

OSVRT

BOOK REVIEW

NOVI POGLED NA RODOSLOVLJE ŽIVOTINJA jedan je od podnaslova u knjizi

RAVEN, P. H., JOHNSON, G. B., LOSOS, J. B. & SINGER, S. R., 2005:
BIOLOGY. 7th ed. - Mc Graw Hill. Higher Education. 1311 pp.

Knjiga ima osam dijelova: Podrijetlo živih organizama, Biologija stanice, Genetička i molekularna biologija, Evolucija, Raznolikost života na Zemlji, Pojava i građa bilja, Pojava i građa životinja i Ekologija i ponašanje organizama u okolišu. Knjiga se dalje dijeli na 57 poglavlja i 235 potpoglavlja. U sedmom izdanju sva su poglavlja revidirana ili dopunjena, a dodana su i nova. Npr. građa o mekušcima, kolutićavcima, člankonošcima i bodljikašima spojena je u novo poglavlje, a filogenija kralješnjaka novi je tekst. Koliko je pažnje i solidnosti posvećeno sastavljanju ovoga izdanja iskazuje popis 119 recenzenata koji su revidirali pojedina poglavlja. Na kraju knjige nalazi se Rječnik više od 800 pojmova i Kazalo na 19 stranica, ali nema popisa korištene literature.

Tako veliko i sveobuhvatno, ali i dosta nespretno djelo (3,2 kg), nemoguće je iole dobro i sažeto prikazati na malom prostoru. Izostavio sam cijeli opći i botanički dio i brojne važne opise iz zoologije. Za ovu priliku izabrao sam dio koji sam, radi aktualnosti, naveo kao naslov ovoga prikaza, a odnosi se na tradicionalnu i molekularnu klasifikaciju.

Tradicionalna klasifikacija. Proučavanje evolucijskog srodstva među životinjama temeljeno na anatomskim značajkama i embrionalnom razvoju dovelo je do pretpostavljene povezanosti među skupinama. Tradicionalna klasifikacija smatra da ta filogenija jasno prikazuje opću prirodu evolucijske povijesti Eumetazoa.

Knjiga prikazuje tradicionalnu klasifikaciju kroz pet glavnih promjena u građi tijela.

1) Evolucija tkiva. Kao predstavnici najjednostavnijih životinja (Parazoa) spomenute su spužve (Spongia). One nemaju tkivo ni organe ni simetriju. Spužve postoje kao nakupine stanica s minimalnom međustaničnom povezanosti. Spužve

rastu nesimetrično. Samo neke su radijalno simetrične, dok je najveći dio vrsta potpuno nesimetričan. Njihove su ličinke slobodne i mogu plivati tisućama milja, ali kao odrasle su sesilne. Ostale životinje imaju određen oblik i simetriju i u najviše slučajeva tkivo organizirano u organe i organske sustave.

2) Evolucija simetrije. Eumetazoa („prave” životinje) dijele se u dvije skupine. Radiata su životinje s radijalnom simetrijom tijela i s dva sloja tkiva, vanjskim ektodermom i unutrašnjim endodermom koji zajedno čine *diploblastik*. Tu spadaju morske životinje kao žarnjaci (Cnidaria) koje imaju dva životna oblika, polipe i meduze, zatim koralji i morske anemone (Anthozoa), obrubnjaci (Hydrozoa) i režnjaci (Scyphozoa). Tu spadaju i rebraši (Ctenophora) koji imaju analni otvor tako da voda i druge tvari potpuno prolaze kroz tijelo. To je mala skupina koja se tradicionalno smatra usko srodnom sa žarnjacima iako su strukturno mnogo složeniji. Mnogi su bioluminiscentni pa se noću vide na otvorenom oceanu. Druga skupina, Bilateria imaju bilatelarnu simetriju tijela, a između ektoderma i endoderma imaju i treći sloj mezoderm i tvore *triploblastik*. Kod nekih viših pripadnika, kao kod morskih zvijezda (Echinodermata) odrasli su radijalno simetrični, a ličinke su bilateralno simetrične.

3) Evolucija tjelesne šupljine, *coelom*. Kod Bilateria razvila su se tri tipa građe tjelesne šupljine. Acoelomata su životinje koje nemaju tjelesnu šupljinu između probavila (endoderm) i vanjskog sloja (ektoderm). Takvi su plošnjaci (Platyhelminthes). Probavilo, ako postoji, ima samo jedan otvor. Pseudocoelomata imaju tjelesnu šupljinu tzv. *pseudocoel*, između probavila i stijenke tijela. Takvi su oblici (Nematoda), kojima je tijelo pokriveno debelom savitljivom kutikulom. Kod Coelomata tjelesna se šupljina, *coelom*, nije razvila između endoderma i mezoderma, nego se nalazi potpuno unutar mezoderma. Takvi su npr. kolutičavci (Annelida), koji su sastavljeni od niza kolutičavih segmenata i imaju razvijeno probavilo.

4) Evolucija deuterostome posebno je značajna promjena. Bilatelarno simetrične životinje iskazuju dva načina embrionalnog razvoja. Razvoj počinje dijeljenjem jajne stanice (*mitoza*) i vodi oblikovanju loptaste nakupine stanica (*blastula*). Blastula se uleknućem pretvara u blastopor i blastocel pracrijevo. Kod gotovo svih Protostoma (prema grčkome, „prva usta”) svaka nova stanica pupa u kosom kutu prema polarnoj osi. To je spiralno dijeljenje. Središnji živčani sustav nalazi se na trbušnoj strani. Prvi otvor blastopore prelazi u prava usta, a analni otvor ako postoji, nova je tvorevina od drugih dijelova embrija. U tu skupinu

pripadaju plošnjaci (Platyhelminthes), oblići (Nematoda), mekušci (Mollusca), kolutićavci (Annelida) i člankonošci (Arthropoda).

Kod Deuterostoma (druga usta) stanice se dijele paralelno i pod pravim kutom prema polarnoj osi. To je radijalno dijeljenje. Središnji živčani sustav nalazi se na leđnoj strani. Prvi otvor blastopore razvija se kao analni, a prava usta nova su tvorevina. Deuterostoma uključuje dvije posve različite skupine životinja: bodljikaše (Echinodermata) i svitkovce (Chordata) i neke usko srodne skupine.

Protostoma i deuterostoma razlikuju se u načinu razvoja embrionalnih stanica. Kod Protostome embrionalne stanice imaju unaprijed određen razvoj u smislu u koji će se oblik staničja razviti kod odraslih. S druge strane, kod Deuterostome embrionalne stanice nemaju određen razvoj. Svaka od tih stanica (bilo koja), ako je odvojena od ostalih, može se razviti u potpuno novi organizam. Deuterostoma se razvila od protostome prije više od 650 milijuna godina.

5) Razvoj kolutića (segmentacija). U ranom razvoju životinja segmentacija se pojavljuje najviše u mezodermu, no kasnije i u ektodermu i endodermu. Segmentacija je temelj ustrojstva svih tjelesnih osnova. Kod nekih odraslih člankonožaca kolutići su spojeni, ali segmentacija postoji u njihovu embrionalnom razvoju. Kod kralješnjaka su kralješci i mišići člankoviti, iako je u odraslom obliku člankovitost prikrivena. Prava člankovitost postoji samo kod triju skupina: kolutićavaca (Annelida), člankonožaca (Arthropoda) i svitkovaca (Chordata), iako je taj smjer razvoja vidljiv i kod više drugih skupina. Kod člankonožaca pojavljuju se člankoviti dodaci (noge, ticala i dr.) i egzoskelet te presvlačenje (*ecdysis*) i preobrazba.

Tradicionalna zoološka filogenija prihvaćena općom suglasnosti biologa kroz čitavo stoljeće sada se ponovno procjenjuje. Njezina jednostavna organizacija sa samo dva moguća rješenja uvijek je iskazivala neke klasifikacijske probleme, osobito su zbušnjivale male skupine koje ne pristaju u standardnu shemu.

Molekularna klasifikacija. Molekularna biologija grana je biologije koja proučava strukturu, funkciju i promjene nukleinskih kiselina i proteina gena. Izraz molekularna biologija uveo je J. E. Purkinje još prije više od 120 godina. Paralelno s molekularnom biologijom razvijala se molekularna genetika. Utemeljena je 40-ih godina prošloga stoljeća kao genetika mikroba, a kulminirala je u 70-im godinama usavršavanjem tehnike proučavanja gena.

Posljednje desetljeće donijelo je obilje novih podataka o molekulama RNA i DNA kod raznih skupina životinja. Novo područje, molekularna sistematika, koristi se jedinstvenim zbivanjima u određenim genima za utvrđivanje srodstva među skupinama životinja. Izraženo terminologijom kladističke taksonomije, pojava jedinstvenih svojstava neke skupine, njezinih predaka i potomaka, određuje skupinu monofiletičkih taksona koji čine klad (*clade*). Vrste koje imaju određena svojstva po podrijetlu pripadaju u klad. Filogenetsko životinjsko carstvo, promatramo prema tim pojmovima, hijerarhija je kladova skupljenih u šire kladove.

Kladistika (*cladistics*) taksonomski je postupak koji se za tvorbu sustava koristi stupnjevanjem građe organizama i prikazuje njihovo pravo filogenetsko srodstvo i podrijetlo. Kladistiku je uveo B. Rensch (1949) kao pojam za grananje rodoslovlja, za pojavu novih vrsta, rodova, porodica itd. tijekom evolucije. Kao primjer, knjiga prikazuje **kladogram** za sedam kraljevnjaka. Najjednostavniji organizam u nizu nema niti jedno obilježje koje se pojavljuje (ili nestaje) kod razvijenijih organizama. Tako paklara (kružnoust, Cyclostomata) nema čeljusti. Svi sljedeći kladovi u nizu imaju čeljusti, npr. morski pas (Selachii, Lamnidae). Sljedeća je pojava pluća (daždvenjak, Salamandridae), zatim pojava plodne ovojnice (gušter, Sauria), pa pojava dlaka (tigar), slijedi nestajanje repa (gorila) i na koncu dvonožac (čovjek). Naravno, u tom su kladogramu spomenute vrste samo kao predstavnici kladova, a između njih nizovi su drugih organizama.

U današnje vrijeme molekularna tehnika pruža novi uvid i vodećim biologima omogućuje da preispitaju rodoslovlje životinja. Kao primjer navodi se *Myzostoma mortenensi* (Myzostomidae), zagonetna i anatomski bizarna morska životinja. To su paraziti ili simbionti na bodljikašima (Echinodermata) i njihova je povezanost i srodstvo vrlo staro, još iz razdoblja dijela paleozoika (Ordovika) prije 490-438 milijuna godina. Kroz dugo vrijeme obligatne povezanosti te su životinje izgubile mnoga obilježja, npr. nemaju tjelesnu šupljinu i nepotpuno su člankovite. Gubitak pojedinih obilježja doveo je do znatnih neslaganja među taksonomima. U neslaganju oko tih pojedinosti taksonomi su Myzostomidae na neki način spojili s kolutićavcima (Annelida), katkada s mnogočekinjašima (Polychaeta), a katkada i kao posebno stablo tijesno povezano s kolutićavcima.

U posljednje vrijeme taj se nazor mijenja. Koristeći molekularne podatke nove su taksonomske usporedbe dovele do posve drukčijih zaključaka. Istraživanja su provjerila dva sastojka u postupku sinteze proteina - gena male ribosomske podjedinice rRNA i gena tzv. elongacijskog faktora. Njihova filogenija ne dozvo-

ljava smještanje Myzostomidae zajedno s kolutićavcima. Dapače, istraživanja pokazuju da Myzostomidae općenito nemaju blisku vezu s kolutićavcima, nego - iznenađujuće - oni su mnogo srodniji s plošnjacima (Platyhelminthes).

Rezultati jasno upućuju da ključ po morfološkim značajkama i embrionalnom razvoju, koje su biolozi tradicionalno koristili pri sastavljanju zoološke filogenije, kao što su radijalno i spiralno dijeljenje, tjelesna šupljina, radijalna i bilateralna simetrija, člankovitost i slično, nisu nedokazive značajke, ali one ne prikazuju vjerno filogenetsko podrijetlo. Jer, kod Myzostomidae za vrijeme evolucije, njihova su obilježja nastajala i opet nestajala. Ako bi se takva nekonzervativna evolucijska pravilnost općenito dokazala uskoro ćemo morati provesti veliku reviziju našeg pogleda na evolucijsku građu životinjskog tijela.

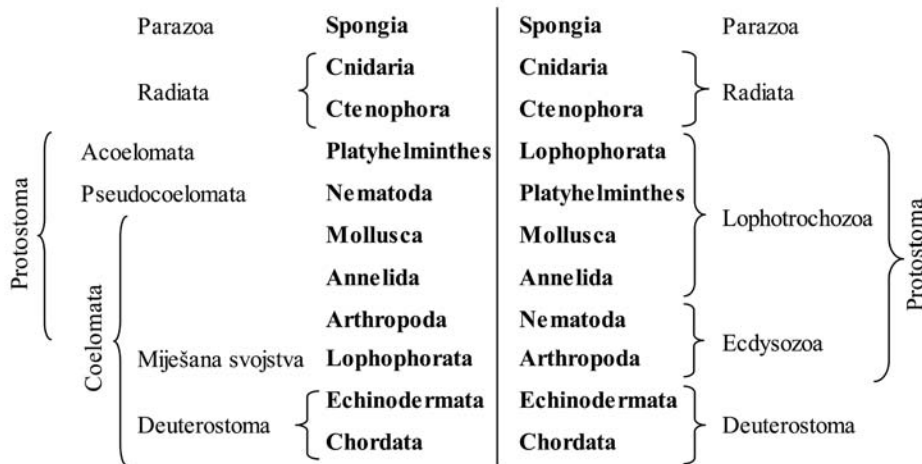
Molekularna filogenija temeljena na usporedbi DNA, ribosomske RNA i proučavanju proteina, na temelju rasprave mnogobrojnih taksonoma, sažeta je u časopisu *Science* 2003. i

među molekularnim istraživačima postignuta je suglasnost. Tradicionalna filogenija protostome obuhvaćala je plošnjake (Platyhelminthes), oblice (Nematoda), mekušce (Mollusca), kolutićavce (Annelida) i člankonošce (Arthropoda), dok su lovkaši Lophophorata, prijelazne skupine s miješanim svojstvima, celomati s brojnim trepljama tzv. *lophophorata*, zatim potkovnjaci (Phoronida), mahovnjaci (Bryozoa) i ramenonošci (Brachiopoda) smješteni na kraju niza između protostomije i deuterostomije. Prema novoj rRNA filogeniji protostome sada su Lophophorata kao najjednostavniji organizmi uključeni prvi u nizu protostome, a iza njih slijede plošnjaci, zatim mekušci, kolutićavci, oblici i člankonošci.

Osim toga, filogenija temeljena na rRNA promjenama upućuje na vrlo različito podrijetlo protostome. Dvije velike skupine životinja razvile su se neovisno još u drevno doba. To su **Lophotrochozoa** koji povećanjem svoje mase rastu do konačne veličine i **Ecdysozoa** koje rastu mijenjanjem egzoskeleta (*ecdysis*). Lophotrochozoa većinom žive u vodi i pokreću se trepljama (cilijama). Mnogi, ali ne svi, imaju slobodne ličinke slične kao *trochophore*. Tu su uključeni mahovnjaci (Bryozoa), potkovnjaci (Phoronidae), ramenonošci (Brachyopoda), zatim plošnjaci, mekušci i kolutićavci. Sposobnost mijenjanja egzoskeleta razvila se samo kod **Ecdysozoa** i te se životinje pokreću na drukčiji način, nego s trepljama. One imaju niz *homeobox* gena koji određuju oblik članaka još u embriju. Od brojnih skupina Ecdysozoa dvije su naročito izražene. Oblici (Nematoda) su pseudocelomati, koji svoju tvrdi kutikulu odbacuju četiri puta. Vrlo su brojni,

ima ih oko 20 000 vrsta i široko su rasprostranjeni. Člankonošci (Arthropoda) su celomati s člankovitim dodacima. Tu pripadaju rakovi (Crustacea), paučnjaci (Arachnoidea), stonoge (Myriapoda) i kukci (Insecta). Člankonožaca ima više od milijun poznatih vrsta, ali prema broju i raznolikosti kukaca u tropskim šumama procjenjuje se da ih ima najmanje 30 milijuna. Njihova veličina u odraslom stanju kreće se od 0,08 mm (neke nametničke grinje) do 3,6 m (gigantski rakovi nađeni u Japanskome moru).

Razlike između tradicionalne (lijevo) i molekularne taksonomije (desno) mogu se za osnovne skupine životinja sažeti sljedećim pregledom.



Biozozi su protostomične bilateralno simetrične životinje (Protostoma), prema postanku tjelesne šupljine, tradicionalno dijelili u tri skupine: Acoelomata, Pseudocoelomata i Coelomata.

Nova filogenija, temeljena na razlikama gena u ribosomalnoj RNA, sugerira da se protostomične životinje mogu bolje odrediti prema povećanju tjelesne mase do konačne veličine (Lophotrochozoa) i/ili prema rastu organizma presvlačenjem (Ecdysozoa).

Iz pregleda vidi se da pojedine skupine životinja imaju u tradicionalnoj i molekularnoj taksonomiji potpuno različito mjesto. Prema novoj klasifikaciji

pojam i postanak presvlačenja oblića i člankonožaca dobiva novo filogenetsko značenje.

Novi pogled na razvoj Eumetazoa samo je grubi prikaz. Molekularna filogenetička analiza životinjskog carstva zasada je u svojim počecima (u dječjem dobu). Međutim, djetinjstvo tog pristupa vjerojatno može potrajati kratko. Tijekom sljedećih godina može se očekivati mnogo dodatnih molekularnih podataka i konfuzije se mogu smanjiti.

B. Britvec, Zagreb

