

Evoluce orgánových soustav:

Vylučovací soustava

Jana Zajacová

Speciální zoologie bezobratlých 2014

Vylučovací soustava - funkce

- **vylučování odpadních látek metabolismu z těla** – především dusíkatých sloučenin v podobě:
 - amoniaku
 - kyseliny močové
 - močoviny
 - guaninu
- **osmoregulace** – udržování konstantního množství vody a iontů v těle pro zajištění stabilního prostředí pro metabolické reakce

Vylučovací soustava a prostředí

- struktura orgánu souvisí s **typem prostředí**, ve kterém organismus žije
 - **mořské** – vnitřní a okolní prostředí jsou isotonická, osmoregulace probíhá samovolně
 - **sladkovodní** – vnitřní prostředí hypertonické, voda vstupuje do těla – nutnost vylučování
 - **suchozemští** – voda s exkrety odchází z těla – nutnost zadržování dostatečného množství tekutin v těle
- u sladkovodních a suchozemských bezobratlých jsou složitější vylučovací orgány

Bazální skupiny bezobratlých

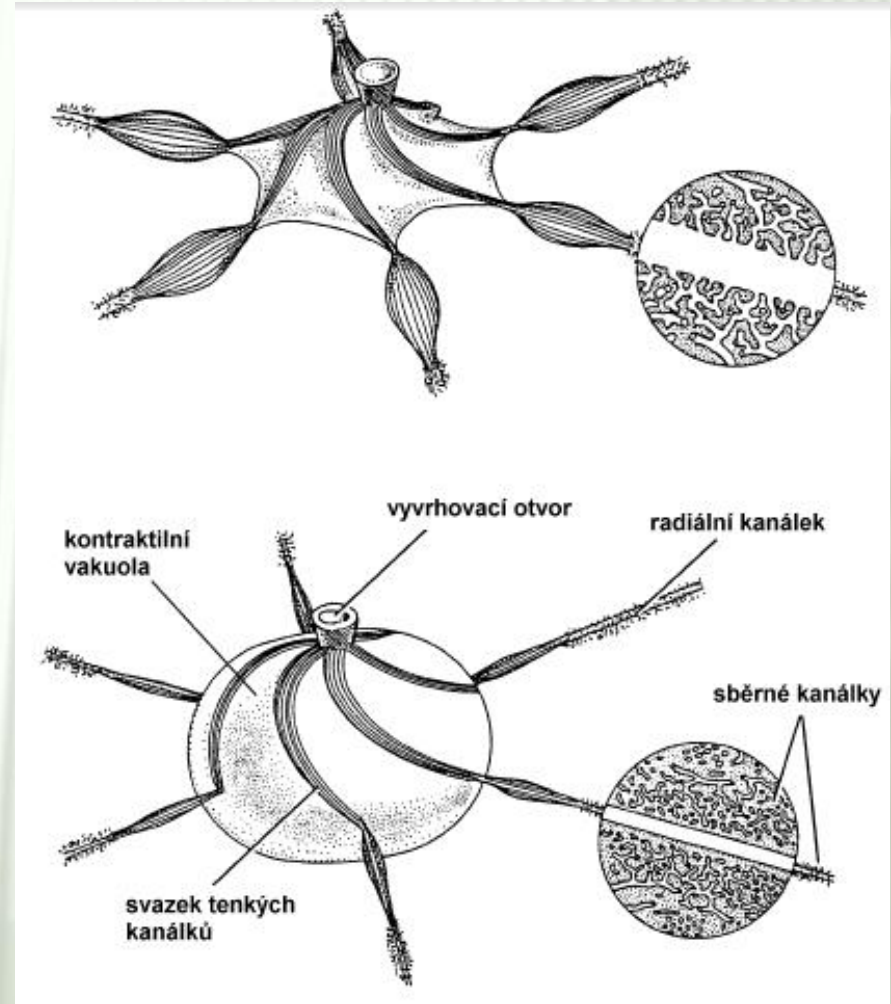
„Protista“, „Porifera“, Cnidaria, Ctenophora, Placozoa

- nejsou vylučovací orgány, jen osmoreglační u některých sladkovodních druhů
- vylučování dusíkatých látek ve formě amoniaku difuzí do vody

- pravé vylučovací orgány pouze u Bilateria (kromě bazálních Acoelomorpha, Chaetognatha)

Kontraktilní vakuoly

- osmoregulační orgány sladkovodních prvoků a houbovců
 - složitá stavba u nálevníků: přírodní kanálky, ampuly, vlastní vakuola
- vyztužena mikrotubuly
vyučování aktivním stahem vakuoly



Bilateria: princip fungování VS

- původní vylučovací orgány = **nefridia** (protonefridia a metanefridia) založené na **ultrafiltraci + resorpci**
- u některých skupin vylučovací orgány založené **pouze na aktivním transportu** – Malpighiho trubice, exkreční orgány hlístic

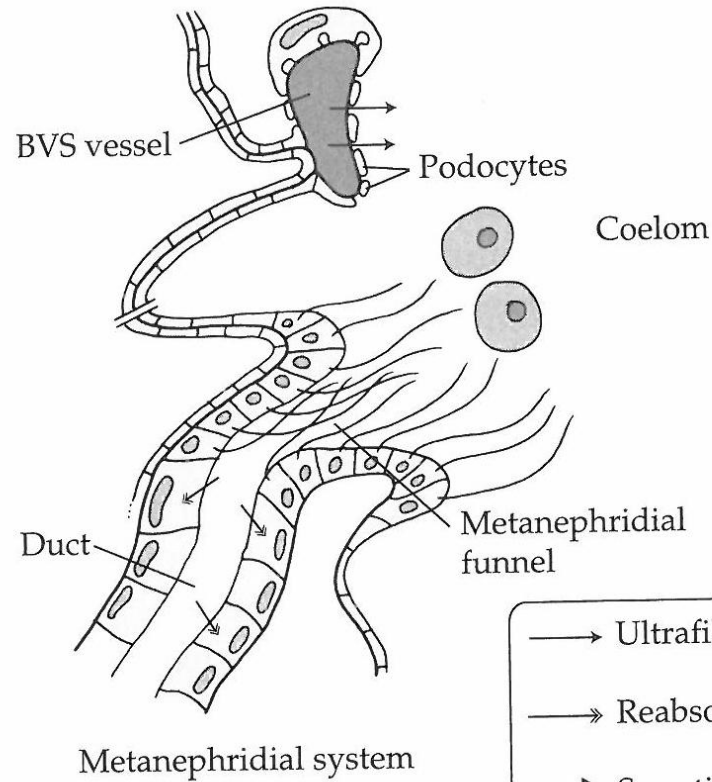
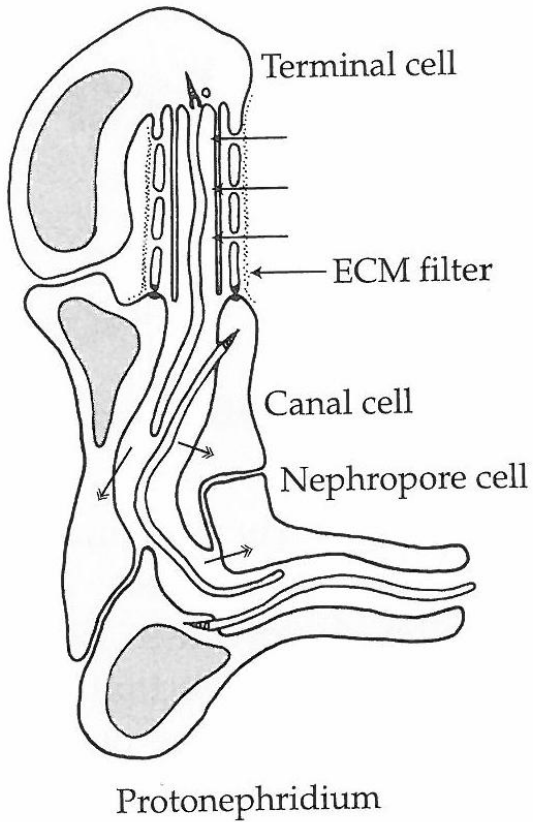
Ultrafiltrace

- probíhá mezi dvěma kompartmenty naplněnými kapalinou, skrz mezibuněčné prostory či póry překrytými extracelulární matrix
- separace látek pouze velikostně (zadržuje velké molekuly a propouští malé) – proto nutná kombinace s aktivním transportem (resorpce živin a iontů)
- filtrovaná tekutina – primární moč, po modifikaci – sekundární moč

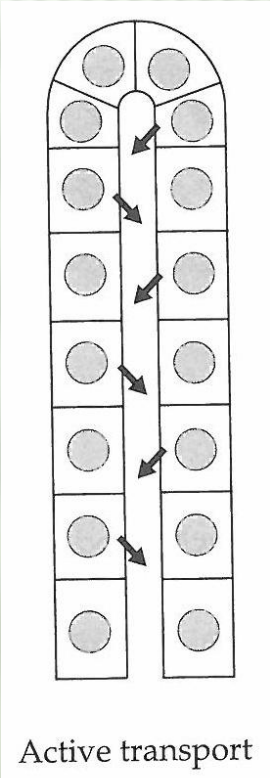
Aktivní transport

- procesy sekrece nebo resorpce látek buňkami
- energeticky náročnější

Bilateria: princip fungování VS

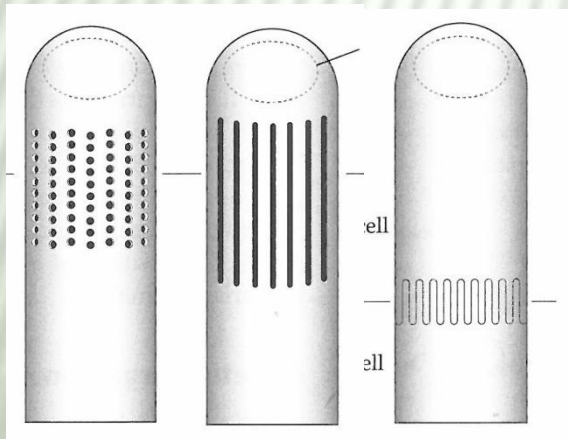


- Ultrafiltration
- Reabsorption
- Secretion

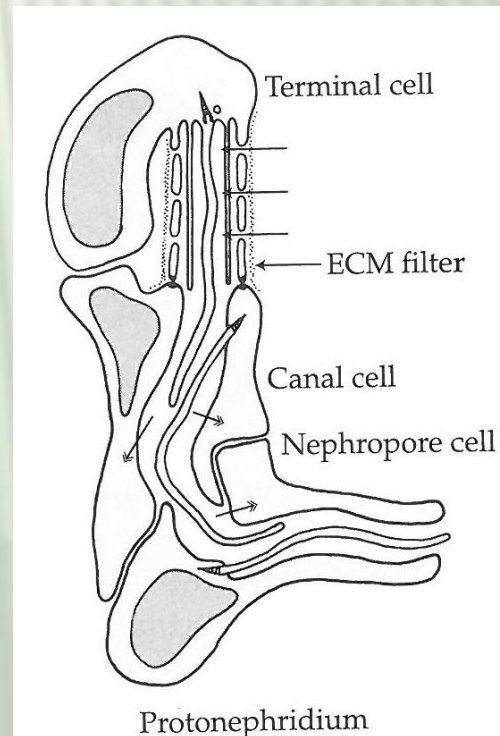
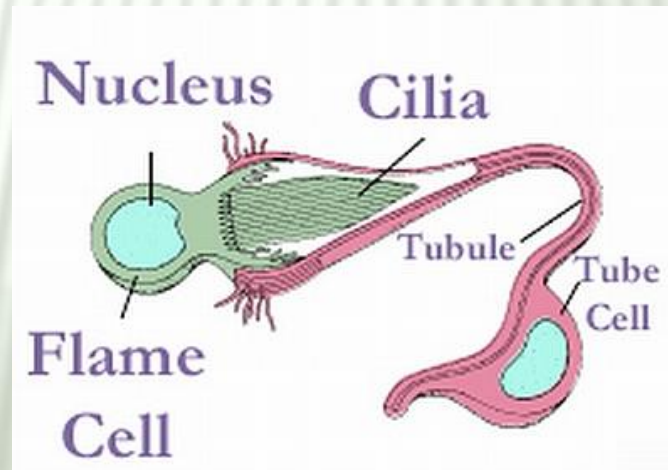


Protonefridium - stavba

- **terminální buňka** (plaménková buňka, někdy též solenocyt) - většinou jedna, zakrývá exkreční kanálek (**nefridiodukt**)
- ultrafiltrace probíhá: přes póry, štěrby nebo na kontaktu terminální a kanálkové buňky
- filtrace poháněna kmitáním bičíku nebo brv terminální buňky
- **kanálková buňka** (tubulární) – resorpce látek
- **pórová buňka** (nefridiopórová) – kanálek ústí pórem (**nefridioporus**) na povrch těla



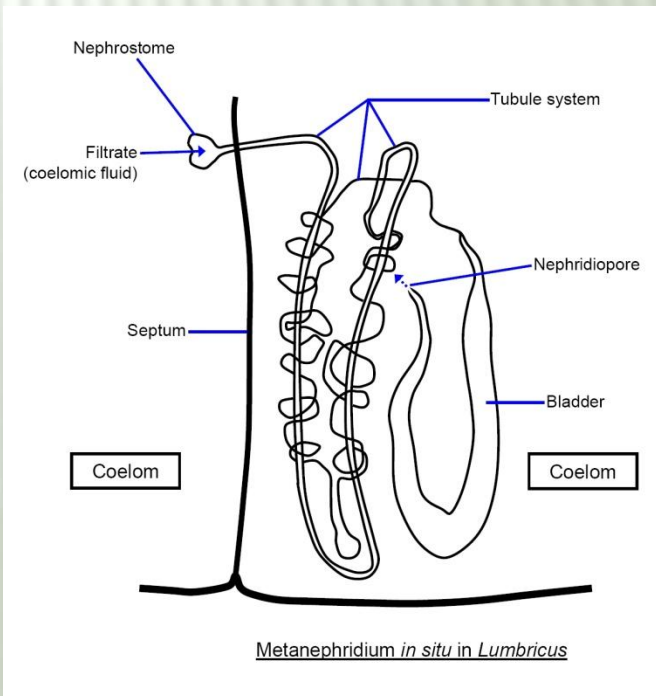
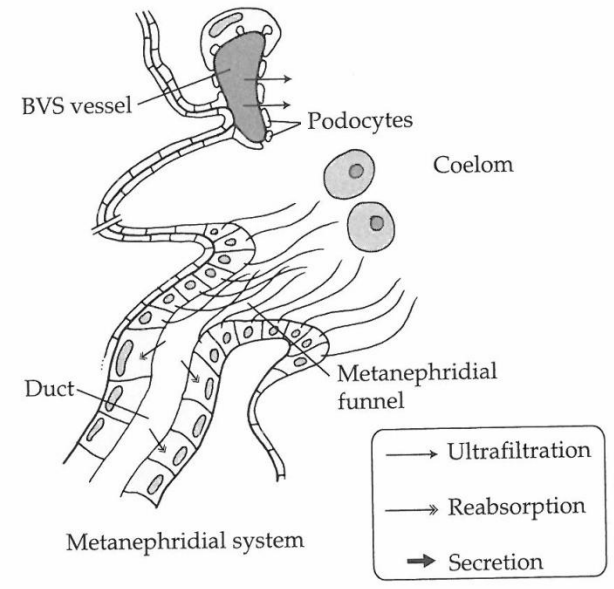
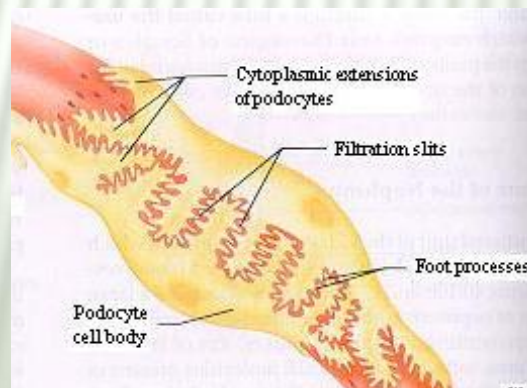
terminální buňka



Protonephridium

Metanefridium – stavba

- ultrafiltrace probíhá mezi **podocyty** – obvykle obalují cévu, filtrace do coelomu
- **nefrostom** – obrvená nálevka
- **nefridiodukt** – trubice, dochází zde k resorpci, někdy rozšířená v koncové části v močový měchýř
- ústí **nefridioporem** na povrch
- může sloužit i k odvodu gamet z coelomu
- hnací síla – svalová činnost, brvy nefrostomu



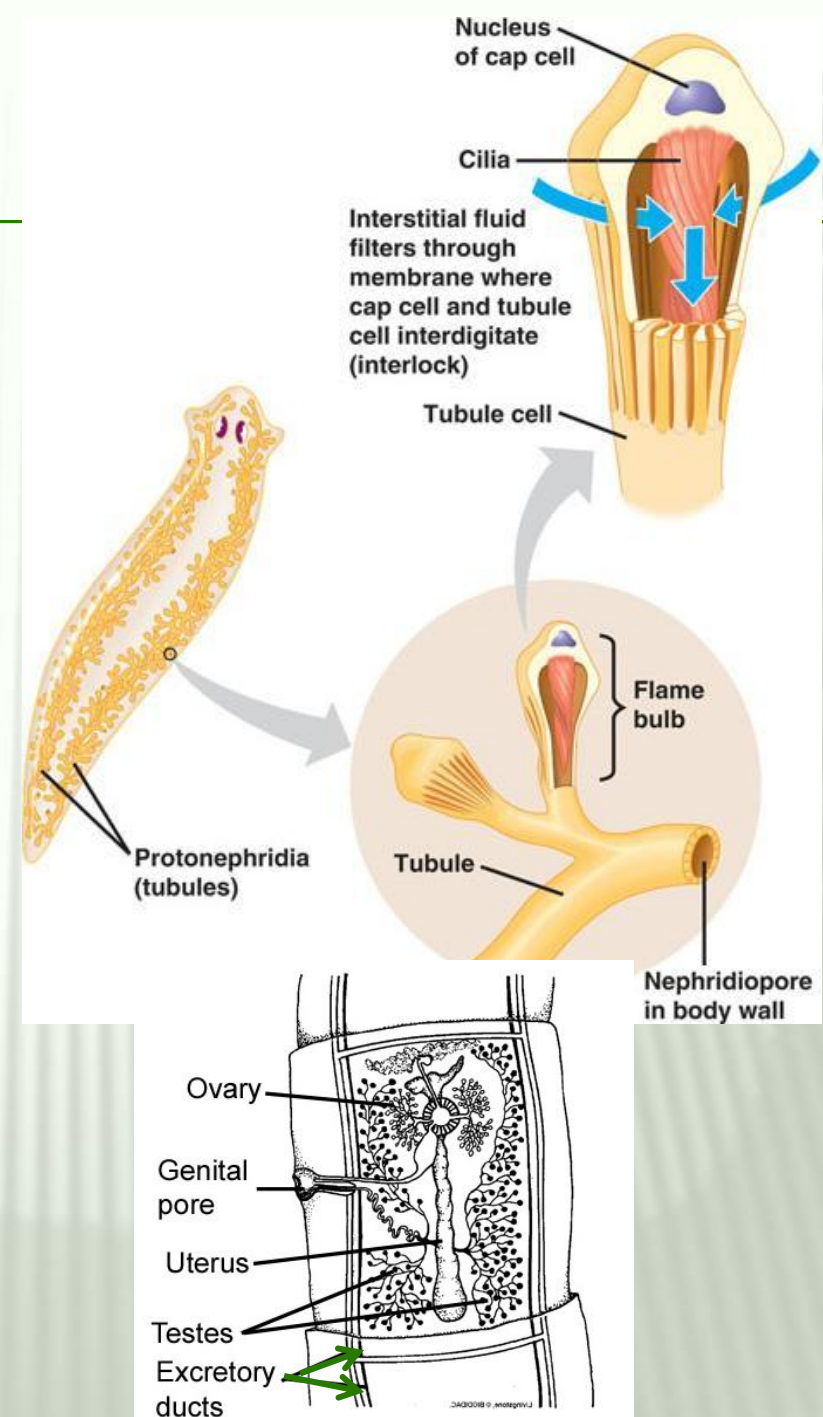
Platyhelminthes

Catenulida

- jedno nepárové protonefridium

Rhabditophora

- mnoho párů protonefridií s brvami, propojených exkrečními kanálky po stranách těla
- více kanálek (Tricladida), dva (Trematoda), čtyři - pár dorsálních a pár ventrálních v každém článku propojených transverzálním kanálkem (Cestoda)
- nefridioporů hodně (Tricladida), jeden za močovým měchýřem (Trematoda), dva na posledním článku (Cestoda)

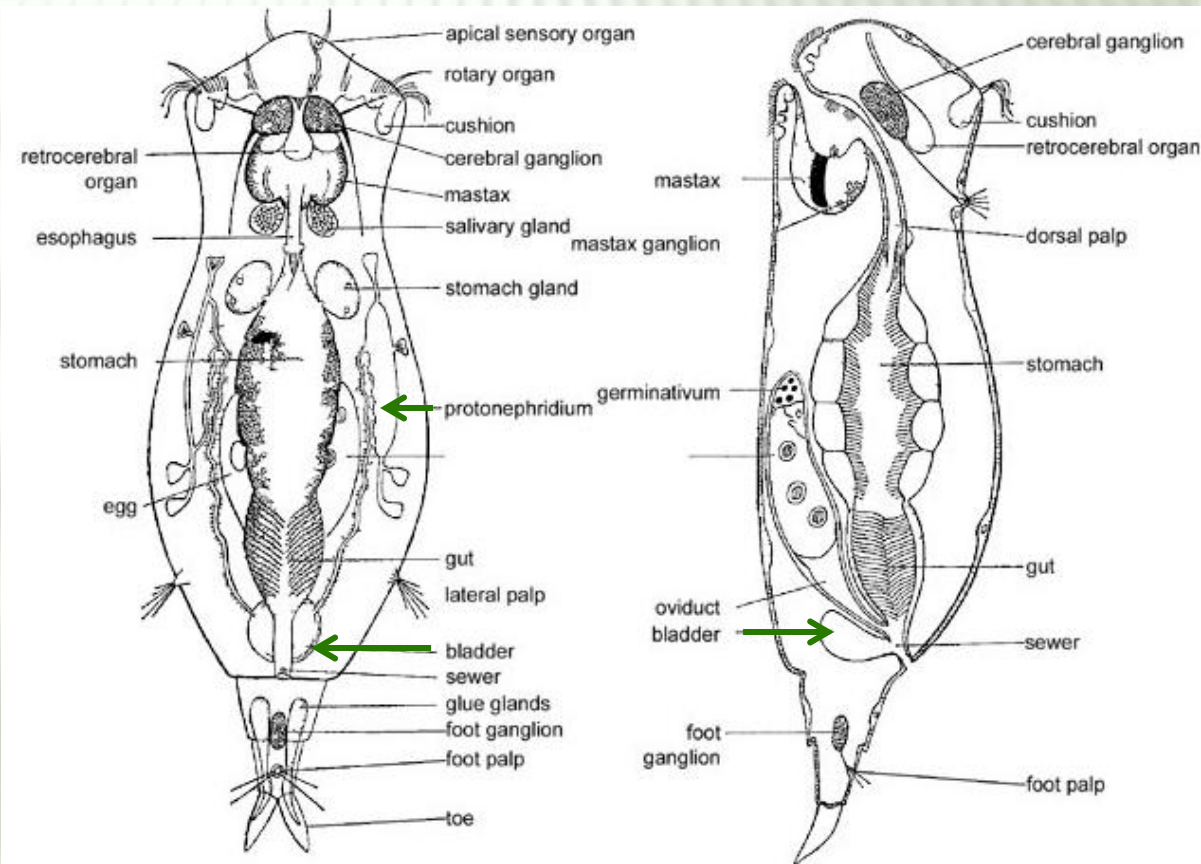


„Rotifera“

- pár protonefridií po stranách těla
- složitá struktura, až 100 terminálních regionů propojených kanálky, terminální a kanálková syncytia
- u sladkovodních a půdních – osmoregulační funkce
- ústí do močového měchýře – spojen s kloakou

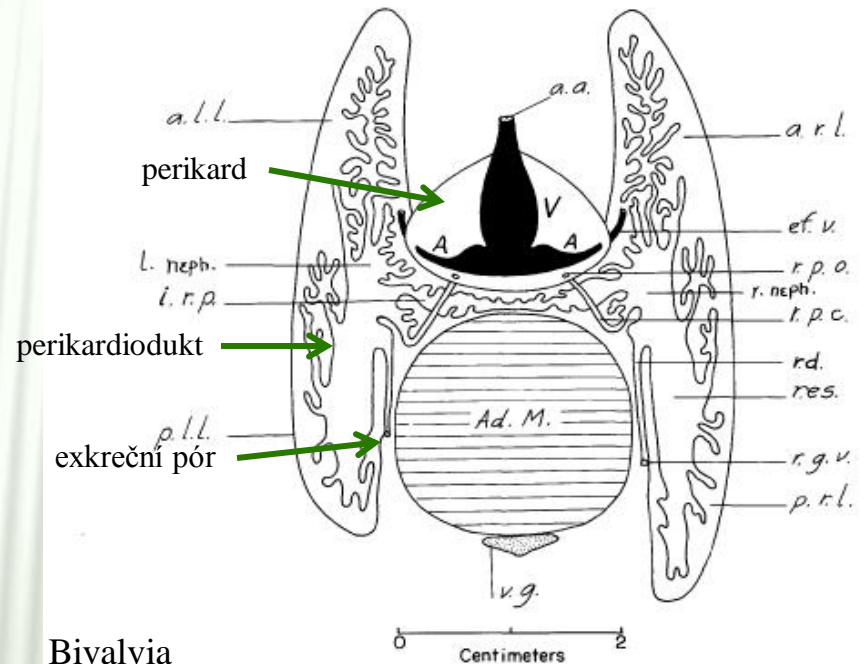
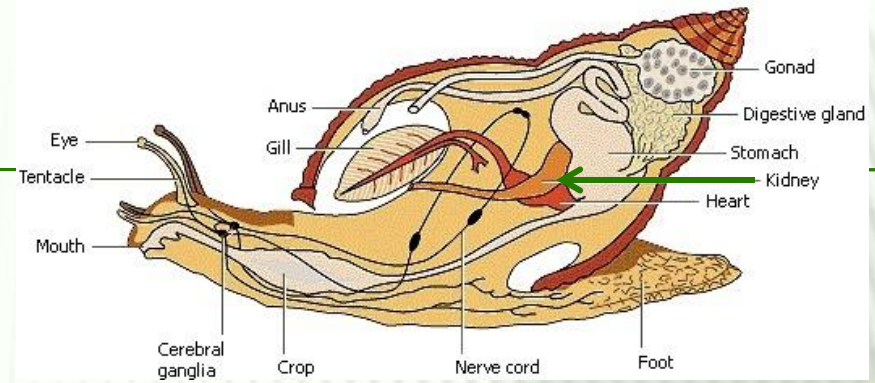
Acanthocephala

- redukce, pouze u jednoho řádu syncytiální protonefridia ústící do gonoduktů – urogenitální systém



Mollusca

- larvy – pár protonefridií
- dospělci – **perikardiodukty** (VS metanefridiálního typu)
- filtrace přes podocyty z hemocelu do céloму = perikardu
- perikardiodukty vedou z céloму, rozšiřují se, vznikají velké útvary někdy nazývané ledviny
- ústí exkrečním pórem do plášťové dutiny
- počet perikardioduktů odpovídá počtu srdečních předsíní a žaber: 1 u Gastropoda, 2 u Bivalvia, 4 u Cephalopoda: Nautiloidea a 2 u Cephalopoda: Coleoidea



Bivalvia

FIGURE 244.—Diagram of the excretory system of *C. virginica* based on examination of a series of transverse sections. Viewed from the anterior side. Gonads and their ducts, blood vessels, and blood sinuses are not shown. The pericardium wall is dissected and pulled down. A—auricle; a.a.—anterior aorta; Ad.M.—adductor muscle; a.l.l.—anterior left limb; a.r.l.—anterior right limb; ef.v.—efferent vein; i.r.p.—internephridial passage; l. neph.—left nephridium; p.l.l.—posterior left limb; p.r.l.—posterior right limb; r.d.—renal duct; r. neph.—right nephridium; res.—reservoir; r.g.v.—reno-gonadial vestibule; r.p.c.—reno-pericardial canal; r.p.o.—reno-pericardial opening; V—ventricle; v.g.—visceral ganglion.

Brachiozoa

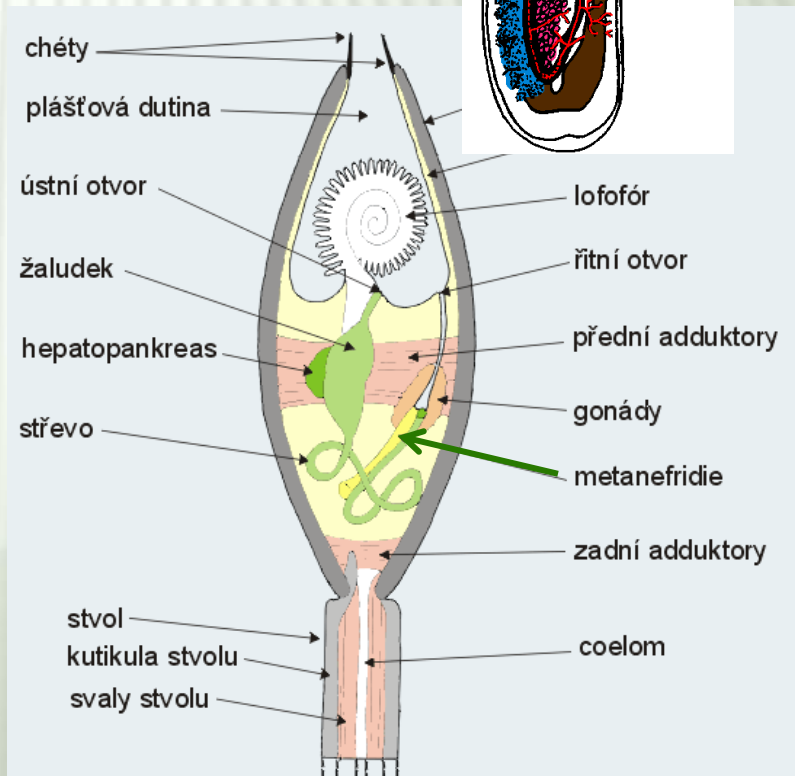
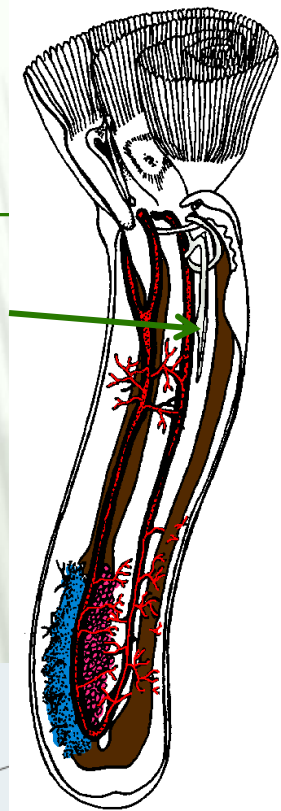
Phoronida

- larvy – protonefridia
- dospělci – pár metanefridií, nálevka v metacelu, exkreční pór v blízkosti vývodu TS

„Brachiopoda“

- metanefridia u larev i dospělců
- 1 nebo 2 páry, z coelomu plášťové dutiny
- u obou skupin slouží i jako vývody pohlavní soustavy

metanefridium

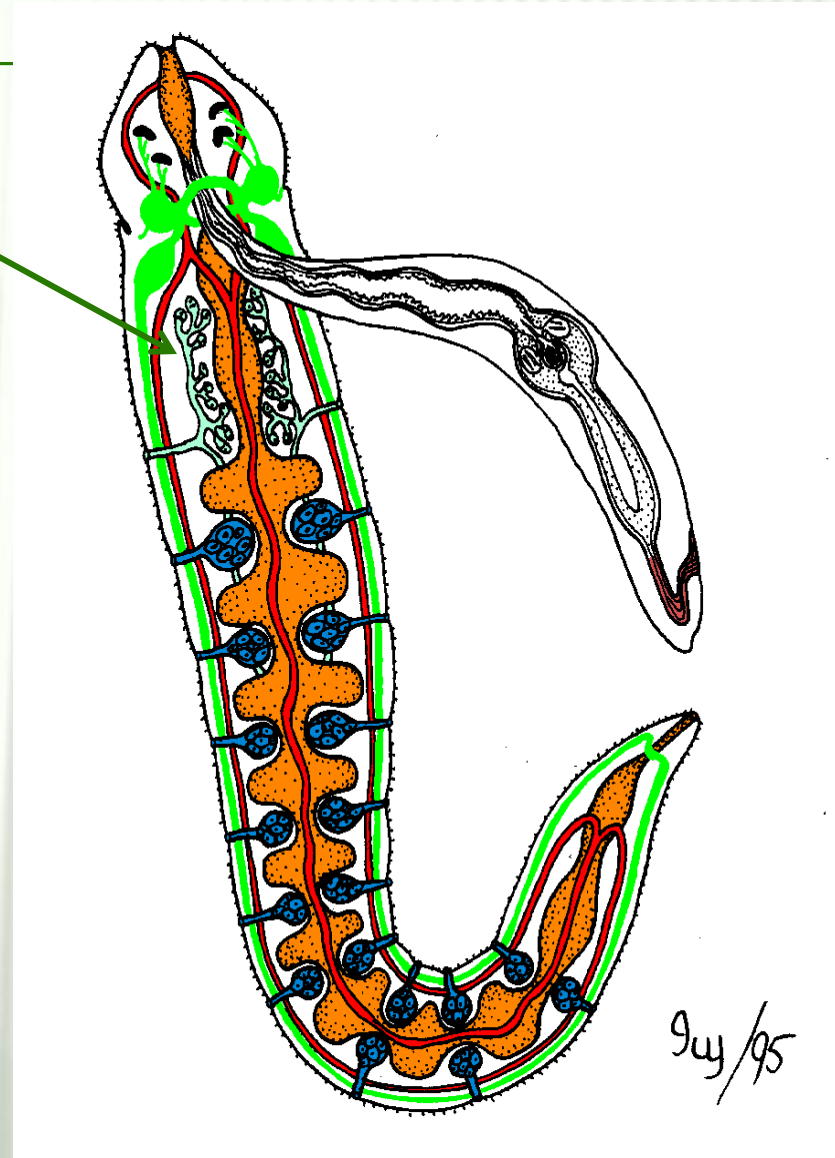


Nemertea

- 1 a více párů protonefridií
- v blízkosti cévní soustavy, nebo přímo napojeny, nefridiopory ústí laterálně
- složitější stavba u sladkovodních druhů – osmoregulace

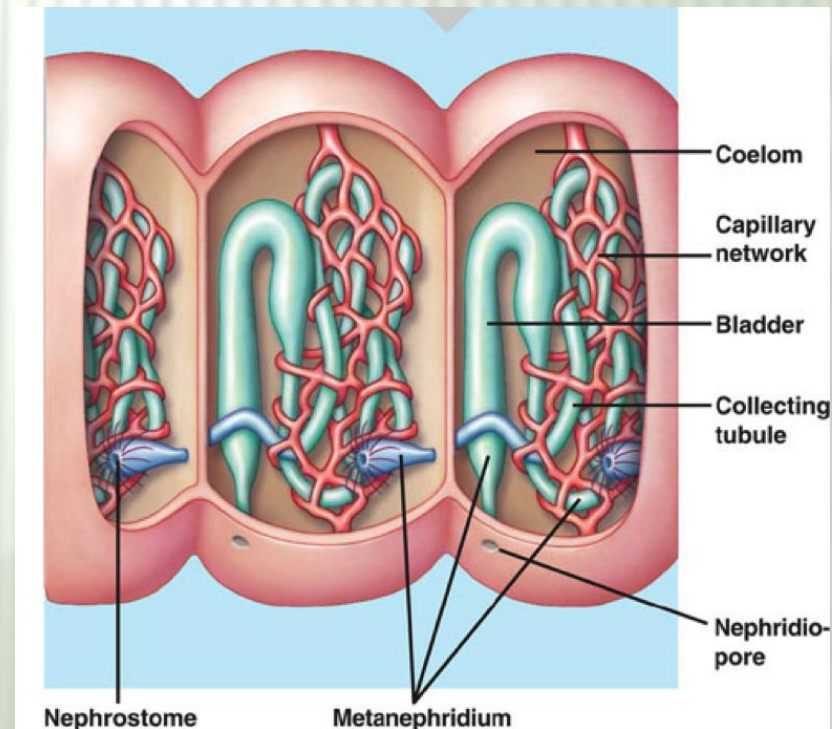
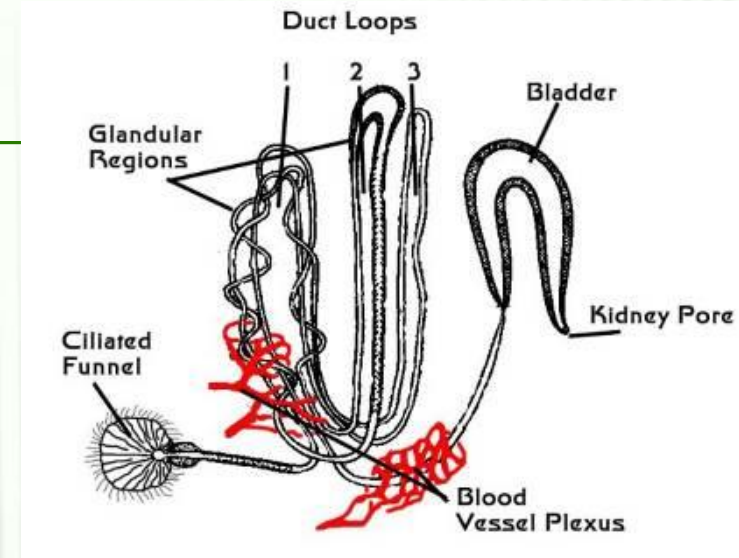
Sipuncula

- 1 nebo 2 metanefridia



Annelida

- trochoforová larva – pár protonefridií, často zachovány u dospělců jako „hlavová ledvina“ v prostomiu
- dospělci – metanefridia
- pár metanefridií v každém článku (kromě prvního a posledního)
- podocyty v cévní stěně, filtrace do coelomu
- obrvený nefrostom v zadní části článku
- kanálek prochází septem do článku následujícího, stáčí se do smyček
- rozšířená část trubice (močový měchýř) ústí na ventrální straně těla
- Hirudinida – nefrostom proniká do laterálních célových chodeb



Lophotrochozoa:

- **Gastrotricha** – 1-9 párů protonefridií
- **Entoprocta** - pár protonefridií
- **Cycliophora** - pár protonefridií prokázán pouze larev
- **Gnathostomulida** – protonefridia – 1 až 5 párů
- **Micrognathozoa** – protonefridia – 2 páry
- **Ectoprocta** – vylučování přes tělní stěnu, chybí nefridie; u některých tzv. **hnědé těleso** s depoziční funkcí
- **Myzostomida** – 5 párů protonefridií

Nematoda

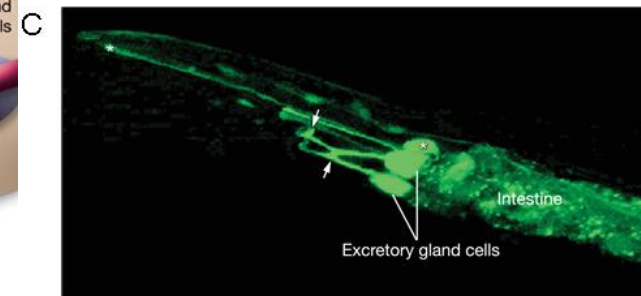
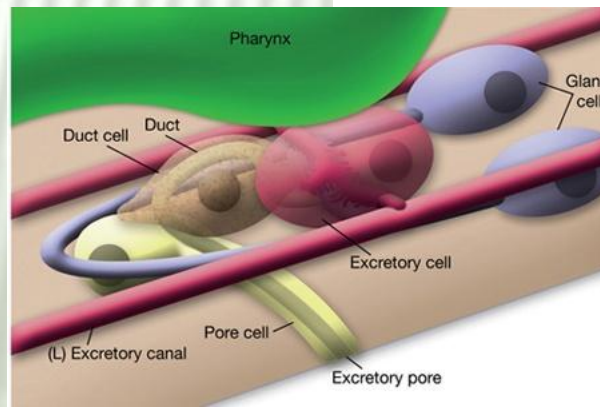
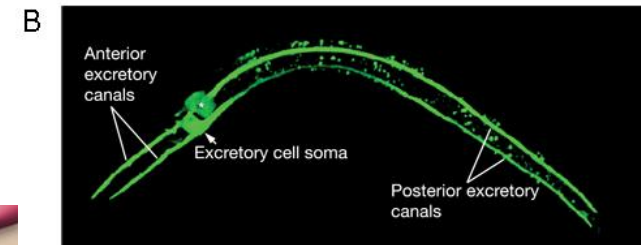
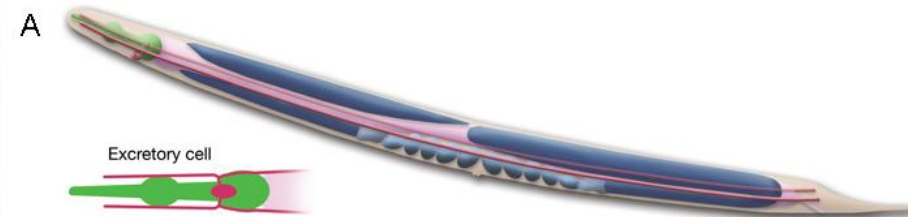
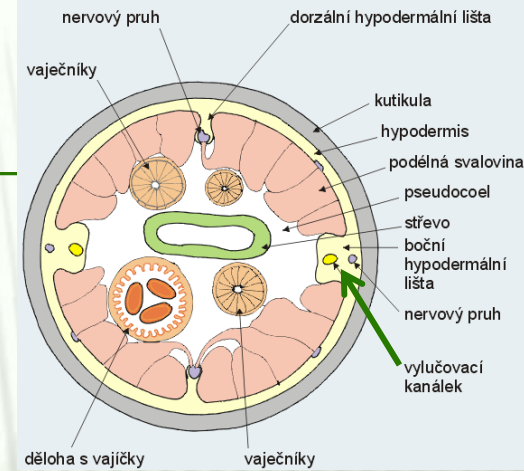
- chybí orgány typu nefridií - vylučování na principu aktivního transportu
- **renetové (exkreční, kožní) žlázy** – u většiny zástupců, jednobuněčné, ústí na ventrální straně
- **exkreční kanálky** – jen u Chromadorea, jedna velká buňka tvaru H:

pár kanálků podélně v laterálních hypodermálních lištách, spojené příčným kanálkem, z něj krátký kanálek ústící na povrch exkrečním pórem na břišní straně těla

významná osmoregulační funkce, též sekreční; vylučování též povrchem těla

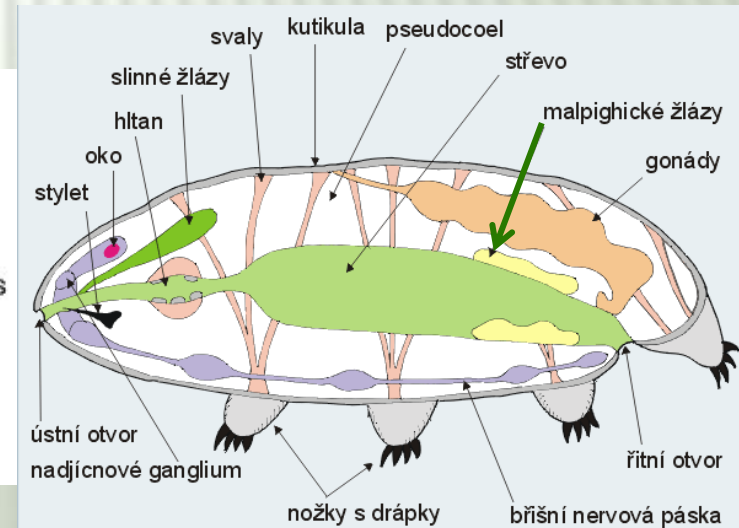
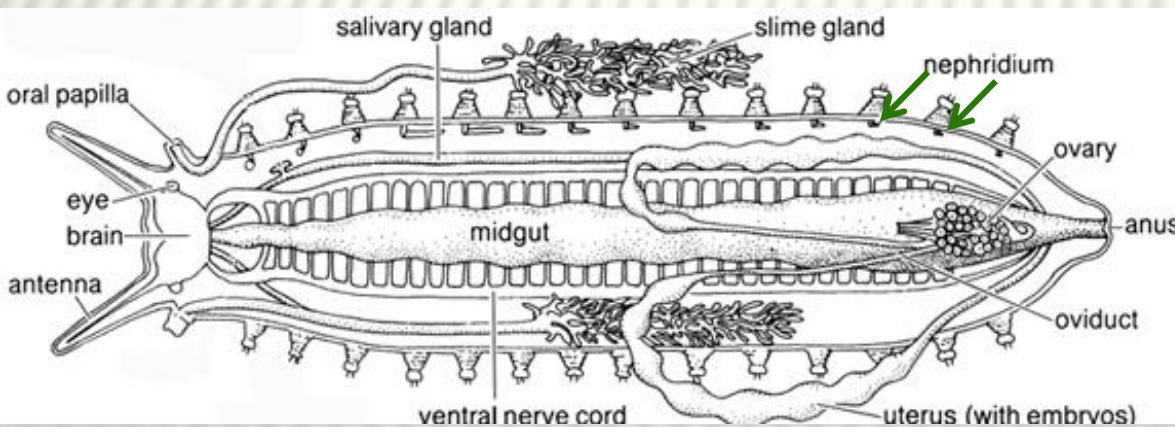
Nematomorpha

- vylučování povrchem těla



Ecdysozoa:

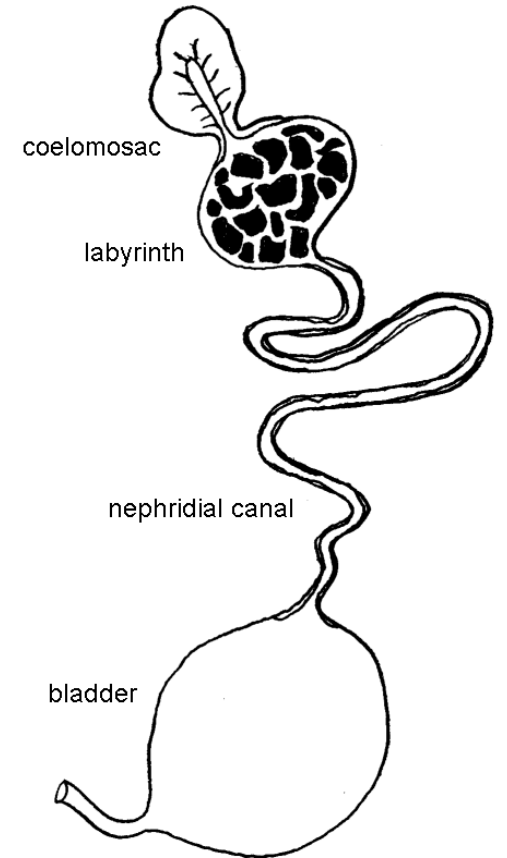
- **Scalidophora** – pár protonefridií, exkreční kanálky spojeny s gonodukty – urogenitální systém
- **Onychophora** – v každém článku pár vakovitých metanefridií ústí samostatně u báze nohou; suchozemští živočichové – vylučování kyseliny močové, hospodaření s vodou
- **Tardigrada** – tři trubicovité vylučovací orgány ústící do rekta – Malpighiho trubice



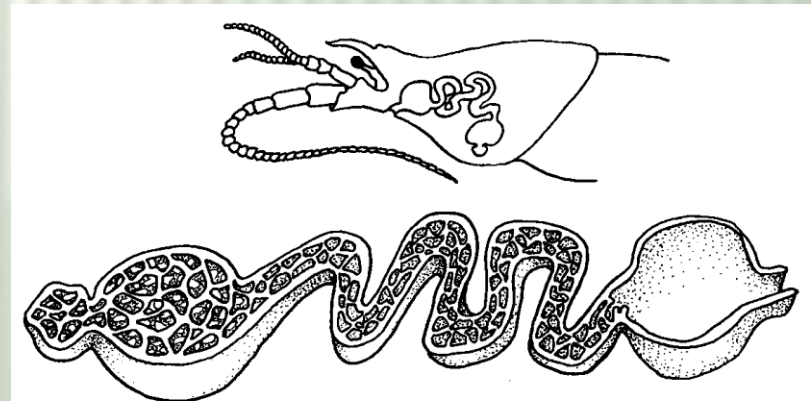
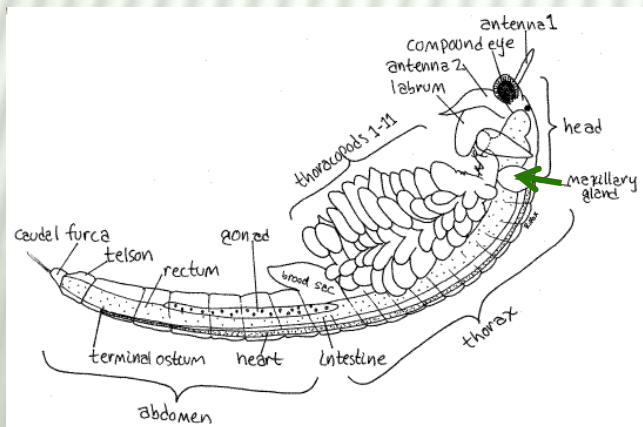
Arthropoda

1. **metanefridie** – zachovány v přední části těla jako:

- **coxální žlázy** – ústí na bázi hrudních končetin; Euchelicerata
- **antenální žlázy** – na bázi 2. páru tykadel; „Crustacea“
- **maxilární žlázy** – na bázi 2. páru čelistí; „Crustacea“, Myriapoda
- **labiální žlázy** – na labiu; Entognatha, „Thysanura“



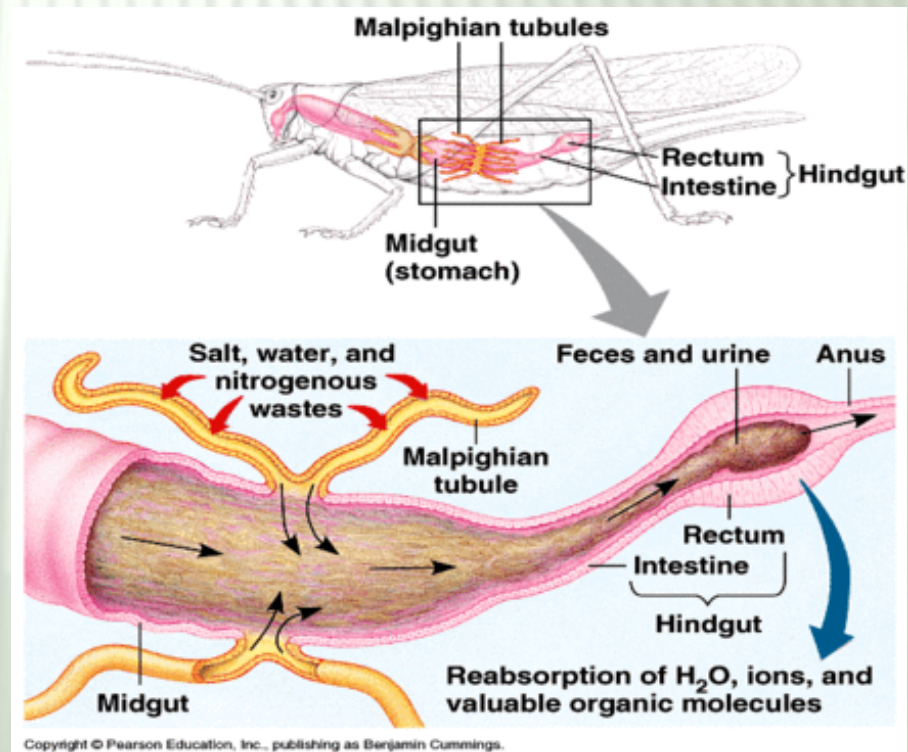
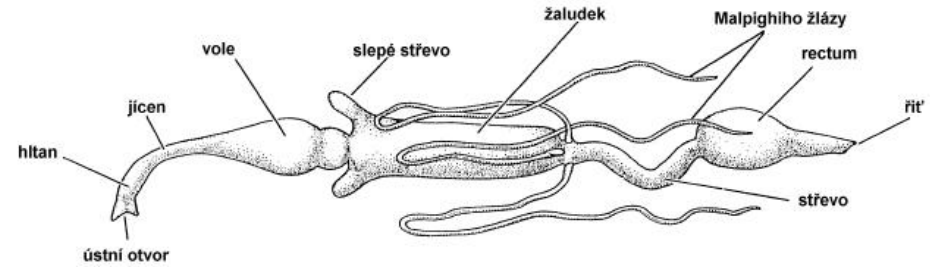
Antenální žlázy



Arthropoda

2. Malpighiho trubice

- dlouhé bílé trubice ústící do střeva, druhý konec volně v hemocelu
- aktivní sekrecí proniká voda, soli, organické látky – odvádění do střeva, zpětné vstřebávání v rektu, vyloučení kyseliny močové a guaninu
- Arachnida – endodermálního původu
- Hexapoda – ektodermálního původu



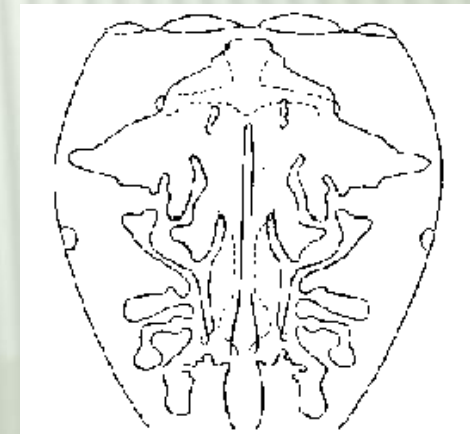
Arthropoda

3. orgány s depoziční funkcí

- nefrocyty v mixocelu
- intersticiální buňky
- guanocyty ve výběžcích TS - ukládání guaninu (mohou být viditelné, např. kříž u *Araneus diadematus*)
- Arachnida



- ## 4. vylučování povrchem těla – u vodních organismů, přes málo sklerotizované části těla – končetiny, žábra



Arthropoda

Pycnogonida

- VS chybí

Euchelicerata

- Xiphosura – 4 páry coxálních žláz
- Arachnida:
 - pár coxálních žláz, obvykle 1-2 páry Malpighiho trubic
 - orgány s depoziční funkcí – Araneida, Ophilionida

Myriapoda

- pár Malpighiho trubic, pár maxillárních žláz

Pancrustacea

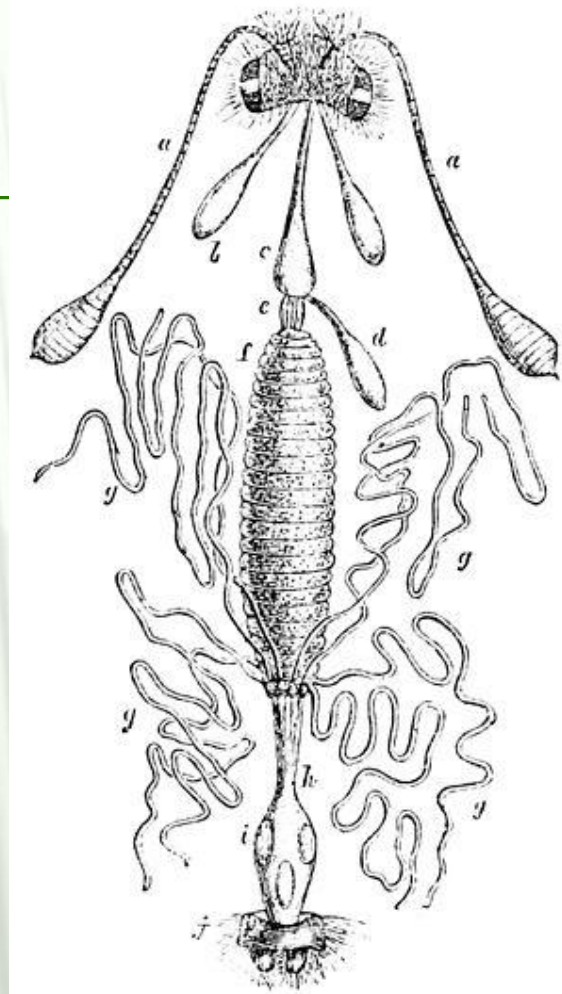
Pentastomida – VS chybí

„Crustacea“

- maxilární žlázy: Branchiopoda, Branchiura, Isopoda, Cephalocarida, Remipedia, Mysidacea
- antenální žlázy: Decapoda, Amphipoda, Isopoda, Mysidacea, Copepoda, Ostracoda
- u drobných korýšů vylučování povrchem končetin

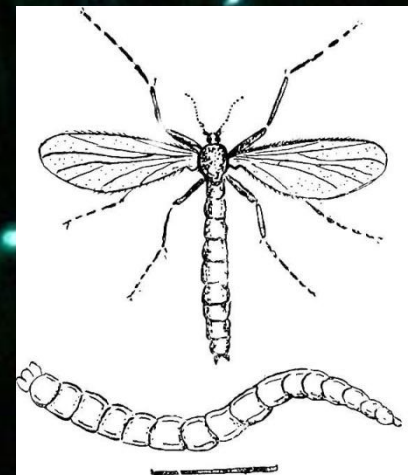
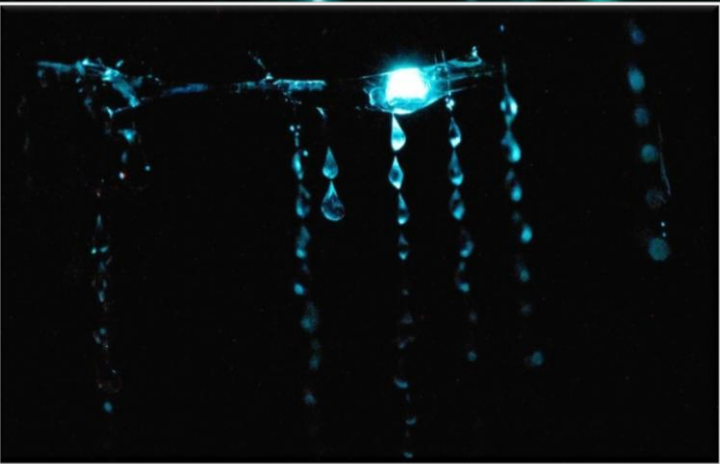
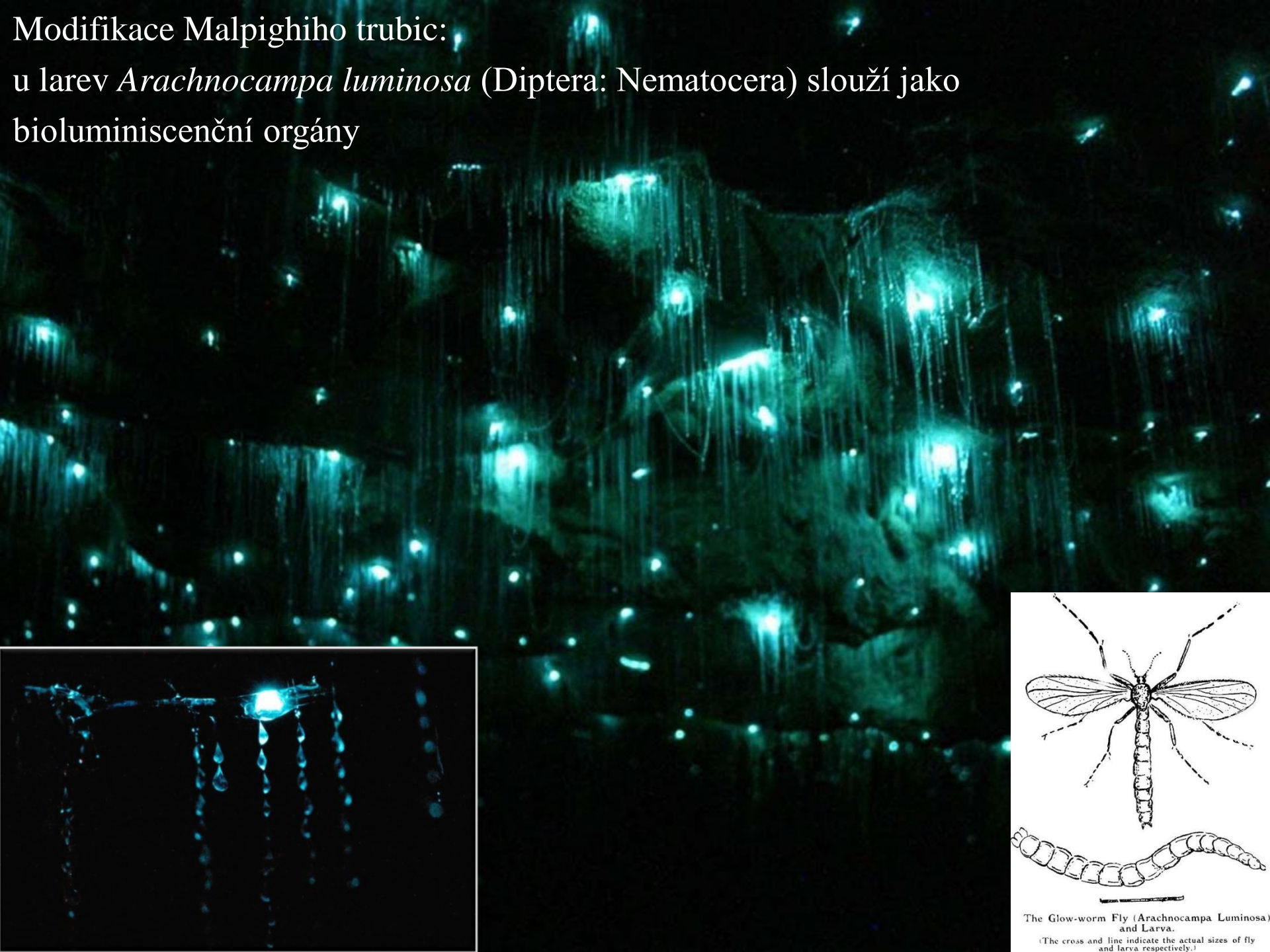
Hexapoda

- Entognatha, „Thysanura“ – labiální žlázy, redukce Malpighiho trubic
- Pterygota: Malpighiho trubice, obvykle mnoho (až 150 u švábů)
- modifikace VS podle typu potravy nebo prostředí – např. kryptonefrický systém (brouci) – zadržování vody v suchém prostředí, filtrační komora (Hemiptera) – vylučování přebytečného množství vody z tekuté potravy



Modifikace Malpighiho trubic:

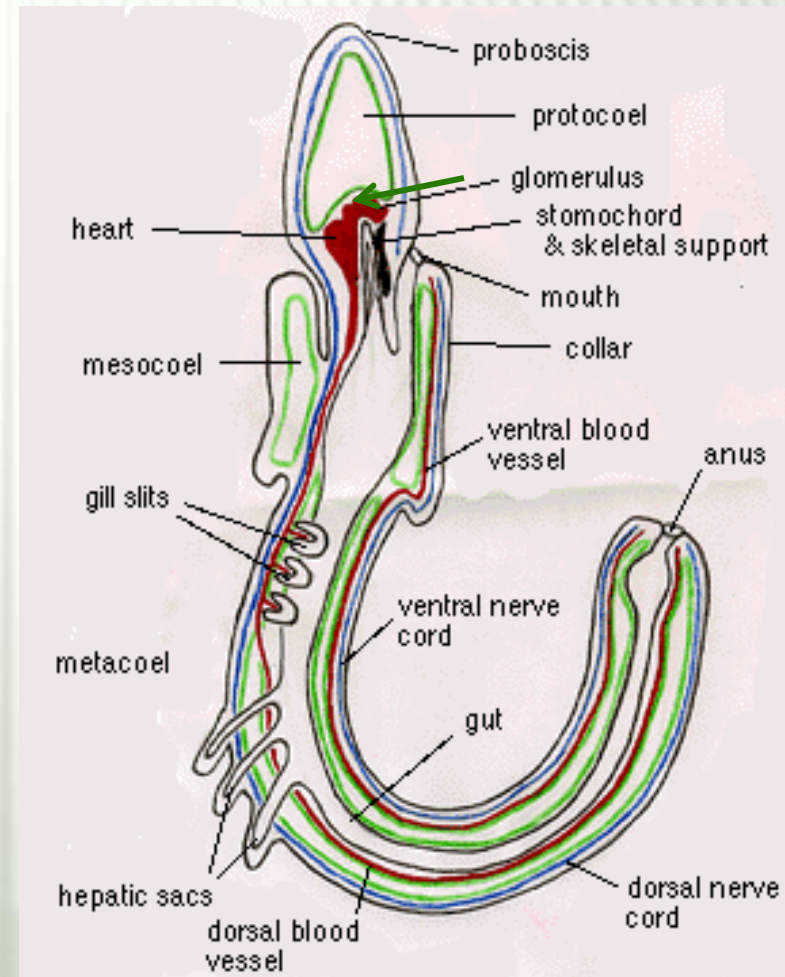
u larev *Arachnocampa luminosa* (Diptera: Nematocera) slouží jako bioluminiscenční orgány



The Glow-worm Fly (*Arachnocampa Luminosa*) and Larva.
(The cross and line indicate the actual sizes of fly and larva respectively.)

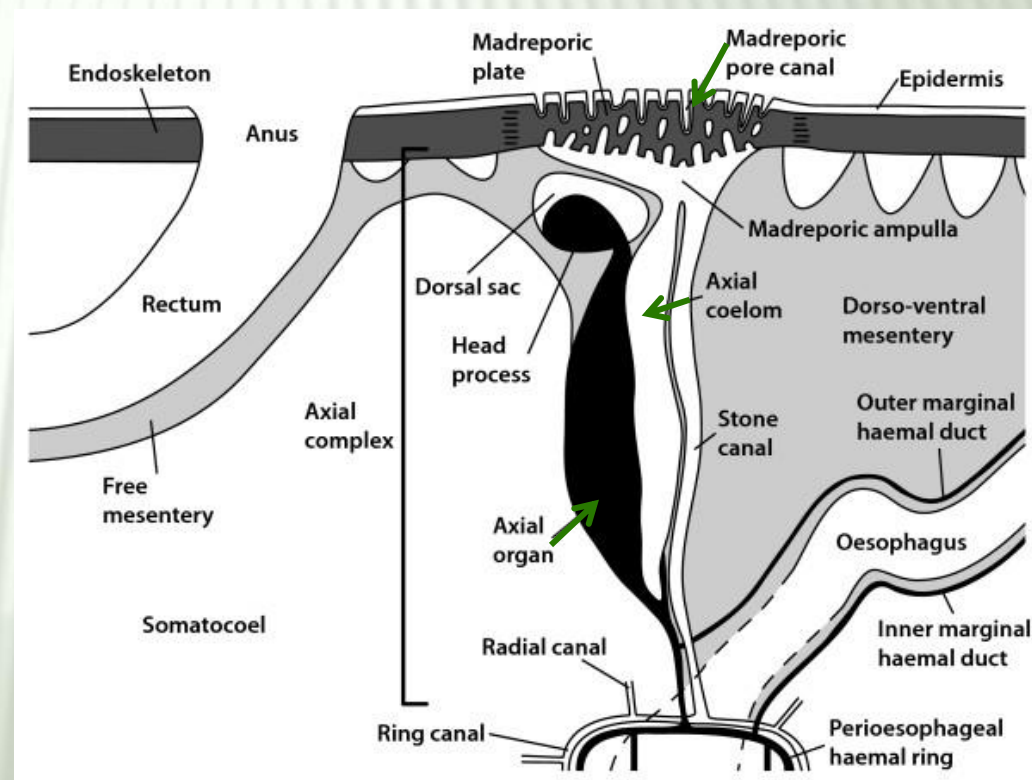
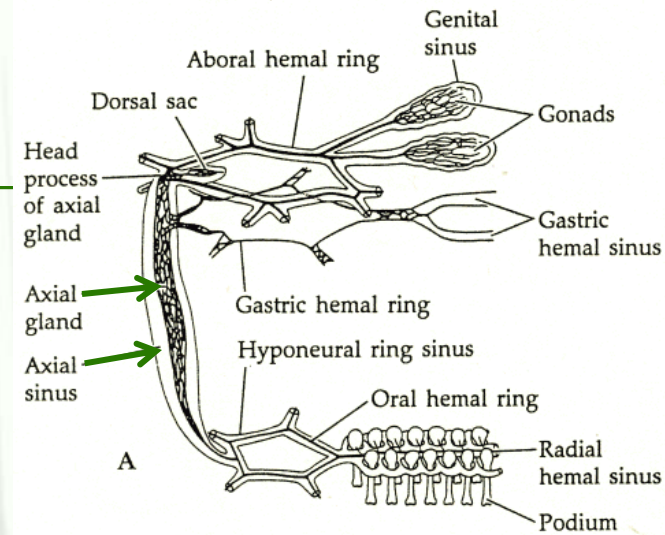
Hemichordata

- VS typu metanefridií, u larev i dospělců
- těsně spjat s CS: přední část srdce = **glomerulus** – četné záhyby s podocyty ve stěnách
- filtrace krve poháněna kontrakcemi srdce – vzniká primární moč v lumen protosoma
- vstebávání látek okolními tkáněmi (tedy i funkce zásobovací) – vzniká sekundární moč
- sek. moč odchází kanálkem (= samotné metanefridium) přes hydropór z těla (= nefropór)
- homologické s axiálním orgánem ostnokožců



Echinodermata

- **axiální orgán (axiální komplex)** – metanefridiálního typu
- v embryogenezi vzniká spolu s pseudohemální soustavou z levého protocelu
- stavba: **axiální žláza**, tj. céva pseudohemálního systému, uložena podél kamenného kanálku v **axiálním sinu**, tj. původní protocel
- filtrace z axiální žlázy do axiálního sinu, exkrety odchází hydroporem krytým madreporitem
- vylučování i povrchem podíí a u sumýšů povrchem těla



VS – přehled

<i>taxon</i>	<i>VS</i>	<i>pozn.</i>
"Protista"	povrchem těla, pulzující vakuoly u sladkovodních	
Metazoa		
"Porifera"	povrchem těla, pulzující vakuoly u sladkovodních	
Cnidaria	povrchem těla	
Ctenophora	povrchem těla	
Placozoa	povrchem těla	
Bilateria	původně nefridia	
Acoelomorpha	povrchem těla	
Eubilateria		
Protostomia	protonefridia i metanefridia	
Chaetognatha	povrchem těla	
Lophotrochozoa		
Platyhelminthes	protonefridia	
Catenulida	protonefridia	1 nepárové
Rhabditophora	protonefridia	mnoho párů po stranách těla, propojené exkrecními kanálky
Tricladida	protonefridia	více exkrecních kanálků, větvená struktura, mnoho nefridiopórů
Trematoda	protonefridia	2 exkrecní kanálky, močový měchýř, 1 nefridiopór na konci těla
Cestoda	protonefridia	4 exkrecní kanálky, 2 nefridiopóry na konci těla
Gastrotricha	protonefridia	1-9 párů
Entoprocta	protonefridia	pár
Cycliophora	protonefridia	pár, pouze u larev
Gnathostomulida	protonefridia	1-5
Micrognathozoa	protonefridia	2
Syndermata	protonefridia	
"Rotifera"	protonefridia	pár po stranách těla, složitá stavba, syncytiální, močový měchýř, kloaka
Acanthocephala	protonefridia	jen u jednoho řádu, syncytiální, urogenitální systém

Mollusca	perikardiodukty (metanefridia), protonefridia u larev	perikard - perikardiodukty (ledviny) - plášťová dutina
Gastropoda	perikardiodukty (metanefridia), protonefridia u larev	1
Bivalvia	perikardiodukty (metanefridia), protonefridia u larev	2
Cephalopoda	perikardiodukty (metanefridia)	
Nautiloidea	perikardiodukty (metanefridia)	4
Coleoidea	perikardiodukty (metanefridia)	2
Brachiozoa		
Phoronida	metanefridia, protonefridia u larev	pár, metacel - mesocel, odvod gamet
"Brachiopoda"	metanefridia	1-2 páry, célom - plášťová dutina, odvod gamet
Nemertea	protonefridia	napojeny na CS, přední část těla, nefridiopór laterálně
Sipuncula	metanefridia	1-2
Annelida	metanefridia, protonefridia u trochofory	pár v každém článku (kromě prvního a posledního), célom - nefrostom - nefridioduct - močový měchýř - nefridiopór ventrálně
Hirudinida	metanefridia	nefrostom proniká do laterálních célomových chodeb
Myzostomida	protonefridia	5 párů
Ectoprocta	povrchem těla, hnědé těleso	hnědé těleso - depoziční funkce
Ecdysozoa		
Scalidophora	protonefridia	pár, urogenitální systém
Nematoida		
Nematomorpha	povrchem těla	
Nematoda	exkreční kanálky, renetové (exkreční, kožní) žlázy	na principu aktivního transportu, renetové žlázy jednobuněčné, exkreční kanálek jedna buňka tvaru H, vyústění ventrálně
Enoplea	renetové (exkreční, kožní) žlázy	
Chromadorea	exkreční kanálky, renetové (exkreční, kožní) žlázy	
Panarthropoda		
Onychophora	metanefridia	v každém článku pár, ústí samostatně u báze nohou
Tardigrada	Malpighiho trubice	3, ústí do střeva

Arthropoda

Pycnogonida povrchem těla

Euchelicerata

Xiphosura coxální žlázy 4 páry, ústí na bázi kráčivých končetin

Arachnida coxální žlázy, Malpighiho trubice, orgány s depoziční fci pár c.ž na ústí různých párů kráčivých končetin, 1-2 páry M.t., depoziční fce.: nefrocyty, guanocyty, záhyby TS

Myriapoda maxillární žlázy, Malpighiho trubice pár m.ž., pár M.t.

Pancrustacea

Pentastomida povrchem těla

"Crustacea" maxillární žlázy, antenální žlázy, povrchem těla m.ž. ústí na páru 2. páru maxil, a.ž. na bázi 2. páru tykadel; dýchání povrchem nohou u drobných korýšů

Branchiura maxillární žlázy

Branchiopoda maxillární žlázy

Malacostraca maxillární žlázy

Mysidacea antenální žlázy, maxillární žlázy

Isopoda antenální žlázy, maxillární žlázy

Amphipoda antenální žlázy

Decapoda antenální žlázy

Copepoda antenální žlázy

Ostracoda antenální žlázy

Cephalocarida maxillární žlázy

Remipedia maxillární žlázy

Hexapoda původně Malpighiho trubice ústí do pyloru

Entognatha labiální žlázy redukce M.t.

"Thysanura" labiální žlázy redukce M.t.

Pterygota Malpighiho trubice obvykle mnoho (až 150 u švábů), modifikace a specializace - např. kryptonefrický systém, filtrační komora

Deuterostomia pouze metanefridiálního typu

Xenoturbellida povrchem těla

Hemichordata metanefridiálního typu glomerulus (část srdce) - protosoma - hydropór (nefridiopór)

Echinodermata axiální orgán (metanefridiálního typu) axiální žláza v axiálním sinu - hydropór (nefridiopór)

Zdroje

- Schmidt-Rhaesa, A. 2007: *The Evolution of Organ Systems*. Oxford University Press, New York, 358 pp.
- studijní materiály předmětů Systém a evoluce bezobratlých, Základy entomologie, Morfologie živočichů
- Fox R. 2004: Invertebrate Zoology OnLine: Laboratory Exercises to Accompany. <http://lanwebs.lander.edu/faculty/rsfox/invertebrates/>
- Nematoda: <http://www.wormatlas.org/hermaphrodite/excretory/mainframe.htm>
- Arachnida: <http://spinnenman.tripod.com/ArachnEigenschNed.htm>
- „Crustacea“: <http://crustacea.nhm.org/glossary/define.html?termID=29>
- Echinodermata: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Echinodermata>
- schémata bezobratlých: <http://www.kbi.zcu.cz/OB/studium/invert/obra.php>