

UNIVERZITA PALACKÉHO
Fakulta přírodovědecká

SROVNÁVACÍ MORFOLOGIE A ANATOMIE
BEZOBRATLÝCH

Alois ČELECHOVSKÝ

Stručná anotace předmětu

Obecná definice a stavba orgánů a soustav, organologie.

SOUSTAVA DRÁŽDIVÁ A REGULAČNÍ.

1. SOUSTAVA SMYSLOVÁ.

Všeobecné smysly bezobratlých. Smyslové buňky láčkovců, smyslové štětiny, kožní pupeny, tepelná čidla a hmatové chlupy členovců, kompanuliformní sensilly, Johnstonův orgán, chordotonální ústrojí.

Speciální smysly bezobratlých. Mechanoreceptory a chemoreceptory u bezobratlých – stavba a typy. Smysl akustický - stavba statocysty, tympanálních orgánů. Schopnost chuťového a čichového vnímání bezobratlých. **Fotoreceptory** - typy zrakových orgánů bezobratlých. Jejich rozdělení dle morfologie a schopnosti vnímání světla. Stavba složeného oka hmyzu.

2. NERVOVÁ SOUSTAVA. Základní typy a modifikace u bezobratlých: **difúzní, kruhová, gangliová** - pásková, žebříčková, břišní nervová páska, gangliová hmyzu a měkkýšů. VNS bezobratlých.

3. SOUSTAVA ŽLÁZ S VNITŘNÍ SEKRECIÍ. Endokrinní regulace bezobratlých - endokrinní centra a hormony u bezobratlých. Tkáňové hormony.

SOUSTAVA KRYCÍ, OPORNÁ A POHYBOVÁ.

4. SOUSTAVA KRYCÍ. Její podoby a formy u bezobratlých: vnořený epitel, nemertinový epitel, pokožka bezobratlých a její deriváty.

5. SOUSTAVA OPORNÁ. Typy a modifikace oporných soustav u nejvýznamnějších skupin bezobratlých.

6. SOUSTAVA POHYBOVÁ. Její podoby a formy u bezobratlých: vířivé epitely, svalový vak a svaly bezobratlých.

SOUSTAVA VÝMĚNY A PŘEMĚNY LÁTEK.

7. SOUSTAVA TRÁVICÍ. Přehled základní stavby soustav u nejvýznamnějších skupin: trávicí dutina hub, láčka u láčkovců, trávicí trubice bezobratlých a její části.

8. SOUSTAVA DÝCHACÍ. Stavba a typy dýchacích soustav a orgánů u bezobratlých, formy dýchání: kožní dýchání, vzdušnice, tracheální žábry, vzdušné vaky.

9. SOUSTAVA VYLUČOVACÍ A OSMOREGULAČNÍ. Přehled základní stavby vylučovacích orgánů u nejvýznamnějších skupin bezobratlých: protonefridie, metanefridie, nefridie, malpighické trubice.

10. SOUSTAVA OBĚHU TĚLNÍCH TEKUTIN. Druhy tělních tekutin bezobratlých: hydrolymfa, hemolymfa. Typy a stavba cévních systémů bezobratlých

SOUSTAVA ROZMNOŽOVACÍ - ROZPLOZOVACÍ

11. Rozmnožovací soustavy a orgány bezobratlých – základní typy a stavba.

Doporučená literatura a materiály

ČELECHOVSKÝ A. (2008-09): Přednášky ze srovnávací morfologie a anatomie bezobratlých.

ČELECHOVSKÝ A. (2008-09): Přednášky z obecné zoologie.

KNOZ J. (1990): Obecná zoologie II. Skriptum MU v Brně.

PRAVDA O. a kol. (1982): Zoologie 3. SPN v Praze.

SEDLÁK E. (2000): Zoologie bezobratlých. Skriptum MU v Brně.

LANG J. a kol. (1971): Zoologie 1. SPN v Praze.

Buchar J. (1993): Práce ze zoologie. Skriptum UK v Praze.

STAVBA ORGÁNŮ A ORGÁNOVÝCH SOUSTAV

ORGANOLOGIE

- věda, která se zabývá původem, stavbou, vývojem a funkcí orgánů a orgánových soustav.

Orgány = ústroje jsou tvarově a funkčně odlišitelné části živočišných těl, skládající se z rozmanitých buněk a buněčných produktů (např. mezibuněčné hmoty).

Orgány tedy představují morfologicky vymezený soubor tkání specializovaný k plnění určité životní funkce. Čím je organismus fylogeneticky a ontogeneticky vyspělejší, tím složitější je stavba jeho orgánů a tím závažnější je pro něj ztráta kteréhokoliv z nich. V tělech organismů existuje určitá rovnováha v činnosti orgánů tzv. *orgánová korelace*. V důsledku toho narušení činnosti jednoho orgánu má za následek narušení činnosti i ostatních.

Většina orgánů se skládá z **hlavní tkáně**, zajišťující plnění určité funkce. Všechny zbývající jsou **tkáně vedlejší**, která podporují hlavní tkáň v její činnosti.

Fylogenetický vývoj a podobu ovlivňuje:

- **charakter a vlastnosti prostředí, ve kterém organismy žijí;**
- **míra jejich aktivity.**

Zvýšenou aktivitou orgán sílí a zdokonaluje se, nedostatečnou zakrňuje a atrofuje. Nedostatečná činnost orgánu vést k jeho přestavbě v orgán jiný.

V průběhu ontogeneze se orgány postupně diferencují z jednotlivých zárodečných listů. Určitý orgán vzniká většinou pouze z některé části jednoho zárodečného listu. Méně často se na vývoji orgánu podílí více zárodečných listů (trávicí trubice, nadledviny savců).

Orgány v organismech dle počtu:

- a) **jednotlivé**
- b) **párovité - homotypické**
- c) **homodynamické = sériové - ve větším počtu**

Z fylogenetického hlediska rozdělujeme orgány na základě jejich původu na:

- 1) **orgány homologické** – vyvíjejí se u různých živočichů ze stejných okrsků embryonálních tkání, mají stejný původ. Mohou být tvarově i funkčně odlišné.
- 2) **orgány analogické** – diferencují se z různých okrsků embryonální tkáně a mají tedy odlišný původ.

Orgány rudimentární - během fylogeneze ztratily funkci, ale dosud se morfologicky zachovaly.

Soubor orgánů, podílejících se společně na výkonu určité tělesné funkce tvoří **orgánovou soustavu**.

Orgánové soustavy, které jsou svými činnostmi vzájemně úzce spjaty, vytvářejí **orgánové soustavy vyššího řádu**.

Přehled základních orgánových soustav

Orgán. soust. vyššího řádu

Orgánové soustavy

- 1) vyšší soustava dráždivá a regulační – soustavy látkové regulace, nervová a smyslová
- 2) vyšší soustava krycí, oporná a pohybová - soustavy krycí, opěrná a pohybová
- 3) vyšší soustava přeměny a výměny látek a energií – soustavy trávicí, vylučovací, oběhu tělních tekutin a dýchací
- 4) vyšší soustava rozplodzovací - soustava rozplodzovací

VYŠŠÍ SOUSTAVA DRÁŽDIVÁ A REGULAČNÍ

- zajištění koordinace činnosti jednotlivých částí těla, reakcí na měnící se podmínky vnějšího a vnitřního prostředí organismů.

Na zajištění uvedených úkolů se podílejí soustavy látkové regulace, nervová a smyslových orgánů.

SOUSTAVA LÁTKOVÉ (HUMORÁLNÍ) REGULACE

- koordinace prostřednictvím chemických látek - hormonů.
- fylogeneticky starší než regulace nervová.

Hormony

- látky vysoce účinné, jsou to katalyzátory metabolických reakcí v buňkách;
- jejich účinek je z hlediska tkání specifický (určitý hormon ovlivňuje pouze určitý typ tkáně), z hlediska druhového nespecifický (určitý hormon působí na tutéž tkáň u různých druhů živočichů);
- některé působí na všechny buňky těla (růstový hormon), jiné pouze na určité typy;
- nepůsobí izolovaně, vzájemně se doplňují, synergicky a antagonisticky ovlivňují.

Regulace za prostřednictvím chemických látek se uskutečňuje dvěma mechanismy:

1) regulace prostřednictvím tkáňových hormonů

- jsou vylučovány buňkami tkání;
- působí v nejbližším okolí svého vzniku, kam se šíří difúzí;
- způsob regulace uplatňující se zejména v embryonálním období při vývoji zárodku, rozšířen je také u fylogeneticky níže stojících bezobratlých.

2) regulace prostřednictvím hormonů endokrinních žláz

- bývají transportovány tělními tekutinami;
- uplatňují se tak i na místech značně vzdálených od místa svého vzniku;
- u vyspělejších skupin bezobratlých.

Endokrinní žlázy jsou orgány, které obsahují (celé nebo alespoň některé jejich části) endokrinní tkáň, složené z buněk schopných produkovat inkrety (hormony). Tyto buňky jsou dvojího typu:

a) žlázové endokrinní buňky - vlastní žlázové buňky, produkující hormony, které přecházejí přímo ve žlázách do tělní tekutiny.

b) neurosekreční buňky - představují zvláštní typy neuronů, ležících mnohdy v nervových centrech a opatřených dlouhými axony, kterými často zasahují mimo nervovou soustavu. Těmito axony jsou produkované látky dopraveny mimo nervovou soustavu a uvolňovány do tělních tekutin.

Hormonální regulace u bezobratlých

- u většiny se uplatňuje systém regulace prostřednictvím tkáňových hormonů.
- u fylogeneticky vyspělejších skupin dochází ovšem také k vývoji endokrinních soustav.

U **kroužkvců** je znám hormon adrenalin, ovlivňující tělní oběh a také tvorbu opasku.

U **rypohlavce** *Bonelia viridis* vzniká hormon, který ovlivňuje vývoj pohlaví. Z larev, které přisednou na oblast chobotu samice, vznikají samci; ze zbývajících samice. Nejrůznější hormony byly zjištěny u hlavonožců a měkkýšů, u kterých ovlivňují např. barvoměnu.

U **koryšů** představují hormonální centrum buňky očního stvolu, kde vzniká celý komplex hormonů (dříve uváděn pouze jeden), ovlivňujících barvoměnu, svlékací pochody a vylučovací.

Složité endokrinní systém se vyvinul u **hmyzu** a svou složitostí se blíží hormonálnímu systému obratlovců. Je tvořen několika endokrinními žlázami, jejichž hormony se navzájem

ovlivňují, často antagonisticky či synergicky působí. Za důležitá centra hormonální regulace můžeme považovat následující:

1) neurosekreční buňky nadjícnového ganglia

- představují nejvyšší centrum endokrinního systému;
- produkují **aktivační hormon** (AH), který se dostává jejich axony do kardiálních tělísek a odtud do hemolymfy. Uvedený hormon řídí činnost všech ostatních endokrinních žláz.

2) kardiální tělíska (*corpora cardiaca*)

- párová, napojená axony na nadjícnové ganglion. Představují rezervoár mozkových hormonů (aktivační hormon).

3) přilehlá tělíska (*corpora allata*)

- párová, leží za kardiálními tělisky, s nimiž jsou spojena nervy;
- produkují **juvenilní hormon**, který podmiňuje růst larválních tkání. Při jeho nadbytku dochází ke vzniku gigantických larev a hmyz také pohlavně nedospívá.

4) předohrudní (prothorakální) žlázy

- uloženy v předohrudí;
- produkují svlékací hormon **ekdyson**. Tento ovlivňuje svlékací pochody a je nezbytný pro metamorfózu.

NERVOVÁ SOUSTAVA

- součást koordinačního mechanismu organismů. Nervové soustavy sestávají ze dvou částí:

1) **ústřední centrální nervová část – CNS;**

- ### 2) **obvodové nebo-li periferní nervstvo,** tvořící dostředivé a odstředivé dráhy reflexního oblouku.

Obvodové nervstvo má dvě složky:

a) nervstvo somatické, inervující smyslové orgány a pohybovou soustavu

b) nervstvo vegetativní (útrobní), inervující vnitřní orgány.

Základní jednotkou obvodového nervstva jsou **nervy**, složené ze svazků axonů.

Typy nervových soustav, které se v různé míře a podobě vyvinuly u živočichů, odrážejí stupeň tělesnou organizace a fylogenetické vyspělosti.

Nervové soustavy bezobratlých můžeme rozdělit na tři základní typy:

I. difúzní = rozptýlená

II. kruhová

III. gangliová

I. DIFÚZNÍ = ROZPTÝLENÁ NERVOVÁ SOUSTAVA

- tvořena soubory multipolárních a bipolárních nervových buněk s dlouhými výběžky, které jsou rovnocenné, nerozlišené na dendrity a neurity, takže vzruch vedou oběma směry. Tyto nervové buňky označujeme jako protoneurony.

Má následující stavbu:

a) protoneurony rozptýleny v mezoglei (houby)

b) protoneurony uspořádány do dvou plošných sítí (u polypů žahavců - Hydrozoa)

c) protoneuronů uspořádaány do jediné sítě (bezstřevné ploštěnky - Acoela)

Difúzní nervová soustava představuje primitivní typ, u kterého **není rozlišení** na část centrální a obvodové nervstvo. Vzruchy jsou tak vedeny všemi směry. Výběžky protoneuronů bývají napojeny na svalový epitel, proto každý vzruch je doprovázen svalovou kontrakcí buď v místě působení podnětu nebo, při silném podnětu) reaguje celý živočich.

II. KRUHOVÁ NERVOVÁ SOUSTAVA

- typická pro málo pohyblivé, paprscitě (radiálně) symetrické živočichů.
- naznačeno centrální nervstvo v podobě 1 nebo 2 nervových kruhů a nervstvo obvodové.

Typy:

- a) jeden kruhový nerv**, ze kterého vystupuje několik podélných nervů; zbytek těla je prostoupen difúzní nervovou soustavou (sasanky - Actiniaria).
- b) dva kruhové nervy**, jeden při okraji klobouku a druhý kolem jícnu (hydromedúzy)
- c) jeden nervový kruh okolo jícnu, z něj paprscitě vybíhají nervy** ke smyslovým orgánům, na jejich konci okrajová ganglia (scyfomedúzy).
- d) jeden kruhový nerv s 8 konektivami a komisurami** (žebernatky).
- e) okolo jícnu jeden kruh nervů = ambulakrální prstenec, z něj vychází 5 silných nervů**, které vedou do zadní části těla nebo do ramen (ostnokožci). U hvězdic vznikají nervové uzliny na apikálním konci těla, ze které vybíhá do ramen dalších 5 nervů. Mimo uvedené ústředí je u ostnokožců vyvinuta i síť nervů obvodových, napojených na radiální.

III. GANGLIOVÁ NERVOVÁ SOUSTAVA

- charakteristická je koncentrací nervových gangliových buněk do nervových uzlin – ganglií, představujících centrální složku nervového systému. Neurity nervových buněk pak tvoří obvodové nervstvo.
- vznik a vývoj této soustavy souvisí se vznikem hlavy (s cefalizací) a dvojstranou (bilaterální) souměrností těla.

Hlavní typy gangliové nervové soustavy:

a) Pásková gangliová nervová soustava

- na přední straně těla je patrná koncentrace neuronů v podobě **primitivního nervového centra** a z něj vedou **konektivy** do zadního konce těla. Některé jsou vzájemně spojeny příčnými spojkami - **komisurami**.
- vyskytuje se u ploštěnců.

b) Žebříčkovitá gangliová nervová soustava

- v hlavové části se vytváří **párovitá uzlina mozková** a na ni se napojují **párovité uzliny podjícnové**. Dále v každém tělním článku je **pár uzlin**, které jsou spojeny v rámci článku příčnými **komosurami**. Ganglia sousedních článků jsou propojena podélnými **konektivami**.

- v různých modifikacích u pásnic, hlístic, vířníků, kroužkovců, členovců, mnohonožek, stonožek a některých pavoukovců.

- u fylogeneticky pokročilejších skupin kroužkovců a členovců dochází tak ke splývání ganglií uvnitř článků, čímž zanikají komisury a konektivy splývají - vzniká **břišní nervová páska**.

c) Gangliová nervová soustava s břišní nervovou páskou

- s tímto typem se setkáme u členovců.

- u fylogeneticky vyspělejších skupin je patrný trend koncentrace ganglií břišní nervové pásky směrem k hlavové části, až se vytváří pouze jedno tělní ganglium.

U hmyzu vzniká mozkové nadjícnové ganglium, napojené na párovitou podjícnovou uzlina a dále na párová ganglia v tělní části, u některých koncentrace tělních uzlin do 1 nebo 2 ganglií v hrudi.

Nadjícnové (“mozkové”) ganglium vzniká splynutím tří párů ganglií a má 3 oddíly:

- ***protocerebrum*** – první část, představující optické zrakové centrum. Vedou do něj 3 nervy z jednoduchých očí a na jeho postranní optické laloky jsou napojeny složené oči.

- ***deutocerebrum*** – do této druhé části přicházejí čichové nervy z tykadel, je čichovým centrem.

Významnými částmi obou oddílů (hlavně protocerebra) jsou houbovitá tělesa, která obsahují neurosekreční buňky, podílející se na hormonální regulaci.

- ***tritocerebrum*** – třetí část, párovitý charakter. Zajišťuje inervaci svrchního pysku.

Nadjícnové ganglium je napojeno pomocí konektiv na podjícnové, a to pak na břišní nervovou pásku či hrudní ganglia.

d) Modifikovaná gangliová nervová s tělními ganglii

- charakteristická přítomnost párových ganglií ve významných částech těla či orgánech.

U měkkýšů **tři páry uzlin - mozková (hlavová), nožní (pedální) a útrobní (viscerální).**

- u plžů jsou **navíc další 2 páry - plášťová (pleurální) a postranní (parietální).**

- u plicnatých plžů pozorujeme zkracování konektiv a přibližování tělních uzlin k uzlinám mozkovým. Proces koncentrace je nejvýraznější u hlavonožců, kde vzniká **jediná obrovská mozková uzliny.**

V rámci gangliové nervové soustavy má význam vznik **obřích nervových vláken**, se kterými se setkáme u některých kroužkovců, měkkýšů a členovců. Jejich úkolem je rychlý převod vzruchu na velké vzdálenosti v břišní pásce.

Vedle somatického nervstva je u gangliových soustav vytvářeno i nervstvo vegetativním, napojené na mozkovou uzlinu.

VEGETATIVNÍ (AUTONOMNÍ) NERVOVÁ SOUSTAVA (VNS)

Řídí činnost vnitřních orgánů, a to relativně nezávisle na CNS. Vyvinuta je u vyspělých skupin bezobratlých.

- u měkkýšů představuje centrum VNS párovitá **uzlina bukání**;
- u hmyzu - **čelní (frontální) ganglium** na pojené na ganglia po stranách jícnu.

SOUSTAVA SMYSLOVÝCH ORGÁNŮ

Smyslové orgány jsou morfologicky upraveny k přijímání určitého podnětu, tzv. adekvátního (přiměřeného).

Dělení smyslových orgánů podle typu energie adekvátního podnětu:

- 1) **mechanoreceptory**
- 2) **chemoreceptory**
- 3) **fotoreceptory**

Dělení podle stavby smyslových orgánů

- 1) **všeobecné smysly**

2) speciální smysly

VŠEOBECNÉ SMYSLY BEZOBRATLÝCH

- plní hmatovou funkci. Jsou to následující typy:

- 1) smyslové buňky
- 2) citové štětce ploštěnců
- 3) smyslové štětiny kroužkovců.
- 4) kožní pupeny bezobratlých (hlístice, kroužkovci, měkkýši, nižší strunatci)
- 5) tepelná čidla členovců
- 6) hmatové chlupy členovců
- 7) kompanuliformní senzily hmyzu
- 8) chordotonální ústroje hmyzu
- 9) Johnstonův orgán
- 10) Hallerův orgán

SPECIÁLNÍ SMYSLY

Mechanoreceptory – smysl polohový, sluchový (akustický).

Orgány polohové a sluchové – polohové receptory umožňují udržení tělesné rovnováhy;
- gravitace (orgán statické rovnováhy) nebo pohyb těla (orgány dynamické rovnováhy).

Polohové orgány bezobratlých

Statocysta – váčkovitá vchlípenina tělního povrchu, vystlaná smyslovým epitelem s brvami.
V jejich dutině se nachází jedno tělísko - statolyt nebo více tělísek – statokonie.

- a) uzavřená statocysta
- b) otevřená statocysta

Akustické orgány

- u hlavonožců mají charakter váčků (**otocysty**), které obsahují statolyt. Leží po stranách chrupavčité lebky.

Tympanální orgány hmyzu - akustické orgány u hmyzu.

- základem je bubínek – blanka (tympanum), napnutý na chitinózním rámečku, nad zduřelou tracheou vystlanou smyslovými buňkami.
- u kobylek na holeních 1. páru končetin, u sarančat po stranách zadečku

(Stridulační orgány slouží k vydávající zvuky, např. u kobylek tření 1. páru křídel, u sarančat tření stehů 3. páru nohou o křídla.)

FOTORECEPTORY

Základem fotoreceptorů bývají tři části:

1. **zrakové buňky**
2. **pigmentové buňky**
3. **Dioptrický aparát – sklivec**
 - čočka**
 - rohovka**

U některých typů fotoreceptorů je přítomno dále malé množství pojivových a svalových tkání.

Typy vidění

- 1) **kontrastní vidění**
- 2) **směrové vidění.**
- 3) **obrazové vidění**

Typy fotoreceptorů podle polohy smyslových buněk vůči světlu:

- 1) **přivrácené (everzní)** – smyslové buňky směřují činnými výběžky proti přicházejícím světelným paprskům.
- 2) **odvrácené (inverzní)** – smyslové buňky činným výběžkem otočeny ve směru přicházejících paprsků.

TYPY ZRAKOVÝCH ORGÁNŮ:

1) Dermaptická pokožka kroužkovců

2) Oči:

a) skvrnové oči

b) miskovité oči

c) pohárkové oči

d) váčkovité oči (komorové)

e) složené oči (facetové)

Stavba složeného facetového oka hmyzu:

- základem je 10 až 100 tisíc **omatidií** kuželovitého tvaru.

- části **omatidia**: **faceta**, **kříšťálotvorné buňky**, **sítničkové buňky (retinula)**, **rhabdom**, **pigmentové buňky**.

- vidění hmyzu je mozaikovitě a oči nejsou schopny zaostření na různé vzdálenosti (dva typy omatidií - **mikromatidia** a **makromatidia**).

- složené oči se vyskytují u kroužkovců, některých mlžů, hvězdic.

Typy omatidií podle dokonalosti jejich izolace pigmentem:

1) **Apoziční omatidia** – dokonale izolovaná od okolních omatidií.

2) **Superpoziční omatidia** – nedokonale izolována.

Další fotoreceptory členovců: hmyz - jednoduchá očka, korýši – jednoduchá nepárová naupliová očka.

CHEMORECEPTORY

Orgány čichové - olfaktorické

1. **Kožní jamky se smyslovým epitelem** (v ropáličích medúz, na okraji plášťové dutiny u měkkýšů).

2. **Smyslové brvy na tykadlech členovců**

Orgány vlhkostní - půdní máloštětinatci, suchozemští korýši, mlok

Orgány chuťové:

U bezobratlých mají charakter všeobecných smyslů.

SOUSTAVA KRYCÍ, OPORNÁ A POHYBOVÁ

- kostra slouží jako opora pohybové soustavy, spolu s pokožkou určuje celkový tvar těla.

Soustava krycí (integument, tělní pokryv)

- **ochrana** těla před mechanickými, fyzikálními a chemickými vlivy vnějšího prostředí, před původci chorob a biologickými nepřáteli.

- může také plnit funkci **vylučovací** (žlázy) a **dýchací**, je sídlem povrchového **zbarvení** (pigmentové buňky, zbarvení kutikuly) a nositelem drobných orgánů, jako jsou žlázy, smyslové orgány a pomocná zařízení pohybu či obrany.

- někdy plní i funkci **opornou** (u členovců).

U živočichů pokrývá souvisle celý tělní povrch. U bezobratlých má formu pokožky neboli epidermis, tvořené různými typy krycího epitelu.

Epidermis je téměř vždy původu ektoblastového, jen u dospělých hub a parazitického láčkovce *Polypodium hydriforme* je původu entoblastového.

Krycí soustava jako jedna z mála je vyvinuta i u nejprimitivnějších mnohobuněčných. Zde měla ve fylogenezi povrchová vrstva buněk hlavně **funkci pohybovou**, krycí epitel byl **obrvený** a umožňoval plavání ve vodě. Zachován zůstává **u primárních larev**. U dospělců se zachovávají obrvené epitely v okolí ústního otvoru.

Základní typy epitelů bezobratlých

1. Vnořený epitel
2. Nemertinový epitel
3. **Jednovrstevný epitel** - nahý, obrvený nebo kutikulární.

Přehled stavby krycích soustav u nejvýznamnějších taxonů živočichů

Houby - Porifera

- Larva je pokryta **jednou vrstvou obrveného epitelu**, plnícího veškeré životní funkce.
- U dospělých hub se **ektoblast** larvy zachoval pouze jako **výstelka trávící dutiny (choanocyty)**. Pokryv těla se vyvíjí **z entoblastu**. Tvoří jej bezbrvé, silně zploštělé buňky, tzv. **kollencyty** (pinakocyty) a **porocyty** s otvůrky (**ostii**).

Žahavci – Cnidaria

- tvořen **bezbrvým jednovrstevným epitelem**, ve kterém převažují **epiteliální svalové buňky**. Mezi nimi jsou roztroušeny útočné **žahavé buňky (knidy, knidoblasty, nematocyty, akontie)** a buňky **smyslové**, které jsou napojeny na síť nervových buněk.

U korálnatců vylučuje epidermis na nožní části těla vápenitou nebo rohovitou schránku, která se často po obvodu nohy i s pokožkou vchlipuje do trávícího vaku a tvoří tak **sklerosepta**. Takto se epidermis podílí na tvorbě exo- i endoskeletu.

Žebernatky – Acnidaria

Tělní pokryv jako u žahavců, avšak žahavé buňky jsou nahrazeny **lepivými colloblasty**. V cytoplazmě colloblastů se tvoří zrna, která při vyloučení na povrch čepičky se stávají lepivými. Jsou umístěny zejména na chapadlech, kde napomáhají chytat kořist.

Zvláštností pokryvu je také 8 podélných pruhů splynulých brv - tzv. **pleurostichy**, jejichž synchronní pohyb umožňuje pohyb v moři.

Ploštěnci - Platelmines

– ploštěnky (Turbellaria)

Epidermis ploštěnek je **tvořen obrveným epitelem vnořeným, nemertinovým nebo jednovrstevným**. Buňky epitelu vytvářejí v cytoplazmě tyčinkovité útvary **rhabdity**. Ty jsou při podráždění vypuzována na povrch, kde bobtnají a mění se ve slizovitý povlak. Dále jsou v epitelu roztroušeně jednotlivé smyslové buňky a výběžky neuronů. Pod pokožkou je několik vrstev hladké svaloviny (podélná, okružní, diagonální), vytvářejících souvislý **kožní svalový vak**. Tento slouží k pohybu, má i funkci ochranou vnitřních orgánů a určuje tvar těla.

- motolice, tasemnice (Trematoda, Cestoidea)

Základem integumentu je **vnořený kutikulární epitel**. Kutikula je ochranou proti trávícím šťávám hostitelů. Kutikulární epitel vytváří rozmanité povrchové struktury (trny, přísavky, háčky).

Součástí vnořeného epitelu jsou mimo vlastní buňky vylučující kutikulu i buňky smyslové. Pod epitelem je **kožní svalový vak**.

Obrvený epitel je pouze u volně žijících larev (miracidium).

Pásnice – Nemertiny

Integument tvoří vnořený epitel a kožní svalový vak.

Hlísti - Nemathelmines

Tělo je kryto **silnou rohovitou kutikulou**, vylučovanou buňkami **hypodermis** (jednovrstevný epitel).

Hlístice – hypodermální buňky mají navíc **schopnost svalové kontrakce** a syncytiálně splývají.

Strunovci – kutikula jemně ostnitá.

Vrtejši – **tenká kutikula, otrněná. Hypodermis** ze syncytiálně splynulých buněk je silný, **protkaný sítí kanálků**, zajišťujících výživu (nemají trávicí soustavu).

Kroužkovci – Annelida

Integument tvoří pokožka z **jednovrstevného epitelu s tenkou vrstvou kutikuly**. Pod ní mohutný **kožní svalový vak**. V pokožce jsou mimo krycích buněk přítomny četné **buněk žlázné a smyslové**. Často se vytvářejí kutikulární štětiny, ostny a háčky. **Integument** hlavně na tělních přívěscích **je prokrven**.

Chapadlovci – Tentaculata

Na povrchu těla **dva typy epitelů - obrvený a kutikulární**. Kutikulární epitel vytváří pevná chitinoïdní pouzdra (chapadlovci, mechovky) nebo vápenaté skořápky v podobě lastur mlžů (ramenonožci). Obrvený epitel je na chapadlech v okolí ústního otvoru.

Měkkýši – Mollusca

Pokožka je tvořena **jednovrstevným epitelem nahým, řasinkových nebo kutikulárním**. Zvláštní význam má epitel kutikulární, vylučující bílkovino-vápenaté **schránky**. Schránka vylučovaná pláštěm je úkrytem pro celé tělo. Má podobu ulity nebo lastury. Je složena ze tří vrstev:

- **vnější - periostracum**, ze skleroproteinu konchiolinu;
- **střední - ostracum**, z uhličitanu vápenatého;
- **vnitřní perleťové - hypostracum**, z vrstevnatého aragonitu.
-

Mezi pláštěm a vlastním tělem je plášťová dutina, která je vystlána řasinkovým epitelem. Tělo pokrývá epitel nahý s četnými hlenovými žlázami. U hlavonožců se okraj pláště přehrnuje přes okraj schránky a nakonec ji celou obrůstá - **sépiová kost**.

Schránky měkkýšů jsou stálou součástí těla a nemohou být odvrhovány. Na těle jsou přidržovány prostřednictvím zvláštních svalů.

Členovci – Artropoda

Tělní povrch tvoří pouze **kutikulární epitel**. Vrstva kutikuly je silná a epidermis vzhledem ke svému hlubokému uložení označujeme jako **hypodermis**. Rozlišujeme tři základní části:

- **epikutikula** – složená z vosku a cementu
- **exokutikula a endokutikula** – jejich hlavní složkou je chitin

U raka je navíc **inkrustována** uhličitanem vápenatým.

Kutikula tvoří na těle souvislý pevný krunýř, ztenčená místa jsou pouze mezi články (tzv. klouby) = **exoskelet**. Charakteristické jsou i kožní kutikulární deriváty: drápky, štětiny, trny, chlupy, háčky, šupiny apod. Kutikula omezuje růst živočicha, proto bývá několikrát svlečena (ekdyse) a odvržena v podobě kůže = svlečky (exuvie).

Ostnokožci – Echinodermata

Integument je tvořen **jednovrstevnou pokožkou** a **vazivovou škárrou**. Pokožka je velice tenká, tvořená obrveným epitelem. Ve škáře v tzv. **skeletogenních buňkách** vznikají vápenatá zrna, která splývají v rozmanité **perforované ploténky** nebo jehlice či ostny. Zvláštním typem jsou klíškovitě zakončené **pedicellarie** - funkce sanitární.

Soustava oporná (kostra, skelet)

Funkce, umístění a hlavní součásti

Kostra slouží jako **opora a ochrana** vnitřních orgánů. Pasivně se spolupodílí na **pohybu**, s tělním povrchem určuje i celkový **tvar** těla.

Kostra může být umístěna na povrchu (kutikula členovců), pod povrchem těla (vápenité útvary v kůži ostnokožců), u obratlovců v tělní stěně (páteř a žebra) a uvnitř pohybových orgánů (ploutve, nohy, ruce, křídla).

Hlavními tkáněmi oporných soustav slouží:

1. mezoglea
2. kutikulární epitel
3. buněčné pojivo
4. chrupavčité tkáně
5. kostní tkáně

Stavebními jednotkami oporných soustav jsou různé minerální útvary jako schránky, destičky a jehlice, dále kutikulární sklerity, chrupavky a kosti

Ontogenetický původ

Vnější kostry jsou původu ektoblastového, kostry vnitřní zpravidla mezoblastového. (Výjimkou je chorda dorsalis, která je původu entoblastového.)

Anatomická stavba skeletu u hlavních skupin bezobratlých

Houby - Porifera

U hub se vytváří mohutný skelet v mezoglei z křemitých nebo vápenitých jehlic a spongiových vláken. Jehlice jsou vylučovány zvláštním typem buněk mezoglei, tzv. skleroblasty. Spongin je vylučován spongioblasty.

Žahavce - Cnidaria

U medúzovců, medúz polypovců, nezmarů, sasanek a žebernaték funkci skeletu plní různě silná mezogleová vrstva. U hydroidních polypů a korálnatců se vyvíjí kutikulární exoskelet a někdy (u korálnatců) i endoskelet.

Exoskelet, tzv. perisark, pokrývá celé tělo s výjimkou předního konce s chapadly. Je tvořen ze skleroproteinů, chitinu nebo uhličitanu vápenatého. U některých skupin se perisark pod chapadly odchlípuje a vytváří se hydrotéka. Výrazný exoskelet bílkovinné, chitinoidní nebo vápenité povahy vylučuje pokožka mnohých korálnatců. Z bílkovinných látek se na jeho tvorbu podílí zejména skleroprotein koralin, chemicky příbuzný keratinu.

U osmičetných korálů se u řady skupin vyvíjejí v mezoglei skleroproteinové nebo vápenité sklerity různých tvarů a zbarvení. Jsou vylučovány skleroblasty a v mezoglei se stmelují v masivní **endoskelet**. U některých láčkovců jsou chapadla vyztužena buněčným pojivem.

Červy - Vermes (ploštěnci, hlísti, kroužkovci), chapadlovci - Tentaculata

Skelet chybí nebo je totožný s tělním povrchem (kutikulární exoskelet). U kroužkovců je kutikula značně tenká, opornou funkci u některých mnohobuněčných přebírají oporné tkáně mezoblastového původu (primitivní chrupavky, buněčné pojivo).

Měkkýši - Mollusca

Mimo **exoskeletárních útvarů (lastury, ulity)** vzniklých činností krycího epitelu se vyvíjejí rovněž **endoskeletární útvary - subradurální chrupavka, u hlavonožců je mozkové pouzdro, oporný systém chapadel a postranních ploutví; sépiová kost.**

Členovci - Artropoda

Kutikulární **exoskelet** členovců je nejdokonaleji vyvinut u hmyzu.

Stavba článku: hřbetní plátek (**tergitem**)

břišní (**sternit**)

postranní membrány (**pleury**).

Články spojuje **intersegmentální membrána**. Hlava bývá silně sklerotizovaná v podobě tzv. **hlavové schránky**, sestávající z velkého počtu skleritů pospojovaných švy. Silná sklerotizace je i u hrudních článků. Články končetin jsou tvořeny silnostěnnými trubicemi, které jsou vzájemně spojeny prstenci blanité kutikuly. V tělních oddílech (hlava, hrud') dochází ke vchlípení pokožky do těla a vznikají tak vnitřní endoskeletární útvary – **tentoria**.

Ostnokožci - Echinodermata

Skelet ostnokožců se vyvíjí ve škárové vrstvě integumentu.

Soustava pohybová

Pohybovým ústrojím většiny mnohobuněčných jsou **svaly – muscoli**, u některých řasinkové epitely.

Žahavce - Cnidaria

- v dospělosti **svalový epitel**.

Červy - Vermes

U červů je pohybová tkáň soustředěna do **kožního svalového vaku**. Kožně svalový vak je tvořen svalovinou okružní, diagonální a podélnou. Dále je doplněn svaly dorzoventrálními (z hřbetní strany na břišní).

Měkkýši - Mollusca

Svalovina je soustředěna do **svalnaté nohy**. U mlžů jsou dále vyvinuty svaly udržující tělo v lasturách (**svěrače lastur**). U plžů je vyvinut **sloupkový sval (musculus columellaris)**, kterým je živočich poután v ulitě. U hlavonožců je silně vyvinuta svalovina v chapadlech.

Členovci - Artropoda

U členovců se svaly upínají na vnitřní plochy exoskeletu. Jsou přichyceny k protilehlým stěnám, v končetinách probíhají z článku do článku, vzácněji se upínají na povrch orgánů.

Ostnokožci - Echinodermata

Ostnokožci mají svalovina málo, pohyb zajišťuje soustava vodních cév (**ambulakrální soustava**) - **okružní kanál, 5 slepě končících větví, ambulakrální nožky**. Ambulakrální soustava je vyplněná mořskou vodou smíšenou s tělní tekutinou. Voda do ni přitéká pórovitou destičkou na povrchu těla, uzavírající kamenný kanál, který ústí do okolojícnové ambulakrální cévy. Ambulakrální soustava mimo funkci pohybovou plní i funkce dýchací a vylučovací.

SOUSTAVA VÝMĚNY A PŘEMĚNY LÁTEK A ENERGIÍ

Soustava zajišťující celkový metabolismus, tj. tok látek a energií. Zajišťuje neustálý přísun živin (potravy) do těla a jejich rozvod, dále také odvádění odpadních látek z těla do vnějšího prostředí.

Zahrnuje soustavy: trávicí, dýchací, oběhu tělních tekutin a vylučovací.

U primitivních mnohobuněčných mohou některé z uvedených soustav chybět. Např. u žahavců a ploštěnců chybí soustava oběhu tělních tekutin. Rozvod živin zde probíhá pouhou difúzí. Rovněž u těchto skupin schází dýchací soustava a výměnu plynů zajišťuje pokožka.

SOUSTAVA TRÁVICÍ

Její funkcí je zachycení potravy z vnějšího prostředí a její následné mechanické a chemické zpracování (strávení) na jednoduché, pro tělo přijatelné složky v podobě tzv. zažitiny (chylus), která je předána soustavě oběhové. Nestravitelné zbytky pak jsou vyloučeny do vnějšího prostředí.

Jde o soustavu, která se vyskytuje u většiny živočichů. V ontogenezi se zakládá velice brzy, již ve stadiu gastruly v podobě prvostřeva (archenteron). Trávicí soustava schází nebo je redukována u jedinců žijících krátkou dobu nebo u parazitických forem.

Rozmanité soustavy se vyvíjely v závislosti na druhu přijímané potravy. Živočichy v tomto směru můžeme rozdělit na:

- 1. herbivorní - býložravé**
- 2. karnivorní - masožravé**
- 3. omnivorní - všežravé**

U býložravých bývá trávicí trubice delší a často složitěji členěna než u masožravých.

Trávení živočichů dělíme na:

- 1. extracelulární** - rozmělněná potrava je chemicky zpracována v dutinách trávicího ústrojí

2. intracelulární – částičky potravy jsou fagocytovány výstelkovými buňkami trávicího ústrojí a teprve v jejich cytoplazmě chemicky zpracovány.

V některých případech se oba výše uvedené způsoby mohou kombinovat.

JEDNOTLIVÉ TYPY TRÁVICÍCH SOUSTAV HLAVNÍCH SKUPIN BEZOBRATLÝCH

Trávicí dutina

U hub v průběhu ontogeneze blastoporus zarůstá a na protilehlém konci vzniká otvor nový – osculum. Sloužící jako otvor vyvrhovací. Celá dutina nebo vakovité vchlípeniny v tělní stěně jsou vystlány **límčovým epitelem**. Příjem potravy obstarávají drobné otvůrky v tělní stěně – ostie, jejichž ústí tvoří porocyty. Trávení je intracelulární uvnitř límečkových buněk.

Trávicí vak – láčka

Odpovídá prvostřevu gastruly. Je u žahavců a ploštěnců. Prvoústa nebo-li osculum (ústní otvor) ústí do vakovité nebo rozvětvené dutiny vystlané bičíkovým epitelem entoblastového původu. Osculum je otvorem jak přijímacím, tak také vyvrhovacím. Trávení je vždy extracelulární.

V typické podobě je u hydroidních polypů. Modifikace jsou u medúzovců, korálnatců, žebernatků a ploštěnců.

Mimo samotné trávení gastrovaskulární soustava zajišťuje rovněž rozvod živin ke tkáním. Hltan bývá vyhlípitelný a roztažitelný, umožňuje tak polykání velkých soust. Na rozdíl od trávicího vaku je hltan původu ektoblastového.

Trávicí trubice

Původní vakovité prvostřevo se protahuje a vytváří se v něm druhý otvor. U prvoústých se blastoporus mění v ústa a řitní otvor vzniká druhotně. U druhoústých (ostnokožci, *polostrunatci*, *strunatci*) se mění prvoústa v řiť a ústa vznikají druhotně. Střední část trávicí trubice je původu entoblastového a odpovídá původnímu prvostřevu.

Mezenteron bývá u prvoústých kratší, někdy rozlišen jen na žaludek a střevo. Stomodeum a proctodeum jsou ektoblastového původu.

Trávící trubice se rozlišuje v následující oddíly: **ústní otvor a dutina, hltan, jícen, vole, žaludek žlaznatý a svalnatý, střevo, konečník a řiť**.

U většiny živočichů vyúsťují do trávící trubice různé přídatné žlázy, jako žlázy slinné, jedové, slinivko jaterní, jaterní.

Trávící trubice u hlavních skupin bezobratlých

Pásnice

První skupina s plně vyvinutou trávící trubicí. Sestává s **ústního otvoru a hltanu**. Ten se někdy větví ve vlastní **trávící trubici** a v dorzálně uložený vakovitý útvar **rhynchoceol**, ve kterém je útočný vymrštitelný chobot s ostrým bodcem. Dále následuje **jícen, žaludek** a zprohýbané **střevo** zakončené **řitním otvorem**.

Hlístice

Trávící soustava jednoduchá. **Ústa** bývají někdy opatřena **kutikulárními zoubky** či **bodci**. Dále následuje svalnatý **hltan** rozšířený v bulbus k nasávání potravy, rovné **střevo**, **řitní otvor**.

Kroužkovci

Trávící trubice značně členěná. Okolo **úst** (Mnohoštětinatci) vyvinut věnec chapadel k uchycení potravy a její dopravy do úst. Následuje **hltan** a dále **jícen**, do kterého vyúsťují **vápenaté žlázy** upravující pH střevního obsahu. Za jícnem je **vakovité vole** přecházející do **svalnatého žaludku**, kde je potrava rozmělnována. Následuje **střevo**, jehož dorzální část je vchlípená do střevní dutiny v podobě žlábkovitého orgánu zvaného **typhlosolis**, zvětšující vstřebávací plochu střeva. Z enzymů zjištěny proteáza, amyláza a lipáza.

Měkkýši

Odlišně je utvářena trávící trubice u druhů býložravých a masožravých. U býložravých je v **ústech** jazýčkovitá **radula**. Proti ní na patře jsou 1 nebo 2 zoubky. U masožravých v ústní dutině vylučují **slinné žlázy** sekret s vysokým obsahem H_2SO_4 . Za **hltanem** a

jícenem následuje *žvýkací žaludek* opatřený vápenitými nebo rohovitými lištami k rozmělnování potravy, která pak dále přechází do vlastního žaludku. Do něj ústí *játra*, která nasávají potravu a jejich buňky ji fagocytují a intracelulárně tráví. Jaterní buňky obsahují enzym celulózu. U mlžů prochází *střevo* osrdečnickem a srdcem.

Artropoda

U členovců jsou výrazné rozdíly v utváření trávicí soustavy u koryšů, klepítkačů a vzdušnicovců. Stomoteum a proctodeum jsou vystlány kutikulárním epitelem.

Společným znakem je však přítomnost **článekovaných přívěsků** okolo **ústního otvoru**, vzniklých přeměnou končetin článků hlavy. U koryšů je tvoří 1 pár kusadel (mandibulae), I. a II. pár čelistí (maxilae) a někdy 3 páry čelistních n ožek (maxillipedy). U klepítkačů je 1 pár chelicer a 1 pár pedipalp. U vzdušnicovců horní pysk (labrum), 1 pár kusadel, I. pár čelistí, případně II. pár čelistí (Myriapoda) nebo dolní pysk labium (Insecta).

U koryšů dále následuje *jícen*, *žaludek žvýkací* (s chitinovými zoubky a vápenitými zrny tzv. rakůvkami) a *žláznatý*. Následuje krátké *střední střevo* s párovitou vychlípeninou – *játry*. Jejich buňky vylučují proteolytické a glykolitické enzymy. V *zadním střevě* se zahušťují zbytky a tyto jsou nakonec vypuzeny z těla *řitním otvorem*

U klepítkačů slouží **stomodeum** k rozmělnování a nasávání potravy. U pavouků je rozlišeno na *hltan*, *jícen* a *savý žaludek*. Do hltanu ústí slinné žlázy produkující proteolytické enzymy. Sliny s těmito enzymy jsou vstříkovány do kořisti a takto mimotělně natrávená potrava je nasávána savým žaludkem do **středního střeva**, kde se trávení dokončuje. Střední střevo se skládá ze *žláznatého žaludku*, *slepých střevních přívěsků* v hlavohrudí a *tenkého střeva* v zadečku. Z tenkého střeva se vychlipuje složitě větvená žláza slinivko-jaterní, **hepatopankreas**. Na konci se do středního střeva napojují *Malphigické trubice* a vychlipuje se z něj *rektální váček* tzv. **kloaka**. Za ní následuje krátké a rovné **proctodeum s řitním otvorem**. Jedové žlázy vyúsťují na chelicerách, u štírů na vrcholu koncového článku těla.

U hmyzu se **stomodeum** dělí na *dutinu ústní*, *svalnatý krátký hltan*, *úzký jícen*, který se někdy rozšiřuje ve vakovité *vole* (šváb, včela) a ve *žvýkací žaludek*. Do ústní dutiny ústí jednoduché nebo rozvětvené váčkovité slinné žlázy. U krev sajících druhů obsahující dráždivé a protisrážlivé látky. **Mezenteron** je krátký, ale širší. U některých skupin se z něj vychlipují slepá střeva (švábi). Do koncové části *středního střeva*, tzv. *žláznatého žaludku* vyúsťují Malphigické trubice. Mezi předním a středním střevem je tenkostěnná

kožovitá **peritrofická membrána**, vylučovaná zvláštními žláзовými buňkami. Mezi ní a povrchem střeva tak vzniká dutý prostor. Membrána patrně zajišťuje ochranu sliznice střeva a je selektivně propustná. Zasahuje ze středního střeva až do proktodea, kde odchází z těla s nestrávenými zbytky. V místě vývodů Maphigických trubic se na střední střevo napojuje **střevo zadní**, které se člení na *tlusté střevo, rovné střevo, kloaku a řiť*.

Ostnokožci

- ektodermální části krátké, mezenteron je dlouhý. Za **ústí** je krátký *hltan*, ústící do objemného, *vakovitého žaludku* nebo dlouhého *středního střeva*. U hvězdic může být žaludek vychlipován z těla a slouží k uchvácení kořisti. Ze žaludku někdy vybíhá pět párů žlaznatých *jaterních přívěsků*, sloužících jako trávicí žlázy. Zadní část mezenteronu přechází v krátké *proktodeum s řitním otvorem*. U sumýšů ústí konečník do kloaky spolu s tzv. vodními plicemi, umožňující střevní dýchání, patrně i exkreci. Do kloaky ústí rovněž vychlípitelné Cuvierovy orgány, sloužící k obraně.

SOUSTAVA DÝCHACÍ

Dýchací soustava zabezpečuje výměnu plynů mezi tělem a vnějším prostředím (voda, vzduch), která podléhá zákonům difúze. Kyslík k metabolismu nepotřebují anaerobionti. Některé skupiny, např. kroužkovci, mají schopnost přecházet na anaerobiózu jen dočasně.

U aerobiontů výměnu plynů zajišťují následující mechanismy:

- 1. kožní dýchání**
- 2. zvětšení dýchacího povrchu**
- 3. zrychlením**
- 4. udržování vysokého koncentračního**

TYPY DÝCHÁNÍ A DÝCHACÍCH ORGÁNŮ BEZOBRATLÝCH

Kožní dýchání

- předpokladem je prostupnost tělního povrchu pro plyny, zajištěného tělním povryvem z tenkostěnných buněk a vlhkým tělním povrchem.
- **přímá difúze** – od tělního povrchu tkáněmi k buňkám (u živočichů malých s pomalým metabolismem - vířníci, žahavci, ploštěnci).
- **nepřímá difúze** – pod tělním povryvem je vytvořena síť kapilár s tělní tekutinou, do které kyslík difunduje a kterou je dále roznášen.

Dýchací orgány zásobující tělo kyslíkem nepřímo

Žábry nebo-li branchie

- kožní vychlípeniny vyčnívající od tělního povrchu do vody. Na povrchu jsou kryty dýchacím epitelem, uvnitř bývají vyztuženy opornými tkáněmi. Bývají prostoupeny sítí vlásečnic či lakunami.

Střevní dýchání vodními plícemi

- vyvinuto je u sumýšů v podobě dvou stromečkovitě rozvětvených slepých vaků vyúsťujících společným vývodem do kloaky.

Plícní ústroje

- **plícní vaky pavoukoců = vějířovité ústroje**

Jeden či více párů vakovitých vchlípenin na břišní straně zadečku u pavoukoců. Každý vak ústí ven otvorem zvaným stigma. Přední, vnitřní strana vaku je zřasena v podobě lupenitých plátek. Plátky jsou duté, kryté dýchacím epitelem, uvnitř jsou vyztuženy příčnými trámci. Vnitřní prostor vyplňuje krvomíza. Plícní vaky fylogeneticky vznikly přeměnou lupenitých žaber na zadečku ostrorepů (Ti jsou fylogenetickým přechodem mezi korýši a pavoukocí.)

- **plíce měkkýšů**

U suchozemských druhů došlo k zániku žaberních přívěsků v plášťové dutině a ke změně této dutiny v plíce. Tato dutina komunikuje s vnějškem pouze malým dýchacím otvorem, její vnitřní stěny jsou vystlány zřaseným dýchacím epitelem a silně prokrveny. U plicnatých plžů žijících ve vodě se při ústí do plic vytvořil váček, rezervoár vzduchu.

Dýchací orgány zásobující tělo kyslíkem přímo

Tracheje nebo-li vzdušnice

- trubicovité soustavy složitě rozvětvené v těle. **Tracheje** se otevírají na povrch **průduchy** a v těle se větví až na jemné chodbičky **tracheoly** zasahující k buňkám tkání.

Vzdušnice jsou tvořeny tracheálními buňkami. Tyto na povrch vylučují tenkou kutikulární vrstvu a spirálovitou výztuhu – **taenidium**. Přes ztenčená místa mezi spirálami difundují plyny.

Tracheoly jsou pozměněné buňky s kanálkovitými výběžky vyplněnými tracheální tekutinou. Výběžky zasahují ke tkáňovým buňkám.

Tracheální žábry nebo-li pseudobranchie

Zvláštní úprava tracheální soustavy, umožňující získávat kyslík z vodního prostředí. Jsou u vodních larev jepic, pošvatek, vážek, chrostíků... Mají podobu rozmanitě utvářených přívěsků, jsou kryty dýchacím epitelem a uvnitř bohatě prostoupeny tracheolami. Průduchy nebývají vytvořeny.

Na obdobném principu pracují i **střevní tracheální žábry** u larev vážek. Zde je síť tracheol rozvětvena ve stěně konečníku, do kterého je rytmicky nasávána voda. Jde o analogii **střevních dýchacích orgánů** u sumýšů.

Ontogeneticky je tracheální soustava původu ektoblastového. Její kutikulární výztuže a výstelka jsou při svlékáních nahrazovány.

Soustava vylučovací (exkreční) a osmoregulační

Tělní tekutiny musí vzhledem k buněčným obsahům vytvářet izotonické prostředí. Musí existovat určité rovnováha mezi přísunem kyslíku a živin a odvodem zplodin metabolismu, části vody, CO₂ a zejména odpadním dusíkem. To zajišťují soustavy dýchací, krycí a zejména exkreční. Odpadní dusík vznikající při katabolismu bílkovin je vylučován hlavně ve formě pro tělo toxického **amoniaku**. Tento je odváděn do určitých tkání (jaterní),

kde probíhá jeho detoxikace na **kyselinu močovou, močovinu, kreatin** a tyto jsou z těla vylučovány.

Rozdělení živočichů dle typu vylučované odpadní látky:

1. **amonotelni** – vylučují velké množství vody a amoniak. Jedná se o vodní bezobratlé (dále ryby, larvy obojživelníků, vodní želvy).
2. **urikotelní** – vylučují špatně rozpustnou kyselinu močovou – hmyz, suchozemští plži (dále plazi a ptáci).
3. **ureotelní** – vylučují dobře rozpustnou močovinu s větším množstvím vody – korýši, většina měkkýšů, ostnokožci (dále paryby, dospělí obojživelníci, savci).

Mimo amoniak se z těla odstraňují přebytky solí , jiné odpadní látky, někdy přebytky živin – společně **exkrety**, pokud jsou v pevné formě – **exkrementy**.

Typy exkretů:

1. moč – v rozpuštěné formě vylučovacími orgány (močovina, kreatin, ionty, někdy amoniak)
2. pot – rozpuštěná forma (např. NaCl)
3. kyselina močová – odstraňována vylučovacími orgány, společně s exkrementy či se hromadí v kutikule a svlékáním jsou odstraňovány
4. dusíkaté pigmenty – trvale se hromadí v nerozpustné formě – chloragogenní buňky v okolí střeva kroužkoců, buňky hnědého tělíska mechovek na vnější straně trávicí trubice, v tukovém tělese hmyzu, (zásobní ledviny sumek)
5. (čpavek – vylučován žábrami u paryby)

Přehled hlavní exkrečních a osmoregulačních soustav u bezobratlých

Houby a žahavci

Nejsou speciální struktury, každá buňka vylučuje amoniak – amonotelni.

U ostatních jsou vylučovací soustavy vytvořeny v podobě základních funkčních a morfologických jednotek v podobě **protonefridií, metanefridií, Malphigických trubic (nefronu)**.

Protonefridiální soustava

- základní jednotkou je **protonefridium**, složené s terminální **plaménkové buňky** a s odvodného **močového kanálu**. Ty ústí z těla buď každý samostatně nebo se spojují v **močovod** rozšiřující se na konci v rezervoár- **močový měchýřek**. Teprve ten ústí z těla ven. Močovod bývá v těle různě rozvětven a odvádí moč od různých okrsků protonefridií. Plaménková buňka je hruškovitého tvaru, obsahuje **trs splývajících bičíků** zasahujících hluboko do močovodu (šlehající plamének).

- Protonefridie jsou ektoblastového původu, vzniklé vchlípením obrveného krycího epitelu.
- Různý počet nefridií, někdy i tvar plaménkové buňky se vyskytují u ploštěnců, pásnic, vířníků, břichobrvků a vrtejšů; v jednoduché podobě u primitivních larev – trochofor mnohoštětinatců a veligera plžů.
- Zvláštní modifikací jsou **solenocyty** – trs paličkovitých buněk s jádrem v hlavičce a bičíkem ve stopce pronikající až do močového kanálu. Vyskytují se u mnohoštětinatců Alciopie, phyllodoce, (kopinatci) - jsou vnořeny do coelomových váčků a močovody vyúsťují z těla na břišní straně.

Metanefridiální soustava

- nejběžnější u bezobratlých s druhotnou tělní dutinou
- základní jednotkou je **metanefridium**, sloužící jako vylučovací a osmoregulační orgán, někdy i jako vývod pohlavních žláz, typickou podobu hlavně u kroužkoců; modifikace i u korýšů, klepítkačů, měkkýšů
- u kroužkoců vyvinuty párovitě – segmentální orgán
- metanefridie začíná obrvenou nálevkou (**nefrostomem**), otevírající se do coelomového váčku jednoho článku a ústí do **močového kanálu** (úzký, střední a široký), který se složitě vine v dutině následujícího váčku, a přechází v **močový měchýřek** a vyúsťuje na břišní straně těla.
- ontogeneticky jsou metanefridie složeny ze dvou částí; nefrostomy jsou mezoblastového původu ze zadní stěny coelomových váčků, močový kanál vzniká z nefroblastů ektoblastu.

Modifikace metanefridií

- u členoců jsou redukovány na malý počet tělních článků, někdy na jediný pár. Stavba bývá však složitější.

A: Koxální žlázy

- u klepítkačů společně s Malphigickými trubicemi
- 1-4 páry, někdy jen v raném období
- nefrostom podobu váčku, močové kanálky vyúsťují na bázi kyčlí (coxae) kráčivých končetin

B: Antenální nebo-li zelené žlázy

- u vyšších korýšů (rak)
- tvořeny váčkem, vývod tvoří labyrint s mnoha chodbiček, následuje klikatá úzká trubice na konci rozšířená v močový měchýřek. Vývody vyúsťují na bázi II. Páru tykadel, vylučují amoniak.

C: Maxilární žlázy

- u nižších korýšů, podobné antenálním, avšak vyúsťují na bázi čelistí (maxill).- lasturnatky +antenální

D: Bojanovy žlázy

- měkkýši
- dva hnědé váčky otevřené do osrdečnickové dutiny, vyúsťující v plášťové dutině. Vylučují močovinu a amoniak.

Soustava Malphigických trubic (žláz)

- u mnohých členovců, zejména u hmyzu
- v koncových částech se vstřebává tělní tekutina se odpadními látkami, v dalších částech dochází ke zpětné resorpci, nakonec do střeva přichází exkrety, hl. kyselina močová
- u pavoukovic jsou součástí mezenteronu, u hmyzu proctodea; vzácně u korýšů (blešivec)
- počet různý, charakteristický pro druh, od 4-100

SOUSTAVA OBĚHU TĚLNÍCH TEKUTIN

- k plnění funkcí tělních tekutin je nutný jejich neustálý pohyb. K jeho zajištění se vyvinuly různé typy cévních soustav. Samostatně se vytvořily u živočichů s druhotnou tělní dutinou (triblastika). Výjimkou jsou pásnice.

Otevřená cévní soustava

- po průchodu “srdcem” s krátkými cévami se tělní tekutina rozlévá volně mezi orgány; jiné krátké cévy nasávají tekutinu do srdce

Uzavřená cévní soustava

- tekutina koluje v systému trubic (cív), (jde o krev či mízu - rozlišení u obratlovců)

Jako **srdce** označujeme zbytnělou část soustavy či tepnu

- **tepenné (arteriální) – za dýchacími orgány, krev okysličená; u živočichů s otevřeným cévním systémem (korýši, klepítkatci, měkkýši)**
- (žilné (venózní) – před dýchacími orgány, krev odkysličená (kruhoústí, paryby, ryby, larvy obojživelníků))
- (smíšené (arteriovenózní) – nasává krev okysličenou i odkysličenou, čímž dochází k jejímu míchání (dospělí obojživelníci, plazi))
- (čtyřdílné – žilné (pravá část) + tepenné (levá část) – ptáci a savci)

Cévní soustavy u hlavních skupin bezobratlých

Pásnice

- nejprimitivnější skupina s cévní soustavou, která je uzavřená
- je tvořena **jednou dorzální a dvěma laterálními (postraními) cévami**, které jsou příčně propojeny několika **okružními cévami**
- v dorzální cévě proudí krev od zadu do předu, v bočních opačně; pohyb krve zajišťuje smršťování tepen

Kroužkovci

- u mnohoštětinatců je hlavní částí **hřbetní tepna** (arteria dorsalis) a **podstřevní žíla** (vena subintestinalis), u máloštětinatců navíc ještě **žíla pod břišní nervovou páskou** (vena subneuralis). Systém je doplněn tepnami **okolostřevními a polokruhovými**, spojujícími v každém článku těla cévu hřbetní a podstřevní. **Srdce není**, funkci zajišťují hřbetní a okolostřevní tepny. Z uvedených cév vystupují další, které se větví ve vlásenčicové síti např. v okolí metanefridií, ve střevní a tělní stěně, v žaberních přívěscích.
- ve hřbetní se krev pohybuje od zadního konce k hlavovému a do okolostřevních tepen.
- u pijavic zarůstá coelomová dutina pojivem a zachovávají se po ní jen drobné dutinky vyplněné mizou a krví (přechod od uzavřené k otevřené).

Členovci a měkkýši

- **typická otevřená cévní soustava s vyvinutým srdcem**, vznikajícím přeměnou hřbetní cévy. Je složeno s **komůrek**, nasávajících tekutinu **ostii z osrdečníku** (perikardiální sinus). Činností perikardiálních svalů u korýšů nebo křídlových svalů u hmyzu se srdce roztahuje (diastola) a nasává krvomízu. Ochabnutím se stahuje a vystřikuje hemolymfu hřbetní cévou k hlavovému konci. Pak přehází do **lakun a splavů** v jednotlivých tělních částech a orgánech, dále případně je odváděna do dýchacích orgánů (žaber u korýšů, plicních vaků u klepítkatců) a dále do osrdečníku.
- U **měkkýšů** je tělní dutina omezena jen osrdečnickový prostor a hemolymfa proudí v trubicovitých cévách a lakunách ve tkáních. **Srdce je třídílné** (2 předsíně, komora), tepenné a uloženo v osrdečníku. U hlavonožců vyvinuta na cévách z žaber do osrdečníku svalnatá zesílení, tzv. **žaberní srdce**.

Ostnokožci

- **cévní soustava primitivní, otevřená**, mající anatomický vztah k ambulakrální soustavě
- cévy s minimem svalové tkáně a bez chlopní, **hemolymfa pravidelně nekoluje**, do pohybu uváděna pohybem celého těla
- u **ježovky** rytmicky pulzující **osový (axilární) sinus**, ale jeho činnost je slabá
- pohyb zlepšují výstelkové **řasinkové epitel**y tělní dutiny

SOUSTAVA ROZMNOŽOVACÍ (ROZPLOZOVACÍ)

- hlavní úlohou je reprodukce a zachování druhu, pro život jedince není nezbytná, při hladovění atrofuje. Soustava se většinou diferencuje z mezoblastu, ale pohlavní buňky a pářící ústroje mohou být původu jiného.
-

Hlavní části rozmnožovacích soustav

- **pohlavní žlázy (gonády)**
- **pohlavní vývody - chámovody** neboli **spermidukty**, samičí **vejcovody** neboli **ovidukty**
- **přídavné žlázy pohlavního ústrojí** – žlázy žloutkové či skořápečné
- **rezervoáry pohlavních buněk** – u samic **semenné schránky (receptaculum seminis)** pro uchování zásoby spermií k oplození i mimo dobu páření; u samců **semenné váčky (vesiculae seminales)** k uložení zralých spermií do doby páření.
- **pářící (kopulační) orgány**

Rozmnožovací soustava u hlavních skupin bezobratlých

Houby

- pohlavní buňky vznikají z **archeocytů** kdekoli v mezoglei, z jednoho archeocytu vzniká jedna vaječná buňka či více spermií.
- Hermafrodité i gonochoristi. Zralé spermie se aktivně dostávají z těla do vody a tou do trávicí dutiny jiného jedince, tam se provrtávají do mezoglei a migrují k vajíčkům. Oplozená vajíčka se rýhují v mezoglei a houbu opouštějí larvy.

Žahavci

- obdobně **jako u hub**, ale buňky lokalizovány na určitých místech, **v tzv. primitivních gonádách** (u medúz na spodní straně klobouku, pod radiálními chodbami gastrovaskulární soustavy a na manubriu).

Ploštěnci

- různé typy, od primitivních (jako u láčkovců) až po složitá u hermafroditů

- A. Pohlavní buňky se diferencují v parenchymu **na libovolném místě**, spermie se aktivně dostávají do trávicí soustavy a ústy ven, kde se zachycují na těle jiné a migrují tělním parenchymem k vajíčkům (např. u *Xenoturbella borki*).
- B. Složitější ústrojí, včetně přídavných žláz a pářících orgánů. U *Dendrocoelum lacteum* se **vajíčka vyvíjejí v párovitém vaječníku** a **spermie ve větším počtu párů varlat**. Dva vejcovody a dva chámovody se napojují na dutinu **atrium**, otevírající se navenek jediným pohlavním otvorem. Vyvinut je samčí pářící kuželovitý svalnatý **penis**, vychlípitelný z pouzdra do atria.

Spermie přicházejí chámovodem k atriu a hromadí se v **semenném váčku** (vesicula seminalis) a odtud jsou svalnatým koncovým oddílem chámovodu označovaným jako **chámomet** (ductus ejaculatorius) vstříkovány penisem do oddílu atria druhého jedince zvaného **kopulační bursa** (bursa copulatrix).

Vajíčka postupují vejcovody do společné **pochvy** (vagina), otevírající se vedle pouzdra penisu do atria. Do každého vejcovodu ústí jedna **žloutková žláza** a nedaleko pochvy se z něj vychlipuje **semenná schránka** (receptaculum seminis). Vajíčka jsou v atriu oplodněna, obalují se žloutkovými buňkami a kolem několika je stěnou atria produkována skleroproteinová hmota tuhnoucí v pouzdro (kokon). Kokony opouštějí atrium a na stopečkách se zachycují na vodní předměty. U sladkovodních se líhnou malé ploštěnky podobné dospělcům, u mořských obrvená Müllerova larva.

S hermafroditismem a podobným ústrojím jako u ploštěnek se setkáváme u většiny motolic a u všech tasemnic. U některých skupin bývají mohutně vyvinuty žloutkové trsy, skořápečné žlázy a děloha. U tasemnic je hermafroditické ústrojí v každém tělním článku a k páření dochází zpravidla mezi jednotlivými články.

Pásnice

- gonochoristé s jednoduchým rozmnožovacím ústrojím. Gonády jsou v podobě homodynamicky uspořádaných váčků po obou stranách těla v parenchymu. Každý váček má vlastní vývod. Kopulační orgány nejsou. Osemenění probíhá mimo tělo ve vodě nebo aktivním pronikáním spermií do vaječnicků.

Hlísty

- gonochoristé s pohlavní dimorfismem konce těla. U samic je ostře zahrocen, u samců je zaoblen, rozšířen někdy spirálovitě zahnut. Rozdíly jsou často i ve velikosti, samečci mnohem menší než samice.
- **Samičí pohlavní orgány** jsou dvě trubice, vyúsťující uprostřed těla do společné vagíny a ta otvorem ven. Vajíčka se vyvíjejí ve vrcholových oddílech trubic, při zrání sestupují blíže k vývodu do dělohy (typ telogenní). Méně často má podobu kličkovité trubice, jejíž boční stěny fungují jako vaječník a vnitřní dutina jako vejcovod a děloha (hologenní typ).
- **Varlata samců** jsou původně také tvořivé trubici, častěji však mají charakter dlouhého, kličkovitě vinutého **vlákna**, přecházejícího ke konci těla ve svalnatý **chámovod** a ten v kloaku konečníku. V kloace bývají umístěny pářící orgány, dva šavlovitě ohnuté bodce – **spikuly**.

Kroužkovci

- vzniká z mezoblastu původně jako párovité a homodynamické orgány - prakroužkovci a mnohoštětinatci. U máloštětinatců a pijavek je značně pozměněna.
- **Prakroužkovci a mnohoštětinatci** jsou odděleného pohlaví bez dimorfismu. Pohlavní žlázy ve všech člancích mimo hlavový a koncový oddíl, či v tzv. pohlavních segmentech, a to pouze v určitém období přeměnou epitelu stěn coelomových váček v okolí metanefridií. Tyto buňky se dělí a ve stěně vytvoří zduřeninou, pohlavní žlázu. V ní vznikají pohlavní buňky, uvolňující se do dutiny c.v. U některých druhů nejsou vývody, buňky se z těla dostávají až po protržení jeho stěny. U většiny mnohoštětinatců se však pohlavní buňky uvolňují do metanefridií a jimi ven. Oplození je vnější ve vodě.
- **Máloštětinatci a pijavky** jsou obojetníci. Gonády jsou jen v některých člancích, vytvářejí se semenné schránky a semenné váčky. Chámovody i vejcovody vyúsťují jediným pohlavním otvorem. V souvislosti s rozmnožováním se uplatňují některé kožní žlázy, soustředující se na určitých místech těla a tvoří opasek (clitellum). Z jeho hlenů se tvoří obaly vaječných kokonů.

Členovci

- z mezoblastu, výrazně se však liší od předchozích a měkkýšů.
- **korýši** – většina gonochoristů (mimo přisedlé skupiny a parazity) s výrazným dimorfismem. Některé končetiny samců slouží k přidržování samic (buchanky), končetiny v okolí pohlavních otvorů se mění v kopulační orgány. Gonády u primitivních v podobě dvou vaků se samostatnými vývody. Často splývají a zachovávají se jen párovité vývody. Vejcovody krátké se žlaznatou stěnou vylučující okolo vajíček pevný obal. U otvorů ústí do vejcovodů chámové schránky se zásobou spermií. Chámovody jsou před vyústěním rozšířené v chámové váčky, vylučující hleny, kterými se spermie slepují do shluků spermatoforů. Kopulačními orgány samec zanáší spermatofory do semenných schránek samice.

- **pavoukovci** – vždy gonochoristé s pohlavních ústrojím podobným jako u koryšů. Mají však specifický způsob páření. Při něm se uplatňuje poslední změněný článek pedipalp samců.
- **Hmyz** – gonochoristé s dimorfismem (velikost, tělní struktury např. kusadla, zbarvení). Gonády vždy párové.

Samice

Vaječníky složeny z většího počtu tubic – ovariol, vyústujících do společného vejcovodu. Vrchol ovariole je tenký, směrem k vývodu se rozšiřuje a člení v komůrky s epitelovými buňkami a zrajícími vajíčky (tzv. folikuly). Uplatňuje se nutritivní i folikulární způsob výživy vajíček, odrážející se v typech ovariol.

- **Ovarioly panoistické, atrofní** - vajíčka živena pouze okolními folikulárními buňkami (rybenky, kobylky, sarančata, někteří brouci)
- **Ovarioly polytrofní** - oocyt živěn navíc 1 nebo více nutritivními buňkami ležícími mezi folikuly (motýli, dvoukřídli)
- **Ovarioly telotrofní** - nutritivní buňky ve vrcholové zduřelé části ovariolu, s vajíčky spojeny výběžky (ploštice, blanokřídli, někteří brouci)

Ovidukty splývají v nepárovou pochvu, vyústující na břišní straně zadečku. Do pochvy se napojují dále semenné schránky a kopulační váček, do kterého samec vsunuje při páření penis a spermie vstříkují do semenné schránky. Na okraji otvoru často chitinoide sklerity, sloužící při páření či kladení.

Samci – jeden pár vakovitých nebo laločnatých varlat. Chámovody splývají ve společný vývod, do kterého ústí párovité přídavné žlázy slepující spermie v spermiofory. U pohlavního otvoru často složitě utvářené kopulační orgány.

Měkkýši

- gonochoristé (většina mlžů, hlavonožci) i hermafrodité (většina plžů). U hermafroditů jedna **obojetná žláza - ovotestis**. Z ní vede jediný vývod odvádějící spermie i vajíčka. V určité vzdálenosti se větví na ovidukt a spermidukt. Tyto vývody jsou složité stavby, jsou na ně napojeny semenné schránky a včky, tzv. **šípový vak**, penis s bičíkovitým přívěskem a bílkové a prstovité přídatné žlázy. Šípový vak obsahuje jehlici z CaCO_3 , která je při kopulaci zaváděna do kloaky druhého jedince. V bičíkovitém slepě zakončeném výběžku se slepují spermie ve spermiofory. Bílkové a prstové žlázy vytvářejí vaječné obaly.
- Zvláštní způsob o semenění je u **hlavonožců**. Na chámovodech samců je velká přídatná žláza, vylučující spermioforové obaly – pouzdra na spermie. Tyto spermiofory se seřazují v tzv. **Needhamově pochvě** - rozšířené části chámovodu. Přenos do pohlavního otvoru samice obstarává pozměněné chapadlo samce – **hektokotylové**, nacházející se u ústního otvoru. Spermiofory se z Needhamovy pochvy dostávají do plášťové dutiny, odkud jsou vyloveny hektokotyly a dopraveny do pohlavního otvoru samice. Někdy se hektokotyl odvrhne, plave v moři, vyhledá samici a oplodní ji.

Ostnokožci

- r.s. velmi jednoduchá, většinou gonochoristé mimo některé sumýše. Vyvinut je různý počet gonád vyústujících samostatně na povrch. Oplození většinou vnější (mimo např. hadice).