadrul Parteneriatului global în interesele dezvoltării durabile** de stabilire a relațiilor de parteneriat la toate nivelele: între guvernele țărilor, organizațiile publice etc.

### Memorizăm

Direcțiile prioritare ale dezvoltării durabile (echilibrate) sunt creșterea economică, protecția mediului înconjurător, echitatea socială (egalitatea tuturor cetățenilor în fața legii, asigurarea posibilităților egale pentru atingerea bunăstării materiale și sociale), folosirea rațională a resurselor naturale, stabilizarea ritmului de creștere a populației, învățământul calitativ și colaborarea activă internațională în toate domeniile vieții noastre.

### Termeni și nuanțe-cheie

fdezvoltare durabilă (echilibrată), ecologizarea științei și activității practice a omului.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Ce înseamnă ecologizarea tuturor domeniilor vieții omului? 2. Ce înseamnă dezvoltarea durabilă (echilibrată)? Ce scopuri trebuie realizate pentru asigurarea dezvoltării durabile? 3. Care este însemnătatea cercetărilor în domeniul biologiei și ecologiei pentru existența societății umane contemporane?

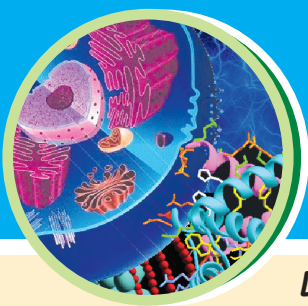
#### Chibzuți



Care scopuri ale dezvoltării durabile sunt cele mai actuale în Ucraina contemporană?



Fig. 4.6. Schimbarea climatului constituie un pericol pentru existența mai multor specii de organisme: în deosebi, topirea ghețarilor amenință existența ursului polar



# TEMA 1. DIVERSITATEA BIOLOGICĂ

La această temă veți afla despre:

- principiile contemporane ale sistematicii științifice și însemnătatea ei pentru cercetările biologice;
- particularitățile organizării, funcționării și principiile clasificării formelor acelulare de viață (virusurile, virozii);
- particularitățile organizării, procesele de activitate vitală și principiile de clasificare a procariotelor (arhee și bacterii);
- sistemele actuale ale organismelor eucariote;
- diversitatea lumii organice ca rezultat al evoluției.

## § 5. SISTEMATICA – ȘTIINȚA DESPRE DIVERSITATEA ORGANISMELOR

**Amintiți-vă** care sunt nivelele de organizare a materiei vii. Care este sensul noțiunii „sistemul biologic”?

**Diversitatea biologică a planetei noastre.** Știți deja despre diversitatea enormă a sistemelor biologice de diferite nivele de organizare – **diversitatea biologică**. De obicei, noțiunea de „diversitate biologică” are sensul de manifestare a vieții la trei nivele de organizare a ei: molecular, de populație și specie și de ecosistem.

**Forma acelulară de viață** constituie sistemele biologice, care se află la nivelul molecular de organizare a materiei vii. Astfel, virusurile sunt compuse din molecule de acizi nucleici (sau ADN, sau ARN),

înconjurate de membrană (din componența ei fac parte proteine sau proteine cu lipide), virozii – numai din molecule ARN (amănunte despre ei veți afla din § 8).

**Procariotele (cu două nucleee)** – de cele mai multe ori organisme unicelulare, celulele cărora au relativ structură simplă: la ele lipsește nucleul format, majori-

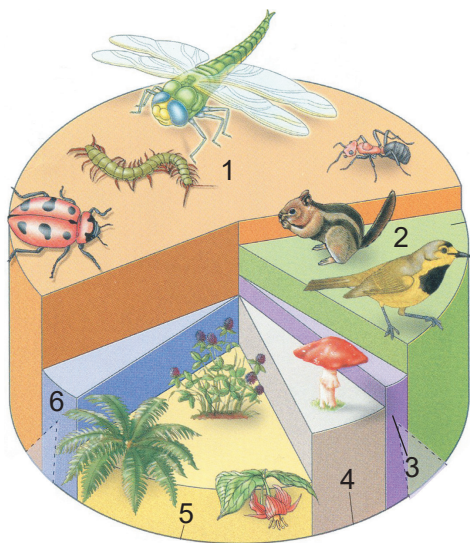


Fig. 5.1. Coraportul diferitor grupe de organisme eucariote: se observă foarte ușor că între ele prevalează artropodele (circa 66% din toată diversitatea eucariotelor): 1 – tipul Arthropodele; 2 – animalele cordate; 3 – animalele nevertebrate multicelulare (fără artropode); 4 – ciupercile; 5 – plantele; 6 – eucariotele unicelulare

tatea organelor. De procariote țin Arheele și Bacteriile (amănunte despre organizarea lor veți afla din § 11).

**Eucariotele (cu nucleu)** – organismele, celulele cărora la unele etape ale dezvoltării au nucleu. Pentru ele sunt caracteristice diverse organele. Până în momentul de față au fost descrise circa 2 milioane de specii de eucariote (fig. 5.1), dintre care 1,6 milioane de specii de animale (numai în prezent sunt circa 1 milion 70 mii de specii de insecte, pe când animale cordate numai circa 42 mii de specii). Savanții consideră că speciile de plante sunt în număr de curca 320 mii, între ele dominând angiospermele sau plantele cu flori (280 mii de specii, sau 88 % din toată diversitatea de plante).

Anual savanții descriu mii de noi specii pentru știință, precum și categorii sistematice de rang superior: noi genuri, familii, ordine (subordine), clase și chiar tipuri. Cele mai multe descoperiri noi se așteaptă în Oceanul Mondial.

Interesant să știți



În anul 1955 au fost descoperite fosilele crustaceelor maritime, care după aspectul exterior nu se asemănau cu reprezentanții acestei grupe, cunoscute mai înainte, iar apoi au fost găsite asemenea specii care există în prezent. În 1981 s-a constatat că pentru știință aceasta este o clasă nouă de crustacee – Remipedia (fig. 5.2, 1). Aceste crustacee mici înoată liber și trăiesc în peșterile subacvatice ale insulelor sau în țărmul continental din oceanele Atlantic și Pacific. La începutul anilor 1970 au fost descoperite alte ființe maritime cu o înfățișare fantastică – Loricifera (fig. 5.2, 2). Reprezentanții acestui nou tip pentru știință au dimensiuni foarte mici (dimensiunea indivizilor maturi nu depășește 1 mm). În 1997 lângă insula Sulawesi (Indonezia) savanții au descoperit o nouă specie de latimeria – reprezentant al peștilor cu picioare (fig. 5.2, 3). Prima specie contemporană a latimeriei a fost găsită în anul 1938 lângă țărmul Africii de Sud (fig. 5.3, 4). Până atunci savanții considerau că peștii celacanți au dispărut cu 65 de milioane de ani în urmă (fig. 5.3, 5).

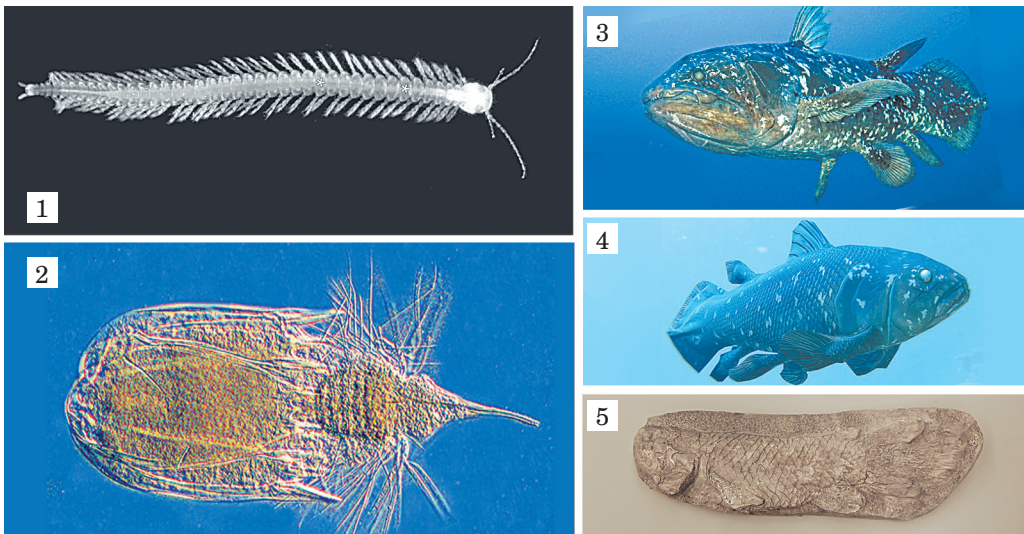



Fig. 5.2. Taxoni de animale, noi pentru știință, descriși în a doua jumătate a secolului al XX-lea: 1 – clasa Remipedia; 2 – tipul Loricifera; 3 – specie de latimeria, care trăiește lângă țărmurile Africii; 5 – imprimare a peștelui cu picioare. *Sarcină*: amintiți-vă, de ce peștii cu picioare sunt considerați strămoșii animalelor vertebrate terestre

**Sistematica – știință biologică despre diversitatea organismelor** care populează planeta noastră. Cu ajutorul acestei științe sunt descrise, se dă denumirea tuturor organismelor, care trăiesc pe planeta noastră în prezent sau au trăit cândva. Principalele domenii ale sistematicii: clasificarea organismelor și nomenclatura lor.

 **Clasificarea este procesul de stabilire și caracterizare a grupurilor sistematice.** Clasificarea precedă denumirea taxonilor, doar caracterul denumirii taxonilor depinde de rangul lor. **Nomenclatura înseamnă distribuirea denumirilor între taxoni.** La început savanții efectuează clasificarea. Și numai după ce s-au convins că au realizat cea mai bună clasificare din cele posibile, dau denumiri juste taxonilor evidențiați.

De ce trebuie în primul rând să fie clarificat rangul taxonului nou pentru știință, ca apoi să i se dea denumirea științifică? De aceea că individul cercetat poate constitui nu numai o nouă specie pentru știință, dar și un nou ordin și, posibil, o nouă familie ș.a.m.d. Astfel, Remipedia (vezi fig. 5.2, 1) s-a dovedit a fi nu numai o specie nouă pentru știință, dar și un nou gen, familie și chiar clasă. Fiecăruia din acești noi pentru științe taxoni li s-a dat respectiv o nouă denumire și caracteristică.

### Memorizăm

Sistematica descrie toate ființele care trăiesc pe planeta noastră în prezent sau au trăit cândva, le dă denumiri și le clasifică, adică le repartizează la taxonii de diferite ranguri.

*Amintiți-vă:* bazele sistematicii științifice au fost puse de savantul suedez Carl Linne. Ca și actualii oameni de știință, el considera că **specia** este totalitatea indivizilor, asemănători între ei după structură, care dau urmași fecunzi. Evident că opiniile contemporane referitoare la specie în biologie sunt mai largi, ele se bazează pe datele diferitor științe.

C. Linne, de asemenea, a aplicat **principiul denumirilor duble ale speciilor** (nomenclatura binară). Vă amintiți că denumirea științifică a fiecărei specie este compusă din două cuvinte în limba latină. De exemplu, *Rosa canina* – măceș, specie de plante răspândită pe întregul teritoriu al Ucrainei (fig. 5.3, 1). Primul cuvânt (*Rosa*) înseamnă denumirea genului (în limba latină întotdeauna se scrie cu majusculă), la care aparține specia, iar al doilea cuvânt este epitetul speciei (se scrie cu minusculă). O astfel de denumire a speciei este unică pentru comunitatea științifică mondială.

În figura 5.3, 2 este reprezentată o specie răspândită în Ucraina – sciurusul obișnuit (mai este numit sciurusul de pădure, sau roșcovan). Sciurusul ne este cunoscut și ca veveriță, însă veverița adevărată este un subgen al sciurusului obișnuit, răspândită pe teritoriul Rusiei. Indiferent cum este denumirea acestei specii în diferite limbi, ea are doar o singură denumire științifică – *Sciurus vulgaris*.



Fig. 5.3. Specii de plante și animale din Ucraina: 1 – măceșul (*Rosa canina*); 2 – sciurusul obișnuit (*Sciurus vulgaris*)



Până la C. Linne denumirea speciei deseori era formată din mai multe cuvinte, de fapt era o descriere a ei. De exemplu, o specie de briofite are denumirea contemporană *bixbaumia fără frunze* (*Bixbaumia aphylla*). Denumirea ei de odinioară era următoarea: *mușchi în formă de păr, fără frunze cu măciulie groasă cu două trepte*. Se înțelege că o astfel de denumire este greu de memorizat.

Fiecare specie de organisme are doar o singură denumire științifică, redată în latină. La această denumire este adăugată și numele persoanei, care a descris specia și anul descrierii. În cazul nostru – *Sciurus vulgaris* L.<sup>1</sup>, 1758. Aceasta înseamnă că specia sciurusului obișnuit a fost descrisă în 1758 de C. Linne.

De ce trebuie menționat anul descrierii speciei? Una și aceeași specie poate fi descrisă de mai multe ori și în diferiți ani. Însă, denumirea definitivă a speciei este considerată cea, care a fost prezentată pentru prima dată. De exemplu, plătelninții, viermii lați, paraziți din intestinalele omului și mamiferelor care se hrănesc cu pește (*Diphyllobothrium latim* L., 1758) au fost descriși de C. Linne și cu denumirea *Taenia vulgaris* L., 1758. În total, viermele lat a fost descris cu diferite denumiri de 53 de ori!

O altă contribuție importantă a lui C. Linne a fost aplicarea în sistematică a sistemelor de subordonare reciprocă a taxonilor. Acest principiu ierarhic<sup>2</sup> constă în aceea că taxonii de rang inferior se unesc într-un taxon de rang superior. Țineți minte că atât în sistematica plantelor sau ciupercilor, cât și în sistematica animalelor **speciile** înrudite se unesc în **genuri**. Astfel, speciile de măceș cu ghimpi – *Rosa acicularis* – și măceșul comun țin de genul *Rosa*. Genurile apropiate se unesc în **familii**. De exemplu, genurile *Rosa* și *Zmeurul* (*Rubus*) fac parte din familia Rosaceae. Familiile apropiate se unesc în **ordine**. De exemplu, familiile Rosaceae și Moraceae sunt două familii ale ordinului Rosales. Ordinile apropiate formează **clasa**. De exemplu, ordinile Rosales și Brassicales țin de clasa Dicotiledonate sau Magnoliopsida. Clasele se unesc în **încrengătură** (în zoologie – **tipuri**). De exemplu, clasele Monocotiledonate și Dicotiledonate fac parte din încrengătură Angiospermelor sau a plantelor cu flori.


 **Știința care studiază organismele care au trăit în fostele perioade geologice se numește paleontologia.** Expedițiile paleontologice descoperă resturi de aceste organisme sau urme ale activității lor vitale, reînnoiesc exteriorul lor, stabilesc procesele deosebite de activitate vitală și determină perioada de timp al existenței lor (fig. 5.4).



Fig. 5.4. Cercetări paleontologice: 1 – resturi împietrite de semințe de ferigi de genul *Aletopteris*; 2 – reconstrucția frunzei de *Aletopteris* cu germen de sămânță; 3 – scheletul dinozaurului-pasăre – arheopterix; 4 – reconstrucția arheopterixului

<sup>1</sup> Acesta este un semn de recunoștință față de meritele lui C. Linne – numele lui în denumirile taxonilor – Linnaeus – prescurtat: L.

<sup>2</sup> Ierarhia este ordinea subordonării de la nivelul de jos în sus, organizarea lor într-o singură structură.

## Termeni și nuanțe-cheie

Diversitatea biologică, sistematica, clasificarea, nomenclatura, principiul denumirii duble a speciilor (nomenclatura binară).

### Verificați-vă cunoștințele



1. Caracterizați diversitatea biologică a planetei noastre. Care grupe principale de sisteme biologice ea cuprinde? 2. Numiți principalele ramuri ale sistematiei. Care sunt sarcinile lor principale? 3. În ce constă meritul lui C. Linne în transformarea sistematiei în știință? 4. În ce constă principiul denumirilor duble ale speciilor, introduse de C. Linne? 5. Care denumire a speciei este considerată științifică? De ce?

### Chibzuți



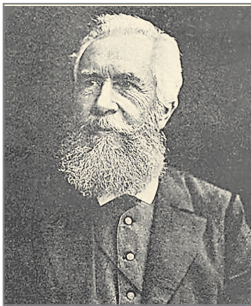
De ce clasificarea contemporană a organismelor trebuie să includă nu numai speciile, care există în prezent, dar și cele care au dispărut înainte?

## § 6. PRINCIPIILE CLASIFICĂRII ȘTIINȚIFICE MODERNE A ORGANISMELOR

**Amintiți-vă** sarcinile științei sistematiei. Ce este specia de organisme? Ce este genul? Ce înseamnă filogeneza și ontogeneza? Ce înseamnă microevoluția, crearea speciilor și macroevoluția? Care sunt principiile de bază ale teoriei sintetice ale evoluției?

**Principiile clasificării științifice a organismelor.** Unul din principiile de bază ale sistematiei moderne este stabilirea legăturilor familiale între diferite grupuri de organisme, atât între cele care există în prezent, cât și între cele care au dispărut cândva. Anume pe aceasta se bazează evidențierea grupurilor sistematice de rang supraspecie: genurilor, familiilor ș.a.m.d.

După cum știți, pe timpurile lui C. Linne și mai înainte sistemele de organisme se bazau numai pe asemănarea structurilor lor și nu se lua în considerare gradul de înrudire (așa-numitele **sisteme artificiale**). De exemplu, balenele numai după aspectul exterior erau clasificate la pești, deși ele sunt mamifere. Asemănarea exterioară cu peștii (forma oblică a corpului, transformarea membrilor superioare în înotătoare specifice, formarea cozii sub formă de înotătoare caudală etc.) a fost dobândită de balene în rezultatul trecerii la mediul de trai acvatic permanent. **Amintiți-vă:** acest proces este numit *convergență*. Cercetările molecular-genetice contemporane atestă despre aceea că strămoșii cetaceelor provin de la formele timpurii ale artiodactilelor. În deosebi, cel mai apropiat strămoș al balenelor contemporane este mamiferul răpitor pakicetus dispărut (fig.6.1). El a trăit aproximativ cu 48 milioane de ani în urmă; avea copite nu prea mari, maxilare puternice și coadă lungă; trăia lângă rezervoarele de apă, în căutarea prăzii intra în apă.



O etapă importantă în dezvoltarea sistematiei a constituit crearea **direcției filogenetice**, inițiată de E. Haeckel (fig. 6.2). Acest savant considera că pentru clasificarea orga-

Fig. 6.2. **Ernst Heinrich Philipp August Haeckel** (1834–1919) – cunoscut cercetător al naturii, evoluționist; autorul termenilor „ecologia”, „filogeneza”, „ontogeneza”

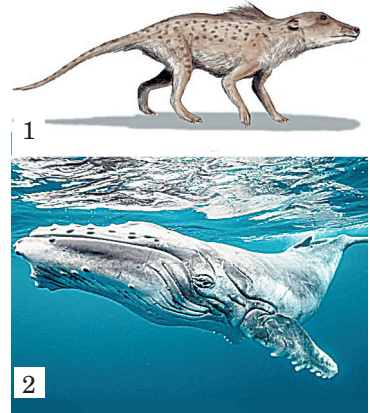


Fig. 6.1. Cetaceele contemporane și strămoșii lor. 1 – mamiferul răpitor pakicetus dispărut; 2 – balena cu cocoașă, specie contemporană



nismelor este important să se țină cont nu atât de exteriorul lor, cât de legăturile familiale – nivelul de înrudire.

Anul trecut ați aflat că exemple ale proceselor evoluționiste sunt divergența, convergența și paralelismul.

**Divergența este procesul evoluționist de îndepărtare a trăsăturilor la urmașii strămoșului comun** (fig. 6.3). Acest proces explică de ce în decursul dezvoltării vieții pe planeta noastră, în pofida dispariției permanente a unui număr anumit de specii, diversitatea generală a speciilor nu numai că s-a redus, dar a și crescut permanent. Presupunem că a existat cândva specia strămoșilor A, care ocupa un areal larg. Condițiile de existență în diferite părți ale ei puteau să se schimbe. Pentru a supraviețui în asemenea condiții, populațiile acestei specii trebuiau să se acomodeze la ele. Peste un timp oarecare genofondul unor astfel de populații putea să se schimbe în așa măsură, încât reprezentanții ei au pierdut capacitatea de a se încrucișa între ei. Așa a apărut procesul de *creare a speciilor* – de apariție a noilor specii.

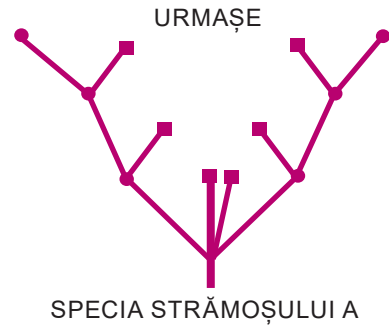


Fig. 6.3. Schema care ilustrează apariția noilor taxoni în rezultatul divergenței

**Sistematica contemporană** se bazează pe faptul că taxonii înrudiți provin de la un strămoș comun. Grupa, care îi include pe toți urmașii strămoșului comun (atât contemporani, cât și a celor care cândva au dispărut), se numește **monofiletică** (fig. 6.4). În corespundere cu principiile sistematicii contemporane, dreptul la existență au numai asemenea grupe.

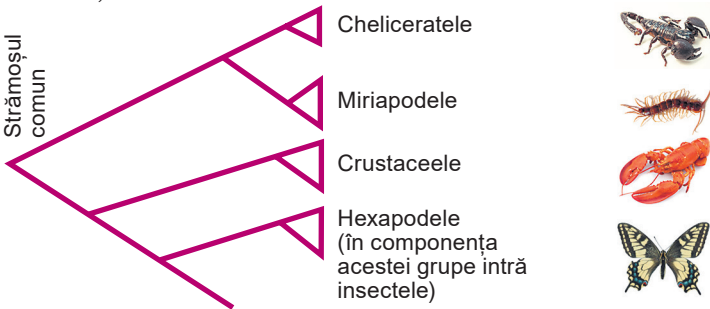


Fig. 6.4. Genul artropodelor este un exemplu al grupei monofiletice, adică toți reprezentanții acestei grupe provin de la un strămoș comun

Direcția filogenetică în sistematizarea organismelor a determinat dezvoltarea în continuare a acestei științe. Bazându-se pe datele diferitor științe, savanții stabilesc gradul de înrudire a organismelor și de acum în baza lor creează sisteme moderne de diferite grupe. Ei fac aceasta în baza analizei diferitor trăsături. Trăsăturile comune atestă despre înrudirea organismelor și despre proveniența lor de la un strămoș comun. Dacă unele caracteristici sunt numai la reprezentanții unei anumite grupe, aceasta atestă unicitatea și independența ei.

**Sistemele moderne ale organismelor sunt numite naturale sau filogenetice. Sistematica filogenetică se bazează pe asemenea principii:**

- ✓ toate speciile contemporane sunt urmașii formelor fosile, prin aceasta asigurându-se neîntreruperea vieții;
- ✓ speciile fosile sunt ori ramuri oarbe ale evoluției (adică cele care nu au pus începutul speciilor fiice), ori strămoșii speciilor contemporane;

✓ formarea speciilor de cele mai multe ori se produce pe calea divergenței, de aceea fiecare grupă naturală sistematică este monofiletică și urmează să-i includă pe toți urmașii strămoșului comun, atât pe cei care există, cât și pe cei dispăruți;

✓ fiecare tip de animale (încrengătură la plante) are structura specifică numai lui, care se deosebește radical de altele datorită semnelor unice, care sunt numite diagnostice; *sarcină*: amintiți-vă de caracteristicile reprezentanților încrengăturii Angiosperme, care îi deosebesc de alte încrengături de plante superioare;

✓ diversitatea speciilor este consecința adaptării lor la anumite condiții ale mediului înconjurător (fenomenul radiației adaptive);

✓ anumiți taxoni includ atât specii unicelulare, cât și multicelulare, dacă aceste specii sunt înrudite (de exemplu, încrengătura Algelor Verzi sau Roșii);

✓ scopul general al sistematiei contemporane constă în crearea unui sistem al organismelor unic și atotcuprinzător, care ar oglindi desfășurarea evoluției.

**Radiația adaptivă este manifestarea diferitor forme, care au un strămoș comun, dar s-au schimbat în legătură cu acomodarea la diferite condiții de existență.** Ea le permite să folosească noi surse de hrană, să reducă acuitatea concurenței. Un exemplu clasic de radiație a adaptării este diversitatea nemaipomenită a marsupialelor în Australia. Între ele în procesul evoluției au apărut forme ierbivore (cangur), rozătoare (cârțițe marsupiale), forme legate de vegetația arbuștilor asemănătoare cu veverița și Pteromyini, animale de pradă (diavolul tasmanian) etc.

Sistematica filogenetică contemporană se bazează pe datele diferitor științe (biochimia, citologia, ecologia, biogeografia, anatomia, fiziologia etc.). O atenție deosebită se acordă cercetărilor molecularo-genetice: deoarece grupele de organisme înrudite provin de la un strămoș unic, ele au moștenit de la acesta și multe grupe de gene speciale.

### Memorizăm

Cu cât mai multe grupe de gene comune au organismele anumitor grupe, cu atât mai strânse între ele sunt legăturile familiale.

O mare însemnătate pentru sistematica contemporană au cercetările citologice, în deosebi garnitura de cromozomi a organismului – cariotipul lor; în organismele înrudite particularitățile garniturii de cromozomi sunt asemănătoare față de cele ale organismelor neînrodite. Această direcție de cercetare este numită **cariosiste-**

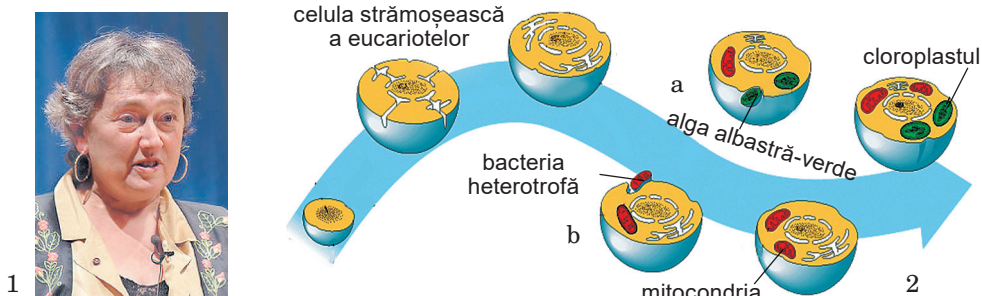


Fig. 6.5. 1. **Lynn Margulis** (1938–2011) – cunoscută specialistă în domeniul studierii algelor; autoarea versiunii contemporane a simbiogenezei. 2. Schema care ilustrează originea mitocondriei și cloroplastului de la celulele procariote strămoșești: a – originea celulelor eucariotelor autotrofe; b – originea celulelor eucariotelor heterotrofe

**matică.** Datele cariosistematicii oferă posibilitatea să fie deosebite speciile duble, pe care este imposibil să le deosebești la exterior. Chiar dacă două specii au același număr de cromozomi (cum ar fi, bunăoară, varza și ridichea – câte 18 în garnitura diploidă), ele se deosebesc prin particularitățile structurii cromozomilor respectivi.

În sistematică se acordă o atenție mare studierii mitocondriilor și cloroplastelor. În corespundere cu **teoria simbiogenezei**, care a fost definitivată de biologul american L. Margulis (fig. 6.5, 1), mitocondrii și cloroplastele sunt urmașii celulelor procariotelor: mitocondrii – ai bacteriilor heterotrofe aerobice, cloroplastele – ai cianobacteriilor (fig. 6.5, 2). Pătrunzând în celula strămoșească a eucariotelor, asemenea procariote și-au pierdut independența, dar au păstrat un anumit grad de autonomie. Studiarea materialului ereditar al acestor organele oferă o informație despre gradul de înrudire a anumitor grupe de organisme.

### Termeni și nuanțe-cheie

sistematica filogenetică a organismului, radiația adaptivă, grupa monofiletică, teoria simbiogenezei.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sisteme ale organismelor sunt numite artificiale, iar care naturale (filogenetice)? 2. Ce proces evoluționist stă la baza apariției diversității biologice contemporane? 3. De ce sistematica contemporană se bazează pe grupele monofiletice eliberate? 4. Pe care principii se bazează sistematica filogenetică contemporană? 5. Ce este radiația adaptivă? Care este însemnătatea ei pentru creșterea biodiversității pe planeta noastră?

#### Chibzuți



De ce sistemele filogenetice au o însemnătate științifică?

## § 7. CONCEPȚIA CONTEMPORANĂ ȘI CRITERIILE SPECIEI

**Amintiți-vă** care unități taxonomice de bază sunt folosite în sistematica plantelor și animalelor. Care organisme aparțin la auto-, mixo- și heterotrofe? Care sunt procedeele de creare a speciilor? Ce este genomul? Care garnituri de cromozomi sunt numite haploide, diploide și poliploide? Ce este nișa ecologică?

**Specia este cea mai mică, dar principala unitate sistematică. Este unicul taxon, care există real în natură.** În schimb, taxonii supraspecie (genurile, familiile, ordinile, clasele, încregăturile (tipurile), regnurile) au fost stabilite subiectiv de savanții care se preocupă de sistematică, bazându-se pe datele diferitor științe.



1



2

**Criteriile speciei.** Spre deosebire de taxonii supraspecie, o specie se poate deosebi de alta, apropiată ei, cu ajutorul mai multor criterii. De ce este nevoie de determinarea precisă a speciei? Răspuns la această întrebare ne dă următorul fapt interesant. Țânțarii, care anterior erau considerați o singură specie – *Anopheles gambiae* (fig. 7.1, 1), cu timpul, după cercetări riguroase, a apărut complexul așa-numitelor

Fig. 7.1. Specii de țânțari comuni: 1 – femela țânțarului din genul *Anopheles*; 2 – femela țânțarului comun. *Atragefi atenția*: la țânțarul *Anopheles* perechea picioarelor din urmă este mai lungă, decât la țânțarul comun, de aceea el stă pe corpul omului, ridicând burta în sus și plecând capul

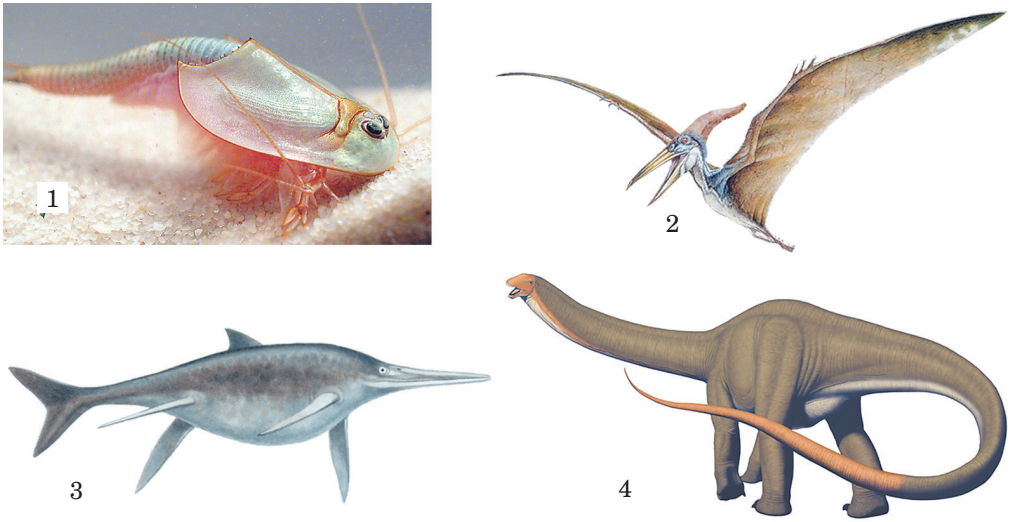


Fig. 7.2. Speciile de animale, care au dispărut în decursul erei mezozoice: 1 – Triopsodae, reprezentant al faunei contemporane; 2 – Querzalcoatl, cel mai mare reprezentant al pterozaurilor; 3 – dinozaurul de apă, unul dintre cei mai mari reprezentanți ai ihtiozaurilor; 4 – Apatosaurus

specii duble, care este aproape imposibil să fie deosebite după structura externă. Unele din aceste specii transmit patogenii de malarie, altele – nu.

Țineți minte că fiecare specie nouă este rezultatul procesului de creare a speciilor. Datorită microevoluției genofondul anumitor populații ale speciei se poate schimba în așa măsură, încât încrucișarea între indivizii ei devine imposibilă. Astfel apar noi specii. În conformitate cu legea ireversibilității evoluției, formulată în 1893 de către paleontologul belgian, Luis Dollo, organismele unei anumite populații nu pot reveni la aspectul anterior, de la care ele provin, chiar dacă se întorc la mediul extern anterior și la condițiile de existență. De exemplu, dacă clima de pe planeta noastră va reveni la starea, în care ea a fost în era mezozoică, este zădarnică așteptarea apariției pterozaurilor, ihtiozaurilor sau a dinozaurilor. Sunt specii, care au apărut cu zeci și sute de milioane de ani în urmă, dar există și în prezent (fig. 7.2, 1), ele fiind numite *fosile vii*. Unii dintre ele au lăsat după sine urmași (cum ar fi, de exemplu, celacantii sau peștii cu picioare, vezi fig. 5.2, 3, 4), alții – nu (de exemplu, arheopterixul, vezi fig. 5.4, 3, 4). Astfel, specia este ***o etapă calitativă a procesului evoluționist***.



### **Criteriile speciei – caracteristicile organismelor, după care în sistematică sunt deosebite speciile.**

- **Criteriul morfologic** se bazează pe asemănarea structurii (atât a celei externe, cât și a celei interne) indivizilor speciei. Semnele morfologice, unice pentru o anumită specie (sau pentru taxonii categoriei superioare: gen, familie etc.), se numesc diagnostice. De exemplu, două specii de raci-de-râu – lași și lungi – se deosebesc prin structura cleștilor formate din prima pereche de picioare (fig. 7.3, 1). Semnele diagnostice în sistematica plantelor sunt structura florilor, frunzelor (fig. 7.3, 2) etc. Deși în majoritatea cazurilor la determinarea modernă a animalelor, plantelor sau a ciupercilor au fost puse la bază caracteristicile morfologice, trebuie să se ia în considerare și asemenea fenomene ca polimorfismul și speciile duble.

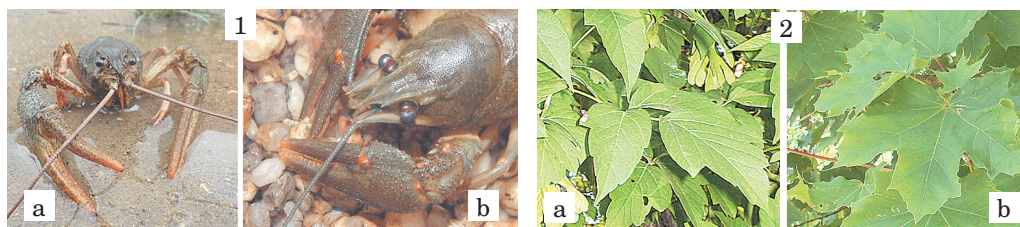


Fig. 7.3. Criteriile morfologice ale speciei: 1 – două specii de raci-de-râu ai faunei din Ucraina: lungi (a) și lați (b); 2 – frunzele de arțar american (a) și arțar (b)

**Polimorfismul este un fenomen, când în cadrul unei singure specii există grupe de indivizi, care se deosebesc prin culoare, dimensiuni, particularitățile structurii etc.** (fig. 7.4). În schimb indivizii speciilor duble se aseamănă între ei după particularitățile structurii și se deosebesc doar prin detalii neînsemnate, uneori – numai prin garnitura de cromozomi. Speciile duble sunt răspândite în multe grupe de insecte, amfibii fără coadă, talpide, rozătoare etc.



Fig. 7.4. Fenomenul polimorfismului la fluturile de zi amiralul roșu: 1 – forma de primăvară; 2 – forma de vară

- **Criteriul fiziologic** se bazează pe asemănările și deosebirile în procesul de activitate vitală a reprezentanților diferitor specii. Indivizii unei singure specii sunt capabili să se fecundeze și să lase urmași fecunzi și, de obicei, nu se încrucișează cu reprezentanții altor specii (fenomenul **izolării reproductive**). Însă, sunt cunoscute cazuri ale încrucișării între specii și chiar apariția noilor specii în rezultatul hibridizării interspecii a speciilor paterne apropiate, când urmașii hibridi sunt capabili de fecundare între ei și la crearea noilor generații fecunde. De exemplu, broasca comestibilă este rezultatul încrucișării broaștei de lac cu cea de baltă, iepurele Tolai – hibridul iepurelui alb cu cel sur (des. 7.5) etc. Crearea speciilor prin metoda hibridizării este răspândită și la plante. De exemplu, arborele Platan cu frunze asemănătoare cu ale arțarului a apărut în rezultatul hibridizării platanilor americani cu cei din zona Mării Mediterane.

- **Criteriile biochimice** se referă la particularitățile structurii și componenței macromoleculilor, la desfășurarea reacțiilor biochimice, caracteristice pentru indivizii unei anumite specii. De exemplu, speciile apropiate, care au garnituri diferite de gene, se deosebesc și după componența de proteine (*chibzuiți de ce*)



Fig. 7.5. Exemple de hibridizare interspecii la animale: 1 – broasca comestibilă; 2 – iepurele Tolai

- **Критеріум молекуляр-генетич** се базеезэ пе фактум чэ индивизии уней анумите спечии ау генуми асемээнэоаре, индивизии диферитор спечии, чиир апропие – деосеbite. Су чэу гeadул де рудение есте май маре, су атэу май мулте гене комуне ау еле.

Îн систематика контепоранэ сунт фолосите диферите методе молекуляр-генетиче. Уна динте еле есте **сеценареа биополимерилор**: детерминареа сусесииу нуклеотиделор îн молекуле ацилор нуклеичи ши аминоацилор – îн молекуле протеinelор. Ачестэ методэ дэ посибилитате сэ fie детерминатэ сусесииуа нуклеотиделор îн сегментеле анумитор гене, unor гене луате апарте ши чиир але îнтрегului genom. Îнчэ о методэ, чеа а **реакției îн лант полимериче** (prescurtat – RLP) oferэ посибилитате сэ се обтîнэ кантитатеа де АДН нечесарэ пентру сеценаре. Îн афарэ де ачеста, су ажуторул методей RLP есте посибилэ унirea unor фрагменте апарте де АДН, клонареа анумитор гене, идентифичареа кантитэшилор мичи де молекуле АДН.

- **Критеріум екологич** есте легат де фактум чэ îн резултатул интеракціїуиу популашилор уней анумите спечии су популашилор алтор спечии ши су факторий натурий невий (абіотичи) се формеезэ ниша екологичэ проприе. Де ехеуплу, unele спечии морфологиче апропие де viermi паразитари (аскариде ле ау ши ла порч etc.) се деосебесч дупэ спечииле газделор.

- **Критеріум географич** констэ îн ачееа чэ популашилор уней спечии окупэ ун анумит ареал, îн cazul dat ареале спечиилор апропие десеори ну се супрапун сау се супрапун неîнсемнат. Îнсэ, îн резултатул schimbărilor климатериче сау инфлуенței антропогене, кондїиіле де пе териториул, популат де о анумитэ спечие, се пот schimbа. Ачеста импуне организеме ле сэ schimbe териториул де ехистенță. Астfel се формеезэ ареалул сецундар, care се poate деосеби де цел примар.

- **Критеріум етологич** се базеезэ пе студierea particularităшилор comportării animalelor: îн timpul îмперечерий, конструціїей, comportării sociale, îн timpul вэнării, миграției etc. Де ехеуплу, știința контепоранэ considerэ чэ lupul ши чэіне ле доместич сунт доуэ subspecii але ачелуаши спечии. Сунт коносчуте cazulurile îнчрुциșării ачестор animale. Îнсэ еле ну сунт атэу де dese, деоарече lupii сунт активи ноаптеа, iar чэіний – ziua.

**Концепția контепоранэ а спечией.** Îн timpul dezvoltării историче îнделунгате а ноїиунилор де спечие îн биологиче с-ау формат диферите концепții але спечией. Уний considerау концепțiiле деспре спечии неschimbăтоаре, алții се базау пе opinii деспре evoluția спечиилор.

Уна динте концепțiiле care доминэ îн биологиче есте чеа **биологичэ**. Еа се базеезэ пе асемenea принципий:

- ✓ спечииле сунт компусе дин популашилор – май мулте сау май пуține групурі де индивизи separate îн натурэ;

- ✓ caracterizând спечииле, trebuie сэ фолосим particularităшилор structurii lor, dar ши particularităшилор биологиче (procese ле активитате vitală, particularităшилор îнмулțirii ши dezvoltării) ши екологиче;

- ✓ дин punctul де vedere ал екологией популаția есте considerată drept unitate structural-funcțională, iar дин punctul де vedere ал теорией evoluționисте – drept о unitate elementară а evoluției (*amintiți-vă* де се);

- ✓ групе ле популаției але уней спечии се пот деосеби îнтре еле дупэ о particularitate сау чэтева, formând subspecii;

- ✓ ехистенța subspeciilor îн limite ле уней анумите спечии атестэ деспре plasticitatea екологичэ а спечией (adică capacitatea ей де а ехиста îн diapazonul larg ал кондїиілор mediului де трай), де асемenea есте ун indice ал фактуму чэ îн interiorul спечией ау loc îн mod intensiv проесе але microevoluției, urmările чэrorа пот fie apariția noilor спечии;

✓ populațiile unei specii au un genofond asemănător, de aceea indivizii din diferite populații se pot încrucișa între ei; totodată genofondurile diferitor populații ale unei anumite specii se pot deosebi după frecvența întâlnirii genelor alele aparte și prin garnitura lor;

✓ specia este unica unitate sistematică, care există real în natură; taxonii supraspecie sunt stabiliți în dependență de rezultatele cercetărilor desfășurate, de aceea opiniile în mediul comunității științifice referitoare la rangul anumitor grupe de organisme se pot deosebi;

✓ indivizii diferitor specii, de obicei, nu se încrucișează între ei (dacă o astfel de încrucișare are loc, hibridii interspecie de cele mai multe ori nu sunt capabili să se înmulțească);

✓ speciile sunt capabile să se schimbe, ele evoluționează;

✓ specia este o unitate ecologică: indivizii populațiilor interacționează ca un tot comun nu numai între ei, dar și cu populațiile altor specii ale unui anumit ecosistem.

Interesantsă ști



La elaborarea concepției biologice a speciei și-au adus o contribuție însemnată biologii americani **E. Mayr** și **T. Dobrjanski** (fig. 7.6). T. Dobrjanski este biolog evoluționist, genetician, zoolog, de origine ucraineană. S-a născut în or. Nemirov (regiunea Vinnyța), în perioada 1917–1921 a învățat la Universitatea „Sfântul Vladimir” din Kiev (în prezent – Universitatea Națională „Taras Șevcenko” din Kiev). În anul 1927 a obținut bursa Fondului Rockefeller, și s-a mutat cu traiul în SUA, a lucrat în vestitul laborator T.H. Morgan de pe lângă Universitatea Columbia (sarcină: amintiți-vă de contribuția lui T. H. Morgan la dezvoltarea geneticii). T. Dobrjanski, de asemenea, a participat la dezvoltarea teoriei sistematice a evoluției (sarcină: amintiți-vă de principiile ei de bază).



Fig. 7.6. Savanții, de numele cărora este legată crearea concepției biologice a speciei: 1 – **Ernst Walter Mayr** (1904–2005), profesor la Universitatea din Harvard (SUA); 2 – **Dobrjanski (Dobjanski) Feodosii (Teodosii)** (1900–1975)

**Codurile internaționale de nomenclură biologică.** În timpul creării denumirilor științifice ale taxonilor cercetătorii se conduc după principiile **codurilor nomenclaturii biologice**. Acestea sunt regulile care reglementează crearea și aplicarea denumirilor științifice ale organismelor. Există „Codul internațional al nomenclaturii zoologice”, „Codul internațional al nomenclaturii biologice”, „Codul internațional al nomenclaturii bacteriilor”, „Codul virusologic”.

Specia nouă pentru știință este considerată cea, care este descrisă în conformitate cu codurile internaționale de nomenclură biologică.

### Termeni și nuanțe-cheie

criteriile speciilor, semnele diagnostice, polimorfismul speciilor, specii duble, izolare reproductivă, concepția biologică a speciei, codurile internaționale ale nomenclaturii biologice.

### Verificați-vă cunoștințele



1. Care este determinarea contemporană a speciei? 2. Care criterii ale speciei cunoașteți? 3. Care criterii joacă rolul principal în stabilirea apartenenței la specie? De ce? 4. Ce este concepția speciei? 5. Pe care principii se bazează concepția biologică a speciei?

### Chibzuți



Cum din punctul de vedere al geneticii poate fi explicat polimorfismul între indivizii unei specii?

## §8. DIVERSITATEA VIRUSURILOR ȘI PRINCIPIILE CLASIFICĂRII LOR. VIRUSURILE NECANONICE: VIROIZII ȘI PRIONII

**Amintiți-vă**, ce este comun între natura vie și nevie și care este deosebirea între ele? Care sunt particularitățile structurii moleculei de ADN și ARN?

**Diversitatea virusurilor.** Noi toți ne-am confruntat cu bolile virale, de exemplu, cu gripa. Dimensiunile particulelor virale sunt atât de mici, încât ele pot fi văzute numai cu ajutorul microscopului electronic. Particularitatea importantă a virusurilor este incapacitatea de a da măcar un semn de viață în afara celulei vii, în care ele parazitează.

**Știința, care studiază structura și funcțiile virusurilor, particularitățile lor, căile de transmitere a agenților patogeni și metodele de tratare și profilaxie a bolilor infecțioase, se numește *virusologia*.**

### Memorizăm

**Virusurile** prezintă forme acelulare de viață. Ele sunt în exclusivitate paraziți intracelulari. Pentru regenerarea lor ele folosesc materialul de construcție și energia celulei-gazde. În rezultatul interacțiunii între virus și celula-gazdă apar bolile virale.

Infecțiile virale sunt cunoscute de omenire din cele mai vechi timpuri. Prima mărturie cunoscută despre infecția virală a fost descoperită pe un basoreliev din Memphis – capitala Egiptului antic. Pe el este reprezentat un preot cu semnele bolii virale – poliomielitei paralizante (fig. 8.1).

Fig. 8.1. Cea mai veche mărturie despre infecția virală – basorelieful din Memphis (anul 3500 î.e.n.).



### E interesant să știți



În anul 1796 a avut loc un eveniment important, datorită căruia în decursul următoarelor secole au fost salvați milioane de oameni. Medicul englez Edward Jenner l-a vaccinat pe un băiat de opt ani. El i-a introdus conținutul, obținut de o lucrătoare de la ferma de vite, care suferea de variolă. La băiatul, care niciodată n-a fost bolnav de variolă, s-a format o mică rană în locul introducerii virusului și ea s-a cicatrizat în decurs de două săptămâni. După o lună și jumătate E. Jenner conștient a introdus sub pielea băiatului lichid din pustula unui om bolnav de variolă, însă boala nu s-a dezvoltat.

Cu timpul, în 1885 cunoscutul savant francez, Louis Pasteur (fig. 8.2), pentru prima dată a încercat acțiunea vaccinului la om. El l-a vaccinat pe un copil, mușcat de un câine



Fig. 8.2. **Louis Pasteur** (1822–1895) – vestit microbiolog francez; a descoperit esența microbiologică a proceselor de fermentație și a multor boli la om; unul dintre fondatorii microbiologiei și imunologiei.

turbat, și astfel i-a salvat viața copilului. Deși pe atunci virusurile încă nu erau descoperite, anume L. Pasteur a propus termenii **virus** (din latină *virus* – otravă) și **vaccinarea** (în cinstea lui E. Jenner, din latină *vacca* – vacă).

Virusurile au fost descoperite de D.I. Ivanovski (fig. 8.3), când studia boala mozaicului tutunului. El a demonstrat că sucul plantelor afectate, implantate la cele sănătoase, cauzează îmbolnăvirea acestora. Aceasta se întâmplă și chiar după filtrarea sucului prin filtre ceramice cu diametru foarte mic, capabile să rețină cele mai mici bacterii. Savantul a presupus că agenții patogeni ai mozaicului tutunului sunt organisme foarte mici, însă ele nu au crescut în nici un mediu nutritiv. Această descoperire este recunoscută drept apariție a științei virusologiei.

Peste șase ani după ce D.I. Ivanovski a descoperit virusul mozaicului tutunului, savanții bacteriologi germani Friedrich Loeffler și Paul Frosch au demonstrat că agentul patogen al febrei aftoase la vite mari cornute este asemănător după particularitățile sale cu cel al bolii mozaicului tutunului – el, de asemenea, se filtrează. Astfel a fost stabilit că aceste „ființe” noi pot cauza boli infecțioase nu numai la plante, dar și la animale. Cu timpul, în anul 1900, Walter Reed a demonstrat că febra galbenă este cauzată de virusurile aduse de țânțari. În anul 1915 Frederik Twort a fost primul care a descoperit virusurile care afectează bacteriile. Felix d’Herrelle, lucrând independent de F. Twort, a numit aceste virusuri bacteriofage („mistuitoare de bacterii”) (fig. 8.4).

Un timp îndelungat, până la cea de a doua jumătate a secolului al XX-lea, comunitatea științifică mondială a discutat despre aceea dacă virusurile pot fi considerate obiecte ale naturii vii. Comparați argumentele „pentru” și „contra” și exprimați-vă părerea.



Fig. 8.3. **Dmitrii Ivanovski** (1864–1920) – fondatorul științei despre virusuri

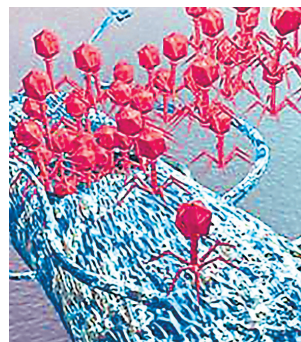


Fig.8.4. Bacteriofagii atacă celula bacteriei

Particularitățile potrivit cărora virusurile pot fi considerate obiecte ale naturii vii	Particularitățile care deosebesc virusurile de formele celulare de viață
1. Virusurile sunt capabile să se înmulțească (pentru ele este caracteristică ereditatea)	1. Virusurile nu au sisteme pentru sintetizarea propriilor proteine
2. Virusurile sunt capabile să se acomodeze la schimbările mediului înconjurător (pentru ele este caracteristică variabilitatea)	2. În componența particulelor virale poate intra numai un singur tip de acizi nucleici – sau ARN sau ADN
3. Virusurile dețin anumite nișe ecologice (parazitează numai în celulele anumitor tipuri)	3. Particulele virale nu sunt capabile de a crește
	4. Virusurile se pot cristaliza

Prin urmare, deoarece ereditatea și variabilitatea sunt proprietățile a tot ce este viu, virusurile, fără doar și poate, sunt obiecte ale naturii vii, deși aparțin la formele de viață acelulare. În prezent sunt cunoscute virusurile tuturor ființelor vii – ale omului, animalelor (vertebrate și nevertebrate), plantelor, ciupercilor, bacteriilor.

**Principiile de clasificare ale virusurilor.** Clasificarea virusurilor se bazează pe particularitățile structurii particulei virale și pe tipul acidului nucleic. În prezent ea se află în stadiul elaborării, cu aplicarea aceluiași principii ca la clasificarea procariotelor și eucariotelor. De exemplu, tipurile de virusuri sunt unite în genuri, genurile – în familii, familiile – în ordine. Unica deosebire – în virusologie nu se aplică principiul denumirilor duble ale speciilor. Virusurile sunt numite după semnele bolii, pe care ele o cauzează (virusul mozaicului tutunului, virusul deficitului imunitar uman), după locul unde acest virus a fost descoperit pentru prima dată (virusul Marburg, sau virusul febrei Marburg, virusul Nilului de Vest sau virusul febrei Nilului de Vest) etc. În corespundere cu concepțiile actuale, virusurile sunt separate în regnul formelor de viață acelulare – **Vira**.

**Virusurile necanonice.** În prezent în regnul Vira sunt trecute, de asemenea, și alte forme acelulare de viață, care la fel se află la nivelul molecular de organizare – **viroizii**. Ei, ca și virusurile, cauzează boli infecțioase datorită proprietății de autogenerare – transmiterea semnelor sale ereditare moleculelor-urmașe.

Viroizii au fost descoperiți în anul 1971 de către savantul american T. Diner (fig. 8.5.1), în timpul studierii bolii infecțioase la cartofi, cunoscută cu denumirea de „tubercule în formă de fus” (fig. 8.5, 2). Spre mirarea cercetătorului, în timpul analizei biochimice la agentul patogen curățit n-a dat de nici un indice de proteină. Infecția a fost cauzată de o moleculă ARN în formă de lanț închis (fig. 8.5, 3). Materialul genetic al viroidului nu codează nici o proteină, sarcina lui principală este autoregenerarea în celula-gază.

Тепер відомо багато різних захворювань рослин (віроїд екзокортису циї În prezent sunt cunoscute multe boli ale plantelor (exocortisul la citrice, boala „kang-kadang” la palmierii cocotieri, viroidul arsurilor solare la avocado etc.). La om, animale și bacterii asemenea agenți patogeni nu au fost descoperiți. Viroizii,

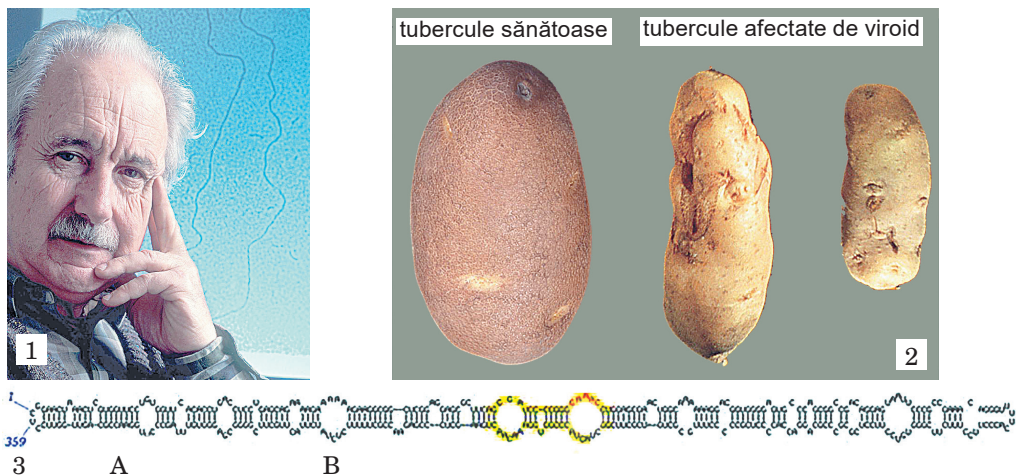


Fig. 8.5. 1 **Teodor Otto Diner** (născut în 1921). Tubercule de cartofi în formă de fus.  
3. Schema structurii viroidului ARN cu un singur lanț: A – segmentul complementar, B – segmentul necomplementar

ca și unele plante virale, se transmit de la o plantă la alta în timpul deteriorării mecanice. În celula infectată viroidul se îndreaptă spre nucleu sau spre cloroplast, unde folosește fermentul celular polimeraza pentru crearea propriilor molecule. Simptomele bolii se manifestă în rezultatul creării active a moleculelor de ARN ale viroidului, care cauzează procesul patologic în celula contagiată.

## Memorizăm

Viroizii sunt particule infecțioase, care prezintă molecule de ARN în formă de inel cu un singur lanț la un nivel molecular redus și nu codifică propriile proteine.

Una din realizările științifice ponderabile ale secolului al XX-lea în domeniul biologiei și medicinei este descoperirea, în 1982, de către biologul american, S. Prusiner (fig. 8.6, 1) a noului tip de agenți infecțioși – prionii.

**Prionii** (din engleză *proteinaceous infectious particles*) – particule de proteină infecțioasă. Este o formă anomală a proteinei care schimbă în formă asemănătoare proteinele deja existente. Prionii nu transmit semnele lor ereditare moleculelor-urmașe, căci sunt incapabili de a se înmulți. Acești agenți infecțioși cauzează boli incurabile ale sistemului nervos central al omului și animalelor – encefalopatii spongiforme.

Spre deosebire de alți agenți patogeni ai bolilor infecțioase, în special virusurile, prionii sunt foarte rezistenți la diferiți factori fizico-chimici (încălzirea, radiația ionizată și ultravioletă etc.). Prionii proteinelor formează particule în formă de tijă cu diametrul de 10–20 nm și cu o lungime de 100–200 nm – fibrele amiloide (fig.8.6, 3). După structură ele sunt polimeri: fiecare dintre ele conțin circa o mie de molecule ale prionului.

O analogie celulară a proteinei prionice infecțioase este proteina normală. Deosebirea între ele constă în conformarea moleculei de structură dublă și terță, în pofida faptului că structura primară este asemănătoare (succesiunea aminoacizilor). Proteina infecțioasă are o structură anomală trei-dimensională, capabilă să catalizeze transformările structurale ale proteinei celulare normale asemănătoare cu ea – prionice (fig. 8.6, 2).

La om prionii cauzează patru boli cunoscute: kuru, boala Kreutzfeldt-Iakob, sindromul Gerstmann-Straussler-Scheinker și insomnia înnăscută fatală.

Infectarea se produce de prionii, pe care îi conține hrana, deoarece ei nu sunt ruinați de fermentii sistemului digestiv. Pătrunzând fără obstacole prin pereții

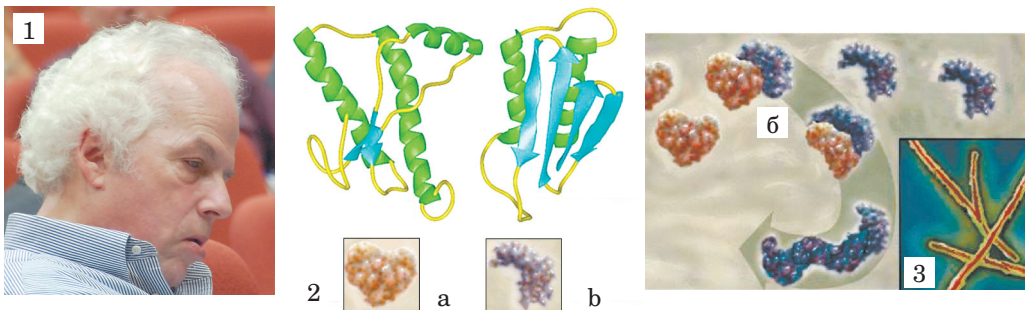


Fig. 8.8. 1. **Stanley Prusiner** (născut în 1942) – profesor la Universitatea California (SUA), pentru descoperirea prionilor în 1997 a primit Premiul Nobel. 2. Transformarea proteinei celulare normale (a) în prionică (b) cu crearea fibrelor amiloide (3)

subțiri ai intestinului, prionii nimeresc în sistemul nervos central. Un grup deosebit de boli prionice formează bolile ereditare, cauzate de mutația genei proteinei prionice.

Interesant să știi



În anul 1957 savantul american Karlton Gaiducek a descris o nouă boală – **kuru** – la reprezentanții tribului de papuași-canibali din Noua Guinee. Boala a apărut în rezultatul consumării ca hrană a creierului membrilor tribului decedați, în timpul ritualului canibalismului. Simptomele erau următoarele: dereglarea mersului, dureri în genunchi, dureri de cap, febră, tuse, guturai, slăbiciune totală. Particularitatea caracteristică a bolii este sporirea emoțiilor, râsul fără pricină, zâmbetul îndelungat. Anume din această cauză localnicii au numit kuru – „moartea care zâmbește”. Cu încetarea canibalismului, boala a dispărut.

**Scrapie** este o boală neurologică la oi, însoțită de pieirea animalelor. Boala era cunoscută în Anglia încă în anul 1732. Este afectat numai creierul. Țesutul creierului se aseamănă cu un burete. De aceea, scrapia este clasificată la encefalopatiile spongiforme.

Metode sigure de tratare a bolilor prionice, din păcate, deocamdată nu există, deși ele sunt căutate mereu.

### Termeni și nuanțe-cheie

virusurile, virusologia, virozii, prionii.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Cum au fost descoperite virusurile? 2. Care sisteme biologice aparțin la formele acelulare de viață? 3. Pe ce se bazează clasificarea virusurilor? 4. Care sunt particularitățile organizării virozilor? La care organisme ei parazitează? 5. Ce sunt prionii? Care boli ei cauzează?

#### Chibzuți



1. Ce este comun și deosebit între formele acelulare de viață și organismele care au structură celulară? 2. Prin ce structura ARN a virozilor se deosebește de structura ARN a eucariotelor?

## §9. PARTICULARITĂȚILE STRUCTURII ȘI FUNCȚIONAREA VIRUSURILOR

**Amintiți-vă** de felul cum este realizată în celulă informația genetică. Ce sunt replicarea, transcrierea și translarea?

Deoarece virusurile sunt paraziți nemijlocit ai celulelor, ele folosesc pentru crearea noilor particule nu numai energia, dar și toți compușii chimici, necesari pentru sinteza noilor particule virale. Deci, componența chimică a virusurilor este aproape echivalentă cu componența chimică a celulelor, în care ele parazitează.

**Particularitățile structurii virusurilor.** Virusurile pot fi împărțite în două grupe. De una din grupe țin virusurile, care sunt compuse numai din molecule de proteină și acizi nucleici (ADN și ARN). Ele sunt numite **virusuri simple**. Învelișul virusurilor simple – capsida – este compusă numai din proteine. De grupa a doua țin virusurile, din componența membranei cărora fac parte, de asemenea, moleculele de lipide și glucide. Ele sunt numite **virusuri compuse**. Deosebirile principale între aceste două grupe de virusuri constă în aceea că virusurile compuse în procesul de formare a lor ocupă o parte a membranei plasmatică a celulei-gazde și o folosesc ca înveliș extern pentru particulele virale.

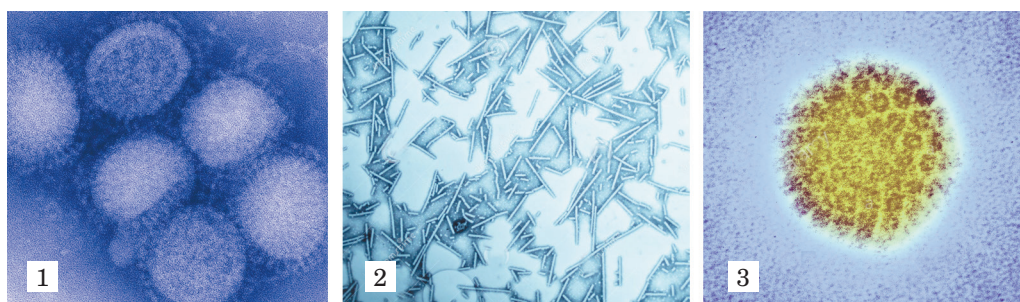


Fig. 9.1. Virusurile văzute la microscopul electronic: 1 – virusul gripei (virus compus, se vede foarte bine membrana externă); 2 – virusul mozaicului tutunului; 3 – virusul papilomă (2 și 3 sunt virusuri simple, învelișul lor nu au membrană externă)

### Memorizăm

Particulele virale, compuse din membrană și din una (sau două) molecule de acid nucleic (ADN sau ARN), se numesc **virioni**. În afara celulelor, în care parazitează virusurile, virionii nu dau nici un semn de viață.

În figura 9.1. este redată imaginea virusurilor simple și compuse, obținută la microscopul electronic. Atrageți atenție asupra deosebirilor în structura învelișului acestor particule virale.

**În componența particulelor virale poate exista numai un sigur tip de acizi nucleici – sau ADN, sau ARN. Aceste molecule îndeplinesc funcția de agenți ai informației ereditare.** Dacă în celulele procariotelor și eucariotelor moleculele ADN sunt numai cu două lanțuri, iar moleculele ARN – în marea lor majoritate cu un singur lanț, atunci la virusuri moleculele ADN și ARN pot fi atât cu două lanțuri, cât și cu un singur lanț.

În dependență ce tip de acizi nucleici intră în componența particulelor virale, virusurile se împart în **fagi ADN-** (cum ar fi, bacteriofagii, virușii herpesului la om) și în **fagi ARN-** (virusurile gripei, rujeolei, rabiei, encefalitei de căpușă, virusul imuno-deficienței umane (HIV), virusul mozaicului tutunului).

**Diversitatea virusurilor.** Și încă o deosebire importantă a virusurilor la procariote și eucariote constă în capacitatea lor unică de a crea noi particule virale-fiice. Virusurile, folosind compușii celulelor (acizii nucleici, nucleotidele), predispun sistemul de sinteză al celulei la sinteza compușilor proprii. În anumite segmente funcționale ale celulei particulele virale se adună cu un număr mare de proteine virale, sintetizate de celulă (structura acestor proteine codează genele acidului nucleic viral). Acest proces are loc nu numai în locul strict determinat, dar și în timpul strict determinat. Etapa finală a autoregenerării virusurilor este pătrunderea în membrana virusului a acidului lui nucleic. După aceasta virusul poate ieși din celulă, obținând capacitatea de a infecta noi celule.

Cea mai mare cantitate a virusurilor simple creează structuri simetrice. În dependență de tipul de virus, virionul poate avea diferite tipuri de simetrie: ico-saedric<sup>1</sup> (ea mai este numită cubică, de exemplu virusurile poliomielitei, papilomei), sau spirală (cum ar fi virusul mozaicului tutunului) (fig. 9.3, 1, 2).

<sup>1</sup>Icosaedru – poliedru cu douăzeci de fețe. Fiecare din cele 20 de fețe prezintă un triunghi cu laturile egale, numărul coastelor este egal cu 30, numărul înălțimilor cu 12.

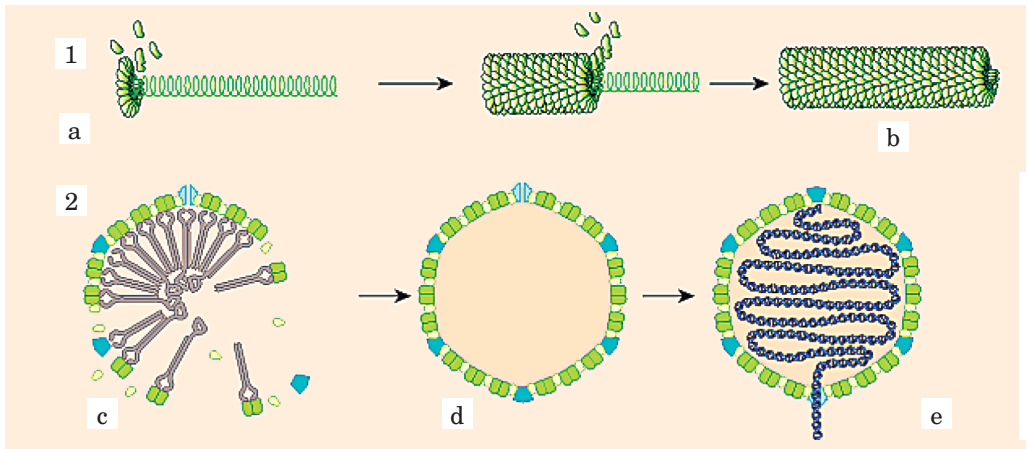


Fig.9.2. Autocompunerea virionilor: 1– formarea virionilor cu simetrie în formă de spirală: a – molecula de acid nucleic este înconjurată de moleculele de proteină; b – virionul format; 2 – formarea virionului cu simetrie icosaedrică; c – autocompunerea capsidei; d – formarea capsidelor; e – intrarea acidului nucleic al virusului în capsidă.

În unele bacteriofage virionul poate fi compus din „detalii”, care au atât simetria cubului, cât și a spiralei. În figura 9.3, 3 este redat bacteriofagul T4, la care măciucia cu molecula ADN în interior are forma simetrică a cubului, iar coada – a spiralei. Atrageți atenția că acest bacteriofag, în pofida structurii arhitectonice complicate, este un virus simplu, deoarece nu are membrana externă cu lipide și proteine.

Virusurile simple ies din celula afectată de cele mai multe ori în rezultatul afectării membranei celulei cu fermenți virali. La virusurile compuse procesul de autocompunere are loc la fel, însă la etapele târzii de maturizare particula virală ocupă un fragment al membranei celulare, pe care virusul o folosește ca înveliș extern. Acest proces este numit *înmugurire a virusului*.

În procesul evoluției la virusuri s-au format mecanisme specifice, datorită cărora ei au dobândit capacitatea de a pătrunde anume în acele celule, unde înmul-

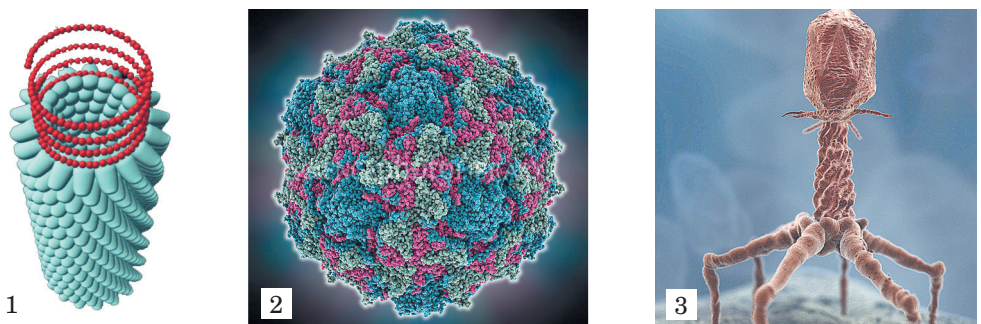


Fig. 9.3. Tipuri de simetrie ale particulelor virale ale virusurilor simple. 1. Modelul structurii virusurilor cu simetrie de tip spirală (virusul mozaicului tutunului). 2. Modelul structurii virusurilor cu simetrie de tip cub (virusul poliomielitei). 3. Bacteriofagul T4 (imagine obținută cu ajutorul microscopului electronic)

țirea lor este cea mai eficientă. E interesant faptul că diferite virusuri au dobândit diferite metode specifice de pătrundere în celulă de a se înmulți în ea. În următorul paragraf vom examina cum aceste procese se produc la virusurile plantelor, bacteriilor, animalelor și omului.

### Termeni și nuanțe-cheie

virusurile simple și compuse, capsidă, virion, fagi ARN și fagi ADN ai virusurilor.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt particularitățile structurii virusurilor simple și compuse? 2. Prin ce se deosebesc moleculele de acizi nucleici ale virusurilor de moleculele acizilor nucleici ale procariotelor și eucariotelor? 3. Prin ce se deosebesc autocompunerea particulelor virale de înmulțirea celulelor?

#### Chibzuți



De ce ieșirea particulelor virusurilor simple din celula infectată cauzează moartea acesteia?

## § 10. PARTICULARITĂȚILE ÎNMULȚIRII VIRUSURILOR PLANTELOR, BACTERIILOR, ANIMALELOR ȘI ALE OMULUI

**Amintiți-vă** ce este replicarea, transcrierea și translația. Care animale fac parte din încrengătura cordatelor?

**Virusurile plantelor.** Celulele vegetale, în afară de membrana plasmatică, sunt acoperite cu un înveliș celular din celuloză destul de trainic și mai gros, prin care nu pătrund virusurile. Pentru ca virusurile să pătrundă în citoplasma celulei-gazde, trebuie să o afecteze. Astfel, virusul mozaicului tutunului este transmis de la o plantă la alta prin frunzele cu lamina deteriorată sau prin rădăcină. Însă, majoritatea virusurilor plantelor s-au adaptat ca să pătrundă în diferite insecte sau nematode, care se hrănesc cu suc din anumite plante. În timpul nutriției aceste animale sparg cu aparatul gurii învelișul celular, devenind agenți patogeni ai infecțiilor virale ale plantelor și ciupercilor.

### Memorizăm

Virusurile plantelor nu au receptori specifici, cu ajutorul cărora ele ar putea alege celulele sensibile. În locul lor, acest lucru îl fac agenții patogeni – insectele sau nematodele.

Pătrunzând în citoplasma celulei, virusul se eliberează de informația sa genetică. La majoritatea virusurilor plantelor ea este înscrisă în formă de succesiune a nucleotidelor moleculei cu un singur lanț ARN. În componența informației genetice a virusului sunt două gene care codează fermentul viral specific<sup>1</sup>. Cu ajutorul lui informația de pe o moleculă ARN este transcrisă pe alta. Astfel, particulele virale-fiice primesc moleculele ARN, analogică cu cea „paternă”.

În timpul aflării virusului în celulă sintetizate diferite proteine virale. Unele dintre ele sunt folosite ca fermenți, care asigură regenerarea în continuare a moleculelor virale ARN, altele – proteine de structură din care se vor forma învelișurile noilor particule virale. Toate aceste procese sunt asigurate de organele celulei cu acizii nucleici și cu nucleotidele ei, dar și pe contul energiei acesteia. În rezultat, în citoplasma celulei se acumulează o cantitate mare atât de proteine de structură („blocuri de construcție” pentru particulele virale noi), cât și de molecule virale ARN. Din ele, în procesele de autocompunere în continuare se for-

<sup>1</sup> El este numit ARN-dependent ARN-polimerază (termenul a fost introdus nu pentru a fi memorizat).

mează noi fiice ale particulelor virale. Aceste formații noi de particule virale pot iarăși nimeri în corpul nematodei sau a insectei – agent patogen, și totul pornește de la început.

Cum se extinde în plantă infecția virală? Pentru infectarea celulelor vecine sunt folosite contactele intercelulare. De exemplu, ARN al virusului mozaicului tutunului este codat de o proteină specifică, numită *proteina mișcării*. Această proteină se unește cu ARN-ul virusului și îl trece prin contactul intercelular la celula vecină sănătoasă. Astfel infecția virală se răspândește pe țesutul principal al laminei frunzei. În alte organe ale plantei (de exemplu, în floare, rădăcină) virusurile pătrund odată cu mișcarea substanțelor nutritive pe floem (să ne amintim: acest țesut asigură transportarea soluțiilor prin plantă).

Deci, molecula virală ARN a mozaicului tutunului codează patru proteine: două dintre ele sunt componentii fermenților, care asigură transcrierea informației de pe o moleculă ARN pe alta, a treia este proteina de structură, care se folosește la formarea membranei particulelor virale, a patra – este proteina mișcării.

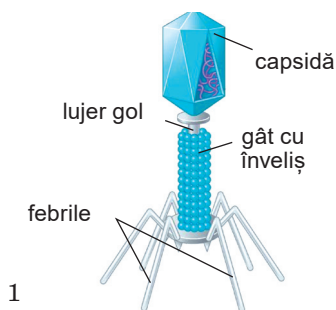


Fig. 10.1. Structura schematică a bacteriofagului T4

### Virusurile bacteriilor sau bacteriofagii.

Celula bacterică este apărată de mediul înconjurător cu un înveliș celular cu o structură complicată. De aceea, spre deosebire de virusurile plantelor, bacteriofagii au o altă strategie de pătrundere în citoplasma celulei-gazde. Vom examina acest proces pe exemplul bacteriofagului T4 (fig. 10.1). De coada părții lui virale sunt unite fibrele lungi – șase fire proteice, care se termină cu o structură specifică, ele îndeplinind funcția de receptori.

bacteriofagul se sprijină pe membrana celulei cu coada sa și pe contul contractării gâtului cu înveliș injectează molecula sa de ADN cu două lanțuri din măciulie (capsidă) (fig. 10.2).

Pe suprafața celulei bacterice se află compuși ai proteinelor și glucidelor (glicoproteide), cu care și contactează receptorii virusului. După aceasta

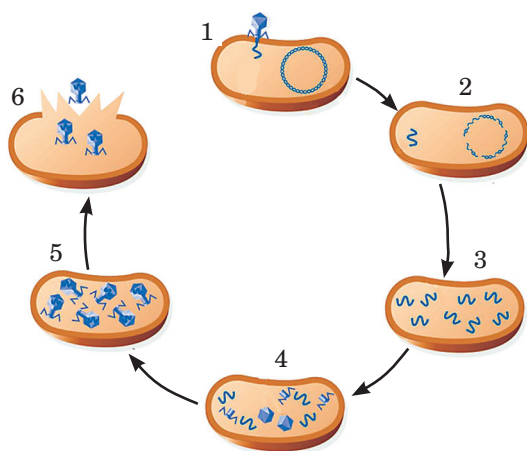


Fig. 10.2. Ciclul vital al bacteriofagului: 1 – bacteriofagul se fixează pe suprafața celulei E. coli și introduce în citoplasma ei molecula sa ADN; 2 – cu participarea fermentului bacteriofagului ADN al celulei bacterice se descompune în fragmente; 3 – cu participarea fermenților bacteriofagului și nucleotidelor celulei bacterice are loc replicarea ADN virale; 4 – cu participarea fermenților bacteriofagului are loc biosinteza proteinelor, din care se formează particulele virale; 5 – autocompunerea particulelor virale; 6 – ruinarea membranei E. coli, particulele virale ies în exterior

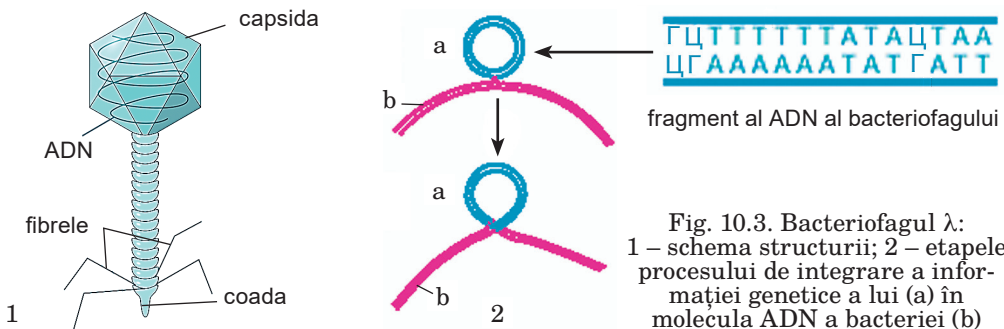


## Memorizăm

Spre deosebire de virusurile plantelor, bacteriofagii folosesc pentru căutarea celulelor sensibile receptori foarte specifici, stabiliți pe suprafața particulelor virale ale lor.

Deoarece informația genetică a bacteriofagului T4 este molecula ADN cu două lanțuri, după pătrunderea în citoplasmă virusul folosește fermenții celulari, necesari pentru asigurarea propriei înmulțiri. Într-o perioadă foarte scurtă de timp (20–40 minute) în celula infectată se acumulează o cantitate mare de proteine virale de structură și copiile ADN ale virusului. După autocompunere în citoplasma bacteriei se creează circa 100 noi particule virale. Fermenții specifici din interior sparg membrana celulară a bacteriei, cauzând pătrunderea în exterior a particulelor virale.

Bacteriofagul T4 este un exemplu clasic al infecției, după care celula infectată moare. Pe exemplul altui virus, bacteriofagul  $\lambda$  (bacteriofagul lambda), vom lua cunoștință de un fenomen biologic interesant – montarea informației genetice a virusului în informația genetică a bacteriei-gazdă (fig. 10.3). Stadiile primare ale infecției acestui fag sunt aproape la fel, ca și la bacteriofagul T4: căutarea celulei sensibile la virus, interacțiunea cu receptorii specifici din componența membranei celulei bacterice, introducerea ADN al bacteriofagului în citoplasma bacteriei.



Bacteriofagul lambda nu are înveliș contractat al cozii, de aceea el despică segmentul în peretele celular al bacteriei cu proprii fermenți. În anumite condiții acest virus nu se înmulțește în bacteria infectată, dar își montează materialul său genetic în molecula ADN a acesteia. Infecția virală în celula bacteriei nu se dezvoltă, celula rămâne aptă. Sub acțiunea unor factori extremi (razele ultraviolete, temperaturile înalte, acțiunea altor factori mutanți etc.) informația genetică a virusului se poate „deștepta” și pune în funcțiune programul de înmulțire a virusului, care se încheie cu adunarea noilor particule virale, dizolvarea membranei celulei și cu ieșirea urmașilor virusului în mediul înconjurător. Acesta este un exemplu de aducere a informației genetice străine în informația genetică a celulei-gazde. În prezent acest fenomen este folosit pe larg în ingineria genelor și în biotehnologii.

**Virusurile omului și animalelor.** Particularitățile înmulțirii virusurilor omului și animalelor le vom examina în baza exemplului virusului poliomielitei și virusului imuno-deficienței umane. Primul este un virus simplu, al doilea – compus. *Virusul poliomielitei* folosește receptorii specifici la căutarea și fixarea de celula sensibilă (fig.10.4), stabiliți în vârful particulei virale (1). După unirea

particulei virale cu membrana plasmatică aceasta se îndoaie la mijloc (2) și formează o vezică care transportă virusul către reticulul endoplasmatic (3). În acest segment al citoplasmei informația genetică a virusului (molecula ARN cu un singur lanț) se eliberează de înveliș și este folosită la sinteza proteinelor virale. Iar în continuare atât molecula ARN virală, cât și fermenții virali, care asigură transcrierea informației de pe o moleculă ARN pe alta, este transportată la nucleu (4, 5). Acolo sunt sintetizate noile molecule ARN virale (6–9). În acest moment componentele nucleului celulei se ruinează și aceasta duce la moartea ei. Numărul mare de molecule ARN virale ies din nucleu, și în procesul de autocompunere sunt formate noi particule virale (10, 11), care intră în spațiul extracelular în rezultatul ruinării învelișului celular (12, 13).

În baza exemplului *virusului imuno-deficienței umane* (HIV) vom lua cunoștință cum se formează particule virale compuse.

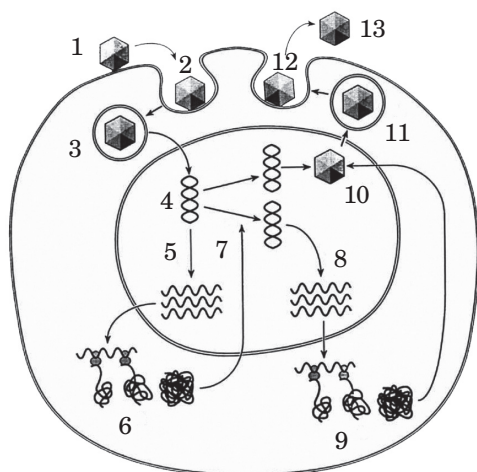


Fig. 10.4. Ciclul viral al poliomielitei

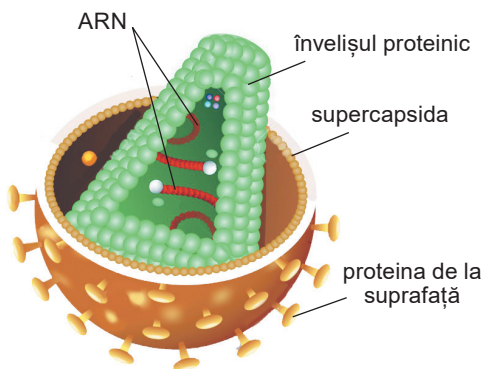


Fig. 10.5. Schema structurii virusului imuno-deficienței umane (HIV)

Materiul genetic al acestui virus (fig. 10.5) prezintă două molecule ARN cu un singur lanț asemănătoare, înconjurate de înveliș proteic. În exteriorul ei mai este un înveliș (supercapsidă), care este un segment al membranei celulei, în care a intrat acest virus. Ea este incrustată cu două proteine virale complicate. În componența particulei virale (spre deosebire de virusul poliomielitei) intră de asemenea proteine specifice-fermenți. Principalul este fermentul<sup>1</sup>, funcția de bază a căruia este retranscrierea informației genetice de pe molecula ARN pe molecula ADN.

HIV folosește pentru căutarea celulei sensibile și fixarea de ea (de obicei, sunt T-limfocite) un receptor special – proteina de la suprafață (fig. 10.5). În rezultatul interacțiunii cu proteinele celulei, aflate pe suprafața ei, virusul este absorbit în partea externă de membrana plasmatică. Supercapsida virusului se contopește cu membrana plasmatică a celulei și ARN-ul virusului, înconjurat de proteine, nimereste în citoplasma celulei. ARN-ul virusului se eliberează și fermentul viral folosește molecula ARN virală ca matriță, pe care este sintetizată molecula ADN cu două lanțuri.

<sup>1</sup> ARN - dependent ADN - polimerasa, sau transcriptasa reversă: denumire folosită nu pentru a fi memorizată.

La următoarea etapă infecțiile, datorită altui ferment viral, ADN HIV cu două lanțuri, nou-sintetizat este transportat la nucleul celulei, unde interacționează cu unul din cromozomii aparatului său genetic. După ce această interacțiune a avut loc, ADN viral în componența informației genetice celulare (sau provirus) poate un timp îndelungat să coexiste cu cromozomul, fără să realizeze informația genetică virală proprie. La pacienții infectați cu HIV la această etapă a infecției virale simptomele bolii nu se manifestă. Însă, sub influența anumitor factori ai mediului celular ADN viral se poate activa, începe transcrierea lui și apoi – sinteza proteinelor virale. Proteinele, care răspund de crearea membranei externe (supercapsidei), pătrund în membrana plasmatică. Ele se montează în aceasta din interior, formând segmente, fiind folosite în continuare de virus ca înveliș extern pentru particulele virale.

Moleculele ARN HIV nou-sintetizate (câte două molecule la fiecare particulă virală) în procesul de autocompunere interacționează cu proteinele de structură ale virusului, în rezultatul căruia se formează miezul și care se va deplasa spre segmentul membranei plasmatică deja cu proteine de suprafață virale încrustate. Etapa finală a dezvoltării infecției HIV este ieșirea particulelor virale pe contul înmuguririi de la membrana celulei. Într-o celulă infectată pot fi sintetizate circa o sută de noi particule virale. Concomitent cu înmugurirea lor de la membrana plasmatică, celula moare. Deoarece HIV afectează T-limfocite, pierrea acestora duce la deficitul imunitar al celulelor în organism și respectiv la reducerea imunității întregului organism. De aici și provine denumirea lui – virusul imuno-deficienței umane. *Să ne amintim:* virusul imuno-deficienței umane este sindromul<sup>1</sup> imunodeficienței umane dobândite (SIDA).

Interesant să știi



Virusologii francezi Françoise Barre-Sinoussi și Luc Antuan Montagnier (fig. 10.6) au cercetat retrovirusurile la Institutul Pasteur. În anul 1983 F. Barre-Sinoussi a descoperit virusul-agent patogen al SIDA. La 20 mai 1983 ea, împreună cu colaboratorii săi, a publicat un articol în revista „Science”, în care a comunicat despre descoperirea unui nou retrovirus, care mai târziu a fost numit „virusul imuno-deficienței umane”. În anul 1984 acest virus a fost descoperit de sine stătător de cercetătorul american, Robert Gallo. **Retrovirusurile** – familie de ARN-cu viruși și infectează în cea mai mare parte oamenii și animalele cordate. Caracteristica acestor virusuri constă în aceea că molecula ARN a lor este folosită ca matriță, pe care este sintetizată molecula ADN cu două lanțuri.

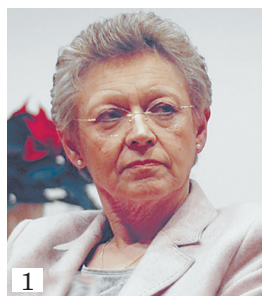


Fig. 10.6. Savanții – laureații Premiului Nobel pentru fiziologie și medicină în anul 2008, care au descoperit virusul imuno-deficienței umane: 1 – **Françoise Barre-Sinoussi** (născută în 1947); 2 – **Luc Antuan Montagnier** (născut în 1947)

<sup>1</sup>Sindrom (din elenă *sindrome* – cel care aleargă împreună) – unirea semnelor (simptomelor) unei anumite boli.

Se înțelege, că exemplele citate privind mijloacele de înmulțire a virusurilor nu cuprind întreaga diversitate a acestor procese. Însă ele ilustrează principiile de bază de formare a noilor particule virale.

### Termeni și nuanțe-cheie

virusul imuno-deficienței umane (HIV), sindromul imunodeficienței umane dobândite (SIDA).

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care virusuri infectează plantele? 2. Care sunt particularitățile înmulțirii virusurilor plantelor?
3. Care sunt particularitățile înmulțirii bacteriofagilor? 4. Care sunt particularitățile structurii și ciclului vital al virusului imuno-deficienței umane?

#### **Chibzuți!**



Amintiți-vă de ipoteza lumii ARN. Ce este comun între principiile ei și realizarea informației ereditare HIV?

## §11. IPOTEZELE ORIGINII VIRUSURILOR. ROLUL VIRUSURILOR ÎN EVOLUȚIA LUMII ORGANICE

**Amintiți-vă** ipotezele apariției vieții pe Pământ. Care sunt principiile de bază ale ipotezei lumii ARN? Ce este genomul? În ce constă metoda biologică a luptei cu organismele dăunătoare?

**Ipoteza apariției virusurilor.** În momentul de față nu există o opinie unică în ceea ce privește apariția virusurilor. În virusologie sunt examinate trei ipoteze de bază. Potrivit **ipotezei evoluției regresive** (din latină *regresus* – mișcarea inversă, întoarcere), virusurile sunt create din proteine, care și-au pierdut organelele. Din păcate, dovezi convingătoare ale acestei ipoteze nu există.

Potrivit **ipotezei evoluției paralele**, virusurile au apărut în timpurile străvechi independent de celule, folosind posibilitățile lor până la transformarea energiei și sinteza proteinelor. În ultimul timp mulți savanți se referă mai des la această ipoteză, deoarece în folosul lor apar tot mai multe dovezi, inclusiv referitoare la evoluția ARN.

În corespundere **cu ipoteza „genelor turbate”**, propusă de J. Watson, virusurile – segmentele cu material ereditar al celulei, au ieșit de sub controlul lor și au început să existe de sine stătător.

**Rolul virusurilor în evoluția lumii organice.** Materialul ereditar al virusurilor poate fi găsit oriunde – de la plămâni omului sănătos<sup>1</sup>, cate până la găsirea la ei a elementelor genetice ale virusurilor erau considerați sterili, până la adâncimile Oceanului Mondial.

Virusurile sunt capabile să-și schimbe proprietățile, datorită cărui fapt ne putem îmbolnăvi de una și aceeași boală virală de câteva ori. Să examinăm aceasta pe exemplul ARN-conținând virusul gripal (fig. 11.1). Genomul virusului este compus din opt fragmente ARN, în care sunt codate zece proteine, dintre care de suprafață – hemaglutinină (însemnată

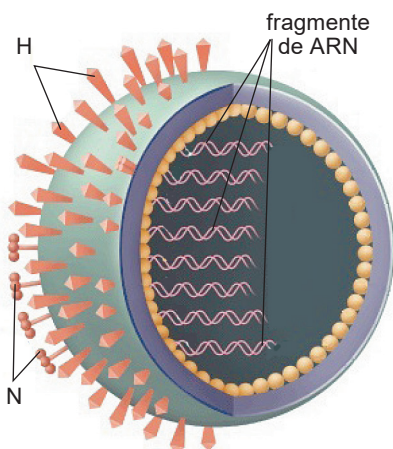


Fig. 11.1. Schema structurii virusului gripal

<sup>1</sup>În medie, în plămâni omului sănătos pot fi depistate circa 170 de virusuri, majoritatea lor fiind necunoscute.

cu H) și fermentul neuraminidazei (N). Diferite stemuri ale virusului se deosebesc după aceste proteine. În denumirea stemului se arată tipul de hemaglutinină și neuraminidază (H1N1). Însăși ARN al virusului este în stare să se schimbe în rezultatul mutației. Astfel se formează ipotetic **stemuri virale** neomogene.

**Stemurile sunt variantele unei specii de virus, care se deosebesc între ele (analogice pot fi stemurile de bacterii – urmașii unei celule).**

Însă, cauza principală a variabilității virusurilor constă în altceva. De exemplu, virusurile gripale la om sunt foarte înrudite cu virusurile gripale ale păsărilor sălbatice și porcilor. Se consideră că virusul gripal a nimerit în populațiile oamenilor anume de la păsări. Aceasta o confirmă faptul că în prezent la virusurile, apărute de la păsări, sunt cunoscute toate combinațiile posibile ale celor 16 tipuri ale proteinei de suprafață hemaglutinină (H) și 9 tipuri ale fermentului neuraminidazei (N). În același timp, pentru virusurile omului este cunoscută doar o parte neînsemnată a unor astfel de combinații, cum ar fi H1N1 (așa-numita gripă porcină) sau H3N3. Îngrijorarea comunității mondiale de posibila dezvoltare a epidemiei de „gripă aviară” anume este legată de apariția noului tip de proteină hemaglutinină, care anterior nu nimeria în membrana virusului omului – H5N1. Dar și tipul binecunoscut H1N1 poate din nou deveni foarte periculos după adaptarea lui la organismul porcului.

**Cum dobândește virusul noi indici?** Când într-o celulă nimeriște nu un virus, ci doi sau mai mulți (deseori se întâmplă așa), este posibil schimbul unuia sau a câtorva segmente ale ARN între diferite virusuri. În acest mod virusurile pot dobândi noi particularități, în primul rând, a celei de a „scăpa” de supravegherea imunității organismului-gazdă. Un astfel de schimb de segmente ale genomului la virusul gripal se numește *reasortare* (fig. 11.2). Savanții presupun că anume așa a apărut virusul gripal, care a cauzat epidemia „gripei spaniole” din 1918.

Virusurile care cauzează „răceli” la om – rinovirusurile influențează foarte moale asupra organismului. Până la 40 % din numărul oamenilor, la care a fost depistat acest virus, nici n-au simțit simptomele acestei boli. Majoritatea celor, la care asemenea simptome se dezvoltă, se însănătoșesc la o săptămână. Însă rinovirusurile, pe de o parte, pot „deschide calea” altor agenți patogeni ai unor boli cu mult mai periculoase, iar pe de altă parte, influențează pozitiv asupra stăpânului lor. Omul, care în copilărie a suferit de „răceală” cauzată de rinovirusuri, e mai puțin predispus la bolile, legate de dereglări imunitare.

Circularea virusurilor între microorganismele maritime a influențat asupra existenței vieții pe Pământ. După cum știți, unii bacteriofagi (fagul lambda; vezi fig. 10.3) sunt capabili un timp îndelungat să se afle în celula afectată, montându-și genomul în genomul bacteriei.

Atâta timp cât ADN viral rămâne neschimbat, virusul se poate „elibera” și „ruina” celula. Dar dacă fagul ADN se schimbă în rezultatul mutației, virusul poate pierde capacitatea de a se elibera și rămâne în genomul celulei, devenind o

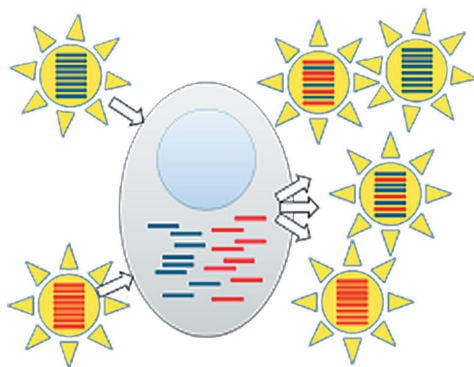


Fig. 10.2. Schimbul de fragmente (reasortarea) moleculelor ARN la virusul gripal. *Sarcină*: determinați câte noi stemuri de virus au apărut în rezultatul resortării.

parte a ei. Genomul fagului, de asemenea, se poate schimba, „acaparând” o oarecare genă a celulei-gazde atunci când se eliberează. În acest caz virusul va transmite aceste gene următoarelor celule infectate. Uneori asemenea gene împrumutate îi dau celulei – care poartă virusul – avantaje evoluționiste, făcând-o să se acomodeze pentru a supraviețui.

E interesant să știi



Potrivit calculelor oamenilor de știință, în Oceanul Mondial există circa  $10^{30}$  virusuri, majoritatea lor fiind bacteriofagi. În fiecare zi fagii „maritimi” distrug aproape jumătate din toate bacteriile Oceanului Mondial, ținând sub control numărul lor.

Istoria coexistenței virusurilor și celulelor durează miliarde de ani. Din păcate, ea nu poate fi urmărită după oarecare resturi împietrite, deoarece virusurile nu lasă așa ceva după ele. Însă virusurile „lasă urme” în genomul gazdelor lor. Savanții pot urmări genele, transmise de virusurile străvechi gazdelor lor, comparând genomurile speciilor care provin de la un strămoș comun. Astfel a fost descoperit că genomurile tuturor ființelor vii conțin gene, aduse de virusuri. Genomul omului conține circa 100 mii fragmente de ADN ale retrovirusurilor endogene, ceea ce constituie 8 % din genomul omului. Termenul endogene (din elenă endon – în interior și genos – gen) arată spre „proveniența internă” a acestor virusuri. Retrovirusurile endogene sunt urmașii virusurilor străvechi, care la fel ca și HIV, au creat ADN propriu cu genom al celulelor sexuale ale gazdei și au pierdut capacitatea de a se elibera de ele. În prezent genomurile acestor virusuri sub formă de ADN cu două lanțuri sunt permanent în componența cromozomului celular și funcționează ca garnitură de gene celulare. Un timp îndelungat se considera că virusurile genelor în ADN la om nu joacă nici un rol (formează așa-numitul ADN pentru deșeuri). Însă, ultimele descoperiri au arătat, că unele gene virale continuă să funcționeze. În deosebi, retrovirusurile endogene susțin una din principalele funcții ale celulelor stem – capacitatea de a pune începutul oricărui alt tip de celule în organismul nostru. Prelucrarea celulelor stem cu substanțe, care au atenuat activismul genelor retrovirale duc la pierderea de către celule a particularităților lor.

Multe țesuturi din organismul nostru (de exemplu, pielea, mușchii, oasele) sunt compuse din celule cu mai multe nuclee, create sub influența proteinelor „virale”. Formarea placentei la animalele vertebrate, de asemenea, sunt legate de prezența în genom a unuia din aceste elemente retrovirale. S-a constatat că din primele zile (încă în pântecul mamei) omul se află protejat anume de aceste retrovirusuri endogene. Embrionul omului conține o genă componentă a retrovirusului, care a pătruns în organismul omului cu circa 200 mii de ani în urmă. Această componentă reglementează activismul celulelor și împiedică pătrunderea altor infecții în făt, de exemplu, îl apără de gripă.

Cercetarea genomurilor virusurilor endogene are o mare însemnătate și pentru sistematică. Studiarea lor oferă posibilitatea să fie urmărite legăturile filogenetice între diferite specii de animale. Materialul genetic al unuia și aceluiași retrovirus poate fi prezent la două animale în una și aceeași poziție în ADN numai în cazul dacă aceste animale provin de la străbun comun. Unele din aceste retrovirusuri se întâlnesc numai în genomul omului. Altele – numai la cimpanzeu și la om (prin aceasta se confirmă proveniența omului și a cimpanzeului de la strămoșul comun). Succesiunea se întâlnește la gorilă, cimpanzeu și om și atestă despre aceea că aceste primat și omul au un străbun comun, dar foarte îndepărtat.

Fig. 11.3. Rotiferele – animale mici nevertebrate. Aceste animale au capacitatea să reziste un timp îndelungat în condiții nefavorabile: în stare uscată ele rezistă timp de 5 minute la temperaturi până la +100 °C și în decurs de 4 ore la îngheț de –271 °C



Deci, virusurile sunt o componentă inalienabilă a diferitor procese de evoluție pe planeta noastră. Cu participarea lor are loc schimbul de segmente ADN (de gene) între diferite specii biologice. Acest proces este numit **mutarea orizontală a genelor**.

Capacitatea virusurilor de a muta genele dintr-o celulă în alta este folosită pe larg în ingineria genetică. O parte din genomul viral, care conține gene neînsemnate pentru reproducerea virusului, este înlocuit cu succesiunea de nucleotide, în care este codată proteina necesară omului. Astfel, omul obține în mod artificial noi combinații de gene – recombinării – în cadrul genomului propriu. Infectată de acest virus recombinat, celula începe să producă proteina respectivă. În asemenea caz virusul nu-și pierde capacitatea de reproducere, de a ieși din celula infectată și a infecta altele, adică de a mări în acest mod numărul celulelor, care sintetizează această proteină.

Interesant să știți



În rezervoarele cu apă și în solul umed trăiesc animale mici multicelulare – rotiferele (fig. 11.3). Imaginați-vă: cel mai mic reprezentant al rotiferelor are o lungime de 0,04 milimetri! În genomul acestor animale au fost descoperite zeci de gene, împrumutate de la reprezentanții altor grupe de organisme: bacterii, plante, ciuperci. Se presupune că genomul rotiferelor „s-a îmbogățit” cu participarea virusurilor.

Un rol important al virusurilor în biosferă este controlul asupra numărului populațiilor de organisme, în care ele parazitează. Această proprietate a virusurilor este folosită de om la elaborarea metodelor biologice împotriva organismelor-dăunătoare.

### **Termeni și nuanțe-cheie**

stemul virusurilor, reasortarea, mutarea orizontală a genelor.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. . Numiți ipotezele, care explică originea virusurilor. Care dintre ele, în opinia voastră, este mai mult verosimilă? 2. Datorită căror procese se mărește diversitatea virusurilor? 3. Care este rolul virusurilor în evoluția lumii organice?

#### **Chibzuți**



Care poate fi influența pozitivă a virusurilor asupra organismului-gazdă?

## **§12. DIVERSITATEA PROCARIOTELOR ȘI PRINCIPIILE DE CLASIFICARE A LOR**

**Amintiți-vă** particularitățile structurii celulelor procariote și eucariote. Cum acționează antibioticele? Care este structura genelor eucariotelor? Ce sunt intronii și exonii? Ce sunt plasmidele? Care organisme sunt numite saprotrofe, simbiotrofe, aerobe și anaerobe? Care este structura membranei plasmatică?

**Procariotele** sunt organisme cu două nuclee, care includ două domenii: Arheele și Bacteriile. De domeniul Bacterii țin bacteriile propriu zise, cianobacteriile, actinomicetele și mycoplasmele (fig. 12.1). La ora actuală sunt descrise peste 3000 de specii

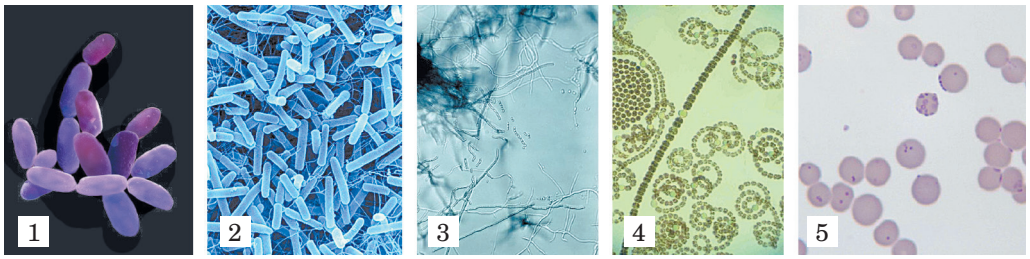


Fig. 12.1. Diversitatea procariotelor: 1 – arhee; 2 – bacterii (*E. coli*); 3 – actinomicete; 4 – cianobacterii; 5 – mycoplasme

de procariote, însă numărul lor real în natură este cu mult mai mare. Bacteriile sunt studiate de știința **bacteriologia**. Bazele acestei științe au fost puse de vestiții savanți-microbiologi L. Pasteur (fig. 8.2), S. M. Vinogradski (fig. 12.2) și de alții.

În anul 1990 Carl Woese a propus sistemul de clasificare biologică cu denumirea „Sistemul celor trei domenii”, în conformitate toate organismele au fost împărțite în trei domenii: Arheele, Bacteriile și Eucariotele.

**Arheele** sunt considerate cele mai vechi organisme de pe Pământ. În prezent există circa 700 specii de arhee. Celulele arheelor au dimensiuni microscopice, în medie circa 1 mkm, iar membrana celulară, spre deosebire de bacterii, nu conține mureină. În locul ei este polizaharida de pseudomureină, care condiționează insensibilitatea arheelor la unele antibiotice.

Forma celulei diferitor specii de arhee este diversă: sferică, în formă de bastonaș (fig.12.1, 1), spirală, triunghiulară, dreptunghiulară. Celulele multor specii au flagele. Genomul arheelor constituie molecula ADN cu două lanțuri inelară. În celulele



arheelor sunt plasmide inelare, ribozomi care după dimensiuni amintesc ribozomii procariotelor, iar după formă – cei ai eucariotelor. Arheele nu sunt în stare să sintetizeze fermenții hidrolitici, care asigură descompunerea compușilor organici complicați, de aceea însușesc numai substanțe simple.

Fig. 12.2. **Vinogradski Serghii** (1856–1953) microbiolog cu renume mondial. S-a născut la Kiev, a descoperit procesul chemosintezei, a înființat o nouă direcție în cercetarea microorganismelor – microbiologia solurilor

Einteresantsăști



Deseori arheele sunt descoperite în condiții extreme. De exemplu, între ele sunt specii, capabile să trăiască în izvoare fierbinți (cu temperatura de +45°...+113 °C), la fel și specii care rezistă la temperaturi joase (–10°...+ 15 °C). Sunt specii care rezistă la o presiune până la 700 atmosfere.

Între arhee se întâlnesc specii atât aerobe, cât și anaerobe, atât autotrofe (hemotrofe și fototrofe), cât și heterotrofe. Numai o singură specie de arhee ține de cele parazitare. Unele arhee sunt capabile să fixeze azotul din atmosferă, mai există specii care formează metan. Ele transformă CO în metan. Aceste specii (un fenomen unic între organisme) trăiesc în condiții anaerobe: în solurile cu umiditate sporită, mlaștini, în nămolul rezervoarelor de apă, în instalațiile de epurare a apei, în abdomenul animalelor rumegătoare (*amintiți-vă* de particularitățile structurii stomacului acestor animale). Metanul se formează la ele ca un produs



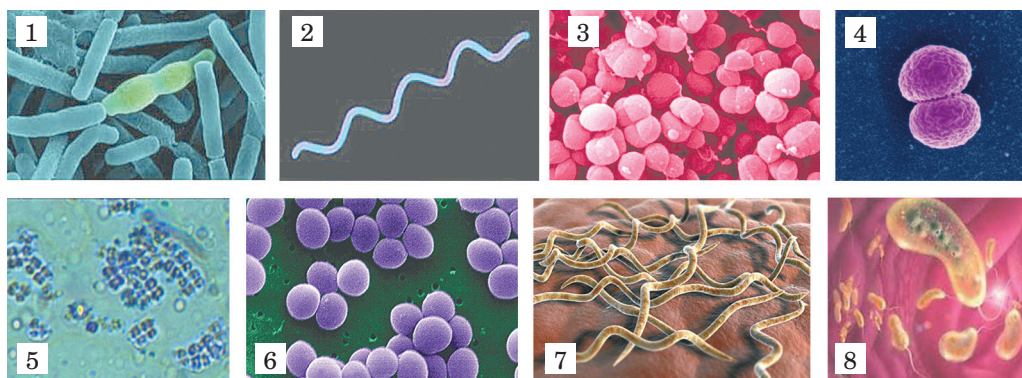
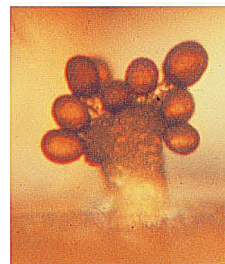


Fig. 12.3. Forma celulelor bacteriilor: 1 – bacile; 2 – spirală; 3 – coci; 4 – diplococi; 5 – tetracoci; 6 – stafilococi; 7 – spirochetă; 8 – vibrioni

suplimentar al procesului metabolismului. Între arhee sunt, de asemenea, specii oxidante și de reînnoire a Sulfului. Arheele se înmulțesc prin divizarea celulelor în două, prin înmugurire și prin fragmentație. Între arhee sunt specii cu perspectivă, care pot fi folosite la utilizarea resturilor organice.

Din categoria **bacteriilor** fac parte specii diverse după particularitățile structurii celulelor și procesele vitale. Dimensiunile celulelor bacteriilor sunt în medie de circa 0,5–5 mkm. Forma celulelor, de asemenea este diferită: sferică (*coci*), în formă de baston (*bacile*), în formă de coamă (*vibrioni*), în formă de spirală (*spirală*), în formă de spirală lungă și răsucită (*spirocheta*) etc. Cocii adunați în perechi se numesc *diplococi*, în patru – *tetracoci*, în formă de strugure – *stafilococi*, în formă de fire – *streptococi* etc. (fig. 12.3). Acestea sunt exemple de forme coloniale. Există și specii multicelulare (între cianobacterii și actinomicete).

Totalitatea celulelor procariotelor, unite prin mucoasa eliminată de ele, se numește *biopeliculă*. De obicei, aceasta este o unire întâmplătoare a unor organisme aparte, însă uneori o astfel de asociație este legată de îndeplinirea unei anumite funcții. De exemplu, creând „corpuri fructuoase” mixobacteriile (fig. 12.4) asigură posibilitatea formării mixosporilor, pe când celulele singuraticice nu sunt capabile de aceasta. Unele bacterii sunt imobile, altele se pot mișca cu ajutorul flagelilor sau prin eliminarea mucoasei.



Мал. 12.4. Міксобактерії, що утворили плодове тіло

Еnterесant să ști! →

Mixobacteriile trăiesc mai mult în sol. Se mișcă activ prin patinare. Ele sunt un fel de răpitoare, ținându-se în grupuri mari și „vânează” la alte bacterii. În componența unui astfel de grup mixobacteriile elimină în exterior fermenți, necesari pentru digestia celulelor pradă. Atunci când există insuficiență de hrană, mixobacteriile creează „corpuri fructifere” din sute de mii de celule. Mixobacteriile sunt folosite în industria biomedicală pentru obținerea unor antibiotice.

Celula bacteriei este înconjurată de membrană plasmatică și de înveliș celular. Din componența ei face parte polizaharida cu multe molecule **mureina** (îi dă tărie).

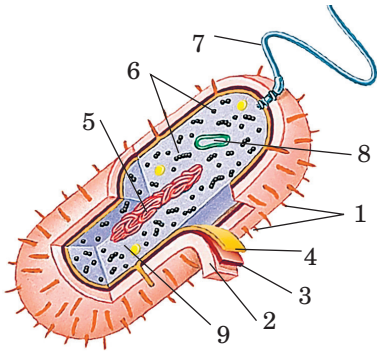


Fig. 12.5. Structura celulei bacteriene: 1 – pili (fibriile); 2 – capsula; 3 – peretele celular; 4 – membrana plasmatică; 5 – nucleoidul (atrageți atenția asupra formei moleculei ADN); 6 – ribozomii; 7 – flagelul; 8 – plasmida; 9 – citoplasma

Peretele celular al bacteriei are *particularități antigene*, adică componentele sistemului imunitar al organismului-gazdă le recunosc ca străine. Datorită acestui fapt, anumite leucocite „recunosc” bacteriile bolii și produc împotriva lor anticorpi. Polizaharidele false ale peretelui

celular le dau posibilitate celulelor bacteriilor să se lipească de anumite substraturi (celulele eucariotelor, emailul dinților etc.), precum și să se lipească între ele.

La multe bacterii, de asupra peretelui celular uneori este fixată **capsula** de protecție – o sferă amorfă din polizaharide. Ea nu este legată puternic cu celula și se ruinează ușor sub acțiunea anumitor compuși.

Ca și la arhee, celulele bacteriilor nu au un nucleu format, iar materialul lor ereditar de cele mai multe ori este prezentat de molecula ADN în formă de inel. Această moleculă ADN este fixată pe suprafața internă a membranei plasmatică (fig. 12.5). Segmentul de citoplasmă, unde se află materialul ereditar al procariotelor – zona nucleului, se numește **nucleoid** (fig. 12.5). În segmentul nucleoidului se află fibre subțiri de proteină și molecule ARN (de cele mai multe ori ARN-m). În citoplasma multor bacterii se află molecule mici ADN în formă de inel – **plasmide** (*amintiți-vă*: ele mai sunt numite factori ereditari în afara cromozomilor).

Cianobacteriile au cea mai complicată structură între toate procariotele (fig. 12.6). Strămoșii lor au fost printre primii care au populat planeta noastră (au apărut cu 3,5–3,8 milioane de ani în urmă). Anume cianobacteriile sunt considerate posibili predecesori ai cloroplastelor algelor (*amintiți-vă* de teoria simbiogenezei). Între cianobacterii sunt forme unicelulare, coloniale și multicelulare (vezi fig. 12.1). În componența coloniilor unele celule se mențin împreună cu ajutorul mucoasei.

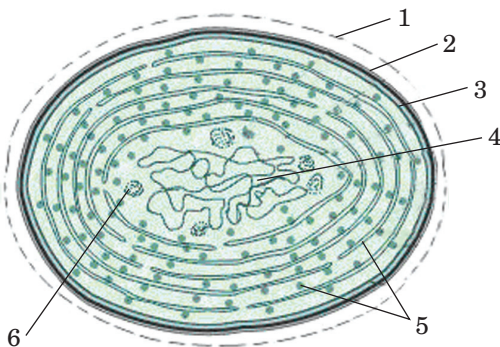


Fig. 12.6. Structura celulei cianobacteriei: 1 – capsula mucoasă; celula membranei; 3 – membrana plasmatică; 4 – nucleoidul; 5 – tilacoidele cu clorofilă; 6 – incluziunea

Celulele de cianobacterii nu au flageli și perete celular, stratul intern este format din mureină. Din componența stratului extern fac parte compuși din pectină și proteine contractile, care asigură capacitatea multor specii de a se mișca prin alunecare sau prin învârtire. La speciile multicelulare celulele se unesc cu ajutorul canalelor microscopice (plasmodesme).

În stratul exterior al citoplasmei se află tilacoide singuratică, de care sunt legate pigmenții de fotosinteză – clorofilele. Tilacoidele sunt formate pe contul membranei plasmatică.

Majoritatea speciilor de cianobacterii trăiesc în rezervoare cu apă dulce, de asemenea se întâlnesc în mare, în soluri umede sau chiar pe schelele temporar umede. Unele dintre ele intră în relații simbiotice cu mușchi, plante, animale unicelulare și bureți, asigurându-și simbiiontul cu produse de fotosinteză.

Din categoria **actinomicetelor** fac parte procariote cu diametrul de 0,4–1,5 mkm, care la exterior sunt asemănătoare cu miceliul ciupercilor multicelulare, divizat în celule aparte (vezi fig. 12.1, 3). Majoritatea actinomicetelor sunt organisme aerobe și sunt răspândite în sol. Mirosul caracteristic al solului este asigurat anume de actinomicete. Lor le este caracteristic crearea sporilor. De cele mai multe ori se înmulțește fragmentul „miceliul”. Pot fi simbiote ale animalelor nevertebrate și plantelor superioare.

La **micoplasme** (vezi fig. 12.1, 5) – procariote unicelulare – celula este înconjurată numai cu membrană plasmatică. Datorită acestui fapt ele pot avea diferite dimensiuni și forme: sferică, eliptică, de bastonașe, ramificată etc. Aceste procariote parazitare sunt capabile să cauzeze diferite boli ale sistemelor respirator (de exemplu, pneumonia atipică la om), sexual, imunitar, nervos, endocrin și locomotor ale omului și animalelor. Speciile libere (saprotrufe și simbiotrofe) sunt răspândite în sol, în izvoarele fierbinți.

### Termeni și nuanțe-cheie

arhee, plasmide, cianobacterii, actinomicete, micoplasme.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. De care domenii țin anumite grupe de organisme? 2. Care este caracteristica arheelor? 3. Care sunt particularitățile organizării materialului ereditar la arhee? 4. Prin ce se deosebesc bacteriile de arhee? 5. Care particularități sunt caracteristice cianobacteriilor? 6. Caracterizați particularitățile organizării actinomicetelor și micoplasmelor.

#### **Chibzuți**



1. Cum influențează plasmidele asupra particularităților celulelor procariotelor? 2. Ce este comun și deosebit în obiectele științelor bacteriologia și microbiologia?

#### **Sarcini de creație**



Caracterizați particularitățile organizării la reprezentanții diferitor domenii de organisme după următoarele semne: existența nucleului, particularitățile organizării genelor, particularitățile structurii membranei celulare.

## **§13. PARTICULARITĂȚILE FUNCȚIONĂRII CELULELOR PROCARIO-TELOR**

**Amintiți-vă** care proces este numit chemosinteză. Cum se desfășoară procesul de fotosinteză la plantele verzi?

**Particularitățile funcționării celulelor procariote.** Știți deja că între procariote sunt autotrofe și heterotrofe. Între heterotrofe sunt evidențiate saprotrofele, simbiotrofele și paraziții. Între autotrofe sunt atât fototrofe (bacterii verzi, purpurii, cianobacterii), cât și chemotrofe (nitrificatoare, bacteriile feruginoase și sulfuroase etc.). Sunt cunoscute următoarele mijloace de obținere a energiei de către bacterii: fermentarea, respirația aerobă, chemo- și fotosinteză. În timpul acestor procese sunt sintetizate moleculele ATP.

**Fermentarea este procesul anaerobic fermentativ de dizolvare a moleculelor compușilor organici, conjugat la sinteza moleculelor ATP.** Cu ajutorul moleculelor fermentării omul obține diferite produse alimentare.

Fotosinteza la procariote poate avea loc atât fără eliminarea oxigenului, cât și cu eliminarea lui. Prima variantă a fotosintezei este caracteristică pentru bacterii, la care în celulă în loc de clorofilă este un pigment de bacterioclorofile (bacterii sulfuroase verzi și bacterii purpurii). Cea de a doua variantă a fotosintezei este realizată de ciano-bacterii cu folosirea clorofilei.

De organisme chemosintezante țin: bacteriile nitrificatoare (oxidează amoniacul în nitrit, iar nitriții în nitate); bacteriile sulfuroase (oxidează hidrogenul sulfurat în Sulfură și sulfurul în acid sulfuric); bacteriile hidrogenice (oxidează hidrogenul în apă); bacteriile feruginoase (oxidează sărurile Ferum (II) în Ferum (III)); bacteriile carboxidice (oxidează CO în dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>)).

**Înmulțirea procariotelor.** Celulele procariotelor se înmulțesc în exclusivitate pe calea asexuată: divizarea în două (fig. 13.1), mai rar – prin înmugurire sau prin împărțirea multiplă (de exemplu, unele ciano-bacterii). Înainte de divizare celula crește în dimensiuni, materialul ei ereditar (molecula de ADN) se dublează. Fiecare celulă-fică, formată în rezultatul divizării celulei matrice, primește partea sa de informație ereditară. În condiții favorabile celulele bacteriilor se pot diviza la fiecare 20 de minute, datorită cărui fapt numărul lor crește foarte repede.

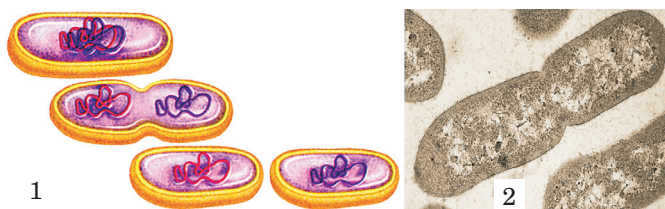


Fig. 13.1. 1. Etapele divizării în două a celulei bacteriei. *Sarcină:* caracterizați evenimentele care au loc în timpul divizării celulei bacteriene. 2. Fotografia celulei bacteriene care se divizează

Deși procariotele nu sunt capabile de înmulțirea sexuată, celulele lor pot face schimb de informații ereditare. Aceasta se produce ori în timpul contactului nemijlocit a două celule pe calea convergenței, ori când celulele se află la o anumită distanță (acest proces se numește *transformație*). În timpul **conjugării** între două celule vecine se creează o legătură temporară, prin care se transmite ADN plasmidei, mai rar – o parte din ADN, aflată în zona nucleului (fig. 13.2).

**Transformarea este un proces de absorbire de către celulă a moleculelor libere de ADN din mediul înconjurător.**

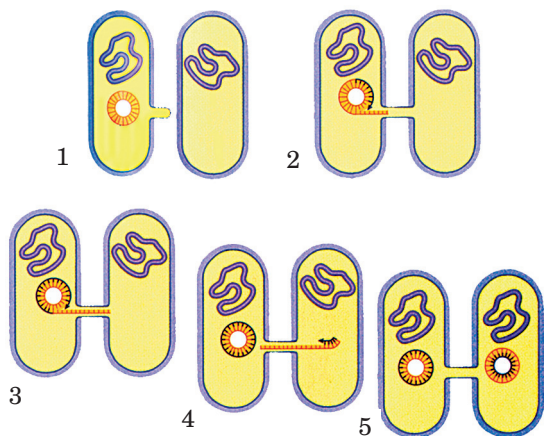


Fig. 13.2. Procesul conjugării la bacterii: 1, 2 – între două celule de bacterii cu ajutorul pililor membranei se stabilește un contact nemijlocit; 3 – cu ajutorul fermentului se dublează ADN al plasmidei celulei donatoare; 4 – molecula ADN creată trece în citoplasma celulei-recipiente; 5 – celula-recipientă a primit informația ereditară, pe care anterior nu o avea



Pentru prima dată procesul de transformare a bacteriilor a fost observat în anul 1928 de către savantul și medicul englez, Frederick Griffith (1879–1941). El a cercetat două steme de pneumococ (fig. 13.3). Celulele unui stem erau acoperite cu o capsulă de polizaharide, care le apăra de sistemul imunitar al organismului-gazdă (1). Celulele altui stem nu aveau o astfel de capsulă de apărare, de aceea în timpul introducerii în organismul-gazdă nu au cauzat îmbolnăvirea (2). La fel nu au infectat animalul pentru ca prin încălzire să omoare celulele primului stem (3). Însă, dacă șoarecilor pentru experimente li se introducea amestec de celule vii ale stemului doi (nepatogen) și celulele omorâte prin încălzire ale primului stem (patogen), animalele pieureau (4). **Sarcină:** încercați să explicați rezultatele cercetării lui F. Griffith.

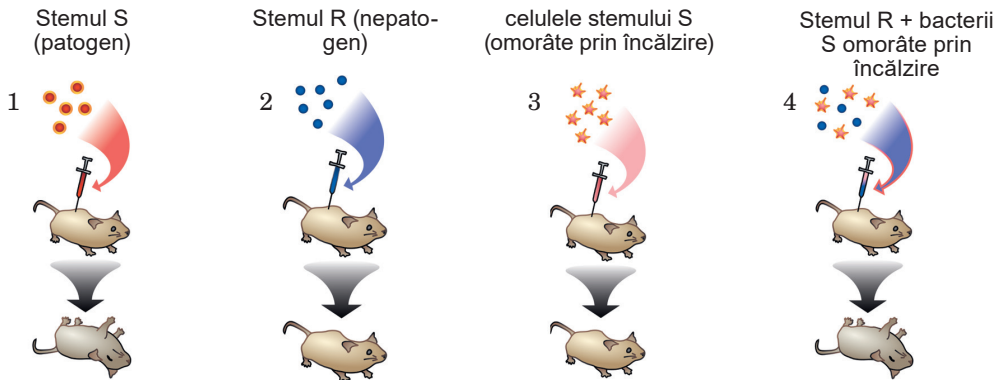


Fig. 13. 3. Experimentul lui F. Griffith care demonstrează procesul de transformare a bacteriilor

Materialul ereditar al procariotelor se diversifică, de asemenea, cu participarea virusurilor (fig. 10.3). Procesul de trecere a genelor unei bacterii la alta cu ajutorul bacteriofagilor se numește **transducție**. Bacteria infectată cu virus poate dobândi noi particularități. Astfel, unele bacterii patogene pentru om, inclusiv vibriionul holerice – agentul patogen al holerei – și unul din specia genului clostridium – agentul patogen al tetanosului, sunt capabili să producă toxine atunci, când în genele lor se plasează materialul ereditar al bacteriofagilor respectivi, care conțin o parte din materialul genetic despre toxine.

**Sarcină:** în baza exemplurilor bacteriofagilor amintiți-vă cum are loc procesul de transducție a bacteriilor.

**Înfruntarea de către celulele procariotelor a condițiilor nefavorabile.** În condițiile nefavorabile la unele procariote se observă procesele de formare a sporilor sau a chistelor. În timpul formării sporurilor o parte din citoplasma celulei mamă se învelește cu un înveliș cu multe straturi, formând un *spor* (fig. 13.4, A). Sunt frânate procesele metabolismului. Asemenea spori, datorită conținutului redus de apă, sunt foarte rezistenți la temperaturi înalte: în unele cazuri ei pot rezista la fierbere timp de câteva minute. Sporii, de asemenea, rezistă la o doză însemnată de radiație ionizată, la influența diferitor compuși chimici etc. Sporii procariotelor, de regulă, servesc pentru păstrarea îndelungată a activității vitale în condițiile nefavorabile și răspândirea lor (de vânt, apă, de alte organisme). În condiții favorabile sporii „cresc”, adică celulele distrug învelișul și își reiau activitatea vitală activă.

Unele procariote sunt capabile la închistare (fig. 13.4, B). În acest caz întreaga celulă este învelită dens. Chistele procariotelor sunt rezistente la influența radiației, uscării, însă, spre deosebire de spori, nu pot rezista la temperaturi înalte.

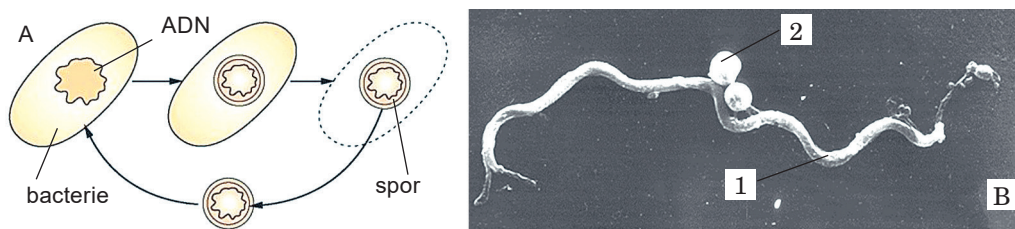


Fig. 13.4. Schema formării sporului în interiorul celulei (A) și a chistului (B). B – celula (1) și sporul (2) al boreliozei (această bacterie este agentul patogen al bolii periculoase la om – borelioza, sau boala Lyme; câteva specii ale genului *Borellia* cauzează procesele de inflamație în diferite organe interne ale organismului omului; agenții patogeni sunt aduși de căpușe). *Sarcină*: determinați tipul structurii celulei boreliozei.

Știți deja despre particularitatea unică a unor grupuri de bacterii de a fixa azotul atmosferic, conținutul căruia în atmosferă este de circa 78 %. Plantele, care au necesitate urgentă de compuși de Nitrogen, nu sunt capabile de a le însuși din atmosferă. Ei pot nimeri în plante datorită bacteriilor simbiotice fixatoare de azot, în deosebi cele în formă de bulbi. Unele ciano-bacterii multicelulare, de asemenea, sunt capabile să fixeze azotul. La ele se observă diferențierea celulelor. Deoarece oxigenul molecular îi face inactivi pe fermenții care asigură procesele de fixare a azotului atmosferic, la ciano-bacteriile fibroase se formează celule deosebite – hetero-chisturi, acoperite din afară cu învelișuri dense suplimentare.

### Termeni și nuanțe-cheie

fermentare, chemosinteză, conjugare, transformarea și transducția la bacterii.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care sunt particularitățile proceselor de fotosinteză la procariote? 2. Care grupe de procariote sunt capabile de chemosinteză? 3. Cum omul poate folosi bacteriile ce asigură chemosinteză? 4. Cum se înmulțesc procariotele? 5. Datorită căror procese poate fi diversificat materialul ereditar al procariotelor? 6. Cum pot supraviețui procariotele în perioadele cu condiții nefavorabile? 7. Care grupe de procariote sunt capabile să fixeze azotul atmosferic?

#### **Chibzuți**



Folosind cunoștințele obținute anterior, argumentați de ce oxidarea compușilor organici pentru organisme este mai utilă din punct de vedere energetic, decât dizolvarea lor fără acizi.

## §14. DIVERSITATEA BIOLOGICĂ A PLANETEI NOASTRE CA O CONSECINȚĂ A EVOLUȚIEI MATERIEI VII

**Amintiți-vă** ce este aromorfoza, idioadaptarea și degenerarea generală. Ce este coarda? Care sunt particularitățile structurii celulei eucariote? Ce este regnul? Care este organizarea materialului ereditar la procariote și eucariote? Care celule ale organismului omului sunt afectate de plasmodium Malaria?

**Diversitatea biologică a planetei noastre ca o consecință a evoluției materiei vii.** Să ne amintim: calea evoluției care este însoțită de ridicarea nivelului de organizare se numește aromorfoză. Dacă evoluția organismelor unei anumite grupe sistematice este însoțită de simplificarea nivelului ei de organizare, ea se numește degenerarea generală (fig. 14.1). Încă o cale a evoluției este **idioadaptarea**, formată datorită acomodării organismelor la anumite condiții de existență. Însă, nivelul de organizare a organismelor nu se schimbă.

Fig. 14.1. Reprezentantul crustaceelor, dendrogaster-ul, a suferit o simplificare însemnată în rezultatul modului de viață parazitar; el a pierdut particularitățile caracteristice artropodelor clasice: segmentarea corpului, extremitățile segmentate etc.



Noile specii, genuri, familii ș.a.m.d. apar, de cele mai multe ori, pe calea divergenței. Urmașii speciilor, care își au începutul de la specia strămoșească, ei înșiși pot pune începutul noilor specii. Astfel, treptat crește nivelul taxonilor strămoși. În ceea ce privește speciile-fiice, specia strămoșească obține treptat statutul de gen nou, iar peste un timp oarecare, față de urmașii lor – statutul de familie nouă ș.a.m.d. – până la o încrângătură aparte (sau secție) (fig. 14.2).

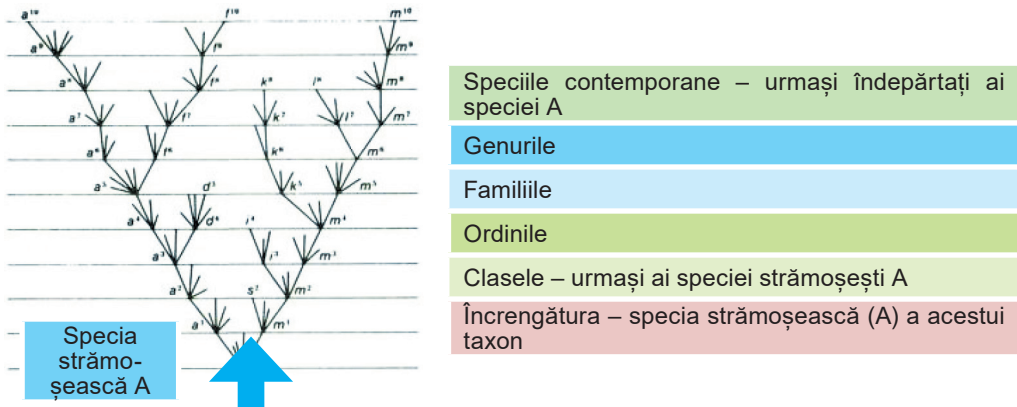


Fig. 14.2. Apariția speciilor și taxonilor de rang superior în rezultatul divergenței

Încă în a doua jumătate a secolului XIX E. Heckel a propus ca relațiile familiare între diferite grupe de organisme să fie redată în formă de **arbori filogenetici**. În prezent cercetătorii pentru ilustrarea grafică a relațiilor familiare între diferite grupe de organisme folosesc programe computerizate speciale, care analizează diferite trăsături ale asemănărilor și deosebirilor între ele și creează **cladograme** (fig. 14.3).

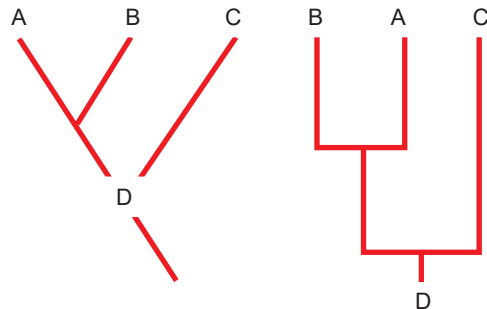


Fig. 14.3. Două variante ale cladogramelelor contemporane, care redau legăturile familiare între trei taxoni: A, B, C (D – taxonul strămoșesc, care a pus începutul taxonilor A, B și C). Lungimea axelor, care duc la un anumit taxon, corespunde timpului de existență a acestui taxon: cu cât e mai lungă axa, cu atât mai devreme a apărut taxonul

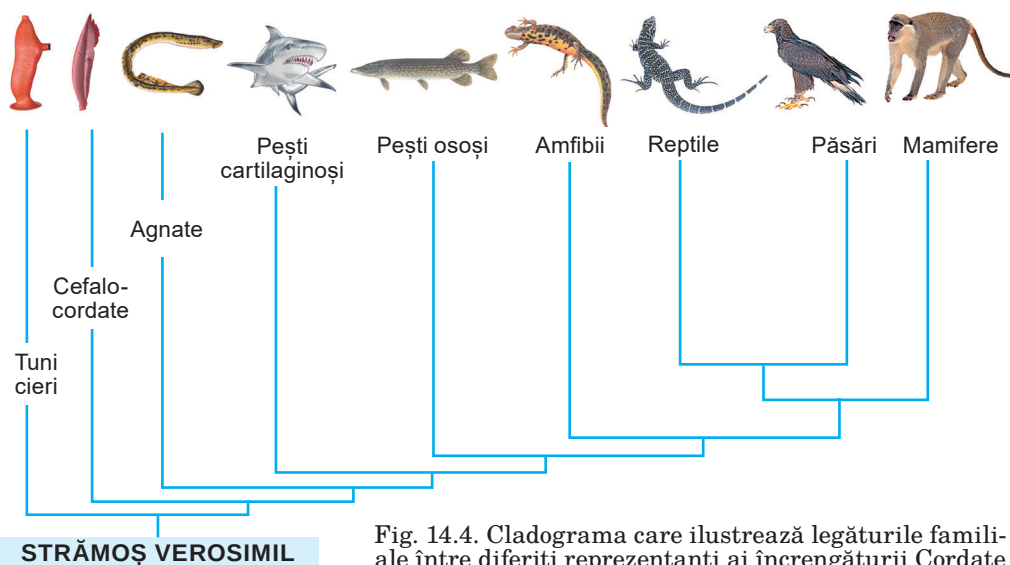


Fig. 14.4. Cladograma care ilustrează legăturile familiale între diferiți reprezentanți ai încrengăturii Cordate

**Cladograma** (din elenă *cladon* – ramură) este un mijloc de reprezentare grafică a legăturilor familiale între diferite grupe de organisme.

Studiind cladograma unui anumit grup sistematic, se poate obține informație despre aceea cât de strânse sunt legăturile familiale între anumiți taxoni, când a dispărut unul sau altul taxon. Deci, cladogramele prezintă grafic procesul evoluției unui anumit grup sistematic, până la sistemul general al lumii organice.

**Sarcină:** în componența grupurilor de lucru analizați cladograma, care ilustrează legăturile familiale între diferiți reprezentanți ai încrengăturii Cordate (fig. 14.4).

**Clasificarea eucariotelor.** Primele procariote au apărut cu circa 3,5 miliarde ani în urmă, încă în era arhaică – cea mai veche în istoria geologică a planetei noastre. Eucariotele au apărut cu 1,6-2,1 miliarde de ani în urmă (era proterozoică).

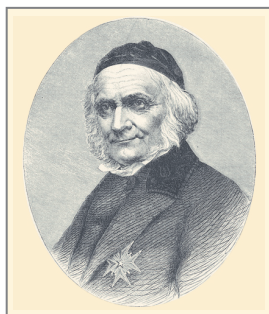


Fig. 14.5. **Elias Magnus Fries** (1794–1878): eminent botanic și micolog suedez, unul dintre fondatorii sistematicii ciupercilor

Primul care a propus ca eucariotele să fie împărțite în animale și plante a fost savantul din Grecia antică Aristotel. El considera că natura vie (animalele și plantele) se deosebesc de natura nevie prin faptul că are suflet. Plantele și animalele se deosebesc prin gradul de dezvoltare al sufletului (la animale el este dezvoltat mai bine). Pentru plante este caracteristic numai nutriția și creșterea, iar pentru animale, de asemenea, voința și mișcarea. Acest sistem din două regnuri a fost recunoscut și de C. Linne. Ciupercile, pentru prima dată au fost clasificate într-un regn aparte al eucariotelor de către botanicul suedez E.M. Fries (fig. 14.5), arătând deosebiri însemnate între ciuperci și plante. Acest savant a pus începuturile științei care studiază ciupercile – *micologia*.

Până la sfârșitul secolului al XX-lea majoritatea savanților examinau eucariotele în componența a trei regnuri Plante, Animale și Fungi. Însă nu toate eucariotele



unicelulare puteau fi împărțite între acestea. Între eucariotele unicelulare, care în mod tradițional erau considerate reprezentante ale regnului Animale, sunt și altele care au particularități ale plantelor. De exemplu, în celulele sporozoarelor Apicomplexa (la care aparțin paraziții malariei) a fost descoperită organela apicoplastă, care după origine este o plastidă schimbată (fig. 14.6, 2).

Între reprezentanții regnului Fungi sunt așa-numitele organisme fungice. Dacă adevăratele ciuperci: saprofite (de ele ține, de exemplu, mucegaiul alb), ascomycotele (drojdii, zbârciogii, zbârciogii falși, trufe etc.), bazidiomicetele (diferite ciuperci parazite, gălbiorii, hribii, hribii murgi, buretele dracului, turta vacii) au în componența membranei celulare chitină, organismele fungice conțin numai celuloză. La ciupercile Gymnomycota (fig. 14.7) celula este învelită numai cu membrană plasmatică, datorită cărui fapt celulele lor sunt capabile la mișcarea ameboidă.

Prin urmare, sistemul eucariotelor a fost revăzut substanțial. Pentru perfecționarea lui în prezent sunt folosite datele cercetărilor biochimice și molecularo-genetice. Sistemul actual al organismelor eucariote se deosebește evident de cel tradițional. Vom lua cunoștință de el în paragraful următor.

Einteresant să știi!



Până în a doua jumătate a secolului XX animalele unicelulare erau considerate microspore. Acestea sunt paraziți intracelulari ai diferitor grupe de animale și ai omului. În învelișul sporilor acestor organisme a fost descoperit chitină, caracteristică pentru ciupercile adevărate, la care ele sunt clasate și acum.

### Termeni și nuanțe-cheie

cladograma.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. De ce sistemul filogenetic al organismelor urmează să ilustreze evoluția acestora? 2. De ce savanții au fost nevoiți să revadă sistemul de organisme eucariote? 3. De ce cercetările biochimice și molecularo-genetice deseori joacă un rol decisiv în sistematica actuală a organismelor? 4. Care sunt procedeele actuale de ilustrare a relațiilor familiale între diferite grupe de organisme?

#### Chibzuți



De ce toate organismele unicelulare nu pot fi examinate decât drept o grupă monofiletică a eucariotelor?

#### Sarcini de creație



În Internet găsiți cladograma plantelor superioare și cu ajutorul profesorului analizați-o.

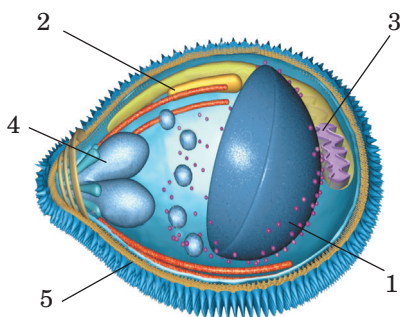


Fig. 14.6. Celula sporozoarelor:  
1 – nucleul; 2 – apicoplasta;  
3 – mitocondria; 4 – complexul de organele care asigură pătrunderea în celula-gazdă; 5 – pelicula



Fig. 14.7. Reprezentantul ciupercilor Gymnomycota – fuligo septica. Este un organism comestibil. În unele raioane din Mexic și în Carpații ucraineni el este prăjit și consumat (la gust se aseamănă cu omleta)

## §15. EXAMINAREA REGNURILOR ORGANISMELOR EUCARIOTE

**Amintiți-vă** de particularitățile structurii celulelor eucariote. Care este organizarea materialului ereditar la procariote și eucariote? Ce sunt mixotrofele? Care specii de plante sunt considerate superioare?

**Sistemul actual al eucariotelor.** De eucariote țin atât organisme unicelulare, cât și multicelulare, celulele cărora, măcar într-o anumită etapă a ciclului celular, au nucleul format (*sarcină*: amintiți-vă de structura nucleului). Celulele eucariotelor conțin diferite organite, înconjurată cu o singură membrană (diferite specii de vacuole, lizozomii, reticulul endoplasmatic, complexul Golgi etc.), cu două membrane (mitocondriile, plastidele plantelor superioare, algelor verzi și purpurii) sau cu mai multe membrane (cloroplastele algelor euglene, galbene-verzi, brune, diatomee).

La eucariote, în comparație cu procariotele, materialul ereditar în majoritatea cazurilor este concentrat în nucleu, învelișul căruia este compus din două membrane. Moleculele liniare de ADN împreună cu proteinele nucleice intră în componența cromozomilor. Excepție face molecula ADN a mitocondriilor și plastidelor, care sunt asemănătoare cu ADN al procariotelor. În afară de aceasta, la eucariote genele sunt compuse din segmente aparte: exonii și intronii (*amintiți-vă* de funcțiile lor). Între procariote o astfel de structură au numai arheele.

În figura 15.1 este prezentat sistemul actual al eucariotelor. Aceste organisme sunt clasificate nu în trei, ci în cinci regnuri.

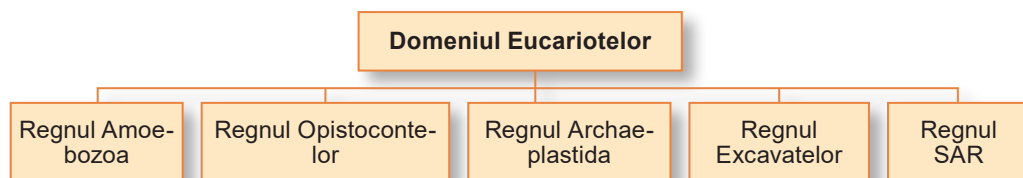


Fig. 15.1 Sistemul actual al organismelor eucariotelor

**Regnul Amoebozoa.** În majoritatea lor sunt forme unicelulare bentonice de apă dulce, uneori trăiesc în organismele altor ființe (comensale, paraziți facultativi și neapărați; *sarcină*: amintiți-vă ce înseamnă acești termeni). Organitele mișcării și acaparării hranei – pseudopode. La amibe goale (de exemplu, amiba proteului sau amiba enormă haos; fig. 15.2, 1) celula este acoperită numai cu membrana plasmatică cu glicocalix bine dezvoltat (*amintiți-vă* de componența și funcțiile lui), la ostracode (de exemplu, la Arcella; fig. 15.2, 2) celula se află în interiorul cochiliei de protecție. Celulele, în majoritatea cazurilor, sunt cu un singur nucleu, iar dacă are câteva sau mai multe nuclee – acestea se aseamănă după structură și funcții.



Fig. 15.2. Regnul Amoebozoa: 1 – amiba enormă haos; 2 – amiba Arcella; 3 – amiba dizenteriei

**Regnul Opistocontelor** (din elenă *opisthios* – din urmă și *kontos* – pol). Celulele acestor eucariote măcar la unul din stadiile ciclului vital (cum ar fi spermatozoizii mamiferelor) au un singur flagel, stabilit la polul din urmă al celulei (de aici și provine denumirea regnului), sau acest flagel a fost pierdut în procesul evoluției. De acest regn țin, în deosebi, ciupercile adevărate (în componența membranei celulare a lor intră chitina) (fig. 15.3), toate organismele unicelulare (de exemplu, mastigoforele) heterotrofe. Reprezentanții mastigoforelor se consideră strămoși animalelor multicelulare. Celulele lor, după structură și materialul ereditar, ne amintesc de celulele spongiere ale animalelor primitive multicelulare – spongerii.

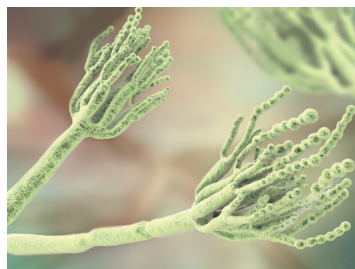


Fig. 15.3. *Penicillium* – reprezentantul multicelular al ciupercilor adevărate

**Regnul Archaeplastida** include organismele fototrofe, cum ar fi plantele superioare, algele verzi, purpurii și Glaucophyta (fig. 15.5). Numai la unii reprezentanți cloroplastele au fost supuse reducției repetate sau în genere lipsesc (*amintiți-vă* de planta *Lathaea*). Membrana celulelor de obicei conține celuloză.



Fig. 15.4. Reprezentanții regnului Archaeplastida: 1 – alga verde comestibilă ulva (sau salata de mare); 2 – alga roșie comestibilă porfira; 3 – floarea parazită *Lathaea*, care parazitează pe rădăcinile copacilor și arbuștilor

**Regnul Excavatelor** include mulți reprezentanți unicelulari și eucariote coloniale (fig. 15.5). În partea abdominală a celulei excavat (din latină *excavatio* – adâncire) este o adâncitură pentru alimentație, întărită cu microtuburi. Ea servește pentru primirea și capturarea hranei, care se mișcă datorită funcționării flagelului din urmă în direcția gurii celulei. Însă, la mulți reprezentanți ea este secundară.

Multe excavate nu conțin mitocondrii sau aceste organite sunt foarte schimbate în comparație cu cele tipice. La unii reprezentanți se observă tendința trecerii la organismele multicelulare (de exemplu, ciupercile Gymnomycota, care anterior erau incluse la regnul Fugii). Între excavate prevalează heterotrofele, dar sunt și reprezentanți capabili la fotosinteză (de exemplu, euglenele). Mulți reprezentanți duc un mod liber de viață, dar sunt și de acei, care pătrund în organismele altor ființe (între aceștia sunt mulți paraziți ai omului – *Trichomonas*, *Giardia*, *Leishmania*, *Trypanosma*).

**Regnul SAR.** Denumirea acestui regn provine de la primele litere ale denumirilor celor trei grupe de organisme eucariote: Stamenopiles, Alveolatele și Rhizaria. **Stamenopiles** este un grup mare de eucariote unicelulare și multicelulare. Din ea fac parte ciupercile Oomycetes, considerate organisme focile (trăiesc în

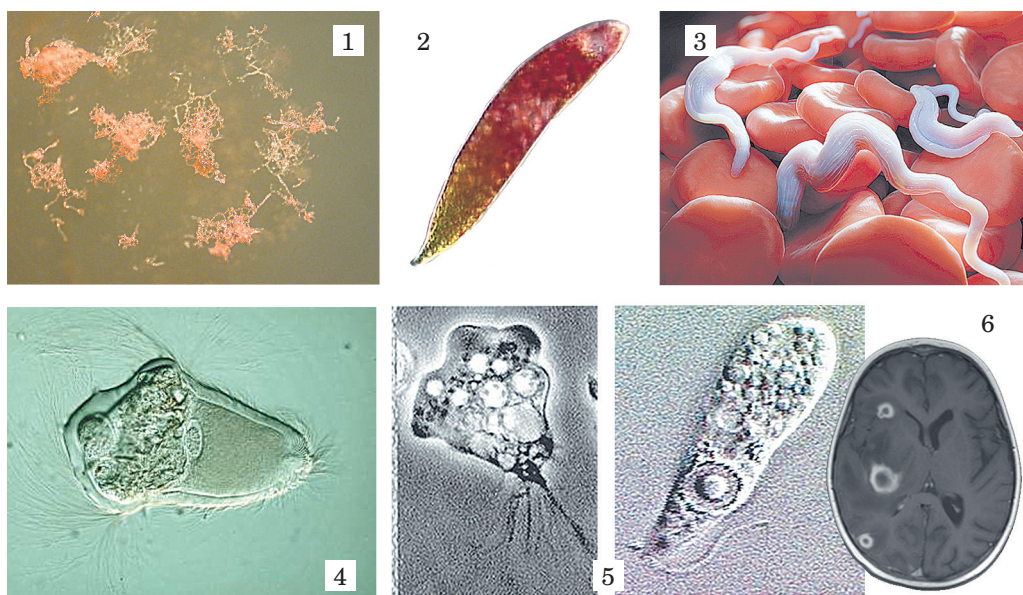


Fig. 15.5. Reprezentanții regnului Excavatelor: 1 – *Acrasis rosea*, reprezentant al ciupercilor Gymnomycota, se întâlnește pe resturile vegetale umede; 2 – euglena roșie; 3 – tripanozoma – agentul patogen al bolii somnului – între eritrocite; 4 – genul *Trichonympha*: trăiește în intestinalele unor astfel de insecte ca șvabii și termitele, ajutându-le să digeste celuloza; 5 – *Naegleria fowleri* formează pseudopode subțiri, iar când se usucă rezervoarele cu apă dulce, unde ea trăiește, este capabilă să formeze flagele cu ajutorul cărora plutește, în cazul pătrunderii împreună cu apa în organismul omului poate cauza inflamația creierului – meningoencefalită (6)

mări, în rezervoare cu apă dulce, pe pământ și în aer). Corpul lor vegetativ este un miceliu ramificat cu mai multe nuclee, nu este divizat în celule aparte. Între ciupercile Oomycetes sunt și paraziți ai animalelor (*Saprolegniales* – parazit al peștilor) și plantelor (*Phytophthora* etc.) (fig. 15,6, 1, 2). De Stamenopiles țin, de asemenea, algele brune, aurii, galbene-verzi și diatomee (fig. 15,6, 3-5).

**Alveolatele** sunt unite într-o singură grupă din cauza membranei alveolate ale celulei: prezența cisternelor membranei unite – alveole, aflate nemijlocit sub membrana plasmatică (fig. 15.7). La această grupă sunt clasate Dinoflagellata (ele mai sunt numite alge dinofite, deoarece mulți reprezentanți ai lor sunt capabili la fotosinteză), infuzorii și apicomplexele (denumirea provine de la faptul că de asupra celulelor lor se află un complex deosebit de organite, care ajută la pătrunderea în celula-gazdă, vezi fig. 14, 6); precum și unii paraziți ai omului și animalelor: *Plasmodium* malariei, *Toxoplasma*, *Piroplasma* (*Babesia*).

**Rhizaria** sunt organisme unicelulare care formează numeroase pseudopode subțiri, care sunt capabile să se unească între ele în anumite locuri și să creeze în jurul celulei un fel de plasă. Cu ajutorul ei *Rhizaria* prinde hrana. De ele țin foraminiferele și radiolarii (fig. 15.8).

### Termeni și nuanțe-cheie

eucariote, Amoebozoa, Opistocontele, Archaeplastida, excavatele, SAR

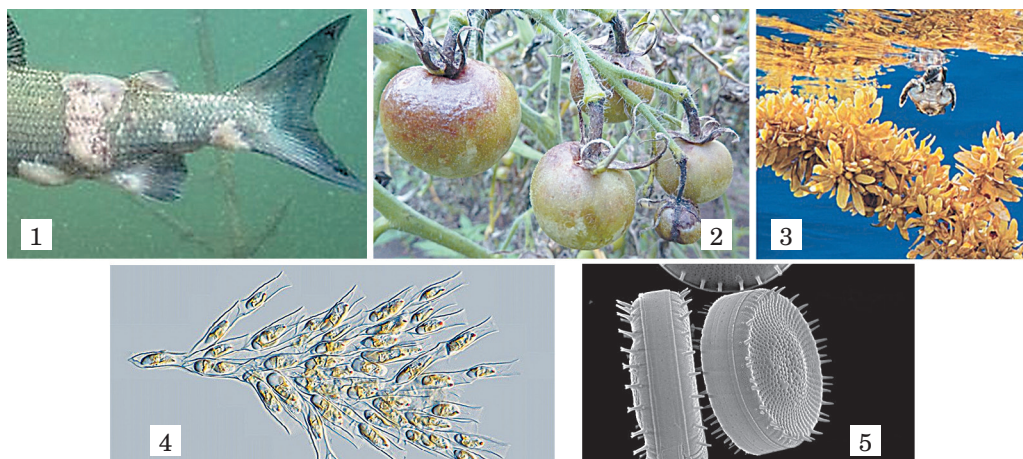


Fig. 15.6. Reprezentanții Stamenopiles. Ciupercile Oomycetes: 1 – Saprolegnia parazitară, parazitează în pești și în icrele lor; 2 – phitophthora, capabilă să distrugă recolta de roșii și cartofi. Diferiți reprezentanți ai algelor: 3 – algele brune (sargase); 4 – algele aurii; 5 – algele Diatom (Stephanodiscus)

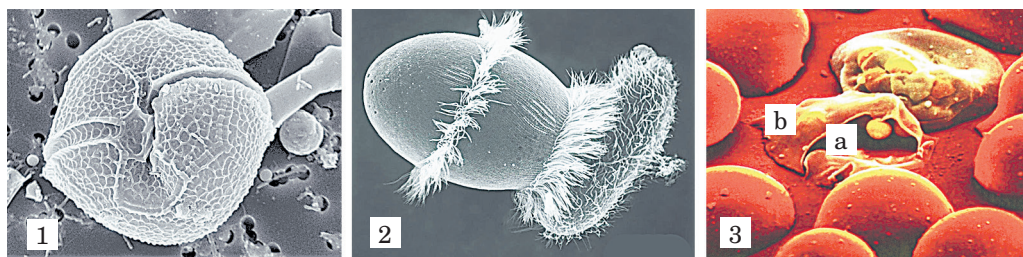


Fig. 15.7. Reprezentanții Alveolatelor: 1 – genul Peridinium – reprezentantul dinoflagelatorilor; 2 – infuzoriul de pradă Didinium; 3 – celulele Plasmodium-ului malariei (a) intră în eritrocitul omului (b)



Fig. 15.8. Reprezentanții Rhizaria: 1 – cochilia foraminiferelor din genul Discorbis; 2 – cochiliile foraminiferelor fosile din genul Numulites aveau un diametru până la 12 cm; 3 – radiolarii, spre deosebire de foraminifere, nu creează cochilii, dar au schelet intracelular din minerale

### Verificați-vă cunoștințele



1. De ce cercetările biochimice și moleculare-genetice deseori joacă un rol decisiv în sistematica actuală a organismelor? 2. Prin ce se caracterizează regnul Amoebozoa? 3. De ce regnul Opistocontelor are o astfel de denumire? Care grupe de eucariote țin de acest regn? 4. Ce nuanțe sunt caracteristice pentru regnul Archaeplastida?

5. De ce regnul Excavatelor a primit o astfel de denumire? Care grupe de eucariote țin de acest regn? 6. Descifrați denumirea SAR.

### Chibzuți



Prin ce sistemul actual al regnurilor organismelor eucariote se deosebește de cel anterior (divizarea în regnurile Plante, Animale și Fugii)?

## LUCRAREA DE LABORATOR NR 1

### Determinarea poziției taxonomice a speciei în sistemul lumii organice (specia la alegerea profesorului)

**Ustensile și materialele:** colecția de insecte (gândaci, gândaci de Colorado, fluturele alb), moluște (Anodonta, Unio), ierbar de plante cu flori, ghizi, tablele, lupe (sau stereomicroscop).

1. Determinați apartenența obiectelor alese la regnul respectiv al eucariotelor. Scrieți în caiete particularitățile, în baza cărora ați făcut această alegere.

2. Determinați apartenența obiectelor alese la anumite clase. Scrieți în caiete particularitățile, în baza cărora ați făcut această alegere.

3. Folosind ghizii (cartele determinative), determinați apartenența obiectelor alese la anumite ordine (subordine), familii, genuri și specii. Scrieți în caiete particularitățile, caracteristice pentru determinarea acestor unități sistematice.

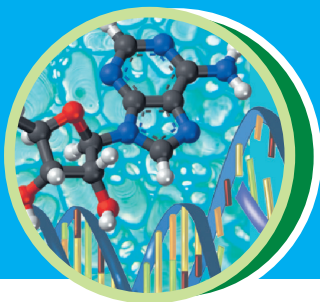
4. Faceți concluzii, care particularități ale speciilor cercetate sunt diagnostice, adică le deosebesc de speciile apropiate.

### Generalizare la tema „Diversitatea biologică”

Diversitatea biologică actuală este rezultatul unui proces îndelungat al evoluției materiei vii. Sistematica este un capitol important al biologiei, fără de care nu s-ar fi putut dezvolta alte științe biologice. Datele despre structura, componența chimică, funcțiile vitale, particularitățile ontogenezei au o valoare științifică numai atunci, când se știe cu care specie lucrează savanții. Deși speciile apropiate au multe particularități comune, totuși ele au și particularități unice, dobândite în procesul dezvoltării istorice și în rezultatul acomodării la anumite condiții ale mediului înconjurător.

Pentru crearea sistemelor naturale sau filogenetice sunt necesare datele tuturor științelor, în primul rând, a celor care determină materialul ereditar al organismelor și formelor acelulare de viață, particularitățile structurii celulelor lor (biologiei moleculare, geneticii, citologiei etc.).

Sistematica contemporană se bazează pe evidențierea grupelor sistematice monofiletice, care includ toți urmașii strămoșului comun: și a celor care există în prezent, și a celor care au existat cândva. În prezent sunt evidențiate două domenii ale organismelor procariote – Arheele și Bacteriile. În domeniul Eucariotelor sunt evidențiate cinci regnuri: Amoebozoa, Opistocontele, Archaeplastida, Excavatele, SAR (Stamenopiles, Alveolatele și Rhizaria). Deși noul sistem al eucariotelor pare a fi mai complicat decât cel precedent, însă el oferă posibilitatea să fie soluționată problema clasificării eucariotelor unicelulare. Inventarierea diversității biologice pe planeta noastră încă nu s-a încheiat: în fiecare an apar descrierile a sute de specii noi pentru știință.



## TEMA 2.

### SCHIMBUL DE SUBSTANȚE ȘI TRANSFORMAREA ENERGIEI

**În acest capitol veți afla despre:**

- structura și rolul biologic al diferitelor grupuri de compuși organici;
- particularitățile metabolismului la organismele autotrofe și heterotrofe, precum și suportul energetic al acestor procese;
- structurile celulare, care asigură procesele metabolice;
- rolul enzimelor și vitaminelor în asigurarea proceselor metabolice ale celulei și a întregului organism;
- tulburările metabolismului și prevenirea acestora;
- reglarea neuromorală a proceselor metabolice.

#### §16. STRUCTURA ȘI ROLUL BIOLOGIC AL PROTEINELOR

**Amintiți-vă** care substanțe se numesc compuși organici. Care elemente aparțin la cele organogene? Care substanțe se numesc hidrofobe și hidrofile? Cum decurg procesele de denaturare și renaturare a proteinelor, și cum decurge procesul de destrucție? Care legături se numesc covalente și de hidrogen?

**Compușii organici ai celulei.** În compoziția oricărei celule vii intră așa compuși organici ca proteinele, acizii nucleici, glucidele și lipidele etc. Printre ei sunt biopolimeri, formați din monomeri.

**Proteinele** sunt biopolimeri macromoleculari, ale căror monomeri reprezintă resturi de aminoacizi. **Amintiți-vă:** aminoacizii sunt acizi organici amfoteri, care conțin gruparea amino ( $-\text{NH}_2$ ) și gruparea carboxil ( $-\text{COOH}$ ), combinate cu unul și același atom de carbon (fig. 16.1). Amfoter înseamnă că în funcție de condiții ele pot acționa ca acid sau ca bază.

#### Memorizăm

Aminoacizii codificați de codul genetic se numesc **aminoacizi standard** sau **proteinojeni**.

Din cursul de biologie și chimie din clasa a IX-a deja știți, că aminoacizii, care pot fi sintetizați de organismul omului și animalelor sunt numiți **neesențiali**. Cei care nu se formează în urma proceselor metabolice sunt numiți **esențiali**. Ei

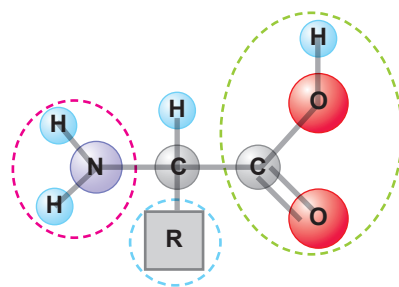


Fig. 16.1. Structura aminoacidului. Cu linia roșie punctată este înconjurată gruparea amino, cu linia verde – gruparea carboxil, iar cu linia albastră – radicalul (partea laterală specifică a aminoacidului)

sunt sintetizați de plante, ciuperci, microorganisme și nimeresc în organismul omului împreună cu alimentele. Proteinele, care conțin toți aminoacizii esențiali, sunt numite *complete*, spre deosebire de cele *incomplete*, care nu conțin unii aminoacizi esențiali. Lipsa sau insuficiența chiar a unui aminoacid esențial poate duce la o dereglare a biosintezei proteinelor, la inhibarea creșterii și dezvoltării organismului.

Gruparea carboxil a unui aminoacid și gruparea amino a altui aminoacid pot interacționa, iar în rezultatul reacției chimice se elimină o moleculă de apă și se formează o legătură covalentă numită *peptidică* (fig. 16.2). Moleculile formate dintr-un număr mare de resturi de aminoacizi (de la 21 până la 49) sunt numite *polipeptide*. Proteinele sunt polipeptide cu masă moleculară mare, care conțin de la 50 până la câteva mii de resturi de aminoacizi.

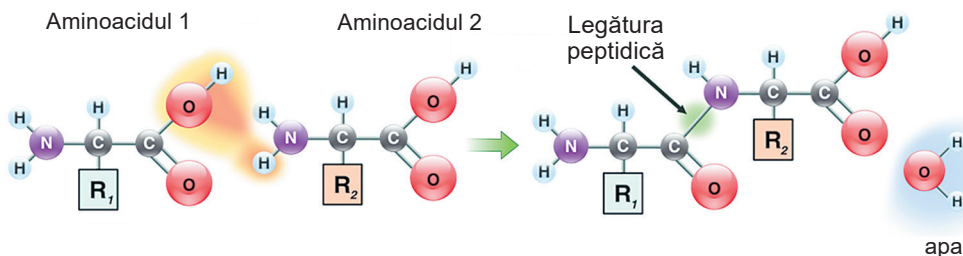


Fig. 16.2. Schema formării legăturii peptidice. *Sarcină*: cu ajutorul schemei lămuriți cum se formează legătura peptidică

Există patru niveluri de bază ale organizării structurale (conformației) a proteinelor: primar, secundar, terțiar și cuaternar (amintiți-vă mecanismul formării lor).

Proteinele **globulare** (fig. 16.3, 1) au formă mult-puțin sferică și sunt solubile în apă. Din proteinele globulare fac parte enzimele, imunoglobulinele (anticorpii), unii hormoni (astfel ca insulina) și altele. În schimb, proteinele **fibrilare** (fig. 16.3, 2) sunt formate din lanțuri polipeptidice alungite paralele sau din secțiuni lungi cu structură secundară. Ele intră în componența oaselor și țesuturilor conjunctive, părului etc. Majoritatea acestor proteine nu sunt solubile în apă, au o masă moleculară mare. În componența membranelor celulare intră proteine membranare (fig.16.3, 3). Ele îndeplinesc funcția de receptori celulari, participă la transportul substanțelor prin membranele celulare.

După compoziția chimică proteinele sunt împărțite în *simple* sau proteine (sunt formate numai din resturi de aminoacizi), și proteine *complexe* sau proteide, așa ca glicoproteidele, care conțin resturi de glucide, nucleoproteide, care conțin resturi de acizi nucleici, lipoproteidele conțin resturi de lipide.

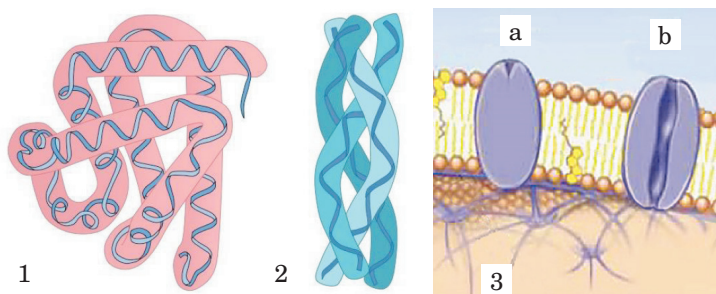


Fig. 16.3. Clase structurale diferite de proteine: 1 – globulare, 2 – fibrilare, 3 – membranare: a – proteina receptoare; b – proteina de transport. *Sarcină*: explicați legătura reciprocă între structura și funcțiile moleculelor de proteine



## Rolul biologic al proteinelor

este extrem de divers. Cea mai importantă este **funcția lor catalitică** efectuată de proteine speciale – **enzime** (sau **fermenți**). Rolul enzimelor constă în accelerarea reacțiilor biochimice. Desfășurarea reacției necesită consumul anumitei cantități de energie, care apoi este compensată datorită formării legăturii noi în componența produselor reacției. Ridicarea însemnată a temperaturii, și respectiv ridicarea energiei cinetice de mișcare a moleculelor, ar fi putut să ajute la depășirea acestei bariere,

dar în celulă aceasta este imposibil: ridicarea temperaturii provoacă denaturarea proteinelor și altor biopolimeri. Însă, enzimele, formând un complex intermediar cu substanțele ce interacționează, le fixează strâns într-o anumită orientare reciprocă. Aceasta reduce *energia de activare* – energia minimală necesară pentru efectuarea reacției (fig. 16.4). În rezultat, complexul intermediar rapid se descompune formând produsele reacției. Singură enzima nu-și pierde structura, precum și activitatea, și poate cataliza următoarea reacție identică. În afară de aceasta, în rezultatul reacțiilor enzimaticе, spre deosebire de reacții fără enzime, nu se formează substanțe secundare.

Activitatea catalitică a enzimei nu este determinată de întreaga moleculă, ci numai de o porțiune mică – *centru activ*. Structura centrului activ trebuie să corespundă structurii spațiale a compușilor ce interacționează. Într-o moleculă de enzimă pot fi câteva centre active. Asemenea enzime pot accelera un număr corespunzător de reacții identice.

Interesant să știi



În anul 1890 biochimistul german **Hermann Emil Fischer** (1852–1919) a propus modelul, care lămurește specificitatea enzimelor. El a fost numit modelul „lăcat-cheie”. Cu timpul s-a determinat, că enzimele nu au molecule rigide, ci flexibile: conformația centrului activ poate să se schimbe întrucâtva după combinarea cu substratul, iar în unele cazuri poate să se schimbe și conformația substratului. Un astfel de model a fost numit „mână-mănușă”.

Adesea în componența centrului activ intră componente neproteice combinate cu proteina – **cofactorii**. Drept cofactori pot fi ionii metalelor sau molecule organice relativ mici – coenzime, de exemplu, derivații vitaminelor. Enzimele care conțin cofactori se numesc compuse (astfel ca ADN-polimeraza, al cărei coenzimă reprezintă ionii de Magneziu), spre deosebire de enzime *simple* (astfel ca pepsina, tripsina etc.), care conțin numai componentul proteic. Componentul proteic al enzimelor compuse se numește *apoenzimă*. Activitatea enzimelor compuse se manifestă numai atunci, când apoenzima se combină cu cofactorul.

Timp de câteva secunde sau chiar fracțiuni de secunde în organism decurge o succesiune complicată de reacții, fiecare având enzima sa specifică. Unele enzime accelerează descompunerea substanțelor organice până la mai simple, iar altele – reacțiile de biosinteză. Seriile de reacții enzimaticе interdependente asigură în

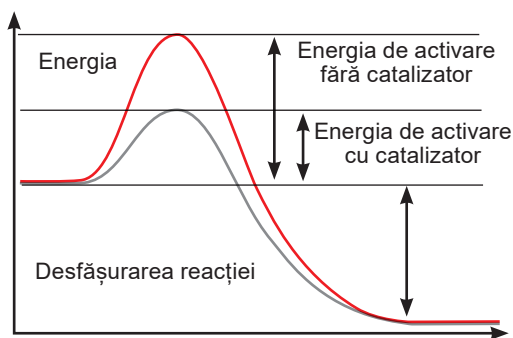


Fig. 16.4. Graficul, care demonstrează cum enzima reduce energia de activare

genere schimbul de substanțe și transformarea energiei în anumite celule, precum și în întregul organism.

**Funcțiile proteinelor. Funcția structurală.** Proteinele sunt parte componentă a membranelor biologice, cromozomilor, din proteine sunt formate microtuburile și microfilamentele, care îndeplinesc rolul de citoschelet, etc. Colagenul este o proteină fibrilară rezistentă și flexibilă, care reprezintă principalul component al cartilajelor și tendoanelor. Elastina poate să se întindă, de aceea intră în compoziția plămânilor, pereților vaselor sangvine, se conține în ligamente. Proteina fibrilară cheratina este component al părului, unghiilor și penelor, iar din fibroină sunt formate firele de mătase și pânza păianjenilor. Unele complexe proteice (așa-numite motoare moleculare) pot, folosind energia acumulată de către celulă, să-și schimbe structura spațială, îndeplinind **funcția** contractilă sau **de mișcare**. Drept exemplu de motoare moleculare poate fi complexul actinei și miozinei, care intră în componența mușchilor scheletici, complexe intermoleculare, care asigură mișcarea rotativă a flagelilor la bacterii și protozoare, etc.

Funcția protectoare este realizată de proteinele specializate imunoglobuline (sau anticorpi). Ele pot „recunoaște“ bacterii, virusuri, compuși străini pentru organism (așa-numiți antigeni), care sunt apoi neutralizați de către celulele imune (fig. 16.5). Proteinele interferon sunt factori nespecifici ai imunității antivirale, care suprimă înmulțirea virusurilor. Pe baza lor sunt create medicamente antivirale terapeutice. Proteinele sângelui (de exemplu, tromboplastina, trombina, fibrinogenul) sunt implicate în procesele de coagulare, formarea trombelor, care previn hemoragii în cazul lezărilor vaselor sangvine. Funcția protectoare o pot efectua și unele enzime, cum ar fi lizozimul.

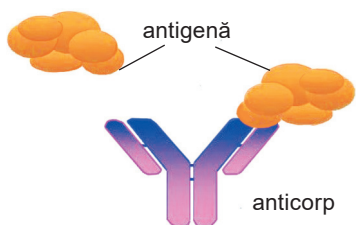


Fig. 16.5. Reacția antigen-anticorp. *Sarcină:* amintiți-vă, de ce un anumit anticorp poate interacționa numai cu un antigen specific

Numeroase proteine, care interacționează în mod specific cu anumite macromolecule, **regleză procesele realizării informației ereditare și anumite etape ale metabolismului**. Unele proteine complexe ale membranelor celulare sunt capabile să „recunoască” compuși specifici și să reacționeze la ei într-un anumit mod. Pe această **funcție de semnalizare** se bazează fenomenul excitabilității organismelor.

**Funcția de transport.** Plasma sângelui conține lipoproteine, care asigură transportul lipidelor. În interiorul celulei lipidele sunt, de asemenea, transferate de către proteine spre alte organite (de exemplu, mitocondrii). Proteinele încorporate în membrana celulară asigură transportul substanțelor în celulă și din celulă (găsiți-le în fig. 16.3, 3). Proteina hemoglobina, care se conține în eritrocitele omului și ale altor vertebrate, în plasma sângelui diferitor animale nevertebrate, asigură transportul oxigenului și CO<sub>2</sub>. Unele proteine pot servi drept o formă **de depozitare a substanțelor nutritive**.

*Sarcină:* Folosiți cunoștințele acumulate în timpul studiului biologiei în anii precedenți și dați exemple de funcție de rezervă a proteinelor.

### Termeni și nuanțe-cheie

biopolimeri, aminoacizi standard, enzime (fermenți), cofactor, coenzimă, apoenzimă.

## Verificați-vă cunoștințele



1. Prin ce aminoacizii standard diferă de cei care nu se întâlnesc în compoziția proteinei? 2. Ce este comun și prin ce diferă structura și funcțiile proteinelor globulare și fibrilare? 3. De ce medicamentele antivirale se produc pe baza interferonilor, și nu pe baza imunoglobulinelor? 4. De ce fără participarea enzimelor reacțiile biochimice în celule și organisme nu sunt posibile? 5. Prin ce se explică specificitatea enzimelor?

## Chibzuți



În urma reacțiilor enzimatiche, spre deosebire de cele neenzimatiche, nu se formează produse secundare, adică se observă un randament de aproape 100 % a produsului final. Ce însemnătate are acest fapt pentru funcționarea normală a organismului?

## §17. STRUCTURA ȘI ROLUL BIOLOGIC AL GLUCIDELOR ȘI LIPIDELOR

**Amintiți-vă** structura membranei citoplasmatiche. Care grupe din componența moleculelor sunt numite polare, iar care – nepolare? Care polizaharide sunt depozitate în celulele diferitor reprezentanți ai algelor și plantelor superioare?

**Structura și proprietățile glucidelor.** În funcție de masa moleculară glucidele sunt împărțite în monozaharide, oligozaharide și polizaharide. **Monozaharidele** sau **glucidele simple** sunt împărțite în trioze (3 atomi), tetroze (4), pentoze (5), hexoze (6) și așa mai departe până la decoze (10). În natură cele mai răspândite sunt hexozele, și anume, glucoza și fructoza. Gustul dulce al fructelor, mierii este determinat de conținutul acestor compuși. Dintre pentoze cele mai cunoscute sunt riboza și dezoxiriboza, care, respectiv, intră în componența acidului ribonucleic (ARN) și dezoxiribonucleic (ADN).

**Oligozaharidele** sunt glucide polimerice, în care câteva unități monozaharidice sunt combinate prin legături covalente (glicozidice). Ele, la fel ca și monozaharidele, au un gust dulce plăcut și bine se dizolvă în apă.

**Polizaharidele** sunt glucide cu un grad înalt de polimerizare, iar masa moleculară a unora dintre ele poate ajunge la câteva milioane (amidonul, celuloza, glicogenul, etc.). Polizaharidele sunt aproape insolubile în apă și nu au gust dulce.

Principalele **funcții ale glucidelor** în organism sunt energetică, structurală, protectoare și de rezervă.

**Funcția energetică.** Polizaharidele și oligozaharidele se descompun în organism până la monozaharide cu următoarea oxidare a lor până la  $\text{CO}_2$  și  $\text{H}_2\text{O}$ . La descompunerea completă a 1 g de glucide se elimină 17,6 kJ de energie. **Funcția structurală (constructoare)** a glucidelor constă în faptul, că ele intră în componența structurilor supramembranare ale celulelor. Astfel, în compoziția glicocalixului (fig. 17.1) sunt lanțuri oligozaharidice, care sunt componenți structurali ai glicoproteidelor și glicolidelor. Aceste substanțe asigură, de asemenea, și interconectarea celulelor între ele. Celuloza intră în componența membranei celulare a celulelor plantelor și ciupercilor. Polizaharida chitina, care conține nitrogen, se conține în scheletul extern al artropodelor și în membrana celulară a ciupercilor. Compușii speciali ai glucidelor și proteinelor (mucopolizaharidele) efectuează în organismul animalelor și al omului funcția unui lubrifiant specific, în special, ele intră în compoziția lichidului, care unge suprafețele articulațiilor.

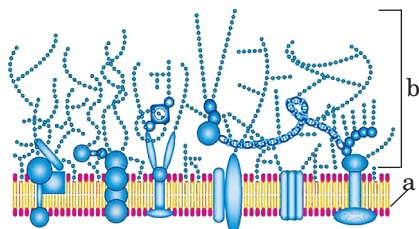


Fig. 17. 1. Glicocalixul – complexul supramembranar al celulei animale: a – membrana plasmatică; b – glicocalixul

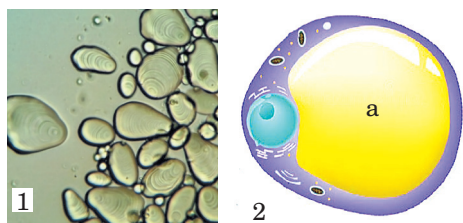


Fig. 17.2. Substanțele de rezervă în celule: 1 – boabele de amidon în celulele tuberculilor de cartof; 2 – grăsimile de rezervă sub formă de picătură (a) într-o celulă de țesut adipos

rezervă, cel mai des în formă de boabe (fig. 17.2, 1). În celulele vegetale este depozitat amidonul, iar în celulele animalelor și ciupercilor – glicogenul. Acești compuși reprezintă o rezervă de substanțe nutritive și de energie.

**Lipidele** sunt predominant compuși organici hidrofobi, care pot fi extrași cu ajutorul solvenților nepolari (eter, cloroform, acetona etc.). Majoritatea lipidelor sunt derivați ai acizilor grași și alcoolilor. Printre lipide se disting lipide simple și complexe. La lipide simple aparțin substanțe, care sunt formate numai din resturi de acizi grași (sau aldehide) și alcoolii, cum ar fi grăsimile, ceara etc. Lipidele complexe reprezintă compușii lipidelor cu glucidele (glicolipide), derivații acidului ortofosfat (fosfolipide), complexe lipidelor cu proteinele (lipoproteide) etc.

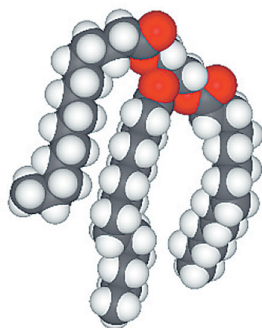


Fig. 17.3. Modelul spațial al structurii moleculei de grăsime

Printre lipidele simple cele mai răspândite sunt grăsimile neutre – eterii complecși ai acizilor grași cu masă moleculară mare și ai glicerolului, alcoolului tiratomic (fig. 17.3). În medie conținutul lor variază de la 5 până la 15 % din masa uscată a celulei. Conținutul ridicat de grăsimi (până la 90 %) este caracteristic pentru celulele țesutului nervos, ficatului, rinichilor, țesutului subcutanat și corpului gras al artropodelor. La unele plante multă grăsime se conține în semințe și fructe (floarea-soarelui, nukul, măslinele etc.).

**Funcțiile și proprietățile lipidelor.** Lipidele simple sunt compuși hidrofobi, insolubili în apă. Principala funcție a acestor compuși este cea **energetică**. La descompunerea completă a 1 g de grăsime se degajă 38,9 kJ de energie, adică de două ori mai mult decât la descompunerea completă a aceleiași cantități de glucide sau proteine, și totodată se produce aproape 1,1 grame de apă. Anume datorită rezervelor de grăsime unele animale pot exista un anumit timp fără accesul apei din exterior.

## Memorizăm

Apa, care se formează în organismele animalelor în timpul oxidării grăsimilor și glucidelor alimentelor, se numește **metabolică**.

**Funcția protectoare** a lipidelor constă în protecția organelor interne de leziuni mecanice (de exemplu, rinichii sunt acoperiți cu un strat moale de grăsime). La mamifere *ceara* secretată de glandele sebacee unge suprafața pielii, asigurând

**Funcția de protecție.** Polizaharida pectina poate să se combine cu unele toxine și radionuclizi, care nu nimeresc în sânge și sunt eliminați din organism. Mucopolizaharida heparina previne ridicarea capacității sângelui de a se coagula. În afară de aceasta, ea ridică permeabilitatea vaselor sangvine, rezistența organismului la insuficiența oxigenului (hipoxie), la acțiunea virusurilor și toxinelor, reduce nivelul glucozei în sânge.

**Funcția de rezervă.** Polizaharidele pot fi depozitate în celule ca substanță de

elasticitatea ei și reducând distrugerea învelișului părșos. La păsări ceara este eliminată de glanda coccigiană, secretul ei oferă penelor proprietăți hidrofobe. Stratul de ceară acoperă frunzele plantelor terestre și suprafața scheletului extern al artropodelor – locuitorilor uscatului, împiedicând evaporarea excesivă a apei din organism. Din ceară albinele își construiesc fagurele și astupă crăpăturile în stup înainte de iernare.

Acumulându-se în țesutul adipos subcutanat la unele animale (balene, foci etc.), grăsimile îndeplinesc o **funcție termoizolantă**.

În organismul omului este țesut adipos alb și brun (fig. 17.4). **Țesutul adipos alb** efectuează funcția energetică, protectoare, termoizolantă, de rezervă (în special, acumulează vitaminele solubile în grăsimi A, B, E, K), etc. În cazul insuficienței de substanțe nutritive grăsimile de rezervă sunt scindate, producând energie și eliminând o cantitate mare de apă metabolică. La o alimentație sporită grăsimile sunt din nou acumulate în celule sub formă de picături (vezi fig. 17.2, 2).

**Țesutul adipos brun** este bine dezvoltat la nou-născuți (la adulți, cantitatea lui este neînsemnată; fig. 17.4). În mitocondriile acestor celule se conține fier, ceea ce provoacă o culoare brună. Principala funcție este participarea la termoreglare. Capacitatea oxidativă a mitocondriilor în celulele țesutului adipos brun este aproximativ de 20 ori mai mare decât în celulele țesutului alb. Acest lucru permite menținerea temperaturii corpului în condiții, când aceasta nu este posibil prin contractarea mușchilor. Nou-născuții, datorită conținutului ridicat de țesut adipos brun (până la 5 % din masa corpului), concentrat în regiunea gâtului, rinichilor, spatelui, umerilor, sunt mai puțin sensibili la frig decât cei adulți.

**Funcția de reglare** este efectuată de *steroizi*. Cel mai cunoscut dintre ei este colesterolul. El este sintetizat în ficat și intră în compoziția bilei. Dar acest compus poate nimeri în organism și cu alimente grase. Excesul de colesterol stimulează formarea așa-numitelor plăci ateromatoase pe pereții vaselor sangvine, înfundându-le și perturbând fluxul sangvin normal.

Hormonii sexuali ai omului sunt de natură steroidă – estrogenii (feminini) și androgenii (masculini), hormonii suprarenali (corticosteroidii), vitaminele grupei D. Acești compuși participă la reglarea funcțiilor vitale ale organismelor.

Un rol deosebit aparține *fosfolipidelor*. Amintiți-vă: stratul dublu de fosfolipide este baza structurală a membranelor celulare. Fosfo- și glicolipidele, și alți compuși asemănători realizează o funcție structurală importantă – sunt folosiți pentru crearea multor structuri intracelulare.

### **Termeni și nuanțe-cheie**

glucide, lipide, apă metabolică.

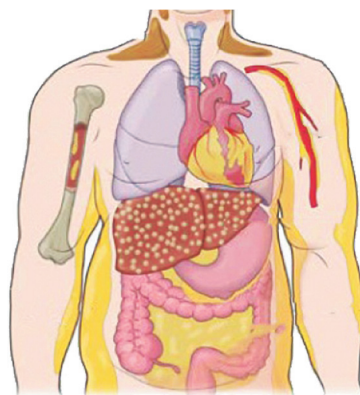


Fig. 17.4. Repartizarea țesutului adipos alb (este demonstrat cu culoare deschisă) și brun (este demonstrat cu culoare închisă) în organismul omului adult

### Verificați-vă cunoștințele



1. Care glucide sunt simple, iar care – complexe? 2. Ce este comun și prin ce diferă după proprietățile fizice și chimice glucidele și lipidele? 3. Care sunt funcțiile lipidelor de rezervă? 4. De ce țesutul adipos brun la nou-născuți este mai bine dezvoltat decât la adulți? 5. Care sunt funcțiile apei metabolice?

### Chibzuți



1. De ce cuticula bine dezvoltată a frunzelor permite plantelor mai bine să se adapteze la condițiile aerului poluat al orașelor mari – megalopolisurilor? 2. De ce în metabolismul energetic al oamenilor și animalelor rolul principal revine glucidelor, cu toate că în timpul scindării lipidelor se degajă de două ori mai multă energie?

## §18. STRUCTURA ȘI ROLUL BIOLOGIC AL ACIZILOR NUCLEICI

**Amintiți-vă** care glucide se numesc pentoze. Care sunt proprietățile codului genetic? Ce este genomul? Care sunt particularitățile de structură ale virozilor? Ce sunt ribozomii? Care este structura ribozomilor?

Structura și funcția acizilor nucleici ați învățat-o la lecțiile de biologie anul trecut. Ei reprezintă biopolimeri complecși macromoleculari, ale căror monomeri sunt *nucleotidele*. Molecula nucleotidului este compusă din trei părți: resturile bazei azotate, monozaharide (unul din cele două tipuri de pentoză: riboză sau dezoxiriboză) și restul acidului ortofosfat (fig. 18.1).

Știți deja că în funcție de tipul pentozei în compoziția nucleotidei se disting două tipuri de acizi nucleici: acizii ribonucleici (**ARN**) conțin riboză, iar acizii dezoxiribonucleici (**ADN**) – dezoxiriboză (fig. 18.1). Fiecare nucleotidă a ADN-ului conține una din cele patru tipuri de baze azotate: **adenina** (prescurtat însemnată **A**), **guanina** (**G**), **citozina** (**C**) și **timina** (**T**). În moleculele de ARN în loc de timină este **uracil** (**U**).

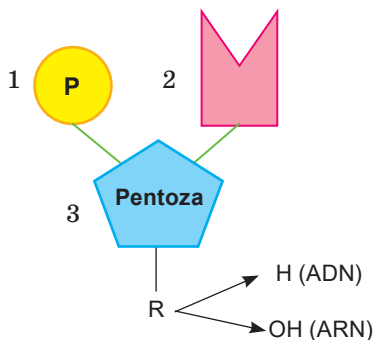


Fig. 18.1. Schema structurii nucleotidei:

- 1 – restul acidului ortofosfat;
  - 2 – restul bazei azotate;
  - 3 – restul monozaharidei (pentozei);
- în molecula dezoxiribozei, spre deosebire de riboză, în locul grupei hidroxil (OH), se conține un atom de Hidrogen (H)

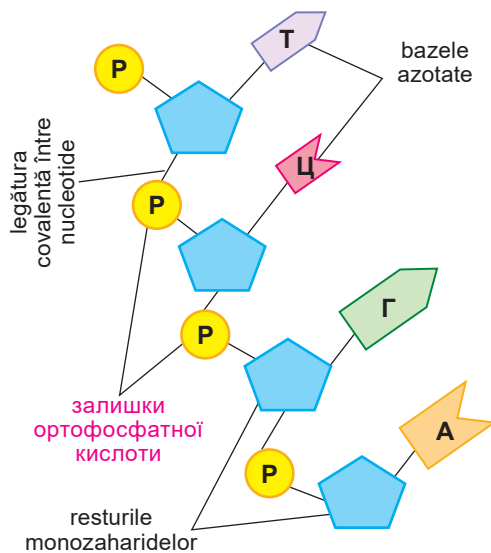


Fig. 18.2. Schema structurii acidului nucleic

Fig. 18.3. **Erwin Chargaff** (1905–2002) este un biochimist american de origine ucraineană (născut în Cernăuți). Împreună cu personalul său, el a determinat raportul cantitativ al bazelor azotate în molecula de ADN



În compoziția acizilor nucleici nucleotidele se unesc împreună într-un lanț cu ajutorul legăturilor covalente care apar între restul pentozei unei nucleotide și restul ortofosfatului al celeilalte nucleotide (fig. 18.2).

**Structura ADN-ului.** Numărul nucleotidelor cu adenină în orice moleculă de ADN este egal numărului nucleotidelor cu timină ( $A=T$ ), iar numărul nucleotidelor cu guanină – numărului nucleotidelor cu citozină ( $C=G$ ). Suma nucleotidelor cu adenină și guanină este egală cu suma nucleotidelor cu timină și citozină ( $A+G = T+C$ ). Legitățile conținutului relativ al diferitor tipuri de nucleotide în molecula de ADN este numită **regula lui Chargaff** (fig. 18.3). Moleculele de ADN în diferite țesuturi ale aceluiași organism au aceeași compoziție a nucleotidelor. Ea nu se schimbă odată cu vârsta, nu depinde de caracterul nutriției și de schimbările mediului (poate fi modificată doar în urma mutațiilor).

Molecula de ADN constă din două lanțuri polinucleotidice combinate cu legături de hidrogen. Aceste legături apar între două nucleotide de dimensiuni diferite. Dimensiunile **A** și **G** sunt ceva mai mari decât **T** și **C**; de aceea **A** întotdeauna se combină cu **T** (între ele se formează două legături de hidrogen), iar **G** se combină cu **C** (între ele se formează trei legături de hidrogen). Astfel, fiecare dintre cele două lanțuri reprezintă un fel de copie „oglină” a celuilalt lanț.

**A** **O corespundere exactă a nucleotidelor în două lanțuri de ADN se numește principiul complementarității** (acest principiu a fost formulat de J. Watson și F. Crick). Două lanțuri polinucleotidice sunt reciproc împletite și formează o spirală dublă răsucită în dreapta (structura secundară a ADN-ului) (fig. 18.4).

Fiecare cromozom în nucleul celular al eucariotelor conține o moleculă lungă lineară de ADN, care în complex cu proteinele histonice formează o structură spațială complexă (terțiară) (fig. 18.5). Lungimea ADN-ului celui mai mare cromozom al omului este de 10 cm.

Cu moleculele ADN-ului este legată principala proprietate a organismelor – ereditatea. În secvența de nucleotide ale ADN-ului este codificată informația despre toate particularitățile de structură și funcționare a celulei și a întregului organism. Unitatea eredității este gena – o porțiune a moleculei de ADN.

Molecula de ADN se caracterizează printr-o stabilitate înaltă, care determină păstrarea sigură a informației ereditare.



Fig. 18.4. Modelul spiralei duble de ADN

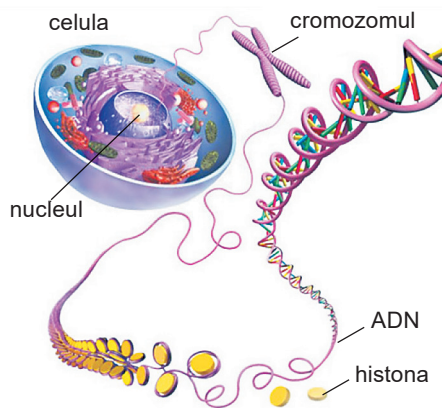


Fig. 18.5. Formarea structurii terțiare a ADN-ului în componența cromozomului

**Metode de lucru cu molecule ADN.** Există diverse metode de eliminare a moleculelor de ADN din celule și de lucru cu ele. *Amintiți-vă:* prin reacția de polimerizare în lanț (RPL) se obține un număr mare de copii ale fragmentelor izolate de ADN, ce facilitează în continuare lucrul cu ele. Datorită metodelor **clonării moleculare** pot fi obținute copii ale fragmentelor ADN de dimensiuni mai mari. Moleculele de ADN obținute sunt studiate, în special, fragmentate la acțiunea enzimelor în porțiuni separate. Astfel este analizată expresia genelor și determinat gradul de rudenie al genomilor diferitor organisme. Prin metodele de secvențiere este stabilită secvența nucleotidelor ADN-ului, adică este descifrat genomul diferitor organisme.

În taxonomie se folosește metoda **hibridizării genomilor**, care dă posibilitatea de a determina gradul de afinitate a organismelor. Ea se bazează pe hibridizarea moleculelor de ADN ale unui organism, în compoziția căreia sunt introduși izotopii radioactivi sau coloranți cu ADN-ul nemarcat al altui organism. Astfel este determinat numărul genelor identice: cu cât el este mai mare, cu atât mai înalt este gradul de rudenie al acestor organisme. Această tehnică este, de asemenea, utilizată în oncologie pentru a compara structura genelor în celulele tumorale și în celulele normale. Diverse metode de cercetare și de lucru cu molecule de ADN sunt utilizate în ingineria genetică și în biotehnologie, în special pentru producerea organismelor modificate genetic (OMG).

**Tipurile de ARN, structura și funcțiile lor.** Majoritatea moleculelor de



Fig. 18.6. Structura ARNt:  
1 – vederea bidimensională a moleculei de ARNt (are aspectul frunzei de trifoi); 2 – aspectul tridimensional (volumetric)

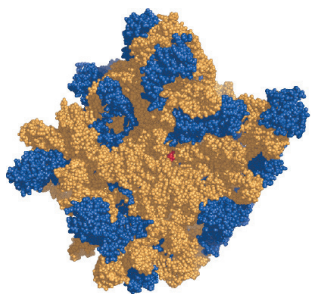


Fig. 18.7. Structura subunității mari a ribozomului, ARNr este demonstrat cu culoare galbenă, proteinele – cu albastră, iar centru activ – cu roșie

ARN este alcătuită dintr-o catenă polinucleotidică. Totodată, porțiunile reciproc complementare în cadrul unei molecule de ARN adesea formează structuri în formă de spirală bicatenară – așa-numite „agrafe de păr”. Ca rezultat, molecula de ARN adesea are o structură spațială (terțiară) complexă. La unele virusuri sunt molecule bicatenare de ARN în formă de spirală dublă (asemănătoare cu ADN-ul).

În toate tipurile de celule există trei clase principale de ARN, care diferă în ceea ce privește compoziția nucleotidelor, mărimea și proprietățile funcționale.

**ARN-ul matricial (ARN<sub>m</sub>, el mai este numit și informațional – ARN<sub>i</sub>)** este sintetizat pe o porțiune de ADN, care conține informația despre o anumită proteină și reprezintă o copie a unei catene de ADN a acestei porțiuni. El transmite informația ereditară de la ADN la locul sintezei catenei polipeptidice – la ribozomi, unde îndeplinește rolul de matrice.

**ARN de transport (ARN<sub>t</sub>)** se combină cu aminoacizi (fiecare cu al său) și-i transportă la locul sintezei moleculelor proteice. ARN-ul de transport are o structură secundară, care după formă seamănă cu o frunză de trifoi. Apoi ea formează o anumită structură spațială (terțiară) (fig. 18.6).

**ARN ribozomal (ARN<sub>r</sub>)** împreună cu proteinele ribozomale intră în compoziția complexului nucleoproteic – ribozomului, 2/3 din



masa căruia constituie anume ARNr (fig. 18.7). El determină poziția reciprocă al ARNm și ARNt în ribozom în timpul sintezei proteinelor. În celulele eucariote ARNr este sintetizat în nucleol – locul formării subunităților ribozomilor.

În celule, de asemenea, se conțin și alte tipuri de ARN, care participă la procesele de „maturare” postsintetică a ARNm și ARNr, ele sunt implicate în reglarea sintezei altor tipuri de ARN și proteinelor etc.

Știți deja că moleculele de ARN pot funcționa asemenea unor enzime specifice, ele sunt numite ribozimi. Ei, ca și enzimele complexe de natură proteică, pot avea cofactori, de exemplu, ioni de  $Mg^{2+}$ . Mulți ribozimi sunt capabili să catalizeze descompunerea proprie sau a altor molecule de ARN. Ribozim este și partea activă a ribozomului.

### Termeni și nuanțe-cheie

ADN, ARN, principiul complementarității.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt particularitățile de structură a acizilor nucleici? Care sunt tipurile de acizi nucleici?
2. Formulați regula lui Chargaff.
3. Care tipuri de ARN cunoașteți? La care procese, ce decurg în celulă, participă moleculele de ARN?
4. Care este structura și funcțiile moleculelor de ARNm?
5. Cum structura ARNt este legată de funcțiile ei?
6. Care sunt funcțiile moleculelor de ARNr?
7. Ce sunt ribozimii? Care sunt funcțiile lor?

#### Chibzuți



Cum a contribuit determinarea legăturilor conținutului de nucleotide în molecula ADN-ului (regula lui Chargaff) la crearea modelului de structură spațială a acestor molecule?

## §19. CARACTERISTICA GENERALĂ A METABOLISMULUI PLASTIC ȘI ENERGETIC

**Amintiți-vă** ce reprezintă transformarea energiei. Care organisme se numesc autotrofe, iar care – heterotrofe? Ce este homeostazia? Ce este glicoliza, transcriptia și translația? Ce reprezintă lanțurile și nivelurile trofice?

**Sistemele biologice ca sisteme deschise.** Știți deja că celulele, la fel ca și organismele pluricelulare, sunt sisteme deschise. Acest lucru înseamnă că existența lor este posibilă numai datorită asigurării lor cu substanțe nutritive din mediul înconjurător, transformării acestor substanțe și eliminării produselor metabolismului în exterior (fig. 19.1). Totalitatea acestor procese se numește **schimb de substanțe** sau **metabolism**.

Procesele metabolismului indisolubil sunt asociate cu transformările energiei. Organismul obține energia din mediul înconjurător în anumite forme (lumină, legăturile chimice ale compușilor din hrană etc.), folosește o parte a acestei energii pentru a efectua diverse procese vitale, iar restul energiei se întoarce în mediul înconjurător sub formă de căldură.

În organism decurge simultan sinteza și descompunerea substanțelor. Obținerea din mediu a compușilor, prelucrarea și acumularea substanțelor folosite pentru sinteza compușilor nece-

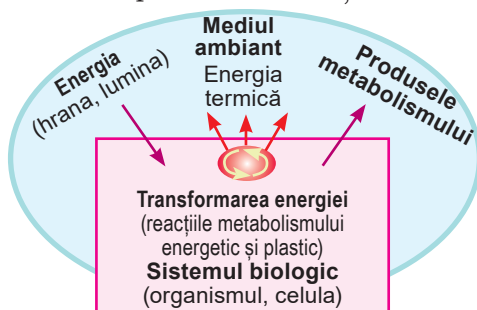


Fig. 19.1. Schema funcționării sistemului biologic deschis. *Sarcină:* Explicați particularitățile de funcționare a unui astfel de sistem în baza exemplului organismului uman

sari celulelor și întregului organism reprezintă **procesul de asimilație** sau **anabolism**. Totalitatea reacțiilor de sinteză, care asigură dezvoltarea celulelor și organismelor, reînnoirea compoziției lor chimice, se mai numește **metabolism plastic**. Pentru efectuarea acestor procese organismul consumă o anumită cantitate de energie necesară pentru formarea legăturilor chimice etc. Exemple de reacții anabolice sunt faza de întuneric a fotosintezei, procesele de sinteză a aminoacizilor, polizaharidelor, proteinelor, acizilor nucleici, ATP-ului etc.

Procesele de descompunere a substanțelor sunt însoțite de degajarea energiei, care este necesară pentru a asigura metabolismul plastic. Ele sunt numite **dezasimilație**, sau **catabolism**. Totalitatea reacțiilor de descompunere a substanțelor complexe în organism, care sunt însoțite de eliminarea energiei, se numește și **metabolism energetic**. În reacțiile catabolice substanțele cele mai compuse pot fi scindate fără participarea oxigenului sau să fie oxidate. Energia produsă în urma lor poate fi transformată în diferite forme: termică, energia luminii (fenomenul de bioluminescență), mecanică (asigură mișcări etc.). O parte a energiei eliminate este acumulată în formă de legături chimice, care se formează între resturile acidului ortofosfatic în moleculele de ATP. Procesele catabolismului pot să decurgă

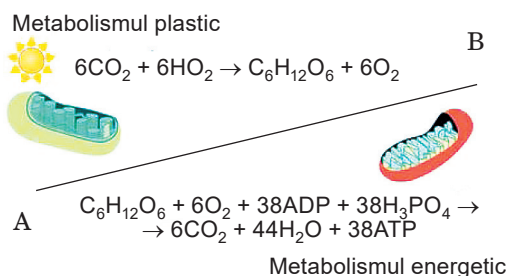


Fig. 19.2. Unitatea proceselor catabolismului (A) și anabolismului (B). Sarcină: care este rolul organitelor, prezentate în figură, pentru menținerea proceselor metabolice? Numiți procesele descrise de ecuațiile de mai sus?

atât fără participarea oxigenului (de exemplu, glicoliza, fermentația), cât și cu participarea lui (de exemplu, ciclul Krebs sau ciclul acizilor tricarboxilici). Mai detaliat aceste procese vor fi examinate mai jos.

Procesele catabolismului și anabolismului sunt strâns legate între ele (fig. 19.2). Astfel, pentru procesele anabolismului se consumă energia acumulată în urma reacțiilor catabolismului. Totodată, în timpul reacțiilor anabolice produsele, formate în rezultatul reacțiilor catabolice de descompunere a diferitor substanțe, pot fi utilizate pentru producerea compușilor

noi mai complecși. Reacțiile catabolice sunt catalizate de enzime sintetizate în timpul reacțiilor anabolice, de asemenea, în reacțiile catabolice se descompune o parte a substanțelor sintetizate în organism.

### Memorizăm

Unitatea și coordonarea proceselor anabolismului și catabolismului asigură funcționarea organismelor ca sisteme biologice întregre, capabile la autoreglare și autoreproducere.

Datorită proceselor metabolismului plastic și energetic se menține homeostazia în condițiile variabile ale mediului. Aceasta este o condiție importantă pentru funcționarea normală a oricărui sistem biologic: de la nivelul de organizare celular până la nivelul de ecosistem.

**Particularitățile metabolismului la organismele autotrofe și heterotrofe.** Pentru organismele, care locuiesc pe planeta noastră, principala sursă de energie este lumina solară, datorită căreia în mod direct sau indirect sunt satisfăcute necesitățile energetice. Știți deja că plantele și alte organisme fotosintetice (unele bacterii, animale unicelulare) datorită cloroflei (bacteriile purpurii și

verzi– bacteriochlorofilei) sunt capabile să capteze lumina, care nimereste pe planeta noastră din spațiul cosmic. Ele transformă energia luminii în energia legăturilor chimice ale compușilor organici sintetizați. „Energia solară” pare a fi „conservată”. Apoi, împreună cu hrana ea este transmisă prin lanțurile de nutriție de către organismele heterotrofe, care se află la diferite niveluri trofice.

Fără plante și alte organisme fotosintetice viața pe planeta noastră ar fi fost imposibilă. Energia solară, „conservată” în astfel de minerale ca cărbunele, petrolul, turba, este importantă pentru funcționarea industriei, transportului etc.

Știți deja că organismele capabile să sintetizeze substanțe organice din substanțe anorganice se numesc **autotrofe**.

La ele aparțin organismele fototrofe și chemotrofe. *Fototrofii* (fig. 19.3, b) utilizează pentru aceste procese energia luminii (plantele verzi, ciano-bacteriile, unele bacterii și animale unicelulare). *Chemotrofii* (bacteriile nitrificatoare, fero- și sulfobacteriile, etc.) pentru sintetiza compușilor organici din compuși anorganici folosesc energia, care este eliminată în timpul oxidării compușilor anorganici.

Ciupercile, animalele pluricelulare, majoritatea animalelor unicelulare și procariotelor aparțin la **heterotrofi** (fig. 19.3, c-g). Pentru ei sursă de energie sunt compușii organici formați de alte organisme. **Mixotrofii** sunt organisme cu un tip mixt de nutriție (cum ar fi, roua cerului, vâscul, clamidomonada, euglena verde). Asemenea organisme sunt capabile nu numai să sintetizeze compuși organici din anorganici, ci și să consume substanțele organice gata.

**Rolul ATP-ului în asigurarea proceselor metabolice. Acid adenozin-trifosfat (ATP)** sau **adenozintrifosfatul** reprezintă o nucleotidă formată din restul bazei azotate (adeninei), monozaharidă (riboza) și trei resturi de acid ortofosfat (fig. 19.4). În două legături chimice *macroergice* între resturile de fosfat se acumulează o cantitate semnificativă de energie. Dacă la acțiunea enzimei este eliminat un rest de acid ortofosfat, atunci ATP-ul se transformă în **acid adenzindifosfat** sau **adenozindifosfat (ADP)**, dacă două resturi – în **acid adenzinmonofosfat** sau **adenozinmonofosfat (AMP)**. În timpul fiecărei eliminări a restului de ortofosfat se degajă aproximativ 40 kJ de energie (calculat pentru 1 mol de resturi de ortofosfat; în dependență de condițiile mediului intern al

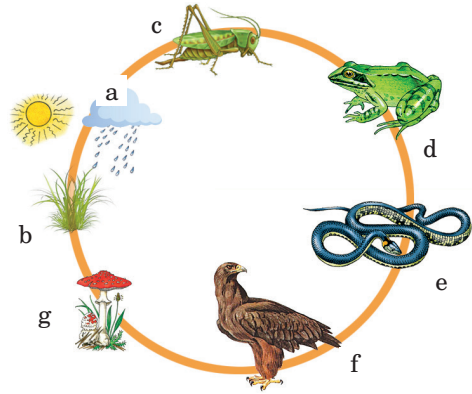


Fig. 19.3. Exemplu de lanț trofic: a – soarele – principala sursă de energie pentru existența biosferei, apa; b – plantele – organismele, care pot capta energia luminii soarelui; c-g – organismele heterotrofe care primesc energie din alimente

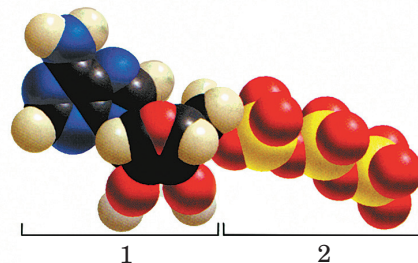



Fig. 19.4. Structura moleculei de ATP: 1 – adenzina (compusul adeninei și ribozei); 2 – trei resturi de acid ortofosfat

celulei cantitatea de energie eliberată în timpul scindării unui rest de ortofosfat poate varia de la 33 până la 50 kJ/mol). Deci, moleculele de ATP sunt acumulatori chimici universali ai celulei.

Procesele de descompunere a substanțelor nutritive însoțite de degajarea energiei sunt asociate cu sinteza ATP-ului – energia este „acumulată” în structura acestui compus macroergic. Toate procesele vitale, care necesită energie (sinteza macromoleculor, diferite mișcări, transportul activ al substanțelor, etc.), sunt însoțite de scindarea moleculelor de ATP cu degajarea cantității corespunzătoare de energie. ATP-ul este, de asemenea, o sursă de resturi de ortofosfat pentru fosforilarea diferitor molecule.

 **Fosforilarea este procesul de adădire a grupului fosfatic la orice substrat.** În celulele vii fosforilarea este extrem de importantă pentru desfășurarea unei serii de procese și adesea îndeplinește rolul unui semnal de reglare pentru multe dintre aceste procese. În special, fosforilarea proteinei adesea reglează activitatea ei funcțională (o activează sau o dezactivează). Procesul opus – eliminarea resturilor ortofosfatice – se numește **defosforilare**.

### Termeni și nuanțe-cheie

metabolism, procese de asimilație și dezasimilație, anabolism, catabolism, ATP, fosforilare.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. De ce sistemele biologice întotdeauna sunt deschise? 2. Care este legătura dintre procesele de asimilație și dezasimilație? 3. Ce este comun și prin ce diferă autotrofii, heterotrofii și mixotrofii? 4. De ce moleculele de ATP sunt considerate acumulatori universali ale celulei? 5. Ce este fosforilarea? Care este rolul ei biologic?

#### Chibzuți



Ce este comun și prin ce diferă structura nucleotidelor, care intră în compoziția moleculelor acizilor nucleici și moleculei de ATP?

## §20. ASIGURAREA ENERGETICĂ A PROCESELOR METABOLICE

**Amintiți-vă** structura și funcțiile moleculelor de ATP. Ce sunt coenzimele?

**Metabolismul energetic** decurge în trei etape consecutive: pregătitoare, anaerobă și aerobă.

**Etapa pregătitoare** (inițială) a metabolismului energetic are loc în citoplasma tuturor organismelor, iar la majoritatea animalelor pluricelulare și oameni – și în cavitatea sistemului digestiv. La această etapă compușii organici complecși sub acțiunea enzimelor scindează până la mai simpli: proteinele – până la aminoacizi, grăsimile – până la glicerol (alcool triatomic) și acizi grași, polizaharidele – până la monozaharide, acizii nucleici – până la nucleotide. Aceste procese sunt însoțite de degajarea energiei. Dar cantitatea ei este neînsemnată, ea este dispersată sub formă de căldură, pe care organismele o folosesc pentru menținerea temperaturii corpului.

**Etapa anaerobă** a metabolismului energetic decurge în celule. Denumirea ei este legată de faptul, că compușii formați la etapa anterioară suferă o scindare în mai multe etape fără participarea oxigenului. Scindarea anaerobică reprezintă cel mai simplu mod de acumulare a energiei sub formă de legături chimice ale moleculelor sintetizate de ATP. Calea magistrală a etapei anaerobe a metabolismului energetic este **glicoliza** – procesul de scindare enzimatică în etape a gluco-

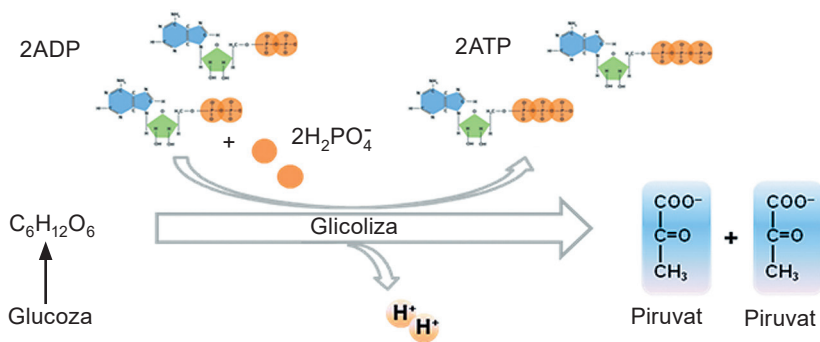
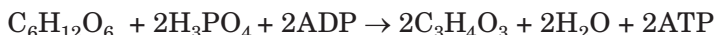
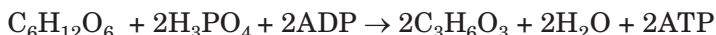


Fig. 20.1. Schema reacției glicolizei. *Sarcină:* urmăriți transformările, care decurg cu moleculele ATP-ului

zei în celule, care este însoțit de sinteza ATP-ului. În urma glicolizei la organismele, la care metabolismul energetic se termină cu etapa aerobă, se formează două molecule de acid piruvic  $C_3H_4O_3$ , care în celulă, datorită disocierii, există sub formă de piruvat –  $C_3H_3O_3$  (fig. 20.1):



Rezultatul glicolizei în condiții anaerobe este formarea a două molecule de acid lactic (de exemplu, în cazul oboselii musculare, care rezultă din lipsa de oxigen, sau în urma fermentației lactice efectuată de bacteriile lactice):



La unele organisme anaerobe (de exemplu, la drojzii, unele bacterii) acidul piruvic cu ajutorul enzimelor scindează în două molecule de etanol (proces de fermentație alcoolică):



Glicoliza reprezintă principala cale a catabolismului glucozei. De exemplu, în organismul animalelor (fig. 20.2, I) în urma acestui proces se degajă aproximativ 200 kJ de energie. O parte din ea (aproximativ 84 kJ sau 35–40 %) se consumă pentru sinteza a două molecule de ATP, iar restul este dispersată sub formă de căldură. Produsele intermediare ale glicolizei pot fi utilizate pentru sinteza diferitor compuși.

Principala sursă de glucoză pentru procesele glicolizei sunt polizaharidele de rezervă – glicogenul (la animale și ciuperci) și amidonul (la majoritatea plantelor). Anumite reacții biochimice pot asigura transformarea aminoacizilor în glucoză.

Cu toate că eficiența glicolizei este relativ mică, ea are o însemnătate fiziologică mare. Datorită acestui proces

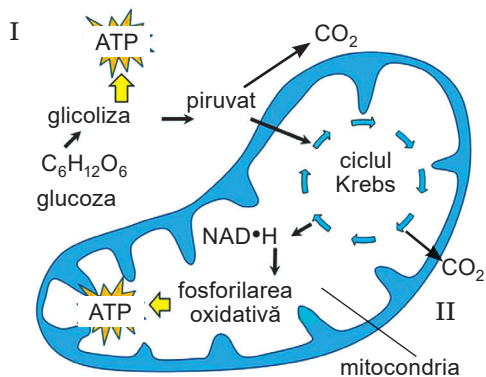


Fig. 20.2. Etapa anaerobă (I) și aerobă (II) a metabolismului energetic. *Sarcină:* explicați legătura dintre aceste procese

organismele pot primi energie în condiții de insuficiență a oxigenului, iar produsele lui finale (acidul piruvic și acidul lactic) pot să continue transformările enzimice în prezența oxigenului.

Etapa aerobă a metabolismului energetic este însoțită de o serie de reacții de oxido-reducere cu participarea anumitor enzime. Ca rezultat, compușii organici formați la etapa precedentă anaerobă sunt oxidați până la produsele finale –  $H_2O$  și  $CO_2$  (fig. 20.2, II). Datorită acestor reacții, organismul primește o cantitate semnificativă de energie necesară pentru asigurarea proceselor vitale. O parte din această energie este acumulată în legăturile macroergice ale moleculelor sintetizate de ATP.

**Reacțiile biochimice în celule, în urma cărora se oxidează glucidele, lipidele și aminoacizii cu degajarea energiei, care este acumulată în legături chimice ale substanțelor macroergice (ATP), se numesc respirație celulară sau tisulară.**

În timpul reacțiilor de oxido-reducere electronii sunt transferați de la reductor (compusul, care îi cedează) la oxidant<sup>1</sup> (compusul, care îi acceptă). Procesul de oxidare biologică a compușilor organici, asociat cu eliminarea Hidrogenului, are loc în mitocondrii cu participarea enzimelor specifice.

Un rol important la etapa aerobă a metabolismului energetic aparține ciclului **Krebs**<sup>2</sup> (acest proces, descoperit în anul 1937, este numit în cinstea biochimistului englez Hans Adolf Krebs

(1900–1981) – laureat al Premiului Nobel). Reacțiile ciclului Krebs se desfășoară în matricea mitocondriilor și reprezintă o transformare succesivă a acizilor organici (fig. 20.3).

Compusul inițial, care intră în ciclul Krebs este **acetil-CoA** (acetilcoenzima A), ce se formează din moleculele acidului piruvic (piruvatului) în urma unei serii de transformări și adăției coenzimei A.

În timpul ciclului Krebs au loc transformări succesive ale unor acizi organici în alții. În toate aceste reacții din acizii organici sunt eliminate două molecule de  $CO_2$ , care părăsesc mitocondriile și, în cele din urmă, se elimină din celulă. Produsul final al acestor transformări este acidul oxaloacetic, care reacționează din nou cu acetil-CoA și ciclul se repetă.

În rezultatul fiecărui ciclu Krebs ca produs secundar se formează o moleculă de ATP. Însă, rezultatul

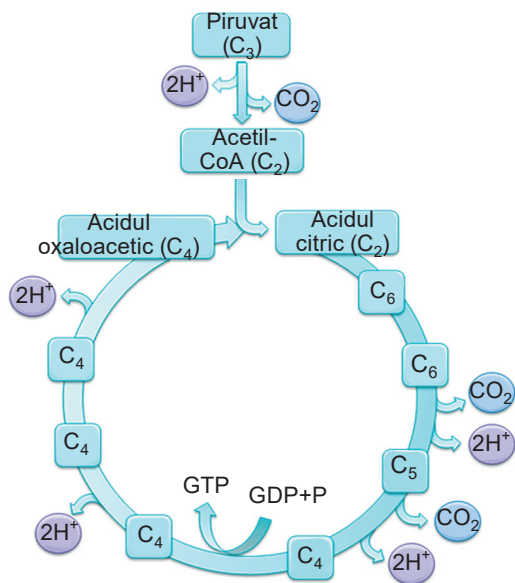


Fig. 20.3. Schema ciclului Krebs (în paranteză este indicat numărul de atomi de carbon în compoziția compușilor implicați în aceste procese); săgețile indică la care etape sunt eliminate molecule de  $CO_2$  și atomi de Hidrogen, ce sunt transferați la compușii acceptori

<sup>1</sup> Oxidant final este atomul de Oxigen.

<sup>2</sup> Altă denumire este „ciclul acizilor tricarboxilici” sau „ciclul acidului citric”.

principal al reacțiilor acestui ciclu este eliminarea de la acizii organici a atomilor de Hidrogen, care sunt transmiși la substanțele acceptori de Hidrogen. Cea mai importantă dintre acestea este substanța  $\text{NAD}^1$ . Adiția atomului de Hidrogen o transformă într-o formă redusă  $\text{NADH} \cdot \text{H}^+$ .

$\text{NAD}$  este coenzima. El este prezent în toate celulele vii: este parte componentă a enzimelor, care catalizează reacțiile de oxido-reducere. Efectuează funcția de transportor de electroni și a atomului de Hidrogen, pe care-l primește de la compușii, ce sunt oxidați. Forma redusă ( $\text{NADH} \cdot \text{H}^+$ ) este capabilă să-l transfere altor compuși.

În membrana internă a mitocondriilor se află așa-numitul **lanț respirator** sau **lanț transportor de electroni** (fig. 20.4). El este format din transportori de electroni, care fac parte din complexe enzimatice ce catalizează reacțiile de oxido-reducere. Lanțul respirator începe în mitocondrii cu oxidarea  $\text{NADH} \cdot \text{H}^+$  (produsul principal al ciclului Krebs) până la  $\text{NAD}^+$ ,  $\text{H}^+$  și doi electroni. Cu ajutorul unei serii de transportori succesivi electronii sunt transferați la molecula de oxigen în matricea mitocondrială. Ca rezultat, se formează o moleculă de apă.

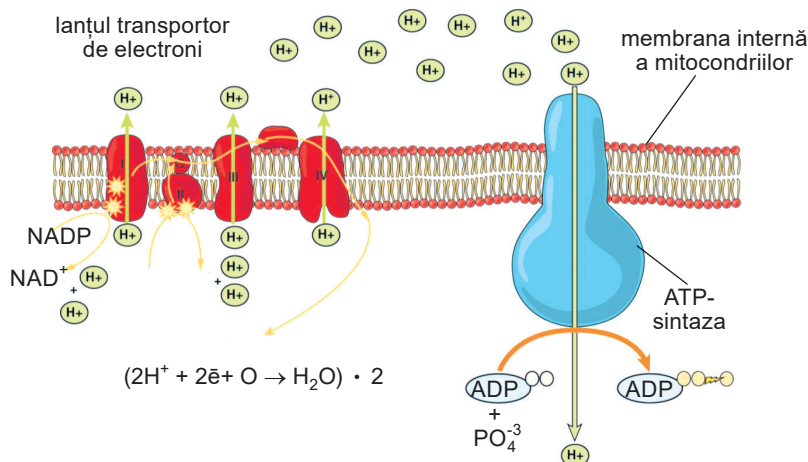
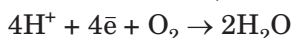


Fig. 20.4. Lanțul transportor de electroni în timpul sintezei ATP-ului în mitocondrii

Simultan cu transferul electronilor complexe enzimatice ale lanțului respirator îndreaptă protonii din matricea mitocondriei spre spațiul între membranele ei internă și externă. Astfel, procesul transportului electronilor este însoțit de formarea diferenței de concentrații a protonilor  $\text{H}^+$  și potențialelor electrice pe părțile opuse ale membranei interne a mitocondriilor: ionii  $\text{H}^+$  sunt acumulați în spațiul intermembranar. Această diferență de concentrații a protonilor are o energie potențială, care poate efectua un lucru util: mișcarea protonilor din zonele cu o concentrație ridicată în zona cu concentrație scăzută datorită difuziunii obișnuite poate funcționa ca o baterie electrică.

Membrana mitocondrială internă este impermeabilă pentru protoni. Ei pot să se miște numai prin canale speciale, care reprezintă un element structural al

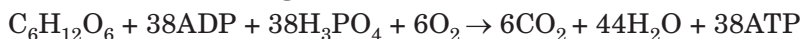
<sup>1</sup>Denumirea completă a acestui compus este nicotinamida de nindinucleotid (nu pentru memorizare).

complexului enzimatic special, ce face parte din membrana internă mitocondrială – **ATP-sintaza**. Acest complex de enzime după formă seamănă cu o ciupercă cu pălărie (fig. 20.4). Datorită proceselor fizice și chimice complexe cu participarea ATP-sintazei din ADP și molecule de acid ortofosfatic sunt sintetizate molecule de ATP. Astfel este asigurată cuplarea proceselor de oxidare (transferul electronilor prin lanțul respirator) și fosforilare (formarea ATP-ului din ADP și acid ortofosfatic).

**Fosforilarea oxidativă** este una din etapele respirației celulare. Acest proces are loc atunci când diferența de potențial pe ambele suprafețe ale membranei interne a mitocondriilor, cauzată de diferența concentrațiilor de protoni, atinge un anumit nivel critic.

În timpul respirației celulare energia, care se conține în formă de legături chimice ale substratului, ce se oxidează, se elimină în porțiuni mici. Aceasta permite celulei să o folosească mult mai efectiv comparativ cu energia eliberată la etapa anaerobă. Oxidarea a două molecule de piruvat, formate ca rezultat al scindării anaerobe a glucozei până la  $\text{CO}_2$  și  $\text{H}_2\text{O}$  (în timpul ciclului Krebs și fosforilării oxidative ulterioare) este însoțită de degajarea unei cantități de energie, care asigură sinteza a 36 molecule de ATP. Eficiența energiei, degajate în timpul oxidării substanțelor organice și acumulate sub formă de legături macroergice ale moleculelor sintetizate de ATP, atinge 70 %.

Deci, anume etapa aerobă a metabolismului energetic joacă un rol principal în asigurarea celulelor cu energie. Dacă e să luăm în considerare faptul, că la etapa glicolizei se sintetizează două molecule de ATP, atunci energia, care este eliminată în urma scindării complete a unei molecule de glucoză în timpul etapei anaerobe și aerobe, este suficientă pentru formarea a 38 molecule de ATP. Ecuația totală a scindării moleculei de glucoză are următoarea formă:



Produsele finale ale scindării glucidelor, acizilor grași și aminoacizilor sunt dioxidul de carbon și apa, ele sunt eliminate din organism. Pentru aminoacizi un produs suplimentar de scindare este ureea – un compus, care conține Nitrogen. Procesul de eliminare din organism a produselor metabolice se numește **excreție**. Procesele de fotosinteză și chemosinteză a organismelor autotrofe îmbină reacțiile anabolismului și catabolismului.

### Termeni și nuanțe-cheie

glicoliza, respirația celulară (tisulară), ciclul Krebs, lanțul respirator (lanț transportor de electroni), ATP- sintaza, fosforilarea oxidativă.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care sunt principalele etape ale metabolismului energetic? 2. Care organisme sunt aerobe și anaerobe? 3. Care este însemnătatea biologică a etapelor pregătitoare și anaerobe ale metabolismului energetic? 4. În ce constă procesul de fermentație? 5. Unde decurge etapa aerobă a metabolismului energetic? 7. În ce constă ciclul Krebs? 8. Ce este ATP-sintaza și care sunt funcțiile ei?

#### **Chibzuți**



Una din cauzele oboseții musculare este considerată acumularea în fibrele musculare a acidului lactic datorită insuficienței de oxigen. Explicați de ce pentru reînnoirea mai rapidă a mușchilor nu se recomandă odihna pasivă, ci activă (atunci când lucrează alte grupuri de mușchi).



## §21. BIOSINTEZA GLUCIDELOR ȘI LIPIDELOR LA ORGANISMELE AUTOTROFE ȘI HETEROTROFE

**Amintiți-vă** ce este fotosinteza. Care grupuri de procariote sunt capabile de fotosinteză? Ce este ATP-sintaza? Care sunt funcțiile ei? Cum decurge metabolismul energetic la eucariotele aerobe? Ce este chemosinteza?

**Biosinteza glucidelor** ocupă un loc important printre reacțiile anabolice. Majoritatea glucidelor, în special și glucoza, sunt sintetizate de organismele autotrofe din compuși anorganici. În celulele organismelor heterotrofe glucidele se produc într-o cantitate limitată din alți compuși organici, în special din produsele de scindare a proteinelor și lipidelor. Polizaharidele la toate organismele sunt sintetizate ca rezultat al reacțiilor enzimatice din monozaharide.

**Fotosinteza este procesul de formare a compușilor organici din anorganici datorită transformării energiei luminii solare în energia legăturilor chimice ale glucidelor sintetizate.** Fotosinteza decurge în două faze: de lumină (reacțiile dependente de lumină sunt efectuate în prezența luminii) și de întuneric (reacțiile independente de lumină). Ea îmbină reacțiile catabolismului (sinteza ATP-ului în timpul reacțiilor dependente de lumină) și anabolismului (sinteza glucozei cu utilizarea acestei energii).

În celulele plantelor și ale unor animale unicelulare fotosinteza decurge în cloroplaste (fig. 21.1), unde sunt pigmenții fotosintetici – clorofile. După structura sa ele sunt asemănătoare cu hemul hemoglobinei, dar în loc de Fier în centrul moleculei ele au un atom al altui metal bivalent – Magneziu.

Există câteva tipuri de clorofilă, clorofila a (obligatorie), clorofila b (este la plantele verzi), clorofila c (la algele diatomee și brune), clorofila d (la alge roșii). Pe lângă clorofile în membranele tilacoidelor se conțin și pigmenți secundari – carotenoide de culoare roșie sau galbenă.

Fotosinteza se bazează pe o succesiune de reacții de oxido-reducere asociate cu formarea glucidelor din compuși anorganici și eliminarea oxigenului molecular în atmosferă (cu excepția bacteriilor fotosintetice verzi și purpurii). În ea se combină două procese opuse – acumularea energiei luminii solare sub formă de legături macroergice (metabolismul energetic) și fixarea CO<sub>2</sub> independentă de lumină cu sinteza ulterioară a compușilor organici, care utilizează această energie (fig. 21.2).

În procesul de fotosinteză la plantele verzi și cianobacterii participă două fotosisteme – primul și al doilea, localizate în membranele tilacoidelor (fig. 21.2, b).

**Fotosistem se numește o unitate structurală, care este formată din pigmenți și alte molecule implicate în fotosinteză.** În compoziția unui fotosistem intră aproximativ 200 de molecule de clorofilă și 50 molecule de carotenoide (ele măresc spectrul de acțiune al fotosintezei și participă la transmiterea energiei la moleculele de clorofilă).

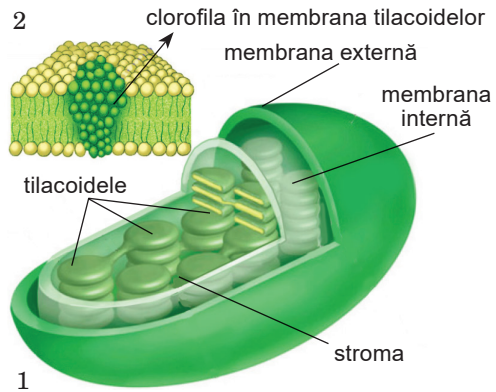


Fig. 21. 1. Structura cloroplastului.  
2. Localizarea moleculei de clorofilă în membranele tilacoidelor

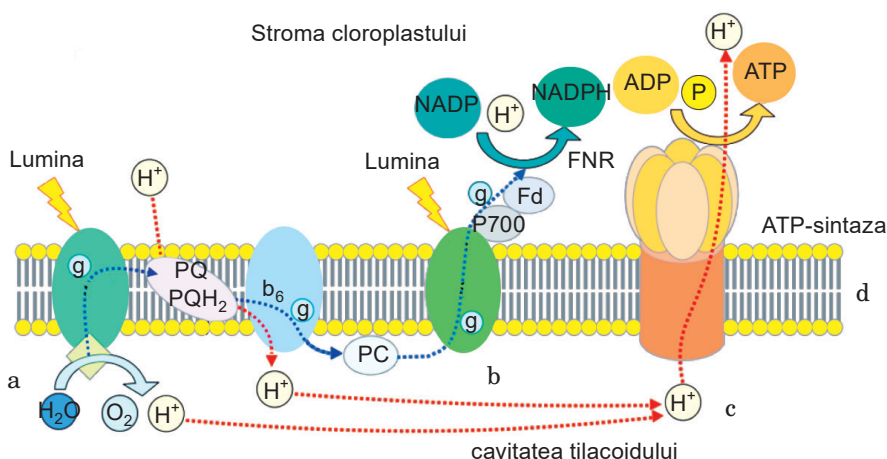


Fig. 21.2. Reacțiile fotosintezei dependente de lumină pe membrana internă a tilacoidului: săgețile roșii indică transportul atomilor de Hidrogen, iar săgețile albastre – a electronilor: a – fotosistemul II (PSII); b – fotosistemul I (PSI); c – ATP-sintaza; d – membrana tilacoidului

Toate moleculele de clorofilă sunt capabile să absoarbă lumina, dar numai două dintre ele nemijlocit participă la procesele de transformare a energiei de lumină în energia legăturilor chimice. Aceste molecule specializate, asociate cu proteine speciale, formează **centrul reactiv**. Toate celelalte molecule de pigmenți ale fotosistemului acționează ca un fel de antene de colectare a luminii. Centrele reactive servesc la captarea energiei cuantei de lumină și transmiterea ei către acele părți ale cloroplastelor, unde ea se transformă în energia legăturilor chimice ale compușilor organici sintetizați. Ambele fotosisteme sunt separate în spațiu, dar interconectate prin lanțul transportor de electroni (urmăriți după săgețile albastre din fig. 21.2). În procesul de fotosinteză ele sunt incluse pe rând: primul – fotosistemul II, apoi – fotosistemul I.

Reacțiile fotosintezei dependente de lumină încep cu absorbția unei cuante de lumină (fotonului) de către clorofilă. Molecula acestui pigment, absorbind cuanta de lumină, este excitată și transmite această energie unei molecule vecine. Ca rezultat, energia excitației se transmite rapid prin complexul de pigmenți fotosintetici spre centrul reactiv al fotosistemului. Electronul, care aparține clorofilei centrului reactiv, primind o energie de excitație, este capabil să se desprindă de moleculă și să ajungă la primul acceptor de electroni – primul transmițător de electroni din lanțul transportor.

Lanțul transportor de electroni din membrana tilacoidelor este asemănător cu lanțul transportor de electroni din membrana mitocondriilor (vezi fig. 20.4). El este alcătuit din complexul de enzime încorporate în membrană, care efectuează procesul de oxido-reducere – transmiterea consecutivă a electronilor de la donator la acceptor.

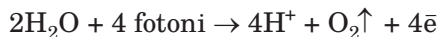
Excitarea centrului reactiv al fotosistemului I inițiază transmiterea electronului prin lanțul de transportori până la acceptorul final – molecula de  $\text{NADP}^{+1}$ .

<sup>1</sup>Denumirea completă: nicotinamidadeninucleotidfosfat (nu pentru memorizare): de  $\text{NAD}^+$  se deosebește prin prezența grupului ortofosfatic în moleculă.

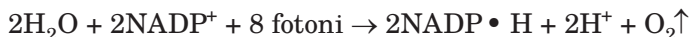
Electronul reduce acest compus (care este sursa de Hidrogen necesar pentru sinteza glucozei în timpul reacțiilor fotosintetice independente de lumină). În același timp, protonul de hidrogen este captat din mediul înconjurător. Astfel, molecula de NADP trece din starea oxidată în stare redusă:



După pierderea electronului de către centrul reactiv al fotosistemului I în molecula de clorofilă rămâne așa-numita gaură. Ea este umplută cu electroni transferați prin sistemul de transportori de la centrul reactiv excitat al fotosistemului II (urmăriți calea acestui electron în figura 21.2). „Gaura” formată în centrul reactiv al fotosistemului II este umplută cu un electron, sursa căruia este o moleculă de apă. Unul din componenții fotosistemului II este enzima fotosensibilă, care la acțiunea luminii efectuează procesul de **fotoliză a apei**:



Deci, ca rezultat al fotolizei apei electronii eliberați sunt utilizați pentru reducerea centrului reactiv al fotosistemului II, iar oxigenul molecular este eliminat în atmosferă. Ecuația generală a reacțiilor fotosintezei dependente de lumină este următoarea:



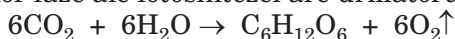
Transportul electronilor, care este inițiat de către reacțiile cu participarea luminii, este conjugat cu transmiterea protonilor prin membrană în spațiul interior al tilacoidelor (găsiți săgețile roșii din figura 21.2). La fel ca și în mitocondrii, membrana tilacoidală conține ATP-sintaze, care utilizează pentru sinteza ATP-ului diferența concentrațiilor de protoni: fluxul protonilor din mediul intern al tilacoidului spre stromă. Deci, concomitent cu transportul electronilor datorită diferenței în concentrațiile protonilor pe ambele părți ale membranei tilacoidului, în rezultatul acestui proces sunt sintetizate 3 molecule de ATP.

Reacțiile de fotosinteză independente de lumină decurg în mediul intern al cloroplastelor fără participarea luminii. În prezența dioxidului de carbon, compușilor specifici și energiei degajate la scindarea ATP-ului, hidrogenul (pe care-l asigură NADP • H-ul redus în timpul fazei de lumină) se combină cu CO<sub>2</sub>, care pătrunde în cloroplaste din aer. În urma unei serii de reacții succesive cu participarea enzimelor specifice se formează glucoză și alte monozaharide. Ulterior din ele se sintetizează polizaharide (amidon, celuloză etc.).


În timpul fazei de întuneric a fotosintezei are loc o serie de reacții biochimice independente de lumină, care sunt numite ciclul Calvin (el a fost descoperit de savantul american M. Calvin<sup>1</sup> împreună cu ai săi colaboratori). Compusul-acceptor de CO<sub>2</sub> din atmosferă este **ribulozodifosfatul** (glucidă cu cinci atomi de Carbon combinată cu două resturi de acid ortofosfatic). Reacția de adiție a CO<sub>2</sub> este catalizată de o enzimă specifică, iar drept produs al reacției sunt două molecule organice, fiecare conținând câte trei atomi de Carbon. În următoarele reacții chimice, fiecare fiind catalizată de o enzimă specifică, se formează produsul final – glucoza, precum și se reduce ribulozodifosfatul, care intră într-un nou ciclu. La includerea unei molecule de CO<sub>2</sub> în glucoză în ciclul Calvin se consumă două molecule de NADP • H și trei molecule de ATP – anume atât cât s-a format în timpul

<sup>1</sup>Melvin Calvin (1911–1997) – biochimist american, laureat al Premiului Nobel pentru chimie (1961).

reacțiilor dependente de lumină pentru fiecare moleculă de oxigen eliminat. Deci, ecuația finală a ambelor faze ale fotosintezei are următorul aspect:



Simultan cu fotosinteza în plante la lumină decurge și procesul de respirație. Ca și în timpul respirației plantelor în întuneric este absorbit oxigenul și este eliminat  $\text{CO}_2$ .

 **Chemosinteza este un tip de nutriție autotrofă, în rezultatul căreia compușii organici sunt sintetizați din compuși anorganici cu ajutorul energiei degajate în urma oxidării anumitor compuși anorganici.**

La organismele chemosintetice aparțin câteva grupuri de bacterii. *Bacteriile nitrificatoare* oxidează amoniacul ( $\text{NH}_3$ ) mai întâi la nitriți (săruri ale acidului nitritic –  $\text{HNO}_2$ ), iar ulterior, și la nitrați (săruri ale acidului nitric –  $\text{HNO}_3$ ). Nitrații sunt necesari plantelor pentru o nutriție normală. *Ferobacteriile* primesc energie prin oxidarea compușilor ferului bivalent până la fierul trivalent. *Bacteriile chemotrofe aerobe incolore* oxidează sulfura de hidrogen și alți compuși ai sulfului până la acidul sulfatic ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Bacteriile chemosintetice joacă un rol crucial în procesele transformării elementelor chimice în circuitul biogeochimic al substanțelor: mișcarea anumitor compuși între părțile vii și nevi ale ecosistemelor și întregii biosfere. Ei sunt capabili să sintetizeze compuși organici din compuși anorganici în acele părți ale biosferei, unde nu ajunge lumina.

**Biosinteza glucidelor la organismele heterotrofe.** Monozaharidele sunt sintetizate, utilizând energia ATP-ului, din compușii formați în procesele de glicoliză și ciclul Krebs. Ulterior, în timpul reacțiilor enzimatice corespunzătoare din monozaharide se formează oligo- și polizaharide.

**Biosinteza lipidelor** are loc în citoplasma celulelor. Principala sursă de carbon pentru sinteza acizilor grași este acetil-CoA – un compus format în mitocondrii în timpul scindării glucidelor și lipidelor, care apoi este transferat în citosol datorită unui mecanism special. Grăsimile sunt sintetizate din acizi grași și glicerol în celulele epitelului intestinal, precum și în ficat, țesutul subcutanat, plămâni și unele organe ale animalelor. Fosfolipidele sunt sintetizate în ficat, rinichi, mușchi.

### Termeni și nuanțe-cheie

fotosinteza, chemosinteza, fototrofe, chemotrofe, fotosistemele I și II, centrul reactiv, fotoliza apei.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care este diferența dintre formarea glucidelor în celulele autotrofilor și heterotrofilor? 2. Care procese decurg în faza de lumină a fotosintezei? 3. Ce condiții sunt necesare pentru efectuarea fazei de întuneric a fotosintezei? 4. Care este însemnătatea biologică a procesului de chemosinteză?

#### **Chibzuți**



Ce este comun și prin ce diferă procesele de chemosinteză și fotosinteză?

## **§22. BIOSINTEZA ACIZILOR NUCLEICI**

**Amintiți-vă** cum are loc diviziunea mitotică și meiotică. Ce structură au moleculele de ADN și ARN? Cum se înmulțesc mitocondriile și plastidele?

**Biosinteza acizilor nucleici**, indiferent de tipul lor, se bazează pe principiul complementarității, când o catenă polinucleotidică devine o matrice pentru sin-

teza altei catene. Material de construcție pentru sinteza acizilor nucleici sunt nucleotidele, care conțin riboză (pentru sinteza ARN-ului) sau dezoxiriboză (pentru sinteza ADN-ului). La sinteza acizilor nucleici participă ATP-ul și alte nucleotide, care conțin nu unul, ci trei resturi de acid ortofosfat: GTP-ul (guanozintrifosfat), CTP-ul (citidintrifosfat), TTP-ul (timidintrifosfat) și UTP-ul (uridintrifosfat). Toate acestea sunt formate din nucleotide-monofosfați și ATP. În timpul sintezei nucleotida (cu un rest de ortofosfat) se combină cu catena polinucleotidică, care se sintetizează, iar două resturi de ortofosfat se desprind.

Aproape toate organismele sunt capabile să sintetizeze nucleotide în urma reacțiilor succesive enzimatiche. Precursorii nucleotidelor, care intră în compoziția acizilor nucleici, sunt aminoacizii și riboza fosforilată. În afară de aceasta la scindarea acizilor nucleici o parte mare a compușilor ce conțin Nitrogen nu se descompun și sunt utilizați din nou pentru sinteza nucleotidelor noi. Mai întâi se sintetizează nucleotide, care conțin riboza. O parte din ele în reacțiile corespunzătoare sunt transformate în nucleotide, care conțin dezoxiriboză.

**Biosinteza ADN-ului** se bazează pe capacitatea ADN-ului la autodublare (replicare), rezultând molecule de ADN fiice, care sunt copii exacte ale moleculei materne (fig. 22.1). În timpul replicării două catene ale moleculei originale de ADN (materne) cu participarea unui număr de proteine și enzime se despiralizază și fiecare devine matrice pentru sinteza unui lanț nou. Pentru inițierea sintezei pe catena despiralizată a matricei trebuie să fie sintetizat un fragment scurt complementar de ARN: **amorsă** sau **primer**. El este necesar fiindcă enzima, care catalizează replicarea ADN-ului (ADN-polimeraza), necesită pentru fixație o porțiune bicatenară, și nu monocatenară.

Enzima ADN-polimerază asigură adăugarea succesivă a nucleotidelor până la sfârșitul catenei, ce se sintetizează, și catalizează reacția formării legăturii fosfodiesterică între nucleotida terminală și cea, care numai ce s-a adăugat. Tipul nucleotidului, care se adaugă, este determinat de către catena matrice: nucleotida adăugată trebuie să fie complementară celei, care se află într-un anumit punct al matricei. Unul din lanțuri este sintetizat în mod continuu, iar pe al doilea, în dependență cum se despiralizează ADN-ul, se formează fragmente scurte de 1000–2000 nucleotide, care apoi se unesc. Deci, ca rezultat se formează două molecule fiice identice de ADN, fiecare dintre ele fiind o copie exactă a celei materne (fig. 22.1). Procesul replicării este semiconservativ pentru că fiecare din două mo-

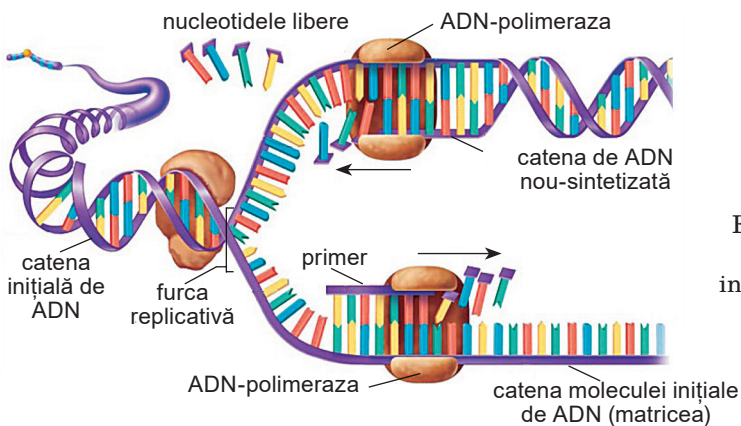


Fig. 22.1. Replicarea ADN-ului: săgețile indică direcția sintezei catenelor fiice

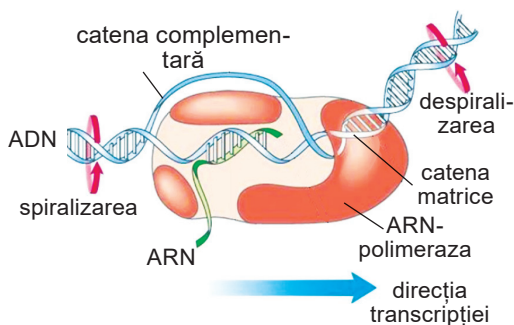


Fig. 22.2. Sinteza moleculei de ARN în timpul transcripției

Biosinteza ARN-ului are loc în timpul transcripției – procesului de transcriere a informației genetice de pe o porțiune a moleculei de ADN pe molecula de ARN sintetizată (fig. 22.2). Un element esențial al sistemului este enzima de transcripție ARN-polimeraza, care în timpul transcripției asemănător ADN-polimerazei asigură adăugarea nucleotidelor moleculei de ARN, ce se sintetizează, de nucleotidele complementare ale unei catene de ADN, care servește drept matrice.

Porțiunea ADN-ului, în care se efectuează transcripția, este gena. Fiecare genă conține propria sa porțiune informativă, care reprezintă principala parte de sens a moleculei, și zona de reglare, care determină inițierea transcripției: fixarea primară a enzimei ARN-polimeraza de ADN.

Procesul de inițiere a transcripției fiecărei gene este controlat de către proteine speciale – *factorii transcripției*. Ei contribuie la fixarea ARN-polimerazei sau, dimpotrivă, o blochează. Acesta este unul din mecanismele de reglare a proceselor transcripției. După fixare ARN-polimeraza începe să se deplaseze de-a lungul spiralei duble. În zona de interacțiune cu enzima ADN-ul se despiralizează în două catene și una din ele îndeplinește rolul de matrice, care determină procedura adăugării următoarei nucleotide la capătul catenei de ARN, ce este sintetizată. Sinteza ARN-ului este finalizată într-o regiune specială a ADN-ului, care, de asemenea, este o parte a genei și servește drept semnal pentru terminarea acestui proces. A doua catenă a moleculei de ADN (codificatoare) în procesul de transcripție rămâne inactivă. Compoziția ei nucleotidică corespunde compoziției nucleotidice a moleculei de ARN sintetizată.

Majoritatea moleculelor de ARNm eucariotic sunt sintetizate pe ADN-ul cromozomial în nucleul celulei, de unde aceste molecule sunt transportate în citoplasmă. ARNm al mitocondriilor și cloroplastelor rămâne în interiorul acestor organite.

Deci, în sistemele biologice există un tip special de reacții biochimice, când molecula unui compus servește drept bază pentru sinteza altei molecule. Astfel, una din catenele moleculei materne de ADN servește ca matrice pentru sinteza catenei a doua – celei fiice sau pentru sinteza diferitor tipuri de molecule de ARN. Astfel de procese biochimice se **numesc reacții de sinteză matriceală**. Aceste reacții se aseamănă cu metodele industriale, când dintr-o formă-matrice pot fi produse mai multe detalii, pot fi imprimate mai multe bancnote sau pot fi bătute monede. În mod similar în reacțiile de sinteză matriceală moleculele noi sunt for-

lecul de ADN primește o catenă din molecula maternă, iar a doua catenă este sintetizată pe prima conform principiului complementarității din nucleotide libere.

Biosinteza ARN-ului. Toate tipurile de ARN (ARNm, ARNt, ARNr) sunt sintetizate conform principiului complementarității pe moleculele de ADN. Aceste reacții sunt catalizate de enzimele corespunzătoare. Inițial sunt sintetizați precursori ai ARN-ului (pre-ARN), care apoi se transformă în molecule funcțional active.

mate în conformitate cu planul de structură a moleculei matrice: monomerii moleculei sintetizate sunt situați într-o strictă conformitate cu aranjamentul monomerilor în molecula-matrice.

### Memorizăm

Reacțiile de sinteză matriceală se bazează pe una dintre principalele proprietăți ale sistemelor biologice – capacitatea de a se reproduce.

### Termeni și nuanțe-cheie

replicarea moleculelor de ADN, transcripția, reacția de sinteză matriceală, primer.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Cum sunt sintetizate moleculele de ADN?
2. Cum sunt sintetizate moleculele de ARN?
3. Prin ce diferă procesele de biosinteză a moleculelor de ADN și ARN?
4. Care este rolul enzimelor în procesele sintezei biologice a moleculelor de acizi nucleici?
5. Ce reprezintă reacțiile de sinteză matriceală? Care este însemnătatea lor biologică?

#### Chibzuți



Moleculele de ADN se dublează numai în timpul interfazei. După părerea voastră, de ce?

## §23. BIOSINTEZA PROTEINELOR

**Amintiți-vă** ce este anabolismul. Care este structura proteinelor? Care aminoacizi se numesc neesențiali și esențiali, și care proteine sunt complete și incomplete? Care aminoacizi se numesc standard? Ce structură au acizii nucleici și ribozomii? Ce este gena? Ce reprezintă reacțiile de sinteză matriceală? Ce este codonul și anticodonul? Care este structura și funcția lizozomilor?

**Biosinteza proteinelor** este realizată prin combinarea enzimatică a aminoacizilor între ei. Aceasta este ultima etapă a procesului de realizare a informației ereditare în celulă. Ea, la fel ca și sinteza acizilor nucleici, decurge după principiul matriceal. Drept matrice este molecula de ARNm.

Principalele procese ale biosintezei proteinelor sunt concentrate în citoplasmă și se desfășoară cu participarea ribozomilor. În celulele eucariotelor proteinele proprii, de asemenea, pot să sintetizeze mitocondriile și plastidele. În organisme se formează o mare varietate de proteine, informația despre structura cărora este codificată de o anumită secvență de nucleotide în compoziția genelor, care se numesc *structurale*.

**Unicul pentru toate organismele sistem de codificare a informației ereditare se numește *cod genetic*** (vezi forzașul II). Informația codificată în acest mod este păstrată în celulă în formă de secvență de nucleotide a moleculelor acizilor nucleici, care determină ordinea resturilor de aminoacizi în catena polipeptidică în timpul sintezei ei.

Amintiți-vă proprietățile codului genetic. Fiecare aminoacid din catena polipeptidică este codificat de o secvență din trei anumite nucleotide, sau de **codon**. Deci, codul genetic este **triplectic**.

Patru nucleotide diferite de ADN sau ARN pot forma 64 combinații ( $4^3 = 64$ ), deci, există 64 triplete diferite. Există doar 20 de aminoacizi standard, de aceea se poate presupune că un aminoacid poate fi codificat de câteva triplete diferite. Această proprietate a codului genetic se numește **degenerare**, ceea ce sporește siguranța lui.

Numărul total de codoni, care codifică anumiți aminoacizi, este egal cu 61, respectiv, trei codoni (numiți codoni stop: UGA, UAA, UAG) nu codifică aminoacizi (fig. 23.1). Ei îndeplinesc rolul semnalelor de terminare a biosintezei moleculei de proteină.



Fig. 23.1. Localizarea codonului start și a codonului stop în molecula de ADN

În afară de codonii stop în compoziția moleculelor acizilor nucleici există și **codon de inițiere** sau **codon start** (în compoziția ARN-ului el este **AUG**). Spre deosebire de codonii stop el este codificator.

Codul genetic **nu este ambiguu**, adică fiecare triplet codifică doar un aminoacid. În afară de aceasta codul genetic este **universal**, unic pentru toate organismele: de la bacterii până la oameni.

Codul genetic este **nesuprapus**: informația ereditară la procariote și eucariote, de obicei, poate fi citită numai într-un singur mod. Secvența de nucleotide începe să fie citită dintr-un anumit punct (de obicei acesta este codonul de inițiere AUG) într-o singură direcție, care determină ordinea citirii tripletelor întregii catene de nucleotide. Această proprietate asigură reproducerea exactă a moleculelor de proteine la indivizii diferitor generații. Metoda, prin care poate fi citită secvența nucleotidelor moleculei de acid nucleic se numește **cadru de citire** (fig. 23.2). La eucariote și procariote secvența sens de nucleotide cel mai des

<b>AUG</b>	<b>CCA</b>	<b>GAU</b>	<b>CCC</b>	<b>GAA</b> ...	<b>UGA</b>
met	pro	asp	pro	glu	codonul stop
<b>A</b>	<b>UGC</b>	<b>CAG</b>	<b>AUC</b>	<b>CCG</b>	<b>AA</b> ...
	cis	gln	ile	pro	codonul stop
<b>AU</b>	<b>GCC</b>	<b>AGA</b>	<b>UCC</b>	<b>CGA</b>	<b>A</b> ...
	arg	arg	ser	arg	codonul stop

Fig. 23.2. Trei cadre de citire posibile a informației genetice dintr-o singură moleculă de ARNm. *Sarcină*: comparați cum se schimbă compoziția aminoacizilor în polipeptida sintetizată în urma modificării cadrului de citire

are un singur cadru de citire, începutul ei este determinat de codonul start (**AUG**), iar sfârșitul – de codonii stop (**UAA, UAG, UGA**). Însă la unele virusuri secvența de nucleotide poate conține mai multe „cadre de citire” (fig. 23.2). Această proprietate le oferă o codificare compactă a informației ereditare.

**Etapele biosintezei moleculelor de proteine.** Faza inițială – transcripția – este asociată cu sinteza moleculelor de ARNm pe molecula de

ADN conform principiului complementarității.

Știți deja că genele proteinelor la eucariote au un aranjament mozaicat: secțiunile sens ale genei, în care este înregistrată informația despre secvența aminoacizilor în proteină – **exonii**, sunt separate de secțiunile fără sens – **intronii**. În timpul transcripției se sintetizează o moleculă de ARN (pre-ARN), care conține atât exoni, cât și introni. Simultan cu transcripția are loc tăierea intronilor și reunirea capetelor exonilor vecini. Acest proces se numește **matisare**.

La următoarea etapă – **translație** – secvența de nucleotide din molecula de ARNm este transferată într-o secvență de resturi de aminoacizi a moleculei proteinei sintetizate. Astfel, are loc decodificarea (descifrarea) informației înregistrate în secvența nucleotidelor ARNm. La început în citoplasmă fiecare dintre cei 20 de aminoacizi standard cu ajutorul enzimei specifice se fixează de o anumită moleculă de ARNt printr-o legătură covalentă (vezi fig. 18.6). Deoarece codul genetic este degenerat pentru mulți aminoacizi, există mai mulți ARNt. Desfășura-



rea acestui proces necesită energie: pentru fixarea aminoacidului de ARNt se consumă energia, care este degajată în timpul scindării unei molecule de ATP.

Decodificarea informației ereditare și cataliza proceselor biosintezei moleculei de proteină sunt asigurate de ribozomi. Ei au aspectul unor corpuri sferice formate din două părți diferite – subunități: mare și mică. Fiecare din subunități constă din molecule interconectate de ARNr și proteine. Subunitățile ribozomului pot să se desprindă după sfârșitul sintezei unei molecule de proteină și din nou să se combine una cu alta înainte de începutul sintezei.

Translația (fig. 23.3) începe cu *inițierea*: ribozomul se fixează pe secțiunea specială a ARNm, care conține codonul start (AUG), astfel încât molecula de ARNm nimerește între subunitățile lui mare și mică. Codonul start este identificat de către o moleculă de ARNt, care transportă o moleculă de aminoacid. Un astfel de complex este gata pentru începutul sintezei moleculei de proteină. În timpul acestui proces are loc recunoașterea codonului (anumitului triplet în componența moleculei de ARNt) de către anticodon – tripletul complementar în componența ARNt.

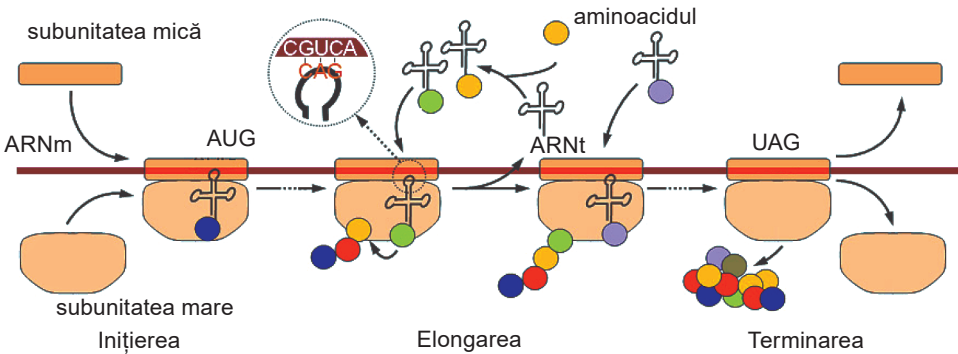


Fig. 23.3. Etapele procesului de translație. *Sarcină*: Descrieți după desene toate procesele translației

La etapa *elongării* catena polipeptidică se alungește datorită faptului, că resturile de aminoacizi se combină împreună succesiv prin legături covalente puternice (peptidice). În timpul acestui proces fiecare următorul codon al ARNm este recunoscut de către anticodonul moleculei de ARNt, iar ribozomul catalizează aditia aminoacidului transportat de acest ARNt spre lanțul polipeptidic.

Apoi ribozomul se deplasează pe următorul codon (acest pas este egal cu un triplet) de-a lungul ARNm pentru a interacționa cu următorul ARNt. Principalele operații ale translației sunt realizate de către **centrul funcțional al ribozomului** (fig. 23.4). Di-

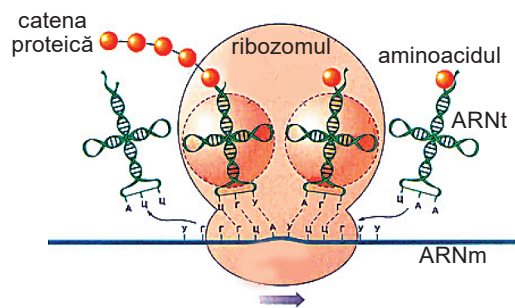


Fig. 23.4. Centrul funcțional al ribozomului. Într-o parte a centrului funcțional anticodonul ARNt recunoaște codonul ARNm, iar în alta – aminoacidul se desprinde de ARNt. Când ribozomul se deplasează înainte de-a lungul moleculei de ARNm, locul primului aminoacid este ocupat de al doilea, apoi – de al treilea, al patrulea etc. și biosinteza moleculei noi de proteină continuă

mensiunile lui corespund lungimii a două triplete, de aceea în el concomitent se află doi codoni vecini ai ARNm și două molecule de ARNt.

Numărul de ribozomi, care concomitent pot fi plasați pe o moleculă de ARNm, este determinat de lungimea ei, dar nu depășește de 20. Complexul de ribozomi combinați cu molecula de ARNm se numește **poliribozom** sau **polizom**. Astfel, pe un polizom concomitent se sintetizează multe molecule ale anumitei proteine.

Când ribozomul ajunge la un codon stop, are loc terminarea translației: el împreună cu moleculele proteice părăsește ARNm. Ribozomul liber se descompune în subunități, care se fixează pe orice altă moleculă de ARNm. Molecula sintetizată de proteină poate nimeri în cavitatea reticulului endoplasmatic, prin care este transportată într-o secțiune specifică a celulei.

La etapa finală proteina sintetizată capătă structura sa spațială naturală. În acest moment cu participarea enzimelor speciale sunt eliminate resturile aminoacizilor de prisos, în moleculă sunt introduse componentele neproteice (grupele ortofosfatice, carboxilul și altele, glucidele, lipidele, etc.). Numai după aceste procese molecula de proteină devine funcțional activă.

### Termeni și nuanțe-cheie

cod genetic, cadru de citire, transcripție, translație, poliribozom.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care este rolul moleculelor de ADN și al diferitor tipuri de ARN în biosinteza proteinelor? 2. Ce este codul genetic și care sunt proprietățile lui? 3. Care sunt principalele etape ale biosintezei proteinelor? 4. Care este structura ribozomilor? Care este rolul ribozomului în biosinteza proteinelor? 5. Care este însemnătatea biologică a faptului, că pe molecula de ARNm se pot plasa simultan nu unul, ci mai mulți (până la 20) ribozomi?

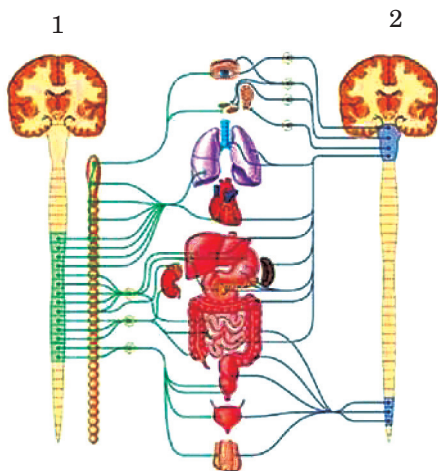
#### **Chibzuiți**



De ce degenerarea codului genetic este considerată drept un mecanism antimutațional?

## §24. REGLAREA NEUROUMORALĂ A PROCESELOR METABOLICE

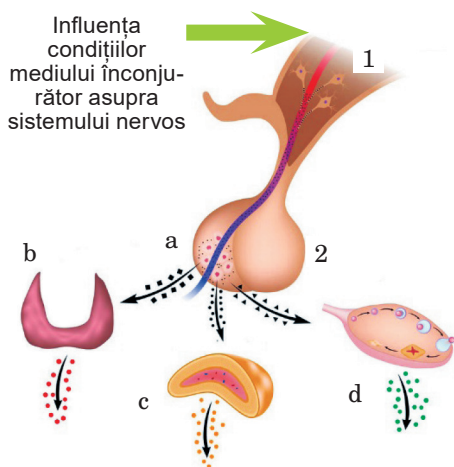
**Amintiți-vă** funcțiile sistemului nervos somatic și autonom (vegetativ). Ce sunt vitaminele, avitaminozele, hipo- și hipervitaminozele? Care enzime se numesc complexe? Care este structura lor?



**Reglarea neuroumorală a proceselor metabolice.** Metabolismul plastic și energetic în organismul omului este reglat de către sistemul nervos (în special, de cel autonom; fig. 24.1) și de substanțele biologice active, în primul rând de către hormoni și de neurohormoni. Din cursul de biologie din clasa a 8-a vă amintiți, că la acțiunea impulsurilor nervoase, care se transmit la anumite țesuturi și organe, intensitatea metabolismului poate crește sau, dimpotrivă, să scadă.

Fig. 24.1. Localizarea centrelor sistemului nervos autonom (vegetativ) ale omului: 1 – simpatic; 2 – parasimpatic. *Sarcină:* Amintiți-vă despre acțiunea lor asupra funcțiilor vitale ale organismului omului

Fig. 24.2. Relațiile dintre hipotalamus (1), una din structurile creierului intermediar, și hipofiza (2), principala glandă endocrină: la acțiunea semnalelor hipotalamusului lobul anterior al hipofizei (a) produce hormoni tropici, care influențează asupra activității altor glande endocrine: tiroidă (b), suprarenale (c), sexuale (d)



Există o legătură strânsă între activitatea cortexului cerebral al creierului mare și intensitatea metabolismului, precum și transformările energiei în organism. S-a stabilit, că centrele superioare ale sistemului nervos autonom, care reglează metabolismul și transformările energiei (ce determină temperatura corpului), sunt localizate în lobi frontalii ai emisferelor cerebrale ale encefalului, în hipotalamus, în trunchiul cerebral, în creierul intermediar și măduva spinării.

Asupra intensității metabolismului influențează condițiile mediului. Astfel, la oamenii, care efectuează un lucru fizic greu sau practică sportul, intensitatea metabolismului crește. În schimb, în starea de repaos la oameni intensitatea metabolismului scade.

Reglarea nervoasă a metabolismului este efectuată nu numai de transmiterea directă a impulsurilor nervoase la țesuturile și organele specifice, dar și prin influența asupra glandelor endocrine, care produc anumiți hormoni. Există o legătură strânsă între reglarea nervoasă și umorală a metabolismului. Impulsurile din cortexul cerebral sunt transmise la centrele subcorticale, în special, la hipotalamus, care are legătură funcțională cu hipofiza (fig. 24.2).

## Memorizăm

Principalul rol biologic al sistemului hipotalamo-hipofizar constă în efectuarea perfectă a reglării funcțiilor vegetative ale organismului și a proceselor de reproducere. Datorită acestui sistem, funcționarea sistemului de glande cu secreție internă poate rapid să-și schimbe activitatea la acțiunea excitațiilor mediului, care sunt percepuți de organele de simț și analizate în centrele nervoase.

Hormonii hipofizari sunt, de asemenea, capabili să regleze metabolismul hidro-salin, proteic, lipidic și glucidic. Astfel, în organismul adult în cazul secreției unei cantități insuficiente a acestor hormoni se manifestă tulburări metabolice grave, care sunt însoțite sau de epuizare semnificativă, sau, dimpotrivă, de obezitate.

Anume un astfel de efect important asupra metabolismului are hormonul tiroidian *tiroxina*: în caz de insuficiență a acestui hormon la copii și maturi sunt inhibate procesele metabolismului, scade temperatura corpului, în piele se acumulează anumite substanțe și ea devine aspră (boala mixedemul). Secreția ridicată a tiroxinei accelerează procesele metabolice. Astfel, apare boala lui Basedow: în cazul acestei boli, oamenii slăbesc, se ridică excitabilitatea sistemului nervos, frecvența contracțiilor cardiace etc.

Metabolismul glucidic, lipidic și proteic este reglat de hormonii suprarenali – *glucocorticoizi*. Un alt hormon al acestor glande – *adrenalina* – reglează metabolismul glucidelor. Sub influența acestui hormon se intensifică scindarea glicogenului în ficat și mușchi, crește concentrația de glucoză în sânge.

Metabolismul glucidelor în organismul omului este reglat și de hormonii pancreasului – *insulina* și *glucagonul* (primul asigură reducerea concentrației de glucoză în sânge, iar al doilea are efectul opus: sub influența lui glicogenul se descompune în glucoză și concentrația ei în sânge crește). Lipsa insulinei sau tulburarea producerii ei în organism cauzează o boală gravă – diabetul zaharat. La oamenii cu diabet zaharat crește brusc conținutul glucozei în plasma sângelui, este tulburat metabolismul proteinelor, grăsimilor etc.


Metabolismul substanțelor minerale în organism este reglat de hormonii glandelor paratiroide și suprarenale. Astfel, hormonii glandei paratiroide controlează absorbția Calciului în intestin, eliminarea lui din oase etc. Dereglarea activității glandelor paratiroide duce la tulburările metabolismului Calciului în organism, cauzând spasme musculare, convulsii severe. Hormonii suprarenali – *mineralocorticoizii* – reglează, în primul rând, metabolismul Sodiului și Potasiului, în special, controlează concentrația lor în plasmă.

**Vitaminele, rolul lor în metabolism.** Pentru decurgerea normală a metabolismului în organismul omului sunt necesare și substanțe biologic active, inclusiv vitamine. Acestea sunt substanțe organice de natură chimică diferită. Ele practic nu sunt sintetizate în organismul omului (sau sunt sintetizate în cantități insuficiente) și trebuie să fie obținute cu alimente vegetale și animale. Vitaminele sunt sintetizate din precursori biochimici, care sunt numite **provitamine** (de exemplu, precursorul vitaminei A este pigmentul caroten, care se conține în alimentele vegetale).

Vitaminele nu au nici o valoare energetică și nu sunt material structural pentru construirea moleculelor organismului, însă ele participă aproape la toate procesele biochimice și fiziologice. În funcție de capacitatea de a se dizolva în apă sau grăsimi vitaminele sunt tradițional împărțite în *liposolubile* (A, B, E, K) și *hidrosolubile* (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C etc.). Majoritatea vitaminelor hidrosolubile sunt părți componente ale enzimelor, capabile să influențeze asupra metabolismului, creșterii și multor altor procese fiziologice în organism. Metaboliții activi ai vitaminelor liposolubile sunt hormonii.

După caracterul funcțiilor specifice în procesul activității vitale vitaminele sunt împărțite în trei grupe:

- 1) vitamine-coenzime (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>7</sub>, BC (B<sub>9</sub>), B<sub>12</sub>, K);
- 2) vitamine-antioxidante (C, E, β-caroten);
- 3) vitamine-prohormoni (A, D) (prohormonii reprezintă substanțe, care sunt precursori ai hormonilor).

 **Antioxidanții sunt substanțe naturale sau sintetice, care încetinesc sau opresc oxidarea compușilor organici.** Ei neutralizează moleculele active – radicalii liberi, care sunt produși în organism, sau nimeresc în el din mediul înconjurător. În afară de vitamine la antioxidanți aparține licopenul (se conține în roșii), flavina și flavonoidele (acești polifenoli adesea se conțin în diferite legume), taninurile (găsit în astfel de băuturi, ca ceaiul, mai ales verde, cafeaua, cacao), antocienii (oferă culoarea roșie a fructelor).

În cantități mari antioxidanții se conțin în prune uscate, poame și fructe proaspete (rodie, cătină albă, afine, struguri, scoruș negru, coacăză etc.), precum și în sucurile proaspete din aceste fructe, în nuci, legume (cum ar fi, fasolea).

Antioxidanții sunt utilizați pe scară largă în medicină, industria alimentară, cosmetologie. Ei joacă un rol important în procesele reînnoirii compozitei chimice și menținerii activității funcționale a membranelor celulare, protecția de efectele dăunătoare de oxidare a radicalilor liberi, procesele de semnalizare intracelulară (în primul rând, vitamina E). Vitamina hidrosolubilă C îndeplinește funcția de antioxidant pe suprafața externă a membranei. Aprovizionarea regulată a organismului omului cu antioxidanți reduce riscul apariției bolilor cardiovasculare și ale sistemului nervos.

În industria alimentară antioxidanții sunt utilizați ca conservanți pentru a preveni alterarea rapidă a produselor alimentare. În cosmetologie antioxidanții sunt adăugați la produsele cosmetice, care conțin grăsimi. Ei sunt adăugați și în combustibil, prevenind scăderea calității lui.

Împărțirea vitaminelor în grupurile amintite este convențională, deoarece caracterul multifuncțional al acțiunii unor vitamine permite să fie atribuite la două clase simultan. De exemplu, vitamina C (acidul ascorbic) nu este numai un antioxidant, ci poate fi implicată în reacțiile metabolice ca un cofactor.

Cantitatea totală de vitamine necesare organismului uman este mică și poate fi măsurată în miligrame (chiar și în micrograme) pe zi. Acest lucru se datorează faptului că vitaminele sunt substanțe cu activitate biologică ridicată. Rezerva de vitamine, cu unele excepții (vitamina D), este limitată și necesită completare constantă din alimente. Lipsa în hrană cel puțin a unei vitamine sau tulburarea asimilării și utilizării vitaminelor poate provoca diferite forme de deficit al vitaminelor: *avitaminoze* (în cazul lipsei complete a vitaminei în produsele alimentare sau tulburării asimilării ei) și *hipovitaminoze* (în cazul aprovizionării insuficiente a organismului cu vitamine). Hipovitaminozele se pot dezvolta și în cazul bolilor tractului gastrointestinal, atunci când este tulburată absorbția vitaminelor. Producători ai unor vitamine sunt bacteriile mutualistice ale intestinului. De aceea, cauza hipovitaminozei poate fi modificarea compoziției normale a speciilor de bacterii în intestin sau pe piele.

Un exces de vitamine, care poate fi cauzat de consumul necontrolat al preparatelor vitaminoase sintetice, poate duce, de asemenea, la perturbări grave ale multor funcții fiziologice în organism – *hipervitaminoză*.

De asemenea, sunt cunoscute multe tulburări înnăscute ale metabolismului vitaminelor numite stări vitamino-dependente și vitamino-rezistente, tabloul clinic al cărora seamănă cu o avitaminoză tipică. Ele sunt cauzate de defectele genetice în proteine, care sunt responsabile pentru absorbția, transportul și transformarea vitaminelor în formă activă.

### **Termeni și nuanțe-cheie**

vitamine, provitamine, antioxidanți.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Cum sunt reglate procesele metabolice în organismul omului? 2. Ce reprezintă legătura între reglarea nervoasă și umorală a proceselor metabolice? 3. Care grupuri de substanțe biologice active au un efect regulator asupra organismului omului? 4. De ce în caz de lipsă sau insuficiență a anumitor vitamine se observă tulburări ale metabolismului?



1. Ce schimbări sunt posibile în funcționarea organismului omului în cazul tulburărilor legăturii dintre sistemul nervos și sistemul endocrin? 2. Cum poate fi determinată influența asupra organismului omului sau animalelor a insuficienței unei anumite vitamine?

## §25. ALIMENTAȚIA ECHILIBRATĂ ESTE BAZA METABOLISMULUI NORMAL

**Amintiți-vă** rolul vitaminelor în asigurarea metabolismului. Ce funcții în organismul omului îndeplinesc proteinele, lipidele, glucidele, acizii nucleici? Care apă se numește metabolică? Care hormoni sunt produși de pancreas și de glandele suprarenale? Care sunt funcțiile apei în organism?

**Alimentația rațională reprezintă un mod de alimentație, în cazul căreia calitatea și cantitatea alimentelor consumate corespunde necesităților organismului.** HÎn primul rând, aceste necesități sunt determinate de cantitatea de energie, consumată de organism în timpul activității sale vitale. Consumul energetic al organismului este determinat după metabolismul bazal – cantitatea minimă de energie, pe care organismul o cheltuiește pentru a menține procesele vitale într-o stare de repaus complet, pe nemâncate (adică, peste 12-16 ore după masă) și la temperatură de confort (+ 20 ... + 23 °C). În aceste condiții energia este consumată numai pentru asigurarea funcționării organelor interne (procese biochimice, care decurg în celule, inimă, mișcări respiratorii etc.).

Metabolismul bazal depinde de diferiți factori: sexul, vârsta, starea funcțională a organismului, lucrul efectuat. Pentru un om cu o masă medie, statură medie și vârstă medie valoarea metabolismului bazal constituie aproximativ 7000 kJ pe zi. Desigur, pentru efectuarea lucrului fizic organismul va consuma încă o anumită cantitate de energie.

**Rația alimentară zilnică.** Energia necesară organismului este degajată în urma oxidării compușilor organici (proteinelor, grăsimilor, glucidelor) sau scindării lor anaerobe (glucidelor): la scindarea 1 g de proteine și glucide se elimină mai mult de 17 kJ de energie, iar a 1 g de grăsime – 38,9 kJ. La adulți cantitatea de energie, care se conține în produsele alimentare consumate, în mod normal trebuie să fie egală cu cantitatea energiei cheltuite. La copii în timpul creșterii cantitatea energiei consumate de către organism trebuie să depășească cantitatea celei cheltuite.

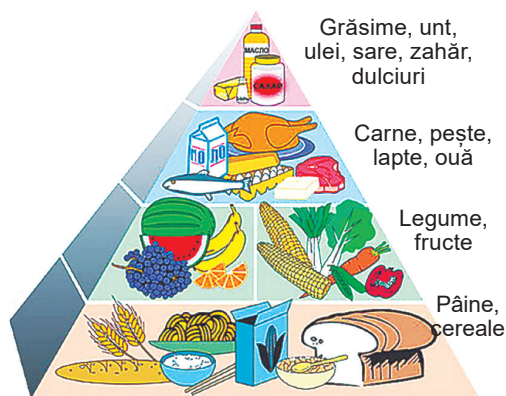


Fig. 25.1. Piramida de nutriție echilibrată.  
Sarcină: analizați raportul dintre diferite alimente în rația zilnică a omului

La oameni de vârstă înaintată necesitățile energetice sunt reduse. Deci, știind câtă energie este eliminată în timpul descompunerii 1 g de diferiți compuși organici (proteine, grăsimi și glucide), precum și faptul, câtă energie consumă omul pe parcursul zilei, poate fi calculată **rația alimentară zilnică** – cantitatea de alimente, pe care omul trebuie să le consume pentru a restabili cheltuielile energetice.

Rația alimentară zilnică trebuie să fie **echilibrată**: în compoziția ei trebuie să intre acele substanțe, care în această perioadă sunt necesare organismului în anumite cantități și proporții. Organismul folosește proteinele

ca material de construcție, sursă de energie; ele sunt necesare pentru biosinteza diferitelor enzime, hormonilor și neurohormonilor, anticorpilor. Grăsimile, de asemenea, sunt necesare pentru sinteza unor hormoni steroizi. Glucidele sunt principala sursă de energie.

În rația alimentară zilnică este recomandabil următorul raport al diferitor componente ale alimentelor: grăsimi animale (aproximativ) – 8 %, grăsimi de origine vegetală – 10 %, proteine animale – 10%, proteine de origine vegetală – 7 %, glucide – 65 % (din care zaharuri – 5 %) (fig. 25.1). În medie un adult trebuie să consume circa 80–100 g de proteine, aceeași cantitate de grăsime și 350–400 g de glucide. Aceste norme trebuie corectate în dependență de condițiile de muncă. Astfel, în caz de activitate fizică moderată cantitatea de proteine trebuie mărită până la 120 g pe zi, iar în caz de activitate fizică grea – până la 150 g. Pentru cei, care nu lucrează fizic, se recomandă să se reducă cantitatea de grăsimi până la 60 g pe zi. Pentru băieți rația zilnică recomandată este: proteine – 113 g, grăsimi – 106 g, glucide – 450 g, iar pentru fete – 100, 90 și 383 g respectiv.

Alcătuind rația zilnică, trebuie de luat în considerare capacitatea de asimilare a alimentelor. Asimilarea alimentelor de origine animală constituie în medie 90%, vegetală – 80 % și mixtă – 85 %.

Rația trebuie să conțină proteine și glucide, grăsimi animale și vegetale, legume și fructe, care sunt bogate în vitamine și săruri minerale. Știți deja că, în caz de lipsă în rația alimentară a vitaminelor, se dereglează procesele metabolismului normal. Este important ca cantitatea microelementelor în rația alimentară să fie suficientă. Astfel, lipsa Fierului în hrană dereglează procesele hematopoiezei; Iodului – funcționarea glandei tiroide, Fluorului – duce la distrugerea smalțului dinților etc.

În componența hranei trebuie să intre produse lactate și ouă de găină. Ele conțin proteine, compuși minerali, în special Calciu. Alimentele de origine vegetală conțin multă celuloză, care stimulează contractarea pereților stomacului și intestinului. Fructele și legumele proaspete, pe lângă vitamine, conțin acizi organici și antioxidanți. Pectina (polizaharida) din alimentele vegetale efectuează funcția de *entersorbent* – absoarbe substanțele dăunătoare (cum ar fi, radionuclizii) și le elimină din organism, reglează conținutul de colesterol în organism, ameliorează respirația intracelulară, ridică rezistența la alergeni, stimulează vindecarea rănilor etc.

Pentru alimentația sănătoasă este de dorit să se renunțe la carnea grasă. Consumul ei excesiv contribuie la creșterea nivelului de colesterol în sânge și dezvoltarea **aterosclerozei** – unei boli cronice asociate cu îngroșarea pereților arterelor mari din cauza creșterii țesutului conjunctiv și formării plăcilor specifice pe pereții lor interiori (fig. 25.2). Aceasta împiedică mișcarea normală a sângelui și poate duce la atac de cord și accident vascular cerebral. Carnea animală grasă este de dorit să fie înlocuită cu carne slabă de pasăre, pește, ouă. Ele conțin proteinele necesare, iar conținutul de grăsime este scăzut. Trebuie de ales produse lactate cu conținut scăzut de grăsimi, de limitat consumul de uleiuri, în special a celor rafinate, margarine.

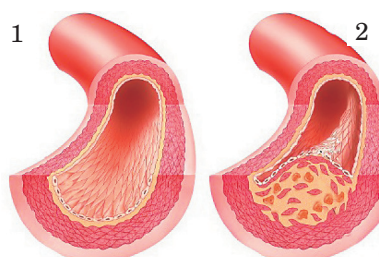


Fig. 25.2. Structura pereților unei artere sănătoase (1) și a unei artere afectate de ateroscleroză (2). Prin ce diferă acestea?



**Dietologia este o știință, care elaborează elementele de bază ale alimentației raționale a omului în stare normală și în cazul diferitor**

**boli.** Luând în considerare caracteristicile individuale ale pacienților (starea sănătății, vârsta, modul de viață, obiceiurile etc.), dietologii alcătuiesc programe individuale de alimentație – *diete*. Astfel de programe trebuie să asigure metabolismul normal, însănătoșirea organismului, restabilirea lui cât mai rapidă după boală și, uneori, poate fi o alternativă a tratamentului cu medicamente.


Un principiu important al alimentației raționale este respectarea unui anumit regim. Se recomandă consumarea alimentelor de 3–4 ori pe zi în același timp (*gândiți-vă* de ce). Ultimul consum de alimente nu trebuie să fie mai târziu decât cu 3 ore înainte de somn, deoarece în timpul nopții procesele metabolice sunt inhibitate și alimentele sunt digerate lent. Aceasta poate deranja somnul sănătos. Trebuie de mâncat cu porții mici și fără grabă.

Consumul excesiv de alimente, în special alimente bogate în glucide și grăsimi, precum și consumul de alimente înainte de culcare și reducerea numărului de mese (până la una-două) poate duce la *obezitate*. Urmările obezității: aprovizionarea insuficientă cu sânge a inimii, boala hipertonică, infarctul miocardic, bolile sistemului digestiv și excretor etc. Se dereglează metabolismul, capacitatea de muncă, se reduce activitatea musculară etc. Ca rezultat al obezității este îmbătrânirea accelerată a organismului și micșorarea duratei vieții.

*Sarcină:* folosind cunoștințele pe care le-ați primit la lecțiile de biologie și bazele sănătății, pregătiți o informație despre urmările unei alimentații excesive și insuficiente pentru organism.

**Echilibrul de apă al omului.** Apa formează baza mediului intern al organismului (celulelor, sângelui, limfei, lichidului tisular) în care decurg toate procesele metabolismului plastic și energetic. Ea determină proprietățile fizice ale celulelor – volumul lor și presiunea intracelulară (turgescența). Conținutul de apă depinde de vârsta omului, la nou-născuți el constituie aproximativ 75 %, în timpul finalizării creșterii la tineri – 65 %, iar la persoanele în vârstă – doar 55 %.

Între diferite organe și țesuturi umane apa este repartizată neuniform: mai mare este conținutul ei în sânge și rinichi – 82–92 %, în creier – 85 %, ficat – 75 %, mușchi – 70–76 %, în timp ce în țesutul adipos – aproximativ 30 %, în oase – aproximativ 20 % (fig. 25.3).

 **Echilibrul de apă reprezintă un anumit raport între aprovizionarea organismului cu apă și consumul ei.** Dacă consumul de apă depășește cantitatea de apă obținută de organism, se observă un *deficit de apă*, care influen-

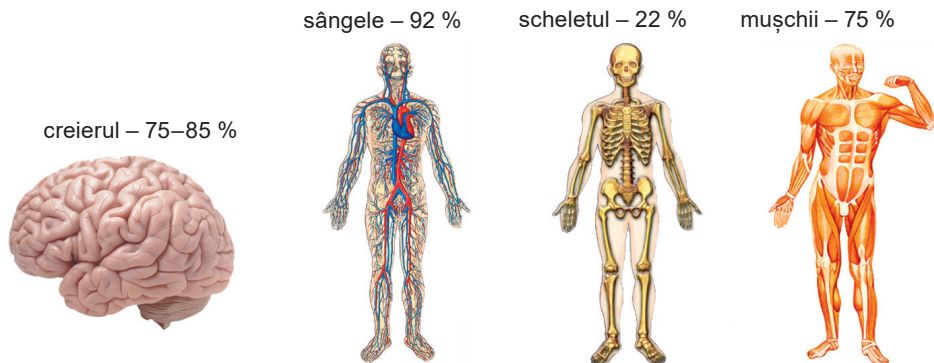


Fig. 25.3. Conținutul de apă în organismul omului



țează negativ asupra termoreglării, desfășurării proceselor biochimice etc. Menținerea echilibrului de apă reprezintă una din condițiile funcționării normale a oricărui organism. Deoarece organismul omului în fiecare zi consumă aproximativ 2–2,5 l de apă (ea se elimină cu resturile nedigerate, cu urina, este transpirată, se evaporă de pe suprafața membranelor mucoase ale cavității bucale și cailor respiratorii), tot aceeași cantitate a ei trebuie să fie recuperată. Aproximativ 1 l de apă intră în organism cu alimentele, încă aproape 300 ml de apă se formează la oxidarea grăsimilor, proteinelor și glucidelor (apa metabolică).

Deshidratarea provoacă tulburări grave ale funcționării organismului uman. Încetinește digestia alimentelor, absorbția substanțelor nutritive, se dereglează termoreglarea; crește densitatea sângelui, se reduce funcția lui de transport, în vasele sangvine se pot forma trombi. Pierderea de apă până la 20 % este periculoasă pentru om, iar mai mult de 20 % este mortală. Primul semnal al conținutului scăzut de apă în organism este senzația de sete, care apare la excitația centrului de sete din hipotalamus. Receptorii lui sunt excitați în urma creșterii presiunii osmotice a lichidelor organismului (creșterea concentrației de săruri), precum și în urma creșterii concentrației ionilor de Sodiu. Aceste semnale sunt percepute de diferite grupuri de receptori.

Necesitățile de bază în apă ale omului sunt satisfăcute de apa potabilă.

**Apa potabilă și cerințele față de calitatea ei.** Deși rezervele de apă potabilă de pe Pământ sunt mari, totuși ele nu sunt nelimitate. Deja astăzi, aproape 1,5 miliarde de locuitori ai planetei noastre se confruntă cu o lipsă severă de apă dulce. Creșterea constantă rapidă a populației și activitatea economică umană activă influențează negativ asupra stării bazinelor de apă.

Înrăutățirea stării sanitare a rezervoarelor, precum și consumul necorespunzător de apă agravează problema apei potabile. Chiar și aplicarea metodelor moderne de purificare a deșeurilor industriale și menajere nu garantează purificarea lor la 100 %: până la 10 % din cei mai rezistenți poluanți pot rămâne în apă.

Știți deja, că în râuri, lacuri și alte rezervoare decurg procesele naturale de autopurificare a apei. La ele participă diferite organisme: bacteriile, unele organisme eucariote unicelulare, spongierii, scoicile etc. Dar, din cauza poluării intense necontrolate cu ape menajere și industriale, ecosistemele acvatice nu dovedesc să se purifice.

Apa brută din rezervoare naturale și apa potabilă insuficient purificată pot provoca diverse boli: dizenteria, holera, febra tifoidă. Ea, de asemenea, poate conține și ouă sau larve de viermi paraziți etc. De aceea, înainte de a o utiliza, ea trebuie să fie bine fiartă, iar apa din robinet – încă și filtrată prin filtre speciale de uz casnic.

Calitatea apei necesită o monitorizare permanentă. În acest scop sunt selectate probe de apă, în care se examinează conținutul diferitor compuși, precum și a microorganismelor, în special a celor patogene, capabile să provoace boli intestinale. În Ucraina cerințele privind calitatea apei potabile sunt definite de Standardul de Stat. Potrivit acestuia, apa potabilă trebuie să fie sigură în privința epidemiologică și neprimejdioasă după compoziția chimică.

### Termeni și nuanțe-cheie

alimentație rațională echilibrată, metabolism bazal, standarde nutriționale, echilibru de apă.



1. Ce este metabolismul bazal? 2. Ce se subînțelege prin alimentație echilibrată? 3. De ce alimentația trebuie să fie echilibrată? 4. Care sunt sarcinile dietologiei? 5. Care este riscul aterosclerozei? 6. Ce este echilibrul de apă?



De ce rația alimentară trebuie să fie individuală?

## §26. ULBURĂRILE METABOLISMULUI ASOCIATE CU INSUFICIENȚA SAU EXCESUL UNOR ELEMENTE SAU SUBSTANȚE CHIMICE

**Amintiți-vă** care sistem este considerat deschis. Care substanțe se numesc toxice?

Știți deja că pentru asigurarea normală a proceselor vitale în organism întotdeauna trebuie să existe o anumită rezervă de energie.

**Proteinele** nimeresc în organismul uman cu alimentele animale și vegetale. Proteinele de origine animală sunt complete (conțin toți aminoacizii esențiali). Proteinele vegetale nu conțin unii aminoacizi sau conțin în cantități mici (proteine incomplete). În organism, de obicei, nu se depozitează rezerve de proteine, de aceea lipsa îndelungată a aprovizionării organismului cu aminoacizi esențiali dereglează sinteza proteinelor necesare. Astfel, apare o stare periculoasă pentru sănătate **deficitul de proteine**, care provoacă încetinirea sau încetarea completă a creșterii, inhibarea dezvoltării, perturbări grave ale metabolismului și reglări umorale ale funcțiilor vitale, afectarea proprietăților de protecție a organismului (deoarece anticorpii – imunoglobulinele – sunt substanțe de natură proteică).

Simultan cu sinteza proteinelor caracteristice organismului uman, are loc și descompunerea lor. Acest proces este însoțit de formarea unor compuși toxici pentru organism (cum ar fi amoniacul, ureea, acidul uric). Majoritatea lor împreună cu sângele nimeresc în ficat, unde sunt neutralizați. Produsele finale ale metabolismului proteic sunt eliminate din organismul omului în diferite moduri: de sistemul excretor, de intestin cu resturile nedigerate, prin piele cu sudoarea.

**Grăsimile** nimeresc în organismul omului împreună cu alimente de origine animală (slănină, carne grasă, unt, brânză grasă etc.) și vegetală (diferite tipuri de uleiuri). În cazul consumului excesiv, grăsimile în organism sunt depozitate în țesutul adipos subcutanat, epiplon etc., care joacă un rol de depozit de grăsime. Dacă aprovizionarea organismului cu grăsimi devine insuficientă, grăsimile proprii pot fi sintetizate din produsele scindării proteinelor sau glucidelor (cu condiția că organismul are un surplus al acestor compuși). Aceasta demonstrează o legătură strânsă între metabolismul proteinelor, grăsimilor și glucidelor în organismul omului. La scindarea completă a grăsimilor se formează apă și dioxid de carbon. Produsele finale ale metabolismului lipidic sunt excretate de sistemul digestiv, excretor, prin piele și sistemul respirator. Apa formată în rezultatul scindării complete a grăsimilor poate fi utilizată în diferite procese biochimice.

**Glucidele** nimeresc în organismul omului, în principal, împreună cu produse de origine vegetală. Concentrația constantă a glucozei în sânge este o condiție esențială pentru funcționarea normală a creierului. Reducerea ei provoacă o excitabilitate ridicată a sistemului nervos central, convulsii, comă și moarte. În cazul consumului excesiv de glucide, insuficienței de secreție a insulinei sau a activității reabsorbante a rinichilor, glucoza în organismul omului poate fi excretată prin

urină (ce în mod normal nu se observă) sau din produsele de digestie a glucidelor se sintetizează grăsimi. În cazul consumului insuficient de glucide, ele pot fi obținute în organismul omului din produsele scindării proteinelor sau a grăsimilor. Produsele finale ale descompunerii glucidelor – apa și dioxidul de carbon – sunt eliminate de către sistemul digestiv și excretor, prin piele și sistemul respirator.

**Sărurile minerale și apa** nimeresc în organismul omului în timpul băuturii sau împreună cu alimentele. Apa participă la reacțiile biochimice, la transportul substanțelor în celule și la excreția din ele. Cu metabolismul apei este strâns legat și metabolismul sărurilor.

Soluțiile de săruri fac parte din citoplasma celulelor, lichidul tisular, plasma sângelui și limfă. În mediul extracelular predomină ionii de Sodiu, Clor, hidrocarbonatul de sodiu ( $\text{NaHCO}_3$ ), iar în citoplasma celulelor – ionii de Potasiu, acidul fosfatic etc. O anumită concentrație de săruri menține presiunea osmotică, participă la transportul substanțelor în celule și din ele. De exemplu, concentrațiile diferite de ioni de Potasiu din exteriorul și de Sodiu din interiorul celulei asigură transportul unor compuși prin membrana celulară, transmiterea excitației nervoase de către nervi etc. Ionii de Calciu și de Magneziu intră în compoziția anumitor enzime, asigurând activitatea lor. Sărurile de Calciu se depozitează în oase și țesuturile dinților, asigurând durabilitatea lor, Fluorul intră în compoziția smalțului dentar, Fierul – a hemoglobinei, Iodul – a hormonilor tiroidieni, Clorul – a plasmei și acidului clorhidric, care creează un mediu acid al stomacului etc. Sulfur și Zincul sunt necesari pentru formarea hormonilor pancreatici, Bromul – celor hipofizari, iar Cobaltul și Cuprul – pentru procesele hematopoiezei.

În cazul insuficienței sărurilor, în organism apar tulburări ale proceselor activității vitale normale. Astfel, la insuficiența Calciului sunt perturbate formarea scheletului, dinților, coagularea sângelui, activitatea inimii și a mușchilor scheletici (în special apar convulsii). Insuficiența Calciului duce la carii dentare. Aproximativ insuficientă cu Fosfor influențează negativ asupra formării scheletului etc. Insuficiența Iodului în apa potabilă dereglează activitatea glandei tiroide.

**Aditivii alimentari** sunt substanțe naturale, identice celor naturale sau artificial sintetizate, care sunt adăugate în produsele alimentare pentru a prelungi termenul de valabilitate (conservanții), pentru a intensifica culoarea și calitățile gustative (pentru a menține și a îmbunătăți gustul), consistența, aspectul exterior etc. Unii sunt folosiți de oameni timp de secole, de exemplu, oțetul – pentru conservarea produselor alimentare, sarea (sărarea slăninii, cărnii, peștelui). În a doua jumătate a secolului al XX-lea au început să utilizeze mulți alți aditivi atât de origine naturală, cât și artificiali. Anual numărul lor crește, de aceea în Uniunea Europeană pentru reglarea utilizării acestor aditivi, precum și pentru informarea consumatorilor, fiecărui aditiv după aprobare îi este atribuit un E-număr unic. Evaluarea și aprobarea siguranței acestor aditivi este responsabilitatea Autorității Europene pentru Siguranța Alimentară.

Interesant să știți



Clasificarea aditivilor alimentari: E100–E182 – coloranți, sporesc sau restabilesc culoarea produsului; E200–E299 – conservanți, prelungesc termenul de valabilitate al produselor, protejându-le de bacterii și ciuperci; E300–E399 – antioxidanți, protejează produsele de oxidare; E400–E499 – stabilizatori, mențin consistența dorită a

produselor; E500–E599 – emulgatori, formează un amestec omogen; E600–E699 – potențatori de gust și aromă; E700–E800 – indici de rezervă; E900–E999 – previn sau reduc formarea de spumă, conferind produselor un aspect plăcut.

Într-o serie de aditivi s-a dovedit capacitatea lor de a provoca daune organismului. De aceea, trebuie de evitat produsele alimentare, în compoziția cărora intră mulți aditivi artificiali, și de consumat produse obținute prin tehnologii tradiționale.

**Neutralizarea compușilor toxici din organism.** *Substanțele toxice* prezintă orice compuși chimici (de origine naturală sau produse artificiale), care dăunează organismului omului. Influența lor asupra organismului poate fi locală și generală, iar semnele afecțiunii apar imediat sau peste un timp (câteva săptămâni, luni, ani).

### **Substanțele toxice produse de celulele sau organismele vii sunt numite *toxine*.**

Principalele căi de pătrundere a substanțelor toxice în organismul omului sunt căile respiratorii, pielea și organele digestive. Pe lângă aceasta, în rezultatul metabolismului se produc diferiți metaboliți – produse ale metabolismului intermediar și final, care pot influența în mod negativ organismul uman. Ca răspuns la acțiunea substanțelor toxice, în organism se dezvoltă **intoxicație** sau **un efect toxic**, care poate să se manifeste la diferite niveluri – molecular, celular, tisular și de organism. Fiecare substanță chimică are o anumită concentrație toxică – **doza toxică**, la atingerea căreia se manifestă efectul toxic.

Majoritatea toxinelor sunt moleculele liposolubile. Dacă substanța hidrosolubilă poate fi eliminată din organism de către sistemul excretor (cu urina), atunci cele liposolubile pot ușor să interacționeze cu lipidele membranei celulare și să intre în celulă. Acolo ele treptat se acumulează și, atingând doze toxice, manifestă un efect toxic.

Compușii toxici străini, nimerind în organism în moduri diferite, sunt supuși unei serii de transformări chimice și biochimice (în special, transformarea toxinelor liposolubile în hidrosolubile) și se elimină sub formă de metaboliți. Procesul biochimic, în rezultatul căruia toxinele se modifică la acțiunea diferitor enzime ale organismului, se numește **detoxificare**. Însemnătatea acestui proces constă în transformarea substanței toxice într-o formă potrivită pentru eliminarea din organism. De asemenea, pentru detoxificare este folosită o serie de cofactori, care, combinându-se cu toxinele activate, sunt excretate din organism.

Organismul este eliberat de produsele metabolice, pe care el nu le poate utiliza, de substanțele toxice străine, surplusul de apă, de săruri și compuși organici de către rinichi (75 %), plămâni, de către glandele sudoripare, tractul gastrointestinal. Aproximativ 25 % de detoxificare în organism are loc în mucoasa intestinală. Plămânii elimină dioxid de carbon, vapori de apă, unele substanțe volatile: vapori de eter, alcool. Glandele salivare, ale stomacului și intestinului pot elimina metalele grele la pătrunderea lor în organism, medicamente, compuși organici străini. Tot sângele, care se mișcă de la intestin, stomac, splină și pancreas trece prin ficat, unde cu participarea celulelor stelate (în formă de stea) cu proprietăți fagocitare, sunt neutralizate până la 95 % din substanțele nocive formate în timpul digestiei.

### **Termeni și nuanțe-cheie**

tulburări metabolice, aditivi alimentari, substanțe toxice, detoxificare.

## Verificați-vă cunoștințele



1. Ce urmări pentru organism poate avea deficitul de proteine? 2. Ce legătură este între metabolismul proteinelor, grăsimilor și glucidelor în organismul omului? 3. Care aditivi alimentari sunt cei mai periculoși pentru organismul omului? 4. În ce constă influența negativă a substanțelor toxice asupra metabolismului?

## Chibzuți



Determinați avantajele și neajunsurile utilizării aditivilor alimentari.

### LUCRAREA PRACTICĂ nr.1

## ALCĂTUIREA SCHEMELOR METABOLISMULUI GLUCIDELOR, LIPIDELOR ȘI PROTEINELOR ÎN ORGANISMUL OMULUI

**Scopul:** de a consolida materialul studiat la tema „Schimbul de substanțe și transformarea energiei”. De a învăța alcătuirea schemelor metabolismului glucidelor, lipidelor și proteinelor în organism.

1. Amintiți-vă, în ce formă în organismul omului nimeresc glucidele, proteinele și lipidele, care sunt „material de construcție” pentru sinteza polipeptidelor, polizaharidelor și grăsimilor. Examinați schema sintezei proteinelor (fig. 1). Desenați-o în caietele voastre.

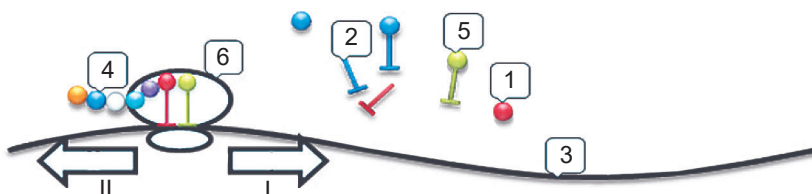


Fig. 1

2. În loc de cifrele arabe în schemă scrieți denumirile substanțelor și structurilor din listă (atrageți atenția, că lista conține substanțe de prisos): ARNm, ARNt, ADN, ribozom, mitocondrie, cloroplast, glucoză liberă, glucoză legată, aminoacid liber, aminoacid „activat”, lanț polipeptidic, polizaharidă. Indicați direcția mișcării structurii 6. Direcția corectă este indicată cu cifra romană I sau II?

3. Examinați figura 2. Alcătuiți schema sintezei grăsimii, având în vedere, că precursor al glicerolului poate fi piruvatul, iar al acizilor grași – acetil-CoA. În locul semnelor de întrebare „?” indicați denumirea compusului și numiți procesul.

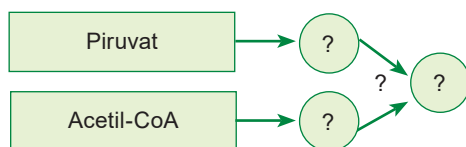


Fig. 2

4. Chibzuți, ce poate fi precursor pentru sinteza monozaharidelor în organismul omului.

5. Folosind schema bloc prezentată în figura 3, alcătuiți o schemă a sintezei polizaharidelor (indicați precursorul pe care l-ați determinat). În loc de cifrele arabe în schemă scrieți denumirile substanțelor din listă (atrageți atenția, că lista conține substanțe de prisos, iar cu diferite cifre pot fi indicate substanțele cu denumire asemănătoare): glicerol, piruvat, monozaharidă, oligozaharidă din resturile unui și aceluiași monomer, oligozaharidă din resturile diferiților monomeri, polizaharidă din resturile unuia și aceluiași monomer, polizaharidă din resturile diferiților monomeri.

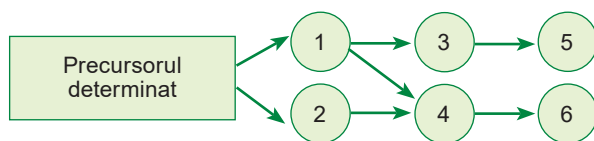


Fig. 3

6. Examinați schema catabolismului grăsimilor, polizaharidelor și proteinelor prezentată în figura 4. Alcătuiți schema proprie.

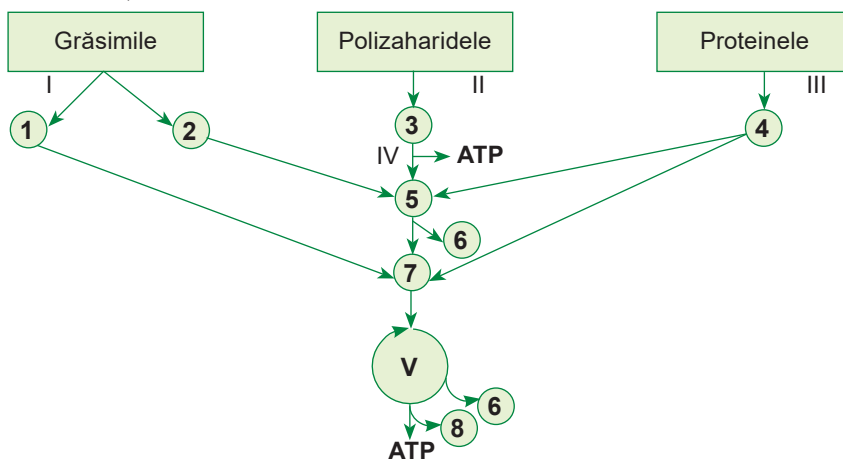


Fig. 4

7. În locul cifrelor arabe în schemă scrieți denumirile substanțelor din listă (atrageți atenția, că lista conține substanțe de prisos): aminoacizi; acetil-CoA; apă; dioxid de carbon; glicerol; acizi grași; monozaharide; nucleotide; oligopeptide; piruvat; uree; fosfolipide.

8. În locul cifrelor romane în schemă scrieți denumirea proceselor din listă (atrageți atenția, că unul și același proces poate fi indicat cu cifre diferite): glicoliză, digestie, ciclul Krebs. Indicați, care din aceste procese decurg în afara celulei, care – în citoplasma celulei și care – în mitocondrii?

9. Analizați schemele reacțiilor anabolice și catabolice ale organismului omului, pe care le-ați alcătuit, și faceți concluzii despre legăturile reciproce între metabolismul proteinelor, grăsimilor și glucidelor.

## Generalizări la tema „Schimbul de substanțe și transformarea energiei”

Organismul omului este un sistem deschis, care necesită aprovizionarea constantă cu substanțe nutritive și energie, ce se conține în legăturile lor chimice. În organismul nostru întotdeauna se desfășoară două tipuri de procese ale schimbului de substanțe – metabolismului. Acestea sunt reacții ale metabolismului plastic (procesele de asimilare sau anabolism), în urma cărora se sintetizează substanțe necesare organismului. Unele din ele sunt folosite ca material de construcție, altele – ca sursă de energie sau substanțe biologic active (enzime, hormoni, anticorpi etc.). Aceste procese necesită cheltuieli de energie, care este degajată datorită proceselor metabolismului energetic (ele mai sunt numite procese de disimilare sau catabolism).

Procesele de asimilare și partea principală a proceselor de disimilare decurg în celule. Ele sunt asigurate de diferite structuri celulare și enzime corespunzătoare. Membrana plasmatică asigură atât transportul substanțelor în celulă, cât și eliminarea acestora. Procesele de sinteză a proteinelor sunt efectuate de ribozomi. Procesele metabolismului energetic asigură, în special, mitocondriile, cu participarea cărora decurge etapa aerobă a metabolismului energetic, și lizozomii (conțin enzime hidrolitice, cu participarea cărora compușii complecși sunt scindați până la mai simpli).

Reglarea neuromorală a proceselor metabolice în organismul omului este efectuată în primul rând de sistemul nervos și endocrin (hormoni și neurohormoni), precum și de substanțe biologic active – vitamine.

Una din condițiile păstrării sănătății este alimentația echilibrată, când organismul primește o cantitate de substanțe nutritive în cantități și proporții necesare pentru o activitate vitală normală. Nutriția insuficientă, precum și excesivă, duce la dezvoltarea bolilor diferitor organe și sisteme fiziologice ale organismului. Funcționarea normală a organismului omului depinde, de asemenea, de menținerea echilibrului de apă – unui anumit raport între asigurarea lui cu apă și consumul ei. Importantă pentru sănătatea omului este, de asemenea, calitatea apei potabile.



## TEMA 3. EREDITATEA ȘI VARIABILITATEA

*În acest capitol veți afla despre:*

- organizarea materialului ereditar al celulei eucariote și mecanismele de realizare a informației ereditare;
- particularitățile organizării genomului uman și metodele moderne de cercetare genetico-moleculară ale lui;
- particularitățile de organizare a cariotipului omului;
- bolile și viciile ereditare ale omului; sarcinile moderne ale geneticii medicale;
- metodele de tratament și profilaxie a bolilor ereditare.

### §27. ORGANIZAREA MATERIALULUI ERITAR AL CELULEI EUCARIOTE

**Amintiți-vă** structura și funcțiile acizilor nucleici și ale cromozomilor. Ce sunt autozomii, cromozomii sexuali (heterocromozomii)? Care este structura și funcția mitocondriilor și cloroplastelor? Ce este transcripția și translația? Cum decurge diviziunea mitotică și meiotică a celulei?

Definiția generală a genei și a genomului. Informația ereditară, necesară pentru funcționarea celulelor și dezvoltarea întregului organism, este înregistrată sub formă de secvențe de nucleotide ale moleculelor ADN. Unitatea structurală și funcțională a eredității este gena – o porțiune a ADN-ului cu o anumită secvență de nucleotide, care este necesară pentru sinteza unei molecule de ARN de tip corespunzător. În compoziția ei, pe lângă partea codificatoare, intră, de asemenea, secvențe de reglare: promotor și terminator (fig. 27.1).

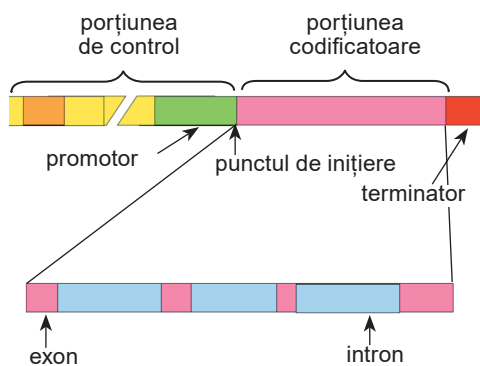


Fig. 27.1. Reprezentarea schematică a structurii „mozaicate” a genei eucariote

**Promotorul este o secvență de nucleotide a moleculei de ADN situată înaintea părții codificatoare a genei.** El asigură controlul sintezei ARN-ului (transcripția), care este necesar pentru începerea acestui proces și determinarea punctului de inițiere al transcripției. Gena poate avea mai mulți promotori.

**Terminatorul este o secvență de nucleotide, care servește ca un semnal pentru finalizarea procesului de transcripție.**

În dependență de funcțiile îndeplinite de moleculele de ARN în celule, genele,



care le codifică, sunt împărțite în structurale (ARNm sintetizat este utilizat ca transmitător al informației spre locul sintezei moleculelor de proteine) și *gene, care codifică alte tipuri de ARN* (de exemplu, ARNt, ARNr).

Partea principală a materialului genetic se află în nucleu în formă de molecule liniare de ADN extrem de lungi, care în complex cu moleculele de proteine alcătuiesc cromozomii. Genele reprezintă părți componente ale acestor molecule de ADN. Fiecare genă ocupă o anumită poziție în cromozom – *locus*.

Genele, la rândul lor, sunt separate de secțiuni, care nu conțin informație despre secvența aminoacizilor în componența moleculelor de proteine sau despre structura ARN, – acesta este **ADN-ul intergenic**.

**Genomul reprezintă totalitatea tuturor secvențelor codificatoare și necodificatoare ale ADN-ului** (sau ARN-ului, ca la virozi sau virusurile ARN) în celulele organismului dat.

**Genotipul reprezintă totalitatea tuturor genelor organismului.** Această noțiune poate însemna, de asemenea, anumite combinații de alele ale uneia sau altei gene.

O trăsătură caracteristică a genomurilor organismelor eucariote este numărul mare de molecule de ADN, cea mai mare parte ale cărora reprezintă secvențe necodificatoare de nucleotide (de exemplu, secvențele codificatoare ale genelor umane reprezintă mai puțin de 2 % din cantitatea totală de ADN).

ADN-ul, care nu conține informație despre structura moleculelor de proteine sau ARN de anumite tipuri, nu este ADN de prisos sau „ADN-guno”. Secvențele necodificatoare reglează lucrul genelor, participă la procesul de dublare a ADN-ului, repartizarea cromozomilor la celulele fiice și asigurarea autonomiei și integrității cromozomilor.

**Particularitățile de structură ale genelor eucariote.** Genele eucariote au o structură mozaică: porțiunile codificatoare – exonii – sunt separate de porțiunile necodificatoare – intronii (fig. 27.1). După cum deja știți, continuitatea secvențelor codificatoare ale genei este asigurată în timpul maturizării ARN-ului în rezultatul **matisării** – unui proces, în urma căruia porțiunile necodificatoare (intronii) sunt tăiate, iar cele codificatoare (exonii) – cusute.

La eucariote în afară de secvențele porțiunilor promotorilor și terminatorilor la o distanță destul de mare de la genă (de la sute până la câteva mii de perechi de nucleotide) pot să fie situate secvențe de reglare, care intensifică activitatea acestei gene, sau o suprimă.

**Secvențe repetitive în genomul eucariotelor.** În genomul eucariotelor există multe secvențe (mai mult de jumătate), care se repetă – repetiții genomice. La ele, în special, aparțin pseudogenele, repetări în tandem și elemente genetice mobile (așa-numitele gene săritoare).

**Pseudogene se numesc copiile nefuncționale ale genelor corespunzătoare.** Ele s-au format ca urmare a mutațiilor în gena primară, ceea ce face imposibilă funcționarea ei.

La **repetări în tandem** aparțin secvențe scurte (de la 1 până la câteva zeci de perechi de nucleotide), copiile cărora sunt localizate una după alta.

**Elementele genetice mobile (EGM)** sunt secvențe de nucleotide ale ADN-ului, care sunt capabile să-și schimbe poziția și/sau numărul



Fig. 27.2. **Barbara McClintock** (1902–1992) – specialist american în domeniul citogenezei

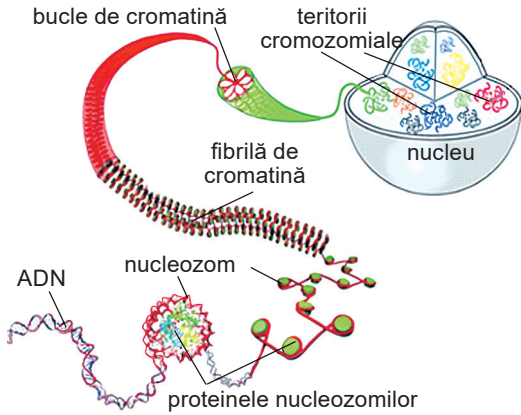


Fig. 27.3. Compactizarea ADN-ului în nucleul interfazic: fiecare cromozom ocupă o poziție fixă în nucleu

nelor. Principalele proteine ale cromatinei sunt *histonele* – un grup de proteine mici, care sunt implicate în formarea unităților de bază ale componentelor cromatinei – nucleozomilor. Există mai multe niveluri de organizare a cromatinei în nucleul interfazic (fig. 27.3). *Nivelul nucleozomic* – opt proteine histonice formează miezul nucleozomului, în jurul căruia se înfășoară în spirală molecula de ADN. Cromatina nu este compactă și are aspectul unui „șirag de mărgelă” de nucleozomi. Datorită interacțiunii nucleozomilor între ei se formează o *fibrilă de cromatină compactată*. Legându-se cu proteinele nucleare, ea formează *nivelul de bucle* de organizare cu dimensiunea de la 20 mii până la 200 mii de perechi de baze ale ADN-ului.

În limitele porțiunii cromozomului, unde are loc expresia activă a genelor, cromatina se află în stare necompactată. O astfel de cromatină se numește *euromatină*. Cromatina compactată în porțiunile inactive ale genomului se numește heterocromatină. Unii și aceiași loci cromozomiali în celule diferite sau chiar într-o singură celulă pot periodic să se afle atât în stare de euromatină, cât și de *heterocromatină*. Aceasta depinde de faptul, care genă a celulei trebuie să fie „activată” sau „inactivată” la o anumită etapă a existenței ei (acesta este unul dintre mecanismele de reglare a activității genelor). Totodată, există porțiuni ale cromozomilor, care sunt întotdeauna foarte compactate, acestea sunt situate, în principal, în zonele centromerelor și telomerelor.

**Expresia genelor reprezintă procesul, în rezultatul căruia informația ereditară a genelor (secvența lor nucleotidică) este utilizată pentru sinteza proteinelor sau a moleculelor de diferite tipuri de ARN.**

Cromozomul în compoziția sa are o singură moleculă de ADN. În rezultatul replicării fiecare cromozom este dublat și constă din două structuri identice unite între ele – cromatide surori. Formal fiecare cromatidă este un cromozom separat, dar pentru comoditate complexul de cromatide surori este numit cromozom.

de copii în genom. Ele pot constitui de la 30 până la 50 % din genomul eucariotic. Elementele genetice mobile au fost descoperite în 1948 de cercetătorul american B. McClintock (fig. 27.2), pentru ce în 1983 a primit Premiul Nobel pentru Fiziologie sau Medicină.

**Organizarea materialului ereditar în nucleul celulei.** Moleculele ADN-ului din nucleu întotdeauna interacționează cu proteinele. Un astfel de complex nucleo-proteic se numește cromatină. Proteinele cromatinei îndeplinesc funcția structurală (compactizarea ADN-ului în nucleu, organizarea centromerelor și telomerelor), precum și participă la reglarea activității genelor.

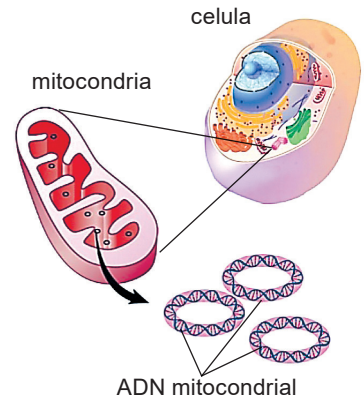


Fig. 27.4. ADN-ul mitocondrial este mic, cel mai frecvent inelar. Într-o mitocondrie pot fi până la câteva sute de copii de ADN mitocondrial

**Genomurile mitocondriilor și cloroplastelor.** Genomurile mitocondriale la majoritatea eucariotelor au aspectul moleculelor inelare de ADN bicatenar (fig. 27.4). Genele mitocondriilor tuturor eucariotelor codifică ARNr mitochondrial, precum și setul complet sau parțial al propriilor ARNt, unele proteine, care participă la sinteza ATP-ului. **Genomurile cloroplastelor** de asemenea reprezintă molecule inelare de ADN bicatenar. ADN-ul cloroplastelor codifică molecule de ARNt, ARNr, proteinele subunităților ribozomale mici și mari, proteine, care reglează translația, componentele proteice ale fotosistemelor și sistemelor de transport a electronilor.

Toate procesele, care au loc în mitocondrii și cloroplaste – replicarea, transcripția și parțial translația, se află sub controlul complet al genelor nucleare. Genele mitocondriilor și plastidelor participă la formarea fenotipului eucariotelor. Acest tip de ereditate se numește **extranucleară** sau **citoplasmatică** (*sarcină*: folosind cunoștințele însușite mai înainte, dați exemple de ereditate citoplasmatică).

### Termeni și nuanțe-cheie

genom, genotip, promotor, terminator, elemente genetice mobile, nucleozom, cromatină, expresia genelor.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt particularitățile de structură ale genelor eucariote? 2. Ce sunt promotorii și terminatorii? Care sunt funcțiile lor? 3. Care sunt particularitățile organizării cromozomilor eucariotelor? 4. Cum poate fi explicat faptul, că o mare parte din genomul eucariotelor reprezintă secvențe necodificatoare? 5. Cum este organizat materialul ereditar în nucleul celular?

#### Chibzuți



Ce este comun și prin ce diferă organizarea genomurilor mitocondriilor și cloroplastelor pe de o parte, și procariotelor – pe de altă parte.

## §28. REALIZAREA INFORMAȚIEI GENETICE ÎN CELULELE EUCARIOTE

**Amintiți-vă** ce sunt reacțiile de sinteză matriceală, transcripția, translația, principiul complementarității, promotor, structura mozaică a genelor eucariote. Care este structura și funcțiile ribozomilor? Care sunt proprietățile codului genetic?

În anul 1958 biologul molecular britanic și laureatul Premiului Nobel, Francis Crick, a formulat **dogma centrală a biologiei moleculare**, care descrie în mod schematic metodele de păstrare, transmitere și realizare a informației genetice comune pentru toate organismele vii (fig. 28.1).



Fig. 28.1. Schema, care ilustrează dogma centrală a biologiei moleculare

**Transcripția la eucariote**, sau sinteza moleculelor de ARN, este prima etapă a realizării informației genetice. În rezultatul acestui proces se produce molecula de ARN, care este copie a uneia din catenele de ADN.

La eucariote transcripția decurge cu ajutorul a trei ARN-polymeraze, care recunosc propriii promotori și transcriu diferite gene.

Astfel, transcripția poate fi împărțită în trei etape principale: *inițierea*, *elongarea* (prelungirea) și *terminarea*. Pentru a începe transcripția toate ARN-polymera-

zele necesită participarea unui șir de proteine. Ele recunosc secvențele promotorilor corespunzători, se leagă de ADN și ajută la fixarea ARN-polimerazei.

În timpul elongării ARN-polimeraza se deplasează de-a lungul moleculei de ADN, efectuând sinteza matriceală a ARN-ului. Terminația transcripției, ca și inițierea ei necesită, de asemenea, porțiuni specifice ale ADN-ului (terminatori), care sunt situate la o distanță după secvența codificatoare a genei. În timpul transcripției genelor structurale altă ARN-polimerază continuă sinteza după trecerea terminatorului. Totodată, enzimele speciale taie ARN-ul, iar molecula de ARN sintetizată (pre-ARN) se eliberează de ARN-polimerază și poate fi folosită în procesele ulterioare (fig. 28.2).

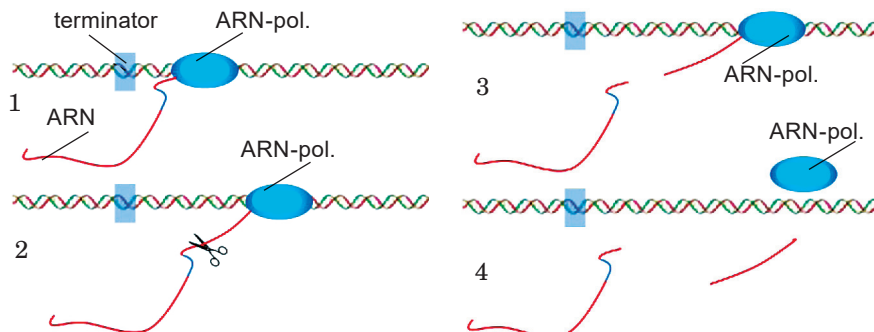


Fig. 28.2. Schema, care ilustrează procesul de terminare a transcripției. După trecerea terminatorului (1) enzimele speciale taie ARN (2). ARN-polimeraza continuă un timp oarecare sinteza ARN-ului (3), iar apoi se desprinde de matrice (4)

**Maturizarea ARN.** Molecula de pre-ARN, care se formează în timpul transcripției este incapabilă să-și îndeplinească funcțiile. Pentru a dobândi funcționalitate, ea este supusă maturizării – *procesării*. Să examinăm procesul de maturizare a ARN-ului pe exemplul ARNm. Pentru transformarea precursorului de pre-ARNm în molecula de ARNm matur funcțional el trebuie să treacă printr-o serie de modificări.

Se disting trei etape principale de procesare a ARNm: modificarea capătului 5'-apos; al pre-ARNm („cap”-area), eliminarea intronilor și unirea exonilor (*matisarea*), precum și modificarea capătului 3'-apos; prin adăugarea cozii din nucleotide adenilice (*găsiți* acești pași în fig. 28.3). Capetele 5'-apos și 3'-apos determină orientarea catenelor moleculelor de acizi nucleici. Ea depinde de localizarea specifică

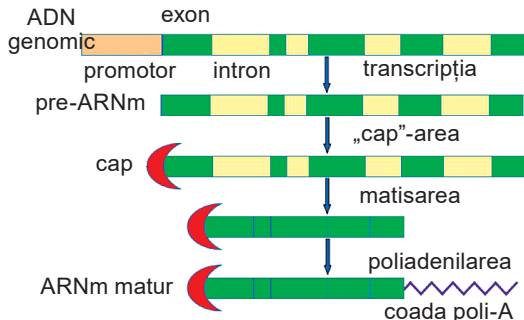


Fig. 28.3. Principalele etape ale maturizării ARNm

a atomilor de carbon din molecula pentozelor – ribozei sau dezoxiribozei (amintiți-vă, ele au cinci atomi de carbon, ei sunt respectiv însemnați ca 1'-apos, 2'-apos, 3'-apos, 4'-apos, 5'-apos).

„Cap”-area constă în adăugarea nucleotidei modificate la capătul 5'-apos al pre-mARN. Structura formată se numește „cap” (din engl. *cap* – capac). Ea protejează ARNm de distrugere de către enzime, care descompun legătura fosfodiesterică, eliminând câte o nucleotidă de la capătul 5'-apos

al acidului nucleic, participă la transportul ARNm în citoplasmă și joacă un rol important în inițierea sintezei proteinelor. Procesul de „cap”-are se realizează cu ajutorul enzimelor specifice imediat după începerea transcripției.

Matisarea decurge cu ajutorul unui set special de proteine și ARN-ului nuclear mic (ARNnm), care se formează pe molecula de pre-ARNm și se numește spliceozom (fig. 28.4). Activitatea catalitică a spliceozomului depinde nu de proteine, ci de moleculele de ARN, care acționează ca enzime (ribozimi).

Majoritatea ARNm eucariot la capătul 3'-apos au o *coadă* adăugată (*poli-A*), care conține până la 250 nucleotide adenilice. Această modificare se numește poliadenilare. „Coadă” din nucleotide adenilice protejează ARNm de distrugere (de către enzimele, care scindează câte o nucleotidă de la capătul 3'-apos al acidului nucleic) și joacă un rol important în inițierea translației.

Toate stadiile de maturizare a pre-ARNm decurg în nucleu. După trecerea tuturor etapelor de maturizare, ARNm poate fi implicat în sinteza proteinelor (fig. 28.5).

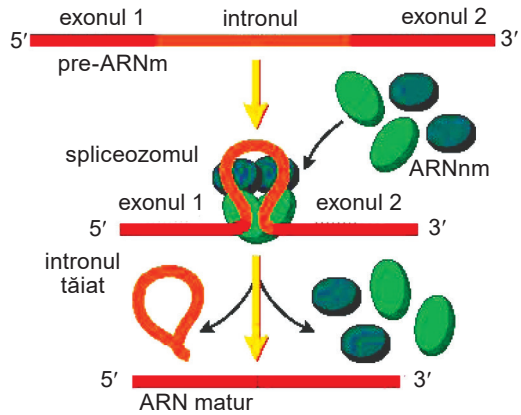
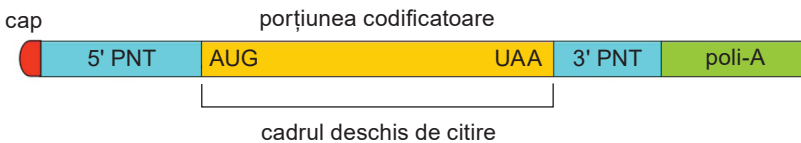


Fig. 28.4. Rolul spliceozomului în timpul tăierii intronului și unirii exonilor. În figură în componența spliceozomului sunt arătate numai ARN nuclear mic (ARNnm)



Мал. 28.5. Схематичне зображення дозрілої мРНК. Відкрита рамка зчитування – це послідовність триплетів у мРНК (від старт-кордону АУГ до стоп-кордону), які здатні кодувати білок. ДНТ (ділянки, що не трансклюються) – послідовності мРНК з обох боків від відкритої рамки зчитування; білок вони не кодують

Еінтересантășții



Se maturizează nu numai Molecule de ARNm, ci și de ARNt și ARNr. În celule mai întâi sunt sintetizate moleculele mari de ARNt precursor (pre-ARNt) și de ARNr (pre-ARNr), care sunt apoi tăiate de enzime în molecule funcționale mai mici.

După cum vă amintiți, etapa finală a expresiei genei este translația – sinteza moleculei proteice. Acest proces este împărțit în trei etape: inițiere (fixarea ribozomului și ARNt de inițiere pe ARNm), elongare (cicluri repetate de adiție a aminoacizilor la polipeptida, care este sintetizată) și terminare (sfârșitul translației și eliberarea polipeptidei sintetizate). La fiecare etapă a translației este utilizat un set de proteine „auxiliare” – factori de translație.

La etapa de inițiere a translației ribozomul și ARNt de inițiere trebuie să recunoască pe ARNm codonul start (AUG). Este clar, că orice ARNm eucariot con-

ține un număr mare de triplete AUG, dintre care numai unul trebuie să fie de inițiere. Căutarea codonului start are loc în timpul unui proces de „scanare” a ARNm: subunitatea mică a ribozomului se așează pe ARNm și se deplasează spre capătul 3'-apos până când nu întâlnește codonul start.

### Termeni și nuanțe-cheie

#### Verificați-vă cunoștințele



procesare a ARN, poliadenilare.

decurge terminarea transcripției la eucariote?  
3. Care sunt etapele principale ale maturizării ARNm? 4. Cum decurge căutarea codonului de start la inițierea translației în celulele eucariote?

#### Chibzuți



Ce funcții pot efectua porțiunile destul de mari de la capetele 5'-apos și 3'-apos a ARNm matur, care nu sunt transcrise (vezi fig. 28.5)?

## §29. REGLAREA EXPRESIEI GENELOR ÎN CELULELE EUCARIOTE

**Amintiți-vă** structura genelor și genomurilor eucariote, etapele și mecanismele de realizare a informației genetice. Ce este cromatina și în ce stări poate să se afle? Care sunt funcțiile ARN-polimerazei? Cum influențează hormonii asupra organismului?

**Activitatea genelor în celulele eucariote.** În celulele organismelor eucariote, numărul de gene structurale poate ajunge până la câteva zeci de mii. Bineînțeles, că funcționarea simultană a tuturor acestor gene nu este necesară, deoarece, de exemplu, pentru fiecare celulă ar fi o iroseală producerea enzimelor, care la momentul dat nu sunt necesare pentru sintetizarea substanțelor, ce se află în cantități suficiente. Pentru a economisi energia, rezerva de compuși organici și anorganici, celulele reglează activitatea genelor astfel, încât la momentul dat sunt sintetizate numai produsele acelor gene și în acele cantități, care sunt necesare pentru funcționarea normală a celulelor.

În celulele eucariote aproximativ 15 % de gene, din numărul lor total, sunt active. În organismele pluricelulare în diferite tipuri de celule sunt expresate diferite seturi de gene: genele active în celulele de același tip pot fi inactive în celulele de alt tip. Aceasta este o urmare a diferențierii celulelor în ontogeneză. Anume activitatea genelor respective determină caracteristicile și rolul, pe care anumite celule îl îndeplinesc în organism.

Expresia genelor este reglată la orice stadiu de realizare a informației genetice: la nivelul de transcripție al genei respective, de maturizare a ARNm, de reglare a duratei vieții a ARNm, la nivelul de translație și de funcționare a produsului final în urma modificărilor lui corespunzătoare. În prezent cel mai bine sunt studiate mecanismele de reglare a transcripției. Există două mecanisme principale, care dau posibilitatea de a controla eficiența acestui proces: utilizarea unor factori proteici suplimentari de transcripție și de modificare a compactizării cromatinei.

**Factorii de transcripție reprezintă molecule de proteină, care controlează procesul de transcripție (sinteza ARNm pe matricea ADN-ului) prin legarea cu porțiuni specifice ale moleculei de ADN.** Funcțiile de activator sau inhibitor (represor) ele le îndeplinesc de sine stătător sau în combinație cu alte proteine.

**Reglarea expresiei genelor cu ajutorul factorilor proteici.** O familie mare de proteine, care reglează expresia genelor, legându-se cu secvențele de reglare scurte ale moleculei de ADN (fig. 29.1) reprezintă factorii de transcripție

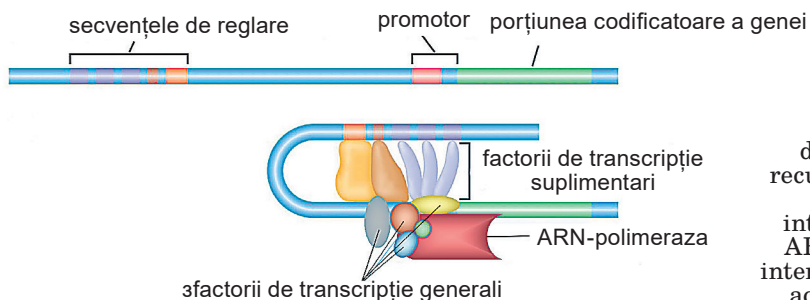


Fig. 29.1.  
Factorii de transcripție recunosc elementele de reglare și, interacționând cu ARN-polimeraza, intensifică sau inhibă activitatea genei

suplimentari. Factorii de transcripție suplimentari recunosc secvențele reglatoare de ADN, care sunt localizate fie aproape de promotor, fie la o distanță de câteva mii de nucleotide de la genă, a cărei activitate este reglată. Ele pot sau să activeze, sau să reducă expresia acestei gene. Precizia reglării transcripției genelor respective se datorează faptului, că fiecare factor specific de transcripție recunoaște numai propriile sale secvențe de ADN.

Expresia unei anumite gene nu depinde de o singură proteină de reglare, ci de complexe lor, de aceea există un set destul de mare de combinații, care sunt suficiente pentru reglarea transcripției tuturor genelor celulei necesare la un moment dat. Astfel, una și aceeași proteină poate fi atât activator, cât și represor.

### Memorizăm

Genele, care codifică proteinele, ce reglează activitatea altor gene, sunt numite **gene de reglare**.

Adesea celula trebuie operativ să răspundă la schimbările mediului înconjurător (să înceapă diviziunea, sinteza substanțelor necesare etc.), adică să inițieze rapid activitatea genelor necesare. Pentru aceasta ea deja are o anumită cantitate de proteine reglatoare necesare, care se află într-o stare inactivă. Activarea lor depinde de influența moleculelor externe specifice de semnalizare. Rolul semnalelor externe, care modifică expresia genelor în celulă sunt hormonii.

Activarea proteinelor de reglare existente adesea se datorează formării unui complex cu moleculele acceptoare corespunzătoare sau ca rezultat al modificărilor chimice ale aminoacizilor. Ca urmare a acestor procese proteina își modifică structura sa spațială și trece din starea inactivă în starea activă (fig. 29.2).

Astfel, moleculele de semnalizare se combină cu receptorii de pe suprafața membranei celulare a celulelor țintă și declanșează în interiorul celulei o cascadă de reacții, care asigură transmiterea semnalului de la membrana celulară la nucleu (fig. 29.3). Anume în acest mod în celule sunt transmise semnalele, care cauzează diviziunea ei mitotică.

**Influența împachetării cromatinei asupra eficienței transcripției genelor eucariote.** Știți deja că sinteza activă a moleculelor de ARN are loc în porțiunile necompactizate ale cromatinei. Mecanismele de activare sau inhibare a activității genelor eucariote trebuie să fie strâns legate de procesele, care asigură condensarea sau decondensarea cromatinei. Procesele modificării împachetării cromatinei sunt complicate și legate de modificările atât a proteinelor principale ale cromatinei (histonelor), cât și a ADN-ului.

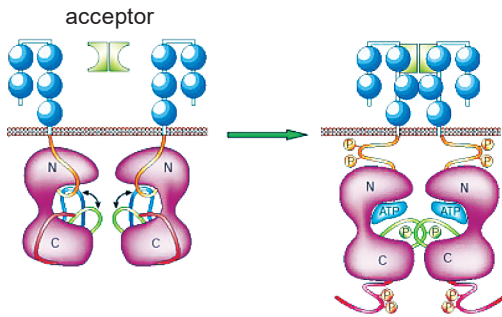


Fig. 29.2. Activarea receptorului în timpul combinării cu molecula-acceptor

Histonele din cromatina inactivă transcripțional sunt metilate, iar în cea activă sunt acetilate. Modificările ADN-ului sunt legate de metilarea nucleotidei citozina, care ocupă o anumită poziție în porțiunile reglatoare ale unor gene (fig. 29.4).

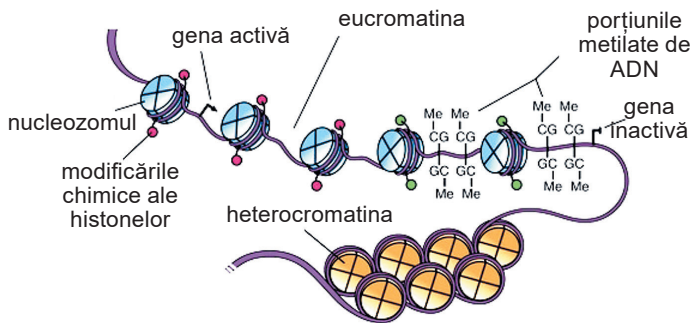
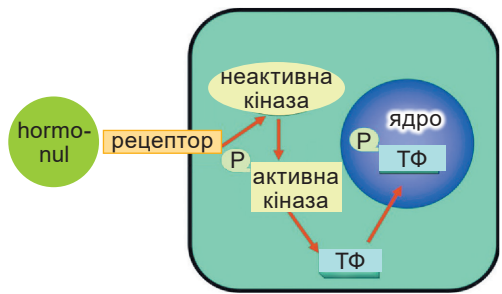


Fig. 29.4. Modificarea chimică a histonelor (cu roșu sunt indicate resturile acidului etanoic (acetic), cu verde – gruparea metilică) și ADN-ul în cromatina transcripțional activă și neactivă



Мал. 29.3. Схема активації роботи генів, які регулюються пептидними гормонами: гормон зв'язується з рецептором на поверхні клітини, усередині клітини відбувається по чергове фосфорилювання білків, що призводить до їхньої активації. Кіназа – фермент, який переносить залишок ортофосфатної кислоти (P) на різноманітні субстрати. ТФ – транскрипційний фактор

**Метилarea** este introducerea în compusul organic a grupei metilice ( $-\text{CH}_3$ ) în locul atomului de hidrogen (metalului sau halogenului). **Acetilarea** este substituția în moleculele compușilor organici ai atomilor de hidrogen cu restul acidului etanoic (acetic) (gruparea acetilică  $-\text{CH}_3\text{CO}$ ).

În timpul activării expresiei genelor factorii de transcripție interacționează cu enzimele: unele din ele efectuează demetilarea histonelor (procesul invers metilării), altele – acetilarea lor, ceea ce duce la decompactizarea cromatinei. În timpul inhibării activității genelor sunt implicate enzimele, care efectuează deacetilarea (un proces invers acetilării) și metilarea histonelor (în unele cazuri – metilarea ADN-ului). Grupările metilice ale histonelor reprezintă semnale pentru proteinele, care asigură următoarea condensare a cromatinei (trecerea în starea de heterocromatină). Uneori acest proces este ireversibil și genele sunt inactivate definitiv.

**Controlul expresiei genelor în timpul maturizării ARNm.** În afară de procesele descrise de reglare a transcripției, la eucariote există mecanisme, care reglează expresia genelor prin procesele de maturizare alternativă a ARNm.

**Maturizarea alternativă a ARNm** reprezintă modurile de maturizare a ARNm, la care dintr-o secvență a genei apar secvențe diferite (deși asemănătoare) de ARNm. Ea poate apărea în urma a două procese: ma-



tisării alternative ale pre-ARNm sau editării ARNm. În timpul **matării alternative** unui exoni pot fi îndepărtați ca și intronii. Ca rezultat se pot forma mai multe molecule alternative de ARNm. Matisarea alternativă a moleculei corespunzătoare de ARNm poate să decurgă în celule de diferite tipuri sau în celule de același tip, dar la diferite stadii ale dezvoltării ei.

În cazul **editării ARNm** secvențele de ARNm se modifică în rezultatul inserției sau a eliminării nucleotidelor, sau a înlocuirii bazelor azotate în interiorul nucleotidelor.

**Reglarea expresiei genelor la nivelul eficienței decurgerii transcripției.** Productivitatea translației poate fi controlată de proteine specifice, care în citoplasmă se leagă de ARNm, formând complecși nucleoproteiniци – informozomi. Proteinele informozomului, pe de o parte, protejează ARNm de descompunerea în nucleotide, iar pe de altă parte – blochează complet translația. Deci, în celulă este o „rezervă” de molecule de ARNm de lungă durată, care pot fi utilizate în caz de necesitate. Alte proteine, combinându-se cu ARNm, pot accelera descompunerea ARNm sau bloca fixarea ribozomului pe molecula de ARNm.

Un mecanism răspândit de reglare a translației prin influențarea asupra duratei de existență a moleculelor de ARNm este interferența ARN-ului. Dacă are loc o transcripție excesivă a unei gene, atunci începe sinteza lanțului complementar de ARN pe molecula ARNm. ARN-ul bicatenar este determinat de o enzimă specifică și este tăiat în fragmente mici bicatenare cu 20–30 perechi de nucleotide. După denaturarea fragmentelor, filamentele complementare a catenei de ARN se leagă de ARNm și încep din nou translația (fig. 29.5).

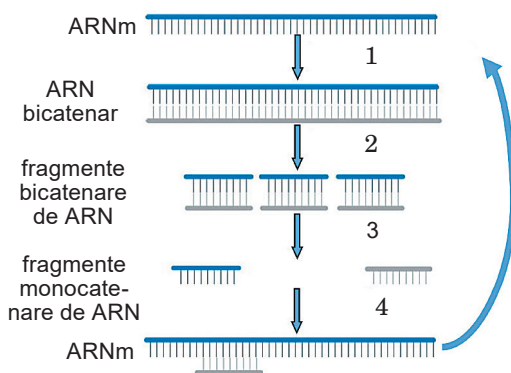


Fig. 29.5. Schema interferenței ARNm:  
 1 – sinteza catenei complementare de ARN;  
 2 – tăierea ARN-ului bicatenar în fragmente;  
 3 – denaturarea fragmentelor; 4 – fixarea fragmentului antisens pe ARNm

### Termeni și nuanțe-cheie

factori de transcripție, gene reglatoare, maturizarea alternativă a ARNm, interferența ARN-ului.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. În ce constă necesitatea reglării activității genelor în celulă?
2. Cum poate fi explicat faptul, că în celulele diferitor tipuri ale unui singur organism există grupuri diferite de gene active?
3. Cum decurge reglarea expresiei genelor cu ajutorul factorilor proteici?
4. Ce sunt genele reglatoare?
5. Cum influențează hormonii de natură biochimică diferită asupra expresiei genelor?
6. Cum este efectuat controlul expresiei genelor în timpul maturizării ARNm?

#### Chibzuți



Care este rolul biologic al interferenței ARN-ului?

#### Sarcină pentru dezvoltarea independentă



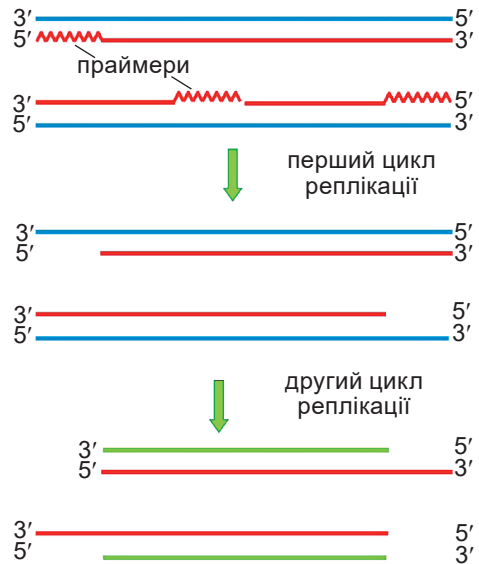
Calculați numărul de gene, care pot fi reglate de un complex de 10 factori de transcripție.

### §30. MECANISMELE DE CONSERVARE A STABILITĂȚII MATERIALULUI GENETIC

**Amintiți-vă** structura și funcțiile ADN-ului. În ce constă principiul complementarității, dogma centrală a biologiei moleculare? Ce este primer-ul, eucromatina și heterocromatina? Care este structura cromozomilor eucariotici? Cum decurge procesul biosintezei ADN-ului?

Stabilitatea informației genetice pe parcursul unui număr nelimitat de generații a organismelor de o anumită specie asigură constanta speciilor pe parcursul unor perioade istorice lungi. Păstrarea stabilității materialului genetic este asigurată de două procese principale: *replicare* (dublarea) moleculei de ADN și *repararea* ADN-ului (restabilirea).

Una din problemele importante, care apar în timpul replicării ADN-ului este replicarea porțiunilor terminale ale cromozomilor eucariotici. După terminarea replicării, capătul 5'-apos al fiecărei catene din moleculele surori de ADN nu este sintetizat până la sfârșit. Aceasta poate duce la faptul, că cromozomii după fiecare următoare replicare vor deveni mai scurți (Fig. 30.1).



Мал. 30.1. Проблема недореplікації лінійних молекул ДНК: з кожним циклом один з ланцюгів ДНК буде вкорочуватися з 5'-кінця на довжину праймера (див. мал. 22.1), що призведе до поступового скорочення самої молекули

Ентересантсаїті



Anume cu scurtarea porțiunilor de la capăt ale cromozomilor în celulele somatice, care se divizează, este lămurită așa-numita *limita lui Hayflick* (numită în cinstea descoperitorului acestui fenomen L. Hayflick (fig. 30.2): numărul de diviziuni al celulelor somatice la mamifere este limitat la aproximativ 50–52 de ori. După aceea, celulele mor. Înaintea morții la ele se observă semne de îmbătrânire. Însă aceasta nu se observă în celulele stem și canceroase. De aceea, numărul diviziunilor lor nu este limitat.



Fig. 30.2. **Leonard Hayflick** este profesor la Universitatea din California (născut în 1928). În anii 60 ai secolului XX el a descoperit fenomenul de limitare a numărului de diviziuni al celulelor somatice la organisme pluricelulare, numit limita lui Hayflick

În celulele eucariote problema scurtării cromozomilor este rezolvată de **telomere**. Ele reprezintă zone de la capetele cromozomilor, ce sunt formate dintr-o serie de secvențe scurte de nucleotide, ale căror copii sunt situate una după alta. Pentru păstrarea lungimii acestor repetiții după replicare este responsabilă enzima telomeraza. În compoziția ei intră două componente: molecula de ARN, o parte a secvenței căreia este complementară cu repetiția telomerică, și enzima transcriptaza inversă, care sintetizează ARN pe matricea de ADN (amintiți-vă, la cine se întâlnește acest proces). Enzima se „așează” pe porțiunea monocatenară a moleculei de ADN matern la capătul 3'-apos și pe care-l prelungește, folosind propriul ARN ca

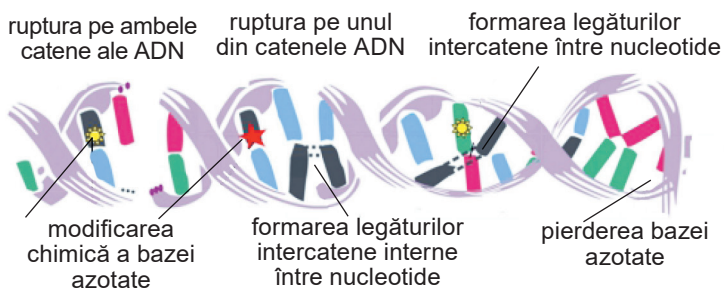


Fig. 30.3. Variante de bază ale leziunilor ADN-ului. *Sarcină:* caracterizați-le

matrice. Acest proces de prelungire poate fi repetat de sute de ori. Al doilea mecanism pentru menținerea stabilității materialului genetic este repararea ADN-ului. Ea este orientată la înlăturarea leziunilor ADN-ului și la restabilirea structurii până la starea sa inițială (care a fost până la momentul acțiunii factorului dăunător).

Pe parcursul vieții asupra celulei permanent acționează diverși factori externi (de natură fizică sau chimică) și interni (cum sunt erorile în timpul replicării), care distrug structura moleculelor ei de ADN. Imaginați-vă: doar timp de o zi în moleculele de ADN ale organismului nostru pot să apară până la un milion de diferite leziuni cauzate de modificarea chimică a nucleotidelor, pierderea bazelor azotate, rupturi în una sau în ambele catene ale ADN-ului, formarea legăturilor covalente în limitele unei catene sau între cele două catene de ADN, apariția legăturilor de hidrogen între nucleotidele necomplementare (fig. 30.3). Este clar că aceste leziuni împiedică desfășurarea normală a proceselor de replicare și de transcripție sau poate provoca mutații sau chiar moartea celulelor.

Pentru a păstra materialul genetic într-o stare invariabilă și de funcționare normală, în celulele există sisteme, care restabilesc molecula de ADN. Ele sunt împărțite în două tipuri: repararea directă și indirectă. La **sistemele de reparare directă** aparțin acelea, care corectează leziunea într-un singur pas conform principiului: o leziune – o enzimă – o reacție. Sistemele de reparare directă, pe lângă viteza lor, nu înlătură un număr semnificativ de leziuni ale ADN-ului. Mecanismele **sistemelor de reparare indirectă** sunt mai complicate, la ele sunt implicate multe proteine, iar procesul de corectare a leziunilor decurge în mai multe etape. Repararea indirectă include: repararea nucleotidelor împerecheate greșit, repararea bazelor azotate, nucleotidelor, rupturilor bicatenare ale ADN-ului și legăturilor covalente intercatenare încrucișate ale ADN-ului. Să examinăm unele din ele.

*Sistemul de reparare a nucleotidelor combinate incorect.* Uneori ADN-polimerazele, care asigură sinteza de bază, adaugă la catena ce crește nucleotidele incorecte (cu o frecvență de aproximativ 1 nucleotidă la 105). Aceste nucleotide sunt eliminate de sistemul de reparare corespunzător. Ea corectează și inserțiile sau delețiile ale unui sau mai multor nucleotide, care, de asemenea, pot apărea din cauza erorilor ADN-polimerazei (fig. 30.4).

Un alt sistem de reparare indirectă recunoaște și restabilește diferite modificări chimice ale nucleotidelor, care blochează desfășurarea replicării și transcripției ADN-ului. Acest sistem de reparare este mai universal decât altele, deoarece recunoaște nu leziunile, ci încălcările structurii spiralei duble de ADN, pe care le provoacă.

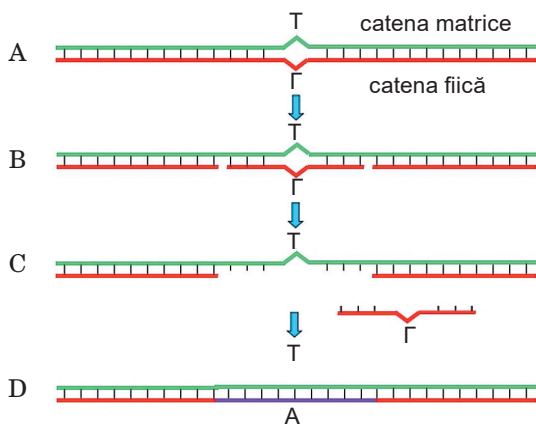


Fig. 30.4. Schema de reparare a nucleotidelor combinate incorect. Proteinele specifice recunosc nucleotidele necombinate (A); fac rupturi monocatenare în catena ADN-ului fiică pe ambele părți ale nucleotidei încorporată incorect (B); enzima corespunzătoare despiralizează această porțiune și desprinde fragmentul monocatenar cu leziune (C); spațiul este restabilit de ADN-polimeraza (D)

*Sistemele de reparare a rupturilor bicatenare de ADN*, deși recunosc numai un tip de leziuni a ADN-ului, sunt absolut necesare pentru a menține stabilitatea aparatului genetic. Rupturile bicatenare apar rar, dar sunt foarte periculoase pentru celulă, deoarece cauzează diferite modificări cromozomiale.

Când în celulă sunt foarte multe leziuni ale ADN-ului sau sistemul de reparare nu a reușit să le îndepărteze până la începutul replicării ADN-ului, sunt aplicate *mecanisme de toleranță la leziunile ADN-ului*. Dacă leziunea nu a fost îndepărtată până la începutul replicării moleculelor de ADN, acest proces poate fi blocat complet. Pentru continuarea sintezei ADN-ului, se utilizează o ADN-polimerază specială, care încorporează pe partea opusă leziunilor nucleotide întâmplătoare. Ca urmare a unei astfel de „reparare” celula supraviețuiește, dar daunele nu sunt înlăturate. Ele pot fi înlăturate în următorul ciclu celular.

### Termeni și nuanțe-cheie

telomere, sisteme de reparare directă și indirectă, mecanisme de toleranță la leziunea ADN-ului.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. De ce procesul de replicare a ADN-ului aparține la procesele de conservare a stabilității materialului genetic?
2. De ce modificările structurii moleculelor de ADN pot provoca mutații?
3. Ce reprezintă sistemul reparării directe?
4. Prin ce se caracterizează sistemul de reparare indirectă?
5. Care sunt mecanismele de toleranță la leziunea ADN-ului?

#### **Chibzuți**



Dimensiunea genomului diploid uman constituie  $6 \cdot 10^9$  nucleotide. Calculați câte nucleotide incorect încorporate vor fi în genomul celulei fiicei după diviziunea celulei maternelle.

## §31. VARIABILITATEA EREDITARĂ: COMBINATIVĂ ȘI MUTAȚIONALĂ

*Amintiți-vă* principalele etape ale mitozei și meiozei, legăturile repartizării cromozomilor în celulele fiice. Ce legătură există între genotip și fenotip? Care este structura acizilor nucleici? Ce reprezintă codul genetic? Care sunt proprietățile lui? Ce sunt factorii evoluției? Ce este divergența și convergența? Ce sunt genele alele? Ce este crossing-overul?

Știți deja despre importanța existenței mecanismelor de menținere a constanței materialului genetic al sistemelor biologice, care trebuie să asigure transmitere-

rea lui din generație în generație într-o stare neschimbată. Ar putea fi oare posibilă evoluția materiei vii, dacă în materialul ereditar n-ar fi apărut schimbări?

**Variabilitatea este capacitatea aparatului genetic la modificări, care determină diferențe fenotipice între indivizii aceleiași specii într-un număr de generații sau în limita unei generații.** Variabilitatea se împarte în *ereditară* (cauzată de schimbările materialului genetic) și *neereditară* (apare în rezultatul modificării expresiei genelor sub influența factorilor mediului pe parcursul dezvoltării individuale).

Variabilitatea ereditară poate fi determinată sau de formarea combinațiilor noi de alele ale anumitor gene (*variabilitatea combinativă*), care deja există, sau de apariția unor noi variante ale secvențelor de nucleotide ale ADN-ului, modificarea numărului de cromozomi omologi sau seturilor întregi de cromozomi (*variabilitatea mutațională*).

*Să ne amintim:* fiecare genă poate fi reprezentată în forme diferite, care sunt numite gene alele (alele). O anumită genă alelă poate determina o stare anumită a caracterului (fig. 31.1). Alele noi ale unei anumite gene apar în urma mutațiilor. În cazul variabilității combinate diferite variante ale genomului apar datorită următoarelor procese de bază.

1. Schimbul cu porțiuni între cromozomii omologi în rezultatul crossing-overului poate mări numărul de combinații ale genelor alele și stărilor caracterelor, pe care le determină, aproape la infinit.

2. Repartizarea întâmplătoare a cromozomilor omologi în anafaza primei diviziuni meiotice. Anume acest proces asigură „executarea” legii a treia a lui Mendel – legii combinării independente a caracterelor (*amintiți-vă* formularea acestei legi și condițiile necesare pentru realizarea ei). Bineînțeles, că caracterul întâmplător al repartizării cromozomilor în timpul formării gameților, precum și caracterul întâmplător al întâlnirii lor în timpul formării zigotului, determină apariția diferitor variante ale genomului și, respectiv, formarea diferitor variante ale fenotipului. Mutațiile pot fi transmise următoarelor generații (fig. 31. 2).

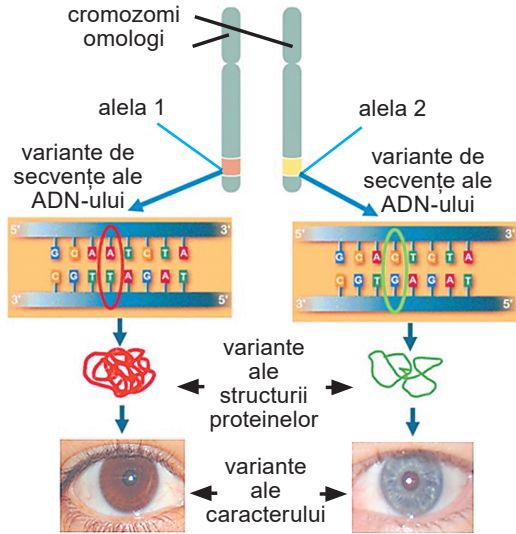


Fig. 31.1. Genele alele determină diferite variante (stări) ale caracterului



Fig. 31.2. Unele manifestări ale mutațiilor la om:  
A – acondroplazia (nanism disproporțional),  
B – albinism,  
C – polidactilie

Genele alele noi, care au apărut în urma mutațiilor se numesc *mutante*. Gena alelă originală, care a servit ca bază pentru apariția celor mutante, se numește *alelă de tip sălbatic*. Respectiv alela de tip sălbatic determină starea caracterului, care este tipică pentru majoritatea indivizilor anumitei specii (fig. 31.3).



Fig. 31.3. Fenotipul vulpii din populație naturală (de tip sălbatic) (A) și vulpii domesticite în crescătorie (apărut datorită mutației) (B)

### Memorizăm

**Mutația** reprezintă schimbări structurale nedirecționate spontane și stabile (care rămân pentru totdeauna) ale genomului, care, de asemenea, pot duce la schimbări bruște ale caracterelor și se transmit generațiilor viitoare.

**Clasificarea mutațiilor.** Există diferite clasificări ale mutațiilor, în funcție de criteriul, pe care îl aleg. În primul rând, mutațiile sunt împărțite în dominante, recesive și codominante.

*Alelele mutante dominante* obligatoriu se manifestă în fenotipul individului heterozigot. Drept exemplu poate fi boala acondroplazia (nanism disproporțional: membre scurte, iar dimensiunile capului și trunchiului sunt normale; fig. 31.2). *Alelele mutante recesive* se pot manifesta numai într-o stare homozigotă. Un exemplu este manifestarea albinismului la om (fig. 31.2, B). În caz de codominanță ambele gene alele ale organismului diploid participă la formarea fenotipului (*amintiți-vă* despre moștenirea grupelor sanguine la om).

În dependență de caracterul influenței asupra funcțiilor vitale ale organismelor se disting mutații letale, subletale și neutre. *Mutațiile letale*, manifestându-se în fenotip, duc la moartea indivizilor încă înainte de începerea dezvoltării postembrionare sau dobândirii capacității de reproducere. *Mutațiile subletale* reduc viabilitatea, provocând moartea unei anumite părți a organismelor – de la 10 % la 50 %. *Mutațiile neutre* în condiții obișnuite de existență pentru organisme nu influențează asupra viabilității. În anumite cazuri, în special la schimbarea condițiilor de existență, mutațiile neutre pot fi folositoare sau dăunătoare. Probabilitatea faptului, că mutația va fi folositoare este foarte mică.

Mutațiile pot apărea în orice celulă a organismului. *Mutațiile generative* apar în celulele sexuale și pot fi moștenite în timpul reproducției sexuate, somatice – apar în celulele asexuate (somatice) și la reproducerea sexuată nu sunt transmise urmașilor. Mutațiile somatice pot fi moștenite doar prin reproducerea asexuată, cum ar fi la plante sau anumite grupuri de animale (celenterate, viermii plăți, policheți etc.).

Mutațiile pot avea loc atât în nucleu (*mutații nucleare*), cât și în ADN-ul mitocondriilor și cloroplastelor (*mutații citoplasmatic*). Ele pot fi cauzate de factori de natură diferită (chimică, fizică sau biologică), care afectează moleculele de ADN. Dacă cauza mutației este acțiunea unui factor mutagen cunoscut (în natură sau în experiment), aceste mutații sunt numite induse.

## Memorizăm

**Factorii mutageni** sunt factori de natură chimică (diferite substanțe chimice), fizică (radiații ionizante, raze ultraviolete) și biologice (de exemplu, virusurile), care pot afecta moleculele de ADN și, respectiv, ridica probabilitatea apariției mutațiilor.


Mutațiile apar, de asemenea, din cauza erorilor în sistemele de replicare, reparare sau recombinare. Mutațiile, care au apărut fără vreun motiv evident sunt numite spontane. Diversele leziuni ale ADN-ului, pe care le-am menționat anterior, încă nu sunt mutații, ci doar modificări premutaționale, care pot fi corectate prin sisteme de reparații, sau să rămână în formă de mutații în ADN. Adică, mutația este o astfel de modificare a secvenței nucleotidelor de ADN, care a rămas după reparație și replicarea ulterioară a moleculei de ADN.

Este cunoscută clasificarea mutațiilor și după *caracterul modificărilor genomului*. Modificările mutaționale pot cuprinde de la una până la mai multe nucleotide ale moleculei de ADN, secvențe de o lungime mare și seturi întregi de cromozomi. Respectiv se disting mutațiile punctiforme, cromozomiale și genomice.

Mutațiile punctiforme reprezintă modificări ale secvenței ADN-ului, care sunt limitate numai cu unul sau mai multe nucleotide. Mutația punctiformă poate reprezenta chiar înlocuirea unei nucleotide cu alta.

Substituțiile mononucleotidice în partea codificatoare a genei pot duce la o schimbare a codonului și, respectiv, la înlocuirea aminoacidului în proteină. Deoarece codul genetic este degenerat, înlocuirea unei nucleotide în compoziția codonului cu alta poate să nu modifice conținutul acestuia.

Mutațiile punctiforme spontane apar în diferite părți ale genomului cu diferită frecvență. Această frecvență are o valoare constantă, de aceea, cunoscând secvența AND-ului inițială și mutantă, este ușor de calculat cât timp a fost necesar pentru trecerea primei secvențe în a doua. Pe aceasta se bazează metoda ceasului molecular.

 **Ceasul molecular este o metodă de a stabili timpul evenimentelor filogenetice (divergența între specii înrudite sau taxonii de rang mai înalt).** Sensul lui constă în faptul, că înlocuirea nucleotidelor, care au o valoare evolutivă, în moleculele acizilor nucleici și, corespunzător, aminoacizilor în moleculele proteinelor sintetizate se produce cu o viteză aproape constantă. Totuși, având în vedere, că în diferite grupuri sistemice de organisme, viteza apariției mutațiilor poate fi neuniformă (*chibzuiți de ce*), rezultatele obținute prin această metodă nu pot fi considerate absolute.

## Termeni și nuanțe-cheie

variabilitatea combinativă și mutațională, mutații, factori mutageni (mutageni), mutații punctiforme.

### Verificați-vă cunoștințele



1. Ce tip de variabilitate se numește ereditară?
2. Ce tipuri de variabilitate ereditară știți?

3. Care sunt cauzele variabilității combinatorii? 4. Ce este comun și prin ce diferă variabilitatea combinatorie și mutațională? 5. Ce tipuri de mutații există? 6. Ce reprezintă mutațiile punctiforme? 7. Care factori pot provoca mutații? 8. Care mutații se numesc spontane?

### Chibzuți



Care sunt urmările posibile ale diferitor tipuri de substituții mononucleotidice în moleculele de ADN?

## §32. MUTAȚIILE CROMOZOMIALE ȘI GENOMICE. ROLUL BIOLOGIC AL MUTAȚIILOR

**Amintiți-vă** metodele de cercetare în genetică. Ce evenimente au loc în timpul diviziunii mitotice? Care cromozomi se numesc omologi? Ce este un grup de înlănțuire? Cum decurg diviziunile mitotice și meiotice ale celulei? Ce este biodiversitatea?

**Mutațiile cromozomiale (restructurări cromozomiale)** reprezintă schimbări destul de mari ale secvenței ADN-ului (peste 2 milioane perechi de baze), care duc la tulburarea structurii normale a cromozomului. Ele pot fi intracromozomiale (în cadrul aceluiași cromozom) și intercromozomiale (modifică doi cromozomi diferiți). Un tip de **restructurări intracromozomiale** este pierderea unei părți a cromozomului – **deleții**. La restructurări intracromozomiale, de asemenea, aparțin repetări duble ale unui segment al cromozomului (**duplicații**), repetiții multiple ale unei porțiuni a cromozomului (**amplificații**) și întoarcerea porțiunii cromozomului la 180° (**inversii**) (fig. 32.1).

La restructurări intercromozomiale aparțin încorporări ale porțiunii unui cromozom neomolog în interiorul altui (inserții) și schimbul cu porțiuni între cromozomi neomologi (translocații). Există două variante de translocații. În primul caz se observă un schimb reciproc cu porțiuni a doi cromozomi neomologi, în al doilea – o porțiune a unui cromozom este atașată de capătul celuilalt (fig. 32.2).

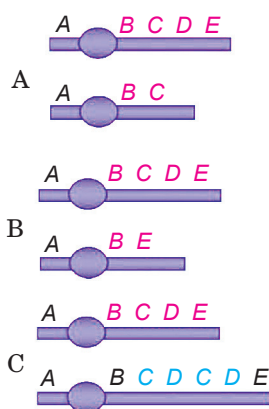


Fig. 32.1. Restructurări intracromozomiale: deleții (A – pierderea porțiunii terminale, B – pierderea porțiunii în interiorul cromozomului); duplicații (C) și inversii (D – inversie, care nu cuprinde centromerul, E – inversie, care cuprinde centromerul)

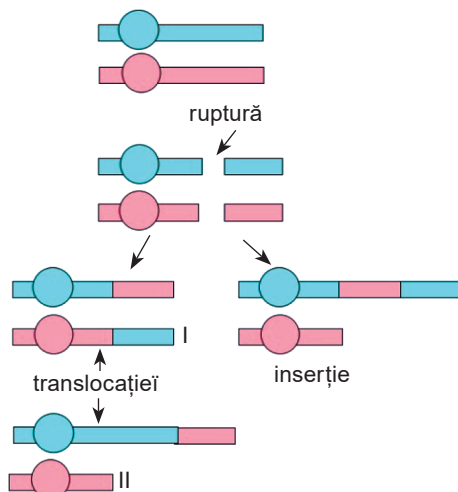


Fig. 32.2. Restructurări intercromozomiale. *Sarcina*: chibzuți prin ce a doua variantă de translocație diferă de inserție



Cea mai mică influență asupra fenotipului o au inversiile și varianta translocăției, când cromozomii omologi se schimbă cu porțiunile lor. Astfel de mutații sunt *echilibrate*: cantitatea totală de material genetic în celulă nu se schimbă. Inversiile modifică doar ordinea localizării genelor în cromozom, iar în urma translocăției se schimbă compoziția anumitor grupuri de înlănțuire. *Amintiți-vă*: genele unui cromozom formează un grup *de înlănțuire*. Numărul grupurilor de înlănțuire corespunde numărului de cromozomi în setul haploid. Totodată, la indivizii de diferit sex, dacă ei diferă după setul de cromozomi sexuali (heterocromozomi), numărul grupurilor de înlănțuire poate fi diferit.

Frecvența mutațiilor cromozomiale spontane în celulele sexuale pot ajunge până la 1 %. În celulele somatice, se observă valori ceva mai mari – până la 4 % (*chibzuiți de ce*).

**Mutațiile genomice** sunt restructurări ale genomului asociate cu modificările în numărul de cromozomi. Există trei tipuri de mutații genomice: haploidie, poliploidie și aneuploidie.



**Haploidia este un fenomen, la care numărul de cromozomi, caracteristic pentru setul diploid, se micșorează de două ori.** Deși acest fenomen este normal în timpul formării celulelor sexuale, uneori el este observat ca o mutație. Haploidia este rezultatul dezvoltării unui embrion din gameții haploizi fără fecundare, ce se observă adesea la plantele cu flori (de exemplu, la porumb frecvența formării haploizilor este egală cu 1 la 1000).



**Creșterea multiplă a numărului de cromozomi față de numărul haploid se numește poliploidie.** Aproximativ 47 % de specii de plante cu flori sunt poliploide. Comparativ cu cele haploide, ele au dimensiuni mai mari, conținutul ridicat de substanțe nutritive, sunt rezistente la factorii nefavorabili ai mediului ambiant, având și alte caractere benefice pentru om. De aceea, nu este surprinzător faptul că majoritatea plantelor cultivate sunt poliploide. La animale poliploidia se întâlnește rar (de exemplu, la amfibieni, pești) (*gândiți-vă de ce*).

Poliploidia poate apărea, de asemenea, și ca rezultat al fuziunii celulelor diploide cu fuziunea ulterioară a nucleelor lor sau prin fuziunea nucleelor diploide în limitele unei singure celule. La om celule poliploide sunt celulele ficatului (hepatocitele), celulele musculare cardiace (miocardului) și celulele pigmentare. Deci, după numărul de seturi de cromozomi în celulele de diferite tipuri fiecare om este un mozaic genetic (mozaicul genetic reprezintă prezența într-un organism a celulelor, care diferă după setul lor cromozomial).

Celulele sau organismele, care conțin trei seturi de cromozomi haploizi (**3n**) se numesc triploide, patru (**4n**) – tetraploide etc. Organismele poliploide cu seturi pare de cromozomi pot să se reproducă în mod normal și pot da naștere la descendenți fecunzi. Poliploidii cu un set impar de cromozomi sunt deseori sterili, deoarece se dereglează repartizarea normală a cromozomilor în timpul formării celulelor sexuale – gametogenezei.

Interesant să știți



În pofida sterilității, culturile triploide sunt utilizate în mod activ în agricultură, deoarece pot avea avantaje atât față de formele diploide, cât și față de cele tetraploide. Astfel, soiurile triploide ale sfeclei de zahăr au un conținut de zahăr cu 2 % mai mare decât cele diploide și tetraploide. Soiurile triploide ale bananelor de cultură, spre deosebire de

forme diploide sălbatice și tetraploide, nu formează semințe, ceea ce ridică valoarea lor ca produs alimentar (fig. 32.3).

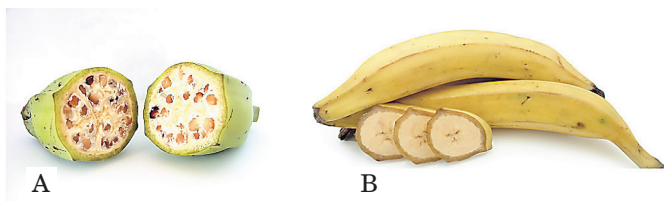


Fig. 32.3. Banana diploidă sălbatică (A) și soiul triploid de cultură (B)

II Organismele poliploide pot, de asemenea, să apară datorită hibridizării îndepărtate – combinării genomurilor speciilor diferite (de exemplu, grâul forte (combinarea a două genomuri diferite) și moale (combinarea a trei genomuri diferite), prunul (două genomuri) și multe alte plante de cultură).

**Aneuploidia este o modificare a numărului de cromozomi, care nu este multiplă setului haploid.** Cel mai des aneuploidia se manifestă printr-o creștere sau reducere a numărului de copii ale unui cromozom, mai rar – a câtorva. Aneuploizii apar în urma dereglării repartizării cromozomilor în celulele fiice în timpul mitozei sau meiozei.

**Rolul biologic al variabilității mutaționale.** Efectele generale ale variabilității mutaționale sunt încălcările programelor ereditare ale celulelor și organismelor. În acest caz variabilitatea mutațională duce la creșterea diversității biologice: asigură apariția unor noi variante ale genomurilor și, prin urmare, ale fenotipurilor. Majoritatea variantelor genomului sunt relativ neutre, care nu acționează asupra viabilității organismelor. Dar o parte semnificativă a fenotipurilor formate în urma unor mutații sunt sau neviabili (manifestarea mutațiilor letale), sau au o viabilitate redusă (manifestarea mutațiilor semiletale). Însă, uneori variantele noi ale genomurilor capătă un avantaj adaptiv – permit o adaptare mai bună la condițiile de viață. Variantele adaptive și neutre ale genomurilor sunt fixate în populații.

Mutațiile în celulele somatice pentru unele organisme adesea duc la efecte negative. De exemplu, toate tipurile de mutații de la cele punctiforme până la cele genomice pot provoca tumoare malignă la om și la animale. Dar aceste mutații nu se transmit la următoarele generații de descendenți. Mutațiile generative determină dezvoltarea indivizilor, toate celulele cărora vor purta această modificare. Manifestările tipice ale acestor mutații sunt diferite boli ereditare.

Este clar că pentru populații și grupuri de organisme și, prin urmare, pentru formarea speciilor, cele mai semnificative sunt mutațiile generative. În timpul dezvoltării diferitor clase de animale vertebrate se manifestă un număr semnificativ de restructurări cromozomiale și genomice. În cea mai mare parte aceste restructurări sunt translocații, inversii și modificări ale numărului de cromozomi. Un rol important în evoluția lumii vegetale și animale joacă, de asemenea, mutațiile genomice (poliploidia și aneuploidia). Deci, mutațiile reprezintă principala sursă a variabilității ereditare, care este unul din factorii evoluției. Fără exagerare se poate afirma, că toată diversitatea formelor actuale și fosile de ființe vii se datorează mutațiilor.

Mutațiile au o aplicație practică. Astfel, în selecția plantelor și microorganismelor mutațiile artificiale induse măresc diversitatea materialului inițial, sporind astfel eficiența selecției. Mutațiile sunt utilizate și în metodele genetice de combatere a organismelor dăunătorilor. Pentru aceasta în laborator se acționează asu-

pra masculilor dăunătorilor cu mutageni (de exemplu, cu razele X). Apoi, acești masculi iradiați sunt eliberați în natură unde ei se încrucișează cu femele din populații naturale. Ouăle depuse de astfel de femele sunt neviabile. Deci, fără a polua mediul cu substanțe toxice poate fi redus numărul de dăunători. De exemplu, această metodă este utilizată în lupta împotriva țânțarului de malarie – transmitător al agentului patogen al malariei.

### Termeni și nuanțe-cheie

mutații cromozomiale și genomice, haploidie, poliploidie, aneuploidie.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Ce tipuri de mutații cromozomiale știți? 2. Care sunt cauzele mutațiilor cromozomiale? 3. Care din

mutațiile cromozomiale pot provoca cel mai mare efect asupra organismelor? 4. Ce sunt mutațiile genomice? 5. Ce tipuri de mutații genomice știți? 6. Care este însemnătatea biologică a mutațiilor? 7. Cum omul poate folosi mutațiile în activitatea sa practică?

#### Chibzuți



1. De ce mutageniza artificială nu se utilizează în selecția animalelor? 2. Cum pot fi păstrate soiurile triploide ale plantelor de cultură? Dați exemple.

## §33. VARIABILITATEA MODIFICATIVĂ

**Amintiți-vă**, ce sunt modificările. Ce este norma de reacție? Ce reprezintă speciile cu plasticitate ecologică înaltă și joasă? Ce este arealul?

**Variabilitatea modificativă.** Orice organism este un sistem deschis: realizarea programului ereditar are loc nu numai sub controlul genotipului, ci și sub influența mediului. Condițiile mediului pot determina atât gradul manifestării unei anumite stări a caracterului ereditar (expresivitatea), cât și probabilitatea manifestării caracterului în general (penetranța).

**Expresivitatea reprezintă gradul de manifestare în fenotipul organismelor cu același genotip al alelei unei anumite gene.**

**Penetranța este frecvența manifestării unei anumite stări a caracterului la organismele cu același genotip** (fig. 33.1). Penetranța este determinată de procentul de indivizi ai populației, care au o anumită alelă și în

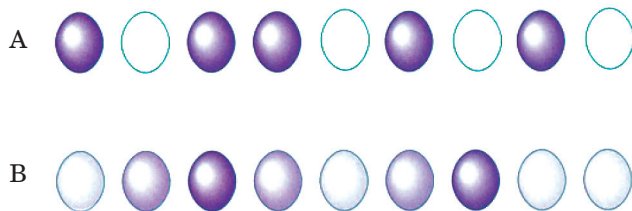


Fig. 33.1. Reprezentarea schematică a fenomenelor de penetranță (A) și expresivitate (B). A – din 9 indivizi, care au un genotip asemănător, o anumită stare a caracterului se manifestă numai la 5 (ei sunt marcați cu culoare închisă; calculați penetranța acestei stări a caracterului). B – la 9 organisme se manifestă caracterul în fenotip, dar gradul de exprimare al lui este diferit (aceste organisme sunt marcate cu culori diferite)



Fig. 33.2. Variabilitatea modificativă a formei limbului foliar la săgeata apei. Numai frunzele aeriene au o formă sagitată


fenotipul cărora el s-a manifestat. De exemplu, în cazul penetranței complete, alela dominantă se manifestă la fiecare individ, care o are. Penetranța la indivizii homo- și heterozigoți poate să varieze semnificativ.

Deci, organismele cu aceleași genotipuri, în dependență de influența mediului, pot avea fenotipuri diferite. O astfel de variabilitate se numește **fenotipică** sau **modificativă**. Un exemplu clasic de modificări fenotipice în limitele unui organism este forma limbului foliar la săgeata apei în dependență de localizarea frunzelor pe partea subacvatică sau aeriană a plantei (fig. 33.2).

Variabilitatea modificativă este determinată nu de schimbările secvenței nucleotidelor în moleculele de ADN, ci de schimbarea expresiei genelor sub influența factorilor mediului ambiant. Astfel de schimbări ale expresiei genelor pot fi stabile și pot fi transmise generațiilor viitoare în cazul înmulțirii vegetative. Dar ele nu sunt moștenite în cazul reproducerii sexuate.

*Să ne amintim:* limitele variabilității modificative – **norma de reacție** – pentru fiecare caracter sunt determinate complet de genom. Diapazonul normei de reacție este un caracter adaptiv și determină limitele modificărilor condițiilor mediului, în care poate exista individul cu o anumită variantă a genomului. De faptul cât de largă este norma de reacție a organismelor de o anumită specie depinde, de exemplu, dacă organismele au o plasticitate ecologică înaltă sau joasă, și respectiv, mărimea arealelor lor.

Se disting organisme cu normă de reacție îngustă și largă. Norma de reacție îngustă este caracteristică pentru caracterele importante pentru funcționarea normală a organismului. Pentru om astfel de caractere sunt localizarea și mărimea inimii, creierului, rinichilor etc. În schimb, statura, masa corpului și cantitatea de grăsime în organism pot varia în limite mari.

 **Schimbările caracterelor și proprietăților organismului în limitele normei de reacție, care rezultă din influența diversilor factori ai mediului de existență, sunt numite modificări.** La formarea unor caractere un rol hotărâtor are genotipul organismelor, iar pentru formarea altora o însemnată mare are influența factorilor mediului ambiant.

Rezultat al variabilității modificative poate fi apariția organismelor, la care schimbările modificative ale fenotipului copie manifestarea unor mutații. Ele sunt numite fenocopii. Practic fenocopia este manifestarea unor variante extreme ale normei de reacție. De exemplu, insuficiența aprovizionării organismului cu vitamina D duce la dezvoltarea rahitismului. Dar rahitismul se poate dezvolta și în urma unei boli ereditare cauzate de mutații, ce provoacă incapacitatea organismului de a absorbi vitamina D. Cataracta congenitală poate fi determinată de alela recesivă a unei gene, sau poate fi rezultat al infecției virale (rubeolei).

Deci, caracterele dobândite (modificațiile) nu se moștenesc. Dar, există date, care, la prima vedere, contrazic această teză. Un fapt bine cunoscut este schimbarea culorii gândacului de Colorado după acțiunea asupra pupei a temperaturilor ridicate. O astfel de culoare schimbată întunecată se păstrează timp de mai multe generații. Aceasta se explică prin faptul, că după acțiunea temperaturilor înalte asupra pupelor gândacului de Colorado în citoplasma unor celule se acumulează molecule de ARNm, care păstrează informația despre structura anumitei proteine, care determină schimbarea culorii. Împreună cu citoplasma ovulelor aceste ARNm sunt transmise urmașilor și determină culoarea ca la părinți, cu toate că singuri urmașii s-au dezvoltat la temperaturi mai scăzute. Peste câteva generații

concentrația acestor molecule de ARNm se reduce și, în cele din urmă, devine insuficientă pentru manifestarea unei culori închise.

Acest exemplu reprezintă așa-numitele **modificări de lungă durată**, în cazul cărora în genom lipsesc schimbări, iar durata modificării este explicată prin moștenirea epigenetică: adică urmașilor sunt transmiși unii factori, care schimbă în mod stabil funcționarea anumitor gene. Conform datelor actuale, astfel de factori pot fi ARN de reglare, ce se află sau în ovul, sau în capul spermatozoidului.

**Moștenire epigenetică se numește moștenirea schimbărilor în fenotip sau a expresiei genelor, mecanismul cărora nu este legat de schimbări în secvența nucleotidelor moleculelor de ADN.** Astfel de modificări pot fi moștenite de celulele următoarelor generații, sau chiar de generațiile următoare de descendenți. Moștenirea epigenetică este legată cu fenomenul de reglare a activității genelor.

Știți deja, că modificările au un caracter adaptiv și, prin urmare, sunt foarte importante pentru supraviețuirea organismelor, în special în condiții de schimbări periodice sau neperiodice ale mediului de viață. Să examinăm un exemplu. La altitudini mari presiunea atmosferică a aerului este semnificativ redusă, de aceea deja la o înălțime de 2000–3000 m deasupra nivelului mării omul începe să simtă lipsa oxigenului, iar la o înălțime de peste 4000 m oxigen nu ajunge chiar și în stare de repaus.

Dacă omul se află puțin timp la altitudini mari (câteva ore), la el se observă reacții adaptive de scurtă durată, iar dacă un termen mai lung (de la câteva zile până la câteva luni) – încep să acționeze procesele, care asigură adaptarea de lungă durată (așa-numita aclimatizare fiziologică).

**Schimbările modificative la influența unor factori identici sunt similare pentru toate organismele genotip omogene.** De exemplu, la toți oamenii în condiții montane se vor manifesta aceleași schimbări. La ei va crește frecvența mișcărilor respiratorii, ca urmare crește și volumul de aer inspirat într-o unitate de timp. În caz de afare îndelungată în condiții montane la oameni și animale se observă și modificări morfologice: la ei crește volumul cutiei toracice și plămânilor, în mușchi crește densitatea rețelei de capilare etc.

**Gradul de manifestare a modificărilor depinde direct de intensitatea și durata unui anumit factor ecologic asupra organismului.** De exemplu, cu cât mai sus se ridică omul în munți, cu atât mai mult crește numărul de eritrocite și concentrația hemoglobinei în sângele lui (la început acești indici scad din cauza distrugerii rapide a eritrocitelor). Acest lucru face posibil faptul ca sângele într-o unitate de timp să fixeze și să transporte mai mult oxigen. Dar, bineînțeles, toate aceste schimbări pot să apară numai în limitele normei de reacție.

Însă, nu toate modificările au caracter adaptiv. De exemplu, în cazul umbririi părții inferioare a tulpinilor de cartof, pe ea vor începe să se formeze tuberculi aeriени deasupra solului. Modificările lipsite de vreun caracter adaptiv apar atunci, când organismele nimeresc în condiții neobișnuite, cu care strămoșii lor nu se întâlneau permanent.

Variabilitatea modificativă este studiată, folosind metodele statisticii matematice. Anul trecut voi le-ați folosit pentru a construi seria variațională și curba variațională.

**Caracteristica comparativă a proprietăților mutațiilor și modificărilor.** Pentru a consolida materialul despre variabilitatea mutațională și modificativă să comparăm proprietățile lor. Pentru aceasta analizați tabelul 33.1.

Tabelul 33.1

Caracteristicile comparative ale variabilității modificative și mutaționale		
Caracterul	Variabilitatea modificativă	Variabilitatea mutațională
<b>Influența asupra materialului ereditar</b>	Genomul nu se schimbă	Au loc modificările structurii genelor (mutații punctiforme), structurii cromozomilor (mutații cromozomiale), numărului de cromozomi în cariotip (mutații genomice)
<b>Determinanța</b>	Influența anumitor factori determină schimbările corespunzătoare ale fenotipului	Modificările nu sunt determinate: aceiași factori mutageni pot duce la diferite mutații la organisme genetic omogene
<b>Caracterul adaptiv</b>	De obicei are un caracter adaptiv, asigurând adaptarea la schimbările condițiilor de existență	De obicei nu are caracter adaptiv, deseori reduc viabilitatea organismelor sau chiar provoacă moartea lor
<b>Particularitățile variabilității</b>	Se manifestă în masă: acțiunea unui anumit factor cauzează modificările corespunzătoare la toate organismele genetic omogene	Este individuală: la acțiunea factorului mutagen la unii indivizi a speciei apar schimbări mutaționale
<b>Moștenirea</b>	Modificările nu se moștenesc	Se moștenesc în primul rând mutațiile, care apar în celulele sexuale
<b>Stabilitatea</b>	Poate să dispară pe parcursul vieții individului cu condiția încetării acțiunii factorului, care-l provoacă; uneori rămâne pe toată viața individului, foarte rar se transmite urmașilor	Este ireversibilă: se păstrează pe parcursul întregii vieți a individului
<b>Dependența de intensitatea și durata factorului</b>	Gradul modificărilor în limitele normei de reacție depinde de intensitatea și durata acțiunii factorului	Gradul schimbărilor mutaționale nu depinde de intensitatea și durata acțiunii factorului: factorul mutagen mai slab poate uneori provoca schimbări mai semnificative decât cel puternic

### Termeni și nuanțe-cheie

variabilitatea modificativă, norma de reacție, expresivitatea și penetranța caracterelor, modificările de lungă durată.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. De ce variabilitatea modificativă este considerată neereditară? 2. Ce proprietăți sunt caracteristice pentru variabilitatea modificativă? 3. De ce majoritatea modificărilor au un rol adaptiv? 4. Ce determină norma de reacție a organismelor? 5. Ce sunt fenocopiile? 6. Care este rolul genotipului și al condițiilor mediului pentru formarea fenotipului indivizilor? 7. Care modificății se numesc de lungă durată? 8. Care este rolul biologic al variabilității modificative?

#### Chibzuți



De ce anume modificățiile, care au apărut la etapele inițiale de dezvoltare a individului se păstrează pe parcursul întregii vieți?

### §34. PARTICULARITĂȚILE OMULUI CA OBIECT DE CERCETARE GENETICĂ. METODELE DE CERCETARE UTILIZATE ÎN GENETICA UMANĂ

*Amintiți-vă* care sunt obiectele clasice de cercetare și principalele metode de cercetare în genetică. Ce sunt genele, genomul, genotipul, fenotipul? Ce sunt hărțile genetice ale cromozomilor? Ce sunt factorii mutageni?

**Genetica omului** studiază legitățile eredității și variabilității omului. Trebuie de menționat, că toate legitățile de bază ale eredității, stabilite pentru animale și plante, sunt corecte și pentru om. Însă, în genetica umană savanții au de a face cu particularitățile propriei specii, ceea ce face această disciplină una dintre cele mai interesante și cele mai importante părți ale geneticii.

Importanța geneticii umane se datorează și faptului că ea de la început se dezvoltă nu numai ca o disciplină fundamentală, ci și ca disciplină medicală. Anume studiul bolilor ereditare a devenit principala bază pentru studierea modelelor de moștenire la om. În prezent sunt descrise peste 8000 de diferite sindromuri genetice, precum și este dovedit rolul genotipului în manifestarea bolilor (oncologice, cardiovasculare, psihice etc.). Pe de altă parte, necesitățile geneticii umane (în special, geneticii medicale) stimulează dezvoltarea unor domenii moderne ale geneticii generale, biologiei moleculare etc.

Ca urmare a interacțiunii geneticii omului și medicinei a apărut **genetica medicală**. Principalele sarcini ale ei sunt descoperirea, studiul, prevenirea și tratamentul bolilor ereditare, elaborarea metodicii de profilaxie a influenței negative a factorilor externi asupra materialului ereditar al omului.

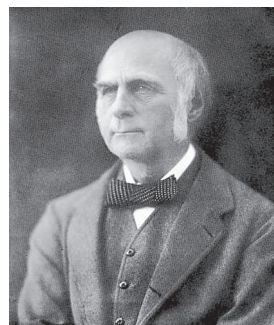
**Particularitățile omului ca obiect genetic.** Omul este cel mai interesant obiect genetic, dar în același timp poate fi considerat cel mai complicat obiect al geneticii experimentale. În timpul cercetărilor în domeniul geneticii umane dificultățile apar atât din punct de vedere metodologic, cât și din punct de vedere etic. Care anume?

1. Imposibilitatea încrucișărilor experimentale. Bineînțeles că este imposibil ca, conform unei scheme pregătite dinainte, să se aleagă părinții cu genotipurile necesare pentru încrucișarea și analiza descendenților acestora. Oamenii se căsătoresc liber indiferent de genotipul partenerului și fără nici un scop „de cercetare”. Astfel, studiind moștenirea caracterelor la om, nu poate fi utilizată principala metodă de analiză genetică – hibridologică (*amintiți-vă*, anume această metodă a aplicat în cercetările sale G. Mendel, care a formulat legitățile de bază ale eredității).

În istoria omenirii s-au făcut încercări de „selecție”, care se reflectă în multe mituri și texte religioase. Drept bază „științifică” pentru aceste idei au devenit la sfârșitul secolului al XIX-lea cercetările celebrului savant britanic F. Galton (fig. 34.1), care a inventat termenul „eugenism” și a definit eugenismul ca o știință, care are scopul de a îmbunătăți proprietățile omului prin metode biologice.

Ideea principală a eugenismului a fost limitarea sau interzicerea căsătoriilor nedorite și favorizarea celor dorite. În special, unii adepți ai eugenismului propuneau să se interzică reproducerea persoanelor, care au caractere nedorite (până la sterilizarea sau nimicirea lor fizică). În schimb, ei propuneau să se acorde oferte pentru reproducerea celor, care au caractere „utile”. Aceasta încalcă dreptul fundamental al omului – alegerea liberă a partenerului pentru căsătorie.

Fig. 34.1. **Francis Galton** (1822–1911), vărul lui Charles Darwin, a contribuit la dezvoltarea diverselor științe: geneticii, antropologiei, psihologiei, geografiei, statisticii. Cercetările lui se caracterizau prin utilizarea largă a metodelor matematice. În lucrarea sa „Studiul aptitudinilor omului și dezvoltarea lor”, a descris pentru prima dată elementele de bază ale testelor psihologice. A studiat problema eredității umane, primul a aplicat metoda gemenilor: a studiat influența condițiilor mediului asupra formării fenotipului la gemenii monoziгоți. A argumentat științific utilizarea amprentelor degetelor pentru identificarea persoanei în criminologie (metoda dermatoglică)



2. Pubertatea târzie și o durată lungă a generațiilor. Pentru schimbarea unei generații umane trebuie 20–30 de ani, ceea ce complică analiza genetică a moștenirii caracterelor.

3. Un număr mic de descendenți. Analiza statistică a segregării caracterelor necesită un număr destul de mare de urmași obținuți de la o pereche de părinți. Dar la om rar se naște mai mult de un copil. Deci, este aproape imposibil să se facă analiza segregării caracterelor pe exemplul unei familii.

4. Lipsa liniilor pure și imposibilitatea obținerii lor (*amintiți-vă*, ce este linia pură). La analiza moștenirii nu este întotdeauna posibil să se determine cu exactitate genotipul părinților și doar poate să se facă o apreciere mai mult sau mai puțin probabilă.

5. Numărul mare de cromozomi (grupurile de înlănțuire). Amintiți-vă: setul de cromozomi al omului este format din 23 perechi de cromozomi și din 24 grupuri de înlănțuire: 22 autozomi (cromozomi nesexuali) și doi cromozomi sexuali (heterocromozomi): X și Y. Un număr mare de cromozomi complică cartografierea genetică și citologică, în special prin metodele geneticii clasice.

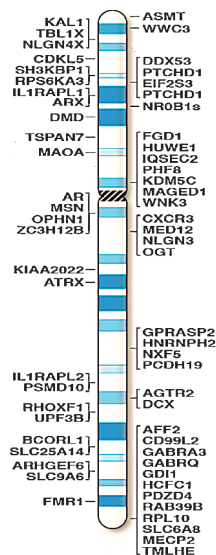
## Memorizăm

**Cartografierea cromozomilor** reprezintă determinarea localizării genelor în cadrul unui anumit cromozom. **Harta genetică** este o imagine convențională a cromozomului, pe care este indicată ordinea plasării genelor și distanța între ele (fig. 34.2).

6. Incapacitatea de a crea condiții standard de viață pentru diferite grupuri de indivizi complică foarte mult studiul multor trăsături ereditare ale omului, în special celor, care sunt moștenite ca multifactoriale. De exemplu, principalele cauze ale unor astfel de boli ca hipertensiunea, cardiopatia ischemică, ulcerul intestinal etc. sunt influențele negative ale factorilor mediului, dar dezvoltarea lor depinde de predispoziția genetică. De aceea, aceste boli se numesc multifactoriale sau boli cu *predispoziție genetică*.

Pe lângă problemele enumerate, omul ca obiect genetic are și o serie de beneficii importante.

Fig. 34.2. Harta genetică a cromozomilor X al omului. Pe ea este indicată poziția genelor respective





1. Este acumulat un masiv enorm de date privind anatomia, fiziologia și biochimia normală și patologică a omului.

2. Este posibilă comunicarea cu subiectul cercetării, ce ușurează obținerea informației despre rudele lui și ajută la cercetarea caracterelor legate de senzații, emoții și intelect.

3. Aproape complet este descifrat genomul uman.

**Metodele utilizate în genetica omului**, nu se deosebesc fundamental de cele aplicate pentru alte obiecte (genealogică, citogenetică, metoda gemenilor, metodele geneticii celulelor somatice, molecular-biologice, populațional-statistice, de modelare etc.). Deosebirea se referă doar la specificul omului ca obiect genetic și la normele etice primite în societate.

Metoda clasică de bază a geneticii omului este **genealogia** sau metoda alcătuirii și analizei genealogiei. Astfel, în loc de a efectua încrucișări dintr-un număr mare de perechi de căsătorie pot fi alese cele, care sunt interesante pentru cercetători, și pe baza analizei genealogiei de făcut concluzii despre natura moștenirii caracterului. Pentru a rezolva problema unui număr mic de urmași sunt selectate familii cu mulți copii sau un număr necesar de familii cu puțini copii, în care și este urmărit caracterul. Există, de exemplu, genealogii ale dinastiilor de guvernământ, unde manifestarea unor caractere poate fi urmărită pe parcursul multor generații. În astfel de genealogii numărul descendenților este suficient atât pentru analiza moștenirii caracterelor, cât și pentru realizarea cartografiei genetice.


Pentru a efectua analizele genetice este utilizată **metoda hibridizării celulelor somatice**. Ea constă în obținerea și analiza hibridilor formați în urma fuziunii celulelor obținute de la doi indivizi diferiți sau celulelor somatice umane cu celule somatice ale altor mamifere (îndeosebi a rozătoarelor). Pe baza datelor obținute pot fi făcute concluzii despre natura interacțiunii genelor nealele (amintiți-vă tipurile de interacțiune a genelor nealele) și de efectuat cartografierea genetică.

Pentru determinarea nemijlocită a poziției anumitor gene în cromozomi în mod activ se utilizează metodele **citogeneticii moleculare**. Dar, având în vedere numărul mare de gene la om (peste 25 mii), problema de cartografiere a cromozomilor omului este încă foarte departe de rezolvare, cu toate că genomul uman este complet decodat.

Imposibilitatea de a crea condiții universale de trai poate fi depășită prin selecția dintr-o mare varietate de populații umane a grupurilor asemănătoare după trăsăturile ereditare și/sau după influența mediului.

Universalitatea legilor genetice face posibilă utilizarea pe scară largă în genetica umană a obiectelor genetice model. Astfel, pe baza analizei moștenirii caracterelor la mamiferele de laborator se pot face concluzii anterioare despre posibilitatea moștenirii unor astfel de caractere la om. Obiectele genetice model sunt, de asemenea, utilizate în mod activ pentru verificarea proprietăților mutagene ale diferitor factori ai mediului.

În ultimul timp în genetica umană se folosesc în mod activ metodele bioinformatică și de modelare la calculator. Ele permit analiza și compararea secvențelor de ADN pentru necesitățile geneticii medicale și evolutive; prevederea structurii și funcțiilor proteinelor după secvențele genelor, care codifică aceste proteine; precizarea urmărilor schimbărilor mutaționale ale genomului și modelarea proceselor biologice complexe cu ajutorul sistemelor de calcul puternice.

 **Bioinformatica reprezintă o totalitate de metode matematice, statistice și informatice, care sunt aplicate pe scară largă în diverse domenii ale biologiei: biologia moleculară, genetica, biochimia etc.** În special, aceasta reprezintă utilizarea metodelor de analiză la calculator pentru studierea organizării genomurilor diferitor specii de organisme, elaborării modelelor structurii spațiale a biopolimerilor etc.

### Termeni și nuanțe-cheie

genetica umană, genetica medicală, bioinformatica.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Ce este caracteristic pentru om ca obiect de cercetări genetice? 2. Care metode sunt utilizate pentru studiul eredității omului? 3. Ce este comun și prin ce diferă sarcinile geneticii omului și geneticii medicale? 4. Cu ce scop este efectuată cartografierea cromozomilor? 5. Ce este bioinformatica? Care sunt sarcinile ei?

#### Chibzuți



Care metode și de ce nu pot fi utilizate pentru studiul eredității omului?

## §35. ORGANIZAREA GENOMULUI UMAN

**Amintiți-vă** ce este genomul. Care sunt particularitățile organizării genomurilor la eucariote, structura cromozomilor, hărțile genetice ale cromozomilor? Ce sunt autozomii și heterocromozomii? Ce reprezintă metoda de secvențiere a genomului? Care sunt sarcinile bioinformaticii? Care gene se numesc structurale? Ce este locusul? Care este structura și funcția mitocondriilor? Care mutații se numesc „deleții”, „duplicații” și „inversii”?


**Genomul uman.** Formal, genomul uman poate fi definit ca un set de secvențe ale moleculelor de ADN din 22 autozomi și doi cromozomi sexuali (heterocromozomi: X și Y). Genomul uman a fost descifrat în cadrul unuia dintre cele mai ambițioase proiecte ale secolului XX – proiectul „Genomul uman”.

Interesant să știți



Proiectul „Genomul uman” a fost lansat în 1991 și finalizat în 2003. Scopul proiectului este de a alcătui hărți genetice destul de precise, de a obține o secvență a 3,2 miliarde de perechi de baze ale ADN-ului, de a identifica secvențele de gene, de a determina variațiile genomice. Ca rezultat al proiectului au fost alcătuite hărțile genetice, obținute 99,9 % de secvențe ale porțiunilor eucromatinei ale genomului cu o precizie de 99,99 %, 15000 de secvențe sens complete ale genelor structurale și identificate aproximativ 3 milioane de nucleotide, care variază în genomul uman.

Procesul de descifrare a genomului uman a avut loc în mai multe etape. În primul rând au fost obținute fragmentele lui. Apoi au fost clonate fragmente de molecule de ADN uman și creată o bibliotecă genomică.

 **Biblioteca genomică reprezintă un set de molecule de ADN caracteristice genomului unui anumit organism.** Pentru a crea o bibliotecă genomică, moleculele de ADN sunt eliminate din celule și tăiate cu ajutorul enzimelor în fragmente de o anumită mărime. Fragmentele rezultate sunt încorporate în vectori (de exemplu, anumite specii de viruși). Apoi aceste fragmente sunt transferate în celule, unde sunt păstrate (de obicei, acestea sunt celulele bacilului intestinal sau drojdiilor).

Prin metoda de secvențiere au fost determinate secvențele de nucleotide ale fragmentelor genomului uman. Apoi s-a efectuat o analiză computerizată a acestor secvențe de ADN, comparându-le și unind secvențele cromozomilor concreți.

În cele din urmă s-a efectuat o căutare computerizată a secvențelor funcționale ale genomului uman.

Conform datelor obținute din acest proiect, numărul de gene structurale în genomul uman nu depășește 25 000 (ceea ce este mult mai puțin, decât era de așteptat până la descifrarea genomului uman). Trebuie remarcat faptul, că nici în prezent identificarea tuturor genelor moleculelor de ARN nu este terminată. Ultimele versiuni ale catalogului de gene structurale umane cuprind aproximativ 22 000 de gene structurale și 6000 de gene ale ARN-ului (ultima valoare este, probabil, prea mică). Lungimea totală a porțiunilor codificatoare ale genelor structurale este aproximativ de 34 milioane de perechi de baze, adică constituie doar 1,2 % din genom. Mai mult de 45 % din genomul uman este alcătuit din elemente genetice mobile.

În baza de date pe Internet OMIM (Ereditatea mendeliană la om on-line *Online Mendelian Inheritance in Man*; <https://www.omim.org/>), care conține descrierea tuturor genelor umane cunoscute, doar aproximativ pentru 4000 de gene este determinată legătura dintre genom și fenotip.

Interesant să știi



După finalizarea proiectului „Genomul uman” în 2003 a fost început proiectul ENCODE (*The Encyclopedia of DNA Elements*) – enciclopedia elementelor de ADN (fig. 35.1), al cărui scop este de a efectua o analiză funcțională completă a elementelor genomului uman. Un rezultat interesant al realizării acestui proiect (el încă nu este finalizat) este faptul, că peste 80 % ale genomului îndeplinesc funcția de reglare.

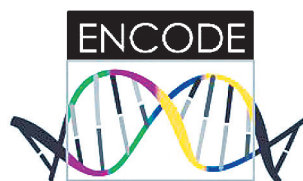


Fig. 35.1. Emblema proiectului ENCODE

În figura 35.2 sunt prezentate cariotipurile ambelor sexe ale omului. Cromozomii omului după mărime și particularitățile structurale sunt împărțiți în 7 grupe, care sunt notate cu literele alfabetului latin de la **A** până la **G**. Pentru identificarea mai exactă a cromozomilor, a porțiunilor lor specifice și pentru descrierea anomaliilor cromozomiale sunt aplicate metode speciale de colorare diferențiată a cromozomilor, care se bazează pe utilizarea anumitor coloranți și tratarea premergătoare a preparatelor.

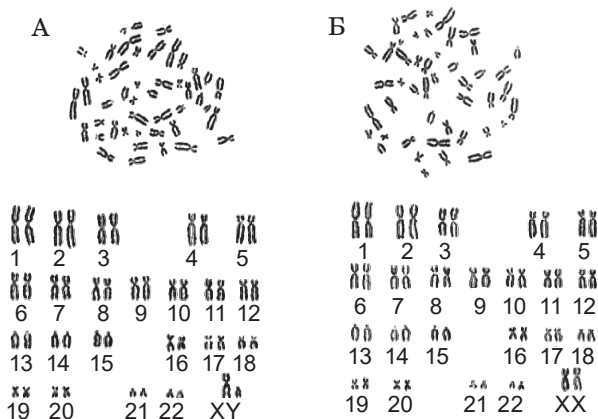


Fig. 35.2. Plăcile metafazice și repartizarea cromozomilor (cariotiparea) bărbatului (A) și femeii (B). Cromozomii omului după morfologia lor sunt împărțiți în 7 grupe: A (perechile 1–3), B (perechile 4, 5), C (perechile 6–12 și cromozomul X), D (perechile 13–15), E (perechile 16–18), F (perechile 19, 20), G (perechile 21, 22 și cromozomul Y)

**Variațiile genomului uman.** Unul dintre rezultatele neașteptate ale analizei genomului uman a fost descoperirea unui grad înalt de asemănare a secvențelor de ADN la diferiți indivizi. Adică, oricare doi oameni sunt identici cu 99,5 % după secvențele de nucleotide. Deci, întreaga varietate de fenotipuri diferite la om

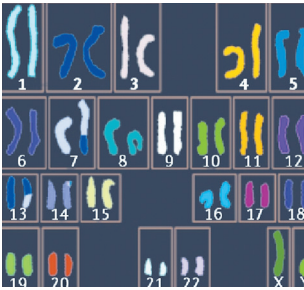


Fig. 35.3. Translocarea între cromozomii 7 și 13, care nu este asociată cu modificări patologice în fenotip

(chiar și a reprezentanților de diferite rase) se datorează variațiilor de numai 0,5 % din genom. Toate diferențele cardinale sunt exclusiv culturale și politice, precum și sunt cauzate de particularitățile climei, în care s-a format anumita rasă.

Primele versiuni ale genomului uman, care au fost descrise cu mult înainte de apariția metodelor de secvențiere a ADN-ului, erau caracterizate prin diferențe în numărul și structura cromozomilor. Aneuploidiile (modificările numărului unor cromozomi) și restructurările cromozomiale, pe care le-am menționat anterior, deseori sunt asociate cu diferite boli ereditare. În schimb, variațiile dimensiunilor sau morfologiei cromozomilor omologi pot să nu fie legate cu modificări patologice ale fenotipului. De aceea, ele adesea se întâlnesc în populațiile umane. Restructurările genomice mari peste 2 mln. de perechi de baze ale ADN-ului pot fi observate pe preparate la microscopul optic (fig. 35.3).

În urma analizei secvențelor nucleotidice la om au fost găsite numeroase variante „cu modificări mici” ale genomului, dimensiunea cărora nu depășește 1000 de perechi de baze. Aproximativ 80 % din aceste variante de ADN sunt prezentate sub formă de substituții uninucleotidice. Conform calculărilor aproximative, în populația umană o substituție de nucleotide apare la fiecare 300 perechi de nucleotide. În general în diferite populații umane au fost identificate 84 700 000 de substituții uninucleotidice. Se consideră, că anume variațiile „cu modificări mici” ale genomului cauzează diversitatea variațiilor fenotipice, precum și pot fi responsabile pentru predispunerea omului la anumite boli în cazul acțiunii anumitor factori nefavorabili ai mediului.

Variațiile „cu modificări mici” ale genomului sunt folosite în genetica medicală pentru identificarea purtătorilor genelor alele mutante recesive (aceasta noi vom discuta mai târziu); în genetica populației omului – pentru determinarea relațiilor între diferite populații de oameni; în expertiza medico-judiciară – pentru identificarea persoanei sau stabilirea paternității.

Interesant să știți



Pentru identificarea persoanei și stabilirea paternității este pe larg folosit polimorfismul repetițiilor cu număr variabil de nucleotide cu lungimea până la 9 perechi de baze. Diversitatea lor este atât de mare, încât fiecare om (cu excepția gemenilor monoziگوٹی) are un set individual de variante ale acestor secvențe. Prin aceste seturi un om poate fi deosebit de altul la fel de ușor, ca și după amprentele degetelor. Deoarece copilul primește jumătate din cromozomi de la tată și jumătate de la mamă, atunci în setul lui individual de repetiții o parte de variante va fi paternă, iar alta – maternă.

Informația despre genomul uman și, în special, despre variantele individuale de structură ale lui au lărgit înțelegerea noastră despre legătura genomului cu fenotipul. Dezvoltarea rapidă a metodelor de secvențiere a ADN-ului ne dă un motiv să spunem că introducerea „pașapoartelor genetice” (stabilirea secvențelor complete ale genomului fiecărui om) este o perspectivă a viitorului destul de apropiat.

### Termeni și nuanțe-cheie

genomul uman.

## Verificați-vă cunoștințele



1. Ce este caracteristic pentru genomul uman?  
2. Care este rolul elementelor genetice mobile în ridicarea diversității genomului?  
3. Cum poate fi explicat faptul, că genomul reprezentanților diferitor rase de oameni diferă cu cel mult 0,5 %?  
4. Care sunt particularitățile cariotipului uman?

## Chibzuți



De ce genomul uman este mai greu de a fi cercetat decât genomul altor organisme?

### §36. TIPURI DE MOȘTENIRE LA OM

**Amintiți-vă** legile eredității ale lui Mendel. Ce este homozigotul și heterozigotul, starea dominantă și recesivă a caracterului, ereditatea înlănțuită, caracterele înlănțuite cu sexul, ereditatea extracromozomială (citoplasmatică)? Ce este cartografierea genelor și metoda genealogică? Ce este penetranța și expresivitatea caracterelor?

Analiza genetică a oricărui caracter în primul rând trebuie să înceapă cu răspunsul la întrebarea: se moștenește oare caracterul, care ne interesează, sau nu. Dacă caracterul se moștenește, atunci următoarea întrebare este despre tipul moștenirii lui. Apoi despre cartografierea genei (genelor), care codifică acest caracter. Și numai după determinarea poziției genelor în cromozomi pot fi folosite metode moleculare de analiză a secvențelor corespunzătoare de ADN.

Aproape unica metodă, care permite determinarea faptului de moștenire a caracterului și tipul moștenirii lui la om, a fost și rămâne cea **genealogică**. La alcătuirea genealogiilor se fac inscripții detaliate despre toți membrii familiei și despre gradul de rudenie între ei. Apoi informația despre familie este demonstrată grafic: cu ajutorul simbolurilor speciale este alcătuit arborele genealogic (fig. 36.1)

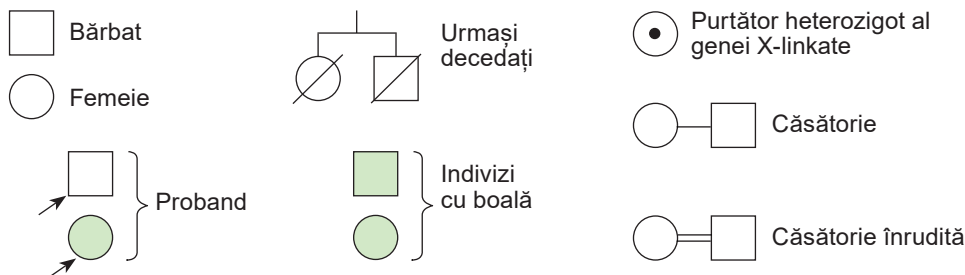


Fig. 36.1. Exemple de semne convenționale, care sunt folosite la alcătuirea genealogiei



### Omul, a cărui genealogie este alcătuită, se numește **proband**.

Metoda genealogică poate fi folosită chiar și fără toată informația necesară atunci, când este destulă informație despre rudele directe ale probandului pe linia maternă și paternă într-o serie de generații și este un număr suficient de urmași în fiecare generație. În cazul lipsei informației necesare, datele sunt adunate dintr-un număr suficient de diferite familii, în care se manifestă caracterul cercetat. După genealogiile obținute se face concluzia despre posibilitatea moștenirii caracterelor și despre tipul de moștenire (gena este dominantă sau recesivă, autozomală (gena corespunzătoare este localizată în cromozomul nesexual) sau înlănțuită cu sexul (gena corespunzătoare este situată în cromozomii sexuali) etc.).

O astfel de analiză nu este complicată, știind legitățile elementare de moștenire. Dacă caracterul se manifestă cu aceeași frecvență la bărbați și femei, acesta este un indice al faptului că gena, care determină caracterul, este situată în auto-

zom. Abaterea de la acest fapt dă posibilitate să se presupună influența sexului asupra moștenirii trăsăturii (*amintiți-vă*, cum sexul poate influența asupra particularităților moștenirii caracterelor).

Să examinăm trăsăturile de bază ale genealogiilor, după care pot fi stabilite principalele tipuri de moștenire a caracterelor.

**Tipul autozomal dominant de moștenire.** Pentru genealogiile, unde se manifestă tipul autozomal dominant de moștenire (fig. 36.2, A), este caracteristică așa-numita *moștenire verticală* – o anumită stare a caracterului se observă în fiecare generație („semn de dominanță”). Această stare a caracterului trebuie să se manifeste cu aceeași frecvență atât la bărbați, cât și la femei („semn al autozomului”). Dacă părinții au o stare dominantă a caracterului, la ei pot să se nască copii cu o stare recesivă a caracterului (când ambii părinți sunt heterozigoți). Dar la părinții cu starea recesivă a caracterului, copii cu stare dominantă a caracterului teoretic nu pot să se nască (aceasta este posibil numai în cazul unei mutații generative). Dacă numai tatăl sau mama este purtător al anumitei stări a caracterului analizat, atunci printre descendenții lor vor fi purtători atât ai stării dominante a caracterului, cât și ai celei recesive.

**Tipul autozomal recesiv de moștenire.** În cazul acestui tip de moștenire în genealogie (fig. 36.2, B) în una sau mai multe generații nu se observă manifestarea unei stări a caracterului. Dacă această stare a caracterului se manifestă în fenotip, atunci el este adesea reprezentat la majoritatea rudelor sau verișorilor. Aceasta este așa-numita *moștenire orizontală*. Un alt „semn”, după care poate fi presupus tipul autozomal recesiv de moștenire, este cazul, când la părinții sănătoși se naște un copilul cu boală, și părinții sunt rude (așa-numitele căsătorii consangvine).

**Sarcină:** folosind diferite surse de informație, dați exemple de unele stări dominante și recesive ale caracterelor omului.

Dacă caracterul este înlănțuit cu sexul, atunci analiza genealogiei, de asemenea, nu este complicată.

**Caractere înlănțuite cu sexul (*sex-linkate*) sunt numite acele, ale căror gene sunt situate în cromozomii sexuali (heterocromozomi).**

Anume aceasta determină particularitățile moștenirii lor. După majoritatea genelor localizate în cromozomii X și Y, bărbații sunt *hemizigoți* (gena corespunzătoare

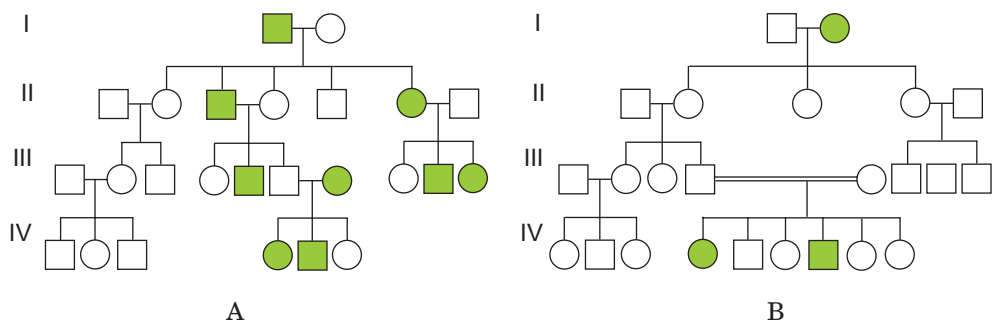


Fig. 36.2. Exemple de genealogii cu tipul de moștenire autozomal dominant (A) și autozomal recesiv (B). *Sarcină:* analizați diferențele dintre ele

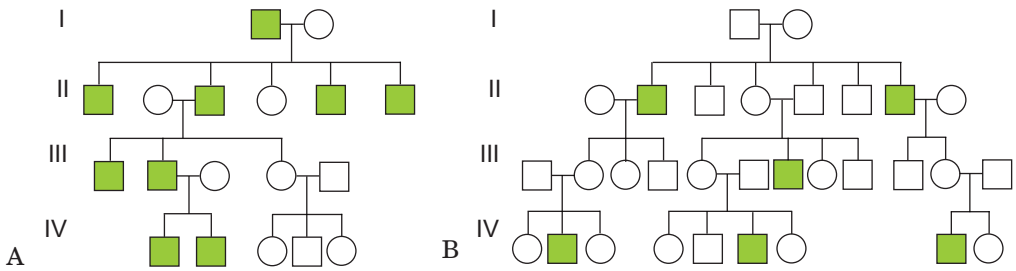


Fig. 36.3. Exemple de genealogii cu tip de moștenire recesiv Y-linkat (A) și X-linkat (B)

toare este prezentată numai de o singură alelă). Însă, în cromozomii sexuali ai omului sunt porțiuni omoloage (*chibzuiți*, care este sensul în prezența porțiunilor omoloage în cromozomii sexuali). Caracterele, determinate de genele localizate în aceste porțiuni, formal sunt înlănțuite cu sexul, dar se moștenesc într-un mod analog cu cele, care se conțin în autozomi. De aceea, ele se numesc *pseudoautozomale*.

**Moștenirea caracterelor înlănțuite cu cromozomul Y** este cel mai ușor tip pentru analiză: caracterul se manifestă exclusiv numai la bărbați și se transmite de la tată la fiu cu probabilitatea de 100 % (fig. 36.3, A).

Interesant să știți



Spre deosebire de cromozomul X, cromozomul Y conține puține gene (conform ultimilor date – 40). O parte dintre aceste gene sunt omoloage genelor, situate pe cromozomul X, iar celelalte controlează determinarea sexului și controlul proceselor de spermatogeneză. Mutațiile în aceste gene provoacă infertilitatea, de aceea nu se moștenesc. Mutațiile anumitor gene, localizate în cromozomul Y, se manifestă, de exemplu, ca hipertricoza pavilionului urechii (fig. 36.4).

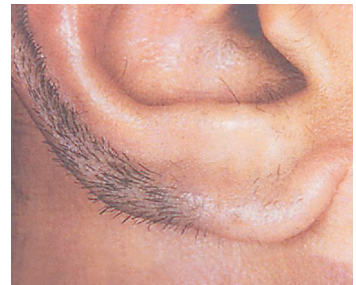


Fig. 36.4. Caracterul, care este Y-linkat: hipertricoza pavilionului urechii

În cazul **moștenirii X-linkate recesivă** în genealogii anumite stări ale caracterului se manifestă aproape exclusiv la bărbați (fig. 36.3, B). Această stare a caracterului nu se va transmite de la tată la fiu, ci numai la nepot (sau strănepot) prin fiica sa (*chibzuiți*, de ce la tipul de moștenire X-linkat recesiv femeii cu boli, care sunt moștenite după acest tip, se întâlnesc foarte puține).

**Tipul de moștenire X-linkat dominant** în analiza genealogiilor poate fi încurcat cu tipul autozomal dominant. Trăsătura principală, care indică înlănțuirea cu cromozomul X, este lipsa transmiterii caracterului de la tată la fiu și o frecvență diferită a manifestării la bărbați și femei: la femei caracterul se întâlnește mai des. La dominanța caracterului X-linkat va indica faptul, că de la tatăl – purtător al acestui caracter – toate fiicele vor avea această stare a caracterului.

**Moștenirea caracterelor mitocondriale.** În timpul moștenirii genelor mitocondriale se observă efectul matern: bărbații și femeile pot avea starea respectivă a caracterului, dar numai femeile pot s-o transmite copiilor lor. La om, ca semne mitocondriale, se moștenește, de exemplu, atrofia optică Leber (pierderea

vederii în partea centrală a câmpului de vedere) și oncocitomul (tumoră benignă a rinichilor).

### Termeni și nuanțe-cheie

tip de moștenire autozomal dominant și autozomal recesiv, moștenirea caracterelor înlănțuite cu sexul.

1. Ce metode sunt folosite pentru analiza genomului uman? 2. Pe ce se bazează metoda genetică de cercetare a eredității omului? 3. În ce constă caracterul autozomal dominant al moștenirii? 4. Prin ce diferă tipul autozomal recesiv de autozomal dominant? 5. Care caractere se numesc sex-linkate? 6. Prin ce diferă moștenirea caracterelor înlănțuite cu cromozomii X și Y? 7. În ce constă moștenirea caracterelor mitocondriale?

#### Verificați-vă cunoștințele



moștenire de cel autozomal dominant?

#### Chibzuți



Prin ce diferă caracterele pseudoautozomale de cele autozomale?

## §37. MOȘTENIREA CARACTERELOR MULTIFACTORIALE ALE OMULUI

**Amintiți-vă** tipurile de interacțiune a genelor nealele. Care caractere se numesc calitative și cantitative? Ce sunt neuromediatorii? Care sunt funcțiile lor?

**Caracterele monogenice și poligenice.** În paragraful precedent noi am examinat legăturile moștenirii caracterelor omului determinate de o singură genă. Aceste caractere se numesc **monogenice**. Există, de asemenea, și **caractere poligenice**, care sunt controlate de două sau mai multe gene nealele. Astfel de gene pot ocupa diferiți loci atât într-un singur cromozom, cât și în cromozomi neomologi.

Unele gene nu funcționează separat de altele, în afară de aceasta, asupra activității lor acționează factorii mediului înconjurător. Deci, manifestarea unui număr mare de caractere ale omului (precum și a altor organisme) este determinată de interacțiunea unui anumit set de gene nealele și de influența unui complex întreg de factori ai mediului.

### Memorizăm

Caracterele, asupra manifestării cărora influențează atât genele, cât și factorii mediului, se numesc **multifactoriale**.

Caracterele multifactoriale pot fi atât cantitative, cât și calitative. **Caracterele calitative** reprezintă anumite proprietăți ale indivizilor (culoarea ochilor sau părului, prezența sau lipsa unei boli etc.). Manifestarea **caracterelor cantitative** poate fi descrisă numeric (de exemplu, statura, masa corpului, numărul degetelor).

### Tipurile de interacțiune a genelor nealele.

**Complementaritatea** este tipul de interacțiune a genelor nealele, manifestarea caracterului cărora este posibilă numai în prezența alelelor dominante ale acestor gene (cel puțin câte una din fiecare genă) în zigot. Deci, în acest caz, alela dominantă a unei gene completează acțiunea alelei dominante a altei gene nealele. Un exemplu de interacțiune complementară a genelor la om poate fi așa-numitul fenomen Bombay. El este legat cu faptul, că pentru manifestarea unor grupe sanguine (A(II), B(III) și AB(IV)), trebuie ca în genotip să fie prezentă alela dominantă a unei alte gene, care codifică o proteină de pe suprafața eritrocitelor. Iar gena alelă recesivă, care la om se întâlnește ex-



trem de rar, în starea homozigotă provoacă fenomenul, când la toți indivizii va fi grupa 0(I) de sânge.

**Epistazia este tipul interacțiunii genelor nealele, la care o genă este capabilă să inhibe acțiunea alteia.** Un exemplu de epistazie la om poate fi următoarea situație: gena cheliei timpurii inhibă manifestarea genei, care determină anumită culoare a parului pe cap.

O variantă destul de complicată de interacțiune a genelor nealele este **polimeria** (din gr. *polimereia* – multiplicitate), când mai multe gene nealele influențează într-o direcție pentru formarea unui caracter. Adesea gradul de manifestare a acestui caracter depinde de faptul, câte alele dominante ale acestor gene nealele sunt implicate în acest proces. Deci, cu cât mai multe alele dominante ale genelor nealele sunt implicate în formarea unor caractere, cu atât mai pronunțată va fi manifestarea lui.

Caractere multifactoriale calitative pot fi, de exemplu, anumite anomalii congenitale de dezvoltare (lipsa completă sau parțială a emisferelor creierului (anencefalia), hernia spinării și majoritatea bolilor răspândite (infarctul miocardic, astmul, ateroscleroza, formele neereditare de cancer etc.), dar legăturile moștenirii lor sunt aceleași, ca și la caracterele cantitative. Pentru a explica repartizarea acestor trăsături în populațiile umane a fost propus **modelul prag**: caracterul se manifestă numai la acei indivizi, la care numărul „genelor de predispoziție” depășește un anumit prag (fig. 37.1).

În practica clinică modelul prag este folosit și pentru caracterele cantitative „clasice”, combinând variantele corespunzătoare ale manifestării lor în așa-numita normă și patologie: de exemplu, distrofia, masa normală a corpului, obezitatea clinică. Valoarea pragului pentru fiecare individ depinde de diverși factori: sexul individului, modul de viață, factorii mediului. Condițiile de viață pot schimba semnificativ pragul și mări sau micșora numărul „genelor de predispoziție”, care sunt necesare pentru manifestarea caracterului și, prin urmare, pot modifica riscul dezvoltării bolii.

**Căutarea genelor caracterelor multifactoriale.** Poligenia (fenomenul, când o anumită stare a caracterului este determinată de interacțiunea genelor nealele) și dependența destul de mare a manifestării caracterelor multifactoriale de acțiunea factorilor externi face analiza lor genetică mai complicată.

O sarcină importantă a geneticii medicale este căutarea genelor candidate, care determină caracterele multifactoriale. Prima etapă a ei este stabilirea contribuției genomului și factorilor mediului în manifestarea anumitor stări ale caracterului, deoarece chiar și în cadrul unei familii uneori este greu de apreciat: asemănarea la rude a caracterelor după unele stări confirmă faptul moștenirii acestui caracter sau doar arată influența aceluiași condiții de existență.

Pentru a separa acțiunea factorilor mediului de contribuția genomului la manifestarea unui anumit caracter în genetica umană este aplicată **metoda gеме-**

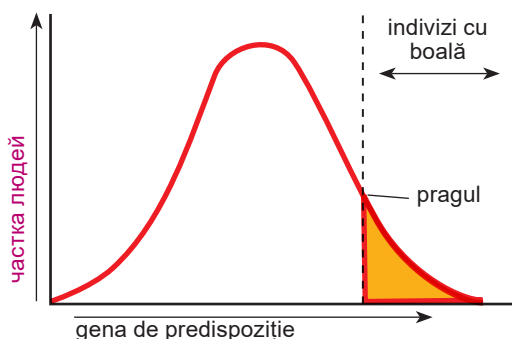


Fig. 37.1. Modelul prag, care descrie predispoziția genetică la bolile umane răspândite. Pe axa absciselor este deșus numărul de „gene de predispoziție”, pe axa ordinatei – numărul de oameni, la care aceste variante sunt prezente în genotip



Fig. 37.2. Gemeni monoziгоți

**nilor.** Ea se bazează pe compararea coincidenței manifestării stărilor anumitor caractere la gemeni. La om gemenii se nasc cu frecvența de o pereche de gemeni la aproximativ 84 de nașteri (trei gemeni – la 7000 de nașteri). O treime din ei sunt gemeni monoziгоți (fig. 37.2).

Genomurile gemenilor monoziгоți sunt identice, iar deosebiri fenotipice între ele se lămuresc numai prin influența factorilor mediului pe parcursul dezvoltării embrionare și postembrionare. La examinarea perechilor de gemeni de același sex, este important de stabilit cu exactitate dacă sunt ei monoziгоți sau dizigiгоți. Aceasta se determină sau după asemănarea manifestării caracterelor la perechea de gemeni, care au o dependență minimală de factorii mediului (grupele de sânge, culoarea ochilor, a părului), sau folosind analiza secvențelor variabile ale genomului (*chibzuiți*, cum după analiza moleculelor de ADN se poate determina, dacă gemenii

sunt monoziгоți sau dizigiгоți).

Influența factorilor ereditari asupra manifestării caracterelor este calculată, comparând procentul de perechi de gemeni monoziгоți cu o manifestare identică a caracterului cercetat la gemeni monoziгоți și dizigiгоți. Numeric contribuția genotipului în dezvoltarea unui anumit caracter este exprimată ca *coeficient de moștenire (H)*, care poate fi calculat printr-o formulă simplă:

$$H = \frac{K_M - K_D}{100 - K_D},$$

unde  $K_M$  – concordanța (în %) gemenilor monoziгоți,  $K_D$  – gemenilor dizigiгоți (*concordanța* – prezența anumitei stări a caracterului la ambii gemeni).

Desigur, dacă  $H = 1$ , atunci caracterul este complet predeterminat de genom, iar dacă  $H = 0$  – exclusiv de factorii mediului. De exemplu, coeficientul de moștenire pentru culoarea părului este egal cu 0,86, ce confirmă contribuția predominantă a factorilor genetici la formarea caracterului, dar există și o oarecare influență a mediului (0,14). Pentru masa excesivă a corpului coeficienții de moștenire sunt egali cu 0,4 (pentru vârsta de 18-20 ani) și 0,35 (pentru oamenii de peste 45 de ani), ceea ce indică o influență mai semnificativă a factorilor mediului, dar componentul genetic joacă, de asemenea, un rol important.

**Căutarea genelor de predispoziție la bolile răspândite printre cele, care cauzează boli ereditare monogenice cu simptome asemănătoare.**

Dacă o anumită boală genetică este asociată cu o mutație a genei corespunzătoare (de obicei mutație, care cardinal dereglează activitatea genei), atunci forma neereditară a acestei boli de asemenea poate fi asociată cu modificările în această genă. Astfel de schimbări ale fenotipului nu apar în condiții normale, dar pot să se manifeste la schimbările nefavorabile ale mediului înconjurător. Astfel, mutația în gena, care codifică hormonul insulina, cauzează forma ereditară a diabetului zaharat, însă unele variații în structura acestei gene sunt asociate numai cu o predispoziție ridicată la boală. În primul caz mutația duce la lipsă totală a sintezei insulinei, iar în al doilea – gena modificată funcționează în mod satisfăcător în condiții normale, dar în cazul creșterii nivelului glucozei în organism nu poate asigura cantitatea necesară de insulină.

**Căutarea genelor-candidați bazată pe informația despre reglarea proceselor fiziologice normale.** Dacă noi știm cum sunt reglate procesele corespunzătoare în organism și la ce urmări patologice poate duce încălcarea lor, atunci este logic de presupus, că anumite variații ale genelor, care codifică proteinele sau enzimele de reglare importante, pot cauza apariția caracterului multifactorial patologic (sau normal). Se știe că în cazul schizofreniei este încălcat răspunsul neuronilor la neuromediatorul dopamina. Analiza variantelor de gene ale receptorilor de dopamină au arătat, că unele dintre ele sunt în mod clar asociate cu predispoziția la această boală mintală gravă.

**Analiza înlănțuirilor întregului genom** se bazează pe faptul, că în rol de markeri simultan este folosit un număr mare de secvențe variabile ale genomului uman, care sunt localizate în toți cromozomii (cu excepția cromozomului Y). Această metodă permite identificarea locilor multiple în genomul uman, în care pot fi localizate genele-candidați, ce influențează asupra manifestării caracterului cantitativ (uneori chiar și asupra celor, a căror funcție anterior a fost necunoscută).

Deci, studiul moștenirii caracterelor multifactoriale la om este de o importanță practică, deoarece permite identificarea cauzelor bolilor ereditare și bolilor cu predispoziție ereditară, precum și elaborarea recomandărilor pentru prevenirea lor.

### Termeni și nuanțe-cheie

caractere monogenice, poligenice și multifactoriale, complementaritate, epistazie, polimerie, metoda gemenilor..

1. Care caractere se numesc monogenice și poligenice? 2. Prin ce diferă caracterele calitative și cantitative? Dați exemple de caractere calitative și cantitative ale omului. 3. Care caractere se numesc multifactoriale? 4. Caracterizați tipurile de

#### **Verificați-vă cunoștințele**



interacțiune a genelor nealele: complementaritatea, epistazia și polimeria. 5. Care este rolul practic al căutării genelor caracterelor multifactoriale? 6. Ce reprezintă metoda gemenilor? Pentru ce ea este utilizată? 7. De ce la gemenii monoziгоți procentajul de caractere, care se manifestă la ambii gemeni, este mult mai mare decât la gemenii dizigoți?

Care este diferența dintre bolile ereditare ale omului și bolile cu predispoziție ereditară la ele?

#### **Chibzuți**



## **§38. GENETICA POPULAȚIONALĂ A OMULUI**

**Amintiți-vă** ce este populația, specia, arealul speciei, genomul, mutațiile. Ce reprezintă repetițiile microsatelitice?

**Genetica populațiilor.** Omul este una dintre cele mai răspândite și cele mai numeroase specii pe Pământ. Putem spune că arealul speciei noastre este aproape întreaga suprafață a planetei. Ca și orice specie, totalitatea indivizilor speciei noastre poate fi împărțită în **populații** – grupuri locale de indivizi parțial separate. Populațiile, ca și organisme separate, au deosebiri individuale clare și sunt sisteme dinamice. Fiecare populație poate fi descrisă de diferiți parametri: arealul, numărul populației, densitatea, structura de vârstă și sex, natalitatea, mortalitatea, sporul, caracteristici ecologice și genetice. Noi vom acorda atenție parametrilor, care caracterizează structura genetică a populației, genofondul ei.

**Structura genetică a populației** (și procesele, care duc la schimbarea ei) este studiată de un compartiment al geneticii – **genetica populației**. Totalitatea tuturor genelor și alelelor lor în populație se numește genofond. Despre oamenii, care aparțin la aceeași populație, se spune că ei au un genofond comun,

deoarece, în populație în urma încrucișărilor libere are loc un schimb liber de informație genetică.

Cercetările proceselor de moștenire și variabilitate în limitele populației au particularitățile sale. În primul rând, este necesar să se ia în considerare toate urmările genetice ale întregii totalități de încrucișări libere, care au loc în populație. În afară de aceasta, populațiile sunt mai diverse din punct de vedere genetic decât indivizii în parte (sau familia). În genomul uman, ca organism diploid, orice genă poate fi reprezentată maxim de două alele diferite. Iar în populațiile umane aceste alele pot fi mai multe, astfel încât putem întâlni diferite variante de genotipuri și, respectiv, diferite fenotipuri. Un exemplu convingător reprezintă grupele de sânge după sistemul ABO (*amintiți-vă* fenomenul alelismului multiplu și cum sunt moștenite grupele sanguine după sistemul ABO la om). Cu cât mai diferite alele ale anumitor gene sunt reprezentate în populație, cu atât mai diversificat va fi genofondul. Aceasta, în cazul modificării condițiilor de existență, permite să fie „mobilizată” întreaga rezervă a variabilității genetice (mutaționale și combinate) pentru formarea adaptărilor. Deci, genofondul divers al populației ridică potențialul ei adaptiv. *Amintiți-vă: potențialul adaptiv* este o măsură a capacităților adaptive ale unei populații sau ale unei specii la condițiile mediului.

**Determinarea eterogenității populației.** Dacă într-o populație observăm doar o singură stare a caracterului, atunci un astfel de caracter este **monomorf**. Prezența în populație a diferitelor stări ale caracterului (și, respectiv, a unei anumite gene) se numește **polimorfism** (fig. 38.1). Astfel, polimorfismul unei populații poate fi definit ca o parte de gene polimorfe (sau de caractere, pe care le determină) la toți indivizii analizați.

În genetica populației, alela este considerată polimorfă, dacă frecvența apariției ei în populație este de 1 % sau mai mult. Alelele, frecvența de apariție a cărora nu atinge criteriul polimorfismului, dar este mult mai mare decât nivelul mutațiilor spontane, sunt numite rare. Fenomenul polimorfismului demonstrează că la indivizii acestei populații o parte din gene se află în stare heterozigotă.

Cu cât este mai mare numărul de alele ale genei corespunzătoare în populație, cu atât mai mulți indivizi sunt heterozigoți. Frecvența heterozigoților după un anumit locus într-o anumită populație este al doilea indicator al diversității ei genetice – **heterozigoții**. Parametrii principali ai structurii genetice a populației (genofondului acesteia) sunt **frecvența alelelor** (concentrația lor în populație) și **frecvența anumitor genotipuri**.

**Determinarea frecvenței alelelor și genotipurilor în populație.** Frecvența alelei corespunzătoare este definită ca raport dintre numărul acestei alele într-o populație (având în vedere că fiecare homozigot diploid are câte două alele identice ale unei gene, iar heterozigoții – câte una) la numărul total de alele ale acestei gene în populație. În cazul dominanței complete (heterozigoții fenotipic nu diferă de homozigoți dominanți) calculul direct al frecvenței anumitor alele și anumitor genotipuri este imposibil. Ea poate fi calculată pe baza legii Hardy-We-

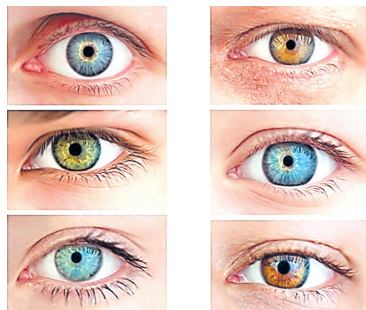
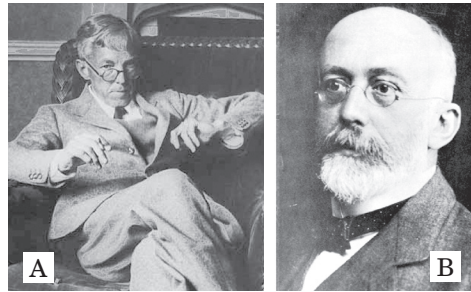


Fig. 38.1. Polimorfism după culoarea ochilor la om

Fig. 38.2. **Godfrey Harold Hardy** (1877–1947) – matematicianul britanic (A) și **Wilhelm Weinberg** (1862–1937) – medicul german (B) independent unul de altul au formulat legea repartizării alelelor și genotipurilor în populație



inberg, care în anul 1908 a fost formulată în mod independent de către G. Hardy și W. Weinberg (fig. 38.2).

### Memorizăm

**Legea Hardy-Weinberg** constă în faptul, că într-o populație destul de numeroasă, în care are loc încrucișarea liberă a indivizilor, lipsește influența oricărui factor extern, care favorizează sau nu favorizează o anumită combinație a alelelor, nu apar mutații, nu există nici un schimb de informație genetică cu alte populații (de exemplu, datorită migrației indivizilor), raportul dintre alele este stabilizat pe parcursul câtorva generații și rămâne constant timp îndelungat.

Raportul genotipurilor urmașilor părinților heterozigoți într-o populație numeroasă, unde are loc încrucișarea liberă, este prezentat în tabelul 38.1 ( $p$  – frecvența alelei dominante,  $q$  – frecvența alelei recesive).

Din acest tabel rezultă că distribuția genotipurilor urmașilor este determinată după formula:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1 \text{ (adică 100 \%)},$$

sau în formă prescurtată:

$$(pA + qa)^2 = 1.$$

Deoarece noi am presupus, că există doar două alele ale anumitei gene, atunci este clar că:

$$pA + qa = 1.$$

Suma frecvențelor tuturor alelelor, ca și suma frecvențelor tuturor genotipurilor, va fi egală cu 1. Însă, formula propusă descrie anumite situații, în care într-adevăr diferite clase de genotipuri ale urmașilor se vor întâlni cu aceeași frecvență ca și la părinți (raport echilibrat). Fenomenul menținerii unui astfel de raport se numește *echilibrul genetic al populației*. Echilibrul se păstrează chiar și atunci, când o anumită genă este reprezentată de mai mult de două alele.

Interesant să știți



Formula, care descrie legea Hardy-Weinberg reprezintă rezultatul, care nu este altceva decât descrierea legii a doua a lui Mendel, transferată la grupul de indivizi, unde obligatorie este încrucișarea liberă.

**Cum este aplicată legea Hardy-Weinberg?** Cercetând repartizarea frecvențelor genotipurilor în populație în cazul moștenirii autozomal recesive sau autozomal dominante a caracterului, poate fi determinat cu exactitate numărul de homozigoți pentru alela recesivă după fenotip: genotipul lor va determina numai o variantă a fenotipului. Dar este imposibil de deosebit după fenotip homozigoții după alela dominantă de heterozigoți. În această situație se aplică legea Hardy-Weinberg.

Tabelul 38.1

Clasele de ovule, spermatozoizi și concentrațiile lor în populație		
Clasele de ovule	Clasele de spermatozoizi	
	$pA$	$qa$
$pA$	$p^2AA$	$pqAa$
$qa$	$pqAa$	$q^2aa$

**Să examinăm un exemplu.** În Ucraina, aproximativ la fiecare 5 000 de oameni se întâlnește o persoană, care suferă de fenilcetonurie (incapacitatea de a metaboliza aminoacidul fenilalanina, care fără unele măsuri speciale duce la tulburări grave ale funcțiilor sistemului nervos). Boala se moștenește după tipul autozomal recesiv. Este necesar să se determine procentul persoanelor în populație, care sunt purtătoare de alele recesive patologice (*chib-zuiți*, pentru ce trebuie de determinat frecvența purtătorilor de gene patologice în populație). Problema principală constă în faptul că printre purtătorii sănătoși ai alelei recesive patologice după fenotip (aceștia sunt heterozigoți) este imposibil de a-i identifica. Acest lucru se poate face, folosind o formulă care descrie legea Hardy-Weinberg. Știm că frecvența heterozigoților este produsul dublat al frecvenței alelei dominante și recesive, adică mai întâi noi trebuie să găsim frecvența alelelor dominante și recesive. Găsim cu ușurință frecvența homozigoților pentru alela recesivă:

$$q^2 = 1/5000 = 0,0002$$

Respectiv frecvența alelei recesive va fi:

$$q = \sqrt{0,0002} = 0,014$$

Frecvența alelei dominante va fi:

$$P = 1 - q = 1 - 0,014 = 0,986.$$

Frecvența heterozigoților va fi egală cu:

$$2pq = 2 \times 0,014 \times 0,986 = 0,276, \text{ sau } 2,76 \%$$

Înscrierea matematică clasică a legii Hardy-Weinberg (dar nu însăși legea) este corectă exclusiv pentru genele autozomale. Pentru genele, care se conțin în cromozomi sexuali, logica determinării frecvenței întâlnirii alelelor și genotipurilor puțin o să difere.

**Să examinăm un exemplu.** De multe ori se pune întrebarea, de ce în cazul moștenirii recesive X-linkate în genealogii nu sunt femei bolnave. Este cunoscut faptul că cea mai răspândită formă de hemofilie (se moștenește ca caractere recesiv X-linkat) se întâlnește la bărbați cu o frecvență de 1 persoană cu boala la 2500 de oameni. Câte persoane cu boală și purtători de gene patologice putem aștepta printre femei? Să ne amintim, că bărbații după genele conținute în cromozomul X sunt hemizigoți (adică în cromozomul Y alelele corespunzătoare lipsesc), iar femeile, spre deosebire de bărbați, pot fi atât homozigote, cât și heterozigote. Frecvența alelelor dominante și recesive ale genei corespunzătoare putem cu ușurință s-o stabilim, bazându-ne pe numărul de oameni bolnavi și sănătoși: frecvența populațională a alelei genei X-linkate este egală cu frecvența bărbaților, la care se observă manifestarea fenotipică a alelei corespunzătoare (*argumentați* de ce). Astfel, frecvența alelei recesive, care cauzează hemofilia:  $q^h = 1/2500 = 0,0004$ , iar a celei dominante:  $p^h = 1 - 0,0004 = 0,9996$ . Respectiv frecvența femeilor bolnave (homozigote după alela recesivă) este egală cu  $(q^h)^2 = 0,0004^2 = 0,0000016$  (1 femeie bolnavă se întâlnește la 6 250 000 de femei; chiar și în caz de cercetări genealogice la o scară largă noi nu vom avea atât de mulți oameni!). Frecvența femeilor-purtătoare de alela mutantă va fi mult mai mare:  $2p^h q^h = 2 \times 0,9996 \times 0,0004 = 0,0008$  (1 femeie-purtătoare la 1 250 de femei).

Legea Hardy-Weinberg este corectă numai pentru populații mari, unde are loc încrucișarea liberă și lipsesc factorii (migrația, izolarea, selecția naturală, variabilitatea mutațională, dinamica populației), care modifică frecvența alelelor și genotipurilor. Este clar, că o astfel de populație, care corespunde tuturor cerințelor enumerate, nu există.

Comunitățile umane după unii indici sunt similare populațiilor naturale de organisme, dar mult prin ce diferă. Astfel, în legătură cu dezvoltarea mijloacelor de transport tot mai mult își pierd influența obstacolele geografice în izolarea anumitor grupuri de oameni. Migrațiile în masă contribuie la schimbul de material genetic între comunitățile, care trăiesc la o distanță mare una de alta. Ca rezultat, poate treptat să se reducă diferențele genofondului comunităților umane izolate geografic.

Dacă două populații esențial diferă după structura lor genetică, aceasta poate în mod semnificativ să influențeze asupra modificării frecvenței alelelor la amestecarea indivizilor acestor populații. Căsătoriile neînrudite între migranți și populația indigenă sunt însoțite de creșterea heterozigoției. De aceea, la urmașii unor astfel de căsătorii alelele recesive, care în stare homozigotă pot provoca anumite boli ereditare, adesea se află în stare heterozigotă și, prin urmare, nu se manifestă în fenotip.

Comparând răspândirea genelor și a genotipurilor în diferite populații, poate fi urmărită migrația anumitor grupuri umane, căile de deplasare ale întregilor popoare, precum și facerea concluziilor despre rudenia genetică a popoarelor (naționalităților), care trăiesc pe teritorii vecine.

Un rol semnificativ în izolarea comunităților umane aparține unor factori sociali (limbii, convingerilor religioase, apartenenței la un anumit popor sau națiune, tradițiilor istorice, statutului social, educației etc.). Deseori se căsătoresc oameni cu aceleași tulburări fiziologice (de exemplu, auzului și vorbirii), deoarece ei mai ușor se înțeleg și au interese comune. Ca urmare a acțiunii factorilor sociali, persoanele care trăiesc pe teritorii comune, pot forma grupuri izolate.

Există cazuri în care se căsătoresc rude apropiate (*fenomenul de inbreeding*), sau oameni, care aparțin la linii genetic îndepărtate (de exemplu, la diferite naționalități sau chiar și rase) – fenomenul de autbreeding. Drept urmare a căsătoriilor înrudite este creșterea la urmași a frecvenței homozigoților după o anumită alelă. Deoarece multe alele letale și subletale sunt recesive, în rezultatul inbreedingului crește numărul de zigoți recesivi și se observă fenomenul *depresiei de consanguinizare* – reducerea viabilității indivizilor. Aceasta se explică prin faptul, că alelele letale și subletale ale caracterelor patologice (diferite boli sau malformații congenitale), la trecerea în stare homozigotă se manifestă în fenotip.



### **Totalitatea mutațiilor dăunătoare punctiforme (genice) și cromozomiale din genofond este numit *balast genetic al populației*.**

**Sarcină.** Folosind diverse surse de informație, găsiți exemple de genealogii cu căsătorii consanguine (de exemplu, genealogia regelui Carol al II-lea al Spaniei) și analizați-le.

Fiecare om este purtător al aproximativ 300 de gene alele ale bolilor ereditare cunoscute. Riscul nașterii copilului cu anumite boli ereditare sau malformații genetice crește odată cu creșterea gradului de rudenie dintre oamenii ce se căsătoresc. Gradul de rudenie se caracterizează prin *coeficientul de consanguinizare* – probabilitatea faptului, că în genotipul unui individ pot să existe două alele, identice după origine, adică provenite de la un strămoș comun. Astfel, pentru descendenții fraților și surorilor drepte acest raport este de 1/4 (aceasta înseamnă, că dacă un părinte are o anumită alelă, probabilitatea că o astfel de alelă va fi și la altul, este de 1/2), pentru veri – 1/16, pentru veri de-a doilea – 1/64.

Asupra genofondului generațiilor următoare a populației poate să influențeze *selecția naturală*. Dacă o anumită variantă a fenotipului, care este determinată de o variantă corespunzătoare a genotipului, va fi nefavorabilă în anumite condiții de existență, atunci acești indivizi, respectiv, au o probabilitate mai mică de a supraviețui și de a lăsa urmași fertili. Evident, că la eliminarea unui anumit genotip din procesul de reproducere, de exemplu, a homozigotului recesiv, frecvența întâlnirii acestui genotip și, respectiv, a alelei recesive, se va mic-

șora pe parcursul următoarelor generații. Astfel, presiunea selecției poate modifica raportul frecvenței de întâlnire a alelelor în următoarele generații. Un astfel de proces întotdeauna decurge într-o anumită direcție: preferând o variantă a genotipului, selecția poate complet elimina din populație alta.

Deși în selecția naturală sunt implicate fenotipurile indivizilor, drept unitate a selecției este genotipul, adică un set corespunzător de informație genetică. De aceea, cu cât mai divers este genofondul populației, cu atât mai eficientă este acțiunea selecției naturale.

Selecția naturală și procesul mutațional „lucrează” împreună. Dacă o nouă variantă de secvențe a nucleotidelor moleculei de ADN asigură dezvoltarea unui caracter, care este adaptiv în condițiile date, o astfel de alelă este „acceptată” de către selecție și fixată în următoarele generații.

După cum am menționat deja, pentru îndeplinirea legii Hardy-Weinberg, populația trebuie să fie numeroasă. Aceasta asigură formarea tuturor gameților posibili și combinațiilor lor în timpul formării generației următoare. Când populația este mică, crește probabilitatea unei abateri întâmplătoare de la frecvența medie de întâlnire a anumitei alele, ceea ce poate duce la o schimbare semnificativă a frecvențelor alelelor și genotipurilor.

**Procesul de schimbare întâmplătoare și nedirecționată a frecvenței apariției alelelor într-o populație mică se numește deriva genetică.** Cel mai des deriva genetică este observată la o reducere bruscă a dimensiunii populației. De exemplu, atunci când în urma migrațiilor un număr mic de indivizi trece cu traiul pe un teritoriu nou. În acest caz se spune, că populația de parcă a trecut prin „gâtul de sticlă”: într-o populație nouă, mică de obicei, nu vor fi prezentate toate alelele populației inițiale, ci numai o parte. În afară de aceasta, frecvența alelelor în populația nou creată se va deosebi de cea originală. Deci, genofondul generațiilor ulterioare va fi determinat de numărul mic de indivizi ai populației nou create mici (*efectul de fondator*) (fig. 38.3). Una dintre urmările derivei genetice este creșterea proporției indivizilor homozigoți (*gândiți-vă de ce*).

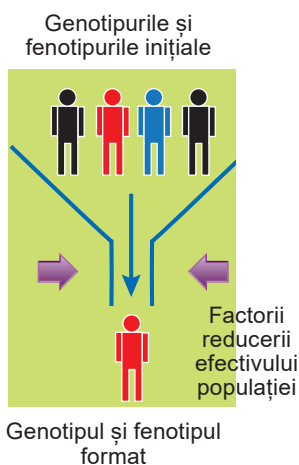


Fig. 38. Deriva genetică în cazul reducerii rapide a numărului de indivizi în populație (efectul „gâtului de sticlă”)

### Termeni și nuanțe-cheie

genetica populației, potențial adaptiv, legea Hardy-Weinberg, balast genetic al populației, deriva genetică.

### Verificați-vă cunoștințele



1. Care este sarcina geneticii populației? 2. Ce este genofondul populației? De care factori el este determinat? 3. Ce este potențialul adaptiv? Ce reprezintă baza lui genetică? 4. Formulați legea Hardy-Weinberg. În ce condiții ea se adevărește? 5. Cum este aplicată legea Hardy-Weinberg în genetica populațională a oamenilor? 6. Ce este comun și prin ce diferă populațiile naturale și comunitățile umane? 7. Ce este deriva genetică? Care sunt urmările ei genetice?

### Chibzuți




De ce deriva genetică influențează într-o măsură mai mică asupra genofondului populațiilor mari comparativ cu cele mici?



### §39. GENETICA MEDICALĂ. BOLILE EREDITARE ALE OMULUI

**Amintiți-vă** tipurile de mutații. Ce este caracteristic pentru cariotipul omului? Ce este aneuploidia și poliploidia? Care sunt tipurile cunoscute de moștenire monogenică a caracterelor omului? Care sunt caracterele multifactoriale ale omului? Ce este penetranța și acțiunea multiplă a genelor (pleiotropia)? Ce este albinismul? Ce este factorul Rh?

Genetica medicală studiază predispoziția genetică a bolilor umane, natura transmiterii lor din generație în generație, manifestarea lor în ontogeneză, răspândirea în populații. Cercetarea lor este orientată la diagnosticarea, tratarea și prevenirea bolilor ereditare, printre care sunt și bolile cu predispoziție ereditară.

 **Ereditare se numesc bolile, cauzele cărora sunt schimbările în aparatul ereditar, adică mutațiile.** În funcție de tipul mutației bolile ereditare sunt împărțite în genice (cauzate de mutații punctiforme) și cromozomiale (cauzate de schimbări în structura și numărul cromozomilor). Spre deosebire de alte organisme, în special de plante, mutații genomice la om nu se observă.

**Bolile genice ereditare.** Mutațiile punctiforme se caracterizează printr-un grad ridicat de indivizi, la care genele modificate se manifestă în fenotip și au un efect multiplu (pleiotropic). Cauzele nemijlocite ale simptomelor bolilor pot fi lipsa unui produs, care ar trebui să fie codificat de gena lezată, creșterea sau scăderea cantității lui, precum și formarea unui produs anormal. *Să ne amintim:* pleiotropia sau acțiunea multiplă a genei reprezintă influența unei gene asupra manifestării mai multor caractere.

Bolile genice pot fi clasificate cum după manifestările fenotipice, așa și după tipurile de moștenire. În clasificarea lor după fenotip drept bază sunt luate sau simptomele sistemice (bolile ereditare ale rinichilor, sistemului locomotor etc.), sau manifestările biochimice (bolile metabolice (malformațiile metabolice), anomaliile structurii și funcțiilor proteinelor).

**Malformațiile metabolice ereditare** sunt asociate cu o perturbare a schimbului de aminoacizi, glucide, lipide, acizi nucleici și substanțe minerale. Manifestările lor se pot datora mutațiilor genice, care codifică: enzimele; proteinele, care reglează activitatea genelor enzimelor sau activitatea singurelor enzime; proteinele, care asigură transportul substanțelor, necesare pentru metabolism; proteinele receptorilor celulari etc.

Drept exemplu de sindrom ereditar al tulburării metabolismului aminoacizilor este albinismul (vezi fig. 31.2, B). Cauza albinismului este o mutație în gena, ce codifică o enzimă, cu participarea cărei aminoacidul tirozină este transformat într-un compus, ce este substrat pentru sinteza pigmentului melanină. Boala se întâlnește în toate populațiile umane cu o frecvență de 1 la 28 000 39 000 și se moștenește după tipul autozomal recesiv.

O altă boală ereditară asociată cu o tulburare a metabolismului tirozinei este *fenilcetonuria*. Boala este cauzată de mutațiile în gena, care codifică enzima fenilalaninhidroxilaza. În absența acestei enzime fenilalanina nu se transformă în tirozină. Fenilalanina și metaboliții ei în concentrații ridicate sunt toxice (îndeosebi pentru neuronii cortexului cerebral). Fenilcetonuria se întâlnește cu o frecvență de aproximativ 1/10 000, este moștenită ca un caracter autozomal recesiv.

Un grup separat de boli, ce reprezintă rezultatul mutațiilor genelor, care codifică enzime, sunt bolile de acumulare. Ca rezultat al insuficienței enzimei în celulele treptat se acumulează un anumit produs anormal, ceea ce adesea duce la

tulburarea funcționării ei sau la moarte. La aceste boli aparțin, în special, boala Tay-Sachs. Din cauza lipsei enzimei lizozomale respective în celulele nervoase nu se descompune un component al membranei celulare. El se acumulează în lizozomi, ceea ce duce la moartea neuronilor. Boala este moștenită după tipul autozomal recesiv, dar în unele populații se întâlnește cu o frecvență destul de înaltă.

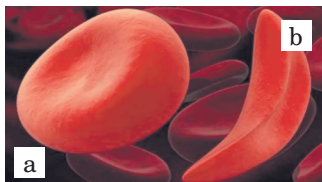


Fig. 39.1. Anemia falciformă: eritrocit cu structură normală (a) și falciform (b)

Tulburarea transportului oxigenului de către hemoglobină este cauza manifestărilor patologice ale *hemoglobinopatiei*. Bolile din această clasă sunt legate de mutații în genele, care codifică anumite subunități ale moleculei de hemoglobină. Un exemplu clasic este anemia falciformă. Molecula hemoglobinei modificate în urma mutației își îndeplinește funcția mai rău. Eritrocitele capătă o formă de seceră – de unde provine denumirea bolii (fig. 39.1). La heterozigoți simptomele clinice ale bolii lipsesc (încep să apară numai în condiții de concentrații reduse ale oxigenului în aer, cum ar fi în condiții de munte). Anemia falciformă este moștenită ca un caracter cu dominanță incompletă (*amintiți-vă*, ce reprezintă acest fenomen).

Interesant să știți



Deși variantele patologice ale hemoglobinei acționează negativ asupra sănătății omului, gena alelă, care o determină, este destul de răspândită, în special, în țările cu un nivel ridicat de îmbolnăvire de malarie: numărul purtătorilor ei în unele țări din Africa de Est ajunge până la 40 %. Acest fapt se explică prin rezistența ridicată a heterozigoților la malarie.

Mutațiile în genele, care codifică proteinele structurale ale țesuturilor, de asemenea, provoacă un număr mare de boli ereditare. De exemplu, sindromul Marfan este determinat de mutațiile genei uneia dintre proteinele țesutului conjunctiv. Oamenii cu această boală au perturbări ale formării scheletului și defecte în sistemul cardiovascular (printre cele mai periculoase simptome este dilatarea pereților aortei) (fig. 39.2). Sindromul Marfan este o boală autozomală dominantă, care se întâlnește cu o frecvență de aproximativ 1/10 000.

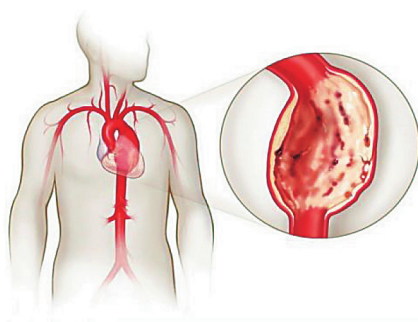


Fig. 39.2. Dilatarea pereților aortei la o persoană cu sindromul Marfan

**Bolile cromozomiale.** Diferite modificări ale cariotipului la nou-născuți se întâlnesc cu o frecvență medie de 0,6 %. Numai 10 % din aceste anomalii nu sunt însoțite de stări patologice semnificative.

Interesant să știți



Nivelul real de formare a anomaliilor cromozomiale este mult mai mare: după unele estimări circa 25 % de embrioni au cariotip anomal, dar majoritatea lor mor până la fixarea embrionului în mucoasa uterului în timpul formării placentei. Printre avorturile spontane 50 % au anomalii cromozomiale.

Mutațiile asociate cu modificările numărului de cromozomi apar în rezultatul disjuncției lor în timpul meiozei. Singura monosomie compatibilă cu viața la om (fenomenul, când în cariotip este doar un cromozom din doi omologi) este monosomia cromozomului X. Monosomiile tuturor autozomilor sunt letale. Trisomiile după majoritatea autozomilor sunt, de asemenea, incompatibile cu viața. La copiii nou-născuți se observă trisomii numai a cromozomilor 21, 18 și 13.

*Trisomia cromozomului 21* (fig. 39.3) cauzează *sindromul Down* și este cea mai răspândită boala cromozomială umană, care se întâlnește în medie cu frecvența de 1/500-700 de nou-născuți.

*Trisomia cromozomului 13* (fig. 39.4) cauzează *sindromul Patau*, pentru care sunt caracteristice malformații congenitale multiple. Sindromul se întâlnește cu o frecvență de 1/14500.

*Trisomia cromozomului 18* cauzează *sindromul Edwards*, care se întâlnește cu o frecvență de 1/4500-7000. Nou-născuții au o masă mică, sunt slabi, încet se dezvoltă fizic și mental.

Anomaliile cantitative ale cromozomilor sexuali sunt reprezentate atât de monosomii ale cromozomului X, cât și de polisomii ale cromozomilor X și Y.

În afară de anomaliile cantitative ale cromozomilor, cauza stărilor patologice congenitale pot fi restructurările cromozomiale. Un exemplu este sindromul „țipătului de pisică” (sindromul Lejeune). Cauza patologiei este deleția parțială sau completă a umărului scurt al cromozomului 5. Principalul tablou clinic este: malformațiile congenitale, retardul mintal, structura asimetrică a feței, defectele ale sistemului cardiovascular etc. Caracteristic pentru acest sindrom este plânsul specific al copilului, care seamănă cu plânsul unei pisici (ce și a dat denumirea sindromului). Frecvența întâlnirii sindromului este de aproximativ 1/45 000.

**Genetica bolilor oncologice.** Oncologice se numește un grup mare de boli (peste 200) provocate de apariția în organism a celulelor somatice modificate. Astfel de celule se caracterizează printr-o serie de particularități biologice: diviziunea necontrolată, imortalitatea, dereglarea diferențierii, capacitatea de a pătrunde în țesuturile vecine și de a distruge celulele normale, de a migra prin organism și de a forma *metastaze* – colonii secundare în organe și țesuturi.

Dezvoltarea bolii oncologice (*carcinogeneza*) este un proces lung, toate etapele ale căruia (de la inițiere până la formarea metastazelor) sunt legate de restructurările genomului celulelor transformate. În majoritatea cazurilor toate populațiile celulelor transformate în organism sunt descendenții unei singure celule somatice modificate. Deci, bolile oncologice reprezintă una dintre tipurile de boli ereditare ale celulelor somatice.

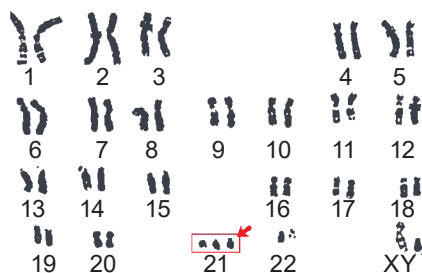


Fig. 39.3. Cromozomul de prisos în perechea 21 provoacă sindromul Down

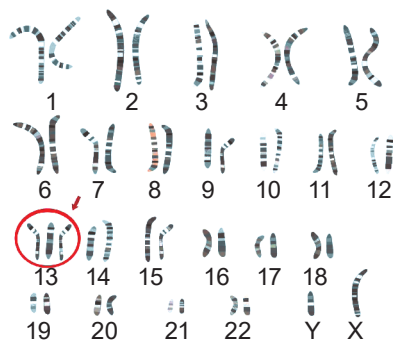


Fig. 39.4. Cariotipul omului cu sindromul Patau

Modificările genomului, care duc la transformarea celulelor, sunt legate de genele responsabile pentru reglarea ciclului celular, diferențierea și moartea programată a celulelor. În afară de mutații, în celulele transformate se schimbă expresia unor gene.

Factorii mediului ambiant, ai căror acțiune asupra organismului ridică probabilitatea apariției și dezvoltării tumorilor maligne, se numesc **cancerigene**. Ele pot fi de natură diferită: chimică (diverse substanțe chimice), fizice (radiații ionizante, razele ultraviolete, câmpurile electromagnetice) sau biologice (hepatita B, papilomavirusurile, bacteriile *Helicobacter* etc.). Acești factori pot provoca mutații în genele, care controlează celulele somatice.

### Termeni și nuanțe-cheie

genetica medicală, boli genice ereditare, boli cromozomiale.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt sarcinile geneticii medicale? 2. Care sunt cauzele bolilor ereditare? 3. Prin ce se caracterizează bolile genice ereditare? 4. Care sunt cauzele bolilor cromozomiale umane? 5. Care mutații pot provoca boli oncologice?

#### Chibzuți



În ce cazuri factorii mutageni pot deveni factori cancerigeni?

## §40. DIAGNOSTICUL BOLILOR EREDITARE ALE OMULUI. CONSULTAREA MEDICO-GENETICĂ

**Amintiți-vă** tipurile de moștenire ale bolilor genice la om. Care sunt variantele posibile ale modificărilor cariotipului uman în cazul bolilor cromozomiale? Care metode de cercetare sunt aplicate în genetica moleculară și în genetica umană? Ce este penetranța caracterului?

**Diagnosticul bolilor ereditare.** Garanția tratamentului cu succes a oricărei boli, și a celor ereditare în special, este diagnosticul lor oportun și corect. Diagnosticul bolilor ereditare este posibil datorită rezultatelor studiilor clinice pe baza simptomelor sau a unor markeri clari (fiziologici, biochimici etc.) (fig. 40.1). În genetică ca marker ADN este utilizată o secvență specifică de nucleotide a unei gene sau a unui grup de gene.

În cazul aplicării metodelor de analiză genetică este posibilă diagnosticarea precisă chiar înaintea apariției bolii ereditare (dacă ea nu este congenitală) sau chiar până la nașterea copilului (*diagnosticul prenatal*).

**Testarea genetică reprezintă stabilirea genotipului omului cu ajutorul diferitelor metode de analiză genetică.** Există trei metode principale de testare genetică

1. Stabilirea genotipurilor în urma analizei familiilor, grupurilor etnice sau culturale, în care se observă anumite boli ereditare. În acest caz se aplică metoda genealogică.

Fig. 40.1. Testul Guthrie pentru fenilketonurie. Discul de hârtie cu o picătură de sânge a pacientului este transferat într-un mediu cu bacterii, care se pot înmulți numai în prezența fenilalaninei. Creșterea intensivă a bacteriilor indică prezența bolii



Folosind informația despre tipul de moștenire a bolii și datele genealogice, este posibilă stabilirea aproape exactă a genotipurilor majorității membrilor familiei.

2. Determinarea prenatală a genotipului sau cariotipului copilului nenăscut. Noțiunea *prenatal* se referă la etapele de dezvoltare a embrionului și a fătului și înseamnă „înainte de naștere”).

3. Genotiparea persoanelor, care aparțin la grupul cu risc de boli ereditare cu manifestare târzie (de exemplu, coreea Huntington), sau confirmarea diagnosticului (testarea genetică *postnatală*; noțiunea postnatal înseamnă perioada „după naștere”).

**Testarea genetică prenatală** este utilizată atunci, când există un risc mare că fătul are o patologie cromozomială sau genotip, care determină dezvoltarea unor boli genetice grave. Pentru efectuarea acestei analize este necesar de obținut celulele fătului. Cel mai des ele se obțin în urma biopsiei învelișului embrionar extern, care înconjoară fătul uman, sau analiza lichidului, care înconjoară fătul. Folosind metodele de analiză a ADN-ului (reacția de polimerizare în lanț, secvențierea genomului etc.), este posibil să se analizeze peste 3000 de boli ereditare monogenice.

În ultimul timp se dezvoltă activ *diagnosticul prenatal neinvaziv al patologiilor cromozomiale ale fătului*. Esența acestei metode constă în faptul, că în sângele femeii gravide se pot găsi molecule de ADN al copilului ei nenăscut (gândește-te cum ADN-ul fătului poate ajunge în fluxul sangvin al mamei). Până la a zecea săptămână de sarcină concentrația lor ajunge la un nivel suficient pentru analiza genetică (10 % din cantitatea totală a ADN-ului liber din plasma sangvină a mamei). Folosind metodele reacției de polimerizare în lanț și secvențierii poate fi determinat raportul regiunilor genomice corespunzătoare. Astfel, dacă fătul are trisomia cromozomului 21, este clar că în fluxul sangvin al femeii vor nimeri mai multe fragmente ale cromozomului 21 (fig. 40.2).

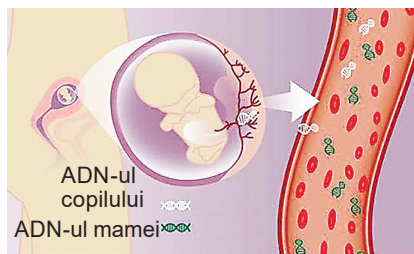


Fig. 40.2. Diagnosticul prenatal neinvaziv al patologiilor cromozomiale ale fătului: ADN-ul fătului nimereste în sângele mamei

**Testarea genetică postnatală.** Dacă efectuarea unui studiu genetic al copilului nu este posibilă înainte de naștere, atunci el este petrecut după naștere sau chiar la vârsta matură. Astfel, la nașterea copilului cu simptome clare de patologii cromozomiale (de exemplu, sindromul Down) pentru confirmarea diagnosticului este necesară analiza adăugătoare a cariotipului.

În cazul bolilor genice este necesară analiza genetică postnatală pentru diagnosticarea bolilor, care apar la o vârstă matură și au un tip autozomal dominant de moștenire. De exemplu, forma ereditară a cancerului glandelor mamare și ovarelor reprezintă un caracter autozomal dominant (cu o penetranță la femeii de 85 %). Boala se dezvoltă la maturitate, toate femeile cu această boală sunt heterozigoți (deoarece homozigoții după mutația letală, ce cauzează cancerul mamar și ovarian, mor). Bazând-se pe genealogii (fig. 40.3), este imposibil să se stabilească exact genotipul persoanei, la care boală nu se manifestă. Răspuns la această întrebare poate da analiza ADN-ului pentru prezența unei mutații în gena respectivă.

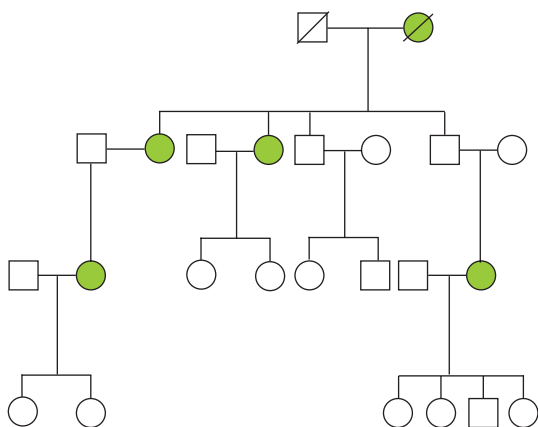


Fig. 40.3 Genealogia familiei cu cancer ereditar al glandelor mame și ovarelor. După această genealogie este dificil să se stabilească genotipul femeilor sănătoase, până când la ele nu se dezvoltă boala

Identificarea mutațiilor patologice ale unei gene sau chiar a miilor de gene permit metodele bazate pe utilizarea cipurilor ADN (fig. 40.4). Ele reprezintă o lamă de sticlă cu dimensiunile aproximativ de 2 x 2 cm, care este împărțită în pătrate microscopice (se formează o rețea compusă dintr-un număr de la câteva mii până la câteva sute de mii de celule). În fiecare celulă pe suprafață este „cusută” proba de ADN (o secvență mică de ADN, care corespunde regiunii mutante a anumitei gene). ADN-ul din celulele sangvine (sau alte celule) ale pacientului este marcat cu un colorant fluorescent și aplicat pe cipul ADN. Prin semnalul fluorescent din fiecare celulă se pot face concluzii despre existența sau lipsa anumitei mutații.

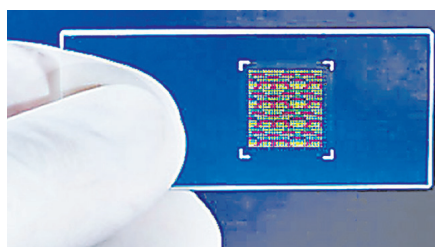


Fig. 40.4. Cipul ADN

**Consultarea medico-genetică.** Analiza genetică în timpul diagnosticării bolilor ereditare este foarte importantă. Dar este la fel de important de ajutat familia sau pacientul să înțeleagă diagnosticul, decurgerea posibilă a bolii și urmările ei, metodele de tratament, să evalueze modurile de manifestare și riscurile moștenirii bolii în următoarele generații, să se adapteze cât mai bine la boală. Astfel de recomandări ar trebui să contribuie la primirea unei decizii corecte, bazându-se pe mărimea riscului, și să se aleagă o serie de acțiuni în conformitate cu această decizie. Să explice toate aceste aspecte este sarcina specialiștilor consultării medico-genetice.

Consultarea medico-genetică este una dintre tipurile de asistență specializată medicală și genetică a populației, care este orientată în primul rând la prevenirea apariției în familie a bolnavilor cu patologie ereditară. Ca rezultat al consultării genetice pacientul sau familia primește toată informația posibilă și necesară despre o anumită problemă, care este suficientă pentru ca ei să ia o decizie corectă pe baza principiilor lor culturale, religioase sau morale.

La consultările medico-genetice lucrează specialiști de diferite specialități: geneticieni, biochimisti, citologi, imunologi, medici etc. Acest fapt dă posibilitatea de a oferi cea mai completă consultație pacienților. Posibil și cineva dintre voi își va alege această specialitate ca viitoare profesie – pentru a ajuta oamenii.

## Termeni și nuanțe-cheie

testare genetică prenatală și postnatală, consultare medico-genetică.

### Verificați-vă cunoștințele



1. Care este scopul diagnosticării bolilor și malformațiilor ereditare? 2. Ce este testarea genetică? 3. Prin ce diferă testele prenatale de cele postnatale? Cu ce scop ele sunt aplicate? 4. Ce reprezintă metodele invazive de cercetare în medicină? Care este condiția principală pentru aplicarea lor? 5. Ce sunt cipurile ADN? Cu ce scop ele sunt folosite? 6. Ce este consultarea medico-genetică și care sunt sarcinile ei?

### Chibzuți



Ce probleme de plan etic apar în cazul efectuării consultărilor medico-genetice?

## §41. TRATAMENTUL ȘI PREVENIREA BOLILOR EREDITARE A OMULUI

**Amintiți-vă** clasificarea bolilor ereditare a omului. Ce este variabilitatea mutațională, ce tipuri de mutații știți? Care mutații se numesc spontane? Ce condiții sunt necesare pentru asigurarea activității genelor? Ce reprezintă fenomenul interferenței ARN-ului? Cum decurg procesele de reparare a moleculelor de ADN? Ce sunt provitaminele?

Elaborarea metodelor de tratament și de prevenire a bolilor ereditare este una din principalele sarcini ale geneticii medicale. Din păcate pentru majoritatea patologiilor ereditare metode eficiente de tratament încă nu au fost găsite. Terapia, în principal, este orientată la înlăturarea sau reducerea principalelor simptome și la îmbunătățirea calității vieții bolnavului.

### Memorizăm

**Terapia** este o ramură a medicinei, care studiază bolile sau leziunile interne, stările patologice, tratamentul și prevenirea lor. Metodele de terapie sunt orientate la vindecarea pacienților, dar de obicei ele nu prevăd intervențiile chirurgicale în organism.

**Tratamentul bolilor ereditare.** Alegerea schemei de tratare a bolilor ereditare și succesul ei depinde de cauzele primare ale bolii, severitatea și numărul simptomelor principale, de posibilitățile actuale de corectare a anumitor stări patologice. Metodele medicale, în general, nu se diferențiază de cele utilizate pentru tratamentul patologiilor neereditare.

**Intervenția chirurgicală** este utilizată atunci, când aceasta este singura metodă de corectare a unui defect ereditar. Astfel, în cazul polidactiliei (numărului excesiv de degete pe mâini sau picioare, vezi fig. 31.2, B) îndepărtarea chirurgicală a degetelor de prisos eliberează pacientul de toate incomoditățile acestei boli (cât fizice, atât și morale).

**Transplantarea organelor și țesuturilor.** Dacă principalul simptom al bolii este o leziune sau disfuncție a anumitor organe, această problemă poate fi rezolvată prin transplantarea organului respectiv. Astfel, transplantarea măduvei osoase (fig. 41.1) este recomandată în cazul diferitor tipuri de hemoglobinopatii (de exemplu, anemiei falciforme).

**Dieta specială** poate fi utilă pentru tratarea unor defecte metabolice înnăscute. Astfel, dacă persoanele cu fenilketonurie în scurt timp după naștere de le trecut la dieta fără fenilalanină în alimente, atunci principalele simptome ale bolii în genere nu se vor dezvolta. Prin dietă este tratată galactosemia (incapacitatea de a asimila galactoză – monozaharida, care intră în componența zahărului din lapte – lactozei): din rația oamenilor bolnavi imediat după naștere sunt excluse laptele și produsele lactate.

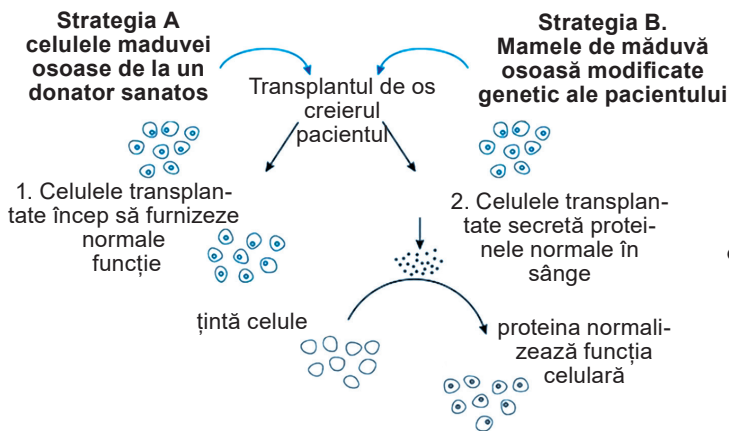


Fig. 41.1. Mecanismul efectului terapeutic al transplantării măduvei osoase. Pentru transplantare se folosește sau măduva osoasă de la un donator străin, sau celulele măduvei osoase ale pacientului, în care a fost introdusă copia normală a genei

**Terapia de substituție.** Dacă principala cauză a manifestării simptomelor patologice sunt mutațiile, care duc la insuficiența unor proteine, hormoni etc., atunci uneori anume aceste substanțe trebuie să fie folosite pentru înlăturarea simptomelor. Un exemplu clasic este utilizarea insulinei pentru tratamentul formelor ereditare și neereditare ale diabetului zaharat. Un alt exemplu de utilizare reușită a terapiei de substituție este tratamentul anumitor tipuri de nanism cu ajutorul hormonului de creștere (somatotropină) etc.

Pentru înlăturarea anumitor simptome ale bolii este folosit **tratamentul simptomatic**. La diferite sindroame cromozomiale frecvent se observă defecte cardiace congenitale (de exemplu, la sindromul Down), și, prin urmare, persoana bolnavă necesită intervenție chirurgicală. O operație chirurgicală pentru întărirea pereților aortei sau a altor vase mari ale inimii, pentru a împiedica ruperea lor, este uneori necesară la sindromul Marfan. În afară de intervenție chirurgicală pentru a preveni ruperea aortei la oamenii cu sindromul Marfan sunt utilizate anumite medicamente (*folosind baza de date de pe internet, găsi exemple de tratament simptomatic al bolilor ereditare*).

**Terapia genică a bolilor ereditare.** Deși metodele existente de terapie a bolilor ereditare permit uneori în mod eficient să fie controlată simptomatologia lor, cea mai radicală metoda de tratament a oricărei boli este înlăturarea cauzei nemijlocite a bolii. Pentru sindroamele ereditare un astfel de tratament cardinal ar fi, de exemplu, înlocuirea copiei genei defectate în celulele pacientului cu gena normală, ce și este sarcina terapiei genice.

### **Terapia genică reprezintă metode de tratament al bolilor ereditare, care sunt orientate la modificarea genomului uman.**

În prezent sunt cunoscute aproximativ 3500 de gene, ale căror mutații provoacă mai mult de 5000 de anomalii genetice. Cu ajutorul metodelor moleculare moderne este destul de ușor de izolat și de reprodus copia normală a genei necesare. Însă pentru terapia genică cu succes sunt necesare anumite condiții.

1. **Funcționalitatea genei.** Gena, ce este transferată în celulele pacientului, trebuie să fie pe deplin funcțională, și anume să aibă toate elementele de reglare necesare pentru asigurarea unei expresii eficiente.



2. *Un mod eficient de a transfera gena în celule.* Pentru terapia genică cea mai eficientă metodă de transmitere a materialului genetic este utilizarea virusurilor modificate. ADN-ul străin poate fi transferat în celulă și prin microinjectare, cu ajutorul nanoparticulelor sau prin fuziunea celulei cu lipozomi – vezicule lipidice artificiale, în interiorul cărora este împachetat ADN-ul anumitei gene.

3. *Selectarea celulelor țintă corespunzătoare.* Majoritatea metodelor moderne ale terapiei genice utilizează ca celule țintă celulele somatice ale pacientului (așa-numita *terapie genică somatică*). Transmiterea ADN-ului la celulele pacientului poate fi efectuată cum în afara organismului, așa și direct în organism. Ideale pentru aceasta sunt celulele, care se divid activ sau divizarea cărora poate fi stimulată în afara organismului (celulele măduvei osoase, limfocitele sângelui periferic, celulele ficatului (hepatocitele), celulele țesutului conjunctiv, care sintetizează substanța intercelulară (fibroblastele)) (*chibzuiți de ce*) (fig. 41.2).

Terapia genică a celulelor somatice (sau terapia genică somatică) poate fi eficientă numai pentru singurul pacient, dar, deoarece nu se schimbă genomul celulelor embrionare mutante, boala poate fi moștenită de urmașii lui. Din punct de vedere metodologic, gameții sau zigoții pot fi de asemenea utilizați ca celule țintă. Atunci copia normală a genei va fi transmisă descendenților. Cu toate că, pe animalele experimentale a fost demonstrată eficacitatea acestei metode, transferul acestei tehnici asupra oamenilor se confruntă cu multe probleme, inclusiv etice (*gândiți-vă de ce*).

Metodele răspândite de terapie genică au unele neajunsuri grave. În primul rând, utilizarea virusurilor ca a vectorilor a copiilor normale ale genei poate provoca un răspuns imun violent la pacient. În al doilea rând, există un risc de infecție în cazul, în care virusul modificat va interacționa cu virusurile nemodificate, care pot fi prezente în celulele pacientului. În al treilea rând, dacă copia normală a genei mutante nu se va încorpora în locul genei modificate, aceasta poate duce la modificarea structurii altor gene și dezvoltarea altor patologii suplimentare, inclusiv cancerul.

În prezent în mod activ se dezvoltă metodele, care ajută la depășirea unor din aceste probleme. Astfel, de inactivat gena patologică se poate, folosind molecule de ARN, care sunt molecule antisens pentru ARNm corespunzător al genei. Introducerea acestor ARN în celulă inițiază interferența ARN-ului și produsul genei patologice nu se formează. Bine înțeles, în acest caz genomul celulei pacientului nu se schimbă, dar procesul de interferență a ARN-ului pot inactiva ireversibil gena anomală.

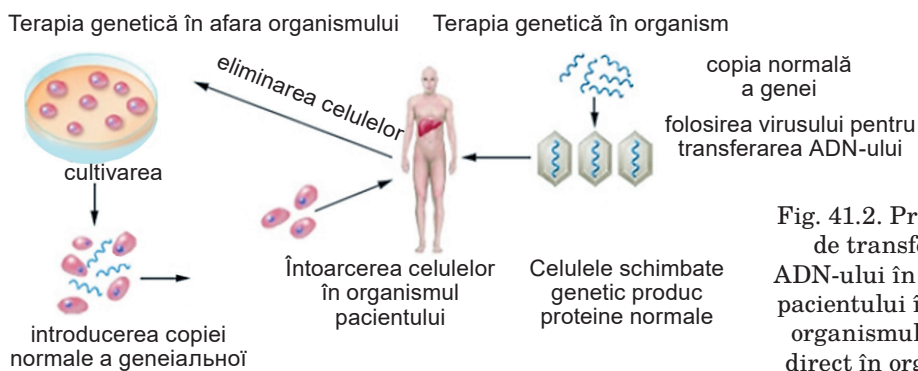


Fig. 41.2. Principiul de transfer al ADN-ului în celulele pacientului în afara organismului sau direct în organism


Alte tehnici promițătoare de dezvoltare a terapiei genice sunt așa-numitele **metode de editare a genomului**: proteinele speciale artificial elaborate sau complexe de ARN și proteine recunosc secvența dată a genomului, unde fac o rup-tură bicatenară a ADN-ului. În funcție de modul, în care va decurge repararea rupturii bicatenare, aceasta gena poate pierde funcția sa sau poate fi înlocuită cu o copie normală.

**Prevenirea patologiilor ereditare.** Diagnosticul timpuriu și determinarea riscului dezvoltării bolilor ereditare cu ajutorul consultărilor medico-genetice este una din metodele de prevenire ale lor. Determinarea frecvenței repartizării genelor patologice în populație (adică examinarea în masă a populației), precum și informarea largă a populației și a perechilor de căsătorite în parte cu privire la urmările căsătoriilor consangvine, riscurile și cauzele apariției bolilor ereditare, dezvoltarea metodelor de diagnostic prenatal și pre-implant a făcut posibilă în țările dezvoltate în mod semnificativ să se reducă rata natalității copiilor cu patologii ereditare.

Măsurile preventive ar trebui să se refere nu numai la bolile ereditare moștente de la generațiile anterioare, dar și la cele, care sunt cauzate de mutațiile nou apărute.

În prezent se disting metode tehnologice, de monitorizare și de compensare de prevenire a urmărilor genetice posibile, ce apar în urma poluării mediului. *Mijloacele tehnologice* prevăd trecerea industriei la cicluri închise. În acest caz produsele inițiale și finale nu trebuie să fie mutagene, iar cele mutagene intermediare nu trebuie să nimerească în mediul înconjurător.

Este necesară *monitorizarea* tuturor substanțelor chimice nou sintetizate, controlul permanent al stării mutagene a mediului ambiant, eliminarea mutagenilor din viața cotidiană și înlocuirea lor cu analogi siguri. *Mijloacele compensatorii* prevăd căutarea și utilizarea substanțelor, care protejează genomul omului de acțiunea factorilor dăunători, ridică rezistența aparatului genetic al omului la condiții extreme, activează sistemele de protecție ale organismului. Una dintre modalitățile de realizare a acestei metode este utilizarea antimutagenilor.

 **Antimutageni sunt substanțe biologic active, care reduc nivelul de mutații spontane și induse.** Proprietăți antimutagene au unele vitamine (C și E), provitamine ( $\beta$ -carotenul), pigmenți vegetali (antocianul, carotenoizii nevitamini) etc.

### Termeni și nuanțe-cheie

terapia genică a bolilor ereditare, antimutageni.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care sunt principalele direcții de tratare a bolilor ereditare ale omului? 2. În ce constă terapia genică a bolilor ereditare? 3. Care sunt condițiile pentru terapia genică cu succes? 4. Caracterizați tehnicile de editare a genomului. 5. Care sunt măsurile de prevenire a bolilor ereditare ale omului? 6. Ce sunt antimutagenii? Care este rolul lor în prevenirea bolilor ereditare ale omului?

#### **Chibzuți**



Cu care probleme morale și etice se poate confrunta omnia în cazul utilizării active a terapiei genice?

## LUCRAREA DE LABORATOR NR. 2

### Tema: Studiul legităților variabilității modificative ale omului

**Echipment și materiale:** riglă, scală cromatică Von Luschan.

1. Alcătuiți un tabel, în care indicați o unele caractere proprii calitative și cantitative, cum ar fi: culoarea ochilor, culoarea părului, structura firului de păr (drept, creț, ondulat), „gropițe” pe obraji, „gropiță” în bărbie, diastema între dinții incisivi, capacitatea de a rula limba în tub, lobii urechii (lipiți, semilipiți, sau dezlipiți), lungimea urechii, lățimea urechii, predispunerea de a lucra cu una din mâni (dreptaci, stângaci), factorul Rhesus (dacă este cunoscut), grupul de sânge după sistemul sangvin AB0 (dacă este cunoscut), culoarea pielii, statura, masa corpului.

2. Descrieți culoarea pielii, utilizați scala cromatică a Von Luschan și indicați limitele, în care acest caracter se schimbă pe parcursul anului.

	1	10			19	28	
	2	11			20	29	
	3	12			21	30	
	4	13			22	31	
	5	14			23	32	
	6	15			24	33	
	7	16			25	34	
	8	17			26	35	
	9	18			27	36	

*Scala cromatică Von Luschan, care este folosită de antropologi pentru a descrie culoarea pielii*

3. Găsiți în bazele de date pe Internet informație despre tipul de moștenire a acestui caracter. Înscrisați-le în caiet.

4. Pe baza informației despre propriile rude, stabiliți (dacă este posibil) genotipul său și genotipurile părinților voștri. Înscrisați-le în caiet.

5. Lucrând în grup, determinați numărul elevilor din clasă, care au caracterele calitative respective. Determinați care variantă este cea mai răspândită în clasa voastră.

6. Determinați valoarea minimă, maximă și medie a caracterelor cantitative în clasa voastră în general și separat pentru băieți și fete.

7. Faceți concluzii despre legitățile variabilității modificative ale caracterelor studiate. Influențează oare mediul înconjurător asupra manifestării anumitului caracter? Cum anume? Au modificările respective caracter adaptiv sau neadaptiv?

## LUCRAREA PRACTICĂ NR. 2

### REZOLVAREA PROBLEMELOR GENETICE TIPICE

**Scopul:** de a consolida materialul teoretic studiat. De a se învăța de analizat moștenirea caracterelor umane.

1. Într-o familie, în care părinții au ochi căprui, sunt patru copii. Doi copii au ochi albaștri și grupele de sânge I și IV, iar doi au ochi căprui și grupele de sânge II și III. Determinați genotipurile părinților și copiilor după genele grupelor de sânge și culoarea ochilor.

2. Albinismul este un caracter recesiv. Talasemia este o boală ereditară a sângelui, care este moștenită ca un caracter cu dominanță incompletă. La homozigoți se observă cea mai severă formă a bolii – talasemia majoră, de obicei fatală pentru copii. La heterozigoți se manifestă o formă mai puțin severă – talasemia minoră. Un copil cu albinism suferă de talasemie minoră. Care sunt cele mai probabile genotipuri ale părinților lui?

3. Într-o familie, în care tatăl și mama au ochi albaștri, s-a născut un copil cu ochi căprui. La tatăl lui a apărut suspiciune despre propria paternitate, dar analiza genetică a confirmat, că el este tatăl biologic al copilului. Cum poate fi explicat acest fenomen?

4. În familiile examinate, unde bărbații aveau dinți întunecați, iar femeile erau normale, în total, s-au născut 10 fii și 7 fiice. Toate fiicele aveau dinți întunecați, toți fiii – deschiși. Cum se moștenește acest caracter?

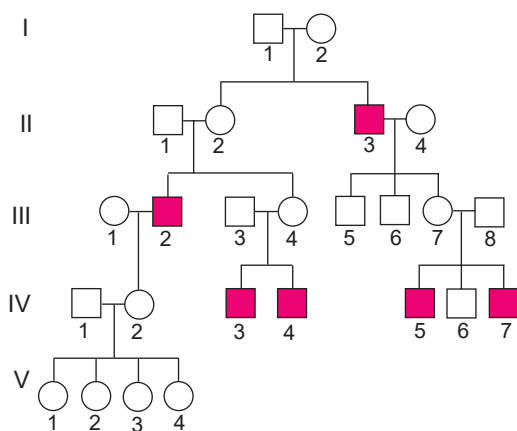
5. Calculați coeficientul de moștenire pentru diabetul zaharat, dacă concordanța pentru gemenii monoziгоți constituie 65%, iar pentru gemenii dizigoți – 18%.

6. Sa constatat, că printre cei 300 de loci studiați, în 31 lipsește complet variabilitatea. Determinați polimorfismul populației.

7. În populație gena există sub forma de trei alele, frecvența alelei a1 este de 0,2, alelei a2 – de 0,1, alelei a3 – de 0,7. Care este frecvența heterozigoților în această populație?

8. Într-o regiune cu 500 000 de locuitori au fost înregistrate 4 persoane cu boală Alzheimer (tip de moștenire autozomal recesiv). Determinați numărul de purtători ai genei alele mutante în această populație.

9. Daltonismul este determinat de gena alelă recesivă, care este înlănțuită cu cromozomul X. Frecvența alelelor în populație este de 0,01. Ce procentaj de bărbați și femei au daltonism?



10. Următoarea genealogie ilustrează moștenirea sindromului Nance-Horan, cu care la oamenii examinați se observă cataractă congenitală și forma anormală a dinților.

a) După genealogie stabiliți tipul de moștenire a caracterului.

b) Dacă la soții III-7 și III-8 se va naște încă un copil, care este probabilitatea, ca el va fi sănătos?

c) Dacă persoanele marcate ca III-2 și III-7 s-ar fi căsătorit, atunci care ar fi fost probabilitatea, că la ei se va naște un copil cu sindromul Nance-Horan?

### Generalizări la tema „Ereditatea și variabilitatea”

La studierea acestui capitol ați făcut cunoștință cu particularitățile organizării materialului ereditar al omului. V-ați convins, că principalele legități ale eredității și variabilității omului sunt aceleași, ca și pentru alte organisme eucariote. Organismul uman este un sistem deschis, de aceea programul lui ereditar este realizat datorită interacțiunii genotipului și mediului. Condițiile mediului de existență determină gradul de manifestare a simptomului ereditar. Pentru studiul eredității și variabilității omului se aplică aproape aceleași metode, ca și în genetica altor organisme.

Legitățile eredității și variabilității omului cercetează genetica omului. Ea strâns interacționează cu genetica medicală – știința despre bolile ereditare și malformațiile omului. Genetica medicală elaborează metodele pentru diagnosticarea bolilor ereditare, profilaxia și tratamentul lor. Bolile ereditare, precum și predispoziția genetică la diferite boli, sunt problemele medico-genetice actuale. În prezent sunt cunoscute peste 4000 de boli ereditare și boli cu predispoziție ereditară. Numărul acestor boli crește în urma poluării mediului cu factori mutageni.



# TEMA 4. REPRODUCEREA ȘI DEZVOLTAREA

*La acest capitol veți afla despre:*

- însemnătatea proceselor de reproducere pentru existența vieții pe planeta noastră;
- particularitățile diferitor mecanisme de divizare a celulei și însemnătatea lor pentru procesele de reproducere;
- particularitățile reproducerii omului ca ființă biosocială;
- perioadele dezvoltării embrionare și postembrionare a omului;
- ipotezele îmbătrânirii și problemele actuale ale gerontologiei.

## §42. REPRODUCEREA CA MECANISM DE ASIGURARE EXISTENȚA NEÎNTRERUPTĂ A SPECIILOR

**Amintiți-vă** ce forme de înmulțire a organismelor există. Cum are loc ciclul vital la Plasmodium malariei?

**Înmulțirea** este o particularitate caracteristică pentru toate organismele de a-și crea urmași asemănători, datorită cărui fapt este asigurată neîntreruperea și ereditatea vieții. Datorită proceselor de înmulțire diferite specii își mențin numărul, iar prin urmare, și existența.

**Înmulțirea și formele ei.** Formele principale de înmulțire a ființelor vii este asexuată (cu ajutorul unei celule asexuate sau a unei grupe de celule somatice) și sexuată (cu ajutorul gameților).

**Înmulțirea asexuată** este caracteristică pentru organismele unicelulare și unele organisme multicelulare (alge și ciuperci multicelulare, plantelor superioare cu spori, spongii, viermilor lați și inelați). *Înmulțirea asexuată* se efectuează pe contul unor celule asexuate aparte, care mai sunt numite și somatice. În cazul *diviziunii celulei în două* (fig. 42.1) se formează două celule-fiice, de două ori mai mici decât cea maternă. Celulele-fiice se alimentează, cresc și încep să se înmulțească numai atunci, când ating dimensiunile celei materne.

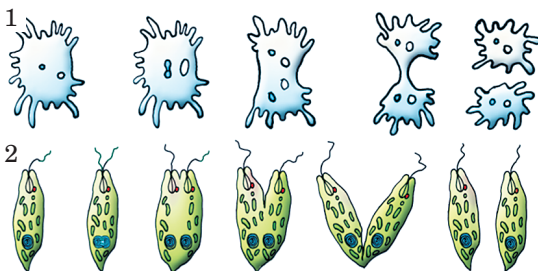


Fig. 42.1. Înmulțirea asexuată prin diviziunea celulei în două: 1 – diviziunea celulei Amoeba proteus; 2 – diviziunea celulei euglenei verzi. Atrageți atenția: celula Amoeba se poate diviza în orice segment, cea a euglenei verzi – numai în direcția alungită

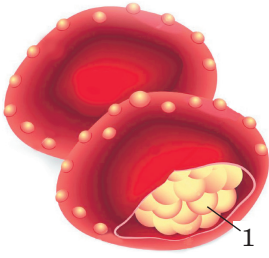


Fig. 42.2. Diviziunea multiplă a Plasmodium malariei (1) la eritrocite. Sarcină: amintiți-vă, cu ajutorul căror metode poate fi diagnosticată malaria la omul bolnav

În timpul *diviziunii multiple* la început se divizează de mai multe ori nucleul celulei materne, datorită cărui fapt ea devine multicelulară. Apoi se divizează citoplasma celulei materne și se formează un număr respectiv de celule-fiice. O astfel de formă de înmulțire asexuată este caracteristică, de exemplu, pentru parazitul sângelui omului – Plasmodium malariei (fig. 42.2). Datorită numărului ei celulele parazitului crește repede.

În cazul înmuguririi de la celula maternă este separată cea mai fiică (fiică) (fig. 42.3). Între eucariotele unicelulare metoda înmuguririi se întâlnește la drozdii, la unele infuzorii etc.

*Înmulțirea prin spori* este răspândită în diferite grupe de eucariote: atât unicelulare, cât și multicelulare (ciuperci, alge, mușchi, ferigi, brădișor) (fig. 42.4). Să ne amintim: sporiile sunt celule speciale, care servesc nu numai pentru înmulțire, dar și pentru supraviețuirea în perioada nefavorabilă și răspândire. Ei pot avea flageli (ca, de exemplu, chlamidomonadele) sau pot fi lipsiți de aceștia (chlorella, plantele superioare cu spori etc.). Sporii cu flageli (zoosporii) sunt capabile să se miște activ, iar sporiile, care nu au flageli, sunt răspândiți de apă, vânt, de diferite organisme. Durata vieții zoosporilor este neînsemnată (până la câteva ore), iar sporiile imobili, acoperiți cu un înveliș dens, pot păstra capacitatea vitală o perioadă îndelungată (în decursul anilor).

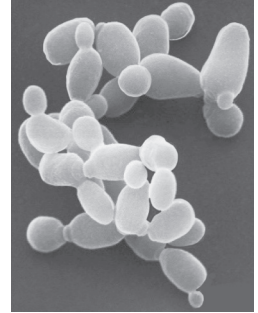


Fig. 42.3. Procesul de înmugurire la drozdii: fiecare celulă maternă poate înmuguri în decursul vieții până la 30 de celule-fiice

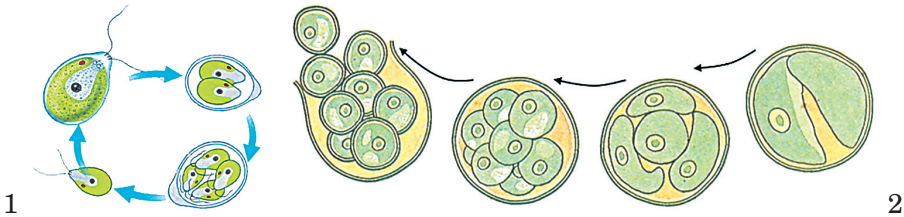


Fig. 42.4. Înmulțirea cu ajutorul sporilor: 1 – crearea zoosporilor la chlamidomonade; 2 – crearea sporilor imobili la chlorella.

**Înmulțirea vegetativă.** Înmulțirea asexuată, în rezultatul căreia de la organismele multicelulare se desprind grupe de celule asexuate, care pun începutul noului organism, se numește *vegetativă*. Știți deja că în că la algele multicelulare, plantele superioare, ciupercilor și lichenilor înmulțirea vegetativă este posibilă prin fragmentare, adică prin separarea unor anumite părți multicelulare ale corpului (separarea prin butași la salcie sau a frunzelor la Saintpaulia, Gloxinia), pe contul schimbării lăstarilor (bulbi la cartof sau la topinambur, stoloni la fragi, rădăcini la ferigi, lăcrimioare, chir), bulbilor (ceapă, usturoi), mugurilor speciali, capabili să se desprindă de indivizii materni (Digitaria, Bryophyllum).

Înmulțirea vegetativă a plantelor superioare este posibilă și cu ajutorul butașilor de rădăcină, care se dezvoltă din mugurii suplimentari la zmeură, vișin, prun, trandafir, cu rădăcinile cu bulbi – gherghine. La unii licheni pentru înmulțirea vegetativă există formațiuni speciale (fig. 43.5), care se formează la mijloc (a) sau la suprafața (b) talului lor.

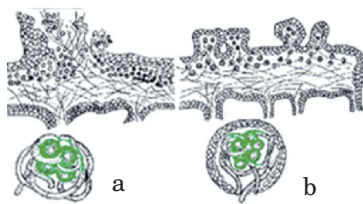


Fig. 42.5. Metodele de înmulțire vegetativă a lichenilor

Sunt diferite și procedeele de înmulțire vegetativă la animalele multicelulare: înmugurire, divizarea ordonată, fragmentarea corpului etc. Este interesantă capacitatea de a se fragmenta a unor animale. De exemplu, viermele polichete se poate diviza în segmente separate. Fiecare din ele apoi înmugurește și separă de sine patru indivizi-fiice (fig. 42.6).

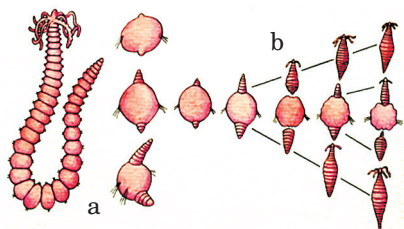


Fig. 42.6. Fragmentarea (a) și înmugurirea (b) la polichete

Un procedeu deosebit de înmulțire asexuată a organismelor este **poliembria**. Este un proces de dezvoltare a câtorva embrioni dintr-un singur zigot (ovulului fecundat). Zigotul începe să se divizeze, însă la un moment dat blastula se segmentează în părți aparte. Apoi din fiecare asemenea părți se dezvoltă un organism de sine stătător. Poliembria este răspândită în rândurile diferitor grupe de animale (mai des la viermii inelați, uneori la artropode, pești, păsări și mamifere); este

caracteristică și plantelor. Într-o singură sămânță se dezvoltă câțiva germeni (la-lele, crin, nufăr, fragi etc.).

**Însemnătatea biologică a înmulțirii asexuate.** La unele grupe de organisme înmulțirea asexuată – este unica posibilitate de a lăsa urmași (de exemplu, amibe, euglena verde, *Chlorella*). Același lucru este asigurat și de partenogeneza (una din formele de înmulțire sexuată) – dezvoltarea embrionului din ovul nefecundat. La speciile, capabile la înmulțirea sexuată, prin metoda asexuată se pot înmulți indivizii, care din anumite pricini au rămas izolați de alții. Speciile cu cicluri scurte de viață datorită înmulțirii asexuate într-o perioadă scurtă de timp își pot mări considerabil numărul.

În rezultatul înmulțirii asexuate indivizii fiice după garnitura de informație ereditară sunt copiile exacte ale indivizilor paterni. Omul folosește această particularitate pentru înmulțirea plantelor cultivate, menținând din generație în generație particularitățile anumitor soiuri.

### Termeni și nuanțe-cheie

Înmulțirea asexuată, înmulțirea vegetativă, poliembria

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care este însemnătatea procesului de înmulțire?
2. Ce forme ale înmulțirii asexuate cunoașteți?
3. În ce constă înmulțirea vegetativă? Care procedee ale înmulțirii vegetative la animale și plante cunoașteți?
4. Ce este poliembria?
5. Care este însemnătatea înmulțirii asexuate?
6. De ce multe plante cultivate se înmulțesc de cele mai multe ori prin metoda vegetativă?

#### Chibzuți



De ce poliembria este considerată unul din procedeele de înmulțire asexuată?

## § 43. PROCESSELE DE REGENERARE LA DIFERITE GRUPE DE EUCARIOTE

*Amintiți-vă* exemple de regenerare la animale și plante. Ce este hemostaza?

**Regenerarea** (din latină *regeneratio* – renaștere) este procesul de **reînnoire de către organism a celulelor pierdute sau a părților afectate** (fig. 43.1). Regenerare mai este numită înnoirea întregului organism dintr-un fragment al lui. La eucariotele unicelulare procesele de regenerare asigură reînnoirea organelor pierdute. Țineți minte că membrana plasmatică în cazul afectării neînsemnate este capabilă la reînnoire datorită faptului că celula nu moare, dar continuă să funcționeze. Să-și reînnoiască structura după afectare sunt capabile și moleculele de ADN (procesele de reparație ale ADN).

Datorită proceselor de regenerare în organism se schimbă permanent celulele și se reînnoiesc țesuturile, termenul de funcționare a cărora s-a epuizat (celulele glandulare ale epitelului intestinului, celulele sângelui etc.), care asigură funcționarea normală a organismului. Să ne amintim: programarea genetică a morții celulelor se numește *apoptoză*; iar moartea celulelor în rezultatul afectărilor exterioare și interioare – *necroză*.

Regenerarea, care asigură reînnoirea părților afectate sau pierdute ale organismului, precum și reînnoirea organismului integru dintr-o anumită parte a lui, este numită *reparativă*, în timp ce regenerarea, care nu este legată de afectarea sau de pierderea a părților organismului – *fiziologică*. Regenerarea fiziologică asigură integritatea și funcționarea normală a anumitor țesuturi, organe sau a întregului organism.

*Regenerarea se numește deplină*, când țesutul afectat sau pierdut este înlocuit cu unul identic și peste un timp oarecare locul afectării este imposibil să fie recunoscut (regenerarea epidermisului pielii, învelișurile mucoase, măduva oaselor la om etc.). *Regenerarea incompletă* are loc nu nemijlocit în locul afectării, dar pe contul țesutului, care îl înconjoară. În cazul dat segmentul afectat este completat de țesutul unit și formează o cicatrice (fig. 43.2).

Capacitatea de regenerare este determinată ereditar. Însă asupra acestui proces pot influența atât factorii externi, cât și cei ai mediului intern. Sub influența lor desfășurarea proceselor de regenerare poate fi dereglat. Atunci are loc regenerarea patologică. La om ea poate fi cauzată de dereglările nervoase sau hormonale, alimentația neechilibrată (lipsa în hrană a proteinelor, vitaminelor), reducerea imunității etc.

În lumea animalelor odată cu creșterea nivelului de organizare capacitatea la regenerare se reduce. Astfel, la



Fig. 43.2. Formarea cicatricei pe pielea omului (datorită vitezei mare de înmulțire celulele de unire a țesuturilor completează sectorul afectat, formând țesutul cicatricei)



Fig. 43.1. Exemple de regenerare:  
1 – regenerarea cozii pierdute la șopârlă;  
2 – regenerarea organismului integru dintr-o singură rază a stelei de mare



păsări și mamifere (și la om, inclusiv) regenerarea se manifestă numai la cicatrizarea rănilor, creșterea oaselor, completarea celulelor și țesuturilor.

Capacitatea de regenerare este bine dezvoltată la plante. Ele pot reinnoi țesuturile și organele afectate, de asemenea și organismul integru dintr-o anumită parte a lui. Un rol important în procesul de regenerare a plantelor superioare aparține meristemului, celulele căreia sunt capabile să se divizeze, diferențieze și să dea începutul diferitor tipuri de celule. Procesele de regenerare la plante sunt reglate de substanțele biologic active – fitohormonii, care stimulează divizarea și divizarea celulelor în sectoarele afectate.

**Stimularea proceselor de regenerare.** În condițiile firești ale experimentului la mamifere unele organe nu se regenerează (creierul și măduva spinării) sau procesele de reinnoire sunt exprimate slab (oasele craniului, vasele sangvine, extremitățile). Pentru depășirea acestei probleme au fost elaborate metode care oferă posibilitatea de stimulare artificială a proceselor de regenerare. De ele țin: înlocuirea organului înlăturat sau mort cu transplant sau folosirea carcabei. Procesele de regenerare pot fi stimulate și cu ajutorul substanțelor biologic active. Aceștia sunt anumiți hormoni, care stimulează procesele de creștere (hormonii hipofizei, glandei tiroide, glandelor suprarenale), extracte din țesuturile respective ale animalelor sau plantelor etc.

Interesant să știi



Dacă la amfibii cu coadă (de exemplu, tritonii, salamandrele) în locul înlăturării extremității crește alta, arunci la cele fără coadă (la broaște, bunăoară) locul afectării se cicatrizează cu formarea monturilor (parte a extremităților care rămâne după înlăturare) (fig. 43.4). Dacă un astfel de monturi pot fi stimulate cu diferite iritații mecanice sau compuși chimici, regenerarea reparativă devine posibilă. Asemenea rezultate experimentale au fost obținute în timpul regenerării extremităților la puii de guzani.



Fig. 43.4. Procesele de regenerare la diferite grupe de amfibii: 1 – regenerarea extremității tritonului (amfibii cu coadă): aproximativ după 5 luni extremitatea regenerată devine la fel ca cea pierdută; 2 – la broaște (amfibii fără coadă) extremitățile pierdute nu se reinnoiesc

### **Termeni și nuanțe-cheie**

regenerarea fiziologică și reparativă.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Ce este regenerarea? 2. Ce înseamnă regenerarea fiziologică și reparativă? 3. De ce poate depinde capacitatea animalelor la regenerarea reparativă? 4. La care grupuri de animale regenerarea reparativă este dezvoltată mai bine? 5. Cum pot fi stimulate procesele de regenerare la animale? 6. Caracterizați procesele de regenerare la plante.

#### **Chibzuți**



Cum stimularea proceselor de regenerare pot fi folosite în medicină?

## §44. PARTICULARITĂȚILE PROCESELOR DE REGENERARE LA OM. ROLUL CELULELOR STEM ÎN PROCESELE DE REGENERARE

**Amintiți-vă** cum pot fi stimulate procesele de regenerare. Care este structura rinichilor și inimii omului? Care celule sunt numite stem? Care este rolul vitaminelor în asigurarea schimbului normal de substanțe în organismul omului? Ce este expresia genelor? Ce este antigen și anticorpi? Care este structura neuronilor și sinapselor?

**Particularitățile proceselor de regenerare în organismul omului.** Procesele de regenerare în organismul omului sunt limitate. Din păcate, nici unul din organele pierdute definitiv nu poate fi regenerat. La om este bine dezvoltată capacitatea de regenerare a epidermei (ceea ce ați observat nu o dată în propria experiență) și a derivaților lui: unghiile, statul cu păr. Dacă imediat după accidentare omul se adresează instituției medicale specializate, este posibilă reînnoirea vârfurilor degetelor. Sunt capabile de a se regenera oasele fracturate. O capacitate mare de regenerare are ficatul. Imaginați-vă: după pierderea a 75% din corpul său, ficatul își regenerează masa inițială și volumul.

În dependență de capacitate de regenerare celulele omului și ale altor mamifere pot fi împărțite în trei grupe. Din prima grupă fac parte celulele epidermei, țesutului epitelial al mucoasei tubului digestiv, elementele figurate ale sângelui, care se înnoiesc foarte repede și ușor. Celulele din grupa a doua (de exemplu, ale ficatului, pancreasului, glandei salivare) se înnoiesc mai lent. Celulele din grupa a treia (cum ar fi, de exemplu, ale țesutului osos – osteocitului) nu sunt capabile de divizare. Au o capacitate slabă de regenerare țesutul nervos (anterior această capacitate era negată). În limitele sistemului nervos central este posibilă crearea noilor neuroni și compușilor lor (sinapselor) cu neuronii formați mai înainte.

Procesele de regenerare au loc în rezultatul interacțiunilor intercelulare și între țesuturi sub influența substanțelor biologic active (hormonilor, neurohormonilor), sistemelor nervoase și imunitare. Ele sunt reglate de sistemele nervos, endocrin, imunitar. La tineri procesele de regenerare sunt exprimate mai bine, decât la oamenii de vârstă înaintată. Procesele de regenerare se desfășoară mai lent în cazul epuizării capacităților organismului, foamei îndelungate, lipsei insuficiente de vitamine în organism.

Interesant să știți



Savanții de la Institutul Wistar (Philadelphia, SUA) au descoperit la șoareci o genă (p21) care blochează capacitatea de regenerare. În lipsa acestei gene (sau când această genă devine inactivă) la animale apare capacitatea de a regenera partea afectată sau pierdută. În locul afecțiunii la ei apărea o acumulare de celule omogene, capabile la înmulțirea intensivă, creșterea rapidă și la diferențierea în continuare. Datorită acestor procese, care se aseamănă cu formarea tumorilor, în continuare are loc regenerarea țesutului afectat sau a organului. Se presupune că „neutralizarea” pe o perioadă de timp a genei respective la om va da posibilitate să fie intensificate procesele de regenerare. Oare într-adevăr activismul acestei gene dăunează organismul, lipsindu-l de capacitatea de regenerare? S-a determinat că prin frânarea capacității celulelor la divizări nelimitate, această genă apără organismul de crearea tumorilor, inclusiv benigne.

În cazul afectării epidermei pielii sau a țesutului epitelial al mucoasei intestinelor procesele de regenerare au loc pe contul înmulțirii celulelor și diferențierii lor în continuare. În alte cazuri (de exemplu, la regenerarea a unei părți a ficatului) se reînnoiește nu partea organismului separată sau moartă, ci masa și volumul lui. Asemenea procese de regenerare pot fi legate de hipertrofia celulelor: atât mărirea dimensiunilor lor, cât și mărirea numărului și dimensiunilor anumitor

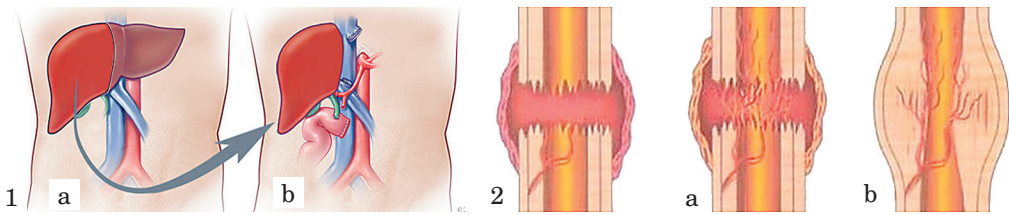


Fig. 44.1. Regenerarea organelor la om. 1. Transplantarea ficatului la om: a – la omul-donator pe cale chirurgicală este separată o parte a ficatului și este transplantaată la alt om – recipient (b). După un timp oarecare la donator și recipient volumul și masa ficatului pot fi mărite. 2. Creșterea oaselor după fracturare: a – procesele de regenerare încep pe contul periostului, mai departe pe contul țesutului cartilaginos se înnoiesc straturile interne ale osului; b – părțile afectate ale osului se unesc între ele prin creșterea – calozitatea osoasă, în care țesutul cartilaginos este înlocuit cu cel osos

organite. Intensitatea proceselor de activitate vitală a acestor celule crește. Aceasta, de exemplu, se observă în cazul înlăturării a unuia din organele pereche. Astfel, în cazul înlăturării unuia dintre rinichi, celălalt are o încărcătură mai mare și se mărește în dimensiuni, crește masa lui. După înlăturarea prin intervenție chirurgicală a unei părți a ficatului, se observă hipertrofia celulelor ei în interiorul părții neafectate. Datorită unor astfel de procese în decursul a câtorva săptămâni se reînnoiește masa ficatului și volumul acestui organ (fig. 44.1, 1).

După fracturarea osului regenerarea lui se produce, în primul rând, datorită celulelor osteogene din straturile interne ale periostului. Aceste celule țin de celulele stem. Dacă mediul conține mult oxigen, ele se diferențiază în osteoblaste – celule, funcția principală a cărora este participarea la formarea matricei organice a oaselor. Dacă conținutul de oxigen este redus, ele se diferențiază în celule care pun începutul celulelor țesutului cartilaginos. În cazul fracturării corpului oaselor între capetele fragmentelor se formează o structură deosebită – calozitatea osoasă, care joacă un rol important în procesele de creștere a lor. Deoarece celulele osteogene din stratul extern al calozității osoase se înmulțesc mai repede decât vasele sangvine din ele, din cauza lipsei de oxigen se formează țesutul cartilaginos, care completează calozitatea osoasă (fig. 44.1, 2). În măsura completării cu compuși minerali țesutul cartilaginos este înlocuit cu unul osos cu aspect buretos. Apoi osul buretos este înlocuit cu unul compact. Astfel este regenerată structura normală a osului, care regenerează. Procesul de transformare a calozității osoase în os normal durează aproape un an. Odată cu vârsta la om crește conținutul de substanțe neorganice în oase, de aceea capacitatea lor de regenerare se reduce.

Procesele de regenerare la om sunt studiate de medicina regenerativă. Aceasta este o direcție actuală a medicinei, care se preocupă de reînnoirea țesutului sau a organului afectat în urma accidentului sau a bolii prin stimularea proceselor interne de reînnoire cu participarea celulelor stem proprii sau prin transplantarea acestor celule, primite de la donator. Medicina regenerativă a apărut în rezultatul strânsei interacțiuni între biologie, medicină și inginerie.

**Aplicarea celulelor stem pentru tratarea diferitor boli, reînnoirea organismului după accidente, prevenirea îmbătrânirii înainte de timp se numește *terapie celulară*.** Este vorba de folosirea celulelor vii de diferite origini, care, în cazul introducerii în organismul pacientului, sunt capabile la

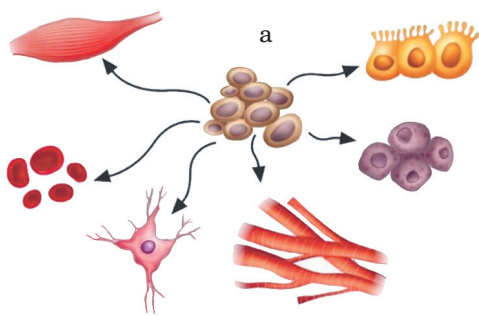


Fig. 44.2. Din cultura celulelor stem (a) se pot obține celule ale diverselor tipuri de țesuturi. *Sarcină:* caracterizați celulele, reprezentate în imagine

terne numai una din două celule-fiice se diferențiază, iar a doua rămâne celulă stem (nediferențiată) (fig. 44.3). Spre deosebire de alte celule, capabile la divizare, celulele stem se pot diviza de foarte multe ori. În afară de aceasta, ele sunt rezistente la afecțiunile cauzate de diferiți factori. În timpul îmbătrânirii organismului numărul celulelor stem se reduce, respectiv se reduce și capacitatea organismului la regenerare. O particularitate importantă a celulelor stem este capacitatea lor de a factorii proteici ai creșterii.

Dezvoltarea animalelor multicelulare și a omului începe de la divizarea primei celule stem – ovulul fecundat (zigot) sau nefecundată (în cazul partenogenezei), apoi asigurând formarea tuturor țesuturilor și organelor. Activismul celulelor stem și capacitatea lor la diferențierea în continuare este reglată de un complex de gene (în momentul de față sunt cunoscute mai mult de 600).

Celulele stem ale omului sunt de două tipuri. Primul – celulele stem embrionare, capabile la înmulțirea nelimitată și la punerea începutului oricărui tip de celule specializate. Acest tip de celule stem pot fi ținute în cultură în stare nediferențiată un timp nelimitat. Asemenea culturi se folosesc pe larg atât la cercetări experimentale, cât și la terapia celulară. De al doilea tip de celule stem țin celulele stem din organismul matur (de exemplu, celulele stem ale măduvei osoase roșie).

### Termeni și nuanțe-cheie

medicina regeneratoare, terapia celulară, celulele stem.

funcționare activă. În rezultatul acestor funcții un anumit organ sau țesut se reînnoiește sau de îmbunătățește.

**Celulele stem și rolul lor în procesele de regenerare. Să ne amintim:** celulele, care participă la procesul de formare a țesuturilor (histogeneza), sunt celule stem (nematurizate), semistem (celule-precursori) și diferențiate (maturizate). Celula stem este capabilă la divizare și la diferențierea în continuare, ele pun începutul noilor celule în timpul formării țesutului sau în procesul de regenerare (fig. 44.2).

Celulele stem sunt capabile la auto-susținere. După divizarea celulei ma-

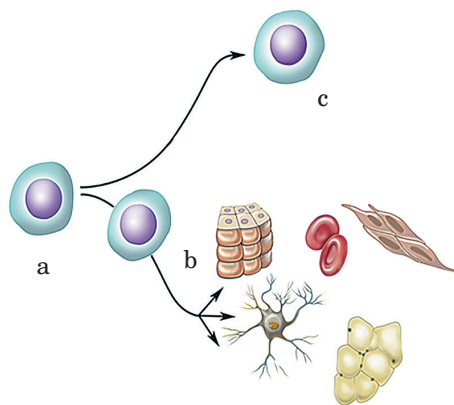


Fig. 44.3. particularitățile celulelor stem: după divizarea celulei stem materne (a) una din celulele-fiice pune începutul celulei-precursori, care apoi se transformă în unul din tipurile celulelor diferențiate (b), alta rămâne celulă stem nediferențiată și își menține capacitatea de divizare (c)

### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt particularitățile proceselor de regenerare în organismul omului? 2. Care țesuturi și organe ale omului regenerează mai bine, iar care – mai rău? 3. Ce este medicina regenerativă? Ce sarcini stau în fața ei? 4. Ce prezintă terapia celulară? 5. Ce înseamnă celule stem? 6. Care este rolul celulelor stem în procesele de regenerare? 7. Care tipuri de celule stem sunt în organismul omului?

### Chibzuiți



Ce este comun și deosebit în procesele dezvoltare embrionare a omului și animalelor și de regenerare reparativă?

## §45. REALIZĂRILE ACTUALE ALE MEDICINII REGENERATIVE ȘI TRANSPLANTOLOGIEI

**Amintiți-vă** de rolul celulelor stem în procesele de regenerare. Care este structura rinichilor și inimii omului? Ce este expresia genelor? Ce sunt antigenele și anticorpii? Care probleme rezolvă medicina regenerativă?

**Realizările actuale ale medicinei regenerative.** În timpul nostru medicina regenerativă a înregistrat succese însemnate prin elaborarea metodelor de tratare a diferitor boli, în deosebi ale ficatului (regenerarea după afecțiuni), bolilor cardio-vasculare (tratarea cu ajutorul celulelor stem a mușchiului cardiac afectat), bolilor de ochi (reînnoirea vederii pacienților cu defectarea corneei), accidentelor sistemului nervos central (inclusiv a afectărilor măduvei spinării) etc.

Una dintre cele mai periculoase boli ale omului este diabetul zaharat tipul I, în timpul căreia pancreasul încetează să producă hormonul insulină, iar drept rezultat crește brusc nivelul de zahăr în sânge (chibzuiți de ce). Persoanele care suferă de această boală pentru tată viața rămân dependenți de injecțiile permanente cu insulină. În prezent pentru tratarea diabetului zaharat de tipul I este posibilă aplicarea metodei, potrivit căreia din pancreasul donatorului sunt alese celulele, capabile să sintetizeze insulina și le introduc oamenilor cu diabet.

Încă în anii 80 ai secolului al XX-lea cercetătorii s-au învățat să transplanteze o fibră de mușchi în segmentul afectat, care după aceasta se reînnoiește. Analogic pentru regenerarea oaselor bazei craniului omului în segmentul afectat se introduce țesut osos, care stimulează procesele de regenerare. Secolul al XXI-lea a adus noi descoperii în acest domeniu. Multe realizări în domeniul medicinei regenerative și terapiei celulare sunt legate de aplicarea celulelor stem.

Folosirea celulelor stem în medicină. În prezent, datorită folosirii celulelor stem în fața medicinei se deschid perspective largi. În primul rând, elaborarea metodelor potrivit cărora celulele stem în culturile de laborator un timp îndelungat rămân nediferențiate, oferă posibilitatea de a dispune de material necesar pentru cercetări științifice și tratarea pacienților.

O altă direcție de studiere a celulelor stem este cea de studiere a capacității lor de a migra în segmentul afectat și de a se include în divizarea și diferențierea în continuare. Încă o direcție este descoperirea factorilor sub influența cărora urmașii celulelor stem se pot diferenția necesară pentru om (contactele cu celulele vecine, substanțele biologic active etc.). Astfel pot fi folosite celulele sau țesuturile pentru regenerarea țesuturilor și organelor afectate și tratarea diferitor boli ale omului. De exemplu, în mod experimental pot fi stimulate celulele măduvei osoase roșii, care asigură procesele de creare a sângelui (formarea elementelor figurate ale sângelui), în așa fel, încât ele pun începutul neuronilor.

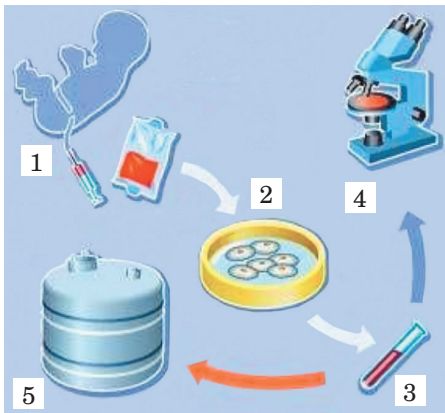


Fig. 45.1. Metoda creării băncii de cordon ombilical: 1 – acumularea cordonului ombilical; 2 – colectarea celulelor stem; 3 – eprubeta cu celule; 4 – testarea; 5 – crioconservarea și păstrarea

Creșterea organelor din celule stem în afara organismului oferă posibilitatea să fie rezolvată problema obținerii cantității necesare de material donator pentru transplantarea organelor. De exemplu, din celulele stem pot fi create celulele mușchiului cardiac cu transplantarea lor în continuare pacienților care suferă de boli cardiace. Este important ca organele și țesuturile transplantate să nu dăuneze organismului reci-

ipientului.

O direcție cu perspectivă de folosire a celulelor stem este crearea băncii de cordon ombilical – colectarea sângelui la noii-născuți din placenta și venei cordonului ombilical (fig. 45.1). Celulele stem ale cordonului ombilical au o capacitate mare de divizare și diferențiere. Celulele stem, obținute pe această cale, pot un timp îndelungat să se păstreze și să fie folosite pentru tratarea anumitor boli (de exemplu, oncologice, cardio-vasculare) atât la donator, cât și la alți oameni.

### Memorizăm

Donator potențial de celule stem, obținute din măduva osoasă roșie, poate deveni un om în vârstă de la 18 la 55 de ani, care niciodată n-a fost bolnav de hepatita B sau C, SIDA, tuberculoză, malarie, tumoare malignă, nu are dereglări psihice etc.

**Realizările actuale ale transplantologiei.** Nu întotdeauna țesuturile sau organele afectate pot fi regenerare, chiar și cu folosirea celulelor stem. Atunci se recurge la transplantarea țesuturilor și organelor.

**Transplantarea (din latină *transplantatio* – a transplanta) înseamnă plantarea în organism a țesuturilor sau organelor (în deosebi, a cristalului ochiului, rinichilor, ficatului), obținute de la alt organism sau create artificial.** Ramura medicinei, care se preocupă de problemele plantării (transplantării) organelor și țesuturilor, se numește transplantologie.

Știți deja că organismul, în care este transplantate țesuturile sau organele, se numește recipient, iar acel organism, de la care se iau acestea – donator. În rolul de donator poate fi însuși organismul, în care se face transplantarea. Astfel, pielea din segmentele neafectate poate fi plantată pe segmentele afectate (de exemplu, în rezultatul arsurilor grele). În aceste cazuri țesuturile și organele transplantate se prind mai bine. Este verosimilitatea prinderii țesuturilor și organelor transplantate dacă donatorii sunt rude apropiate ale recipientului, inclusiv gemeni.

### Interesant să știți

Prima în lume transplantare a organelor a fost efectuată de concetățeanul nostru Iu. Iu. Voronyi (fig. 45.2). În anul 1933, la Herson el a transplantat la om un rinichi, obținută de la un donator care a murit. Fondatorul transplantologiei este considerat chirurgul și fiziologul francez Alexis Carrel (1873-1944). El a experimentat transplantarea

Fig. 45.2. Voronyi Iurii (1895-1961) – renumit chirurg ucrainean, doctor în științe medicale, profesor. A învățat la Facultatea de Medicină a Universității „Sfântul Volodymyr” din Kiev. A participat la lupta istorică cu unitățile Gărzii Roșii ruse de lângă Kruty



organelor de mare importanță vitală pentru organism, inclusiv a inimii, și conservarea lor. Pentru cercetările sale în 1912 a fost distins cu Premiul Nobel pentru fiziologie și medicină. Prima transplantare a inimii de la om la om în anul 1967 a fost efectuată de cardiochirurgul din Republica Africană de Sud, Cristian Bernard (1922-2001).

Cel mai des sunt transplantate măduva osoasă roșie, rinichii, ficatul, inima, iar în ultimul timp – și intestinul subțire, plămânii, traheea, pancreasul. Foarte ușor este realizată transplantarea pielii. Există metode care dau posibilitate ca dintr-un segment neînsemnat de piele să se obțină un număr mare de material de transplantare.

În timpul transplantării apar anumite probleme, care necesită rezolvare. În primul rând, organele care urmează să fie transplantate trebuie să fie vii. De aceea ele sunt conservate, iar perioada de timp de la luarea de la donator și până în momentul transplantării la recipient trebuie să fie minimă (fig. 45.3). Astfel, durata medie a vieții rinichiului luat de la donator este de 6-7 ore, a ficatului – de 6-24 de ore, a inimii – de numai 3 ore. În al doilea rând, organismul recipientului primește organul transplantat ca ceva străin, încercând să-l regenereze. Pentru ca organul transplantat să nu fie regenerat, pe o anumită perioadă de timp în mod artificial este deprimat sistemul imunitar al recipientului.

Cu luarea în considerare a recomandărilor Organizației Mondiale a Sănătății (OMS) a fost adoptată Legea Ucrainei „Cu privire la transplantarea organelor și a altor materiale anatomiche ale omului”. El determină condițiile și ordinea aplicării transplantării ca metodă specială de tratament, chemată să asigure respectarea în Ucraina a drepturilor omului și apărarea demnității omului la aplicarea transplantării și la desfășurarea altei activități, legate de ea. În deosebi, baza legislativă trebuie să asigure colectarea nelegitimă și folosirea materialului pentru transplantare.

De asemenea, este importantă munca de lămurire în rândurile populației cu scopul formării unei opinii publice pozitive referitoare la însemnătatea operației de transplantare a organelor. Oamenii trebuie să înțeleagă că organele omului care a decedat în caz de necesitate pot salva o altă viață. Deci, dezvoltarea transplantologiei trebuie să se bazeze pe o bază juridică perfectă și pe principiile bioeticii (învățăturile despre aspectul moral al activității omului în domeniul biologiei și medicinei; principiile bioeticii le vom studia mai detaliat la anul viitor).

Transplantologia contemporană a înregistrat succese însemnate și în fața ei s-au deschis perspective enorme. Deja în prezent este obținut un rezultat pozitiv în privința transplantării pancreasului, rinichiului sau a ficatului în circa 75% de cazuri, inimii – în 70% din cazuri. Recordul de prelungire a vieții cu inimă transplantată constituie 30 de ani, stabilit de pacientul american Toni Hosman.

Una din direcțiile de soluționare a problemei de obținere a numărului necesar de țesuturi și or-



Fig. 45.3. Container special pentru transportarea organelor omului pentru transplantare

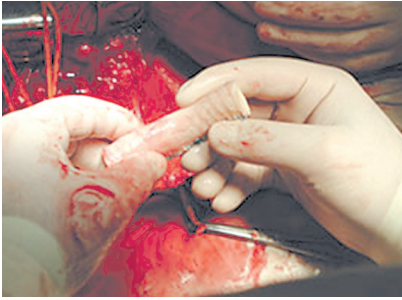


Fig. 45.4. Exemplu de organ biosintetic: segmentul troheii la om, creat artificial și pregătit pentru transplantare

gane pentru transplantare este crearea țesuturilor și organelor sintetice. În deosebi, pentru regenerarea organelor afectate sau pierdute sunt folosite așa-numitele organe biosintetice, create cu folosirea celulelor sau a țesuturilor vii (fig. 45.4).

În medicina contemporană pentru regenerarea organelor interne sunt aplicate carcace poroase, pe care cresc țesuturile care regenerează. Aceste țesuturi cresc prin porii carcacei și astfel de reînnoiește integritatea organismului. Această metodă este eficientă în timpul reînnoirii vaselor sanguine, uretere, vezicii biliare, esofagului, bronhiilor etc. În prezent specialiștii din Israel finalizează lucrările de

elaborare a pancreasului biosintetic, care va putea fi transplantat la persoanele, bolnave de diabet zaharat de tipul I.

Trebuie să ținem minte că transplantarea organismelor vii prevede intervenția chirurgicală, care urmează să fie asigurată cu sânge și inervații. De aceea este necesară o terapie intensivă până și după operație. În schimb, introducerea culturii cu celule în organismul pacientului este o procedură chirurgicală relativ simplă, aidoma unei injecții.

În transplantologie, de asemenea, sunt folosite organe sintetice, obținute fără ajutorul celulelor și țesuturilor vii, de exemplu, înlocuirea articulațiilor afectate pe altele sintetice.

### **Termeni și nuanțe-cheie**

bănci de cordon ombilical, transplantare, transplantologie.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Ce succese au fost obținute în domeniul medicinei regenerative? 2. Care particularități ale celulelor stem operă posibilitatea folosirii lor în medicină? 3. Ce înseamnă bănci de cordon ombilical? Cu ce scop ele sunt create? 4. Ce este transplantologia? Ce sarcini stau în fața ei? 5. Care probleme urmează să fie rezolvate prin transplantarea țesuturilor și organelor, obținute de la alt om? 6. Care organe sunt numite biosintetice? Care este perspectiva folosirii lor?

#### **Chibzuiți**



Ce probleme cu caracter etic pot apărea la obținerea materialului donator pentru transplantare?

## **§46. Metodele de înmulțire a celulelor eucariotelor**

**Amintiți-vă** ce sunt apoptoza și necroza. Care organite sunt caracteristice pentru celulele eucariote? Care sunt particularitățile structurii lor? Prin ce se deosebesc garniturile de cromozomi ale celulelor sexuate și asexuate ale organismelor multicelulare? Care garnituri de cromozomi sunt numite haploide, diploide și poliploide? Ce sunt interfaza, cromozomii omologi, centromerele, ciclul vital??

Să ne amintim de principalele mijloace de diviziune a celulelor eucariotelor: mitoza și meioza.

На малюнку 46.1 схематично зображено клітинний цикл. Він складається з Characteristica comparativă a proceselor mitotice și meiotice de divizare a celulelor. În figura 46.1. este redat schematic ciclul celular. El este compus din perioada divizării (în cazul nostru este vorba de mitoză) și din perioada interfazei. Să ne



amintim, interfaza este perioada între două diviziuni succesive ale celulei sau de la încheierea ultimei diviziuni până la moartea celulei.

Știm deja că sunt două variante ale morții celulei: necroza și apoptoza. În cazul necrozei celulele mor în rezultatul afectării membranei plasmatică, schimbării ireversibile a mitocondriilor, nucleelor, care duc la încetarea funcțiilor lor vitale. De obicei, mor grupuri însemnate de celule. De aceste procese pot fi legate boli grele ale omului, de exemplu, atacul de cord. În segmentele cu celule moarte apar leucocitele și se dezvoltă procesele de inflamație. În cazul apoptozei celulele mor fără afecțiuni sau fără influența substanțelor toxice. Doar fiecare celulă, la fel ca și organismul multicelular integru, se caracterizează printr-o anumită durată a vieții, programată ereditar.

În interfază celula crește, sunt sintetizate proteinele și alți compuși organici. În această perioadă se acumulează activ energia, necesară pentru realizarea următoarei diviziuni a celulei. Procesele de sinteză au loc cel mai activ în perioada interfazei, numită sintetică (perioada-S). În acest moment se dublează molecula de ADN, se divizează mitocondrii, plastidele. Durata de timp între diviziunea anterioară a celulei și perioada sintetică se numește presintetică (perioada-G1), iar între perioada sintetică și începutul diviziunii următoare – postsintetic (perioada – G2, fig. 46.1). Durata interfazei, de regulă, constituie 90% din timpul ciclului celular. Drept stimul pentru următoarea diviziune a celulei este atingerea de către ea a anumitor dimensiuni în interfază.

Metoda principală de diviziune a celulelor eucariote – mitoză – este compusă din patru faze: profaza, metafaza, anafaza și telofaza (fig. 46.2). Profaza începe de la consolidarea firelor cromatinei: cromozomii se scurtează și devin mai plini. Treptat dispar nucleele și cromozomii nimeresc în citoplasmă. La majoritatea celulelor, în timpul diviziunii învelișul nucleic se fragmentează și dispore. Concomitent începe formarea fusului diviziunii. Fibrele lui se fixează de cinetocori – structuri proteice, stabilite în sectorul centromerelor (sau strângerea inițială), și cromozomii încep să se miște spre partea centrală a celulei (fig. 46.2, 1).

În timpul metafazei se încheie consolidarea cromozomilor și formarea fusului de divizare. Cromozomii se „aliniază” în centrul celulei, iar centromerele lor se plasează la aceeași distanță de polii celulei. În compoziția fiecărui cromozom intră câte două cromatide, unite în sectorul centromerelor (fig. 46.2, 2). Cea mai scurtă fază a mitozei este anafaza: cromatidele se separă una de alta și încep să se îndrepte spre diferiți poli ai celulei (fig. 46.2, 3).

Telofaza durează din momentul încetării mișcării cromozomilor (fiecare dintre el este reprezentant de o singură cromatidă) spre polii celulei și până la crearea a

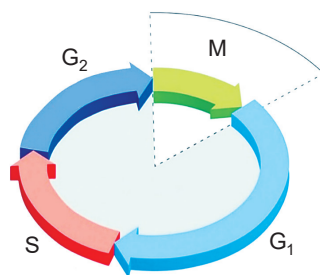
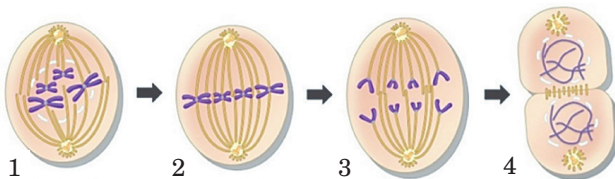


Fig. 46.1. Ciclul celular: M – diviziunea mitotică, care include diviziunea nucleului și diviziunea citoplasmei; trei perioade a interfazei: G1, S (perioada în care se produce replicarea moleculei de ADN) și G2

Fig. 46.2. Diviziunea mitotică. 1 – profaza; 2 – metafaza; 3 – anafaza; 4 – telofaza. Sarcină: caracterizați fazele aparte ale mitozei



două celule fiice (fig. 46.2, 4). La începutul telofazei cromozomii se despiralizează. În jurul fiecăruia din doi compuși ai cromozomilor se formează membrana nucleară, apare nucleul, treptat dispăre fusul de diviziune. Spre sfârșitul telofazei se divide citoplasma celulei materne și se formează două celule fiice. .

**Însemnătatea biologică mitozei constă în aceea că ea asigură transmiterea precisă a informației ereditare de la celula maternă la celulele fiice în decursul mai multor cicluri celulare succesive.** Fiecare din cele două celule fiice primesc nu numai numărul identic de cromozomi, susținând stabilitatea cariotipului în decursul multor generații, ci și garnitură identică de informație ereditară. Deci, procesul mitozei asigură stabilitatea existenței anumitor specii biologice în decursul unei îndelungate perioade de timp istorice.

### Einteresant să știi



Anterior diviziunea celulelor eucariote fără formarea fusului de diviziune era numită amitoză (din elenă a – negație și mitos – fir). În prezent acest termen aproape că nu este folosit. O astfel de diviziune se observă în celulele, care au cunoscut schimbări patologice sau sunt supuse pieririi (de exemplu, celulele care îmbătrânesc, celulele tumorii sau ale învelișului embrionar al animalelor vertebrate). Însă se păstrează învelișul nuclear, iar materialul ereditar este împărțit întâmplător.

Meioza are loc numai în organismele pentru care este caracteristic procesul sexual. În timpul contopirii celulelor sexuate garnitura de cromozomi a zigotului se dublează, de aceea înainte de crearea celulelor sexuate garnitura de cromozomi a lor trebuie să se reducă de două ori. Deci, datorită meiozei la speciile care se înmulțesc pe calea sexuală, garnitura de cromozomi este permanentă.

Spre deosebire de mitoză, meioza include două diviziuni succesive, interfaza între care este redusă. Fiecare din aceste diviziuni, ca și la mitoză, este compusă patru faze succesive: profaza, metafaza, anafaza și telofaza.

Sarcină: folosindu-vă de desenul de pe forzațul II, precum și de diferite surse de informație, numiți trăsăturile comune și diferite între mitoză și diviziunile prima și a doua meiotice.

Deci, după două diviziuni meiotice succesive ale celulei materne diploide se formează patru celule fiice haploide, care se pot deosebi după garnitura de informație ereditară. Procesul de distribuire a informației ereditare în timpul a două diviziuni meiotice este redat în figura 46.3.

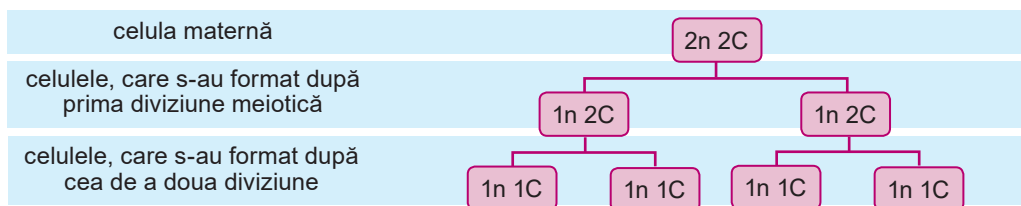
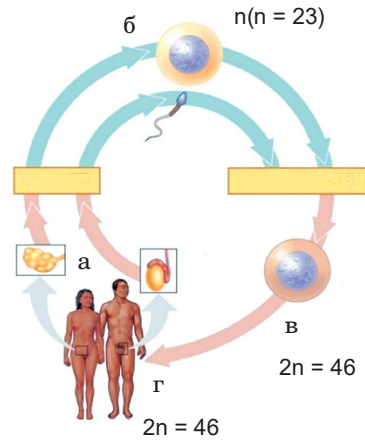


Fig. 46.3. Distribuirea materialului ereditar între celulele fiice în procesul a două diviziuni meiotice (n- numărul de garnituri de cromozomi ale celulei; C – numărul de cromatide în componența cromozomilor); atrageți atenția: în rezultatul a două diviziuni meiotice fiecare din cele patru celule formate moștenește un cromozom din fiecare pereche omologă, iar de la fiecare cromozom – numai o singură cromatidă de la fiecare pereche

Însemnătatea biologică a meiozei constă nu numai în faptul, că acesta este un mecanism perfect de asigurare a durabilității cariotipului speciilor care se înmul-

Fig. 46.4. Ciclul vital al omului: a – în glandele sexuate datorită meiozei sunt formate celulele sexuate, care au o garnitură de cromozomi haploidă (1 n); b – în timpul fecundării zigotul devine diploid (2 n); din zigotul diploid (c) se dezvoltă organismul (d) diploid (2 m) maturizat sexual a b c d



țesc pe cale sexuată. Ea, de asemenea, asigură variabilitatea ereditară a organismelor.

Locul meiozei în ciclul vital al eucariotelor. La diferite feluri de organisme diviziunea meiotică poate avea loc în diferite perioade ale ciclului vital. De exemplu, la unele eucariote heterotrofe unicelulare parazitare (în deosebi la Plasmodium malaric), la unele alge (Chlamydomonas etc.) meioza este prima diviziune a zigotului. La asemenea organisme numai zigotul este diploid, iar celelalte faze ale ciclului vital are garnitura de cromozomi haploidă.

La animalele multicelulare și la om, dimpotrivă, cea mai mare parte a ciclului vital este reprezentată de celule diploide, haploide sunt numai celulele sexuate. La aceste organisme meioza este precursorul creării celulelor sexuate (fig. 46.4).

La plantele superioare cu spori (mușchi, ferigi, Equisetum, brădișori) meioza are loc în timpul formării sporilor. Din ei se dezvoltă o generație sexuată haploidă, care formează celule sexuate haploide. Din ovulul diploid fecundat se dezvoltă generația asexuată diploidă. O jumătate din ciclul vital al acestor organisme este reprezentată de celule haploide, iar cea de a doua jumătate – de celule diploide.

Deci, la organismele, în care meioza decurge în timpul creării celulelor sexuate, toate stadiile ciclului vital, începând de la zigot, sunt diploide, numai celulele sexuate sunt haploide. În organismele, în care meioza constituie prima diviziune a celulei, toate stadiile ciclului vital, cu excepția zigotului, sunt haploide. Mai rar în ciclul vital pot succeda generațiile sexuate haploide și cele asexuate diploide.

### Termeni și nuanțe-cheie

ciclu celular, interfază, mitoză, meioză.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Din câte perioade este compus ciclul celular? 2. Care este însemnătatea interfazei pentru existența celulei?
3. Din câte faze este compusă mitoză? Care este însemnătatea ei biologică? 4. Din câte diviziuni este compus procesul meiozei? 5. Cum meioza contribuie la mărirea variabilității ereditare a organismelor? 6. Care este însemnătatea biologică a meiozei? 7. Ce este comun și diferit la procesele meiozei și mitozei?

#### Chibzuți



Oare pot exista speciile în decursul perioadelor istorice îndelungate, dacă în timpul mitozei nu s-ar fi produs transmiterea exactă a informației ereditare de la celulele maternelor la cele fiice? Argumentați răspunsul.

## Ş47. CREŞTEREA ŞI DEZVOLTAREA CELULELOR. FACTORII CARE INFLUENŢEAZĂ ASUPRA LOR

**Amintiți-vă** din ce perioade este compus ciclul celular. Prin ce se caracterizează diviziunile mitotic și meiotic ale celulei? Care este structura și funcțiile sinapselor? Care sunt funcțiile sistemului nervos vegetativ? Ce este homeostaza?

Reglarea creșterii și dezvoltării celulelor? Toate procesele înmulțirii, creșterii și dezvoltării sunt reglate atât datorită expresiei genelor respective, cât și de substanțe biologice active. Celula crește și se dezvoltă în timpul interfazei, când se dublează moleculele de ADN și sunt sintetizați alți compuși organici. Atingând anumite dimensiuni, ea deseori obține capacitatea pentru următoarea diviziune. Însă sunt celule, care în procesul dezvoltării își pierd capacitatea de divizare. Astfel, asupra pierderii capacității de divizare a eritrocitelor și trombocitelor influențează, în primul rând, lipsa la ele a nucleului. Capacitatea de divizare o pot pierde și alte tipuri de celule diferențiate ale omului, de exemplu, osteocitele.

De mecanismele de reglare a diviziunii, creșterii, dezvoltării și diferențierii celulelor țin diferite variante ale interacțiunii coordonate între celulele animalelor multicelulare și omului. Aceste organisme au un sistem complicat interacțiuni de semnalare, când complexe de proteine semnalizatoare interacționează cu membranele celulelor-țintă și nimeresc în interiorul celulei.

Pe suprafața fiecărei celule sunt receptori, datorită cărora celula recunoaște diferite influențe din exterior, inclusiv diferite substanțe biologice active. Asemenea receptori oferă posibilitatea să fie recunoscută și o altă celulă, asemănătoare. Acești receptori funcționează potrivit regulii „cheie-lacăt” (amintiți-vă: conform cărui principiu interacționează și fermenții cu substanțele care intră în reacție). Interacțiunea semnalului din afara celulei cu receptorul de pe membrană în activează pornește o cascadă de procese în celulă, în rezultatul cărora celula reacționează adecvat la acest semnal.

Semnalele externe pot fi atât fizice (temperatura, radiația ionizantă sau electromagnetică etc.), cât și chimice (hormonii, neurohormonii, neuromediatorii, factorii creșterii celulelor, toxinele). Ajungând la celulele asupra cărora ele pot influența (asemenea celule sunt numite celule-ținte), aceste semnale influențează asupra expresiei anumitor gene, schimbând astfel desfășurarea proceselor metabolismului. Îndată ce încetează acțiunea semnalelor asupra celulei, ea încetează să reacționeze la ele.

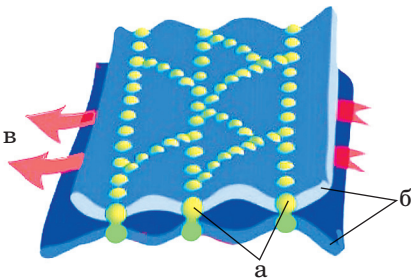


Fig. 47.1. Structura contactului dens: a – complexele de proteine, cu ajutorul cărora cîntactează membranele celulelor vecine (b); c – spațiul intercelular

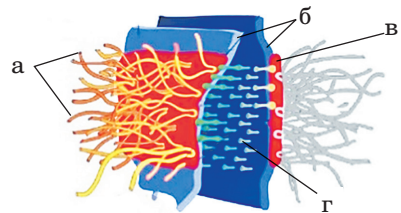


Fig. 47.2. Structura contactului de fixare: a – filamentele citoscheletului; b – membranele plasmatiche ale celulelor, care contactează; c – suprafața pe care se fixează elementele citoscheletului; d – proteinele, cu ajutorul cărora contactează suprafețele celulelor vecine

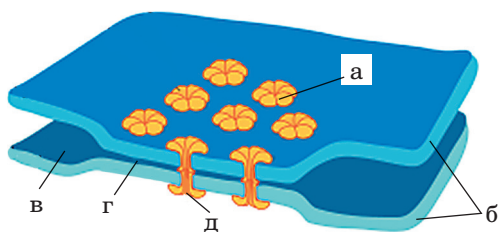


Fig. 47.3. Structura contactului dens: a – complexe de celule proteinice, care înconjoară canalul intercelular; b – membranele plasmatiche ale celulelor vecine; c – spațiul intermembranar; d – fisura în sectorul contactului între celule

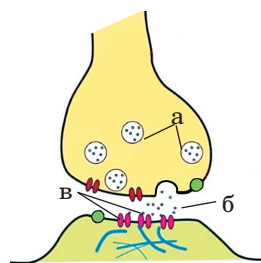


Fig. 47.4. Structura sinapsei: a – veziculele sinaptice cu neuromediator; b – fisura sinaptică; c – receptorii în membrana neuronului doi

La transmiterea semnalelor de la celulă la celulă un rol important le revine contactelor intercelulare. Sunt cunoscute trei tipuri de contacte intercelulare: dense, de fixare și de comunicare. Contactele dense între celule le putem observa pe exemplul țesutului epitelial (fug. 47.1). Ele se produc între straturile externe ale membranelor celulelor vecine cu ajutorul lanțurile proteinelor transmembranare. Astfel, prin asemenea conexiuni nu pot pătrunde macromoleculele.

Contactele de fixare asigură legăturile nu numai a celulelor vecine (fig. 47.2), dar și a membranelor plasmatiche cu elementele citoscheletului, evitând întinderii celulelor. Asemenea contacte țin stabil celulele la o depărtare apropiată una de alta. De aceea, în primul rând, ele sunt observate în țesuturile, celulele cărora au o încărcătură mecanică însemnată: epiderma pielii, mușchiul cardiac etc.

Cu ajutorul contactelor de comunicare semnalele se transmit de la o celulă la alta. Exemple de asemenea contacte sunt fisurile (fig. 47.3) și sinapsele (fig. 47.4). Contactele prin fisuri asigură schimbul între celulele vecine de semnale chimice și electrice. Cu ajutorul sinapselor celulele nervoase contactează cu alte celule nervoase, cu celulele glandelor sau cu celulele mușchilor. Moleculele neuromediatorului (acetilcolină, serotonină, adrenalină, noradrenalină etc.) interacționează cu membrana altei celule, pe care sunt fixate moleculele receptori. O astfel de interacțiune garantează și în continuare un impuls nervos în alt neuron.

Celula contactează nu numai cu celulele vecine. Ea, de asemenea, interacționează cu substanța intercelulară, primind de la aceasta substanțe nutritive, molecule de semnal etc. Cu ajutorul substanțelor chimice, care sunt duse la toate celulele, țesuturilor și organelor, este asigurată reglarea umorală a funcțiilor vitale.

Reglarea nervoasă a funcțiilor vitale este realizată cu ajutorul impulsurilor nervoși, care ajung la numite celule, țesuturi și organe de sute sau de mii de ori mai repede, ca orișicare compuși chimici.

Metodele nervoasă și umorală de reglare a funcțiilor celulelor, țesuturilor și organelor sunt legate între ele strâns și reciproc.

Factorii creșterii celulelor sunt polipeptidele biologic active, care sunt capabile să sintetizeze celulele ale diferitor tipuri de țesuturi. Acțiunea lor se aseamănă cu acțiunea hormonilor sau a neurohormonilor. Ei pot stimula sau stopa diferite procese ale activității vitale a celulei: creșterea lor, înmulțirea, metabolismul, mobilitatea, diferențierea etc. Spre deosebire de hormoni, factorii creșterii celulelor produc celule nespeciale, care pot fi găsite în toate țesuturile. În deosebi, factorii creșterii celulelor stimulează sinteza moleculelor de ADN și diviziunea mitotică a

celulei, influențează asupra diferențierii celulelor fiice, stimulează expresia genelor, care până atunci au fost inactive.

Asupra nivelului sintezei factorilor creșterii celulelor influențează hormonul creșterii (somatotropina), insulina, hormonii sexuali etc. În deosebi, insulina și hormonii sexuali sporesc nivelul producerii factorilor creșterii în celulele ficatului, iar hormonii scoarței glandelor suprarenale (glucocorticoizii), dimpotrivă, o reduc.

Reglarea ciclului celular. Toate etapele ciclului celular sunt reglate de semnalele interne și externe. Mecanismele externe influențează asupra citokinelor, factorilor creșterii, hormonilor și neurohormonilor.

**Citokinele sunt molecule mici de peptide, care reglează interacțiunile intercelulare, influențează asupra capacității celulelor de a supraviețui, stimulării sau frânării creșterii, diferențierii, activității funcționale a celulelor etc.** Citokinele sunt eliminate de unele celule (celulele sistemului imunitar, de cele mai multe ori de diferite grupe de leucocite, celulele splinei, timusului, celulele endoteliale (aliniază cavitățile vaselor sanguine și limfatice, inimii) etc.) și interacționează cu receptorii membranei și ai altor celule.

La reglarea ciclului celular participă și proteinele-activate – ciclinele. În deosebi, anumite tipuri de aceste proteine reglează activitatea fermentilor (sunt numiți kinases dependente de cicline; nu pentru a memoriza), care activează procesul de replicare a moleculelor de ADN în perioada-S a interfazei și participă la reglarea altor procese ale ciclului celular al eucariotelor.

Cele mai responsabile perioade ale ciclului celular este replicarea moleculelor de ADN în perioada-S a interfazei și mitozei, care se încheie cu crearea a două celule fiice. Aceste procese se află sub controlul sistemelor deosebite și sunt legate de anumite etape ale ciclului celular (fig. 47.5).

Punctul de control la sfârșitul perioadei-G1 a interfazei stabilește gradul de pregătire a celulei de continuarea ciclului celular. În cazul trecerii cu succes acestei etape, celula sintetizează substanțele organice și crește. Verificarea încheierii așa cum se cuvine a interfazei, în deosebi a dublării corecte a moleculelor de ADN, este efectuată de punctul de control de la sfârșitul perioadei-G-2. Factorii care ruinează moleculele de ADN sau rețin dublarea lor, pot opri ciclul celular la această etapă. Punctul de control în partea finală a metafazei răspunde de strângerea corectă a fusului de diviziune, plasarea cromozomilor în partea centrală a celulei și unirii lor la firile fusului de diviziune. Dacă sistemul intern de control al ciclului celular este încălcat, celula se oprește la o anumită etapă sau în genere piere. Mărirea conținutului a anumitor citokine este un fel de semnal, care condiționează trecerea de către celulă prin etapa ordinară a ciclului celular: de exemplu, dublarea moleculelor de ADN, centriolilor, ruina membranei nucleare, formarea fusului de diviziune etc.

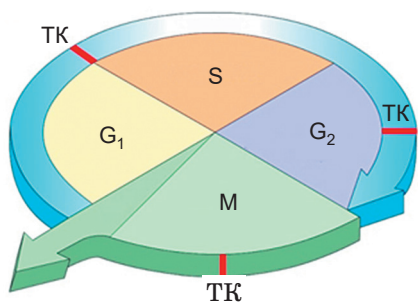


Fig. 47.5. Controlul asupra desfășurării ciclului celular: G1, S, G2 – perioadele interfazei; M – mitoză, TK – punctul de efectuare a controlului

Citokinele sunt folosite de câteva decenii la așa-numitele terapii citokine – boli onco-

logice tratate, chiar în formă grea. Ea se bazează pe faptul că citokinele sunt capabile să distrugă celulele tumorii maligne fără să le atingă pe cele sănătoase.

### Termeni și nuanțe-cheie

celule-țintă, factorul creșterii celulelor, citokinele.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care sunt mecanismele reglării divizării, creșterii, dezvoltării și diferențierii celulelor? 2. Ce determină posibilitatea sau imposibilitatea influenței a unor sau altor factori ai creșterii celulelor asupra unui anumit timp de celule? 3. Care este rolul contactelor intercelulare în procesele de reglare a divizării, creșterii, dezvoltării și diferențierii celulelor? 4. Care tipuri de contacte intercelulare vă sunt cunoscute? 5. Ce prezintă factorii creșterii celulelor? 6. Cum se desfășoară reglarea ciclului celular?

#### **Chibzuiți**




Ce este comun și deosebit în structura și funcționarea diferitor tipuri de contacte intercelulare?

## **§48. DEREGLAREA CICLULUI CELULAR ȘI CONSECINȚELE EI. BOLILE ONCOLOGICE**

**Amintiți-vă** ce este necroza și apoptoza celulelor. În ce constau asemenea metode de cercetare: diagnosticarea cu ultrasunete, tomografia computerizată și tomografia cu rezonanță magnetică, endoscopia?

Dereglarea ciclului celular și consecințele ei. Controlul asupra desfășurării normale a ciclului celular are o însemnătate exclusivă pentru menținerea compoziției celulare normale a organismului. De exemplu, celulele epiteliale, care se află în intestine, se divid mai mult de două ori pe zi, deoarece în această perioadă mor multe celule, termenul de existență a cărora expiră. În schimb celulele ficatului (hepatocitele) se divid o dată sau de două ori pe an. O bună parte din ciclul celular ele se află în perioada-G1 a interfazei. Neuronii maturizați și celulele musculare, de regulă, niciodată nu ies din interfază și nu se divizează. Astfel, intervalul între două diviziuni succesive ale celulelor de un anumit timp depinde de durata vieții lor, de stadiul de dezvoltare al organismului (perioada creșterii, maturizării, îmbătrânirii) etc.

Consecințele dereglării ciclului celular pot fi diviziunea necontrolată a celulelor, care duc la apariția bolilor oncologice. .

 **Bolile oncologice sunt procese patologice, însoțite de crearea tumorilor maligne și benigne.** De cercetarea cauzelor apariției bolilor oncologice, diagnosticarea, tratarea și profilaxia lor se ocupă ramura medicinei numită oncologia (din elenă oncos – tumoare și logos – învățătură).

Celulele țesuturilor, care se transformă în tumoare, au alte particularități, se schimbă structura lor și schimbul de substanțe. Ele sunt capabile să crească în alte țesuturi, să stimuleze acolo creșterea capilarelor, care le asigură buna alimentare cu sânge. Pentru înmulțirea lor asemenea celule au nevoie de factori ai creșterii mult mai puțini, decât celulele obișnuite. Celulele tumorilor maligne sunt capabile să se înmulțească mult și nelimitat.

Tumoarea apare într-un anumit loc cu crearea așa-numitului germen tumoral, însă uneori începe concomitent în mai multe locuri. Există două tipuri principale de creștere a tumorilor. Din formațiunea centrală tumoarea crește în formă de nod. Celulele ei nu cresc în țesuturile vecine, dar numai își fac loc între ele. Astfel cresc tumorile benigne. Ele, de obicei, nu amenință viața omului, ele pot fi înlăturate prin intervenția chirurgicală.

Spre deosebire de cele benigne, tumorile maligne se caracterizează prin creșterea celulele lor în țesuturile vecine (fig. 48.1). În acest caz țesuturile vecine se ruinează. Tumorile maligne cresc foarte repede și neuniform. Ele, de asemenea, sunt capabile să cauzeze creșterea tumorilor asemănătoare și în alte părți ale organismului, formând metastaze (fig. 48.1, e). Celulele lor prin circuitul de sânge sau circuitul limfei pătrund în diferite organe, unde se înmulțesc.

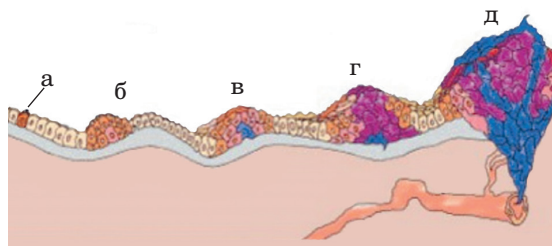
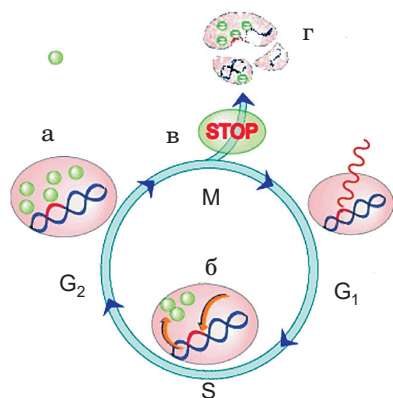


fig. 48.1. Stadiile dezvoltării tumorii maligne: a – în celulă are loc mutația genei, în rezultatul căreia celula capătă capacitatea de a se înmulți rapid (b); c, d – stadiul de dezvoltare a tumorii; d – crearea metastazei în alte organe.

Pentru însemnarea tumorilor maligne există câteva denumiri specifice. Cele care apar în țesutul epitelial sunt numite cancer, sau carcionom (de exemplu, cancerul de stomac, cancerul de intestin). Tumorile maligne care se dezvoltă în țesuturile din mediul intern (osos, cartilajinos, de grăsimi etc.), precum și în cel muscular, se numesc sarcomuri. Leucoza este boala malignă la măduva osoasă roșie, melanomul apare la melanocite (celule speciale ale pielii, care produc pigmentul întunecat melanină), gliomul este tumoarea malignă primară la creier, limfomul se formează în țesuturile limfatice.

Drept cauză bolilor oncologice pot fi dereglările în materialul ereditar al celulelor. A fost descoperită gena (ea este indicată simbolic p53), care codează structura fermentului ce controlează integritatea ADN. Dacă un asemenea ferment descoperă molecula de ADN afectată, el oprește divizarea celulelor și activează alți fermenți, necesari pentru refacerea structurii ADN, după ce mitoza continuă. Dacă molecula de ADN nu poate fi reînnoită, acest ferment stimulează moartea celulei – apoptoza (fig. 48.2). În celulele tumorilor canceroase un asemenea ferment lipsește.

Spre deosebire de gena p53, care previne înmulțirea necontrolată a celulelor cu molecule de ADN afectate, sunt gene, care codează produsele, capabile să stimuleze crearea tumorilor canceroase – așa-numitele oncogene. Mutațiile activează aceste gene, sporesc verosimilitatea că celula se va transforma în una canceroasă. În rezultatul mutațiilor oncogene pot deveni



**Factorii cancerigeni.** Asupra dezvoltării bolilor oncologice, de asemenea, influențează factorii mediului ambiant, numiți cancerigeni. Ei sunt de natură diferită – chimică, fizică și biologică. Substanțe cancerigene sunt elementele metalelor grele (Cadmium, Nichel, Mercur,

Мал. 48.2. Генетичний контроль за клітинним циклом: а – фермент, який кодується геном p53, виявляє помилки під час реплікації ДНК; б – якщо репарація ушкоджених молекул неможлива, клітинний цикл зупиняється і клітина готується до апоптозу (в); г – апоптоз клітини



Plumb, Zinc etc.), asemenea substanțe ca anilina, parafina, uretanul, benzoa, formaldehida, multe preparate chimice împotriva dăunătorilor (de exemplu, naftalina, trichlorfonul, DDT), nicotina etc.

Pot produce acțiuni cancerigene chiar unele preparate medicale, care nu au trecut testările preclinice cuvenite, unii aditivi alimentari, de exemplu coloranții. Cancerigene devin bucatele care de mai multe ori au fost prăjite pe ana și aceeași porție de ulei. De aceia toți compușii chimici, prevăzuți pentru a fi folosiți în industria alimentară, preparatele medicale din compoziția coloranților, maselor plastice, detergentilor, aditivilor alimentari, pesticidelor (chimicalelor toxice), neapărat trebuie testate în vederea determinării proprietăților lor cancerigene.

Proprietăți cancerigene are radiația ionizată și, într-o măsură mai mică, radiația ultravioletă. De exemplu, cancerul la piele poate fi cauzat de aflarea îndelungată la soare. Cancerigene biologice pot fi virusurile, bunăoară, acei care cauzează apariția papiloamelor<sup>1</sup>.

Diagnosticarea, tratarea și profilaxia bolilor oncologice. Bolile oncologice, după numărul bolnavilor, dețin locul doi, după bolile cardio-vasculare. Între bolile oncologice la bărbați și femei prevalează bolile limfatice și ale sistemului sanguin, aparatului digestiv (cavității bucale, rectului), organelor respiratorii (traheilor, bronhiilor, plămânilor), glandelor (la bărbați, de exemplu, glanda prostată, la femei – glanda tiroidă, glanda mamară); la copii – sistemului limfatic și măduvei osoase roșii

## **Memorizăm**

---

În scopul profilaxiei bolilor oncologice nu pot fi folosite în alimentație produsele crescute și culese în zona înstrăinării de la CAE Cernobyl. Substanțele cancerigene, care împreună cu hrana nimeresc în organism, sunt foarte periculoase.

Metodele tradiționale de depistare a bolilor oncologice sunt analizele respective, examinarea medicului-oncolog, aplicarea metodelor de diagnosticare cu ultrasunete (DUS), tomografia computerizată (TC) și tomografia cu rezonanță magnetică (TRM) (fig. 48.3, 1) și endoscopia. În unele cazuri este întreprinsă biopsia – luarea din organism a țesuturilor pentru studierea lor în continuare. O astfel de metodă asigură o diagnoză cu mult mai precisă.

La tratarea bolilor oncologice sunt folosite diferite metode. În primul rând, chimioterapia – introducerea în organismul omului bolnav a preparatelor speciale, care frânează înmulțirea și creșterea celulelor canceroase; acestea opresc dezvoltarea noilor formațiuni și reduce dimensiunile lor. Terapia radiologică este radierarea tumorilor cu ajutorul aparatelor speciale Roentgen pentru a opri dezvoltarea noilor formațiuni și reducerea dimensiunilor lor. Cu ajutorul intervenției chirurgicale sunt înlăturate tumorile și/sau metastazele.

De metodele actuale de înlăturare a tumorilor oncologice țin cuțitul gamma și cuțitul cyber (fig. 48.3, 2-3; ambele metode în prezent sunt accesibile în Ucraina). Cuțitul gamma este un aparat cu ajutorul căruia sunt înlăturate tumorile de la creier. El acționează cu ajutorul tazelor, sursa cărora este Cobaltul radioactiv. Cuțitul cyber este un sistem care se aplică pentru tratarea atât a tumorilor benigne, cât și a celor maligne, aflate în acele părți ale corpului, neaccesibile pen-

---

<sup>1</sup>Papiloamele – tumoare epitelială benignă care apare pe piele sau în mucoaselor. Au formă de mamelon. Crearea lor în organele interne poate fi însoțită de apariția ulcerului sau a hemoragiei.

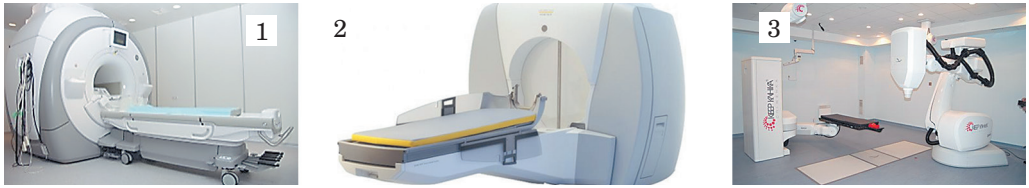


Fig. 48.3. Dispozitive moderne pentru diagnosticarea și tratarea bolilor oncologice: 1 – aparat modern de terapie cu rezonanță magnetică (TRM); 2 – instalația cuțitul gamma; 3 – cuțitul cyber

tru chirurgia tradițională. Această metodă se bazează pe terapia radiologică și oferă posibilitatea cu o precizie mai mare de a influența asupra tumorilor, decât aparatele Roentgen obișnuite.

Modul sănătos de viață, alimentația rațională cu produse calitative, respectarea regimului somnului, renunțarea la deprinderile dăunătoare intensifică capacitățile sistemului imunitar, care reduce considerabil riscul dezvoltării bolilor oncologice.

De testarea medicală regulată au nevoie, în primul rând, oamenii, la rudele cărora au fost depistate boli oncologice. Medicina contemporană a înaintat mult pe calea tratării bolilor oncologice, de aceea șansă la însănătoșire au chiar acei bolnavi, care până nu demult erau lipsiți de orice speranță.

### Termeni și nuanțe-cheie

Boli oncologice, oncologia, tumori benigne și maligne, oncogene, factori cancerigeni.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt posibilele urmări ale dereglării ciclului celular? 2. Care boli sunt numite oncologice? În ce constă pericolul lor pentru organismul omului? 2. Care sunt cauzele bolilor oncologice? 4. În ce grupe sunt divizați factorii cancerigeni? 5. Care metode sunt aplicate pentru diagnosticarea și tratarea bolilor oncologice?

#### Chibzuți



1. De ce modul sănătos de viață reduce riscul apariției și dezvoltării bolilor oncologice? 2. De ce la oamenii, rudelor cărora au fost diagnosticați cu boli oncologice, există riscul apariției unor boli asemănătoare?

## §49. GAMETOGENEZA ȘI PERIOADELE EI. FECUNDAREA ȘI ÎNSEMNĂTATEA EI ECOLOGICĂ

**Aminti-vă** care sunt particularitățile înmulțirii sexuate în comparație cu cea asexuată și vegetativă. Ce este zigotul, garnitura de cromozomi haploidă și poliploidă? Cum decurge procesul sexual la procariote? Care celule sunt numite somatice, iar care gameți?

Particularitățile procesului sexual la diferite grupe de organisme. Procesul sexual este unirea într-o singură – ovulul fecundat – a materialului ereditar din două celule (masculină și feminină). De aceea înmulțirea sexuată asigură diversitatea materialului ereditar pentru urmași și genofondul populației în întregime. Cu cât e mai divers genofondul populației, cu atât mai multe sunt șansele ei de a se adapta la condițiile mediului ambiant. Diversitatea genofondului populației deschide în fața ei anumite perspective evoluționiste.

Procesul sexual al eucariotelor este realizat în formă de conjugăție și copulație. În timpul conjugăției celulele unor organisme unicelulare sau multicelulare fac schimb de material ereditar (o parte din bacterii, infuzorii, unele ciuperci multi-

celulare, algele verzi cu fibre). Copulația este procesul de unire a două celule sexuate speciale (gameți).

Partenogeneza. Știți deja că organismele fiice se pot dezvolta și din ovulul nefecundat datorită partenogenezei (diferiți reprezentanți ai animalelor multicelulare). În ciclul vital al afidelor și Daphnia în mod firesc are loc rânduirea generațiilor, care se înmulțesc pe cale sexuată și partenogenetic. Partenogeneza este răspândită la plantele superioare cu spori și spermatofite.

Structura celulelor sexuale la om. Funcția celulelor sexuale (gameților) constă în transmiterea informației ereditare de la indivizii generației paterne urmașilor. Dimensiunile medii ale ovulului omului sunt de 130-150 mkm (fig. 49.1). În citoplasmă sunt multe impurități de substanță nutritivă, mitocondriile și alte organe, specifice celulelor eucariote. Membrana ovulului îndeplinește funcții de protecție, asigură schimbul de substanțe, iar după fecundare participă la formarea placentei.

Spermatozoiții omului sunt mici și au flagel. În capul scurt se află nucleul și un număr nu prea mare de citoplasme (fig. 49.2). Informația ereditară este plasată foarte dens: volumul nucleului spermatozoidului matur este de 30 de ori mai mic decât cel din celulele precursorului. De aceea ADN spermatozoidului este inactivă. Pe partea din față a capului este plasată o organită deosebită – acrozomul, acesta este complexul Golgi modificat. El conține fermenți care sparg membrana ovulului, asigurând pătrunderea în ea spermatozoidului. Toate părțile spermatozoidului sunt acoperite cu membrană plasmatică. Membrana capului conține proteine deosebite, Unele dintre ele orientează mișcarea spermatozoidului spre ovul, altele – participă la fixarea de membră ovulului în timpul fecundării.

După cap urmează o coadă lungă, unit de cap prin gât. Gâtul este un segment îngust, în care se află centriolul din față.

Însăși coada constituie un complex de microtuburi, în jurul cărora sunt concentrate mitocondriile, care asigură cu energie funcționarea ei.

Gametogeneza este procesul de formare a celulelor sexuale (gameților) (vezi forțașul II). În acest caz sunt diversificate procesele de formare a spermatozoidului (spermatogenezei) și ovulelor (oogeneza). La om ovulele și spermatozoiții sunt formați în glandele sexuate din celule sexuale diploide primare. Crearea celulelor sexuale prevede câteva perioade succesive: înmulțirii, creșterii, maturizării și formării.

Sarcină: amintiți-vă de cunoștințele, obținute la cursul de biologie din clasa a 9-a, de asemenea folosind figura „Schema gametogenezei la om” (vezi forțașul II)

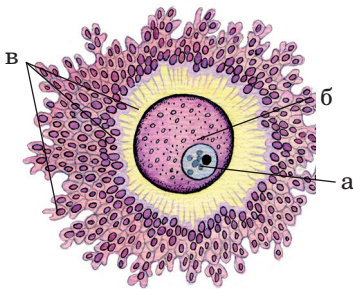


Fig. 49.1. Structura ovulului omului:  
a – nucleul; b – citoplasma; c – membrana

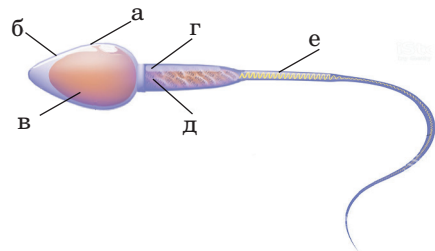


Fig. 49.2. Schema structurii spermatozoidului omului: a – capul; b – acrozomul; c – nucleul; d – gâtul; e – mitocondria; f – coada

și diverse surse de informații, comparați evenimentele care au loc în timpul spermatogenezei și oogenezei, menționați trăsăturile asemănătoare și diferite.

Divergențele în formarea spermatozoizilor și ovulelor sunt condiționate de faptul că spermatozoidul în timpul fecundării introduce în ovul numai partea sa de material ereditar; masa lui nu are însemnătate pentru dezvoltarea viitorului embrion. Ovulul, în afară de materialul ereditar, conține, de asemenea, o set de organe și rezerve de substanțe nutritive, folosite de embrion în procesul dezvoltării. Ajungerea masei principale de citoplasmă la ovul este rezultatul a două diviziuni neuniforme succesive ale meiozei cu crearea a trei corpuri polare mici, meniți pentru eliminarea materialului ereditar de prisos.

### Termeni și nuanțe-cheie

Conjugația, populația, partenogeneza, ovulele, spermatozoizii, gametogeneza, oogeneza, spermatogeneza.

#### Verificați-vă cunoștințele



1. În ce constă particularitatea procesului sexual? În ce forme el este realizat? 2. În ce constă esența și însemnătatea biologică a partenogenezei? 3. Prin ce se caracterizează structura celulelor sexuale feminine? 4. Care este structura celulelor sexuale masculine? 5. Ce este gametogeneza? Care sunt stadiile gametogenezei? 6. Prin ce se deosebesc procesele de formare a celulelor sexuale feminine și masculine la mamifere?

#### Chibzuiți



Ce este comun între înmulțirea tipică asexuată și partenogeneza?

## §50. ETAPELE DEZVOLTĂRII EMBRIONARE A OMULUI

**Amintiți-vă** etapele ontogenezei la animale. Din care faze este alcătuit ciclul celular? Care este rolul fiziologic al hormonilor? Care organe și celule fac parte din sistemul imunitar al omului?

**Dezvoltarea individuală, sau ontogeneza, este dezvoltarea individului de la momentul formării sale până la sfârșitul vieții.** În timpul dezvoltării individuale are loc diferențierea celulelor, formarea țesuturilor și organelor.

Particularitățile ontogenezei omului. În ontogeneza omului se distinge perioada embrionară și postembrionară. Perioada embrionară reprezintă perioada, în care ființa vie se formează și se dezvoltă în interiorul organismului mamei sau oului. Ea se termină cu nașterea. Perioada postembrionară este însoțită de creșterea dimensiunilor (creștere), durează de la momentul nașterii până la moartea individului.

Perioadele dezvoltării embrionare a omului. În procesul dezvoltării embrionare a omului se disting câteva perioade consecutive: fecundația, fragmentarea, dezvoltarea embrionilor cu două și trei straturi – gastrulei; histogeneza (formarea țesuturilor) și organogeneza (formarea organelor).

Fecundația. În procesul de fecundație spermatozoidul se contopește cu ovulul (fig. 50.1). Trebuie remarcat faptul, că durata vieții a spermatozoizilor maturi și a ovulelor este limitat (de exemplu, asupra duratei vieții spermatozoidului în organismul femeii influențează temperatura corpului ei, aciditatea mediului: mediul acid îi face puțin mobili, în timp ce mediul alcalin îi face mai activi). Ovulul elimină substanțe biologice active, care activează spermatozoizii, ce contribuie la întâlnirea gameților masculini și feminini. La începutul contactului spermatozoidului și ovulului are loc identificarea lor reciprocă: substanțele biologice active, care sunt eliminate de ovul, asigură ruperea acrozomului situat pe capul sperma-

tozoidului. Pătrunderea spermatozoidului are loc datorată reacției acrozomice: în timpul contactului cu ovulul învelișul acrozomului se distruge și se elimină enzime, care asigură permeabilitatea învelișului ovulului pentru nucleul spermatozoidului (fig. 50.1, 2). Apoi nucleele ambelor gameți fuzionează – astfel se formează zigotul. În ovulul fecundat se activează procesele metabolice și începe fragmentarea.

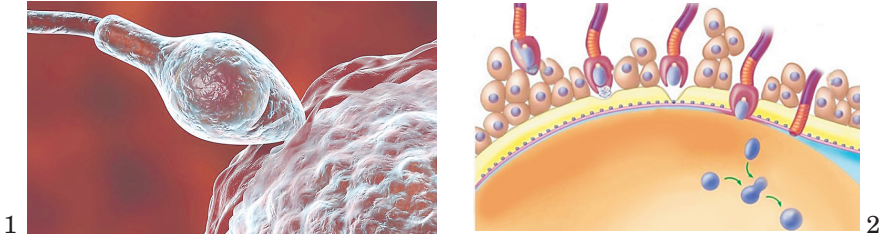


Fig. 50.1. Pătrunderea spermatozoidului în ovul. 1. Fotografia microscopică. 2. Schema. Sarcină: descrieți după schemă toate procesele de pătrundere a spermatozoidului în ovul

Fragmentarea reprezintă o serie de diviziuni mitotice succesive ale zigotului, în urma cărora începe să se formeze embrionul pluricelular. Celulele formate – blastomerii – în interfază nu cresc, de aceea dimensiunea lor după fiecare diviziune se reduce de două ori, iar volumul nucleelor nu se schimbă. În această perioadă, de regulă, nu are loc transcripția propriilor gene, ci numai a ARNm matern. În timpul fragmentării ciclurile celulare sunt scurtate: perioadele G1 și G2 se reduc, iar perioada S este scurtată.

În timpul fragmentării se schimbă raportul dintre volumul nucleului și citoplasmei. Acesta este un indicator foarte important al stării celulei, care, în special, permite evaluarea nivelului metabolismului. De exemplu, atingerea unui anumit raport volumetric nucleo-citoplasmatic poate servi drept semnal pentru începutul următoarei diviziuni. Modificările acestui raport pot indica la procese inflamatorii și anumite forme de cancer.

La om fragmentarea este completă (deoarece ovulul are o cantitate mică de substanțe nutritive) și neuniformă. Ca urmare a fragmentării se formează blastomeri întunecați mari și deschiși mici. Blastomerii mici se numesc trofoblaști, iar cei mari embrioblaști. În componența blastocistului (care este format mai târziu, aproximativ la a 4-a zi) celulele trofoblaștilor ocupă poziția externă, iar a embrioblaștilor – internă.

Ultimul stadiu de fragmentare la animale se termină cu formarea blastulei. Blastula are forma unei structuri cu cavitate, pereții ei sunt formați dintr-un strat de blastomeri (fig. 50.2).

Fragmentarea continuă până când raportul nucleo-citoplasmatic al blastomerelelor atinge un nivel caracteristic pentru celulele somatice. Celulele asemănătoare ale blastulei în urma diferențierii mai târziu dau naștere la diferite straturi de celule ale embrionului – foițelor embrionare.

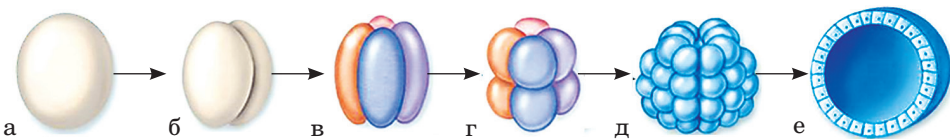


Fig. 50.2. Etapele inițiale ale dezvoltării embrionare – formarea blastulei (pe exemplul animalului cordat primitiv – amfioxului): a – zigotul; b – stadiul de 2 blastomeri; c – stadiul de 4 blastomeri; d – stadiul de 8 blastomeri; e – aspectul exterior al blastulei; f – blastula în secțiune

Prima diviziune mitotică a zigotului uman se termină aproximativ peste 30 de ore după fecundație. Peste trei zile se formează un grup de 12-16 blastomeri strâns lipiți unul de altul – morula. Începând cu a patra zi după fecundare apare un embrion unistratificat cu o cavitate internă – blastocistul. Celulele ei sunt diferențiate în două tipuri: celulele trofoblastului și embrioblastului (fig. 50.3). Celulele trofoblastului formează stratul extern, iar a embrioblastului – cel intern. Primele asigură fixarea embrionului de epiteliul uterului, iar al celelalte – formează țesuturile singurului embrion. Apariția blastocistului în procesul evoluției mamiferelor, probabil, a fost legată de fixarea embrionului pe pereții uterului și formarea ulterioară a placentei.

În timpul formării blastocistului durată diviziunilor mitotice crește, blastomerele se divid nesincronic. În nucleolele interfazice apar nucleolii și încep să fie sintetizate moleculele proprii de ARNm. Toate acestea asigură trecerea la următorul stadiu de dezvoltare embrionară – formarea gastrulei. La început apar două straturi de celule: extern – ectodermul și intern – endodermul. Ele se numesc foițe embrionare. Ulterior la embrionii umani între foițele embrionare externe și interne se formează a treia foiță embrionară (mijlocie) – mezodermul (fig. 50.4).

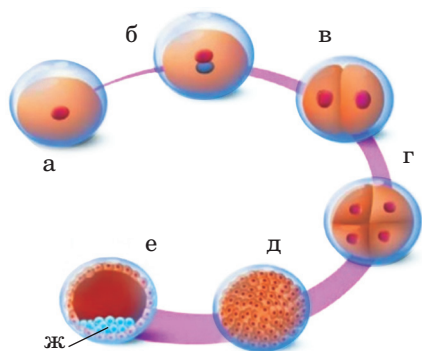


Fig. 50.3. Etapele inițiale ale dezvoltării embrionare a omului: a – ovulul; b – zigotul; c – stadiul de 2 blastomeri; d - stadiul de 4 blastomeri; e – morula; f – blastocistul; g – celulele embrioblastului

Diferențierea celulelor, care provin dintr-un zigot, este ereditar determinată deoarece în celulele de diferite tipuri nu toate genele sunt active. De aceea în fiecare celulă este realizată nu toată informația ereditară, ci doar o anumită parte necesară pentru diferențierea acestei celule.

**Histogeneza reprezintă o totalitate de procese, care asigură formarea, existența și reproducerea diferitor țesuturi în ontogeneza.** Țesuturile de diferite tipuri se dezvoltă din derivatele foițelor embrionare. În aceste procese un rol important îl au interacțiunile intercelulare, acțiunea substanțelor biologic active etc. În timpul embriogenezei celulele de diferite tipuri se amplasează într-o strictă corespondență una față de alta, formând diferite țesuturi. Drept

stimul pentru migrația celulelor servesc hormonii și alte substanțe biologic active, care sunt secrete de către celulele vecine.

#### Interesant să știi

Celulele se mișcă într-o anumită direcție datorită prezenței pe suprafața lor unui fel de „palpat” – unei prelungiri citoplasmice subțiri. Când ea se atinge de suprafața altei celule, mișcarea încetează, iar singură prelungirea dispăre. Dacă contactele nu sunt instalate între celule, migrarea celulei de migrare continuă.

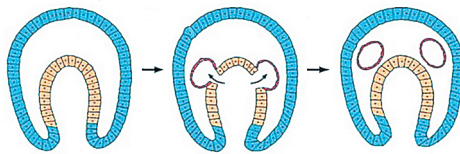


Fig. 50.4. Formarea mezodermului (pe exemplul amfioxului)



## **Organogeneza reprezintă dezvoltarea organelor și sistemelor de organe.**

În organogeneza cordatelor se disting fazele succesive de formare a tubului nervos și de formare a altor organe, în care indivizii tineri capătă trăsături structurale ale adulților. Embrionul la stadiul formării tubului nervos se numește neurulă. Tubul nervos începe să se formeze după formarea mezodermului. Din ectoderm începe să se formeze placa nervoasă; marginile ei laterale se îndoaie și se unesc în tubul nervos, care înconjoară cavitatea sistemului nervos umplută cu lichid. Substanțele biologic active speciale determină, care din capetele tubului nervos se va dezvolta în creier. Ectodermul deasupra tubului nervos se unește și formează epiteliul pielii. Capătul anterior al tubului nervos se împarte în cinci vezicule cerebrale primare, care corespund anumitor părți ale creierului. Pe ambele părți de la embrionul creierului intermediar cresc veziculele optice, din care se dezvoltă ochii.

La formarea diferitor țesuturi, organe și sisteme de organe participă diferite foițe embrionare. Din ectoderm se dezvoltă țesutul nervos, elementele organelor de simț, stratul extern al învelișurilor (epidermă) și glandele cutanee, intestinul anterior și posterior, componentele glandelor endocrine (glandele suprarenale etc.). Endodermului dă naștere organelor și glandelor digestive (ficatului, pancreasului), plămânilor, părților unor glandele endocrine (hipofizei etc.). Din mezoderm se formează țesutul cartilagos și osos, țesuturile musculare, vasele sangvine și limfatice, glandele sexuale, conductele organelor excretoare, straturile conjunctive ale pielii (derma), pleură, epiteliul cavității corpului, sacul pericardic (pericardul).

### **Termeni și nuanțe-cheie**

fragmentare, blastulă, morulă, blastocist, gastrulă, neurulă, histogeneza, organogeneza.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Din care perioade este alcătuită ontogeneza? 2. Ce este blastula, morula și blastocistul? 3. Ce este gastrula și care este structura ei? 4. Cum se formează foița em-

brionară mijlocie – mezodermul? 5. Ce este histogeneza și organogeneza? 6. Ce este neurula? Ce evenimente au loc în timpul formării ei?

#### **Chibzuți**



1. Cum poate fi explicat faptul, că blastomerele în timpul fragmentării nu cresc? 2. De ce stadiul de blastocist se întâlnește numai la dezvoltarea embrionară a mamiferelor?

## **§51. Reglarea dezvoltării embrionare. Fenomenul inducției embrionare**

**Amintiți-vă**, din ce se formează coarda. Ce este reglarea umorală a funcțiilor organismului? Cum este efectuată clonarea? Cu ce scop sunt aplicate metodele de diagnostic ecograf, IRM, CT?

Fenomenul de inducție embrionară. Dezvoltarea embrionului reprezintă o totalitate de procese complexe și coordonate: diviziunea celulară, migrația, interacțiunea și diferențierea lor. Ele sunt reglate datorită expresiei genelor, influenței substanțelor biologic active și interacțiunilor intercelulare. Orice influență negativă, care încalcă mecanismele de reglare poate întrerupe dezvoltarea embrionului.

În condiții normale se coordonează locul și timpul formării părților componente ale embrionului și a organismului întreg. Aceasta se explică prin faptul, că

anumite structuri provin din anumiți blastomeri. Soarta ulterioară a fiecărui dintre blastomeri poate fi determinată genetic încă la stadiile inițiale ale dezvoltării embrionare. În afară de aceasta primordiile unor organe se dezvoltă sub influența interacțiunii cu primordiile altor organe, care s-au format mai devreme. Acest fenomen se numește inducție embrionară – influența reciprocă a diferitor părți ale embrionului în timpul embriogenezei. Părțile embrionului, care sunt formate mai devreme și pot influența formarea și dezvoltarea altor părți, se numesc inductori (organizatori), iar cele, care percep această influență, reprezintă sistemul reactiv. Inductorii influențează asupra sistemului reactiv sau prin contact direct, sau la distanță prin transportul substanțelor biologice active, care stimulează sinteza ARNm specific necesar pentru sinteza proteinelor structurale în nucleolele celulelor sistemului reactiv.

Fenomenul de interacțiune între părțile embrionului a fost descoperit în 1901 de către embriologul german Hans Spemann (1869-1941). El a efectuat următorul experiment. O parte a gastrulei tritonului, din care trebuia să se formeze coarda, a fost transplantată în zona abdominală a altui embrion, din care trebuia să se dezvolte epiteliul învelișului. Zona transplantată ca un organizator a dat naștere coardei și mezodermului, influențând asupra dezvoltării zonelor vecine. Din celulele ectodermale vecine s-a format a doua placă nervoasă. Cu timpul pe partea abdominală a acestui embrion s-a format un embrion adăugător (fig. 51.1). Pentru aceste studii H. Spemann în 1935 a primit Premiul Nobel pentru fiziologie și medicină.

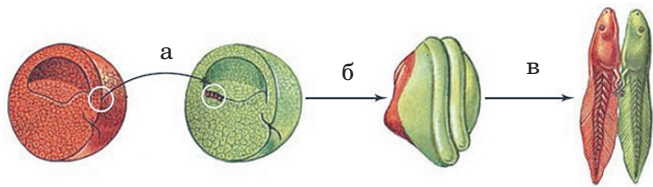


Fig. 51.1. Fenomenul inducției embrionare: a – o porțiune a gastrulei tritonului este transplantată pe partea abdominală a celeilalte gastrule de aceeași vârstă; b – pe partea abdominală a gastrulei din porțiunea transplantată începe să se formeze un embrion suplimentar; c – din gastrula, la care a fost transplantată o parte a altei gastrule, s-au dezvoltat doi embrioni, ce au fuzionat cu partea abdominală

Inducția embrionară poate apărea numai în stadiile inițiale ale gastrulației, înainte de începerea diferențierii porțiunilor transplantate.

Perioadele de dezvoltare a embrionului omului. În timpul dezvoltării embrionare a omului, se disting perioadele embrionară și fetală. Perioada embrionară durează de la începutul celei de-a doua săptămâni de sarcină și până la sfârșitul celei de-a opta. În acest timp embrionul este alimentat în principal cu secretele celulelor glandulare ale peretelui uterului.

La începutul celei de-a doua săptămâni începe gastrulația, în timpul celei de-a treia – formarea neurulei: dezvoltarea tubului nervos. Până la sfârșitul celei de-a opta săptămâni de sarcină se formează toate organele, sistemele de organe și membranele extraembrionare, adică se termină principalele evenimente de histogeneză și organogeneză.

Perioada fetală începe cu a noua săptămână de sarcină și se termină cu nașterea. În acest stadiu embrionul este numit făt. În această perioadă fătul crește în-



tens și se hrănește cu ajutorul placentei. Placenta atinge dezvoltarea sa maximă la sfârșitul celei de-a cincea luni de dezvoltare embrionară (amintiți-vă structura și funcțiile placentei).

Înainte de naștere (săptămânile 38-40 de dezvoltare embrionară) fătul matur are o lungime de 45-60 cm și masa de 2,5-4 kg. La el funcționează receptorii gustativi, tactili și de temperatură, iar organele auzului și văzului nu sunt încă pe deplin dezvoltate.

**Sarcina:** folosind diferite surse de informație, aflați despre schimbările, care au loc cu embrionul omului în timpul sarcinii (fig. 51.2).

Dezvoltarea embrionară este reglată de substanțe biologic active. Din a patra săptămână de sarcină se dezvoltă sistemul imunitar, în special se formează timusul; în a nouă săptămână începe sinteza hormonilor gonadotropi (care reglează activitatea glandelor sexuale); din săptămâna a 11 în sânge se conține hormonul glandei tiroide – tiroxină; la a 15-16 săptămâni brusc se intensifică sinteza hormonului de creștere, iar în a 26 săptămână se termină formarea hipofizei. Ganglionii limfatici se formează începând cu a patra lună de sarcină, însă capacitatea de a produce anticorpi apare numai după naștere. Organele hematopoiezei a fătului inițial sunt ficatul și splina; la sfârșitul sarcinii principalul loc de formare a eritrocitelor și al altor celule sanguine devine măduva osoasă roșie.

Condițiile, care asigură dezvoltarea normală a embrionului. În timpul sarcinii este extrem de importantă supravegherea medicală a decurgerii ei, stabilirea și corectarea la timp a perturbărilor de dezvoltare. Embrionul omului este cel mai sensibil la o influență negativă la a 7-8 zi de embriogeneză, atunci când el se scufundă în pereții mucoasei uterului (prima perioadă critică de dezvoltare). A doua perioadă critică este la a 3-10 săptămâni de dezvoltare embrionară, care coincide cu perioada de formare a germenilor organelor. În ultimele două luni riscul de naștere prematură este mai înalt. În cazul nașterii premature copilul necesită o supraveghere constantă din partea personalului medical; el este situat pe o anumită perioadă de timp într-un cameră-incubator (fig. 51.3).

**Perioade critice** se numesc perioadele de dezvoltare, în timpul cărora organismul este cel mai vulnerabil și la acțiunea factorilor externi sau interni sunt posibile tulburări ale formării și funcționării lui.

Prevenirea bolilor și apariția malformațiilor fetale constă în controlul constant asupra decurgerii normale a sarcinii. Informația necesară poate fi obținută în timpul examinării fătului și a stării femeii însărcinate. Pentru examinarea directă a fătului sunt adesea folo-

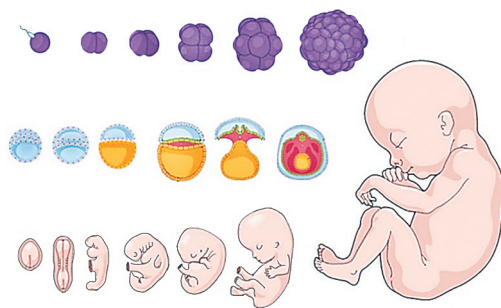


Fig. 51.2. Etape dezvoltării embrionare a omului. Sarcină: găsiți pe imagine zigotul, diviziunea lui, morula, blastocistul, stadiile, care corespund perioadelor embrionare și fetale de dezvoltare; descrieți-le



Fig. 51.3. Incubator pentru îngrijirea de copii născuți prematur

site diagnosticul ecograf, imagistica prin rezonanță magnetică și tomografia computerizată. Pentru identificarea malformațiilor ereditare și bolilor embrionului sunt efectuate cercetări biochimice și citogenetice (dați exemple). În sângele mamei prin metode imunologice și biochimice este determinat cantitatea și tipul anticorpilor, conținutul hormonilor, enzimelor, glucidelor etc.

Medicină reproductivă. Uneori, părinții care doresc să aibă un copil, nu pot concepe sau să nască un copil în mod natural (din cauza tulburărilor înnăscute, bolilor, leziunilor etc.). Ieșirea din această este adresarea la specialiștii în medicina reproductivă.

***Medicina reproductivă reprezintă o ramură a medicinei, care se ocupă de problemele diagnosticării și tratamentului infertilității, fertilității artificiale etc. În clinici specializate cu ajutorul echipamentelor moderne specialiștii apreciază cauza infertilității și ajută la înlăturarea ei.*** Dacă la femeie există probleme cu sănătatea, care împiedică conceperea sau dezvoltarea embrionului, ei pot să-i propună tehnologii de reproducere legate de fertilizarea artificială (sau fertilizarea „în eprubetă”) (fig. 51.4).

Dacă la femeie, din anumite motive, nu poate să se dezvolte fătul, atunci se propune maternitate surrogat. Aceasta reprezintă o tehnologie adăugătoare de reproducere, când femeia în mod voluntar este de acord să rămână însărcinată cu scopul de a naște un copil biologic ei străin, care va fi apoi dat pentru educație părinților genetici (donatorilor).

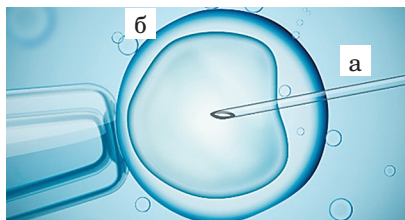


Fig. 51.4. fertilizarea artificială: cu ajutorul micropipetei (a) spermatozoidul este introdus în ovul (b)

În Ucraina drept părinții genetici sunt considerate persoanele căsătorite, care furnizează celulele sexuale pentru fecundare. Mama surrogat este o femeie adultă cu capacitate de exercițiu, care are propriul copil sănătos și nu are contraindicații medicale. Relațiile între părinți genetici și mama surrogat sunt reglementate conform legislației (Codul Familiei al Ucrainei, „Instrucțiuni privind modul de utilizare a tehnologiilor reproductive de asistență” și „Cu privire la aprobarea utilizării de fertilizare artificială și implantare a embrionului (embrioni) și metodele de punere în aplicare a acestora”, etc.).

Contracepția. În viața omului există momente în care sarcina și nașterea copilului sunt temporar nedorite (studiul, deplasare îndelungată, anumite boli etc.). În acest timp pentru prevenirea sarcinii nedorite sunt utilizate metodele de contracepție.

Contracepția. În viața omului există momente în care sarcina și nașterea copilului sunt temporar nedorite (studiul, deplasare îndelungată, anumite boli etc.). În acest timp pentru prevenirea sarcinii nedorite sunt utilizate metodele de contracepție.

***Contracepția reprezintă metode și mijloace de prevenire a sarcinii. Respectiv, mijloacele de contracepție sunt numite contraceptive. Metodele de contracepție sunt împărțite în mecanice (prezervative, capace cervicale etc.) și chimice (preparate hormonale, care reglează ciclul menstrual).***

### Termeni și nuanțe-cheie

inducția embrionară, perioadele critice de dezvoltare, medicina reproductivă, maternitatea surrogat.

## Verificați-vă cunoștințele



1. Care sunt perioadele critice de dezvoltare a embrionului? 2. Ce este fenomenul de inducție embrionară? 3. Cum interacționează părțile embrionului în timpul dezvoltării lui? 4. În care etape succesive se împarte dezvoltarea embrionară a omului? Prin ce ele se caracterizează? 5. În ce constă prevenirea bolilor și malformațiilor fetale? 6. Cu ce scop este efectuată fertilizarea artificială? 7. Care sunt realizările moderne ale medicinei reproductive?

Chibzuți Care sunt perspectivele posibile ale utilizării practice a inducției embrionare?

## Chibzuți



Які можливі перспективи практичного використання ембріональної індукції?

## §52. PERIOADELE DE DEZVOLTARE POSTEMBRIONARĂ A OMULUI

**Amintiți-vă** tipurile de dezvoltare a animalelor postpartum. Ce este creșterea și dezvoltarea, gândirea abstractă? Ce este imunitatea pasivă și activă? Ce sunt telomerele? Care sunt funcțiile lor?

**Dezvoltarea post-embriionară a animalelor și a oamenilor este o perioadă de viață care începe după nașterea sau ieșirea din plicul care acoperă embrionul și continuă să moară. În acest timp corpul crește, dobândește abilitatea de a se înmulți, de a îmbătrâni și de a muri.**

În timpul dezvoltării post-naștere, animalele și oamenii cresc. Reamintim: creșterea organismelor este o creștere treptată a masei și a dimensiunii lor, datorită predominării proceselor de schimb de material plastic peste energie. La animale și la oameni, creșterea este reglementată în principal de hormoni și neurohormoni.

Perioadele de dezvoltare post-umană. De-a lungul vieții corpului uman, procesele de creștere și dezvoltare se desfășoară în mod continuu. În diferite perioade ale vieții, intensitatea acestor procese nu este aceeași, ceea ce determină caracteristicile anatomice, fiziologice și psihologice specifice, numite vârstă. În conformitate cu particularitățile vechi ale dezvoltării organismului, întregul ciclu de viață al unei persoane este împărțit în anumite perioade.

Periodizarea dezvoltării post-embrionare a unei persoane ia în considerare particularitățile ei biologice și sociale (Figura 52.1). Deci, primele zece zile ale vieții unui copil sunt o perioadă de naștere a nou-născutului. De la a 11-a zi de viață până la un an, perioada toracică continuă. În acest moment, corpul copilului crește în mod activ, mărimea acestuia crește de 1,5-2 ori, crește simultan masa corpului. În acest moment, copilul primește cea mai mare parte a substanțelor nutritive cu laptele matern. În laptele matern, pe lângă nutrienți, conține și anumiți anticorpi care asigură imunitatea pasivă a copilului.



Fig. 52.1. Perioadele de dezvoltare postuminală a unei persoane (1 - bărbați, 2 - femei). Sarcina: a determina care din perioadele de dezvoltare post-embrionară corespunde uneia sau altei imagini. Ce schimbări în aspectul și structura internă apar în timpul perioadei de dezvoltare corespunzătoare?

La vârsta de șase luni, dinții bebelușului încep să spargă copilul (acest proces poate dura până la 33 de luni). Modificări semnificative apar în scheletul copilului. Deci, la vârsta de 2-3 luni, când copilul începe să-și păstreze capul, acesta formează o curbură cervicală (lordoză), iar în 6-7 luni - o kyfoză toracică. La vârsta de două ani, creasta copilului se transformă într-un adult.

Primul sau al treilea an de viață este o perioadă de copilărie timpurie. În această perioadă, copiii se dezvoltă intens, în special - limba și gândirea, au o aspirație de a merge, de a juca. Perioada primei copii durează între patru și șapte ani. La vârsta de 5-6 ani apar primele dinți permanenți. Copilul se dezvoltă activ, acceptând o mulțime de informații despre lumea înconjurătoare. Perioada celei de-a doua copilărie, sau a perioadei tinere de școală, durează de la opt la 12 ani. Capacitățile mentale ale copilului se dezvoltă în mod activ.

Perioada adolescenței durează de la al 12-lea până la al 15-lea an de viață, băieții sunt de la 13 la 16 ani. Coincide cu perioada de pubertate. Sub influența hormonilor sexuali se formează caracteristici sexuale secundare (amintiți-le din cursul biologiei, clasa a VIII-a).

De la fetele de la 16 la 20 (fete) sau de la al 17-lea la al 21-lea (băieți), perioada tinerească durează. La această vârstă, creșterea și dezvoltarea corpului sunt predominant complete, toate sistemele de organe aproape ajung la maturitate. În acest moment, procesele de maturizare psihologică și culturală se intensifică. Funcția de reproducere, de obicei, se acumulează la vârsta de 18-20 de ani.

Vârsta matură vine la vârsta de 21 de ani. Prima perioadă de vârstă matură durează până la 35 de ani, a doua - la 55 de ani pentru femei și la 60 de ani pentru bărbați. Vârsta înaintată durează de la 56 ani (femei) și 61 (bărbați) la 74 de ani de viață.

Mulți oameni din această perioadă își păstrează capacitatea profesională ridicată și poziția civilă activă. La vârsta de 75 de ani, începe o vârstă îmbătrânită. La această vârstă, mulți oameni încă mai au o minte clară și sunt capabili de muncă creativă. Ficatul lung - persoane în vârstă de 90-100 de ani. Pământul lor este relativ mic. Memorizăm: Speranța medie de viață este un indicator al sănătății națiunii.

Având în vedere perioadele de dezvoltare post-umană, ne-am referit la vârsta sa cronologică, care se calculează de la ziua de naștere și până la un anumit punct în zile, luni, ani. Vârsta biologică este gradul de dezvoltare anatomică și fiziologică a unui organism. Vârsta biologică a unei persoane reflectă mai bine starea de sănătate și eficiența unei persoane, proprietățile sale adaptive. Dacă epoca biologică este cu mult înaintea cronologiei, ea indică îmbătrânirea prematură a unei persoane.

 **Aging** - un proces de încălcare graduală și pierderea unor funcții importante ale corpului, în special abilitatea de a se reproduce și de a se regenera.

**Care sunt ipotezele îmbătrânirii umane?** Oamenii de știință au descoperit că imbatranirea începe cu schimbări în mitocondrii și se extinde treptat în tot corpul. În special, gradul de adaptabilitate la condițiile de trai, capacitatea de a rezista la boli și, mai des, leziunile sunt reduse. Îmbătrânirea poate fi fiziologică (naturală) și patologică (prematură).

Procesele metabolismului celular cu vârsta se schimbă ireversibil. În special, așa-numitele gene de îmbătrânire devin active, care conțin informații despre inhibarea biosintezei proteinelor, formarea de ribozomi etc. În schimb, funcționarea genelor responsabile de repararea moleculei ADN este încălcată. Odată cu vârsta,

mecanismele de diviziune celulară sunt încălcate din ce în ce mai mult, ducând la capacitatea redusă de regenerare.

O altă ipoteză face legătura între îmbătrânirea unei persoane cu un cromozom telomeric care se scurtează. Oamenii de știință au descoperit o genă responsabilă de lungimea telomerilor. Persoanele cu o anumită alelă a telomereselor genei sunt scurtate. Prin urmare, unii oameni îmbătrânesc mai repede decât alții. În consecință, îmbătrânirea prematură este în mare parte programată moștenită. Reducerea lungimii telomerilor determina droguri pe tot parcursul vieții, alcool, fumatul, stilul de viață sedentar, etc. Printre factorii care prelungesc durata de viața include exerciții fizice regulate, o bună nutriție, expunerea prelungită la aer liber, evita stresul nervos, respingerea de obiceiurile proaste și așa mai departe.

Îmbătrânirea este un model biologic general comun tuturor organismelor. Procesul de îmbătrânire se aplică tuturor nivelurilor de organizare: de la structurile moleculare la un organism holistic. Știința, care studiază cauzele și procesele de îmbătrânire umană, își găsește legile fundamentale - de la moleculară la organism, numită gerontologie. Pentru prima dată, termenul "gerontologie" a fost propus de omul de știință ucrainean Ilya Ilici Mechnikov (1845-1916) în 1903.

### **Termeni și nuanțe-cheie**

imbatranire, gerontologie.

#### **Verificați-vă cunoștințele**



1. Care sunt perioadele de dezvoltare post-umană. Descrieți-le. 2. Care este vârsta cronologică și biologică a unei persoane? 3. Ce este îmbătrânirea și care sunt

cauzele sale principale?

#### **Chibzuți**



Ce semnificație practică a fost stabilirea perioadelor critice în dezvoltarea corpului uman?

## **LUCRĂRI DE LABORATOR 3**

Subiect: Studiul structurii celulelor sexuale umane

Obiectiv: Să familiarizeze și să compare caracteristicile structurii ouălor și spermei umane, stabilind o legătură între structura și funcțiile lor.

Echipe și materiale: fotografiile ale ouălor și ale spermei umane, realizate cu ajutorul microscopiei de lumină și electronică, cărți didactice cu schemele structurii celulelor sexuale umane, tabele, manuale.

1. Citiți cu atenție fotografiile și desenele structurii ouălor umane.

2. Citiți cu atenție fotografiile și imaginile structurii spermei umane.

3. Construieste tabel, care compară caracteristicile structurale ale ouălor umane și sperma de următoarele criterii: dimensiunea, forma celulelor, capacitatea de a muta, disponibilitatea cochilii externe, furnizarea de nutrienți, mărimea nucleului, volumul citoplasmei, cromozomi, prezența Acrozom

4. Explicați modul în care structura ouălor și spermatozoidilor umane este legată de funcțiile lor.

## **LUCRĂRI DE LABORATOR 4**

Subiect: Studiul etapelor de embriogeneză

Scop: familiarizarea cu principalele etape ale dezvoltării embrionare umane (de exemplu, dezvoltarea embrionară a chordatelor).

Echipe și materiale: microscopie lumina, specimene permanente ale diferitelor stadii de dezvoltare embrionare animale chordate micrografii, modele

sau desene ale diferitelor etape ale animalelor chordate și oameni; cărți didactice cu modele de structură a diferitelor etape ale dezvoltării embrionare umane, tabele, manuale.

1. Pregătiți microscopul pentru lucru.
2. Folosind preparate permanente, manechine, desene, urmăriți etapele zigoți de mărunțire, formarea de blastuli și gastrula (la om, morulas și blastocist).
3. Luați în considerare preparatele permanente de broască de ou în timpul zdrobitorii. Acordați atenție formării blastomerilor. Invidia văzută și explicați-o.
4. Găsiți diferitele frunze de germoplasmă ale microparticulelor gastronomice și vopsiți-le.
5. Descrieți particularitățile structurii diverselor etape ale dezvoltării embrionare umane. Încheiați formularul ca un tabel.

### PRINCIPALUL LUCRU ÎN SUBIECTUL "REPRODUCERE ȘI DEZVOLTARE"

Suntem martori ai progresului științific rapid în domeniul biologiei și medicinei. Pentru a obține rezultate rapide unii cercetători ar putea dori să ignore anumite principii morale sunt respectate societatea umană de-a lungul istoriei, cum ar fi drepturile omului și respectul față de viața altor locuitori ai planetei noastre. Acest lucru ar trebui să împiedice principiile bioeticii, care determina care acțiuni la acceptabil vii punct de vedere moral, și ceea ce - nu.

Baza teoretică a bioeticii este evaluarea morală a activității umane și a implicațiilor sale în domeniul biologiei și medicinei.

În domeniul medicinei, principiile de bază ale bioeticii sunt următoarele:

- principiul autonomiei: o persoană are dreptul de a dispune de propria sănătate; personalul medical trebuie să informeze pacienții despre sănătatea lor și despre necesitatea de a lua orice acțiune;
- Lucrătorii din domeniul sănătății trebuie să respecte principiul "nu există rău", să reducă la minim potențialul de rău în timpul intervenției medicale;
- Principiul de a face bine: acțiunile medicilor trebuie să vizeze îmbunătățirea stării pacientului;
- principiul demnității umane garantează o atitudine decentă față de pacient în caz de incapacitate (fizică și mentală), precum și copiilor mici;
- Principiul echității: furnizorii de servicii medicale trebuie să trateze toți pacienții în mod egal, indiferent de statutul și statutul lor social.

Principiile de bază ale politicii de stat a Ucrainei în domeniul bioeticii:

- Obiectul politicii de stat în domeniul bioeticii sunt cetățenii și drepturile lor;
- sănătatea umană - cea mai importantă prioritate a statului;
- Introducerea și utilizarea rezultatelor activităților științifice și industriale nu ar trebui să afecteze negativ sănătatea umană și mediul.

Statul creează legi de reglementare care prevăd respectarea principiilor și standardelor bioetice în activitățile științifice și practice, în special în domeniul biologiei și medicinei. Aceste acte legislative trebuie să garanteze cetățenilor Ucrainei drepturile și libertățile personale, respectul pentru demnitatea umană și conservarea stării mediului.

# Cuprins

Dragi elevi și eleve din clasa a zecea!.....	3
--	---

## INTRODUCERE

§ 1. Biologia și ecologia – științe naturale complexe. Legăturile lor cu alte discipline .....	4
§ 2. Nivelele de organizare a sistemelor biologice și legătura lor reciprocă .....	8
§ 3. Particularitățile fundamentale ale naturii vii .....	12
§ 4. Strategia dezvoltării durabile a naturii și societății .....	16

## Tema 1. Diversitatea biologică

§ 5. Sistematica – știința despre diversitatea organismelor.....	20
§ 6. Principiile clasificării științifice moderne a organismelor .....	24
§ 7. Concepția contemporană și criteriile speciei .....	27
§ 8. Diversitatea virusurilor și principiile clasificării lor. Virusurile necanonice: virozii și prionii.....	32
§ 9. Particularitățile structurii și funcționarea virusurilor .....	36
§ 10. Particularitățile înmulțirii virusurilor plantelor, bacteriilor, animalelor și ale omului.....	39
§ 11. Ipotezele originii virusurilor. Rolul virusurilor în evoluția lumii organice.....	44
§ 12. Diversitatea procariotelor și principiile de clasificare a lor.....	47
§ 13. Particularitățile funcționării celulelor procariotelor .....	51
§ 14. Diversitatea biologică a planetei noastre ca o consecință a evoluției materiei vii .....	54
§ 15. Examinarea regnurilor organismelor eucariote.....	58
§ 16. Structura și rolul biologic al proteinelor.....	63

## Tema 2. Schimbul de substanțe și transformarea energiei

§ 17. Structura și rolul biologic al glucidelor și lipidelor .....	67
§ 18. Structura și rolul biologic al acizilor nucleici .....	70
§ 19. Caracteristica generală a metabolismului plastic și energetic.....	73
§ 20. Asigurarea energetică a proceselor metabolice.....	76
§ 21. Biosinteza glucidelor și lipidelor la organismele autotrofe și heterotrofe .....	81
§ 22. Biosinteza acizilor nucleici .....	84
§ 23. Biosinteza proteinelor .....	87
§ 24. Reglarea neuroumorală a proceselor metabolice .....	90
§ 25. Alimentația echilibrată este baza metabolismului normal .....	94
§ 26. Ulburările metabolismului asociate cu Insuficiența sau excesul unor elemente sau substanțe chimice.....	98

## Tema 3. Ereditatea și variabilitatea

§ 27. Organizarea materialului ereditar al celulei eucariote .....	104
§ 28. Realizarea informației genetice în celulele eucariote.....	107
§ 29. Reglarea expresiei genelor în celulele eucariote .....	110
§ 30. Mecanismele de conservare a stabilității Materialului genetic .....	114
§ 31. Variabilitatea ereditară: combinativă și mutațională .....	116
§ 32. Mutațiile cromozomiale și genomice. Rolul biologic al mutațiilor .....	120
§ 33. Variabilitatea modificativă.....	123
§ 34. Particularitățile omului ca obiect de cercetare genetică. Metodele de cercetare utilizate în genetica umană.....	127
§ 35. Organizarea genomului uman .....	130
§ 36. Tipuri de moștenire la om .....	133
§ 37. Moștenirea caracterelor multifactoriale ale omului .....	136

§38. Генетика популяціональна а омулу	139
§39. Генетика медичальна. Боліле ередитаре але омулу	145
§40. Діагностичул боліле ередитаре але омулу. Консултаре медико-генетичальна	148
§41. Трлатментул ші превеніре боліле ередитаре а омулу	151

#### **Тема 4. Репродуцере ші дезвотаре**

§ 43. Процеселе де регенераре ла дйферіте групе де еукаріоте	160
§44. Карактерістичіле процесел де регенераре ла ом. Ролул целулел стем ін процеселе де регенераре	162
§45. Реалізарі модерне але медичінеі регенератіве ші трансплантологіеі	
§46. Методеле де мултіплікареле а целулел еукаріоте	169
§ 47. Крештере ші дезвотаре целуларальна. Факторі кареле афектеазальна	172
§48. Інцалькаріле цікуллу целулар ші консецінцеле ацесторе. Афекціуні онкологіче	175
§49. Гаметогенеза ші періоделе ацестеіа. Фертілізареле ші семніфікаціа са біологичальна	179
§50. Етапеле дезвотаріеі ембріонаре умане	181
§51. Реглемеңтаре дезвотаріеі ембріонаре. Феноменул індукціеі ембріонаре	184
§ 52. Періоделе де дезвотаре постбумінальна а омулу	188

*Навчальне видання*

ОСТАПЧЕНКО Людмила Іванівна, БАЛАН Павло Георгійович,  
КОМПАНЕЦЬ Тарас Анатолійович, РУШКОВСЬКИЙ Станіслав Ричардович

### **БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ (рівень стандарту)**

**Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти  
з навчанням румунською/молдовською мовами**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

Видано за рахунок державних коштів.  
Продаж заборонено

*Переклад з української*

Перекладачі *Василь Карлащук, Андрій Волиця*

Румунською/молдовською мовами

Редактор *Т. Карлащук*

Технічний редактор *С. Максимець*

Верстка *В. Моцкіна*

Коректор *Т. Карлащук*

В оформленні підручника використані джерела,  
викладені у вільному доступі в мережі Інтернет.

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 15,6. Обл.-вид. арк. 15,28. Наклад 1646 пр. Зам. № 1376.

Видавець і виготовлювач видавничий дім „Букрек”

вул. Радіщева, 10, м. Чернівці, 58000.

Тел./факс (0372) 55-29-43. E-mail: info@bukrek.net

**www.bukrek.net**

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта видавничої справи ЧЦ № 1 від  
10.07.2000 р.