

Evolúcia vylučovacej sústavy bezstavovcov

Kristína Stromková

Funkcia VS

- Udržiavanie optimálnej koncentrácie látok v tele (druhovo špecifická) ich vylučovaním = primárny význam
- Udržiavanie osmolality a objemu telesných tekutín
- Odstránenie škodlivých látok z organizmu (hlavne NH_3^+)
- Exkrečné látky:
 - Splodiny a metabolity
 - Využiteľné látky v nadbytočnej koncentrácii
 - Nosiče vylučovaných látok
 - Cudzorodé látky (liečivá, alkaloidy, toxíny,...)

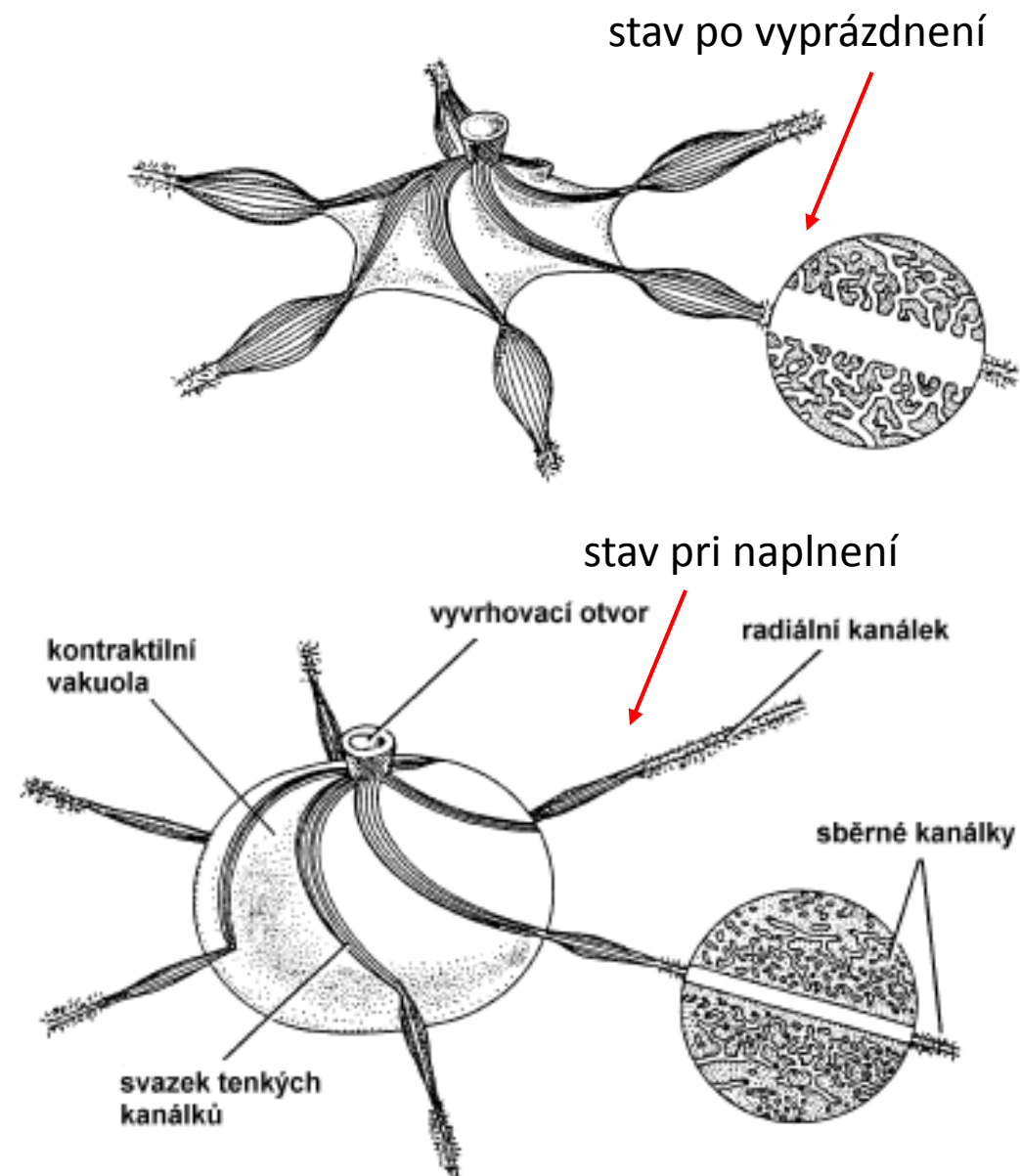
Osmoregulácia v závislosti na dostupnosti H₂O v prostredí

- Slaná voda = izotonické prostredie
 - platí pre bezstavovce, ktoré sa vyvinuli v slanej vode
 - H₂O aj ióny voľne difundujú medzi telom a prostredím podľa momentálnej koncentrácie
- Sladká voda = hypotonické prostredie
 - H₂O do tela, ióny von z tela (difúzia)
 - nutnosť aktívneho vylučovania vody a transportu iónov z prostredia
- Suchozemské prostredie
 - veľké straty H₂O aj iónov – vyparovanie, dýchanie
 - nutnosť mechanizmov na úsporu vody - premena NH₃ na menej toxické zlúčeniny vo vyššej koncentrácii (prechod na súš?)

- Moč = výsledný produkt vylučovacích orgánov
 - zloženie: H₂O + organické látky + anorganické látky
 - Amoniak (NH₃⁺) = prvotný a extrémne toxický vedľajší produkt metabolizmu AMK a NK
 - NH₃⁺ môže byť vylučovaný v rôznych formách:
 1. Čistý NH₃⁺ - rozpustný v H₂O
 - difúzia povrchom tela (vodné živočíchy)
 - v moči a výkaloch (amonotelné suchozemské živočíchy)
 2. Močovina - rozpustná v H₂O
 - vzniká v pečeni
 - urotelné živočíchy (Mollusca, Pancrustacea, Ambulacraria)
 3. Kyselina močová (deriváty purínu) - nerozpustné v H₂O
 - vo forme hustej pasty
 - urikotelné suchomilné živočíchy (Gastropoda, Arthropoda)
- kombinácia rôznych spôsobov

Jednobunkové živočichy

- Difúzia - vylučovanie celým povrchom bunky
- Exocytóza - kontraktilné vakuoly
 - nepravé vylučovacie orgány
 - sladkovodní prvoci (osmoregulácia)
 - jednoduchá vakuola - hromadenie H₂O, prasknutie povrchu bunky - vylúčenie H₂O
 - zložitejší typ (Ciliophora) - hromadenie H₂O v zberných kanálikoch - naplnenie vakuoly - aktívny sťah - vylúčenie H₂O vyvrhovacím otvorom



Metazoa

- „Porifera“ - difúzia na bunkovej úrovni + choanocyty s kontraktilnými vakuolami (sladkovodné druhy) - vylučovanie rovno do vody
- Cnidaria - difúzia na bunkovej úrovni + vylučovanie hypo-osmotickéj tekutiny z láčky cez ústny otvor (sladkovodné druhy)
- Acoelomorpha - špecializované epidermálne bunky (dermonephridia) s možnou vylučovacou funkciou (?)

Eubilateria

- Vznik mezodermy a komplexnejšia stavba tela - problém s odbúraním NH_3^+ a jeho koncentrovaním v tele
- Právě vylučovacie orgány - tubulárne (nefrídie)
 - Vznik primárne kvôli osmoregulácií v sladkej vode
 - Vylučovacia funkcia až sekundárne (preadaptácia ?)
 - Uzavreté transportné epitely
 - Na začiatku nasávajú telovú tekutinu
 - Na konci sa otvárajú von z tela
 - Vo vnútri je tekutina upravovaná - filtrácia, resorpcia, sekrécia
 - Vznik primárneho a sekundárneho moču (hypo- / hyperosmotický)

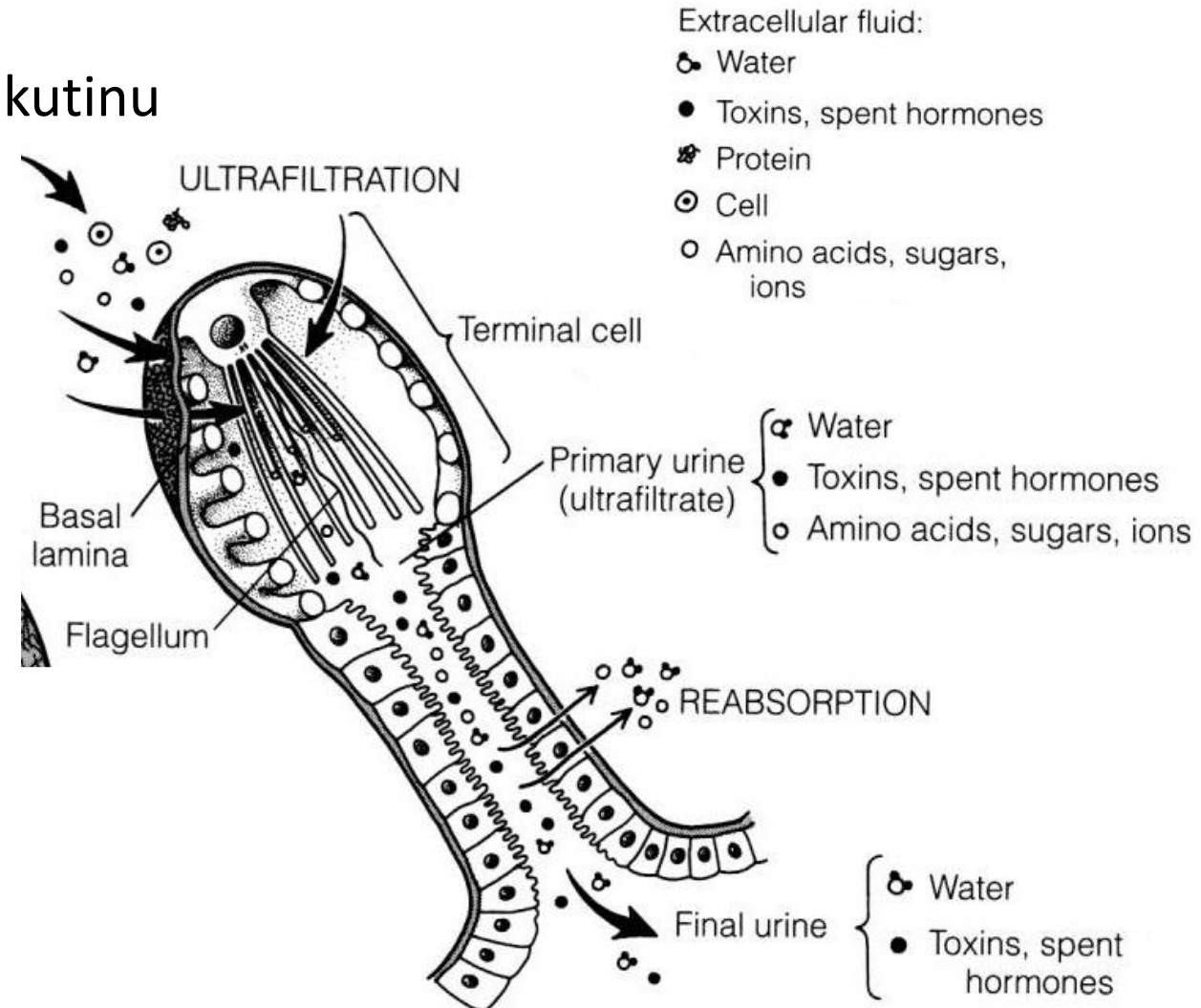
Procesy vzniku a úpravy moču

- Ultrafiltrácia:

- medzi dvoma oddielmi s tekutinou
- hydrostatický tlak ženie intercelulárnu tekutinu z okolitých tkanív do vnútra tubulu
- Vláknité štruktúry mimobunkové hmoty (ECM) fungujú ako filter - prepúšťajú iba malé molekuly (H₂O, ióny, močovina,...)
- Primárny moč

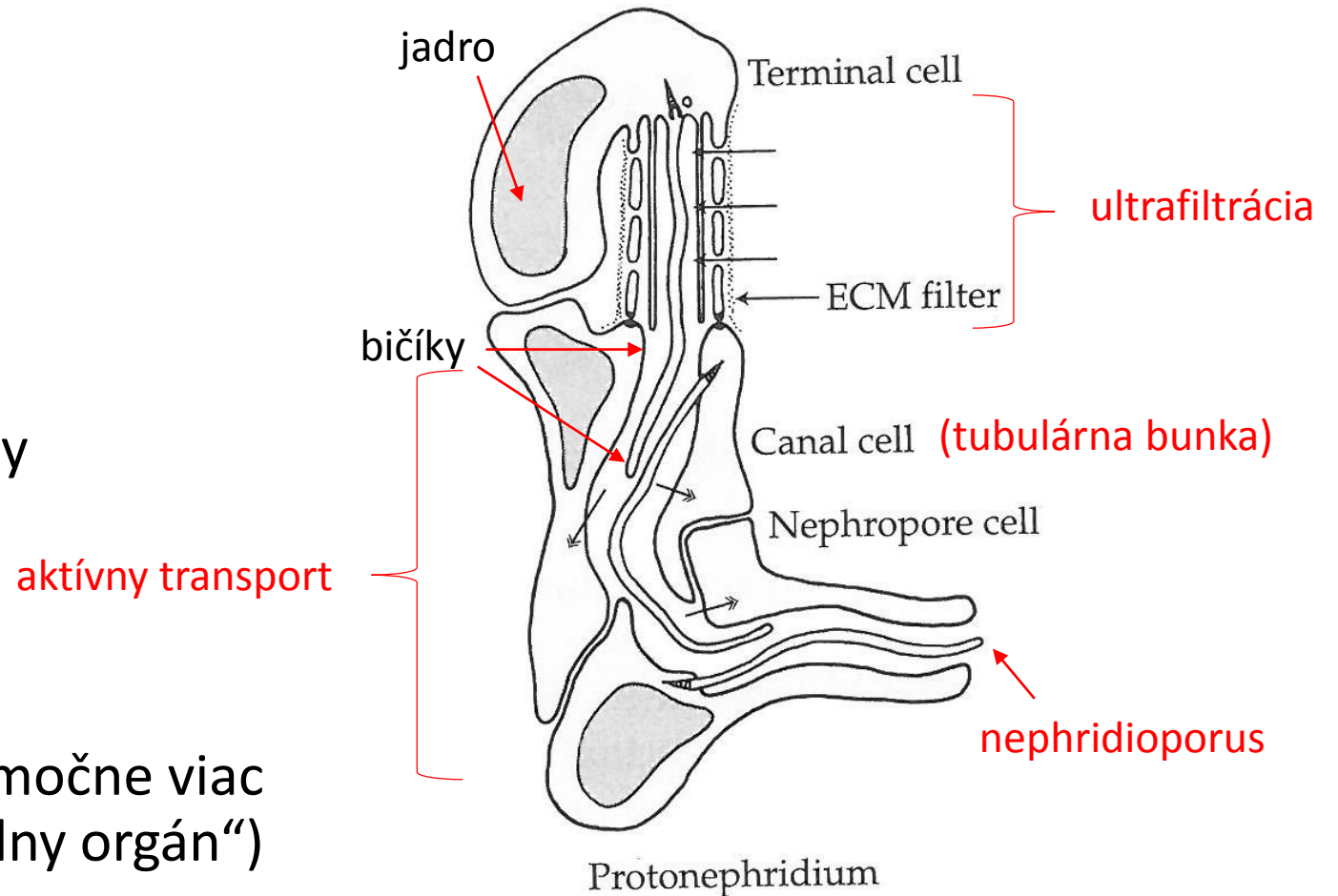
- Aktívny transport:

- Resorpcia a sekrécia látok bunkami
- Resorpcia H₂O a potrebných živín, dodatočná sekrécia nepotrebných látok
- Sekundárny moč



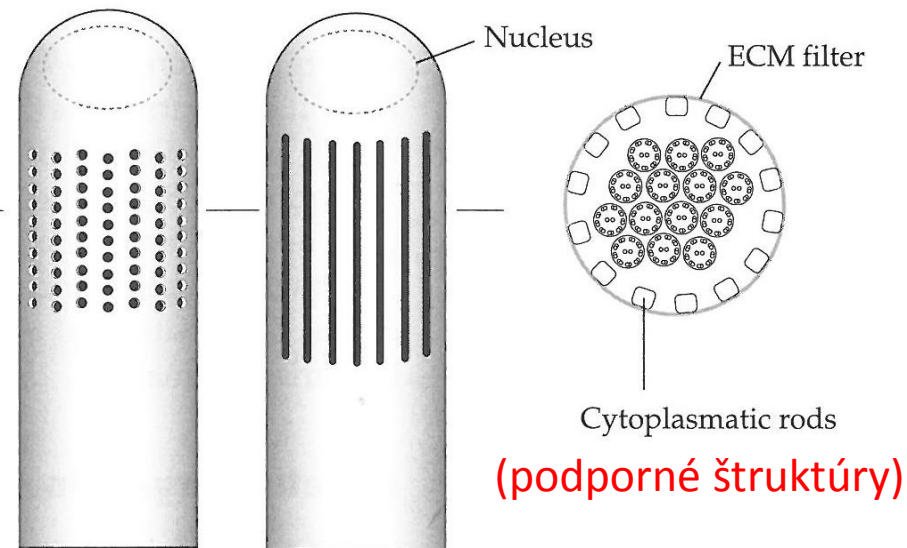
Protonefrídie

- pôvodný a jednoduchší typ
- uzavreté
- ektodermálny pôvod
- živočíchy bez pravého celómu a larvy
- Základná stavba:
 - 1 **terminálna bunka** s bičíkmi, na konci obklopuje dutinu (výnimočne viac terminálnych buniek = „terminálny orgán“)
 - 1 **tubulárna bunka + vývodný kanál (nephridioduct)**
 - 1(+) **vylučovací otvor (nephridioporus)**



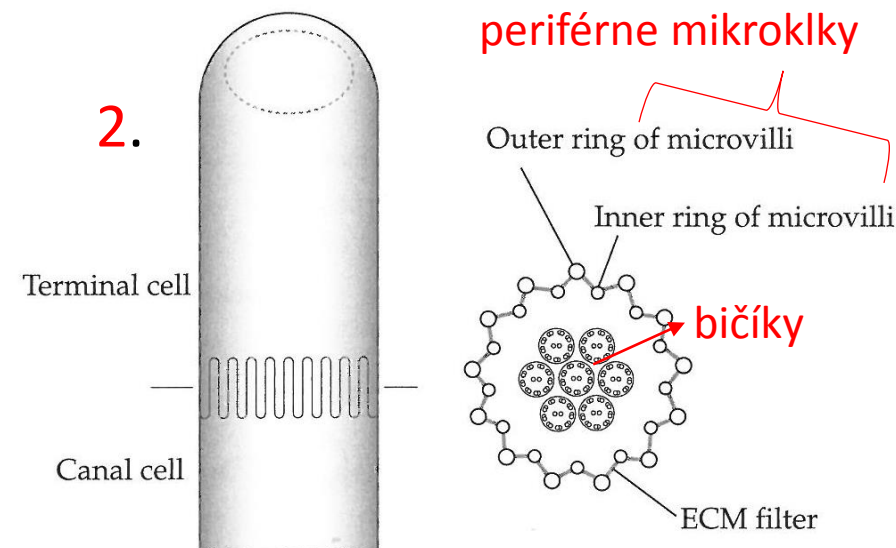
Stavba terminálnej bunky protonefrídie

1. terminálna bunka má v dutinovej časti póry alebo štrbiny obklopené ECM - bariéra medzi intercelulárnou tekutinou a dutinou protonefrídie = miesto filtrácie
 - „priečky“ oddeľujúce otvory - podporné štruktúry vystužené mikrotubulmi, aktínovými vláknami atď.



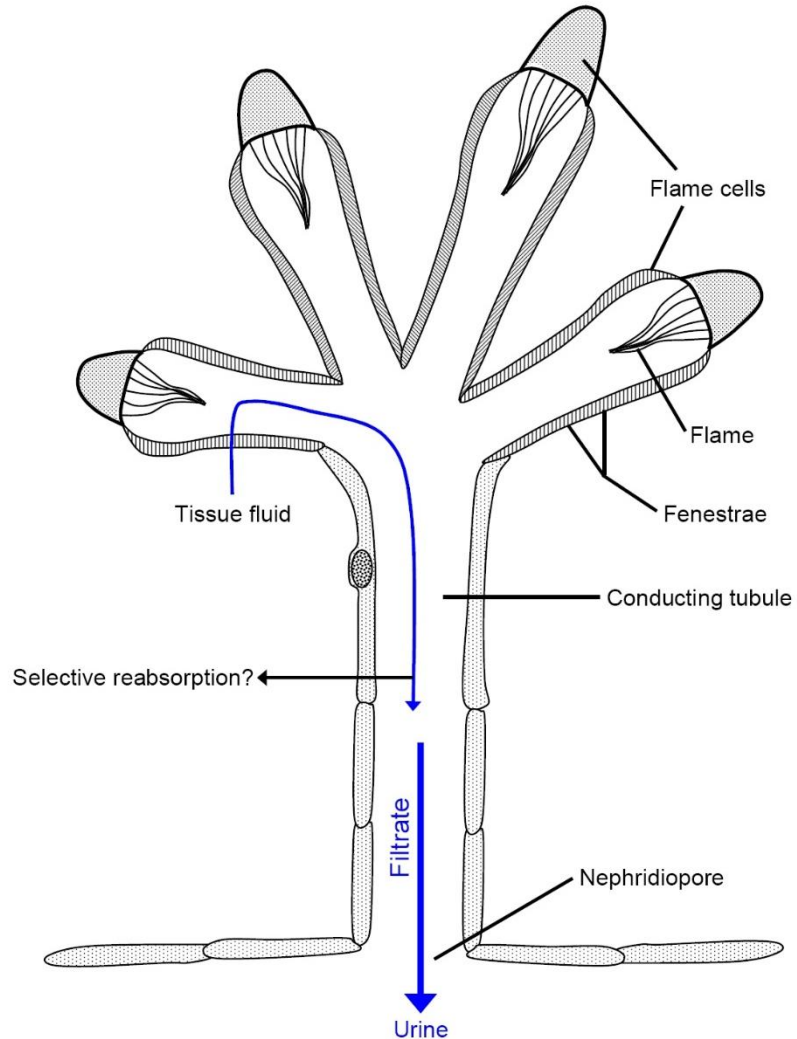
2. terminálna a tubulárna bunka sú zakončené mikrokľmi (periférne mikrokľy) obklopenými ECM = miesto filtrácie

- Do dutiny ústia bičíky terminálnej bunky - ich kmitanie poháňa filtráciu
- Bičíky bývajú obklopené prstencom mikrokľov (vnútorné mikrokľy)

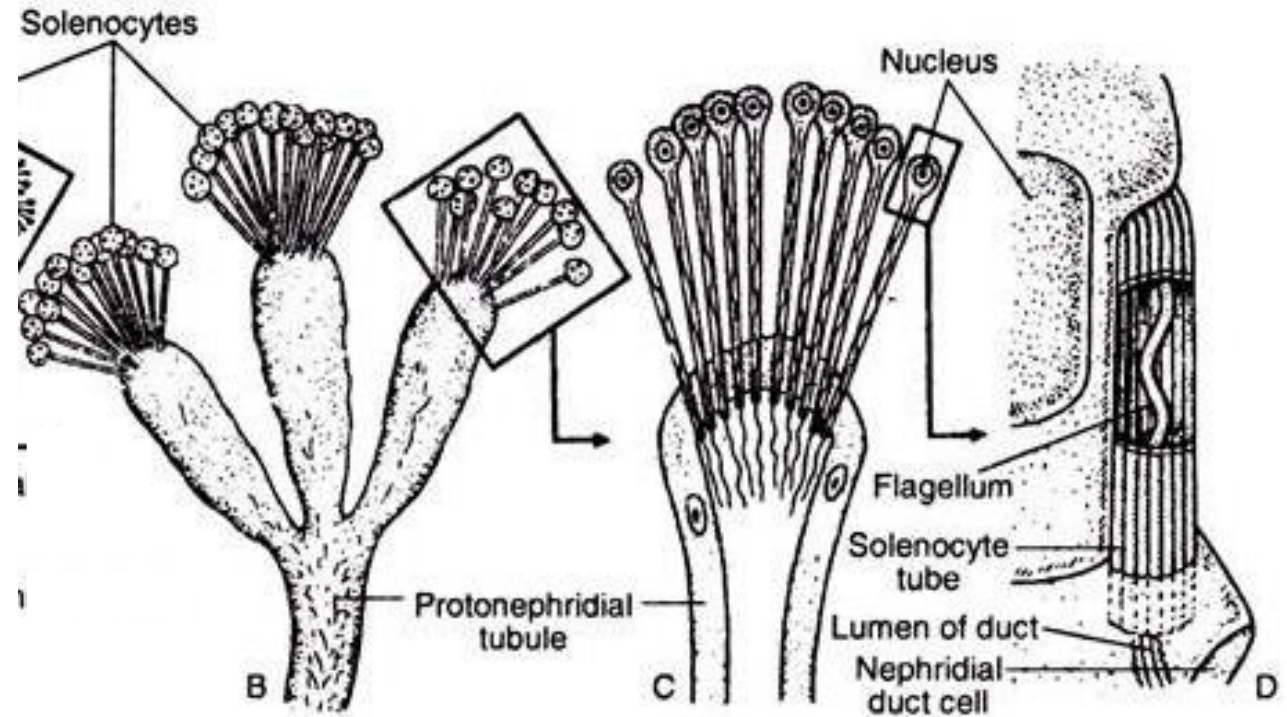


Typy protonefrííí

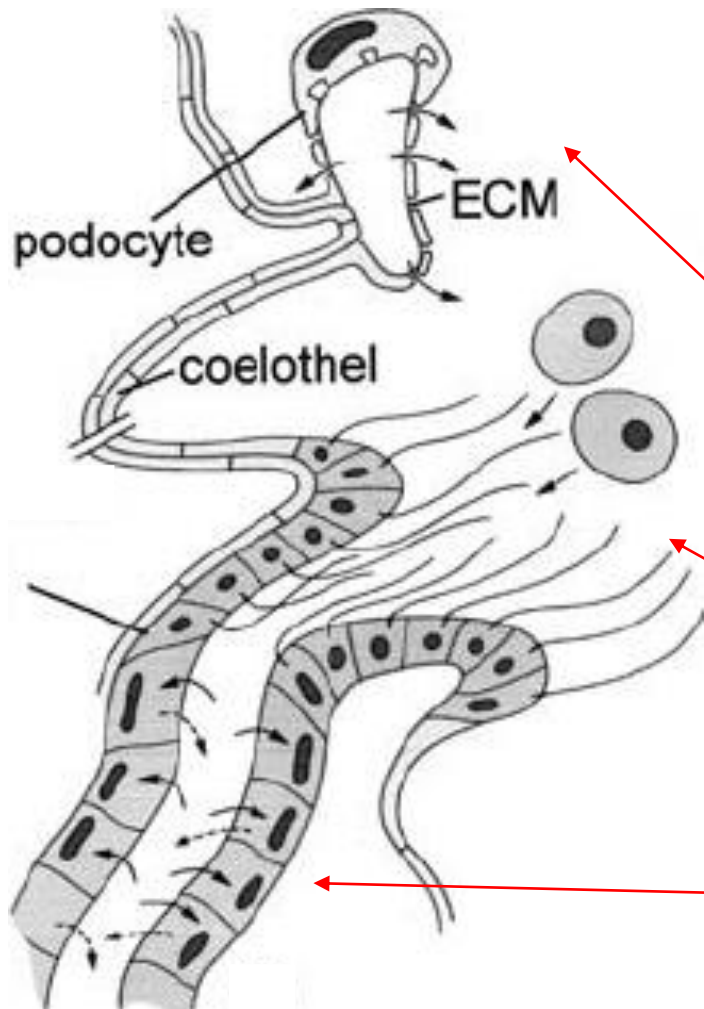
1. Plamienkové bunky -
v dutine kmitá zväzok riasiniek



2. Solenocyty - v dutine kmitajú len 1-2 bičíky
- vývojovo staršie, vznikli z nich plamienkové bunky



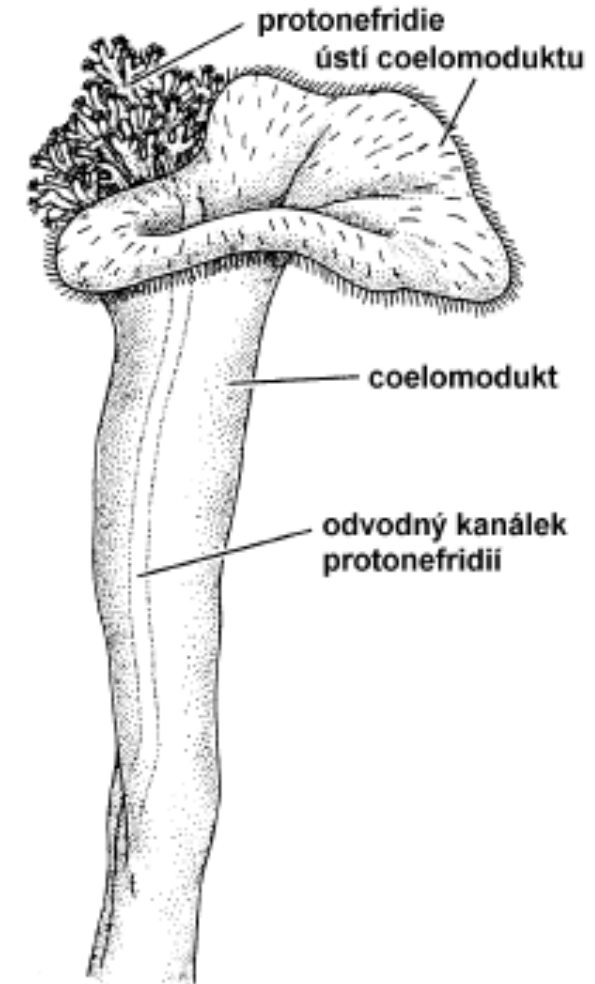
Metanefrídie



- vznikli z protonefrídií
- otvorené do celómovej dutiny
- mezodermálny pôvod
- živočíchy s pravým celómom a uzavretou CS
- Základná stavba metanefridiálneho systému:
 - **Podocyty** - špecializované bunky coelothelu (epitel lemujúci celómovú dutinu) obklopené ECM = miesto filtrácie intercelulárnej tekutiny (väčšinou z cievy) DO CELÓMU (!)
 - Vlastné metanefrídium:
 - **Obrvená nálevka (nephrostom)** - kmitanie riasiniek nasáva prefiltrovanú celómovú tekutinu (primárny moč) dovnútra
 - **Odvodný kanál** - resorpcia (sekrécia) a tvorba sekundárneho moču
 - **Nephridiopor**

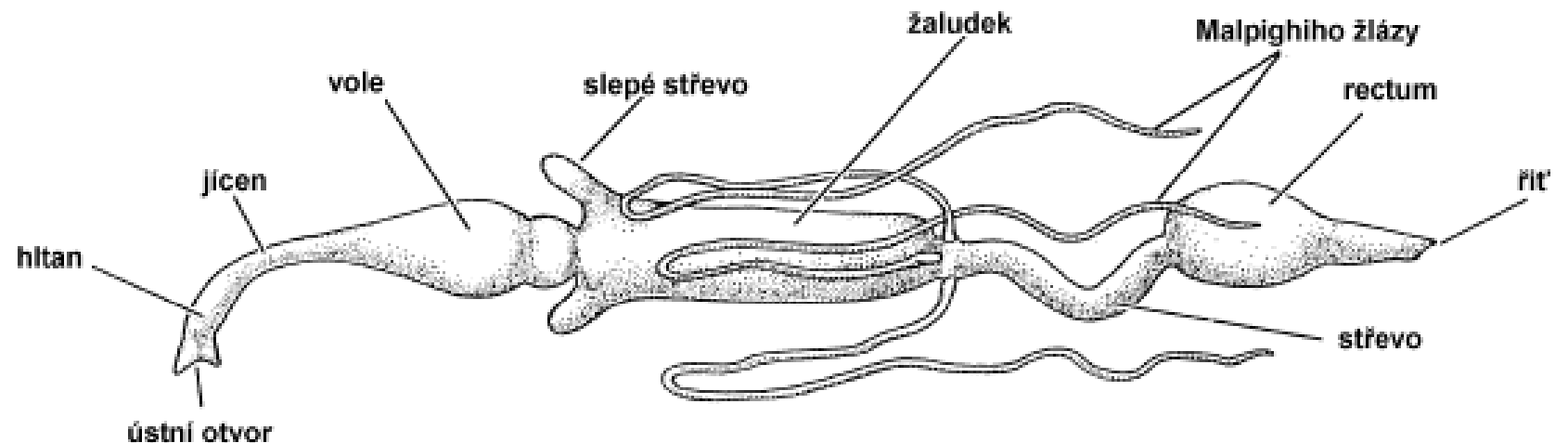
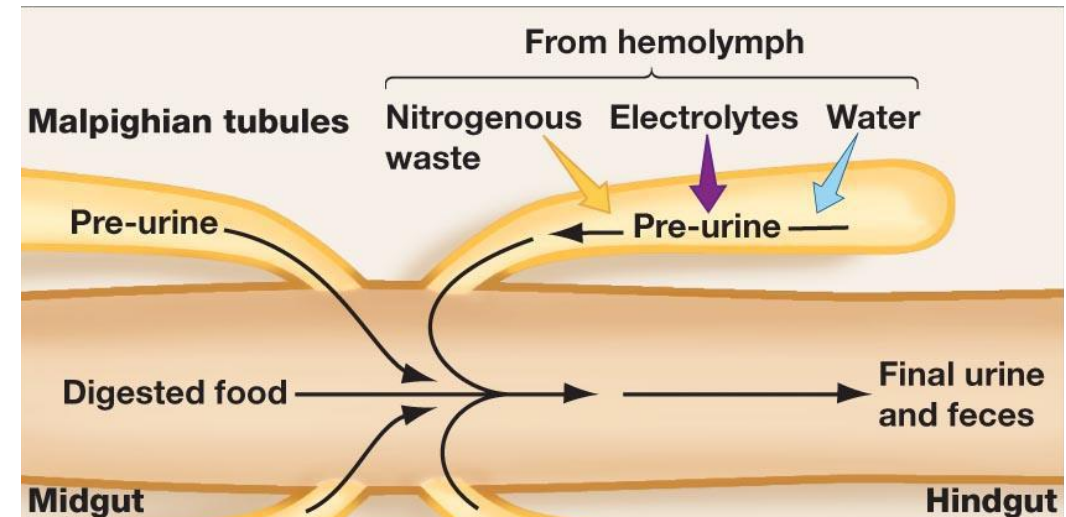
Nephromixium

- vznik urogenitálneho systému
- **nefrídie + coelomodukty** (trubice z coelothelu, otvárajú sa do celómu a ústia na povrch tela - vylučovanie pohlavných buniek)
- **Protonephromixium / Metanephromixium**
- ektodermálny (nefrídie)
aj mezodermálny (coelomodukty) pôvod



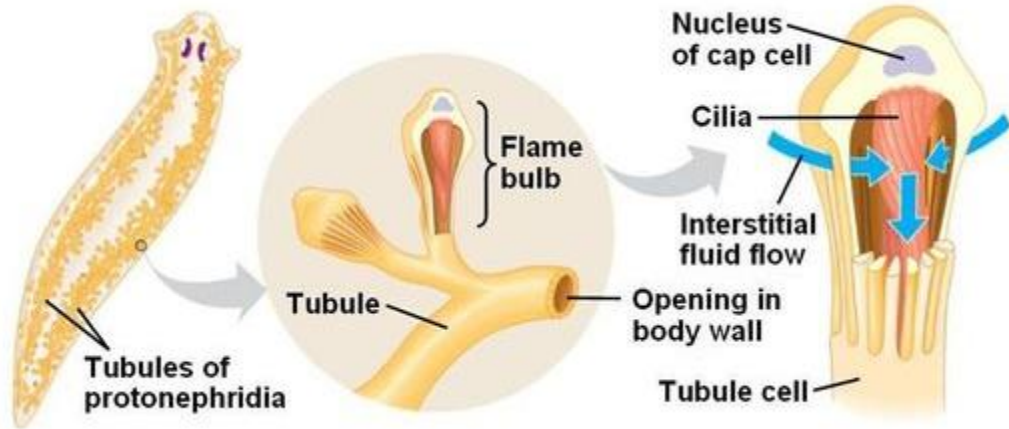
Malpighiho trubice

- efektívne šetrenie H₂O na súši
- dlhé tenké tubuly jedným koncom spojené s črevom a druhým slepo zakončené v hemocoeli
- voľne v hemolymfe
- aktívny transport látok z hemocoelu, v čreve selekcia a resorpcia
- endodermálny pôvod (Arachnida), ektodermálny (Ectognatha)

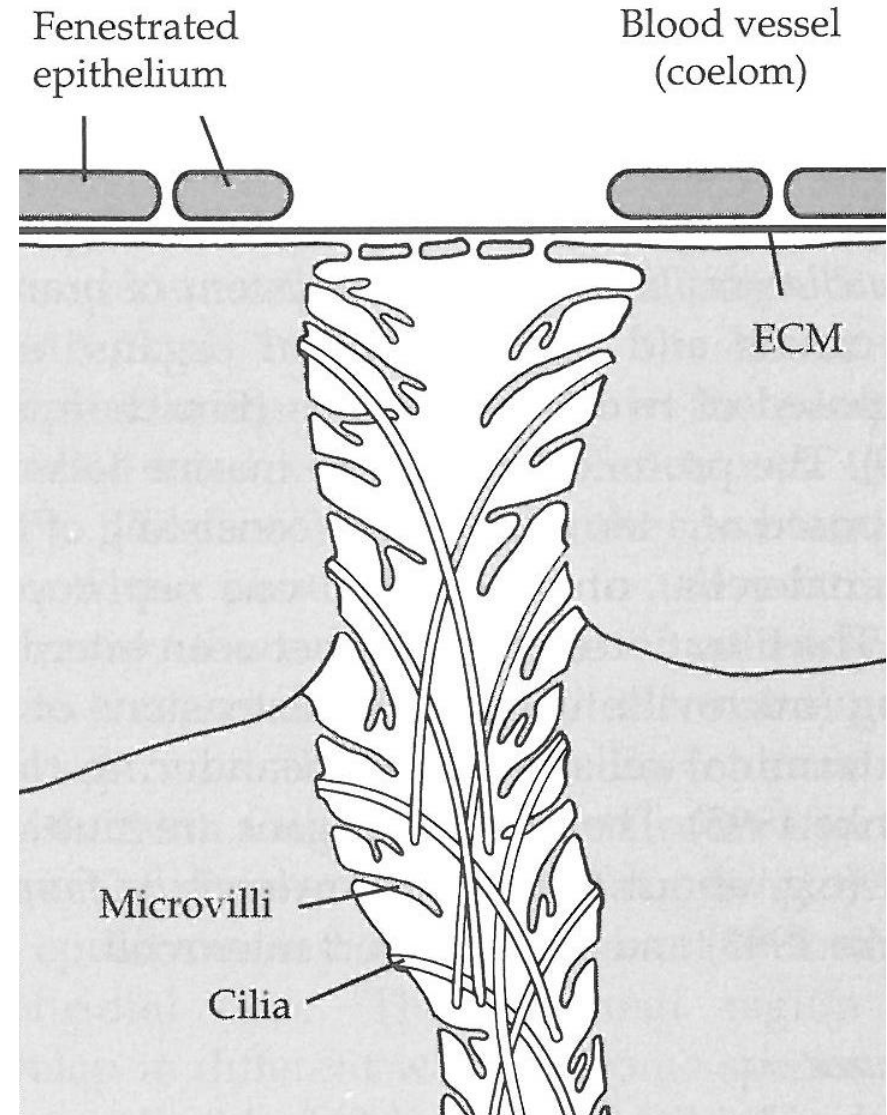


<u>Lophotrochozoa (Spiralia)</u>	Protonefrídie	Páry	Terminálna bunka	Filtrácia	vnútorné mikroklky
Ectoprocta (Bryozoa)	nemajú, difúzia, v koncovej časti TS „hnedé teleso“ - fagocyty naplnené metabolitmi (sladkovodné druhy)				
Gastrotricha	solenocyty	1 (výnimky u Macrodasysida)	1 (výnimka <i>Turbanella cornuta</i>)	póry / štrbiny	áno
Platyhelminthes: Catenulida	solenocyty	nie	1	štrbiny	áno
Platyhelminthes: Platyzoa	plamienkové bunky (systém kanálov u veľkých druhov, syncytium u parazitov)	1+	1 / + (veľké druhy)	štrbiny / mikroklky	nie
Myzostomida	neurčitý typ, mnoho bičíkov	mnoho	orgán	otvory	áno
Entoprocta	plamienkové bunky (systém párových kanálov u sladkovodných)	1	orgán	mikroklky	áno
Cycliophora	plamienkové bunky (iba larva)	1	1	neznáme	áno
Gnathostomulida	solenocyty	1+	1	štrbiny	áno
Micrognathozoa	solenocyty	2	orgán	neznáme	áno
Monogononta + Bdelloida	plamienkové bunky - komplexný systém kanálov a terminálnych regiónov (syncytium)	1	orgán	štrbiny + mikroklky	áno
Seisonida	plamienkové bunky (syncytium)	1	orgán	póry	nie
Acanthocephala	nemajú (sek. strata), iba Archiacantocephala - protonephromixium (plamienkové bunky, terminálne syncytium, „močový mechúr“)		orgán	póry	nie
Nemertea	plamienkové bunky, u druhu <i>Tubulanus annulatus</i> filtrujú krv z cievy - niekoľko terminálnych buniek pospájaných okolo cievy v mieste jej perforácie (funkcia ako podocyty alebo štrbiny)	1+	1 (orgán)	štrbiny	áno

Platyzoa



Nemertea

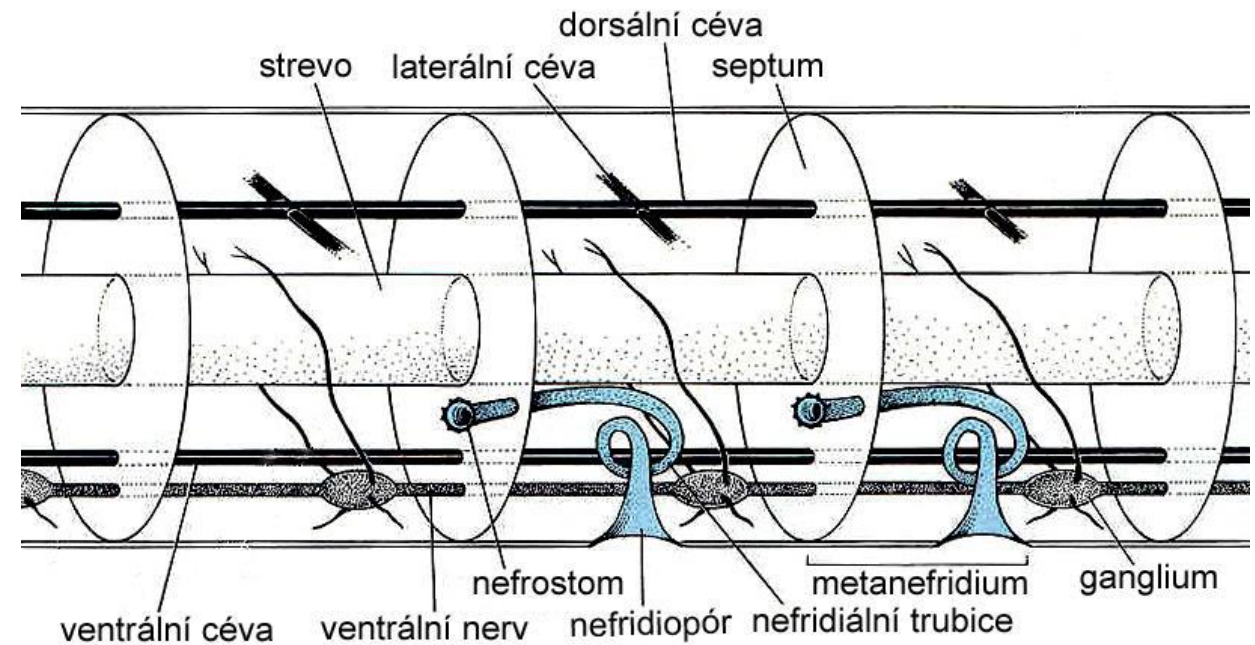
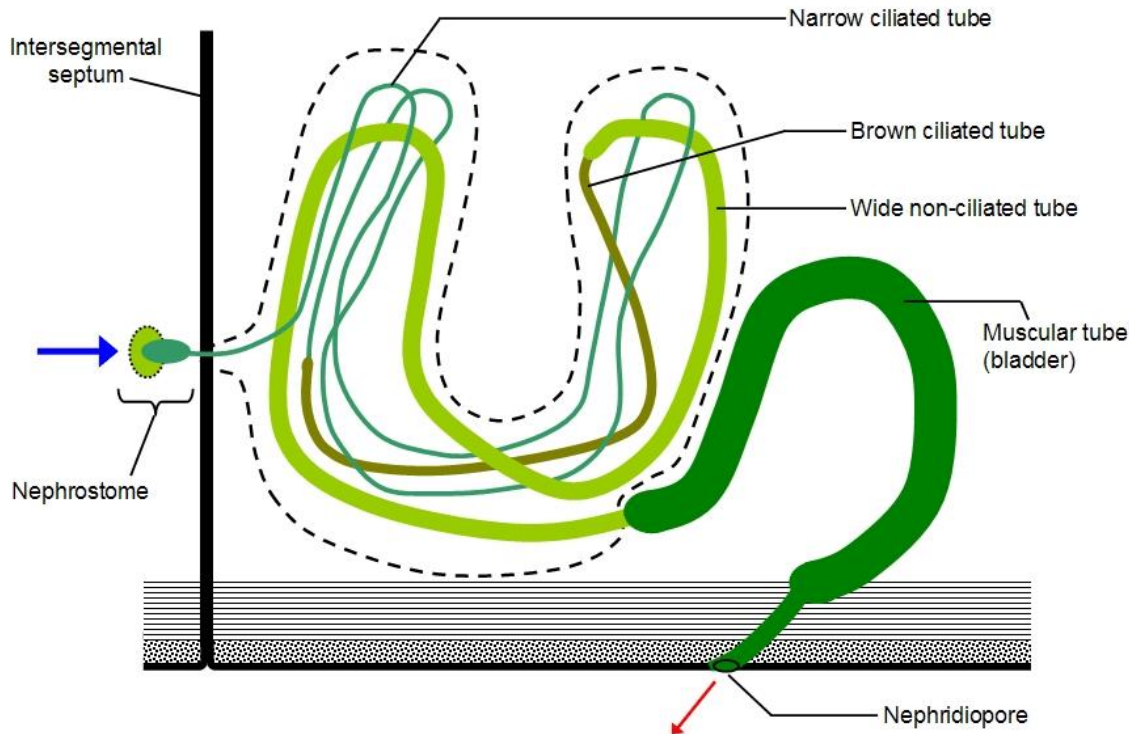


Pulvinifera

- **Sipunculida** - metanephromixium
- **Annelida** - metanefrídie
 - „**Polychaeta**“ - solenocyty a plamienkové bunky (larvy, pretrvávajú u druhov s redukovaným celómom a CS, v dobe rozmnožovania sa môže dočasne vytvoriť nephrostom), metanefrídie (dospelci, môže pretrvať zvyšok nefunkčného protonefrídia), nephromixium
 - **Siboglinidae** - štruktúry podobné metanefrídiam alebo terminálnym bunkám, filtračné štruktúry neznáme
 - **Echiurida** - protonefrídie (podobné plamienkovým b.) len u mikroskopického samca *Bonellia viridis*, zasahujú do celómu, filtrácia- terminálne b. s otvormi / medzibunkové spoje, naokolo ECM
 - metanefrídie u dospelcov - modifikácie na skladovanie a vylučovanie gamét, napojenie na análne vaky

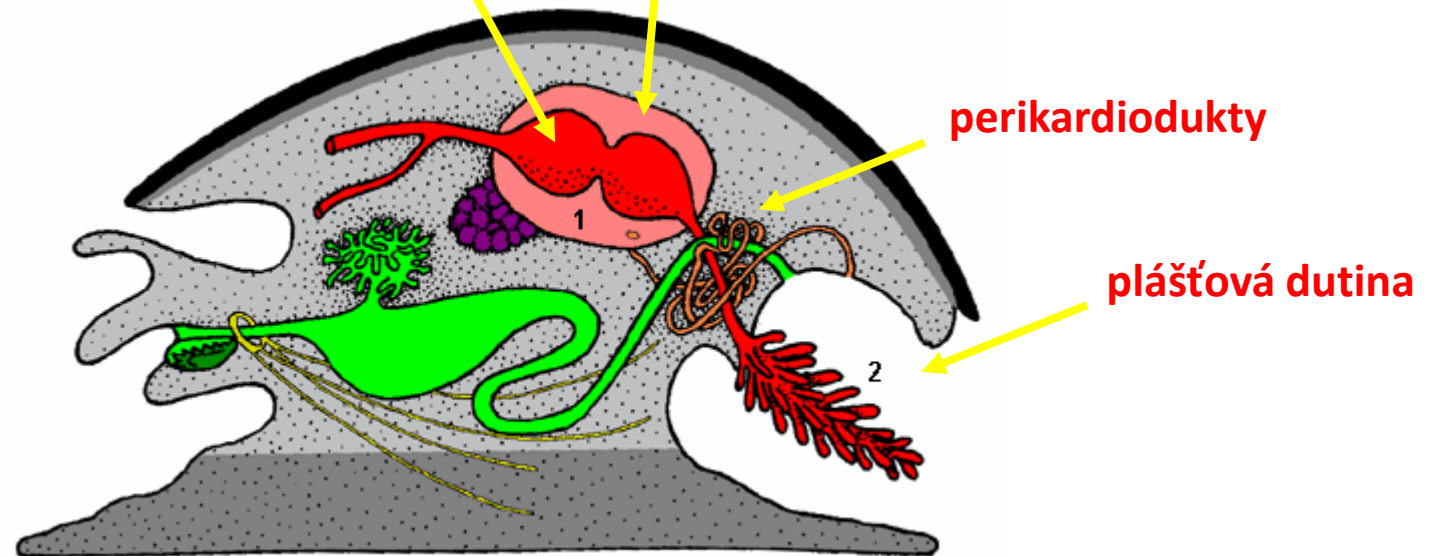
Clitellata

- 1 pár metanefrídii v každom homonómnom segmente
- aj ako metanephromixium
- u embryí aj protonefrídie (skôr ako celóm a CS)
- Hirudinida - nephrostom nie je v kontakte s kanálom (CS nahradená hydroskeletom?)



Mollusca

- protonefrídie u lariev Polyplacophora, Gastropoda, Bivalvia
- metanefrídie = **perikardiodukty** u dospelcov
 - činnosť srdca udržiava hydrostatický tlak
 - hemolymfa filtrovaná skrz stenu srdca do perikardia (celóm),
 - perikardiodukty otvorené do perikardia, ústia do plášťovej dutiny

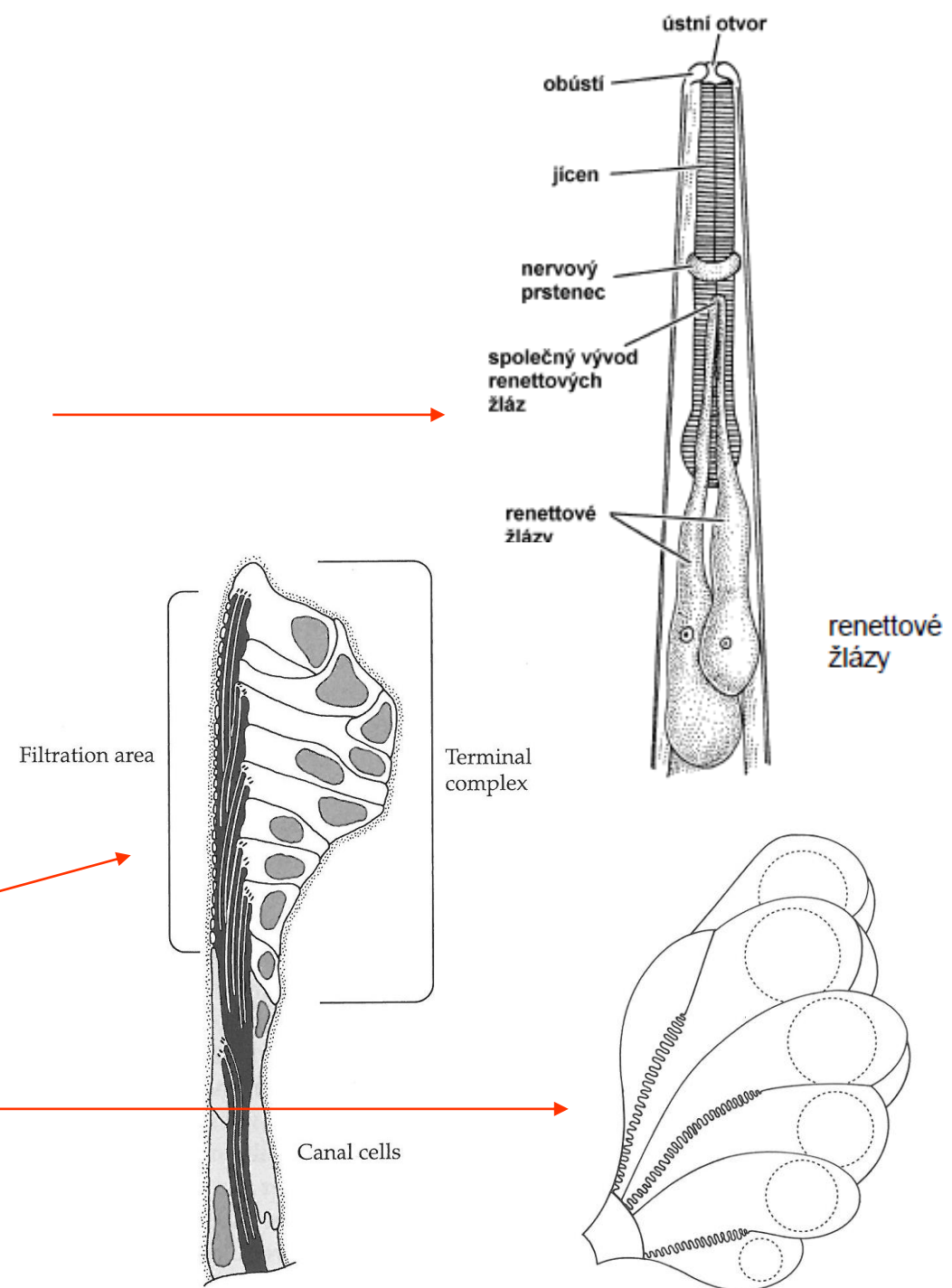


Brachiozoa

- metanefrídie u dospelcov
- nephrostom v metacoeli, vývod v mezocoeli
- **Phoronida** - protonefrídie u lariev
 - u dospelcov metanephromixium
 - kanál vzniká z protonefridiálneho kanála - ektoderm
 - nephrostom vzniká z buniek coelothelu - mezoderm
 - splodiny sa ukladajú do špeciálnych buniek (podocyty) a odchádzajú z tela von
- **Brachiopoda** - iba metanefrídie
 - tiež dvojaký pôvod buniek metanefrídií

Ecdysozoa

- väčšinou prvotná tel. dutina (mixocoel)
- **Nematoda** - exkrečné (renettové) žľazy (1 bunka) + kanály po bokoch tela
 - ústia na povrch tela pórom
 - iba aktívny transport
 - vylučujú hlavne NH_3^+ , menej močovinu
- **Loricifera** - solenocyty, bičik s mikroklkmi, terminálna b. s otvormi, protonephromixium (?), spojenie s kloakou (?)
- **Kinorhyncha** - solenocyty, terminálny orgán, otvory alebo mikroklky (filtrácia)
- **Priapulida** - protonephromixium (solenocyty - larvy, plamienkové bunky - dospelci), terminálny orgán, medzibunkové spoje terminálnych buniek (filtrácia)



Panarthropoda

- celóm iba embryonálne, splýva v mixocoel
- **Onychophora** - 1 pár metanefrídií v každom segmente, podocyty z embryonálneho coelothelu (zachoval sa ako malá dutina sacculus), filtrácia z mixocoelu do saccula
- **Tardigrada** - Malpighiho trubice

• Arthropoda

- pri čiastočne otvorenej CS postrádajú metanefrídie zmysel
 - modifikácie (princíp fungovania ako u Onychophora) :
 - **Coxálne žľazy** (Arachnida) - ústia na bázi hrudných končatín
 - **Antenálne žľazy** („Crustacea“) - ústia na bázi 2. páru tykadiel
 - **Maxilárne žľazy** („Crustacea“, Myriapoda) - ústia na 2. páre čeľustí
- **nefrocyty** v mixocoeli - depozičná funkcia (Arachnida, Ectognatha)
- **Malpighiho trubice** (Arachnida, Ectognatha)

• Deuterostomia: Ambulacraria

- modifikované metanefrídie - **axiálny orgán**
- ultrafiltrácia primárneho moču zo srdcovej cievy (podocyty) do protocoelu
- odvedený von z tela hydropórom
- **celómocyty** (Echinodermata) - fagocytujú škodlivé látky, po naplnení sa vylúčia z tela

