

# PARAZITISMUS II – pokračování

## Adaptace k parazitismu

# Osnova přednášky

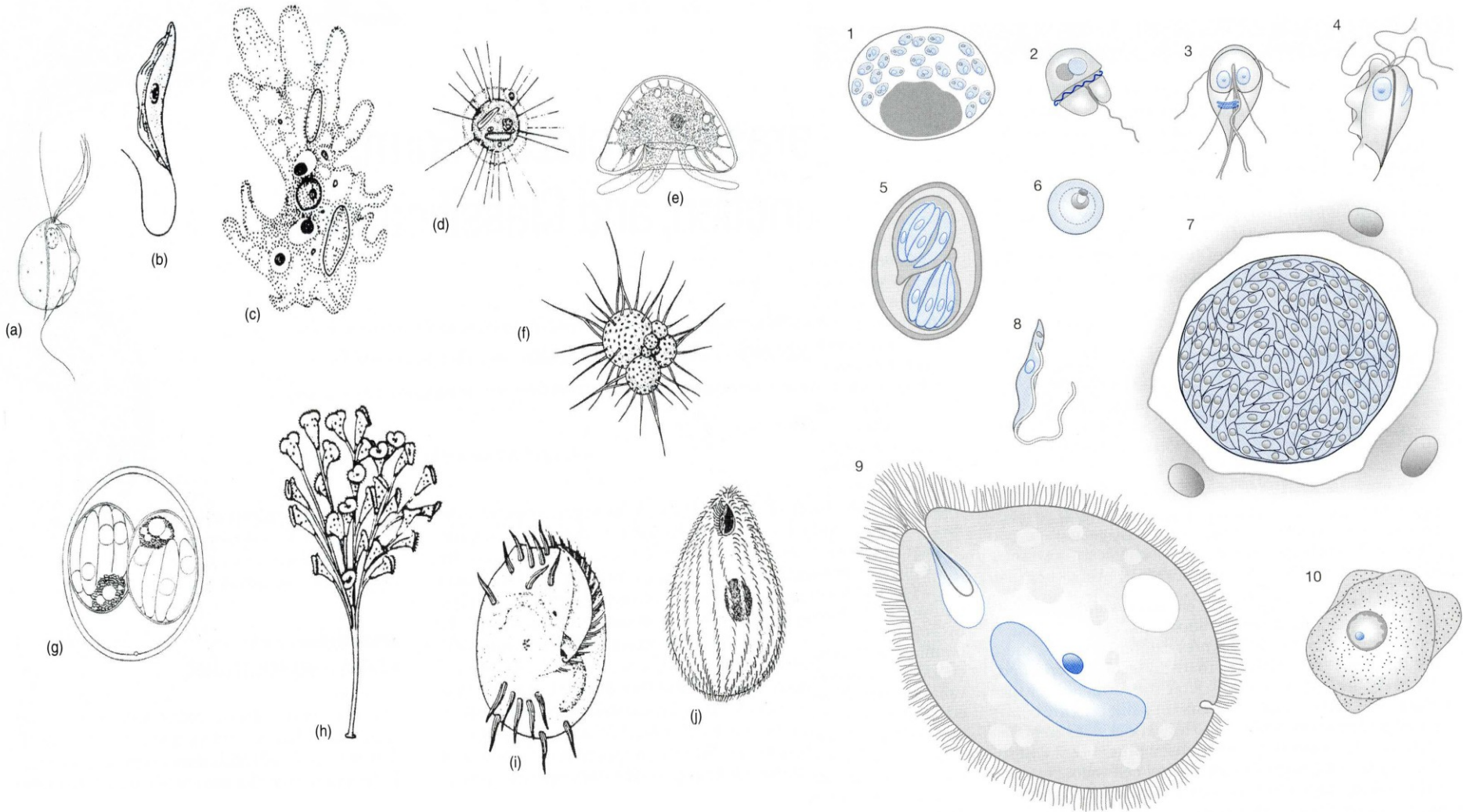
- Adaptace k parazitismu
- Adaptace morfologické (strukturální):
  - Prvoci
  - Helminti
  - Členovci
- Adaptace biologické:
  - Rozmnožování
  - Příjem potravy
- Adaptace ekologické
- Adaptace fyziologické
- Adaptace biochemické
- Adaptace behaviorální
- Úvod do studia ekologie
- Úrovně studia:
  - Jedinec
  - Populace
  - Společenstvo



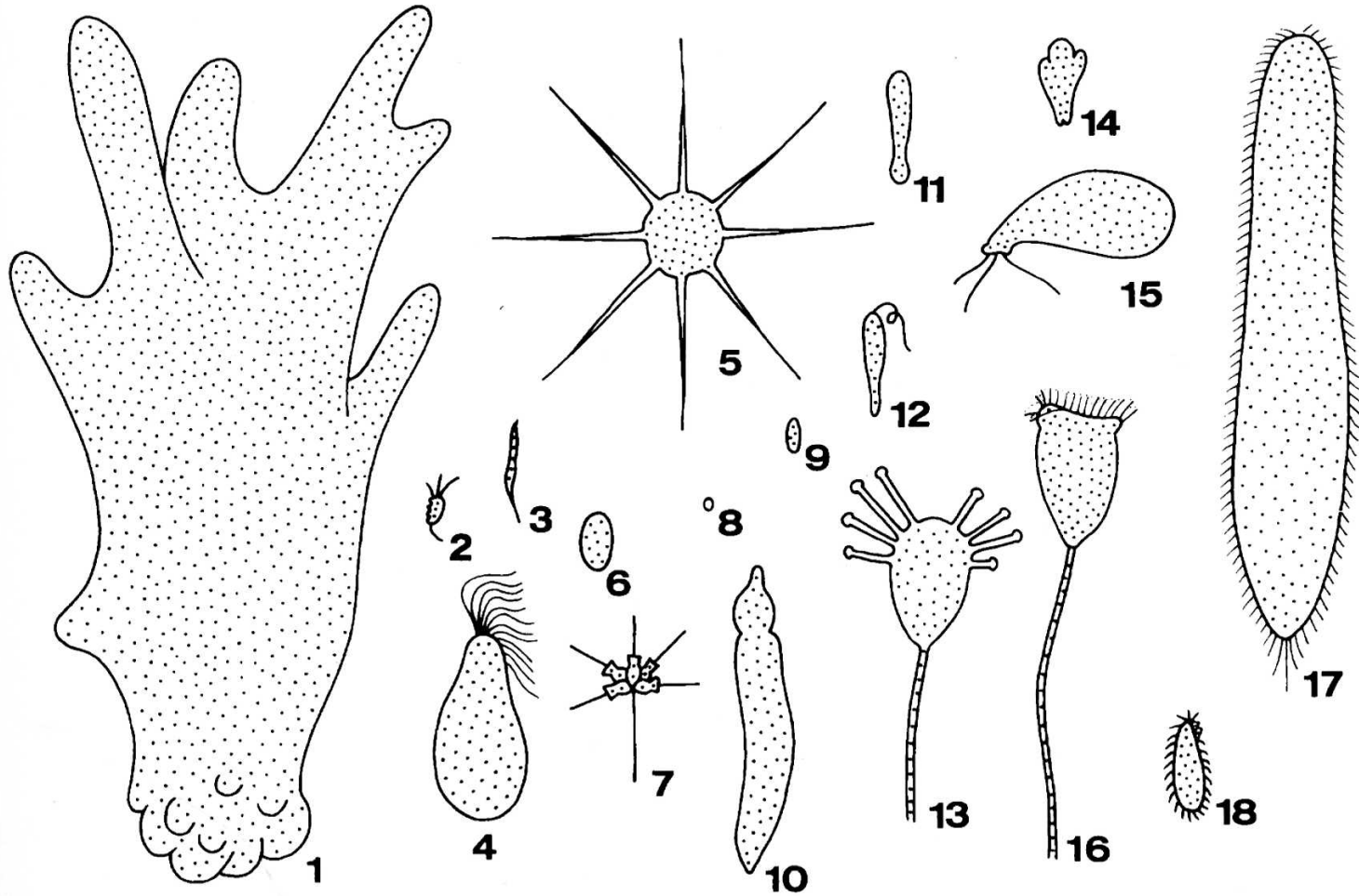
# Adaptace k parazitismu

- **Progresivní** – vznik nových struktur a orgánů umožňujících nové funkce
- **Regresivní** – redukce některých struktur a orgánů (smyslové orgány, trávicí soustava)
- **Biologické**
- **Morfologické** (strukturální)
- **Biologické**
- **Ekologické**
- **Fyziologické**
- **Biochemické**
- **Behaviorální**
- **Molekulární**

# Obrovská rozmanitost prvoků



# Tvarová různorodost prvoků



# Historie mikroskopické technika



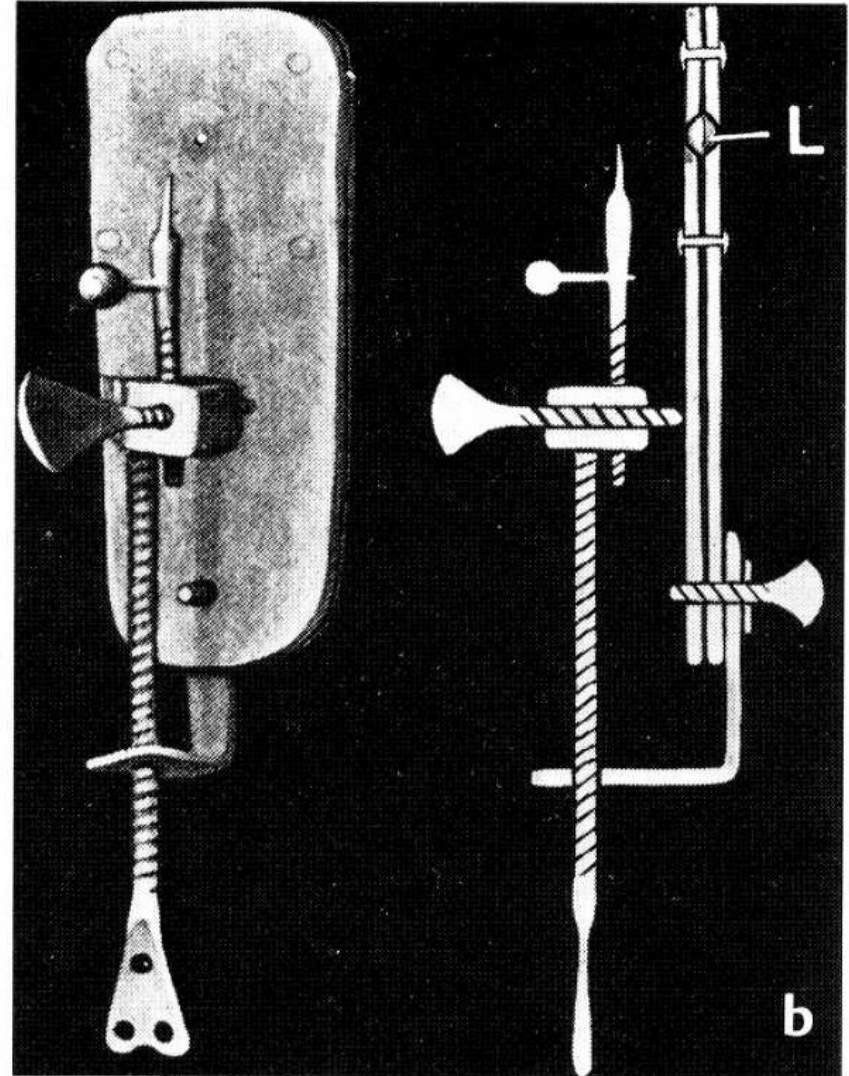
ANTONIUS A LEEUWENHOEK.

*Regia Societatis Londinensis  
membrum.*

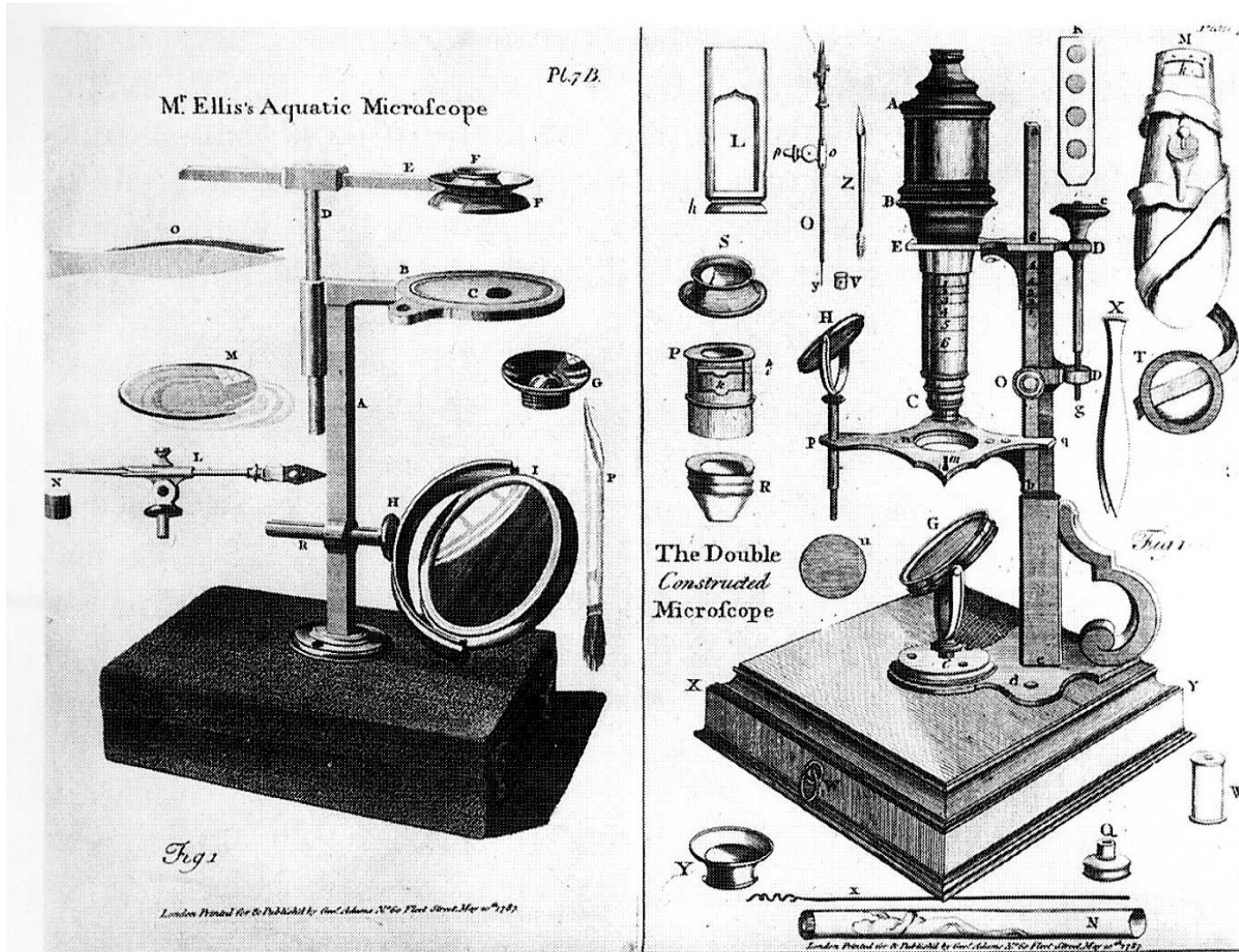
*Vorkelje pinx.*

*A. de Blou fec.*

Obr. 2 Antony van Leeuwenhoek, zakladatel vědecké mikroskopie.

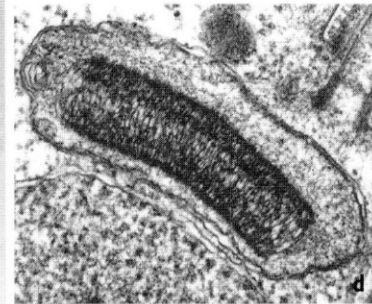
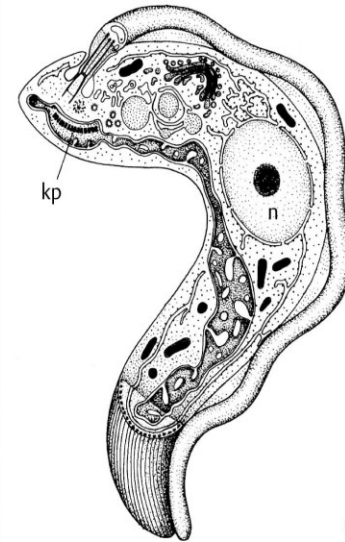
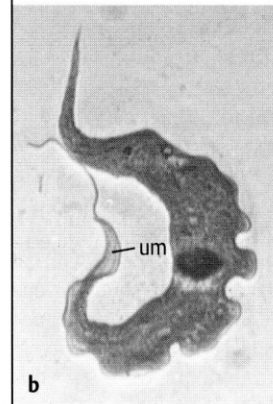
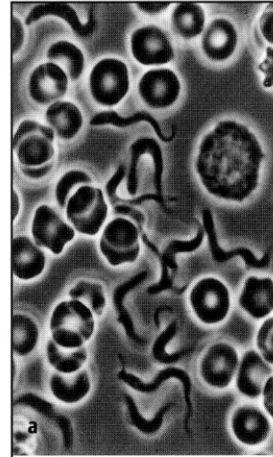
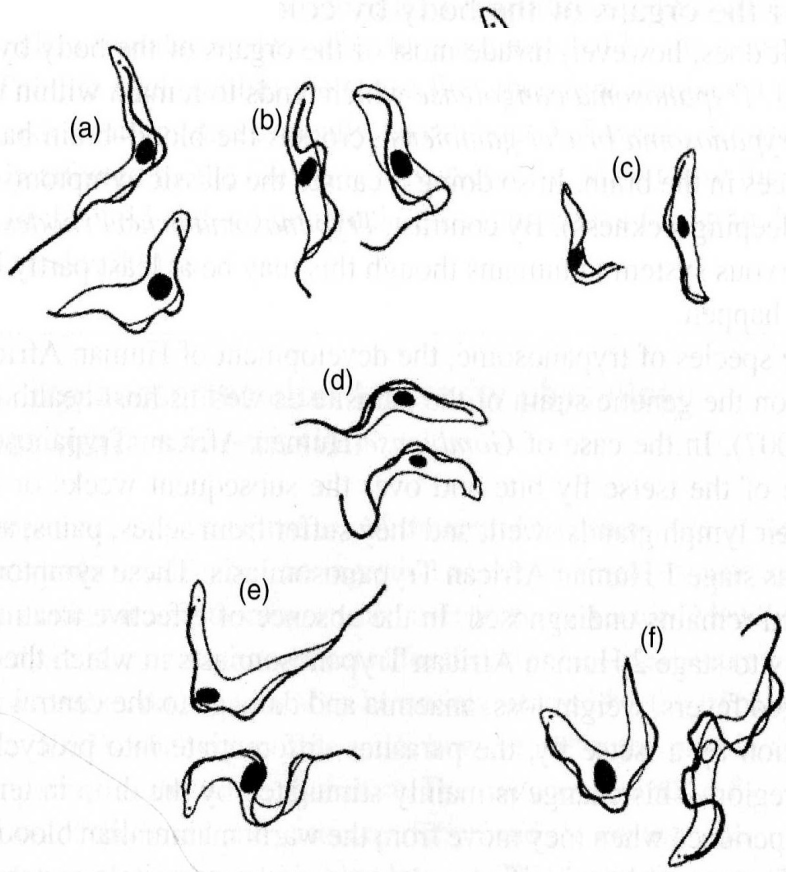
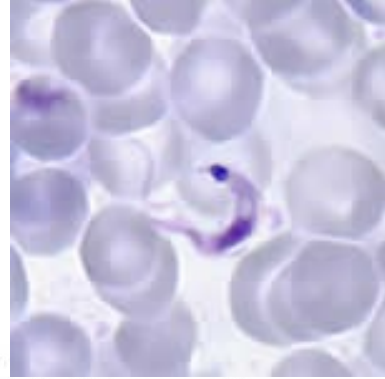


# Historie mikroskopické techniky

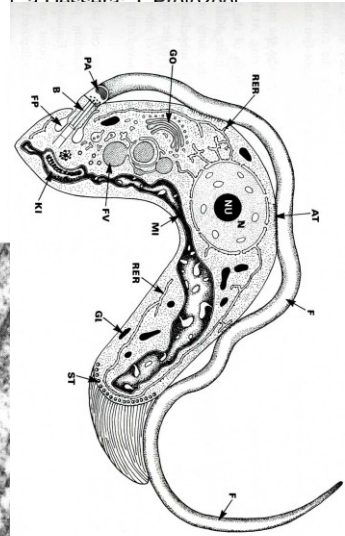




# Trypanosomatidea



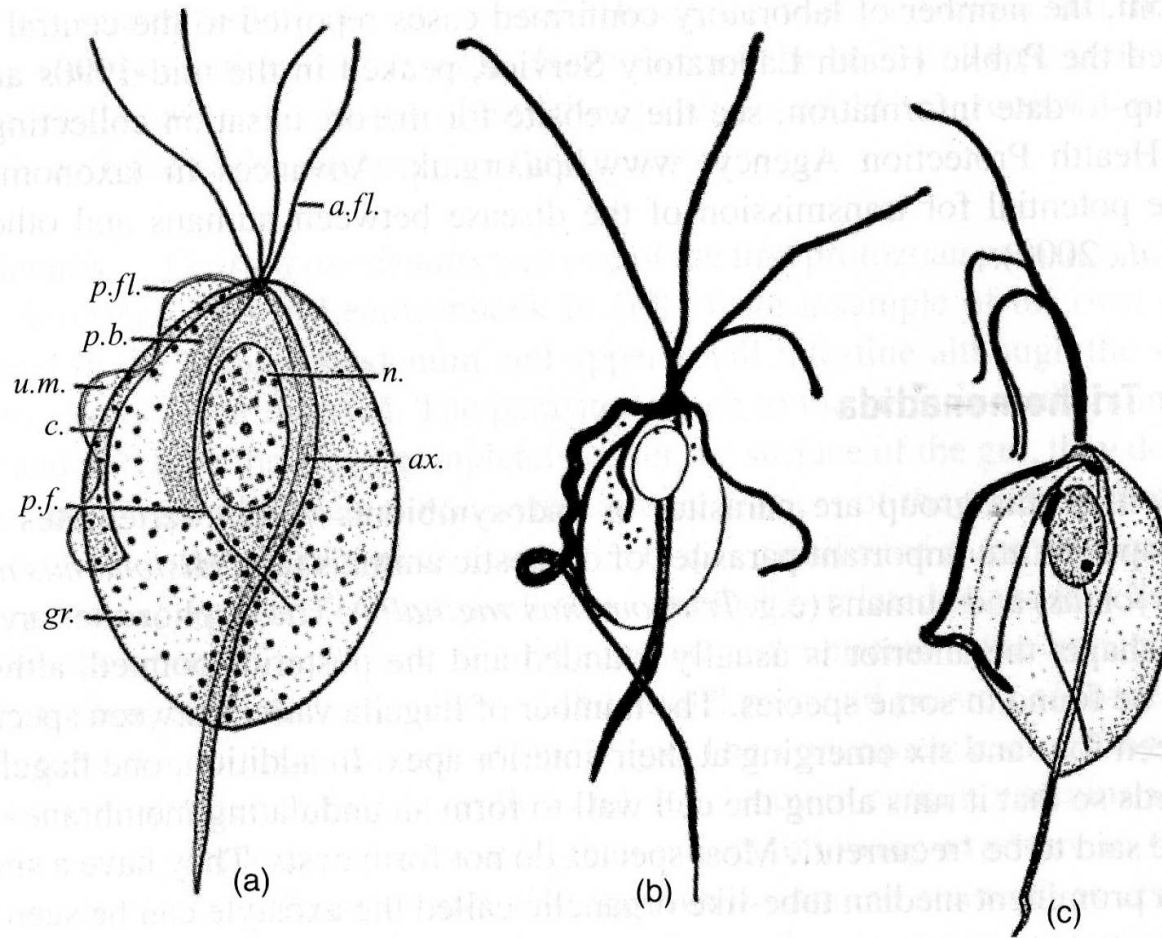
Obr. 56 Trypanosomatidea:  
**a** krevní formy *Trypanosoma brucei* mezi erythrocyty.  
**b** *Trypanosoma fallisi*.  
**c** schéma ultrastruktury *T. congolense*. **d** kinetoplast (kp) u *Blastocrithidia triatomae*. **e** rozprostřené kroužky kDNA kinetoplastu *Crithidia fasciculata*.  
 n = jádro, um = undulující membrána (b z Martina a Decega; J. Protzoel)



# Trypanosomy a červené krvinky - SEM



# Bičíkovci - heterokont



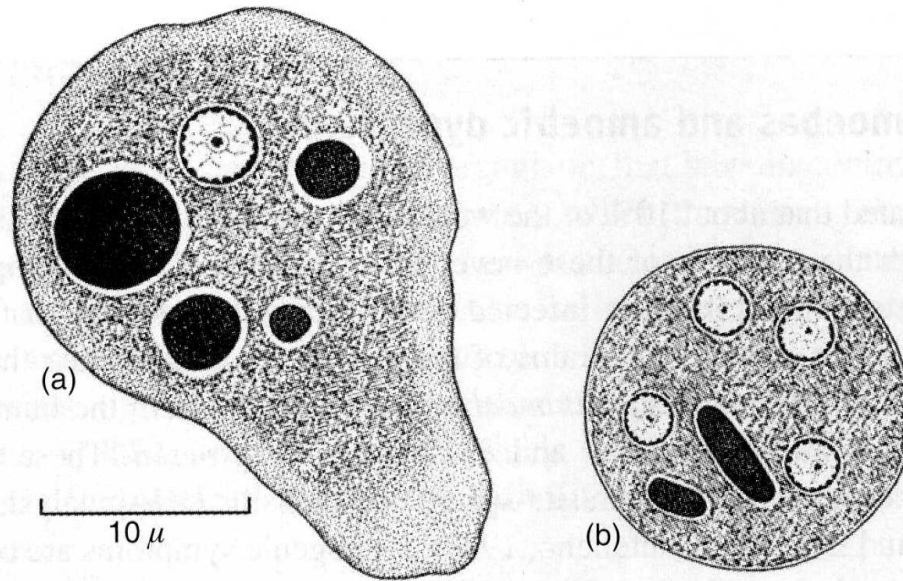


# Lokomoční organely

Tři typy lokomočních organel

- Pseudopodia
  - Bičíky (flagella)
  - Řasinky (cilie)
- 
- Undulipodia – flagella + cilie

# Améby - panožky

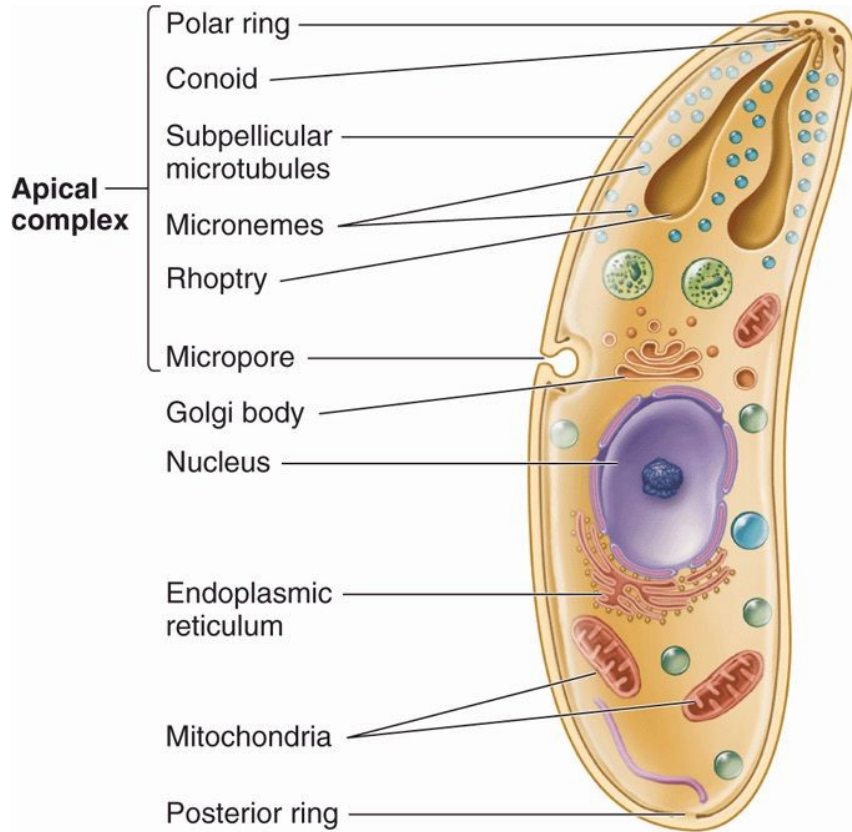


**Figure 2.1** *Entamoeba histolytica* trophozoite (a) and cyst (b). It can be difficult or impossible to distinguish the chromatoidal bodies in the cysts using light microscopy and their nuclear structure may be lost after prolonged storage. Source: Chandler and Read, 1961

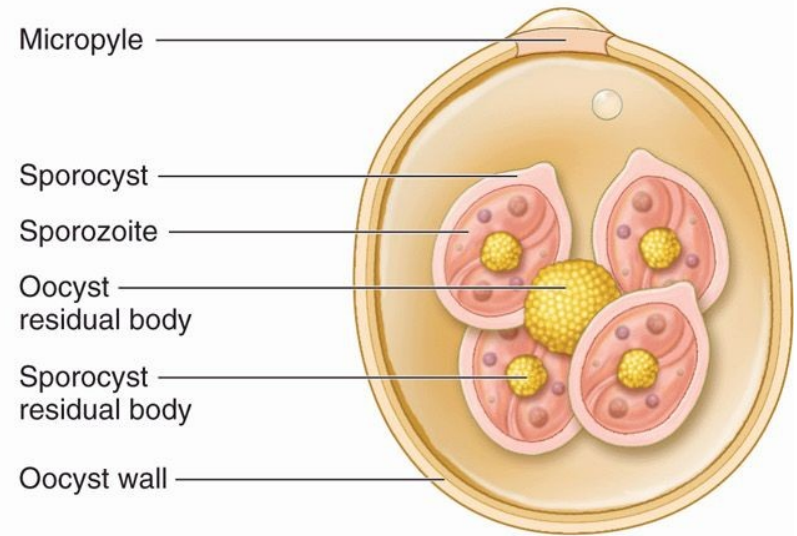
# Panožky -pseudopodia

- Améby – dočasné struktury pohybu a příjmu potravy
  - Lobopodie
  - Filopodie
  - Rhizopodie
  - Axopodie
- Améby limax (Limax)

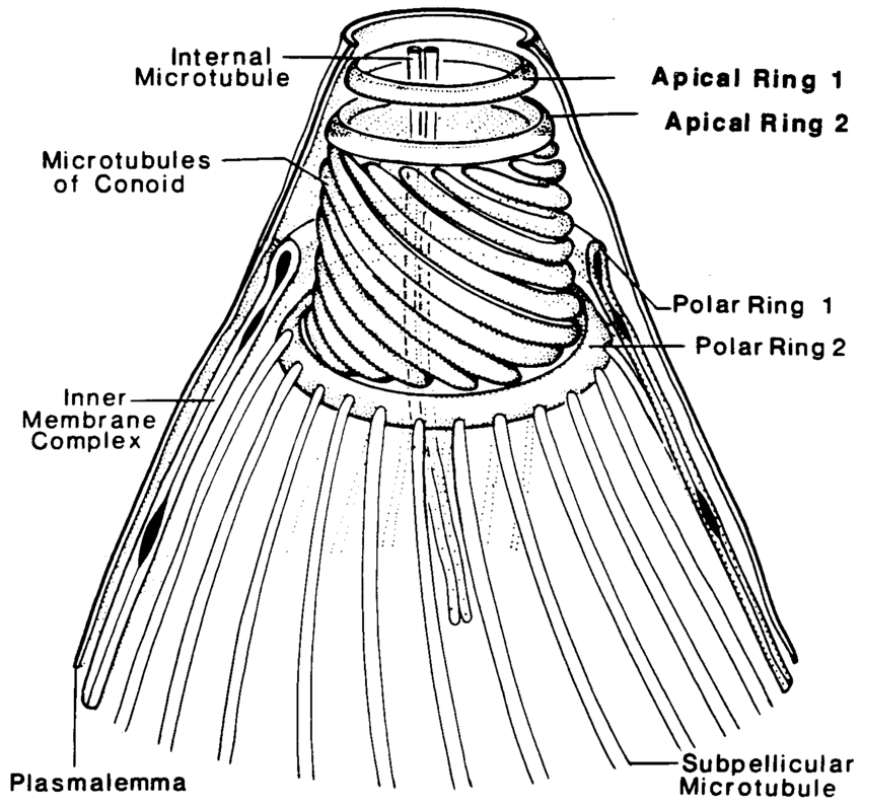
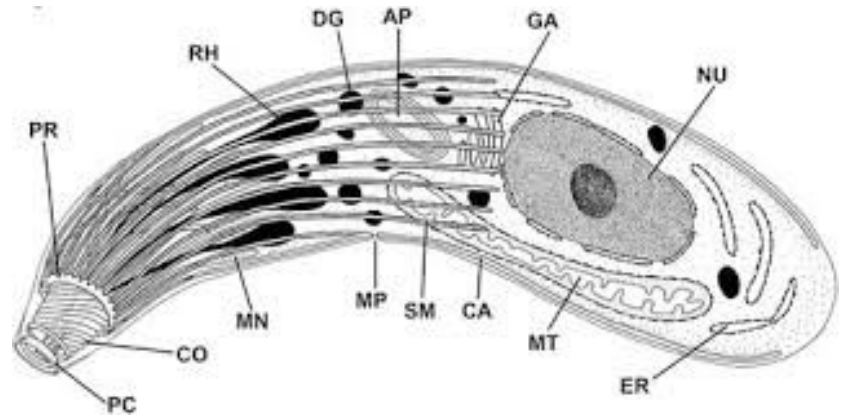
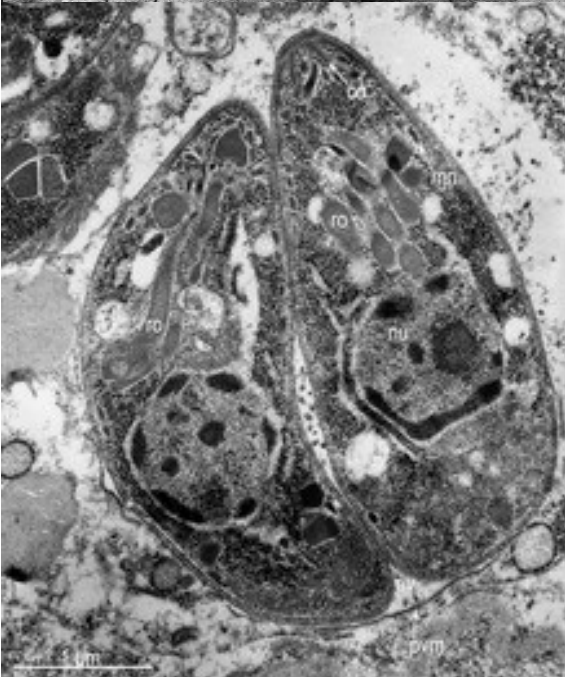
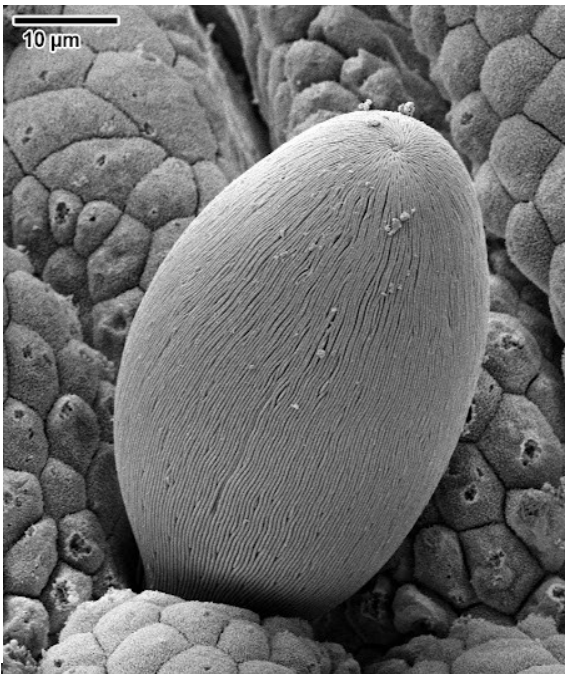
# Apicomplexa - sporozoit



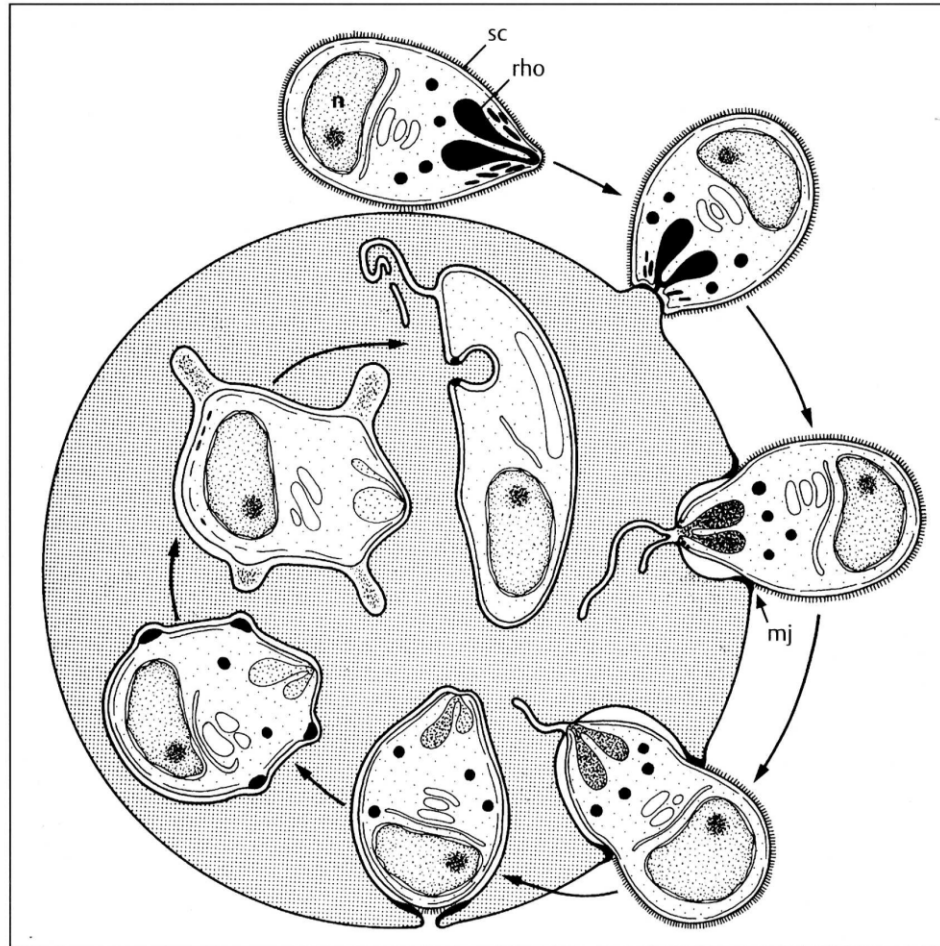
(a) Merozoite



(b) Oocyst



# Schéma průniku sporozoita do hostitelské buňky



Obr. 94 Haematozoa: Haemosporida, schematické znázornění změn v merozoitu *Plasmodium knowlesi* při průniku do hostitelské buňky. mj = pohyblivý buněčný spoj posouvající se zpět po invadujícím sporozoitu; n = jádro, rho = roptrie v různých stádiích vyprazdňování, sc = buněčný povlak (převzato z Bannistera).

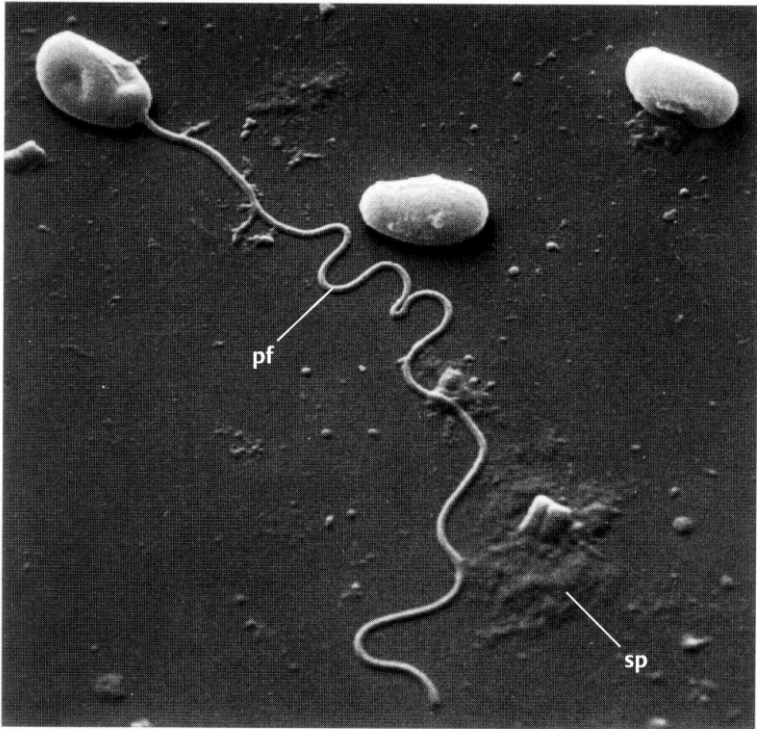
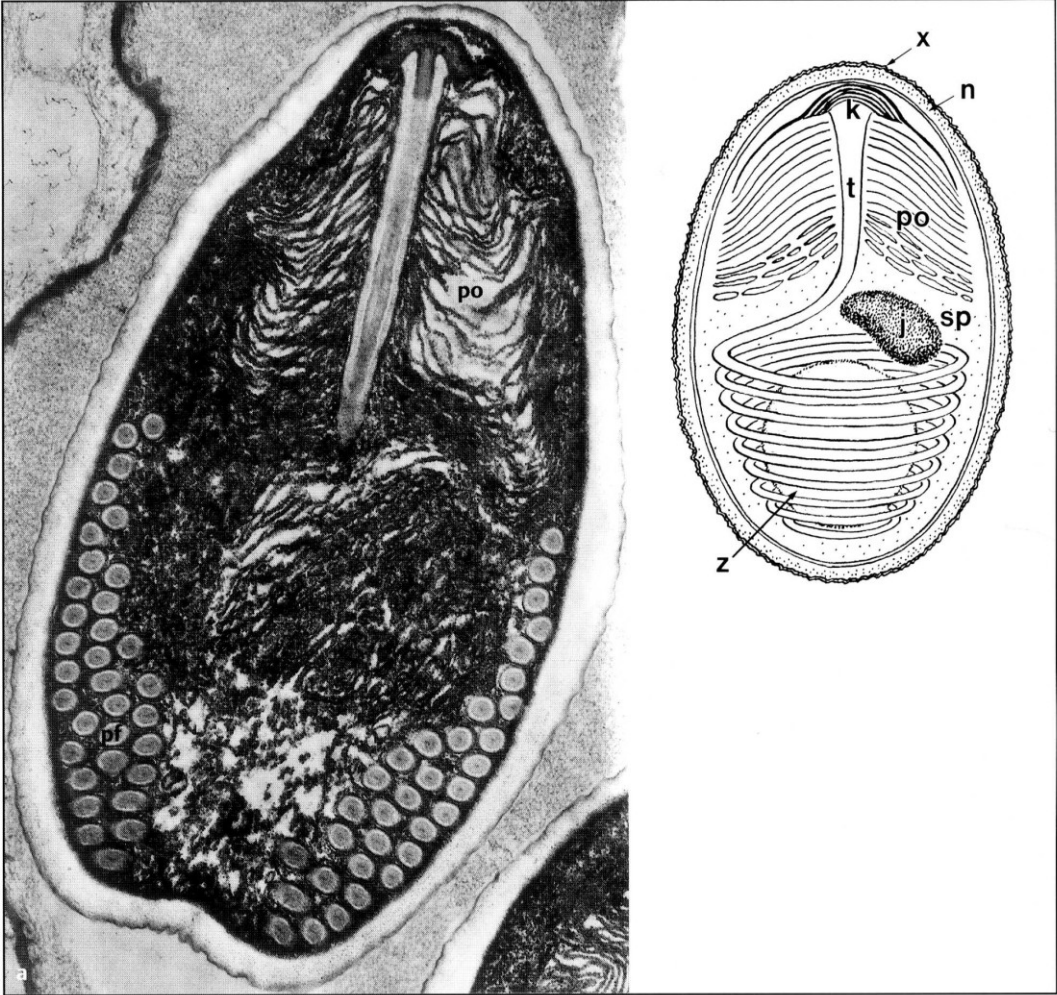


# Sporozoit pronikající do buňky



Obr. 86 Apicomplexa: sporozoit *Toxoplasma gondii* při invazi hostitelské buňky (z Nicholse a O'Connora: Lab. Invest. 44: 324, 1981). Zvětš. 20 000x.

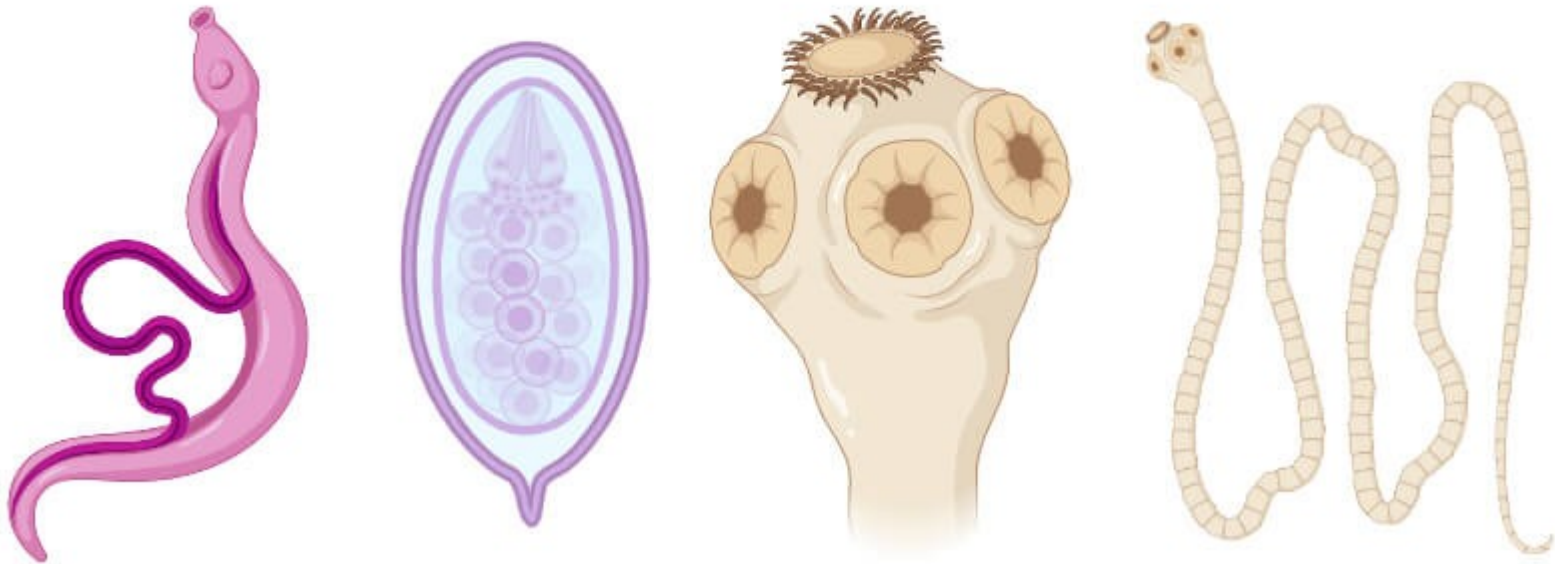
# Mikrosporidia – průnik do hostitelské buňky





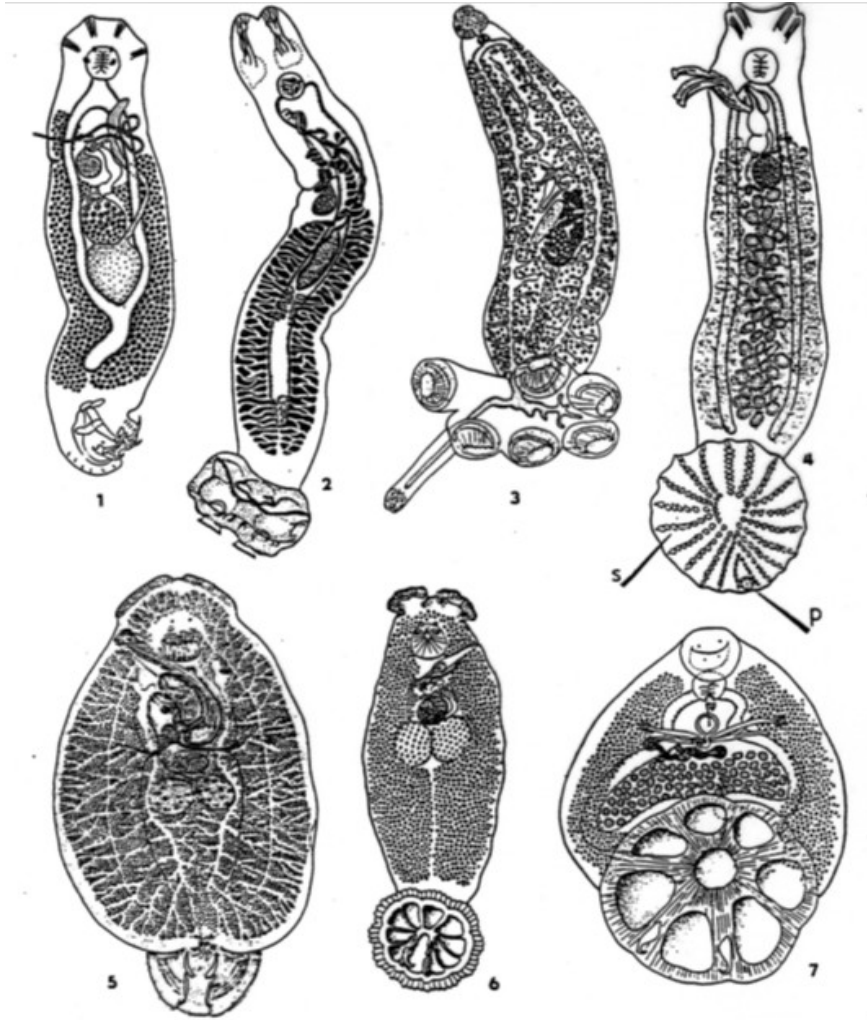
# Adaptace morfologické

## Parasitic adaptation of flatworms and diseases caused by flatworm

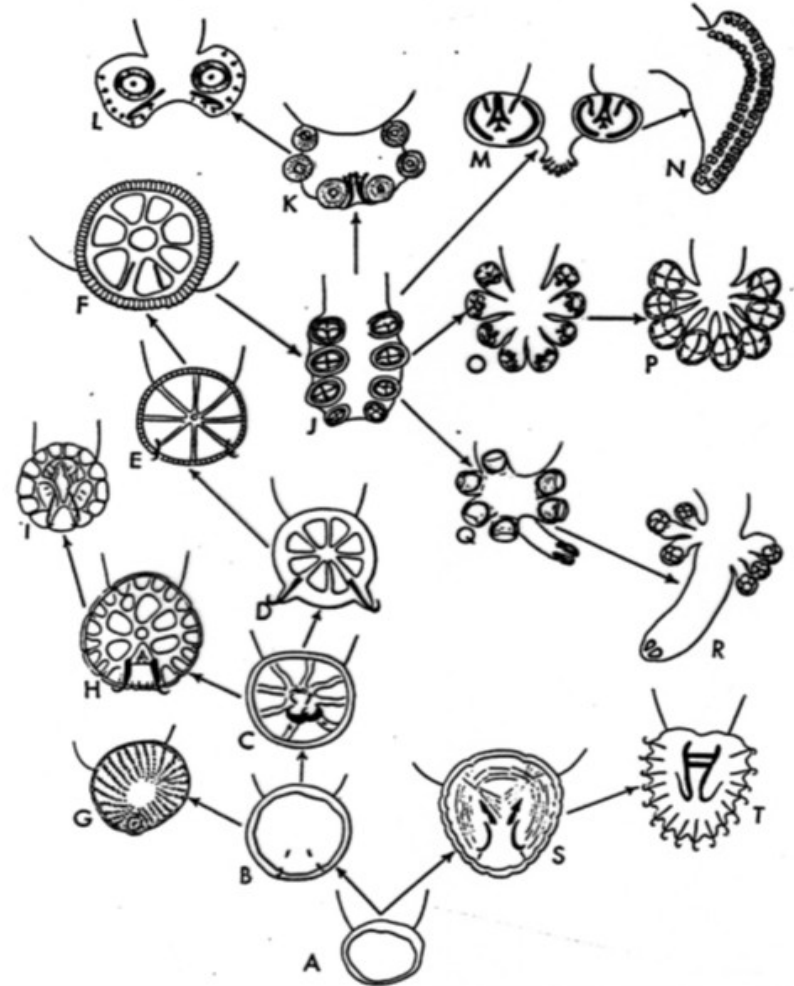


# Morfologická rozmanitost

## Typy opisthaptoru



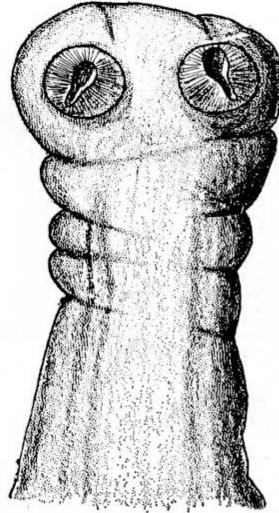
## Evoluce opisthaptoru



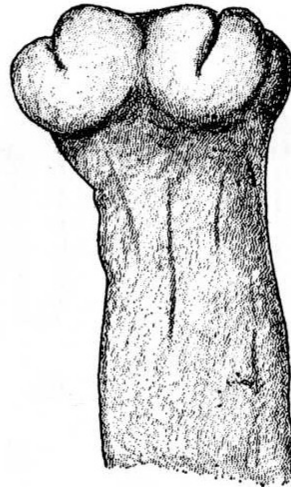
# Typy scolexů tasemnic



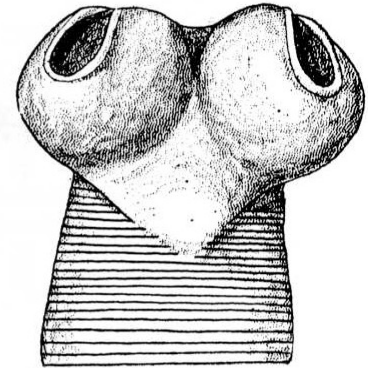
A



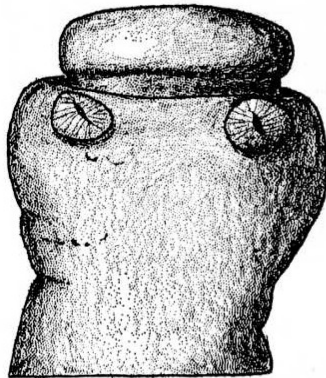
B



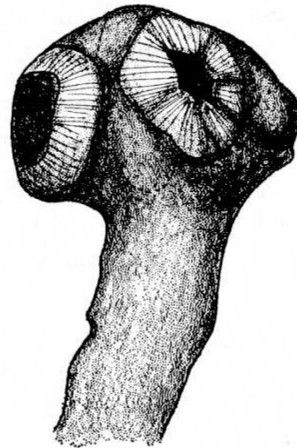
C



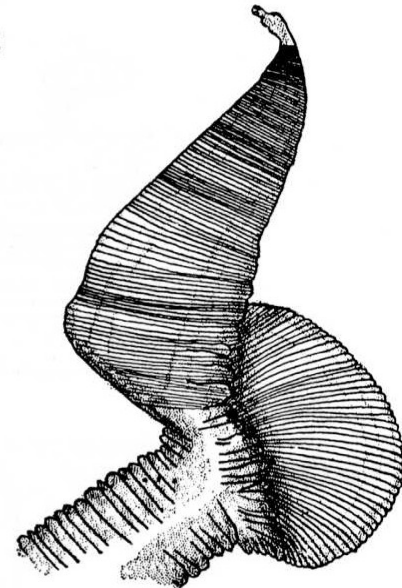
D



E

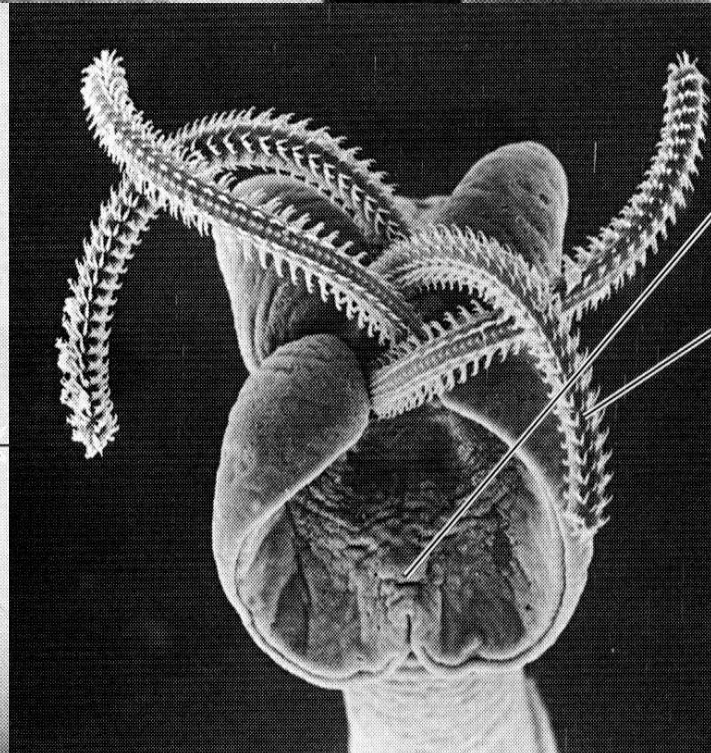
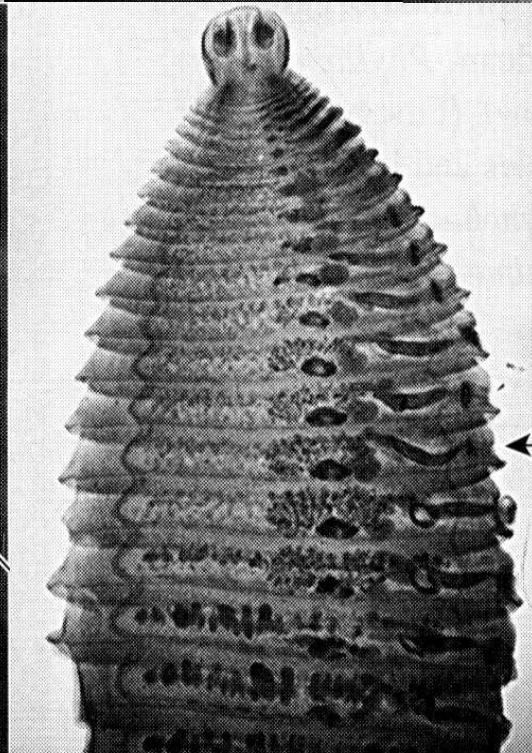
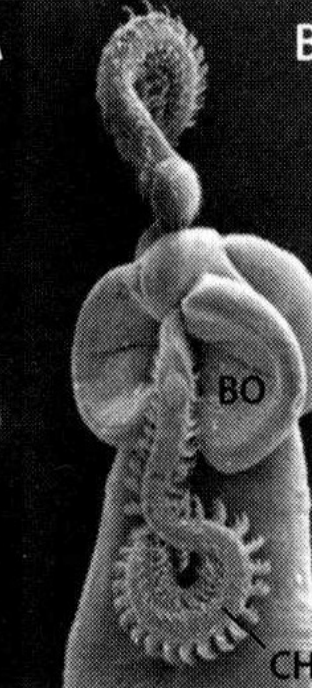
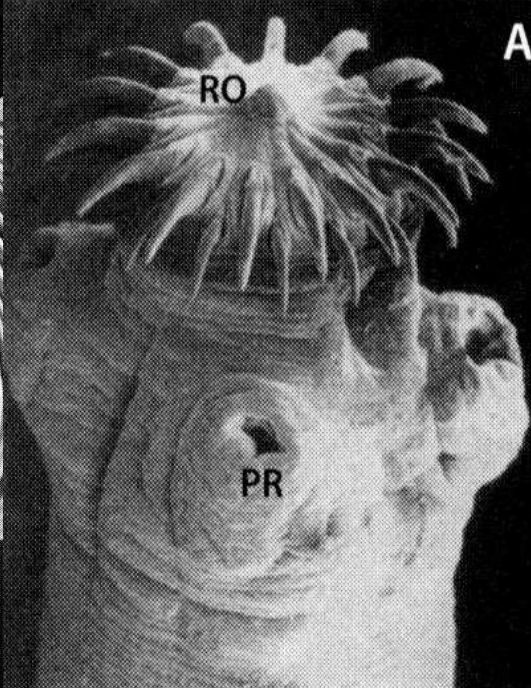


F



G





# Morfologické typy motolic

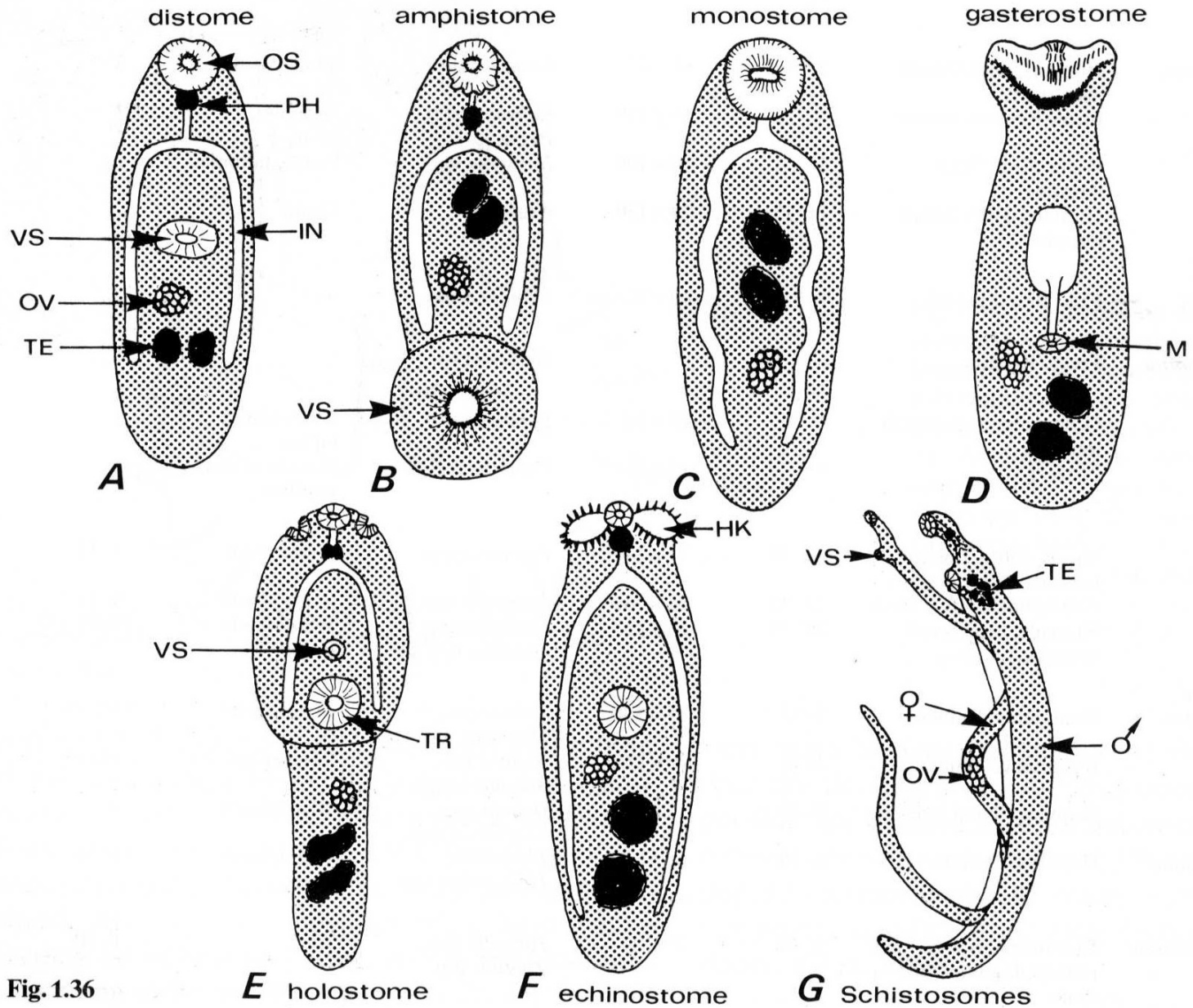
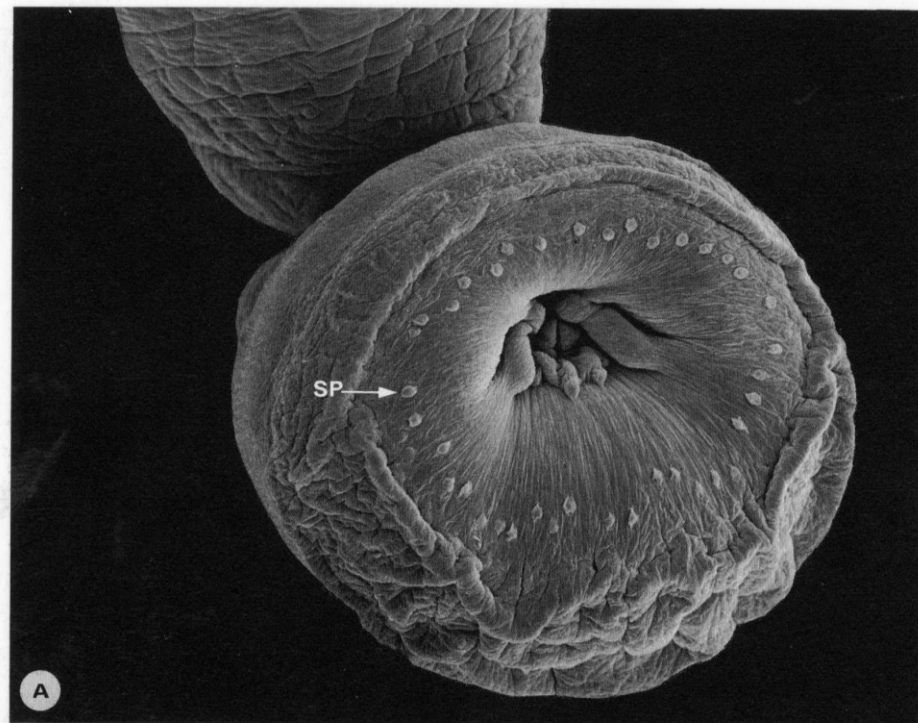
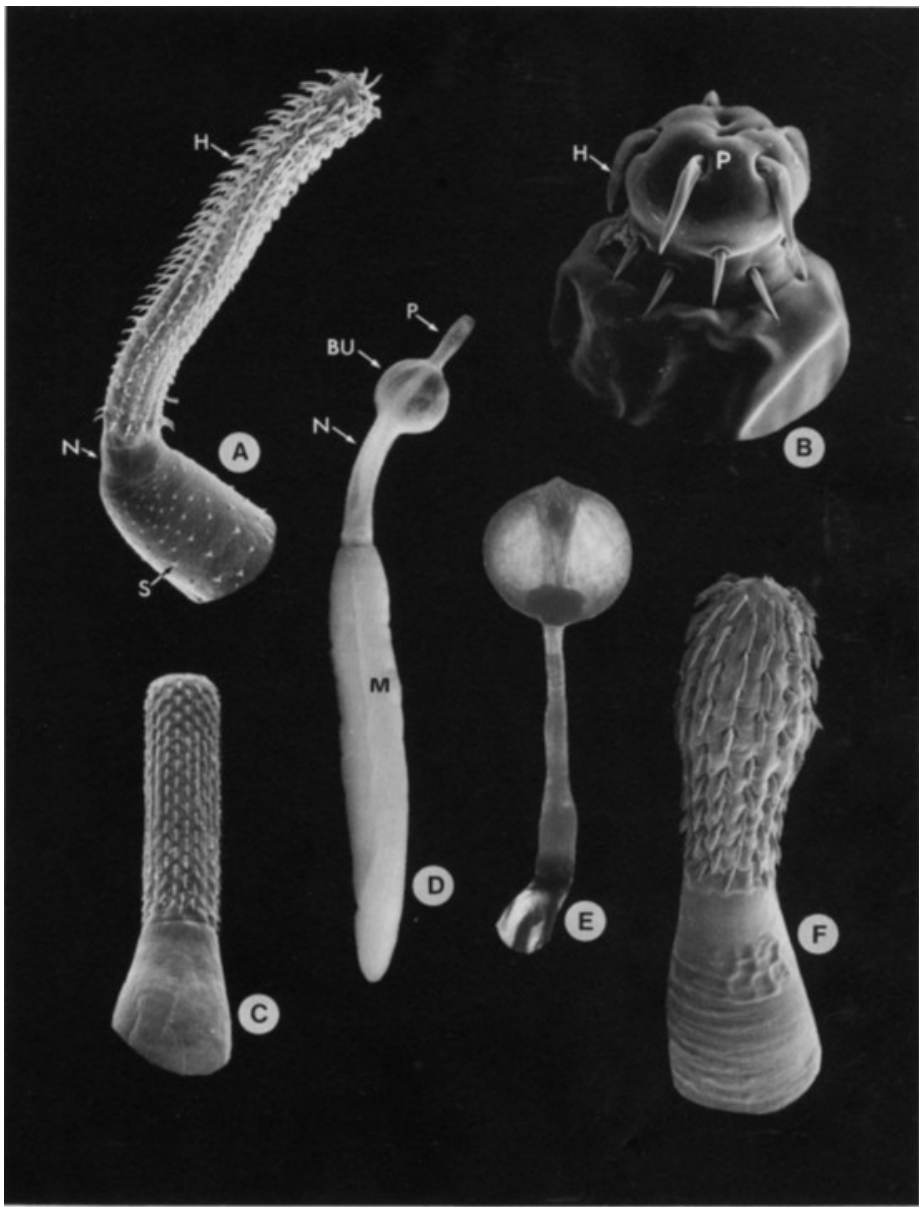


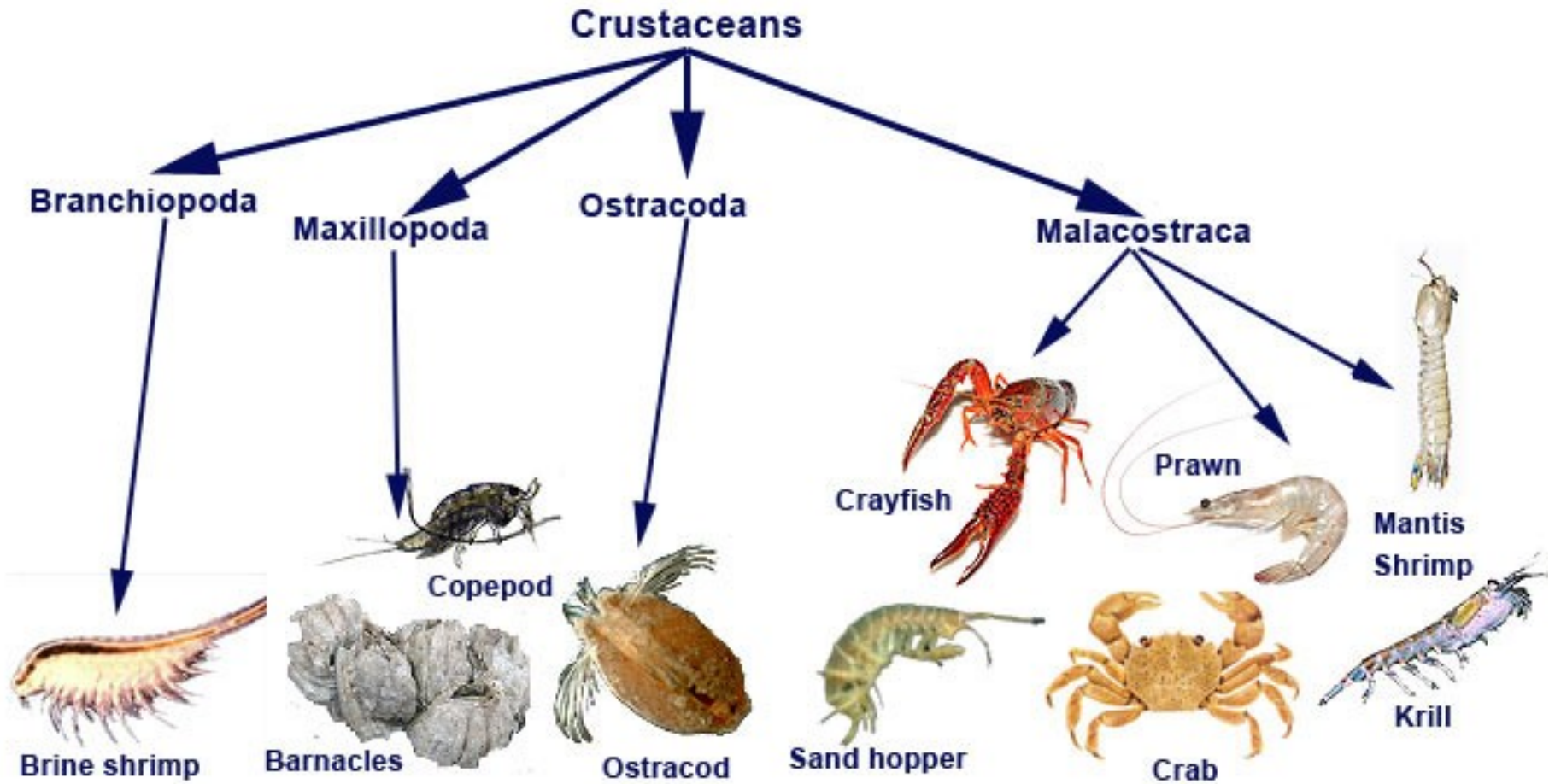
Fig. 1.36

# SEM - Acanthocephala

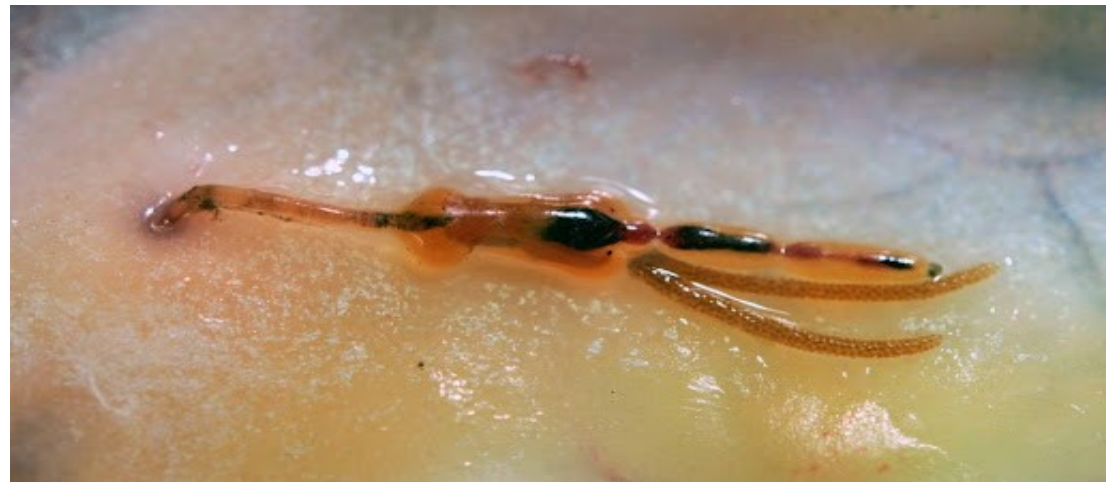
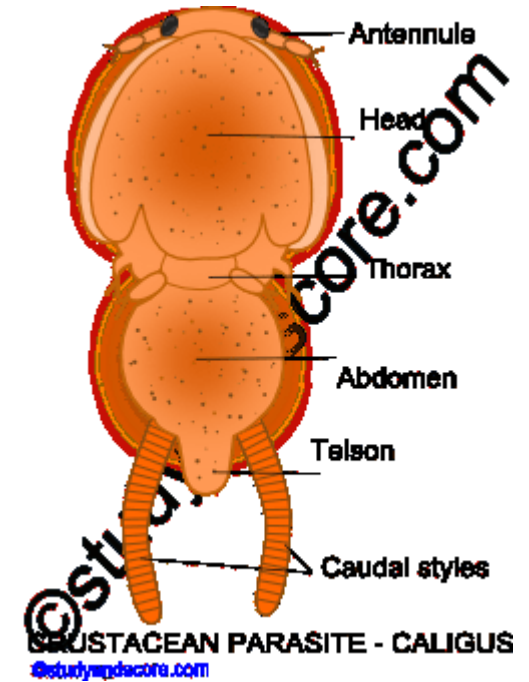
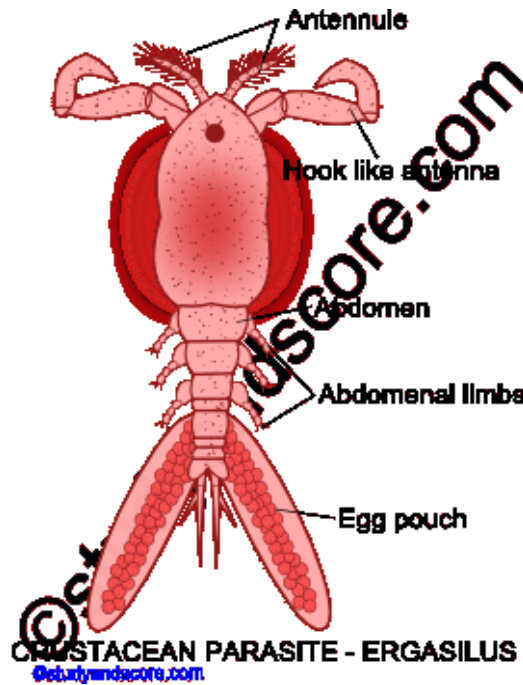
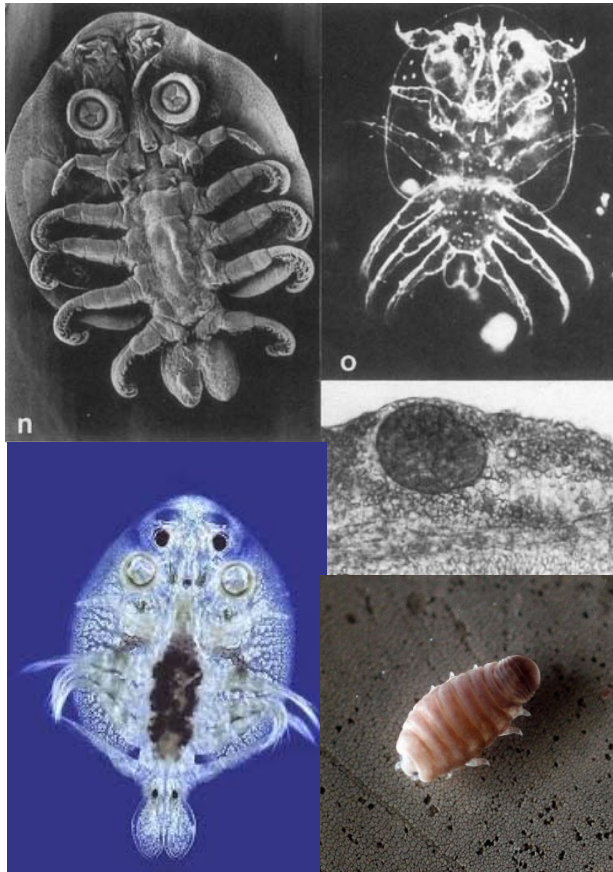
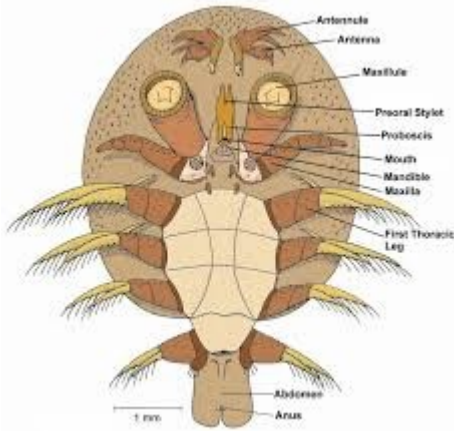




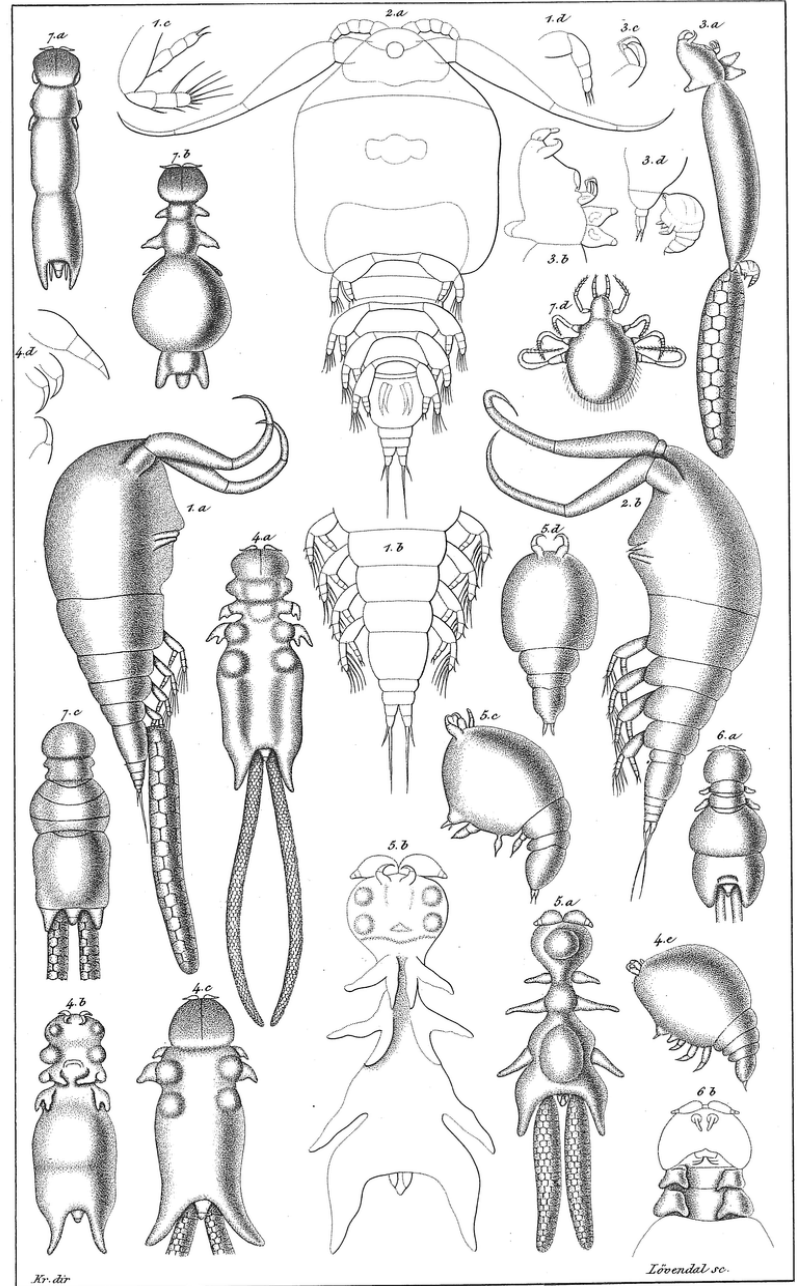
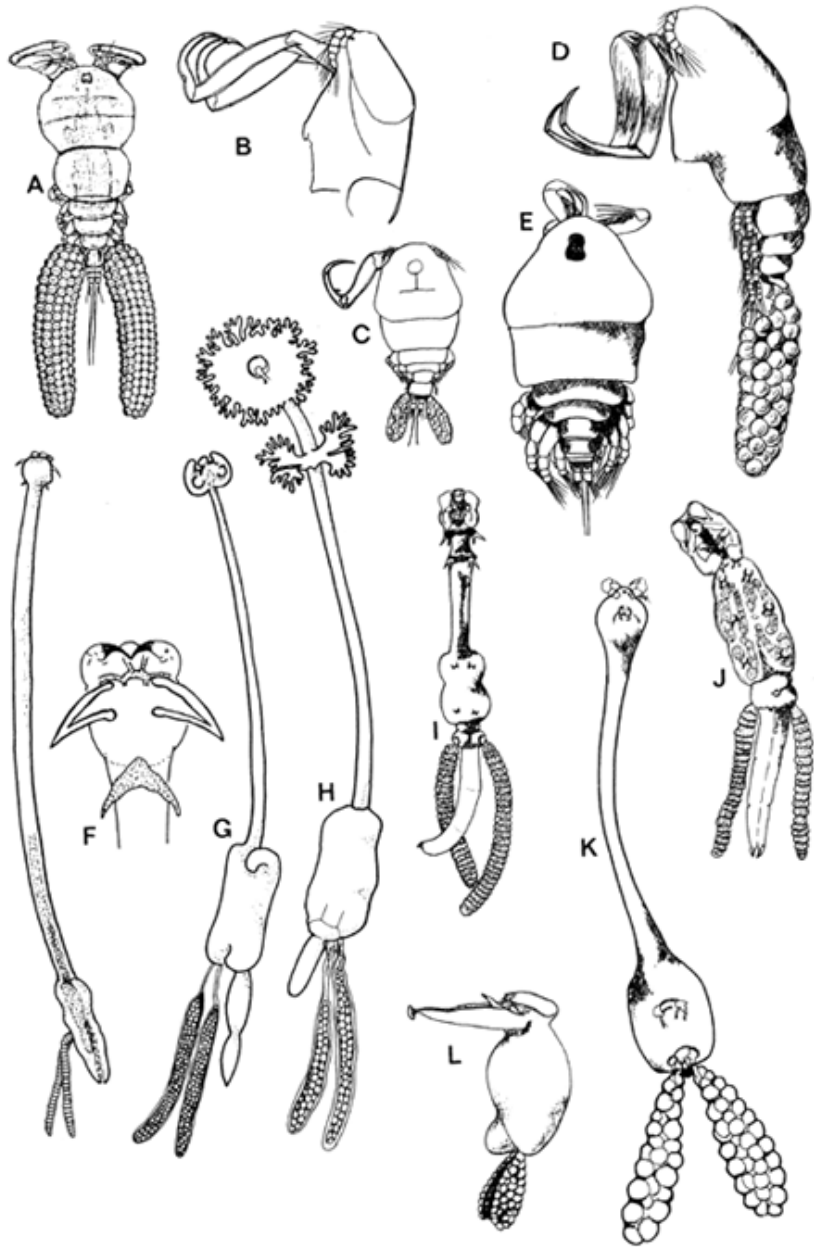
# Parazitičtí korýši – obrovská rozmanitost

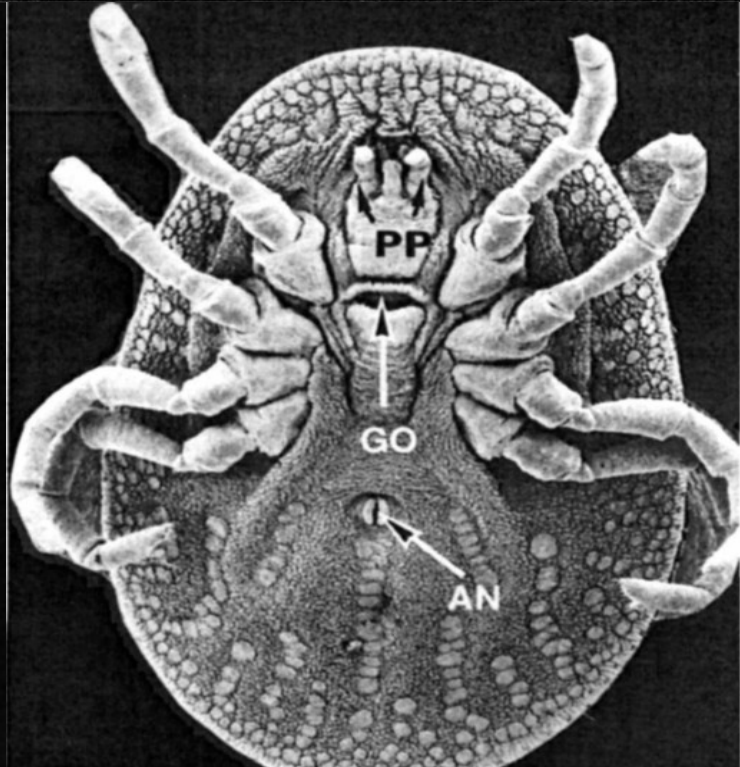
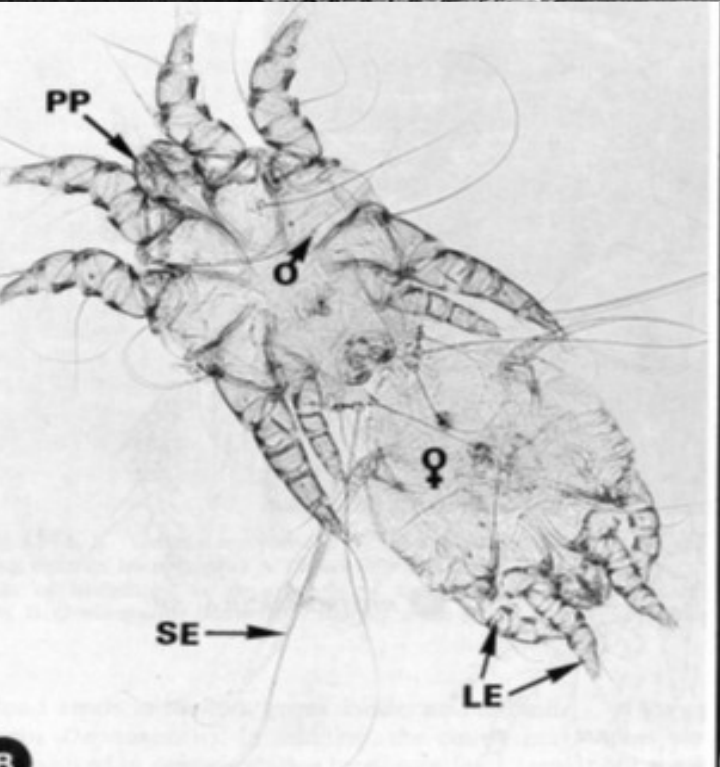
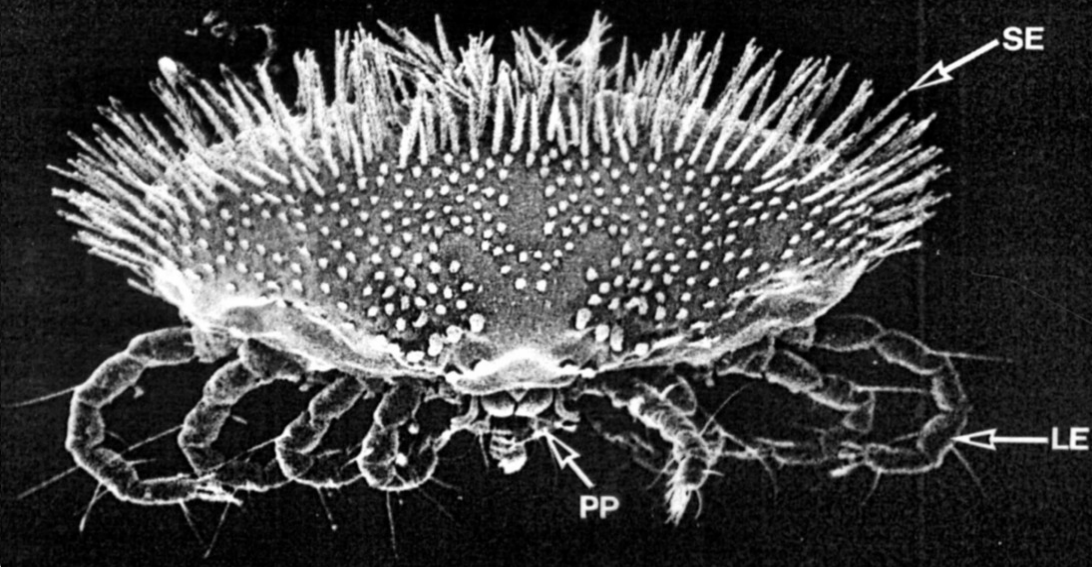
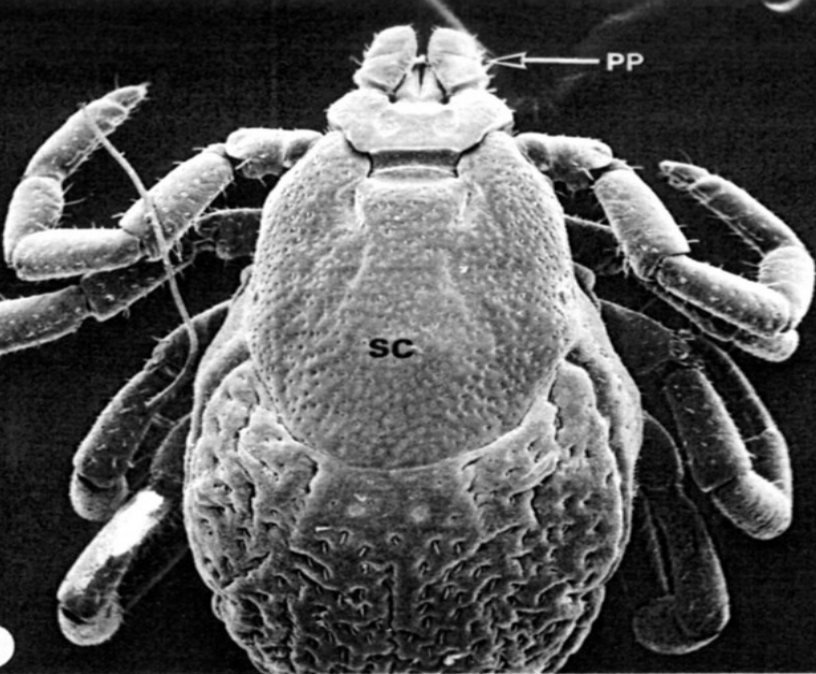


# Parazitiční koryši

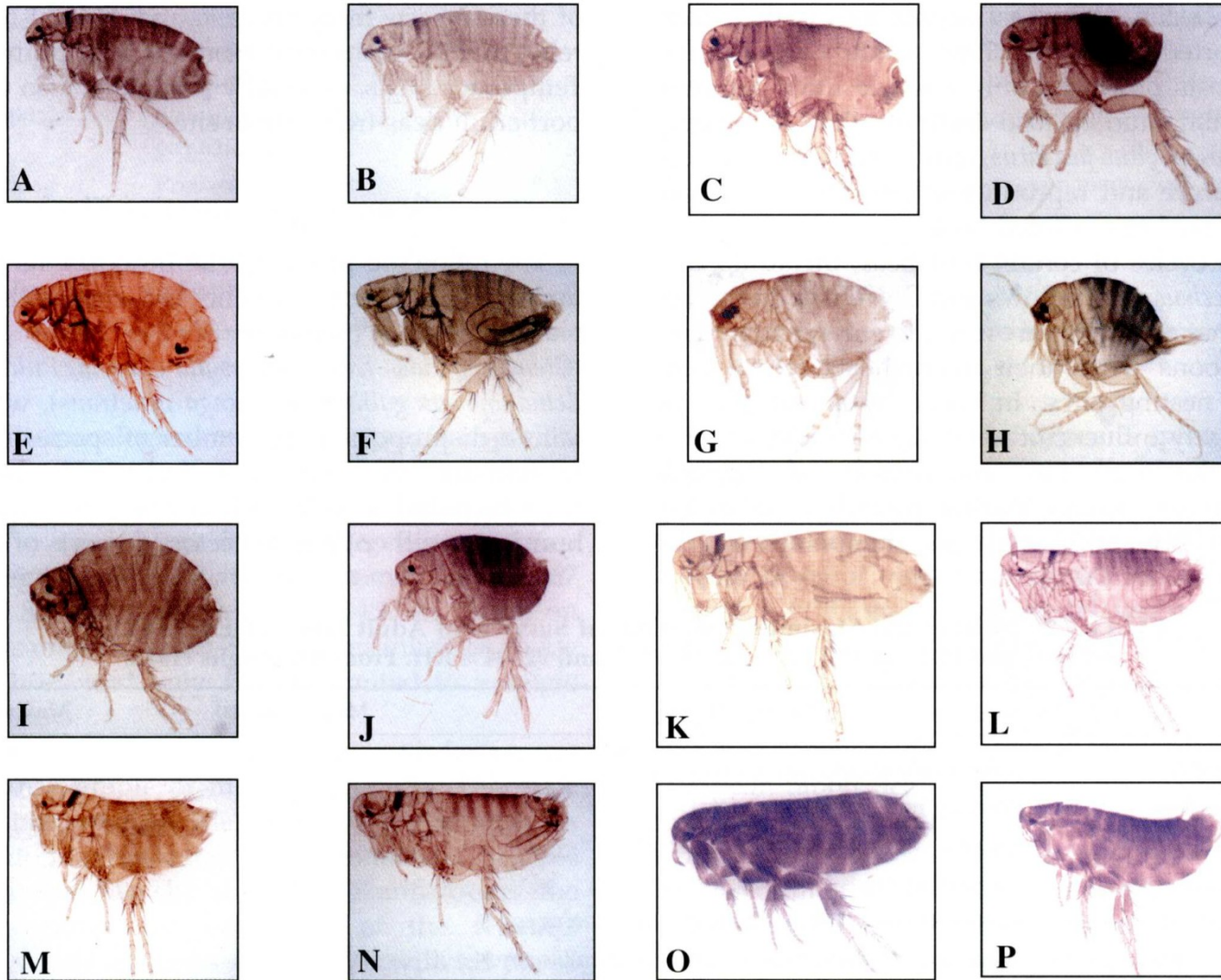






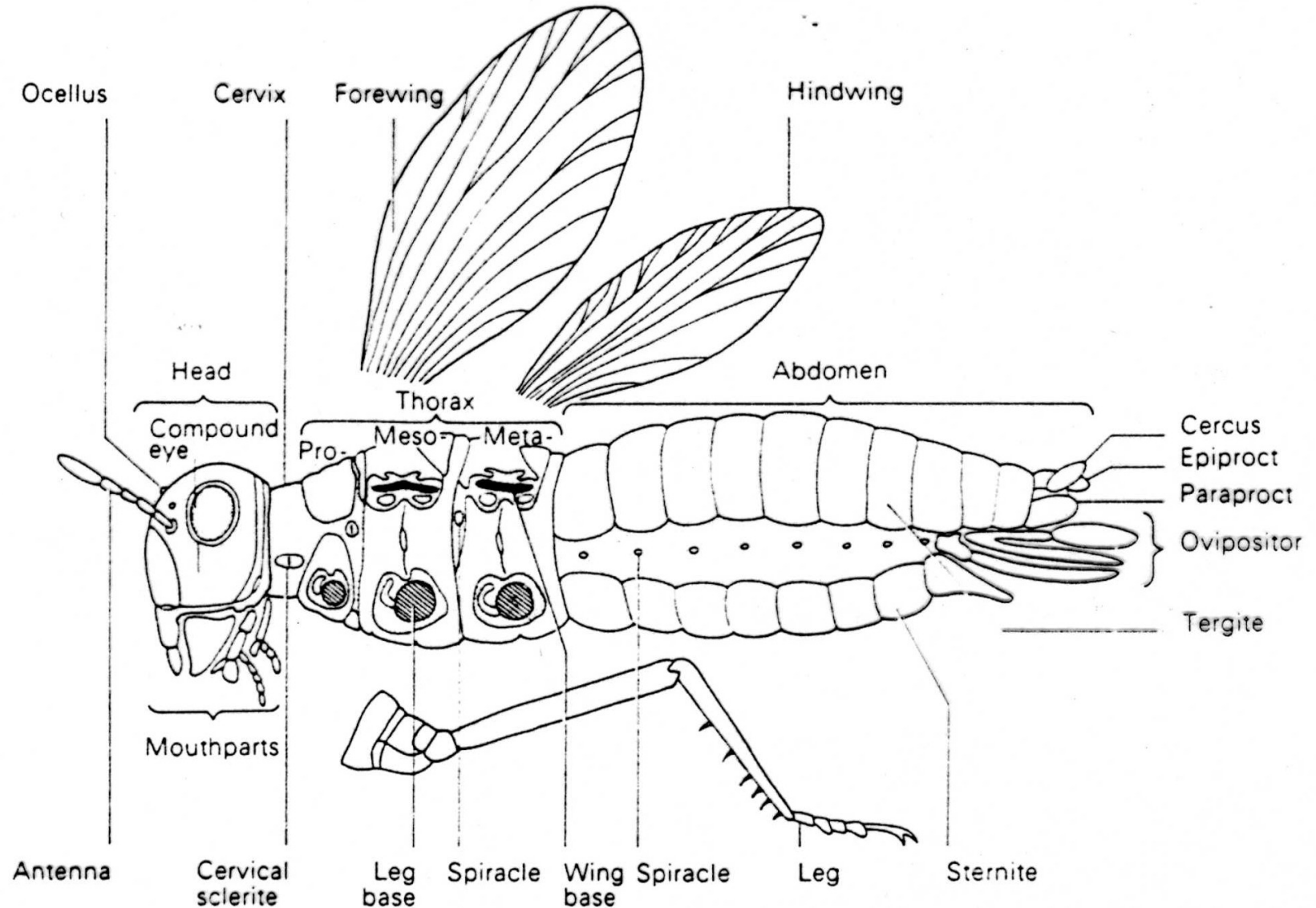


# Rozmanitost členovců - blechy



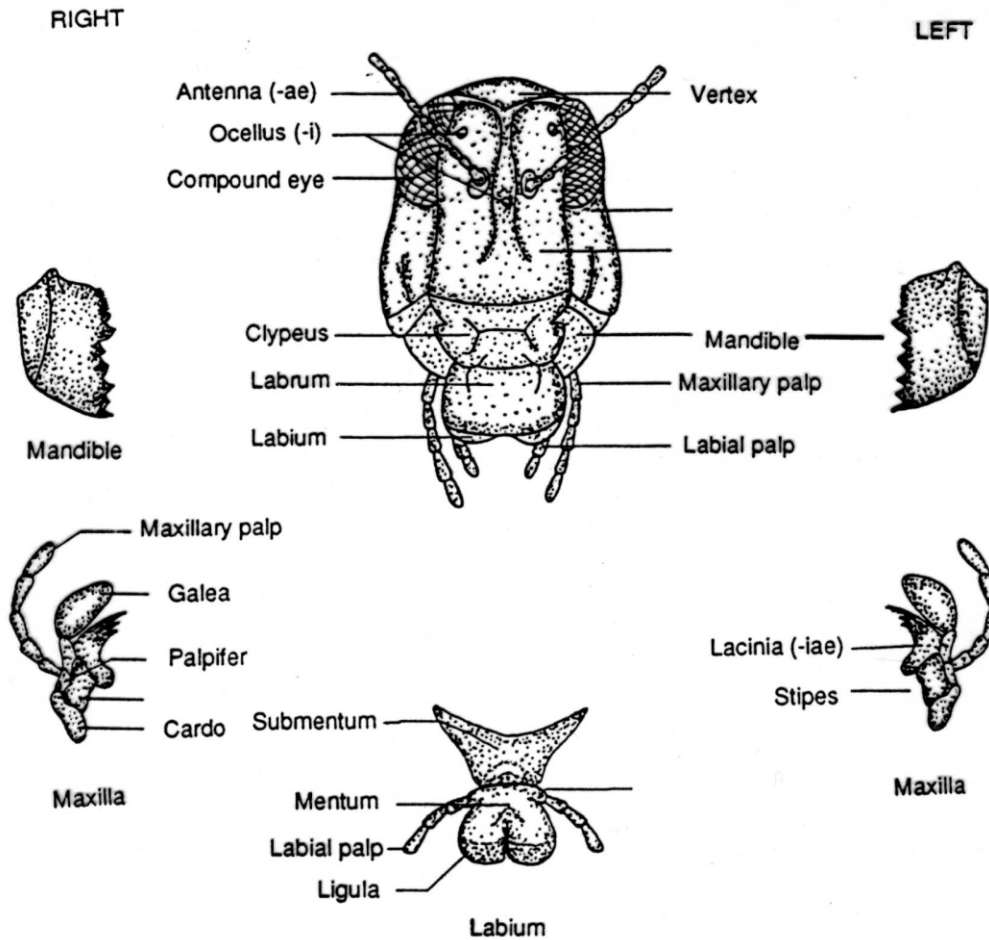
**FIGURE 7.6** Common fleas: *Ctenocephalides felis* female (A) and male (B); *Pulex irritans* female (C) and male (D); *Xenopsylla cheopis* female (E) and male (F); *Tunga penetrans* male (G) and female (H); *Echidnophaga gallinacea* female (I) and male (J); *Oropsylla montana* female (K) and male (L); *Nosopsyllus fasciatus* female (M) and male (N); *Ceratophyllus gallinae* female (O) and male (P).

# Externí anatomie hmyzu

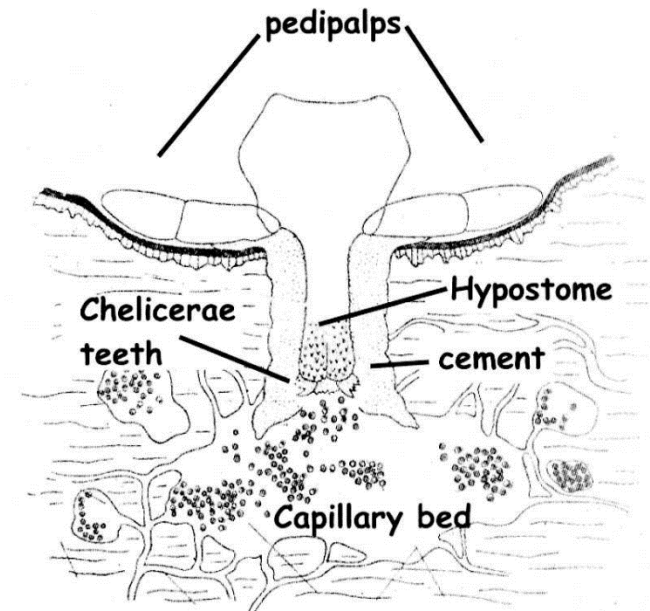
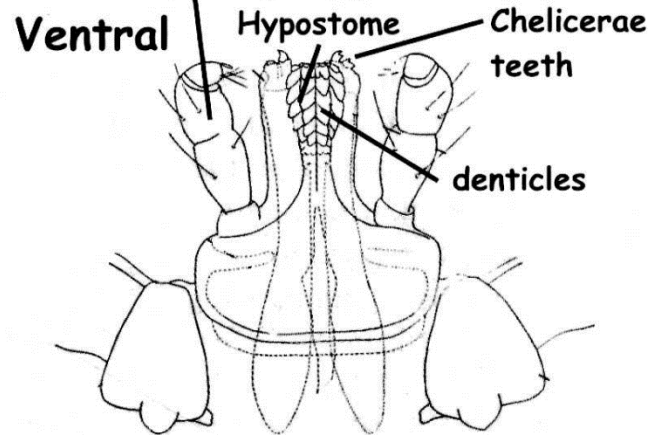
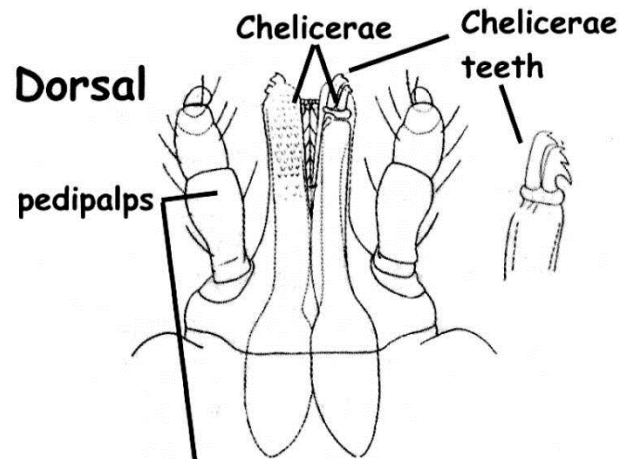
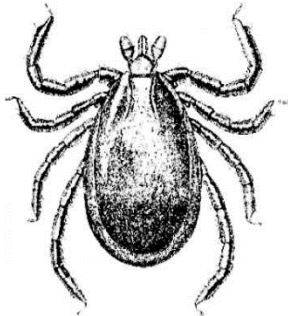
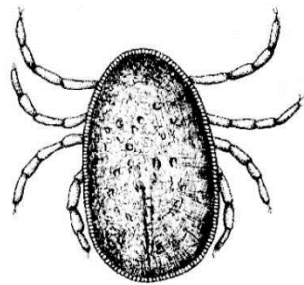




# Ústní ústrojí – adaptace k parazitismu



# Morfologie ústního ústrojí Ixodidae



Anticoagulants Apyrase,  $PGE_2$ , kininase,  
6-keto-PGF $_{2\alpha}$ , americanin

Vasodilators - prostaglandins  
 $PGE_2$  and PGF $_{2\alpha}$  and PGI $_2$ ,  
dipeptidyl carboxypeptidases

Immunomodulator-  $PGE_2$ , PGF $_{2\alpha}$  and PGI $_2$ ,  
IL-2 binding factor,  
Anti-complement protein

Anesthetic ?

# CHARACTERS AND MORPHOLOGY

- ❖ Ticks are characterised by leathery integument
- ❖ Body of ticks divided into 2 regions:

1. Gnathosoma  
or  
Capitulum

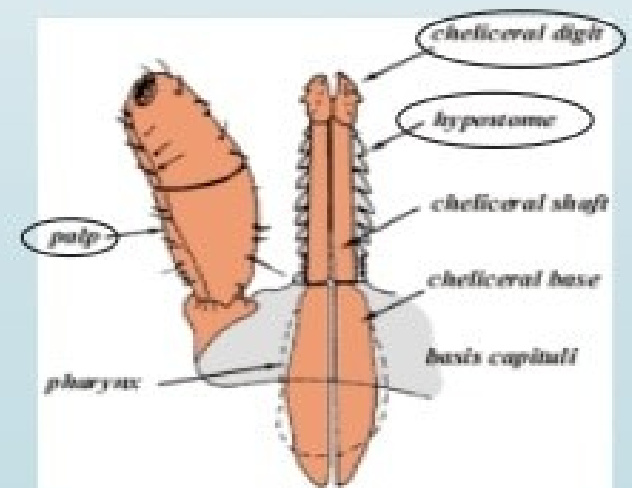
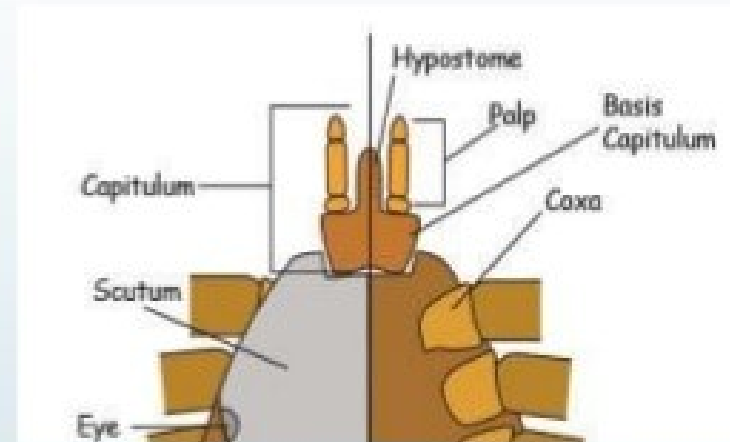
2. Body proper

- ❖ Mouth parts bears three types of structures:

1- A pair of chelicerae

2- Hypostome

3- A pair of pedipalps



# Adaptace související s nasátím klíštěte

Adult

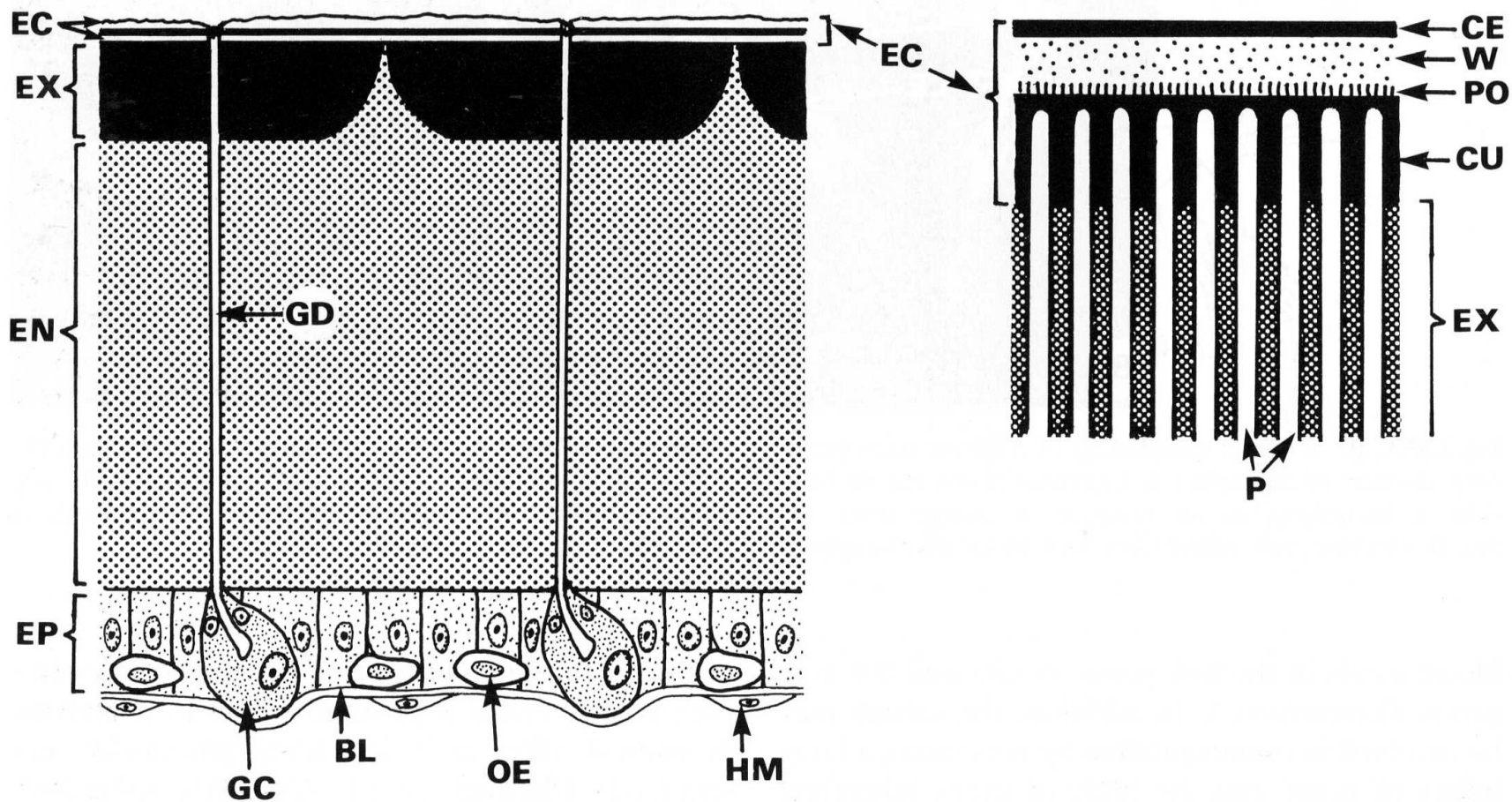


Engorged  
adult after  
a blood meal





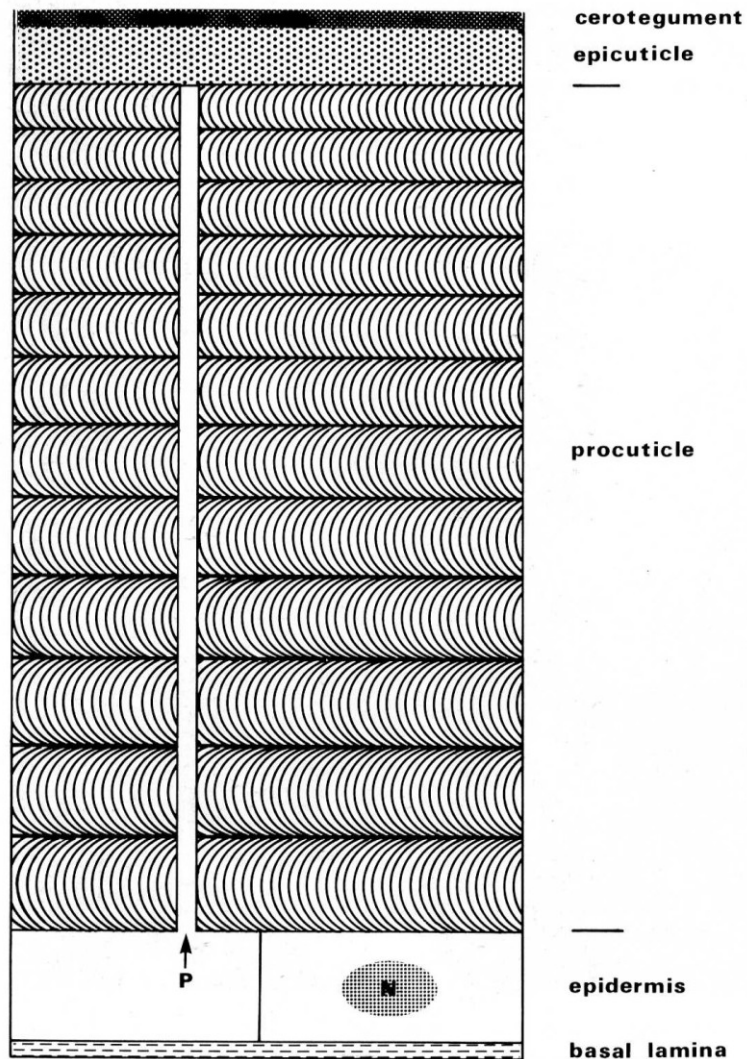
# Stavba kutikuly



**Fig.3.56.** Diagrammatic representation of a typical insect cuticle. *BL*, Basal lamina; *CE*, cement layer; *CU*, cuticulin layer; *EC*, epicuticle; *EN*, endocuticle; *EP*, epidermis;

*EX*, exocuticle; *GC*, gland cell; *GD*, gland ductus; *HM*, hemocyte; *OE*, oenocyte; *P*, pore canal; *PO*, polyphe-nol layer; *W*, wax layer

# Stavba kutikuly klíštěte



**Fig.3.52.** Diagrammatic representation of the acarine cuticle. *N*, Nucleus; *P*, pore canal

# Zástupci roztočů

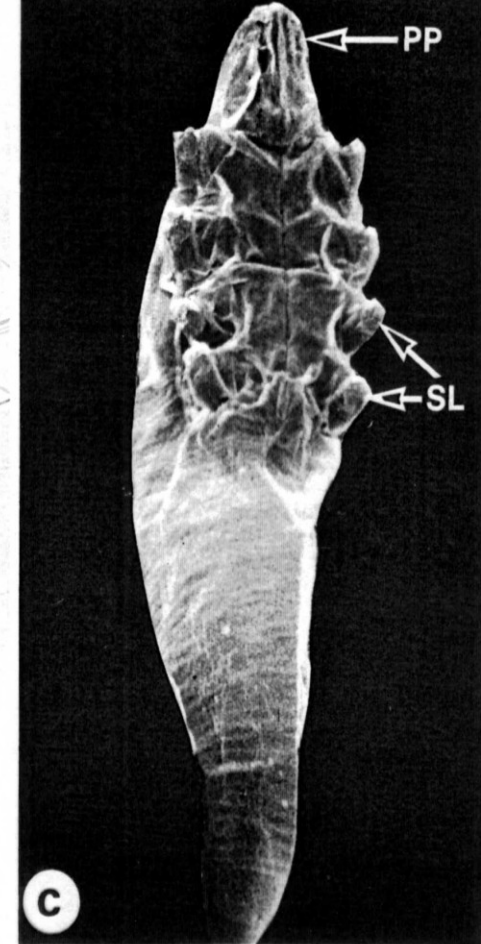
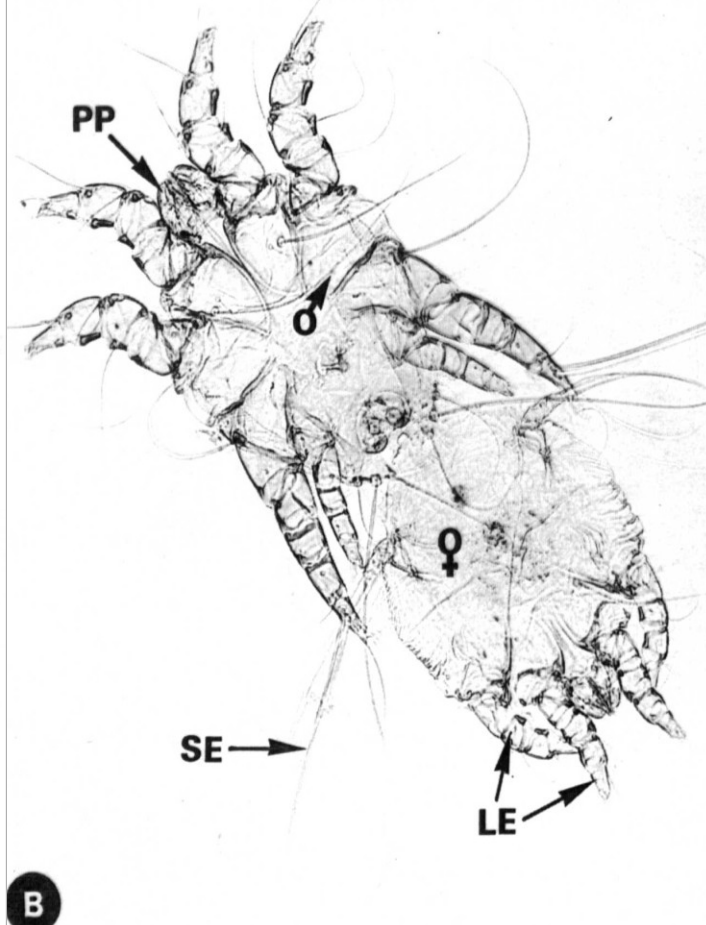
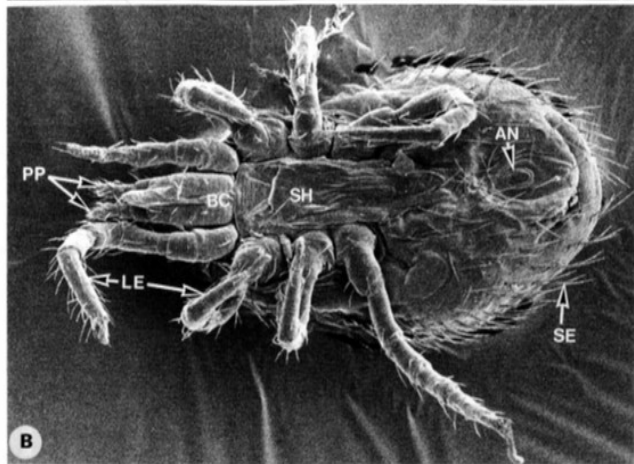
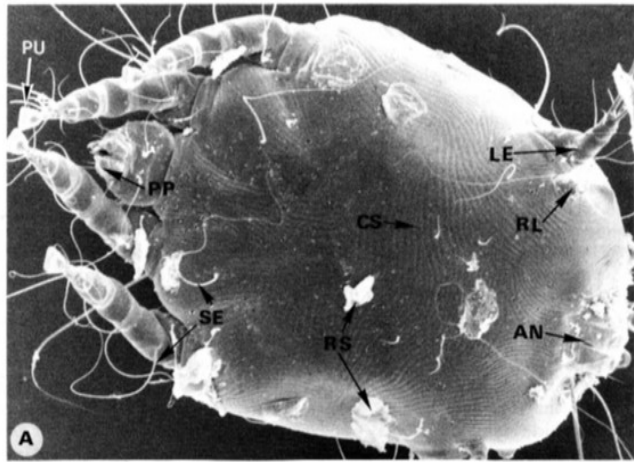


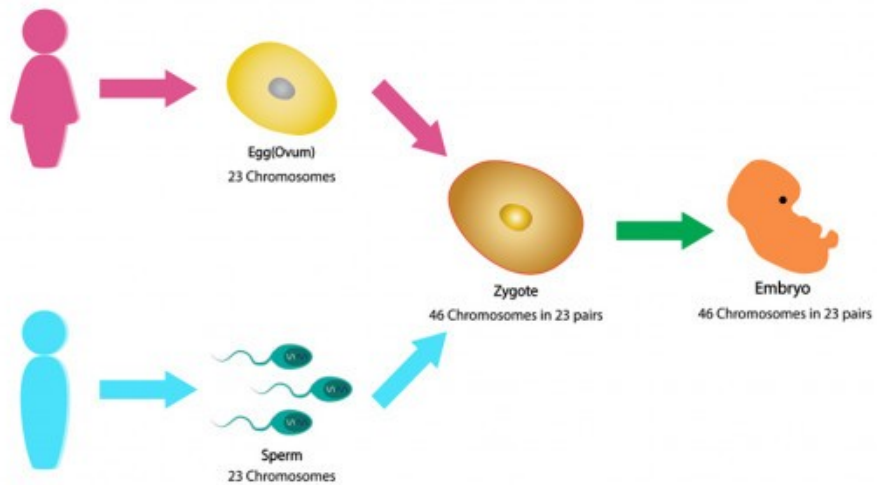
Fig. 3.53A-C. External morphology of mites **A** *Pterygosoma p.* from skin of reptiles (SEM  $\times 85$ ). **B** *Caparinia tripilis* from skin of hedgehog in copulation (light micrograph  $\times 90$ ). **C** *Demodex folliculorum* from hair follicles of man (SEM  $\times 600$ ). *LE*, Legs; *PP*, pedipalps; *SE*, setae; *SL*, stumpy legs

# Adaptace biologické

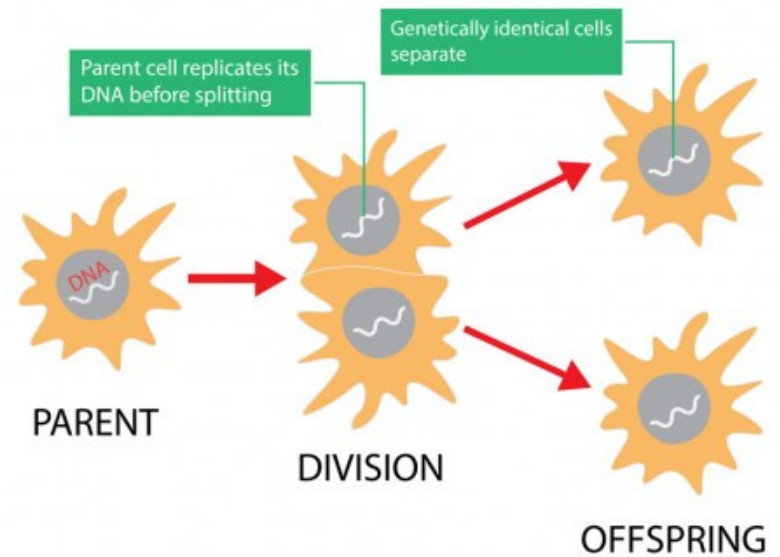
- Vysoký reprodukční potenciál
- Asexuální rozmnožování
- Komplexní životní cykly

# Typy rozmnožování

## Sexual Reproduction

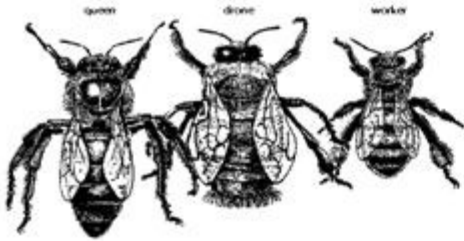


## Asexual reproduction

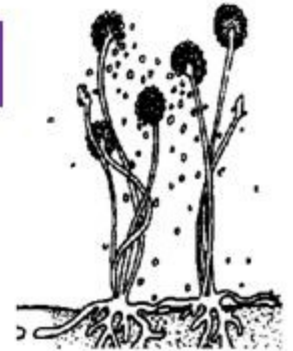


# Asexual Reproduction

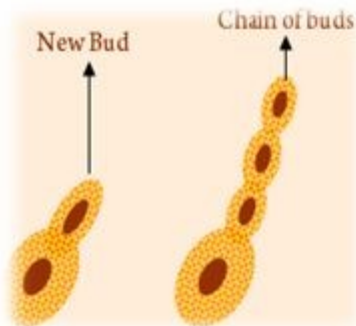
## 1. Parthenogenesis



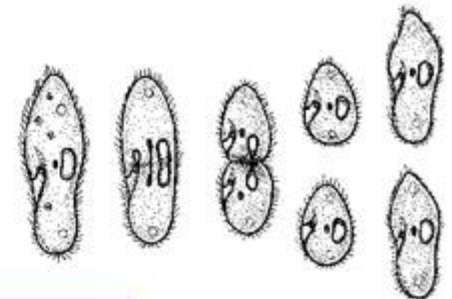
## 2. Sporulation



## 3. Budding



## 4. Binary fission



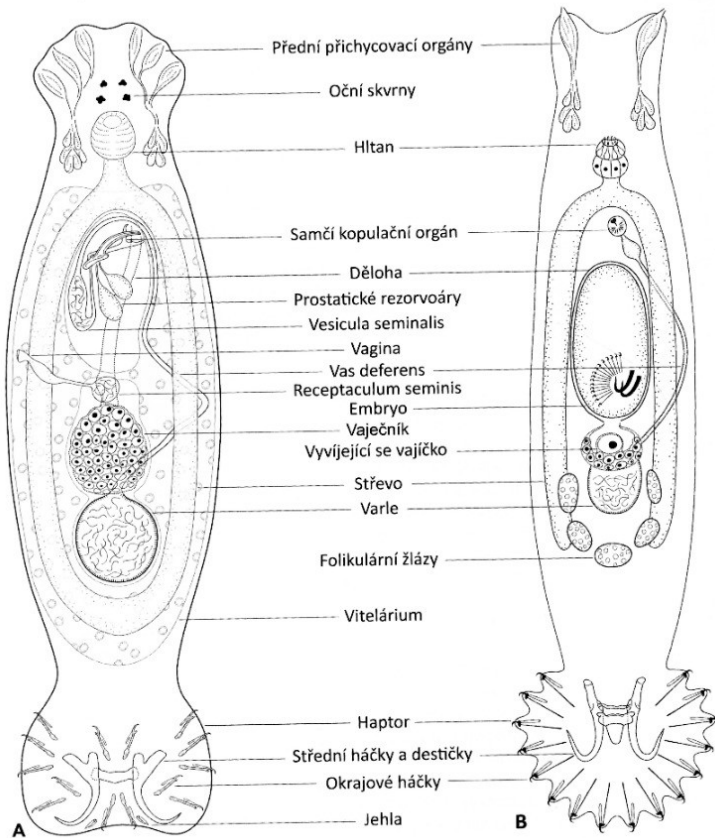
## Types of Asexual Reproduction

## 5. Regeneration

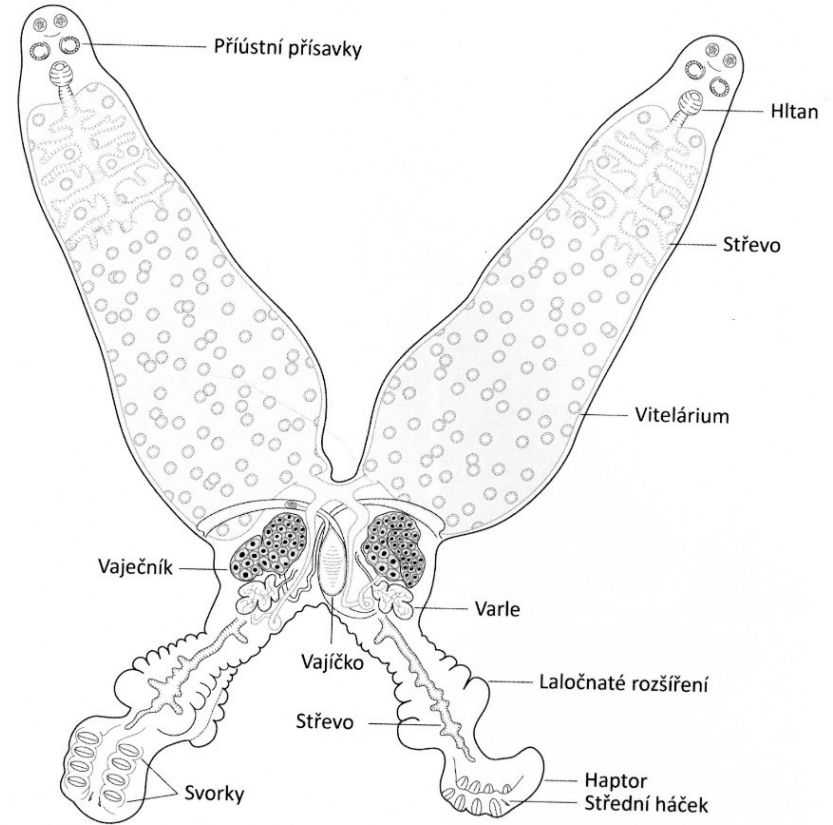
## 6. Vegetative propagation



# Monogenea - zástupci



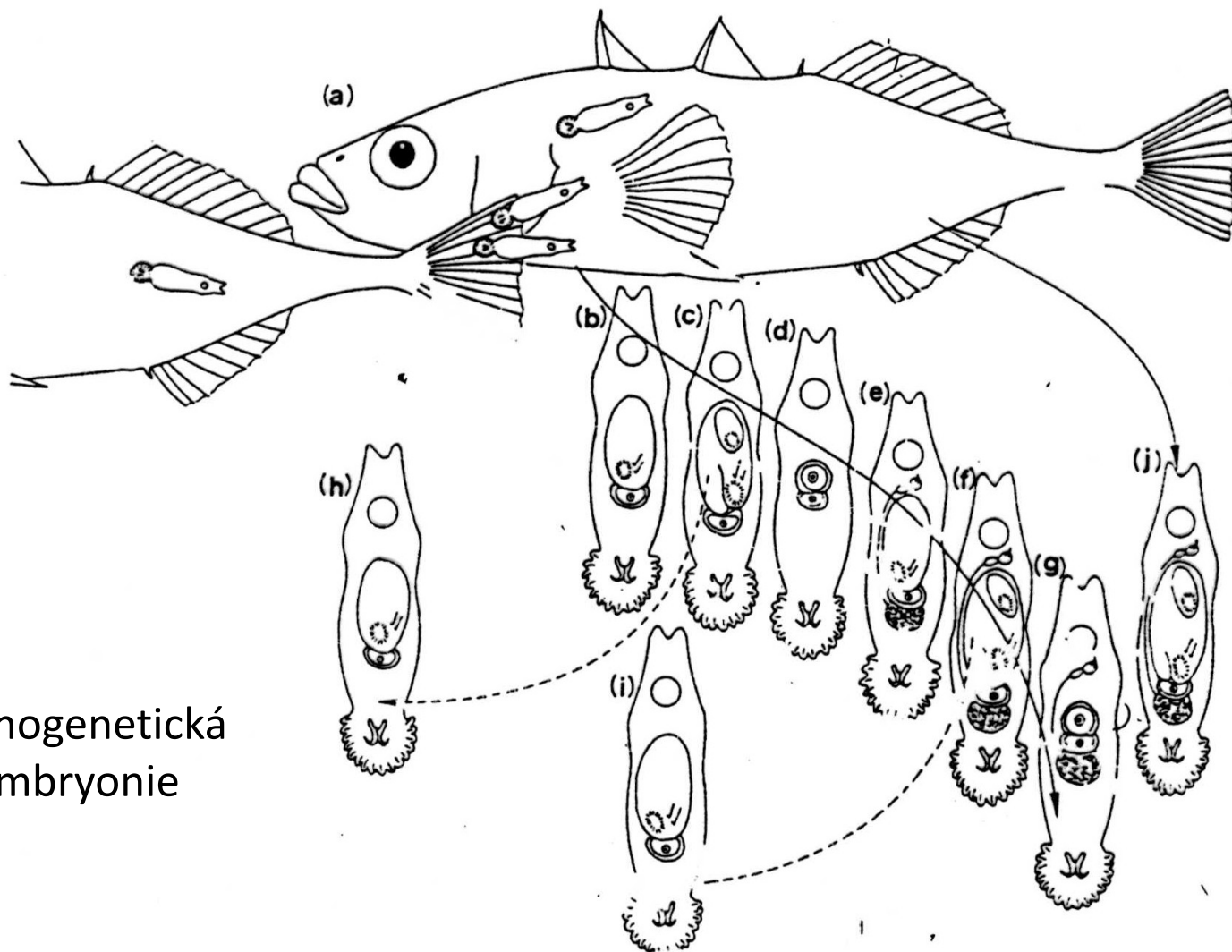
Obr. 3.11.2.1. Schéma tělní stavby vejcorodých a živorodých monogeneí (Monopisthocotylea). *Dactylogyridae* sp. (Dactylogyridae)(A); *Gyrodactylidae* sp. (Gyrodactylidae)(B). (Kresba: E. Rehulková)



Obr. 3.11.2.2. Schéma tělní stavby druhu *Eudiplozoon nipponicum* (Diplozoidae, Polyopisthocotylea). (Kresba: E. Rehulková)

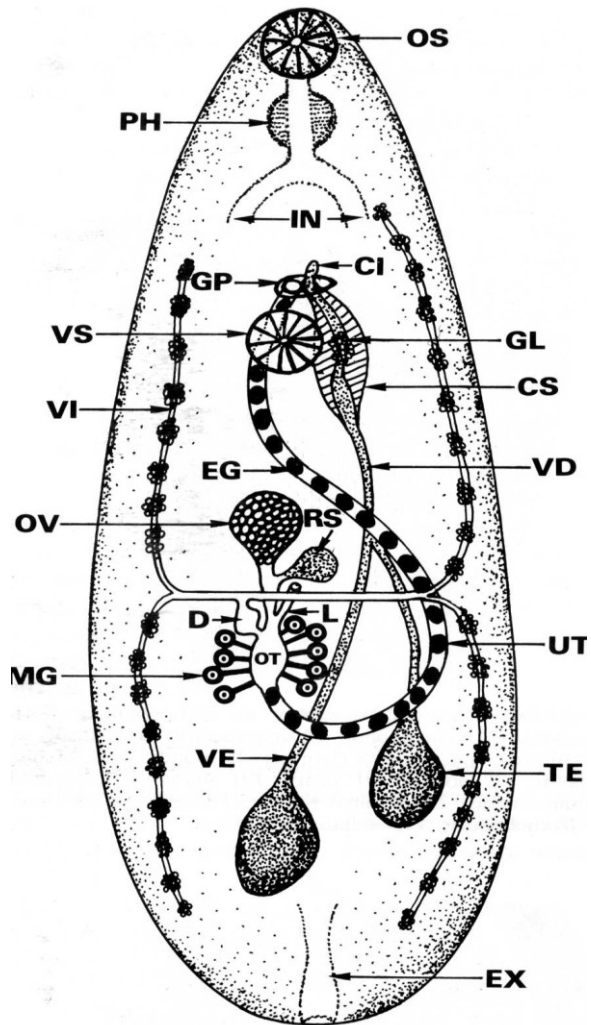


# Životní cyklus – Gyrodactylus - živorodí

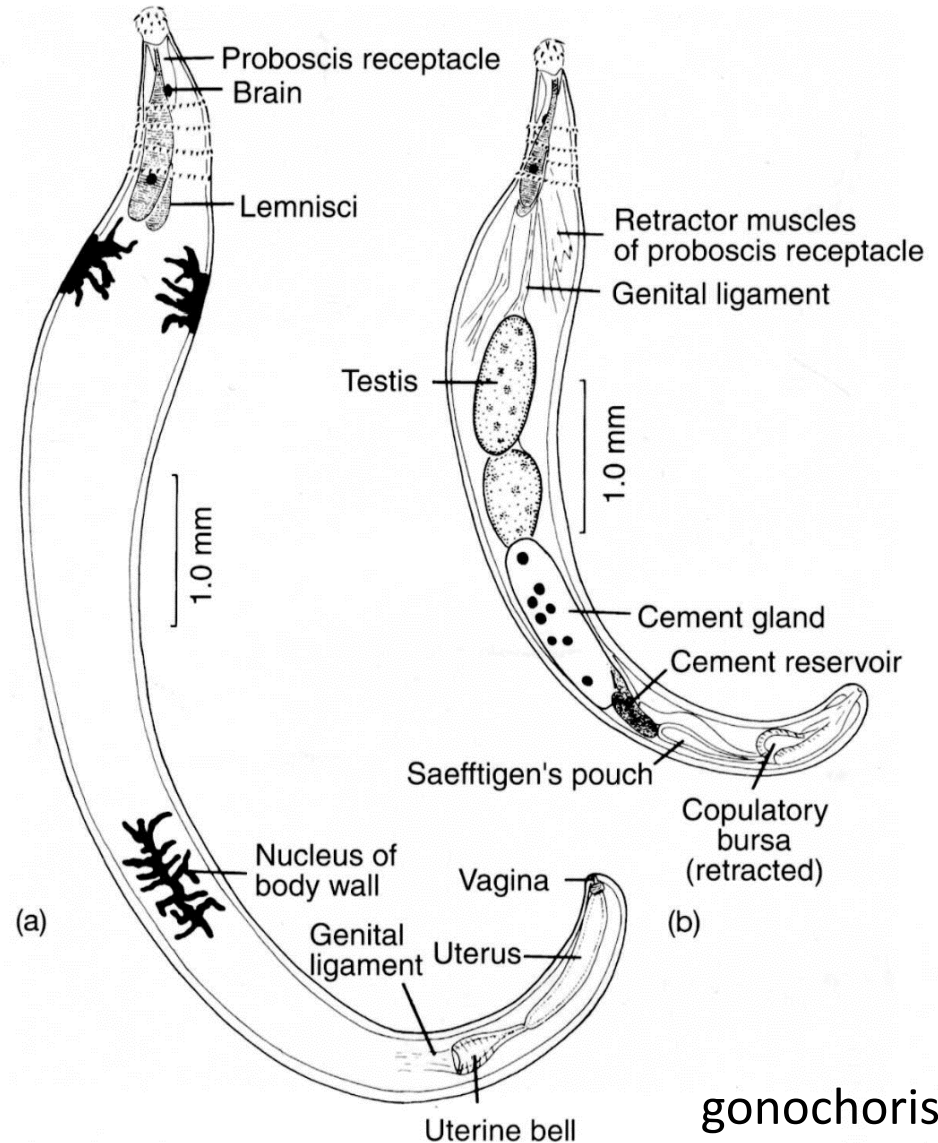


partenogenetická  
polyembryonie

# Reprodukční soustava parazitů

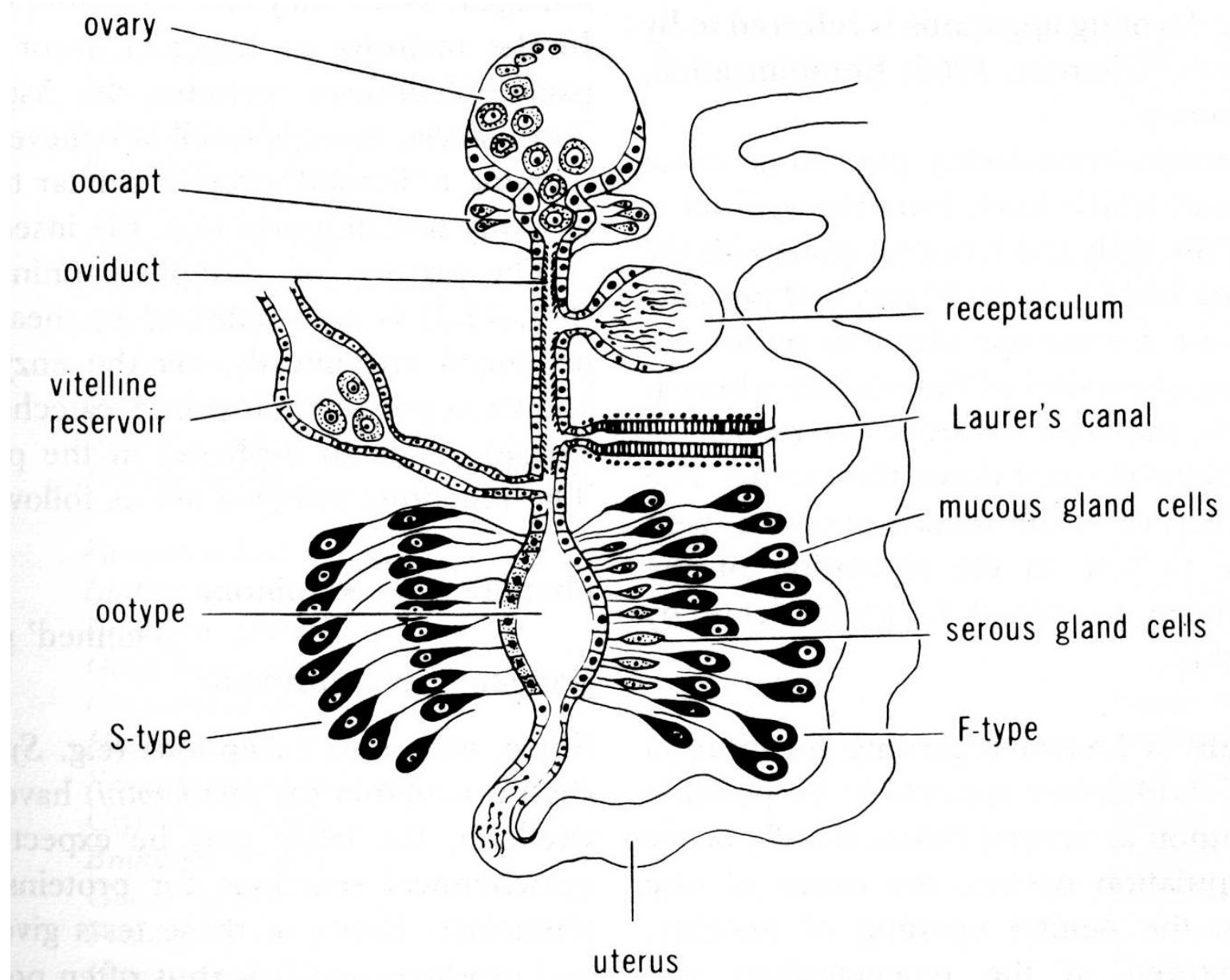


hermafroditi

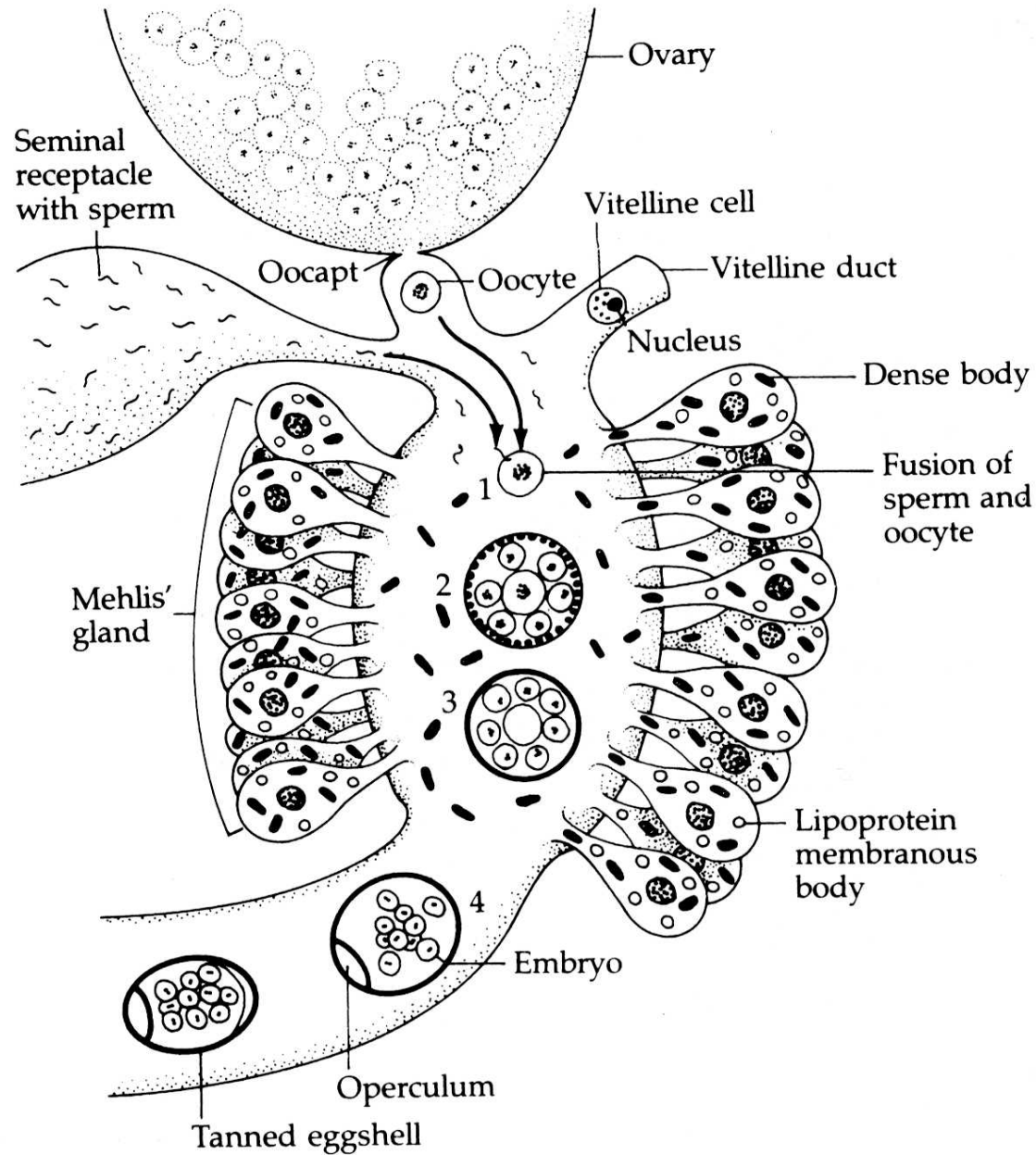


gonochoristi

# Samičí reprodukční soustava

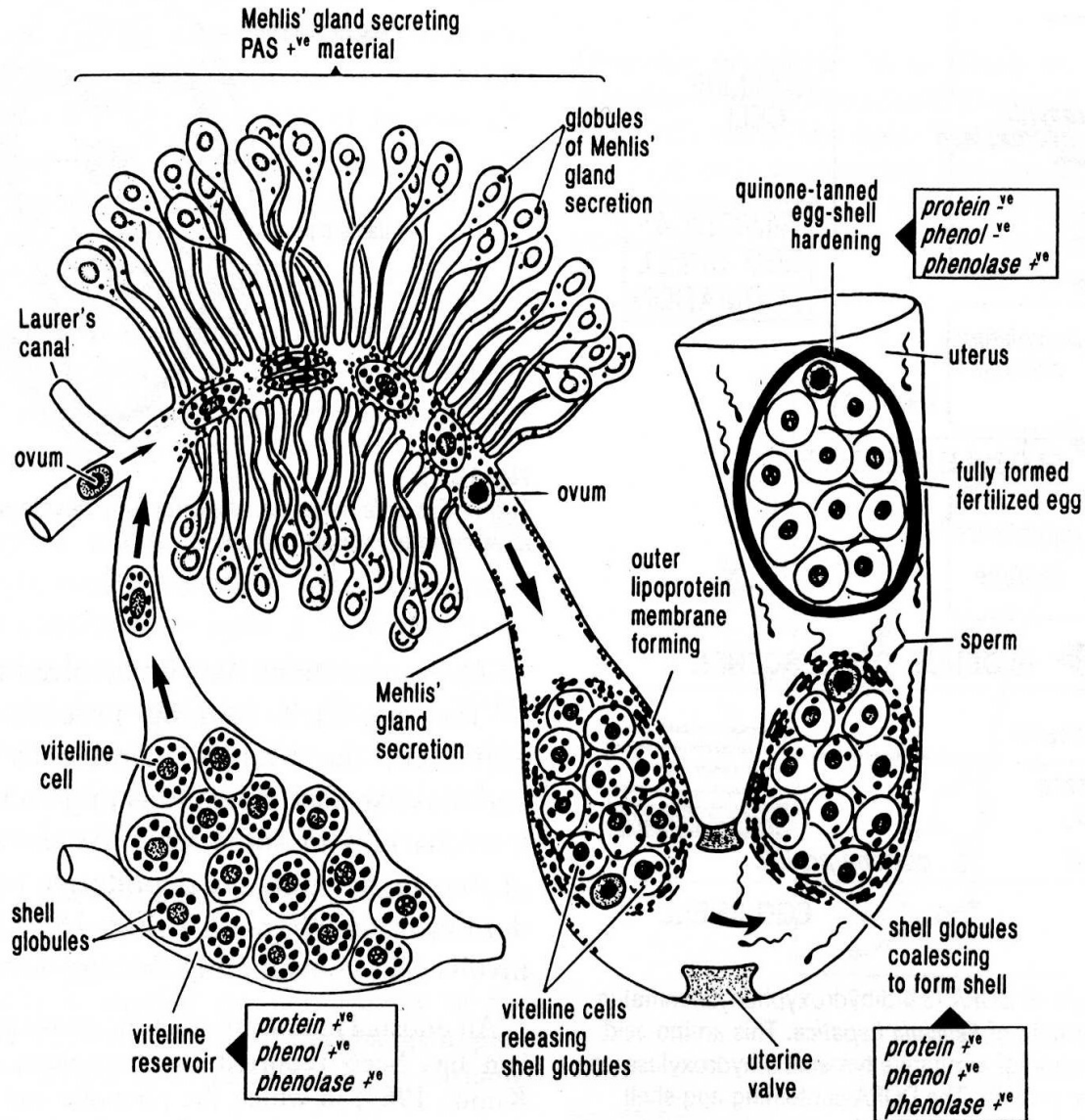


# Schéma oplození vajíček motolic



# Formování obalu vajíčka

## FASCIOLA HEPATICA: EGG-SHELL FORMATION

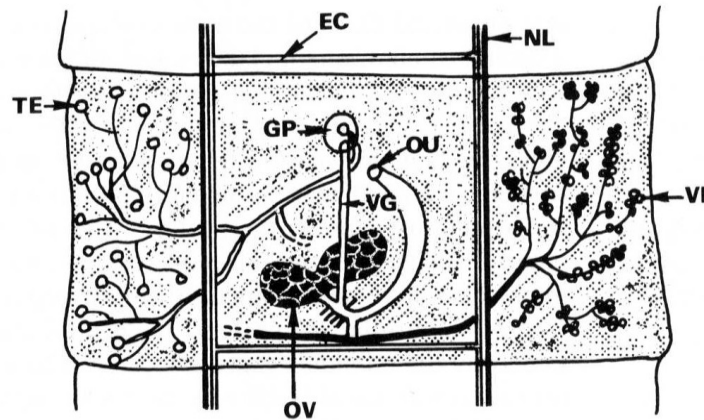


g. 13.8

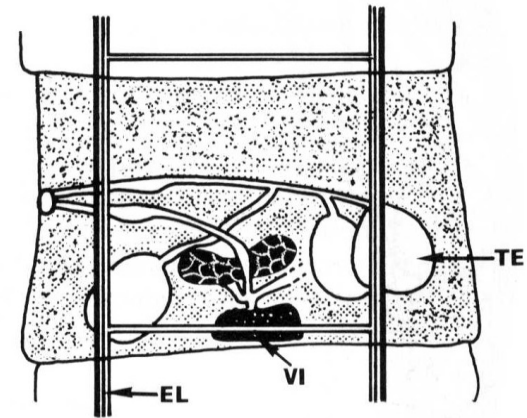
Diagram illustrating the process of egg shell formation in a digenetic trematode.



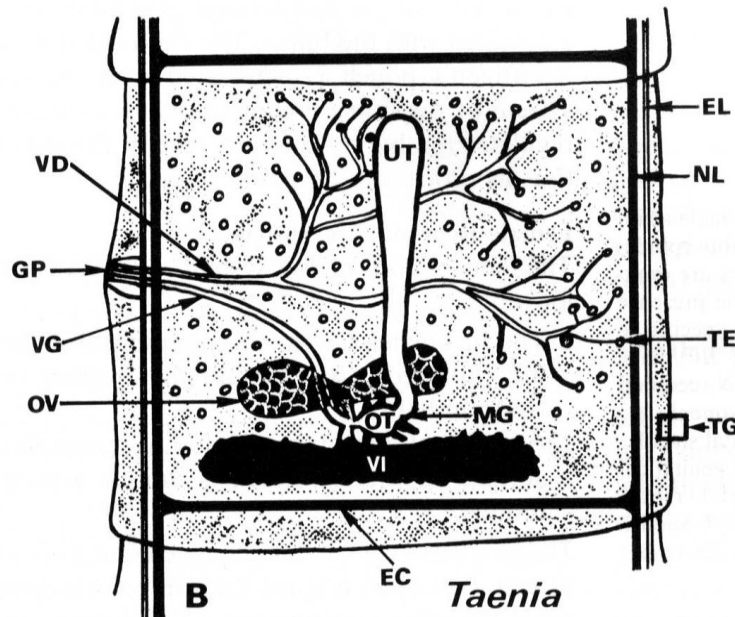
# Reprodukční soustava parazitů



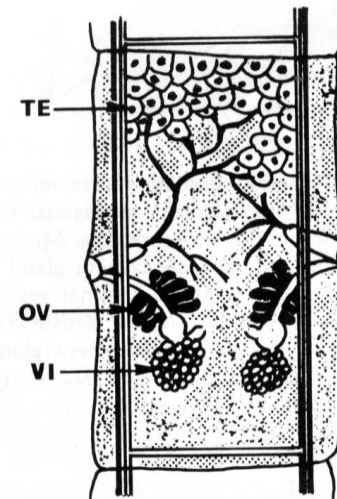
**A** *Diphylobothrium*



**C** *Hymenolepis*

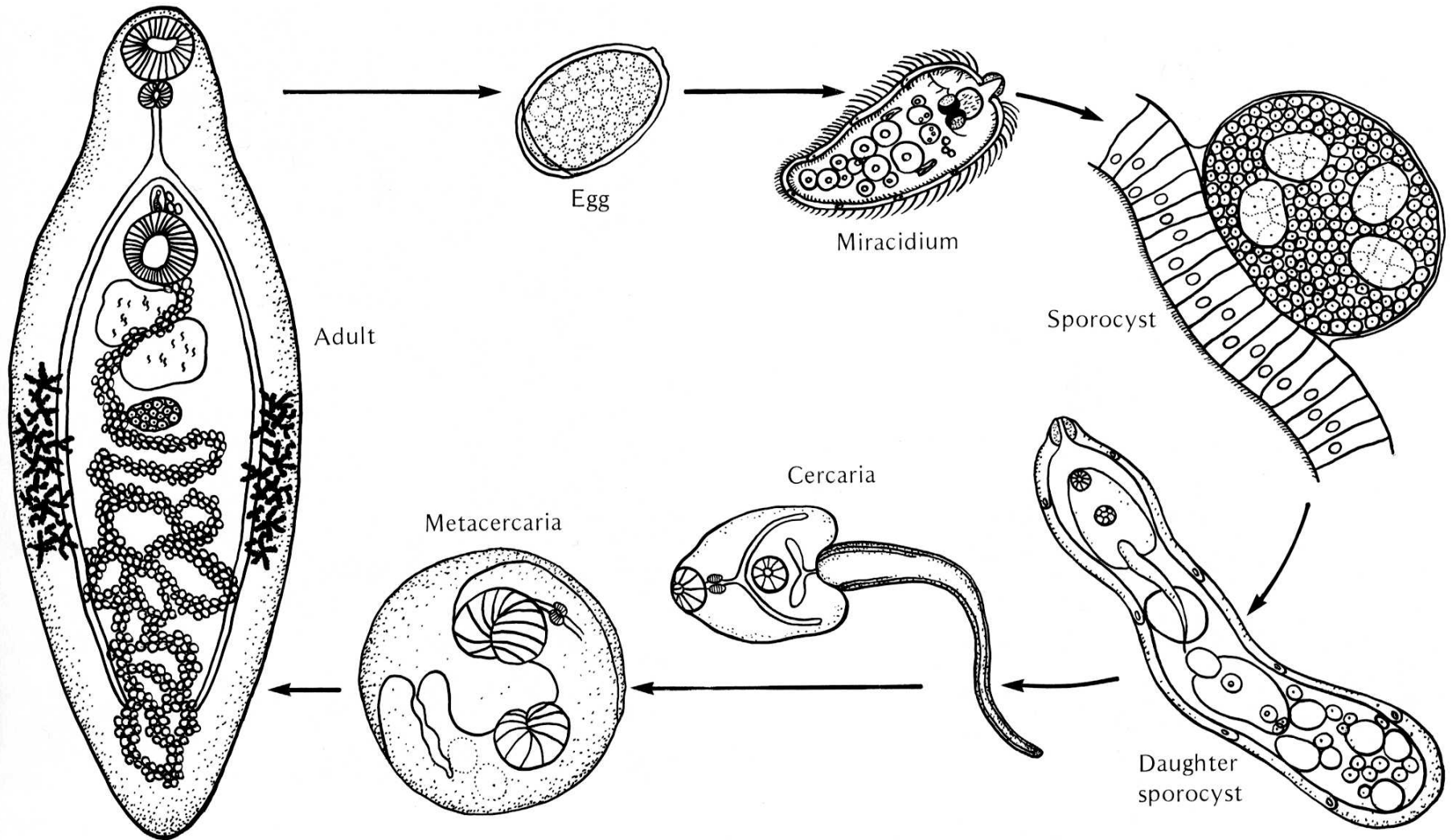


**B** *Taenia*

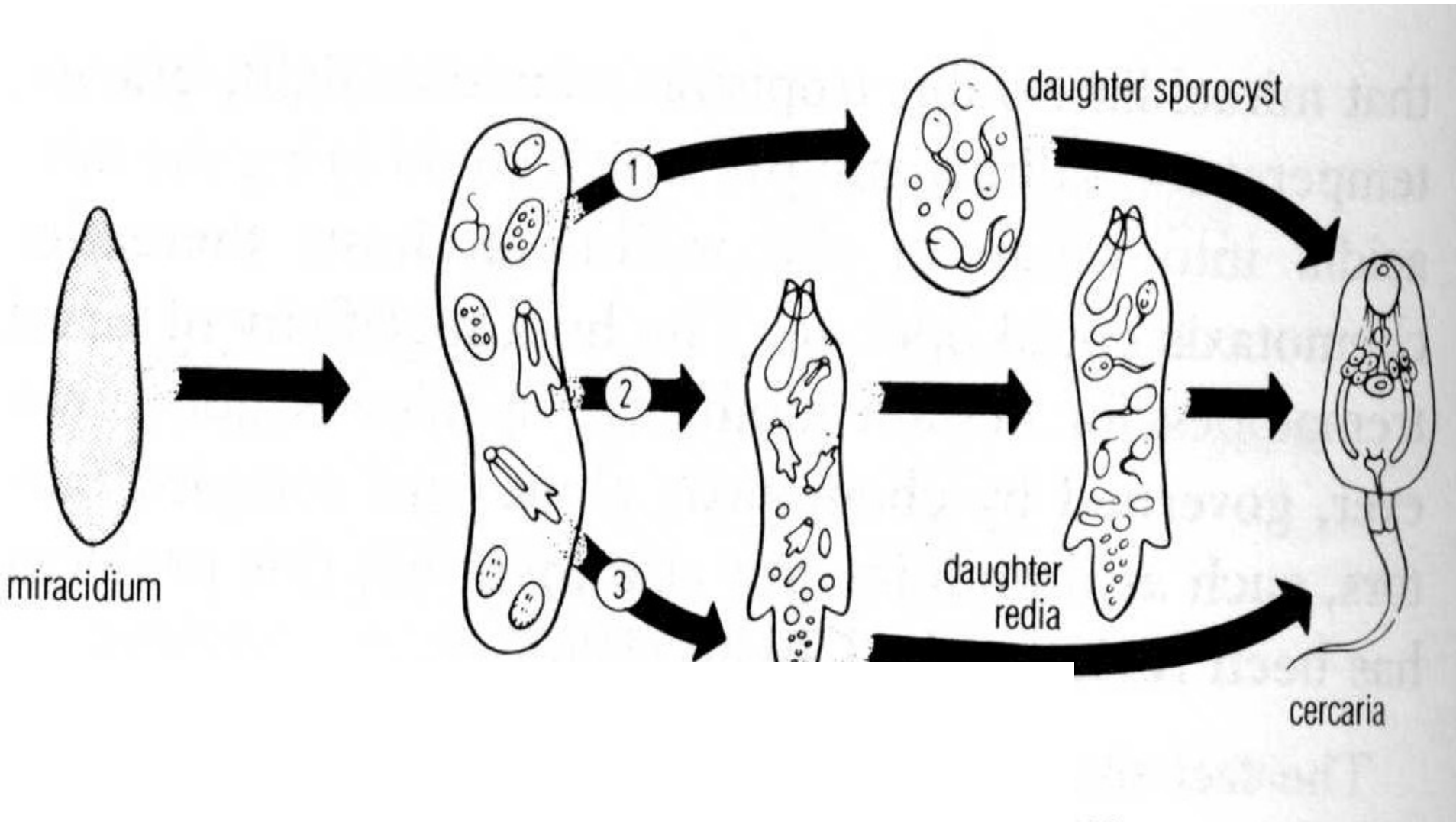


**D** *Dipylidium*

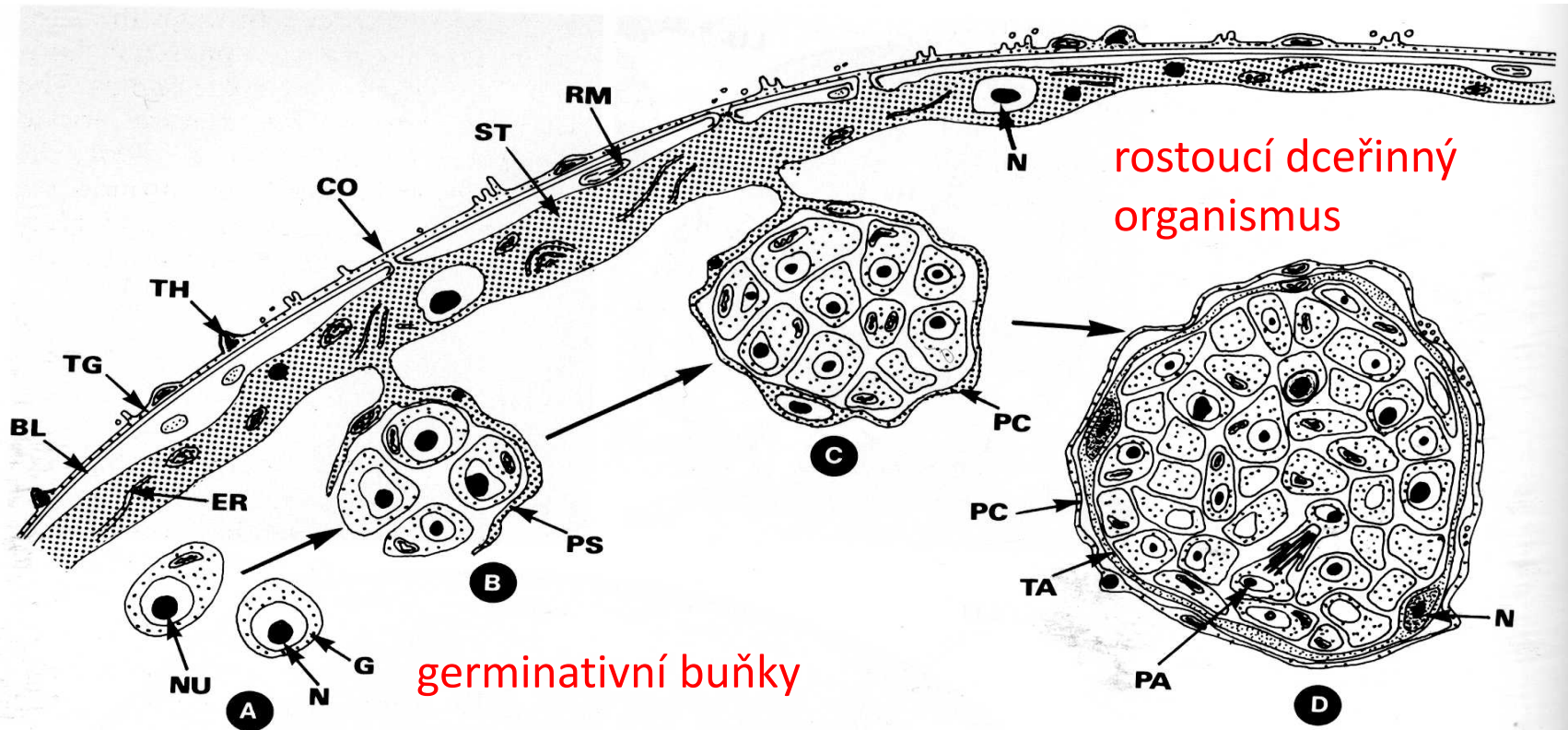
# Vývojový cyklus motolic



# Nepohlavní reprodukce larválních stádií



# Nepohlavní reprodukce larválních stádií

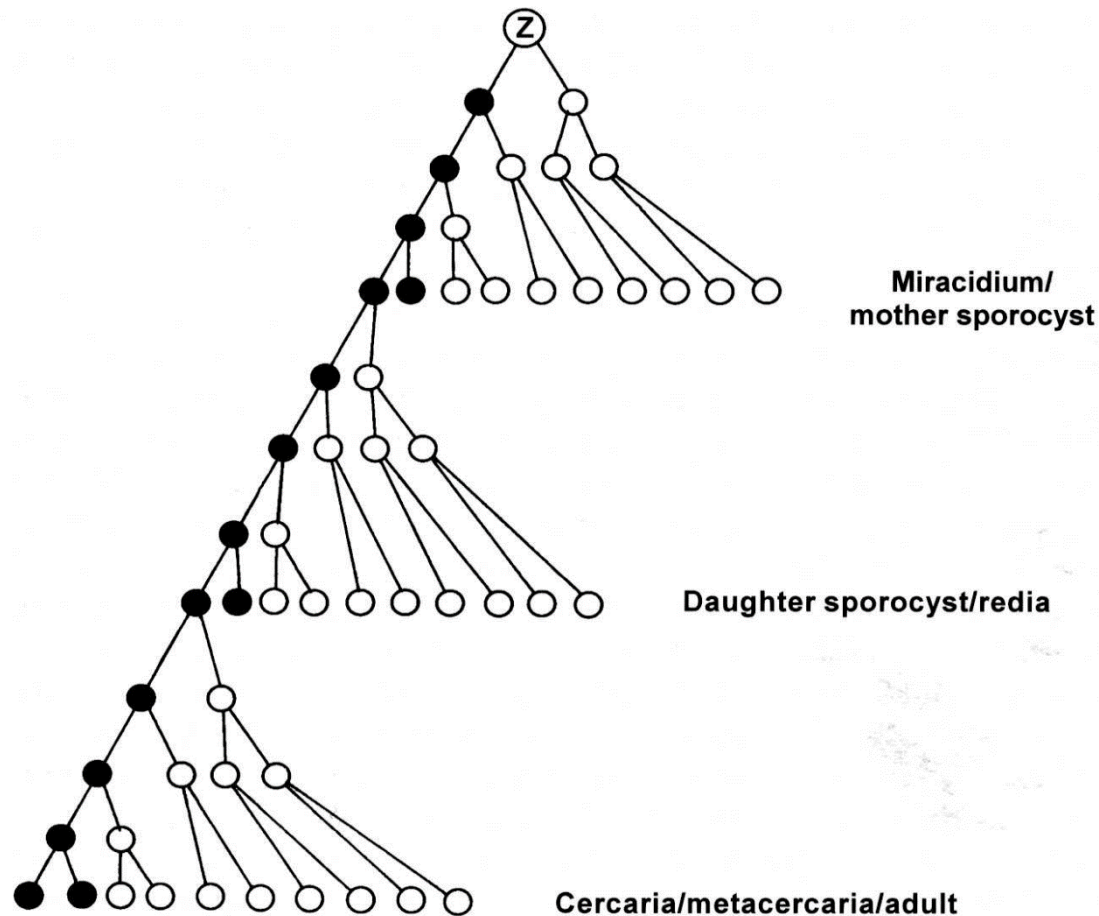


**Fig. 4.29 A-D.** Diagrammatic representation of the formation of daughter individuals in digenean trematodes. **A** Germinal (undifferentiated) cells are found singly inside the lumen of the mother individual (mother sporocysts, daughter sporocysts, rediae). **B** Protruding parts of the syncytial subtegumental layer surround the dividing germinal cells. **C** Now the subtegumental layer has completely surrounded the dividing cells. **D** The growing daughter organism increases in size. It is covered by a smooth primary layer, under which a new syncytial tegument is formed by fusion of undifferen-

tiated cells. Stages in **C** and **D** are also described as “germ balls”. *BL*, Basal lamina; *CO*, connection between tegument and subtegumental layer; *ER*, endoplasmic reticulum; *G*, germinal cell; *N*, nucleus; *NU*, nucleolus; *PA*, protonephridial anlage; *PC*, primary cover (formed by *ST*); *PS*, protruding part of subtegument; *RM*, remnant of muscle; *ST*, subtegumental layer; *TA*, tegument anlage; *TG*, tegument (differs in the different developmental stages); *TH*, thorn (hook)



# Multiplikace germinativních buněk larválních stádií motolic - redie



**Figure 14.3** Generalized scheme of germinal lineage in the Digenea. Multiplication of germinal cells in the cercaria–metacercaria–adult generation gives rise to the germarium and testes. See text for further explanation. Z=zygote; filled circle=germinal cell; empty circle=somatic cell. Source: redrawn from Whitfield and Evans, 1983.



# Nepohlavní (asexuální) rozmnožování

**Binární dělení:** nepravidelné (Sarcodina)

podélné=longitudinální (Mastigophora)

příčné = transversální (Ciliophora)

šíkmé = (Opalinata)

sekvence dělení je: (1) kinetosom, (2) kinetoplast, (3) nucleus, (4) cytokinesis

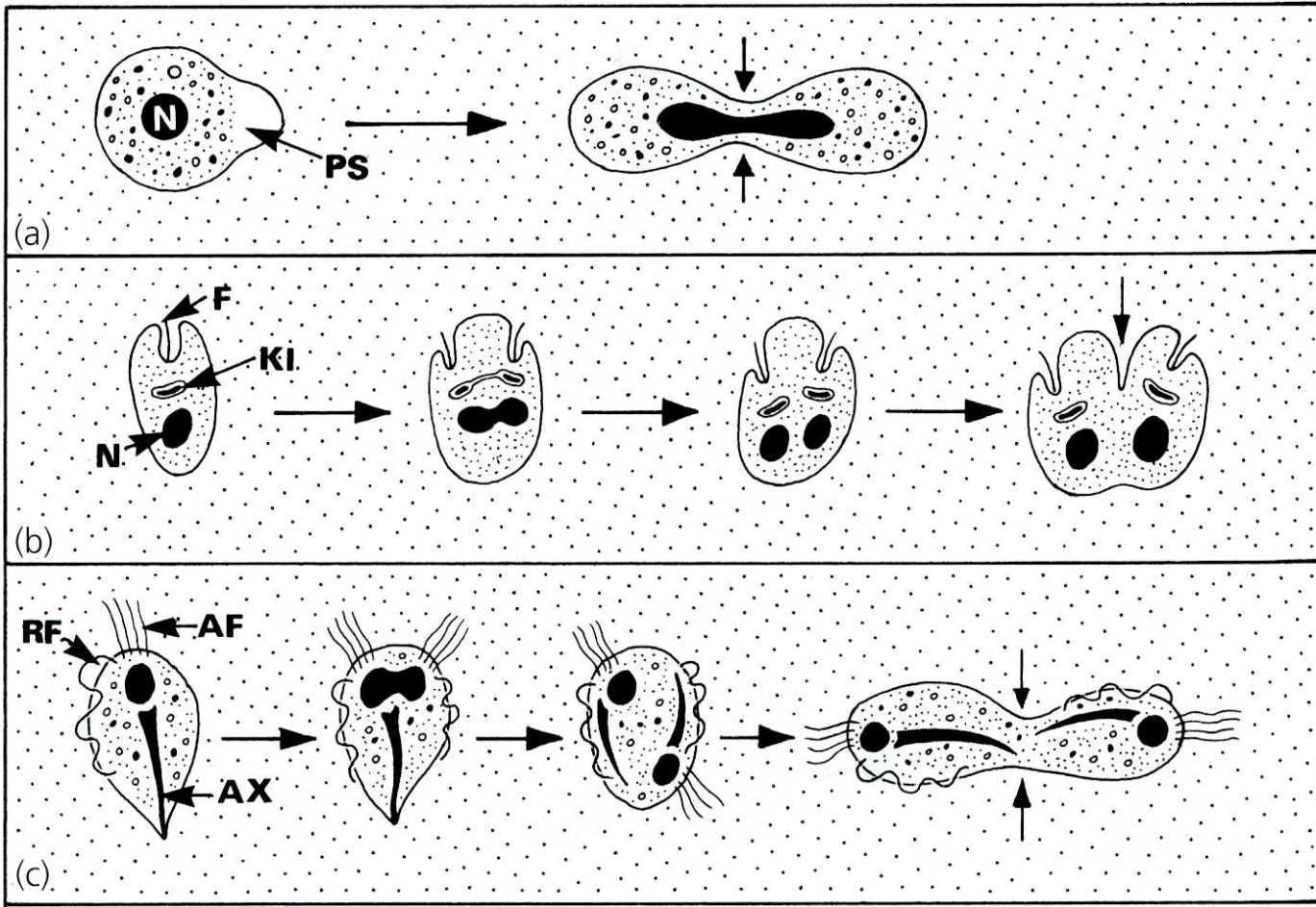
dělení má povahu mitózy s výjimkou macronucleus nálevníků - dělí se amitoticky

---

**Mnohonásobné dělení** (merogonie, schizogonie) – některá Sarcodina, Sporozoa)

Je to opakované dělení jádra a základních organel před cytokinezí. Teoreticky probíhá ve stejných fyziologických podmínkách.

# Typy binárního dělení

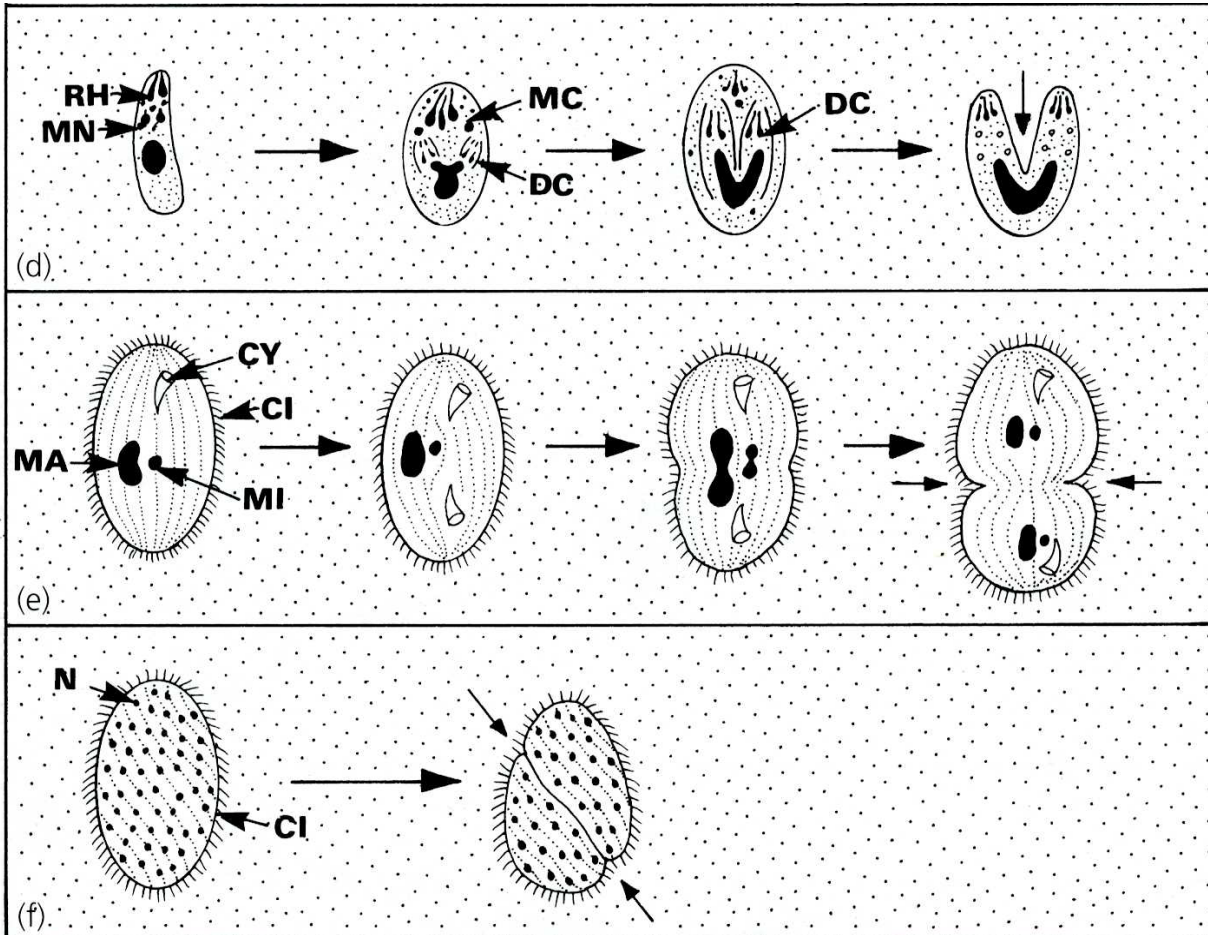


Amoeba

Trypanosoma

Trichomonas

# Typy binárního dělení



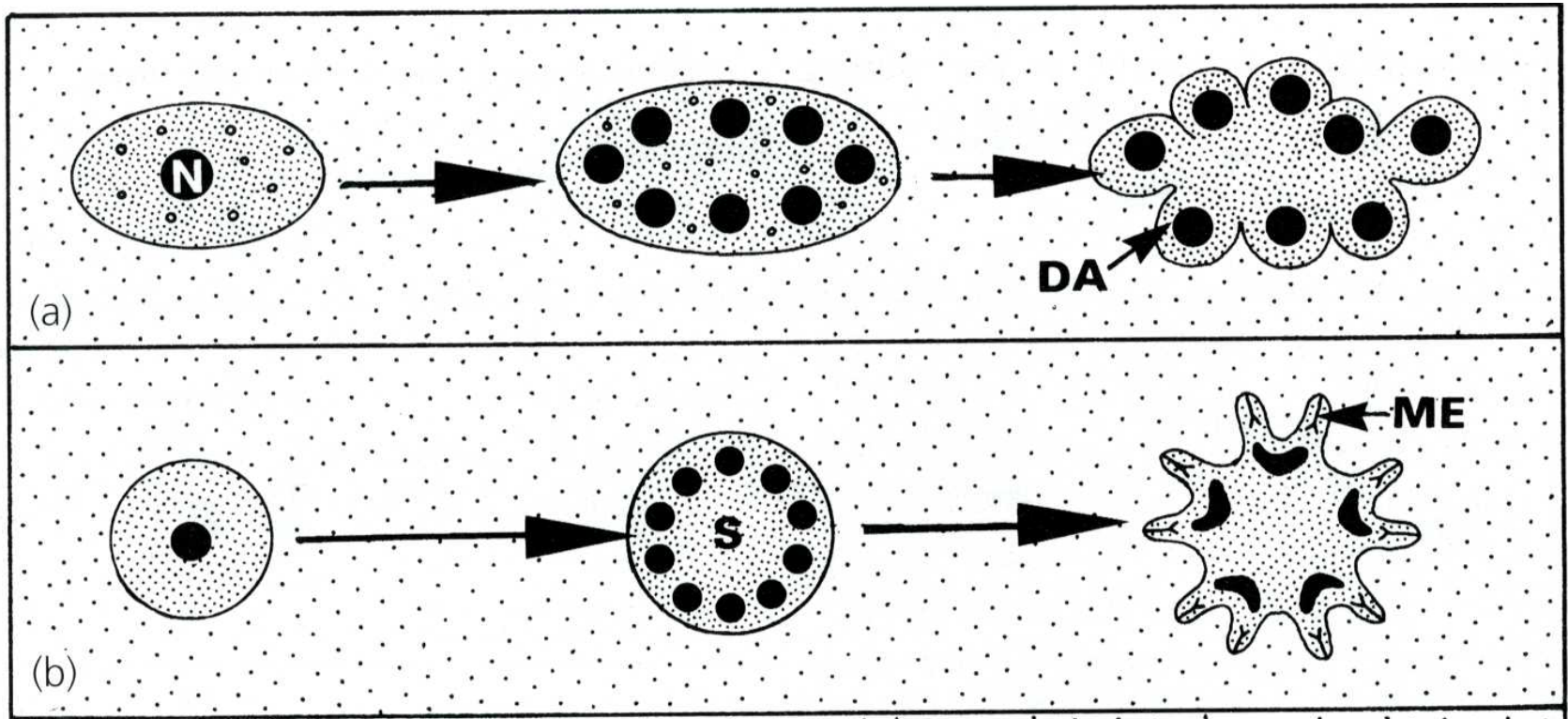
Toxoplasma

Balantidium

Opalina

# Typy mnohonásobného dělení

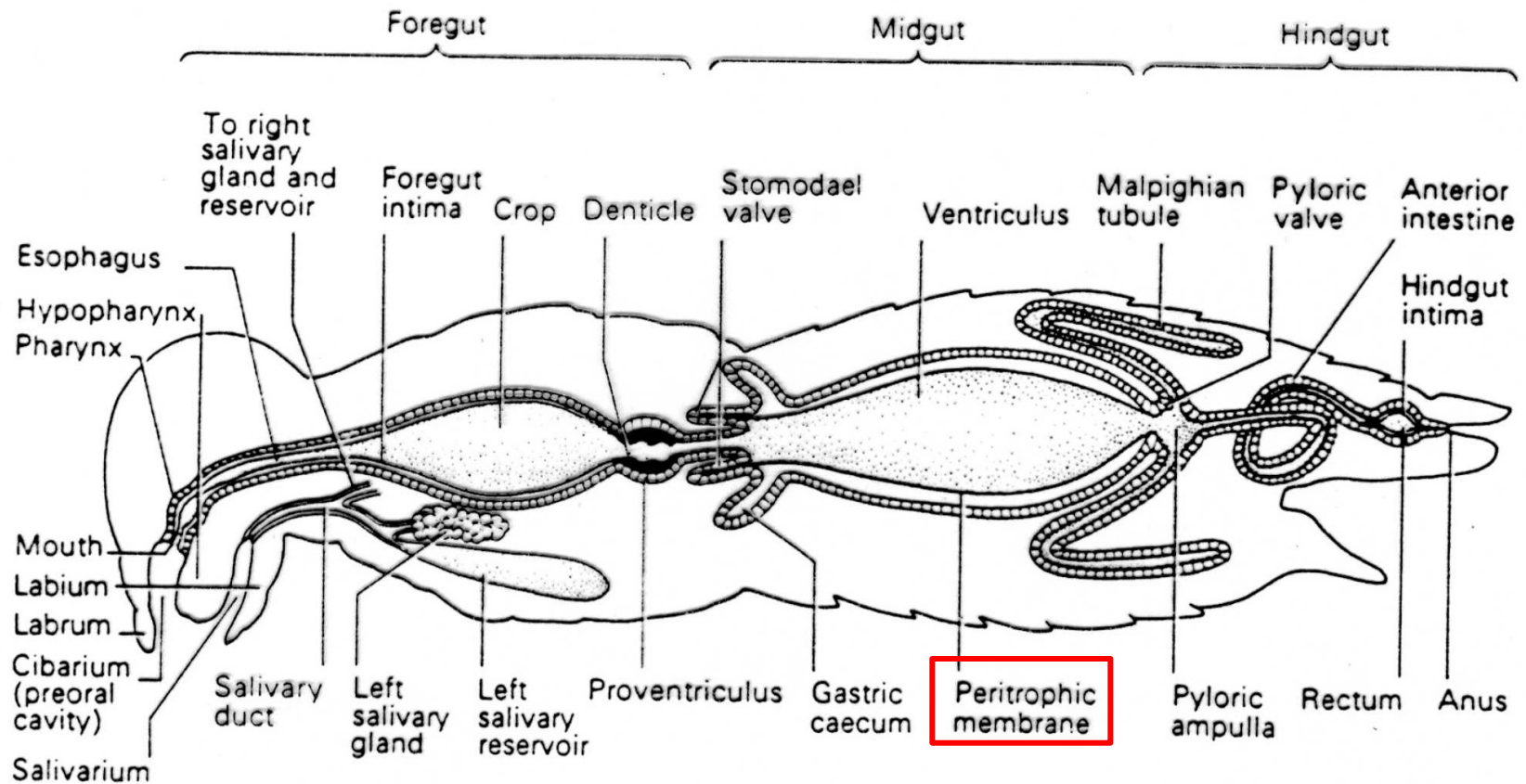
(a) Entamoeba – formování vegetativních stádií po excystaci



(b) Plasmodium – formování merozoitů v merontech (Eimeria, Theileria)



# Zaživací soustava hmyzu

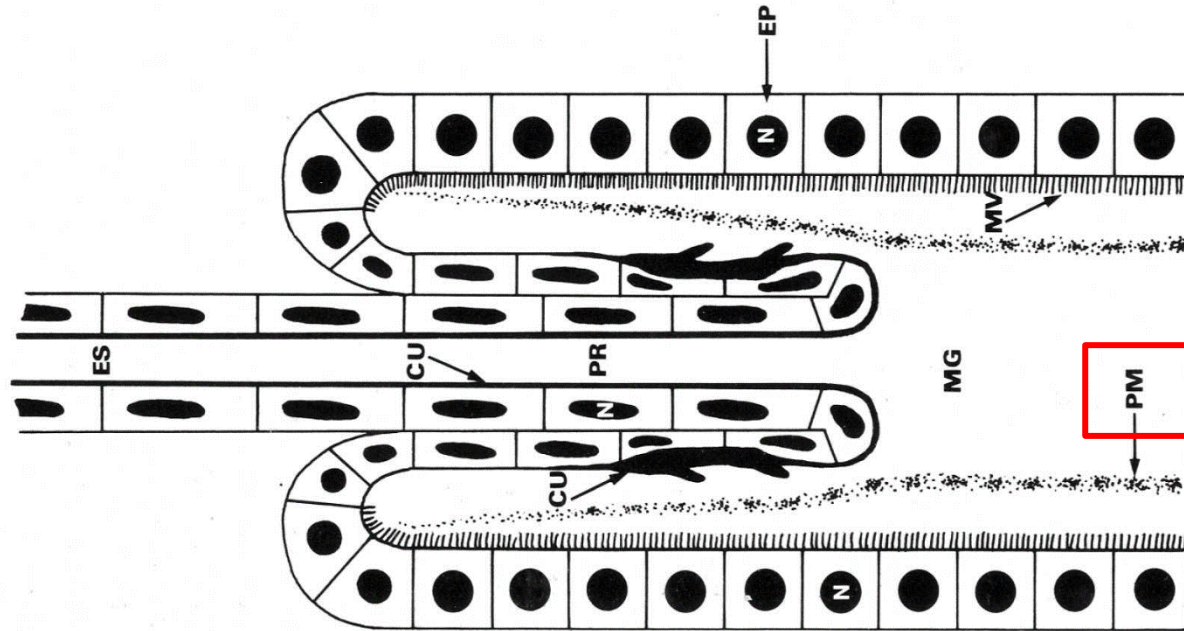




# Příjem potravy a trávení

- Extracelulární trávení – hydrololytické enzymy jsou sekretovány do lumenu mesenteronu – mikrovili
- Epitel mezenteronu produkuje peritrofickou matrix a absorbuje vodu, ionty a živiny
- Intracelulární trávení u roztočů
- Mezeteron – množství záhybů – epitel bez mikrovili ale tvoří jej trávicí buňky – pohlcují potravu – ve střevě minimum proteáz –vhodné pro přenos patogenů
- Peritrofická membrána (matrix) u většiny hmyzu – obaluje potravu –fyzikální bariéra vůči mikroorganismům

# Tvorba peritrofické membrány



**Fig.3.39.** Diagrammatic representation of the cardia of those insects in which only a short zone of specialized cells at the beginning of the midgut is able to produce a tubelike peritrophic membrane, which may consist of several layers (after Peters 1976). *CU*, Cuticle; *EP*, epithelial cell; *ES*, esophagus; *MG*, midgut; *MV*, microvilli; *N*, nucleus; *PM*, peritrophic membrane; *PR*, proventriculus

# Funkce peritrofické membrány

obaluje přijatou potravu

chrání před přímým kontaktem s krví

fyzikální bariéra vůči mikroorganismům

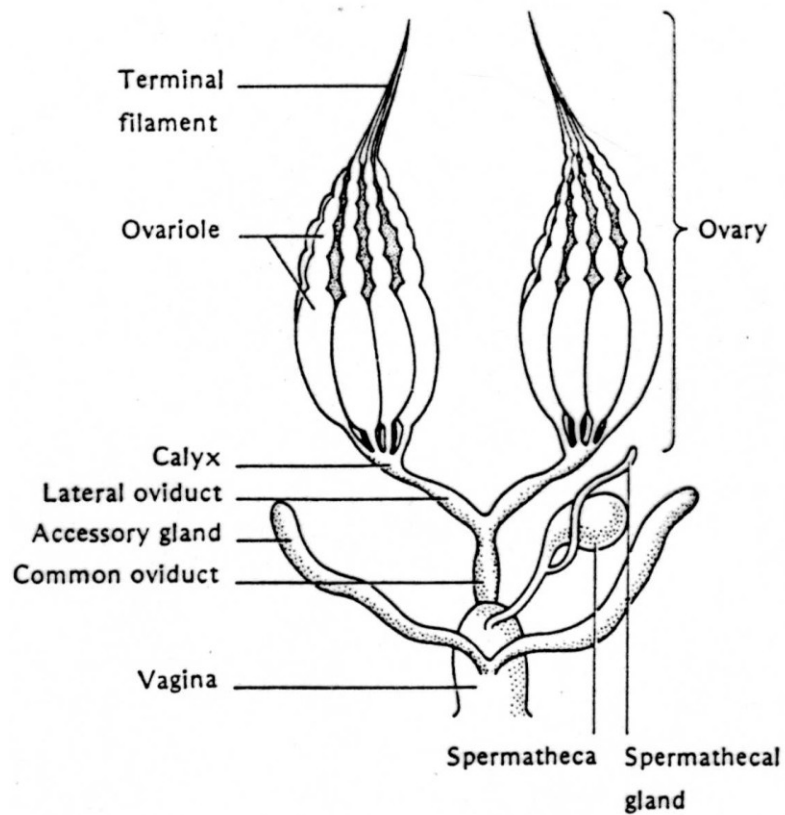
prostorové oddělení částí procesu trávení

je složena z polysacharidu chitinu a z proteinů (peritrofiny)

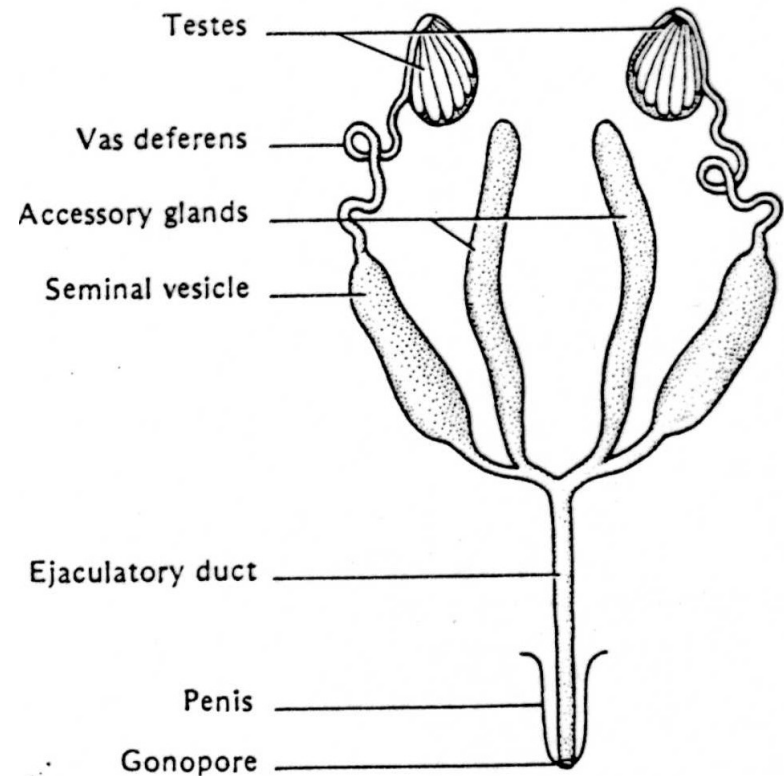
- **Diskontinuální matrix**
  - U komárů a jiných nemarocera
  - Syntetizuje se kontinuálně a ze všech buněk mezenteronu
  - Pouze několik hodin po nasátí krve
  - Po strávení krve se rozpadá
- **Kontinuální matrix**
  - U glosin a brachycera
  - Produkují specializované buňky v přední části mezenteronu

# Pohlavní soustava hmyzu

## Samičí soustava



## Samčí soustava



# Pohlavní soustava hmyzu

- **Samičí soustava**
  - Ovaria složená z ovariol – rourkovitá, obalená membránou propria
  - Germanium – vznik a růst vajíček
  - Vitelarium – produkce žloutku
  - Hmyz je oviparní, larviparní nebo pupiparní
- **Samčí soustava**
  - Varlata – rourkovité folikuly – vznik spermií
  - Spermidukty- do nichž ústí přídatné žlázy
  - Chámomet – spojení SpD – ductus ejaculatorius
  - Kopulační orgán – phalus penis



# Gonotrofický cyklus

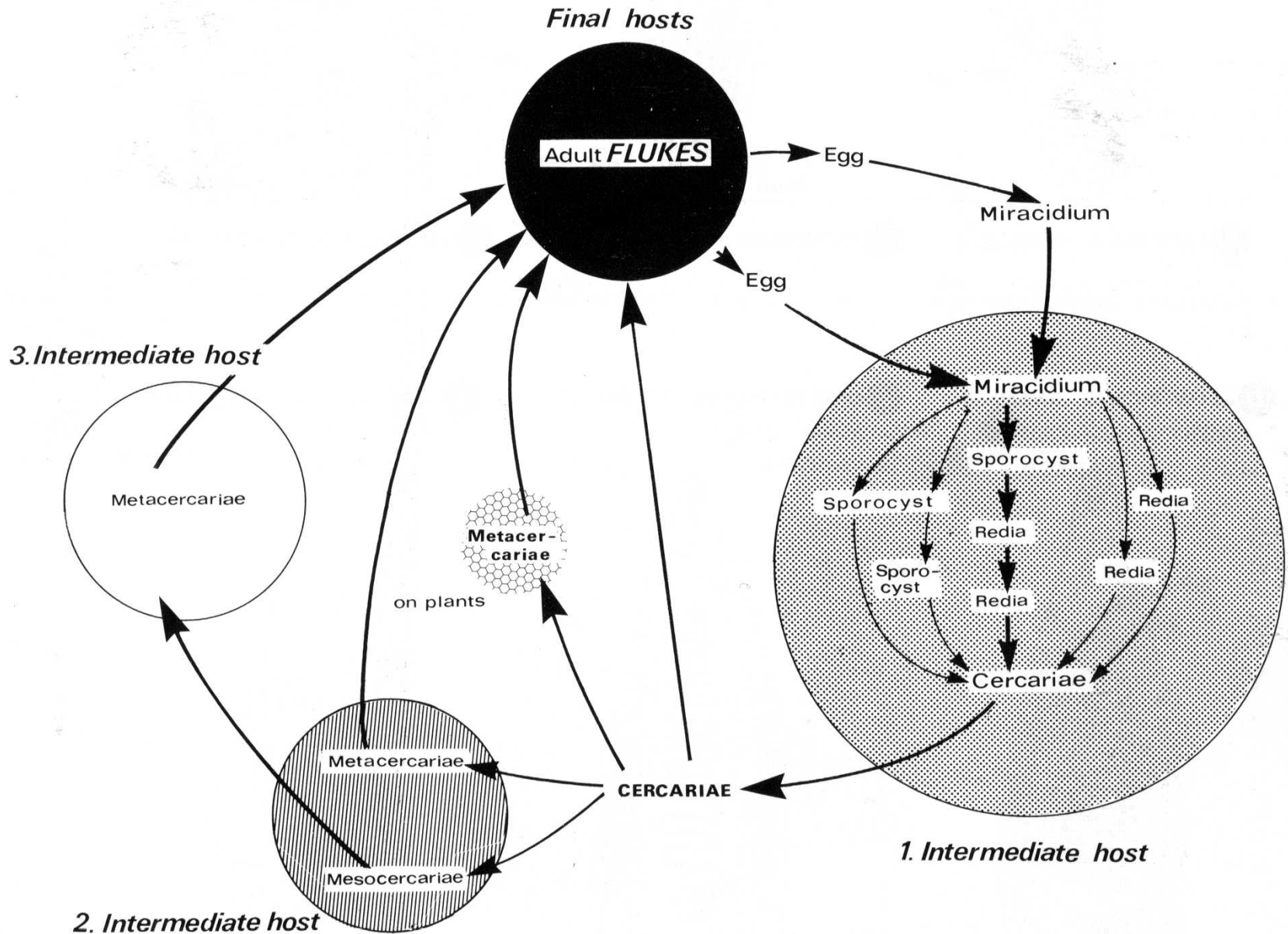
- **Stupeň trávení krve**

1. střevo bez krve
2. střední střevo plné násáté krve
3. krev jasně červená, zabírá 4 až 4,5 zadečkových článků
4. krev tmavě červená
- 5 až 6. krev ve střevě černá
  
7. krev strávená, střevo prázdné

- **Fáze vývoje folikula**

1. Tvoří se folikulární epitel – diferenciace oocyty a trofocytu
2. V plazmě oocyty se tvoří žloutková zrna
3. V plazmě oocyty je shluk žloutkových zrn – žloutek se zvětšuje – oocyt – polovina folikulu
  - 4a Oocyt – až 75% folikulu
  - 4b Oocyt více než 75% folikulu
  
5. Zralé vajíčko

# Komplexní vývojové cykly motolic



# Vývojová stádia klíštěte rodu Ixodes

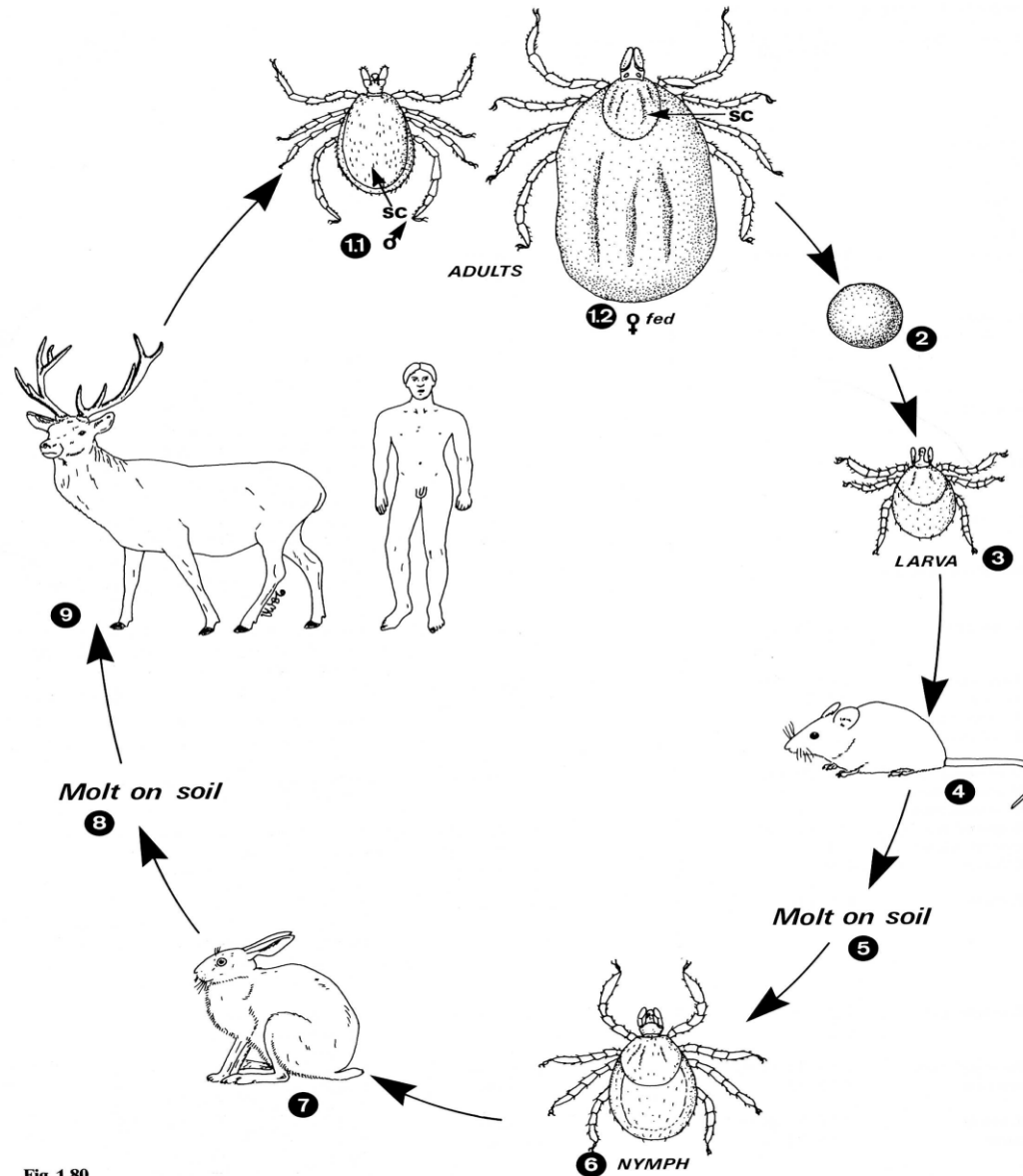
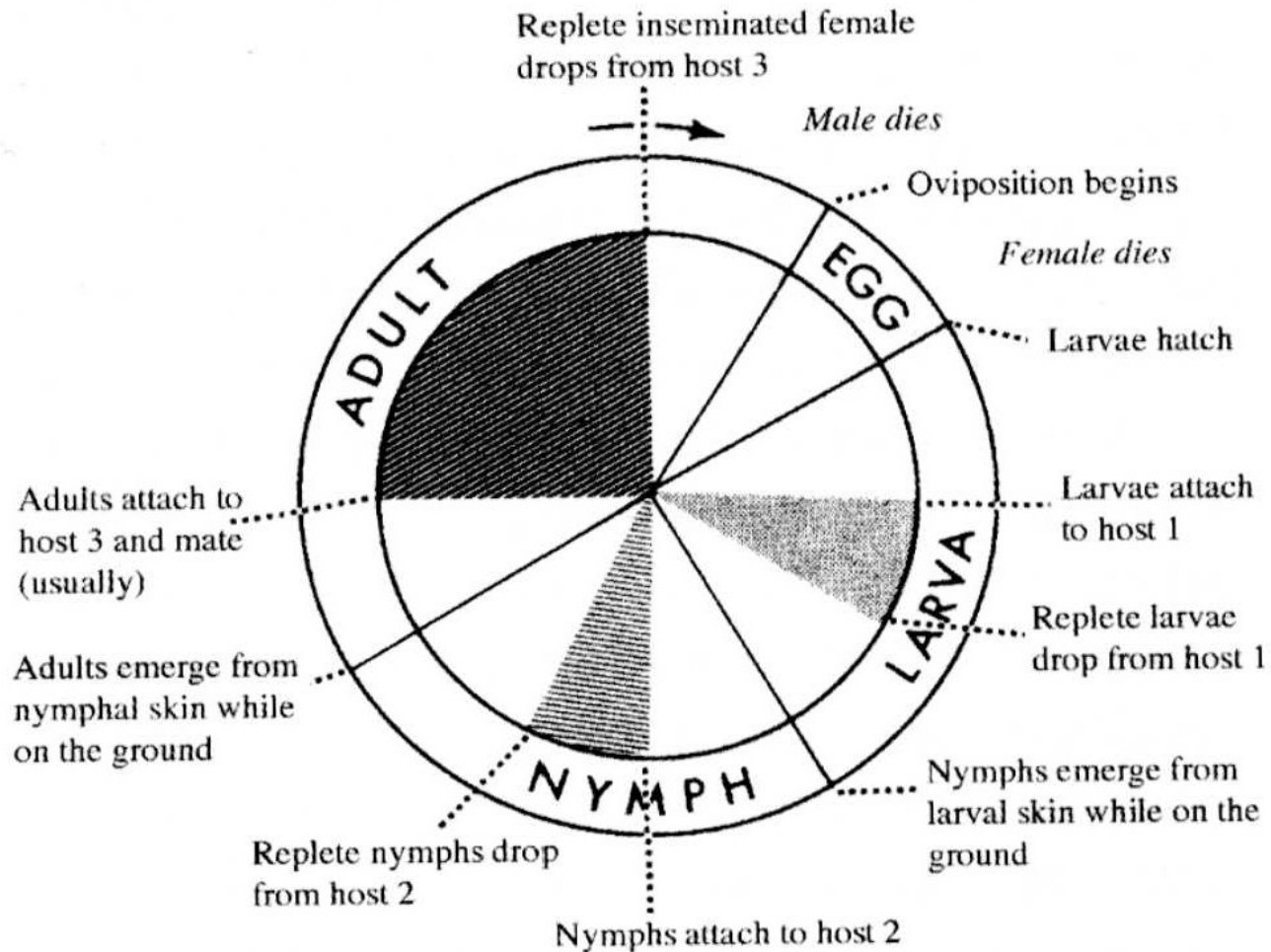


Fig. 1.80

# Troj-hostitelský životní cyklus Ixodes ricinus



# Vývojové cykly motolic

- Jednohostitelský – monoxenní
- Dvouhostitelský (dixenní) s přímou penetrací cercárií – **Schistosoma hematobium** ●
- Dvouhostitelský (dixenní) s adoleskárií – **Fasciola hepatica** ●
- Tříhostitelský (trixenní) – (savec - měkkýš – členovec) – **Paragonimus westermani** ●
- Tříhostitelský (trixenní) – savec – měkkýš – obratlovec – **Clonorchis sinensis** ●
- Čtyřhostitelský - tetraxenní



# Fyziologické adaptace

- **Intracelulární trávení:** živiny jsou absorbovány povrchem těla (neodermis, tegument) což se považuje za intracelulární ingesci. např. Cestoda. Naproti tomu *A. lumbricoides* se vyznačuje jak extracelulární, tak i intracelulárním trávením.
- **Osmoregulace:** osmotický tlak tělesných tekutin cizopasníka je stejný jako hostitele, což zabraňuje disturbancím při jejich výměně.
- **Anaerobní respirace:** paraziti žijí v prostředí bez kyslíku a díky tomu potřebují ke svému metabolismu jen velmi malé množství kyslíku. U helmintů se respirace uskutečňuje za anaerobních podmínek a energie je získávána fermentací glykogenu za nepřítomnosti kyslíku. Produkován je  $\text{CO}_2$  a mastné kyseliny.

# Buněčná diferenciaci během ontogeneze

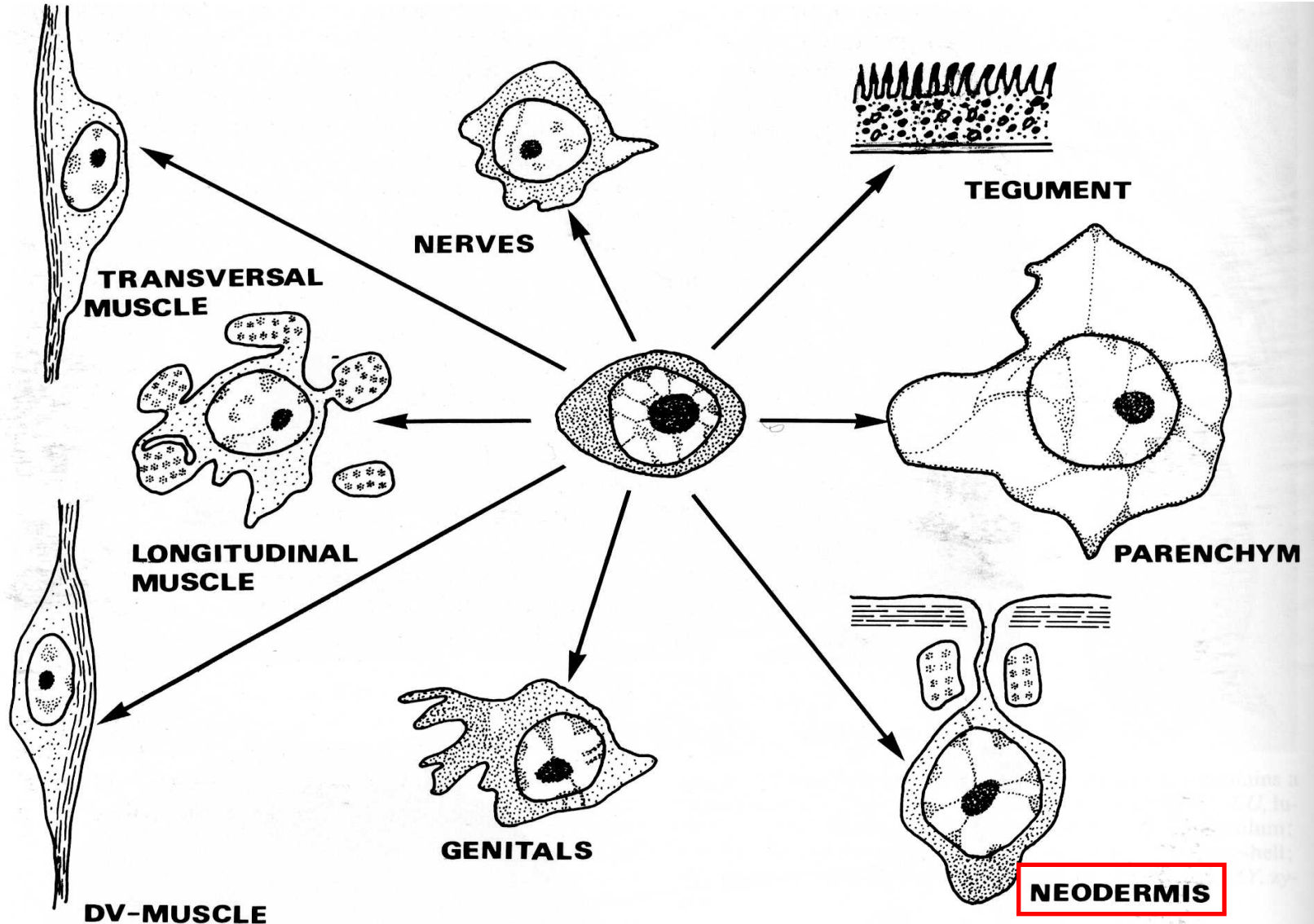
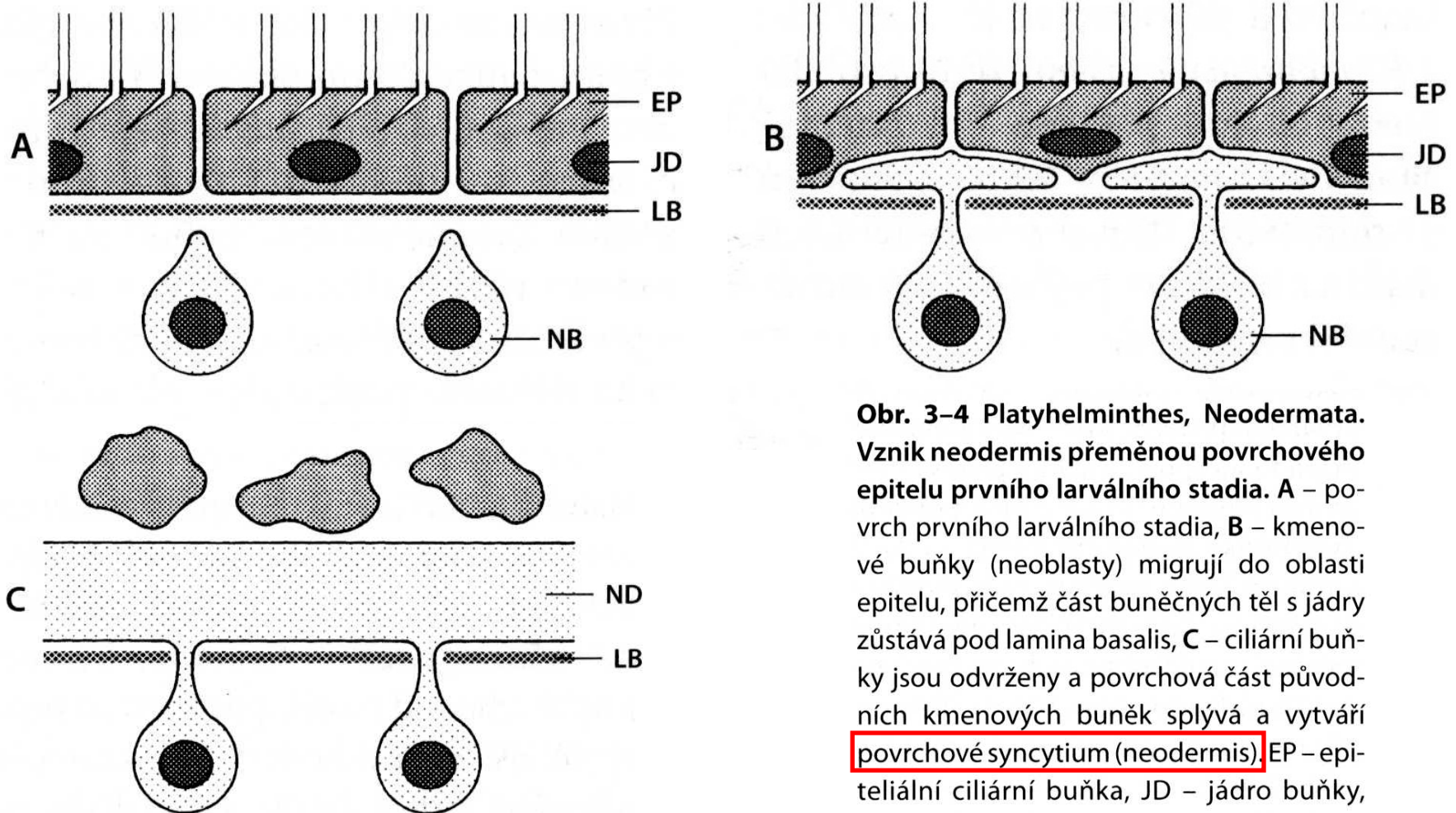


Fig. 4.26. Developmental possibilities of an undifferentiated cell (germ cell) in platyhelminths (e.g., cestodes; after Gustafsson's<sup>6</sup> and own original results). Note that the undifferen-

tiated cells are characterized by a large nucleus with a spherical nucleolus

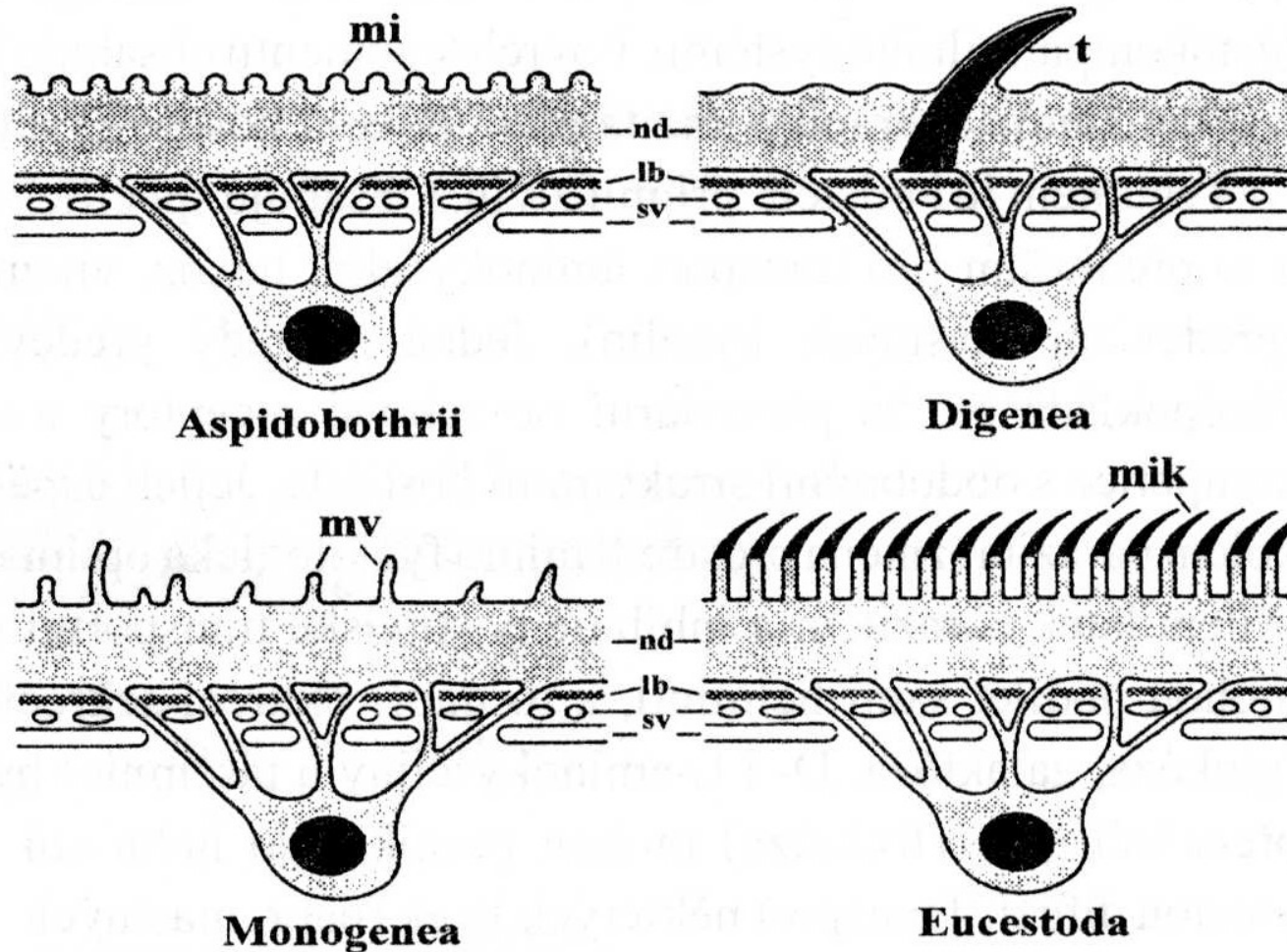
# Vznik neodermis



**Obr. 3–4** Platyhelminthes, Neodermata. Vznik neodermis přeměnou povrchového epitelu prvního larválního stadia. **A** – povrch prvního larválního stadia, **B** – kmenové buňky (neoblasty) migrují do oblasti epitelu, přičemž část buněčných těl s jádry zůstává pod lamina basalis, **C** – ciliární buňky jsou odvrženy a povrchová část původních kmenových buněk splývá a vytváří **povrchové syncytium (neodermis)**. EP – epitelální ciliární buňka, JD – jádro buňky, LB – lamina basalis, NB – neoblast, ND – neodermis (dle Ax a kol., 1989, upraveno).

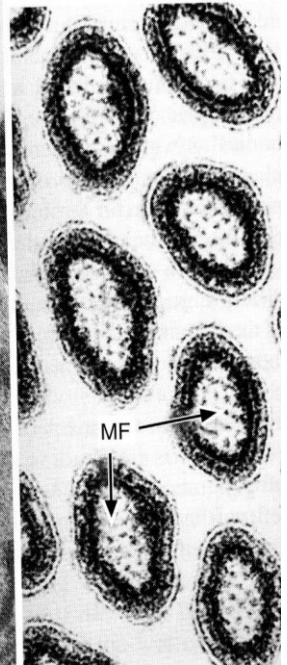
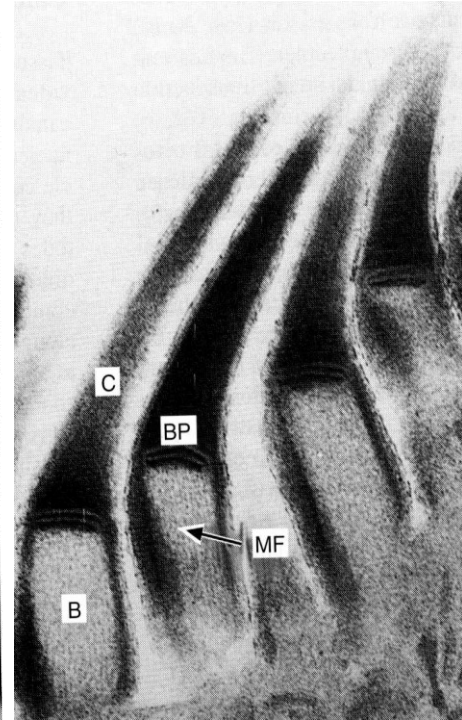
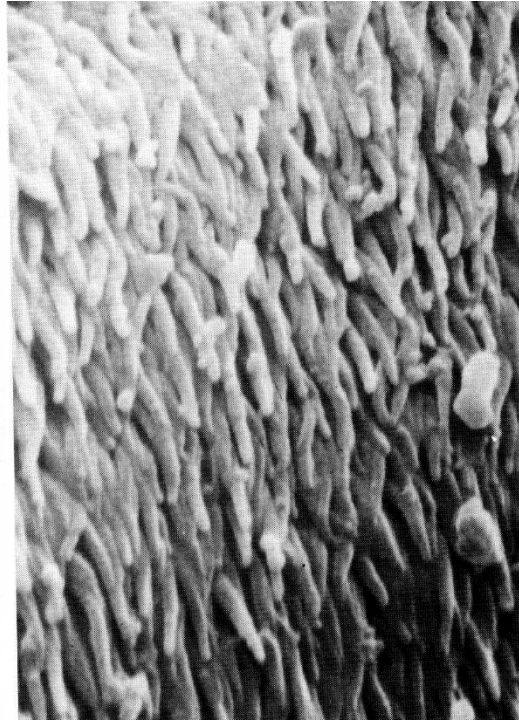
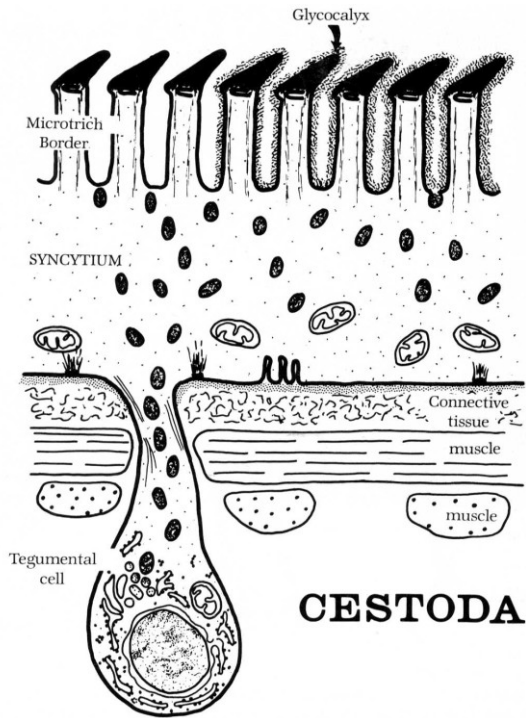


# Platyhelminthes - Neodermata



Obr. 8. Charakteristické typy neodermis (Ehlers 1985, upraveno)  
mi-mikrotuberkuly; t-trny obsahující aktin; mv-mikrovily;  
mik-mikrotrichy; nd-neodermis; lb-lamina basalis; sv-svalové vrstvy.

# Tegument – povrch těla tasemnic





# Giardia - pohyb tekutiny

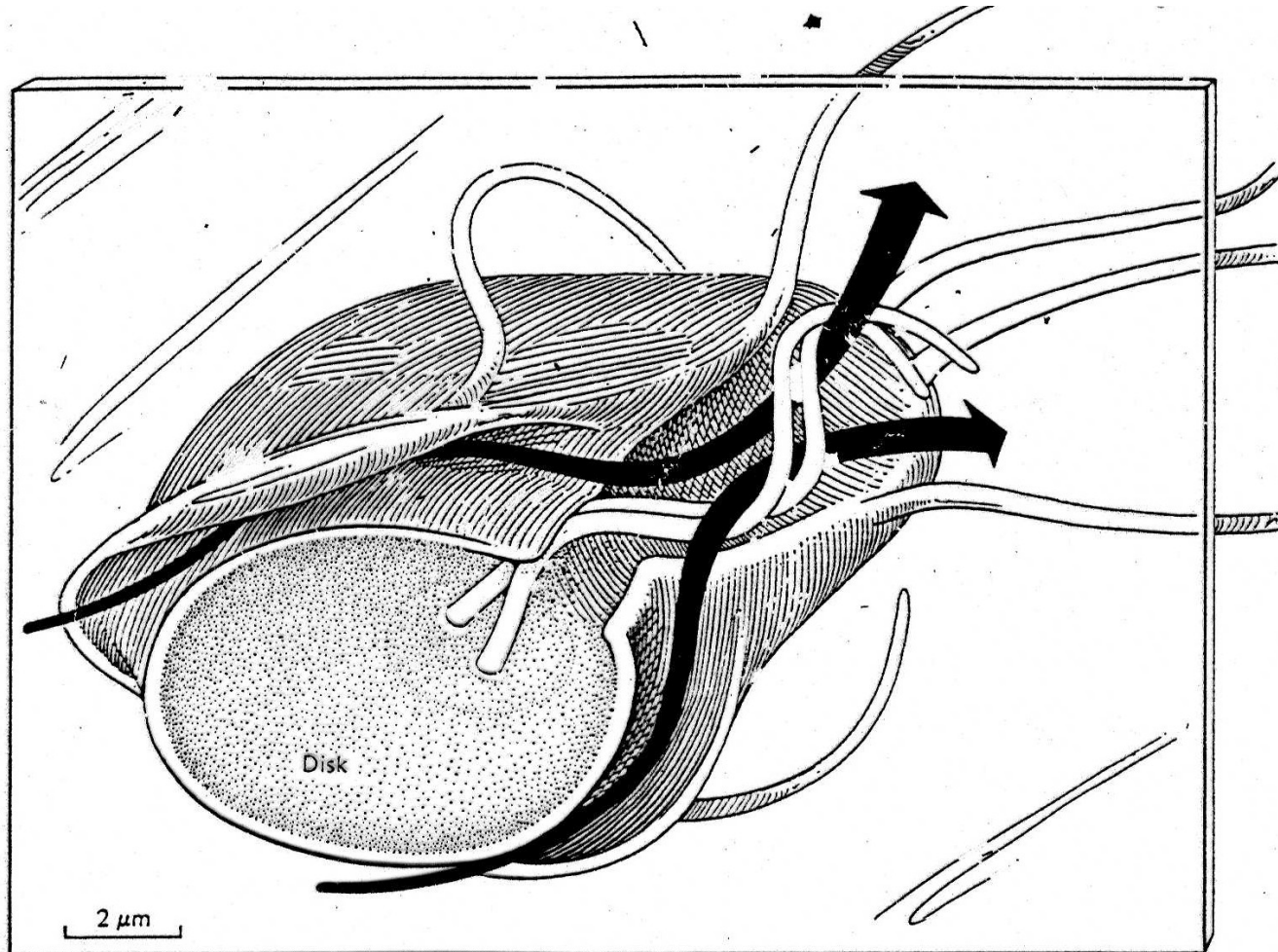
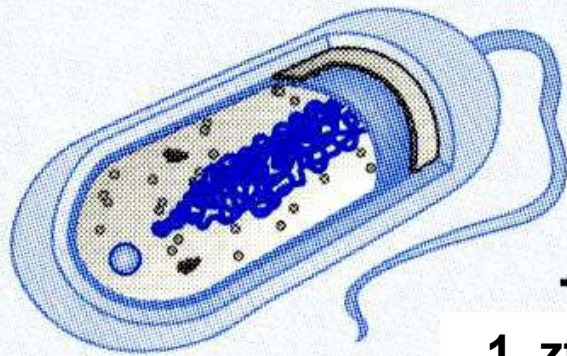


FIGURE 6.4 Ventral view of *Giardia* showing the movement of fluid through the action of the flagella. [Redrawn from Holberton, 1973. © The Company of Biologists.]

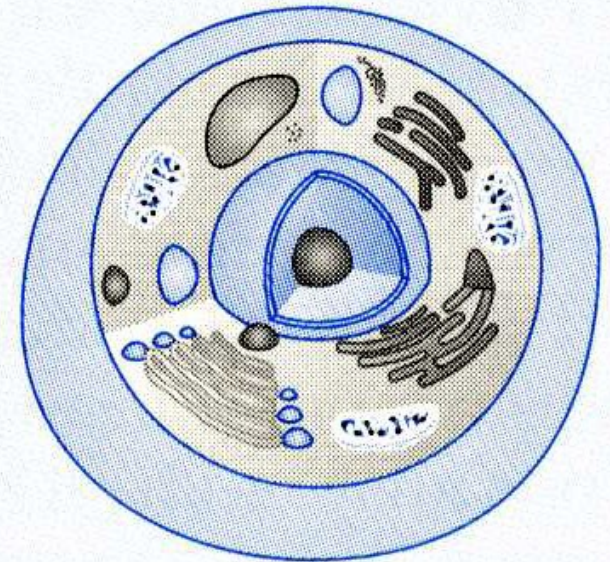
# Hlavní události v evoluci eukaryot



prokaryote



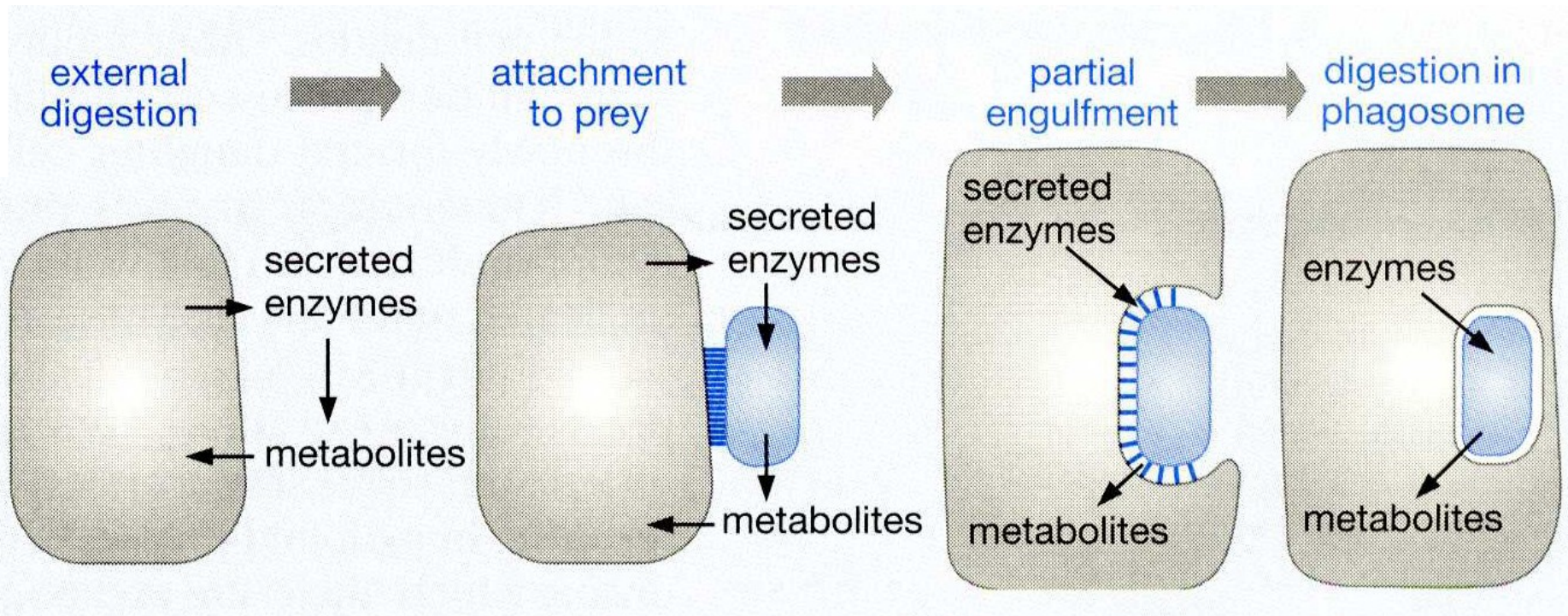
1. ztráta glykopeptidické buněčné stěny
2. vývoj vnitřního cytoskeletu
3. vznik fagotrofie



eukaryote

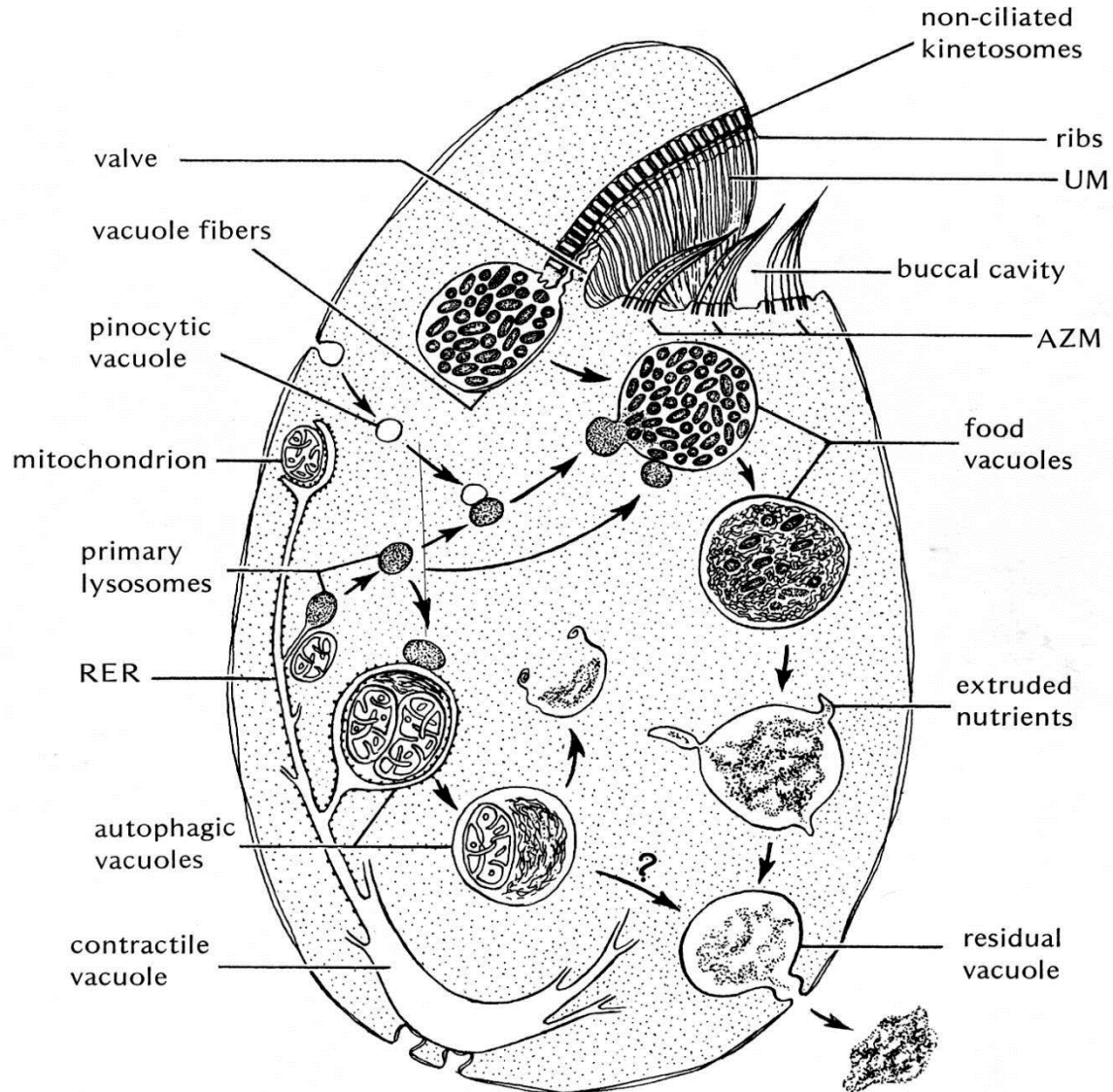


# Vznik a vývoj fagotrofie



# Tvorba potravní vakuoly

*Balantidium coli*

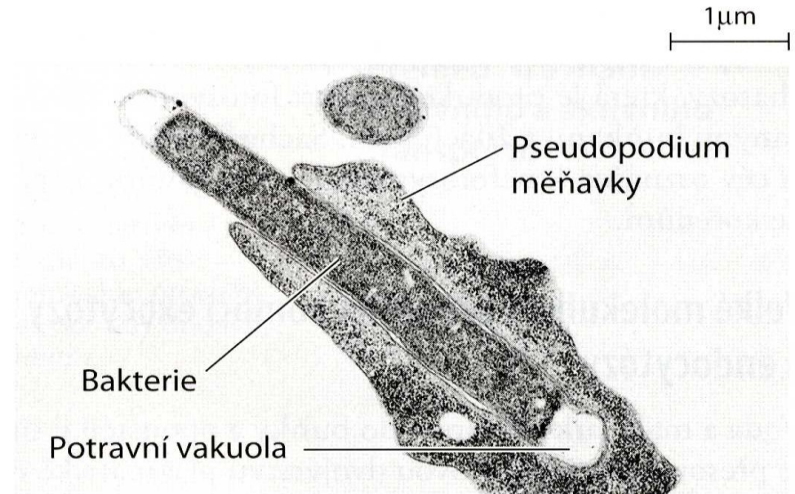
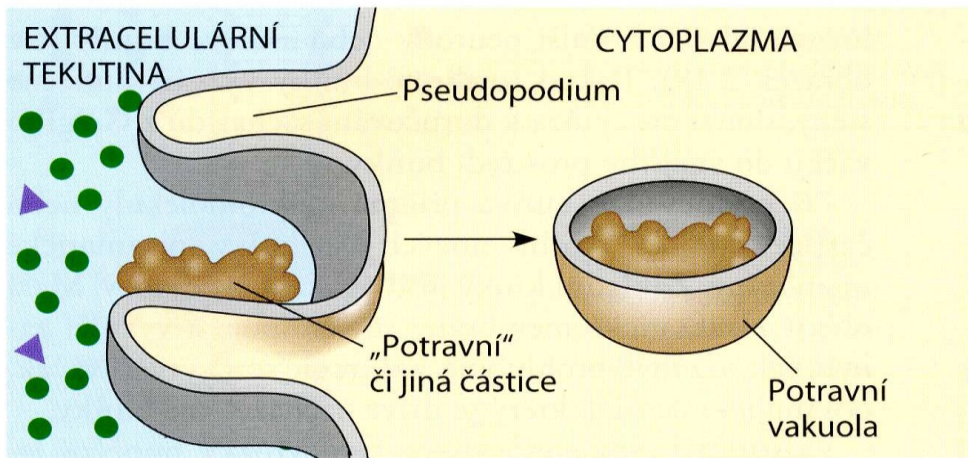


# Potrava a metabolismus prvoků

- **Heterotrofní** – mnoho symbiotických zástupců – evoluce parazitismu
- **Cytostom** - organela pro příjem potravy – Ciliata
- **Cytopyge** – buněčná řit
- Příjem potravy:
  - **Fagocytóza**
  - **Pinocytóza**
  - **Endocytóza**

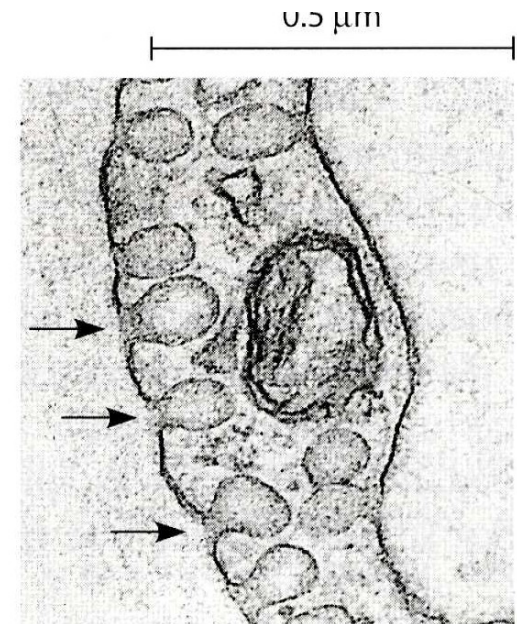
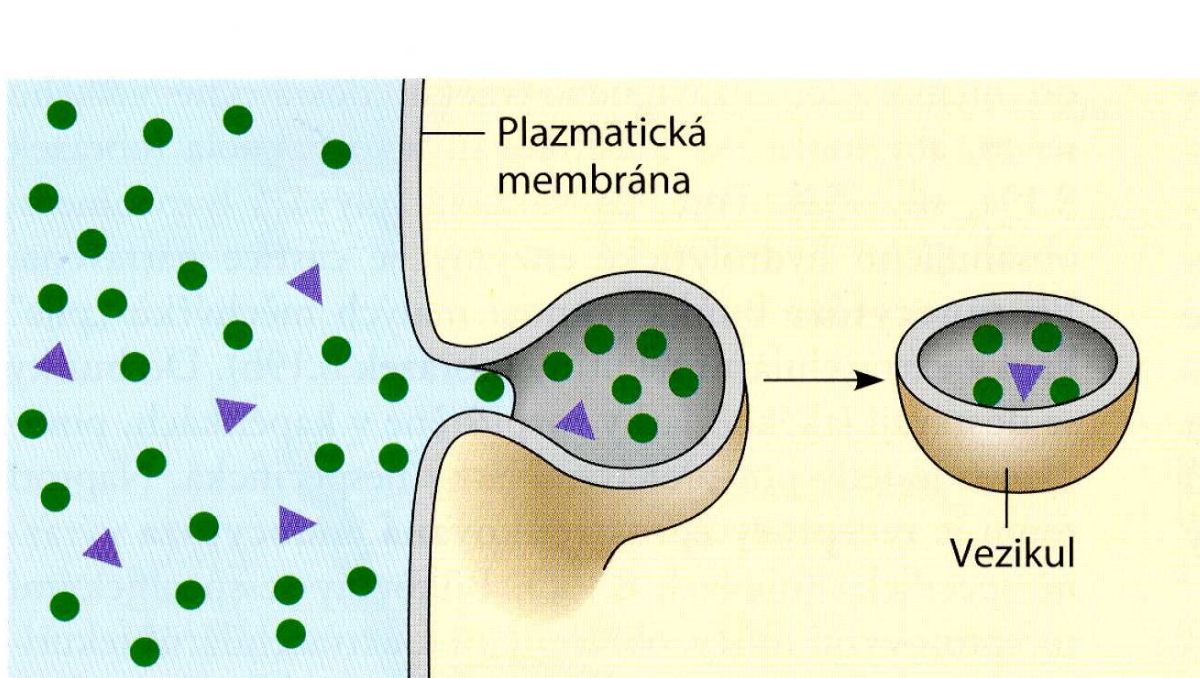


# Fagocytoza



**(a) Fagocytóza.** Pseudopodie obklopí částici a zabalí ji do vakuoly. Mikrofotografie ukazuje měňavku pohlcující bakterii (TEM).

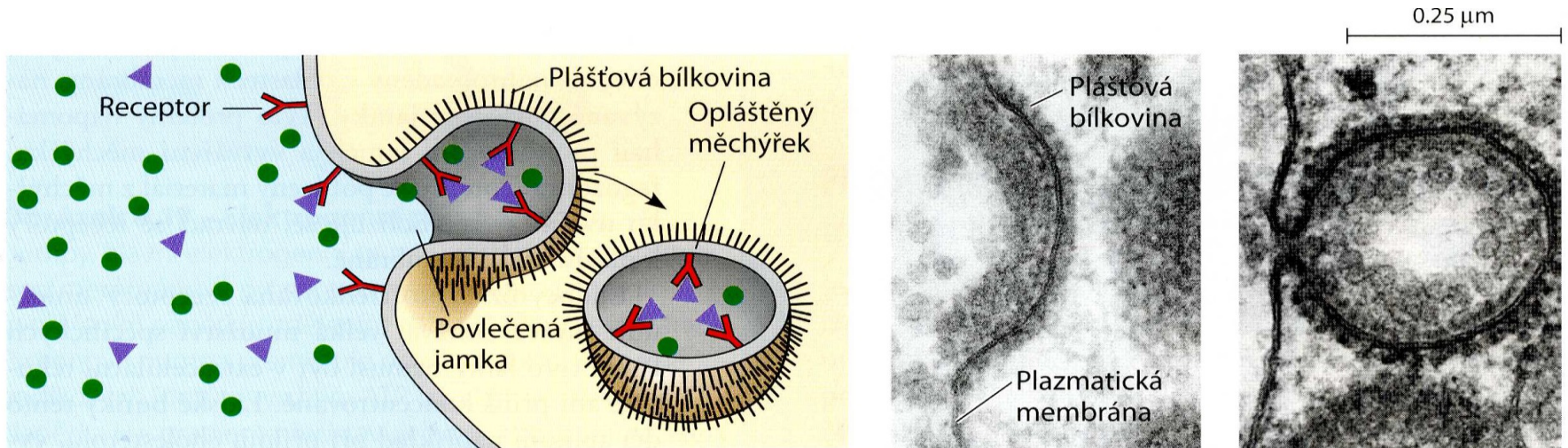
# Pinocytóza



**(b) Pinocytóza.** Kapky extracelulární tekutiny jsou začleňovány do buňky v malých měchýřcích. Mikrofotografie ukazuje pinocytární vezikuly, formující se (šipky) v buňce, jež vystýlá malou krevní cévku (TEM).

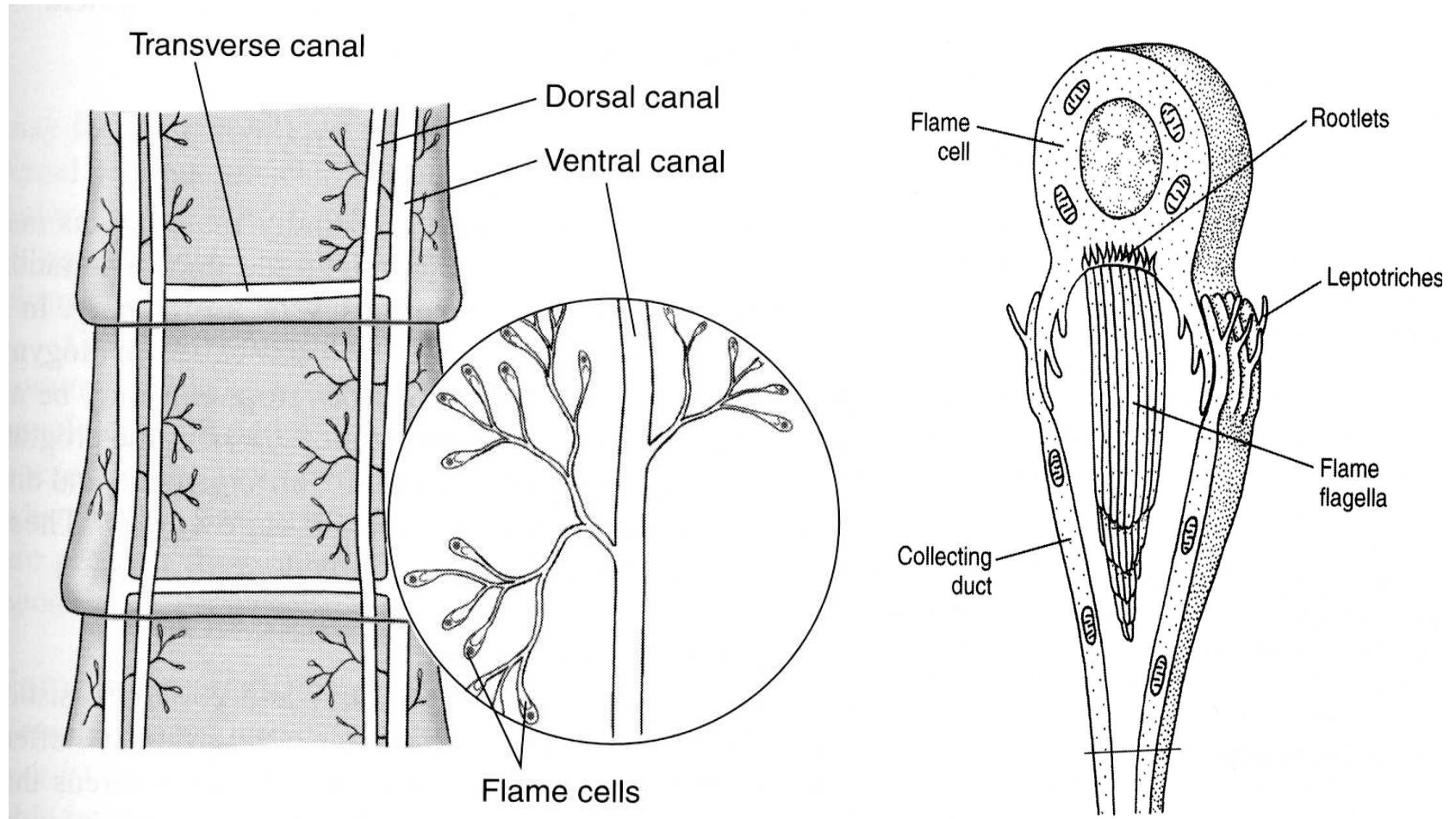


# Receptory zprostředkovaná endocytóza

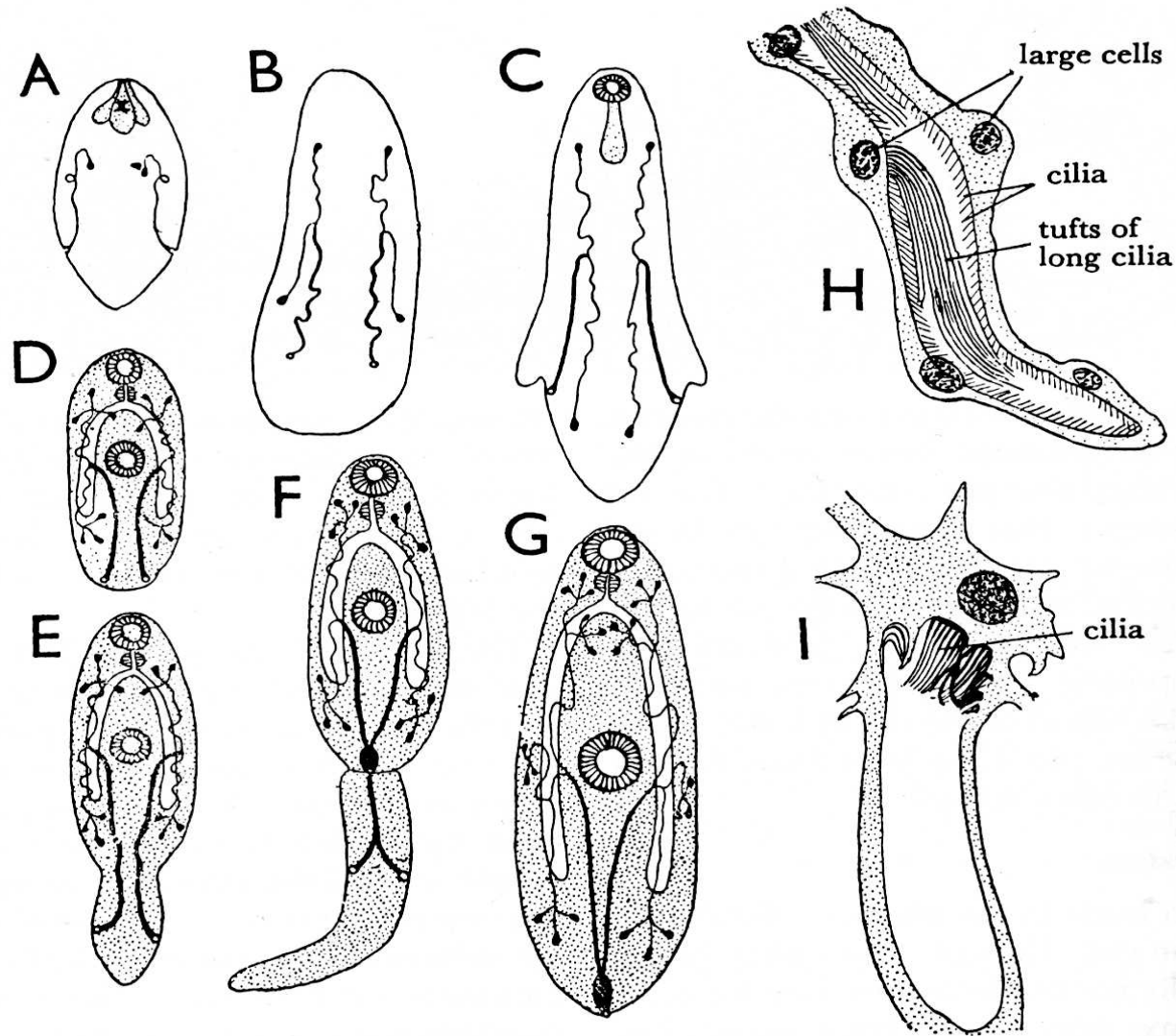


(c) **Receptory zprostředkovaná endocytóza.** Povlečené jamky vytváří váčky, kde se specifické molekuly (ligandy) váží na receptory na buněčném povrchu. Všimněte si, že uvnitř váčků se nachází relativně více navázaných molekul (fialová), přestože jsou přítomny i molekuly jiné (zelená). Mikrofotografie ukazuje dvě postupná stadia endocytózy zprostředkované receptory (TEM).

# Osmoregulace: exkreční soustava tasemnice



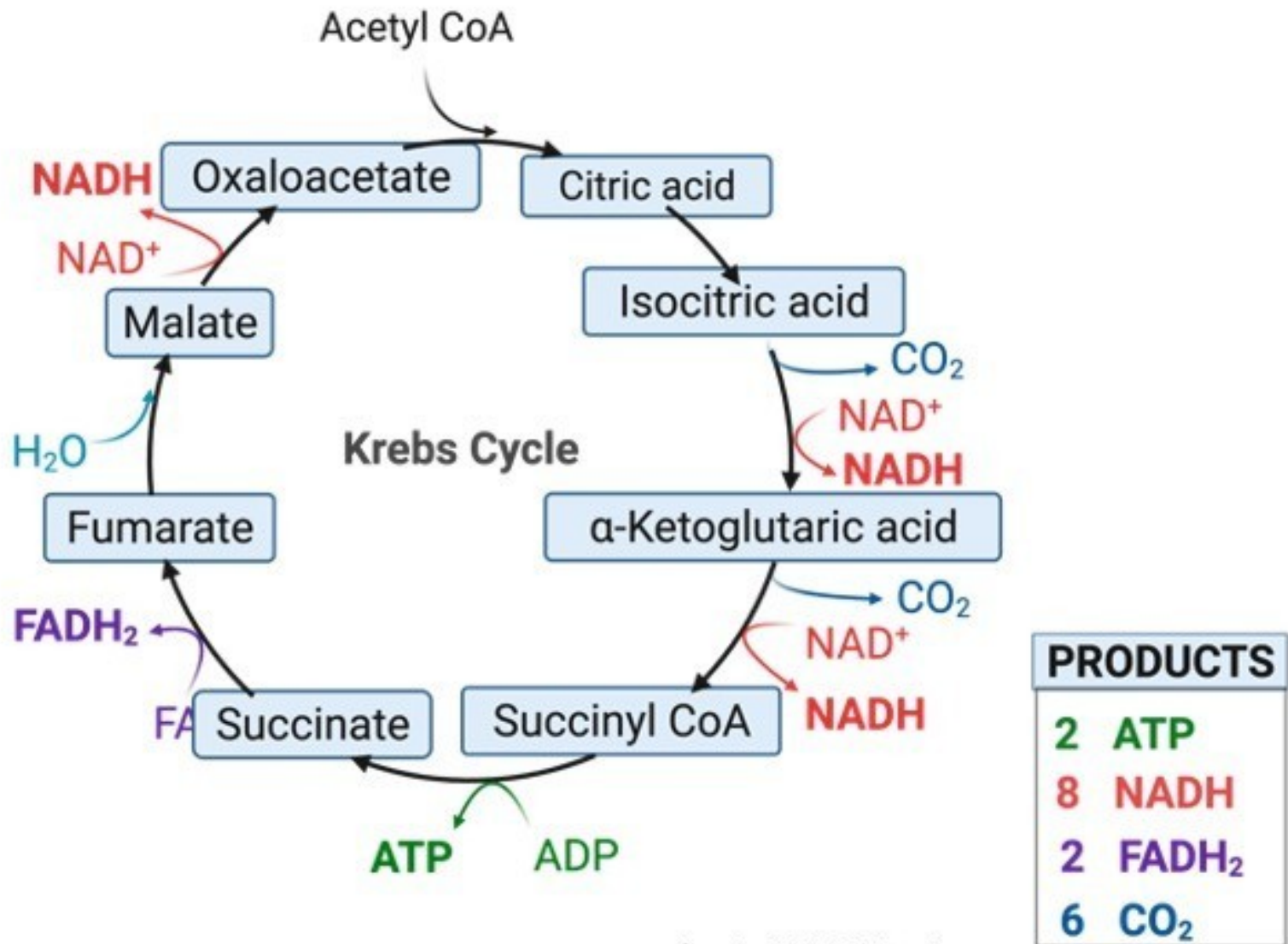
# Exkreční systém motolic

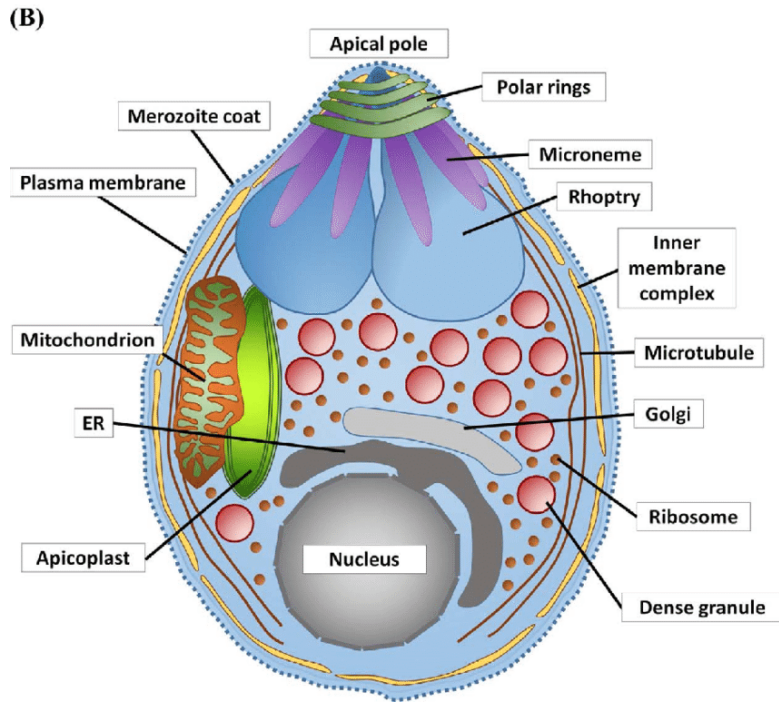
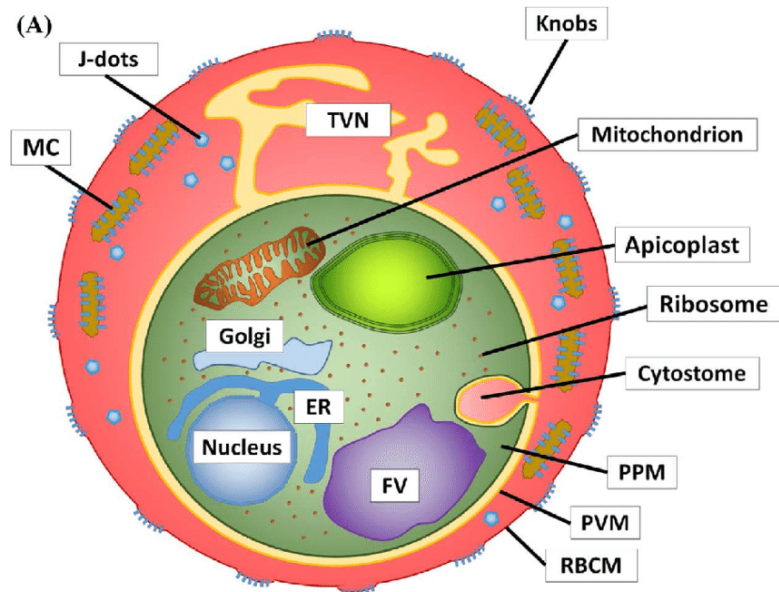


**Fig. 9-4.** The excretory system of Digenea. *A*, Miracidium. *B*, Sporocyst. *C*, Redia. *D*, *E*, *F*, Stages in development of the cercaria. *G*, Metacercaria. *H*, Tufts of long cilia and large cells forming the ciliated wall of the canal (not seen in the adult). *I*, Young-stage flame cell from *Dicrocoelium dendriticum*. (From Dawes. *The Trematoda*, courtesy of Cambridge University Press.)

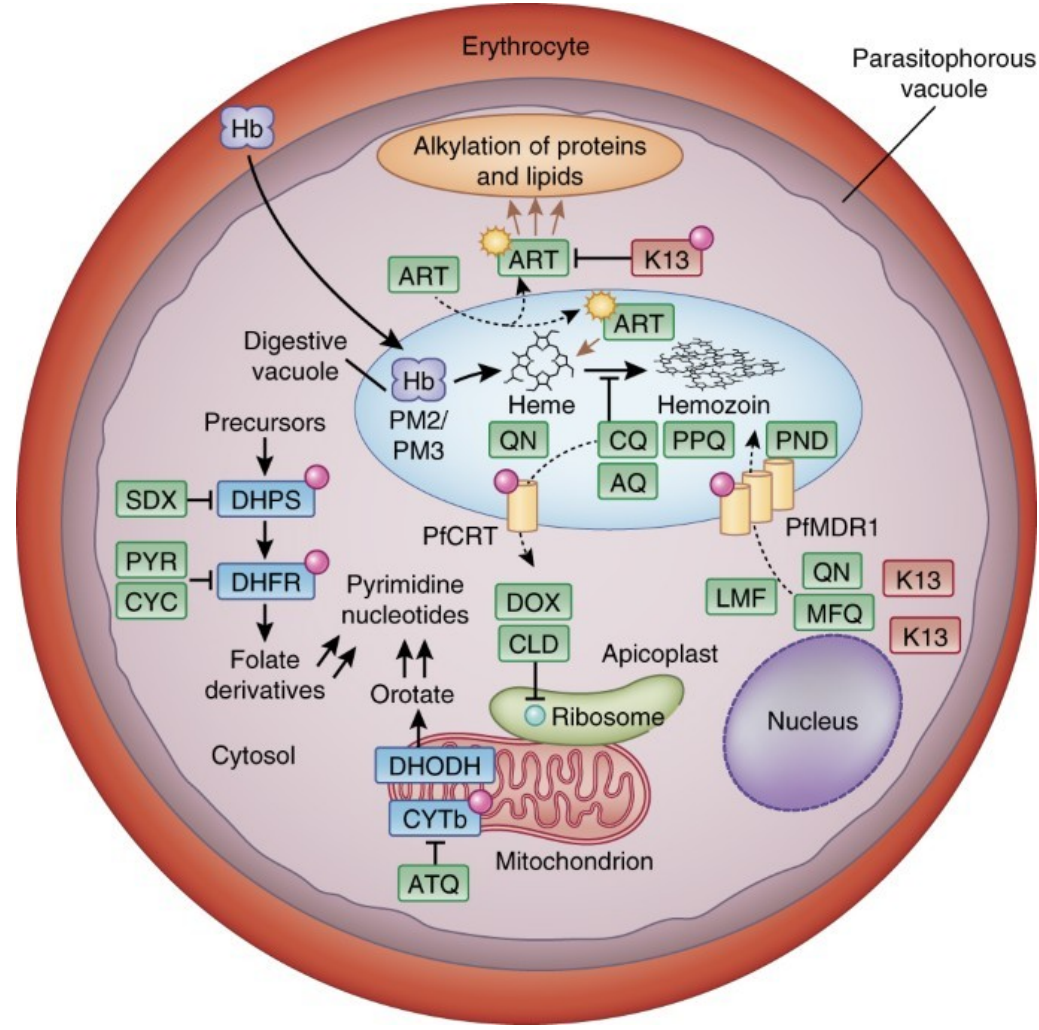


# Anaerobní metabolismus parazitů

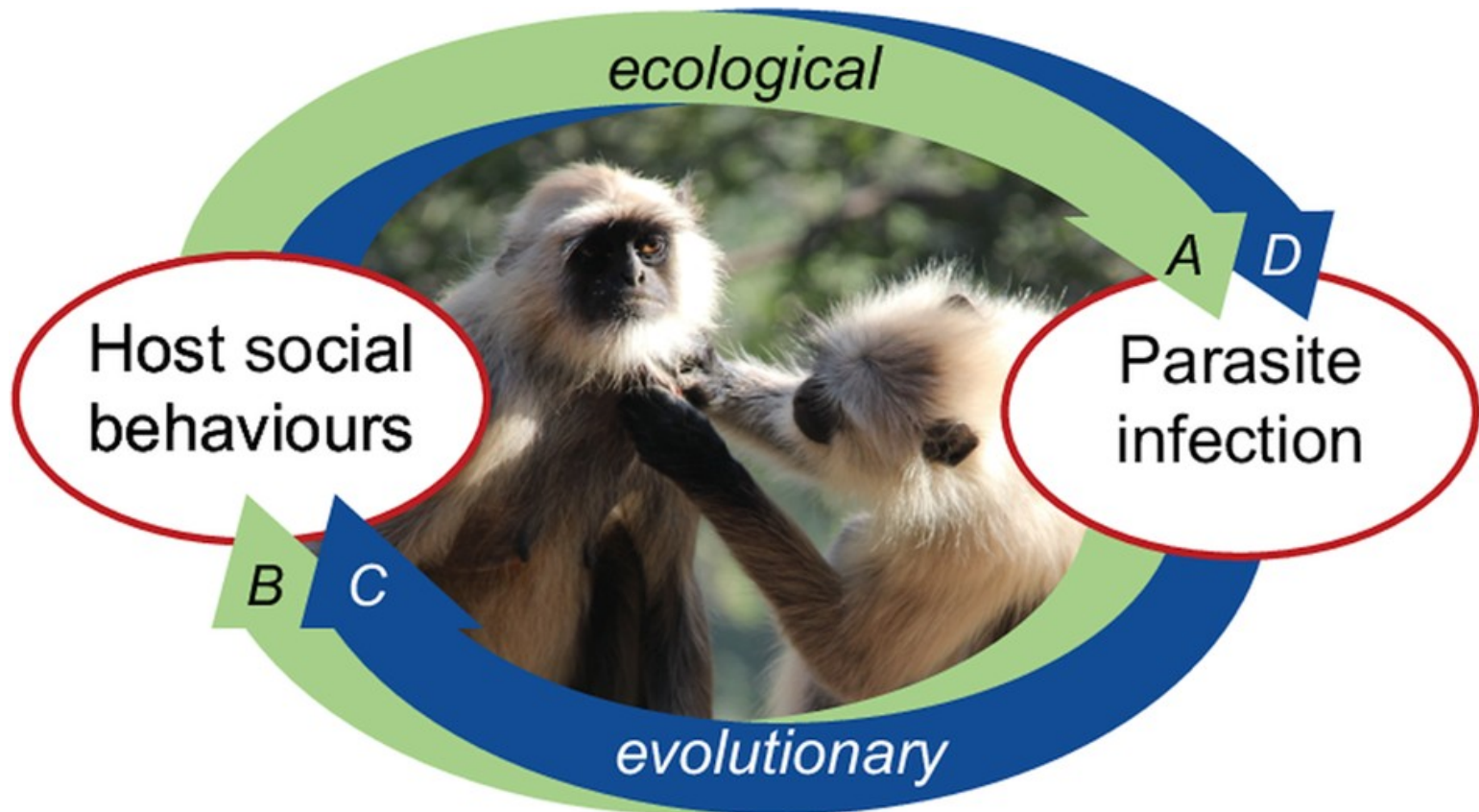




Пříklad. *Plasmodium falciparum*



# Adaptace behaviorální

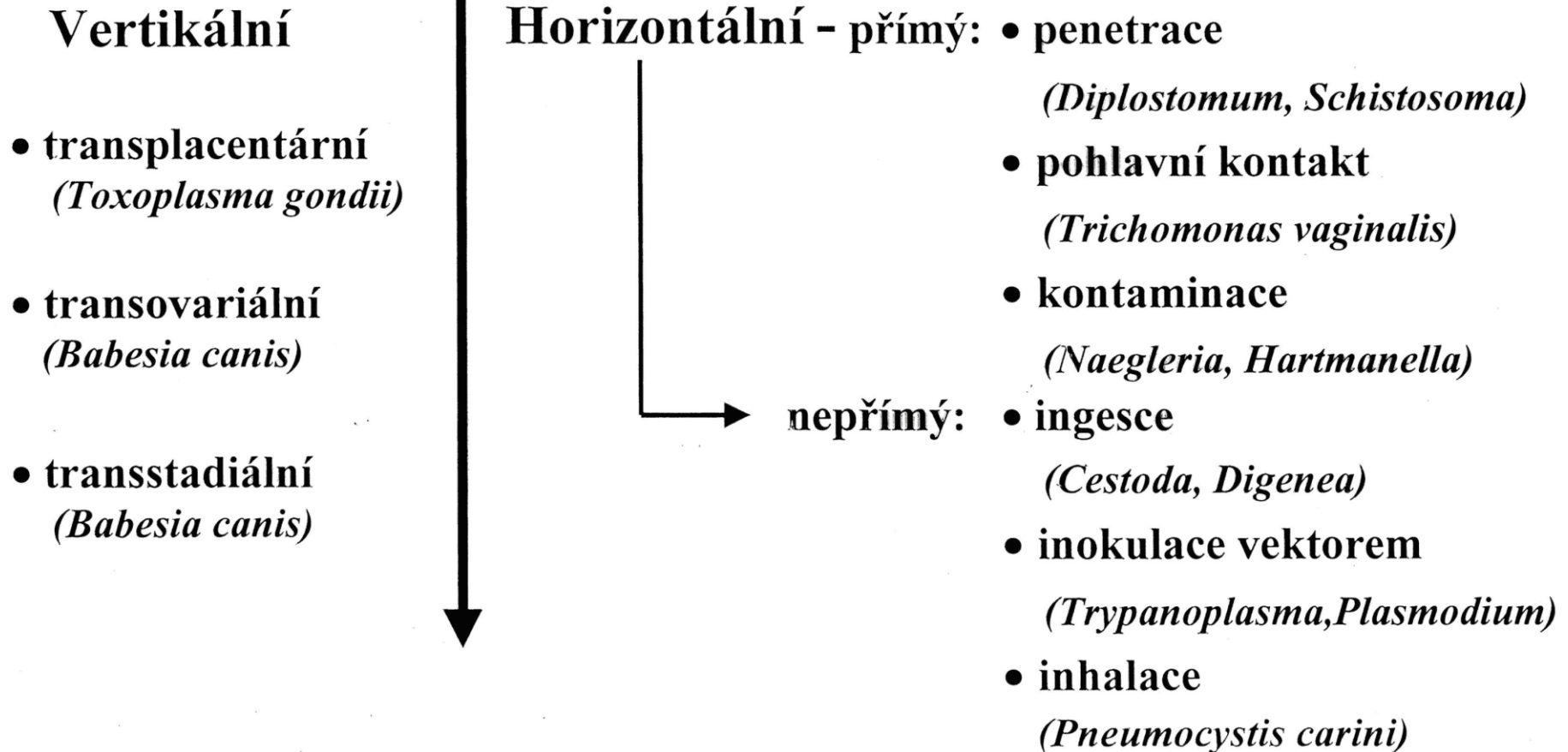


# Behaviorální (etologické) adaptace

- Migrace invazních larev:
  - Horizontální
  - Vertikální
  - Ontogenetické
- Manipulace chováním hostitelů –  
mezihostitelů



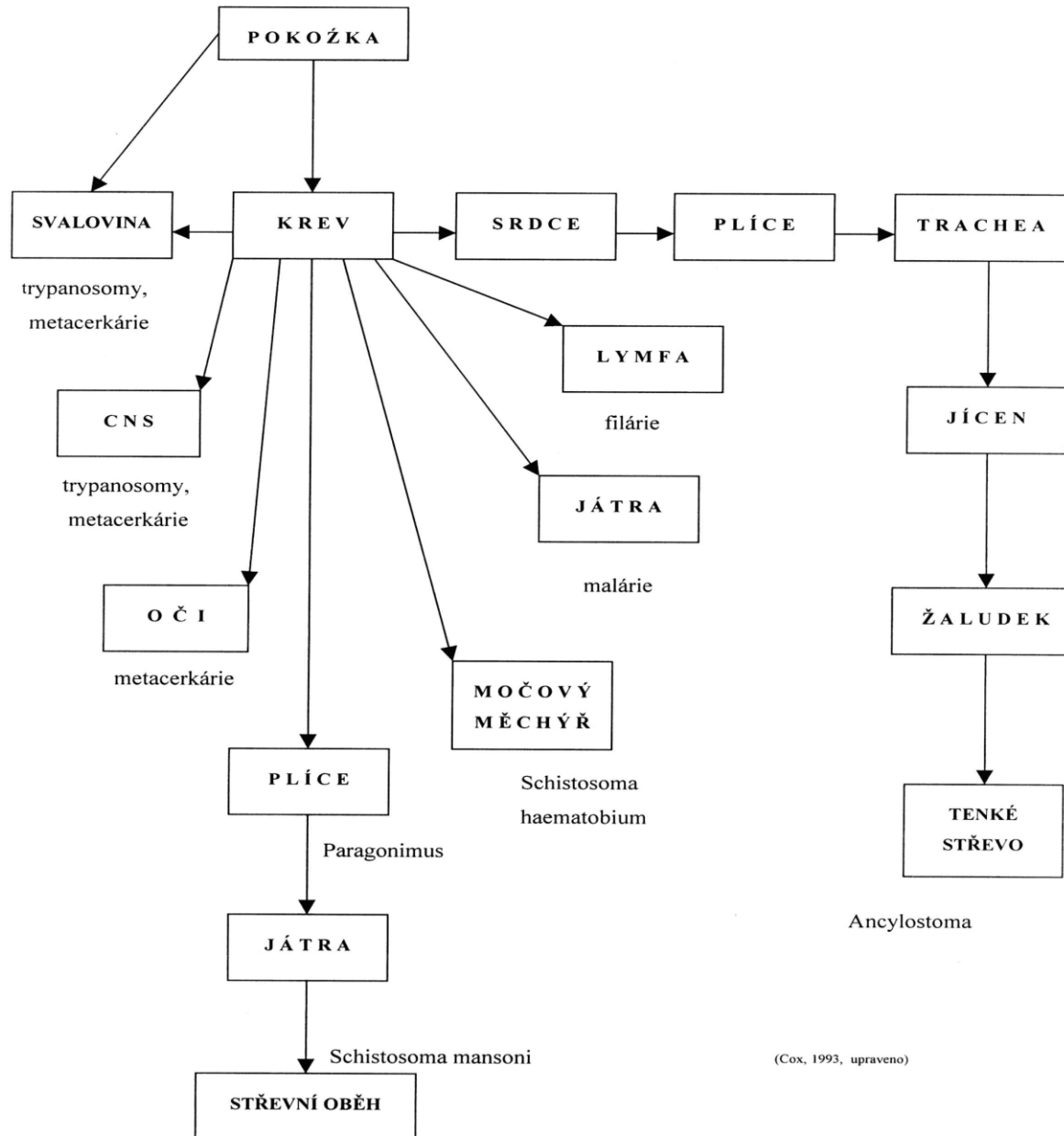
# Přenos a šíření cizopasníků





# ONTOGENETICKÁ MIGRACE

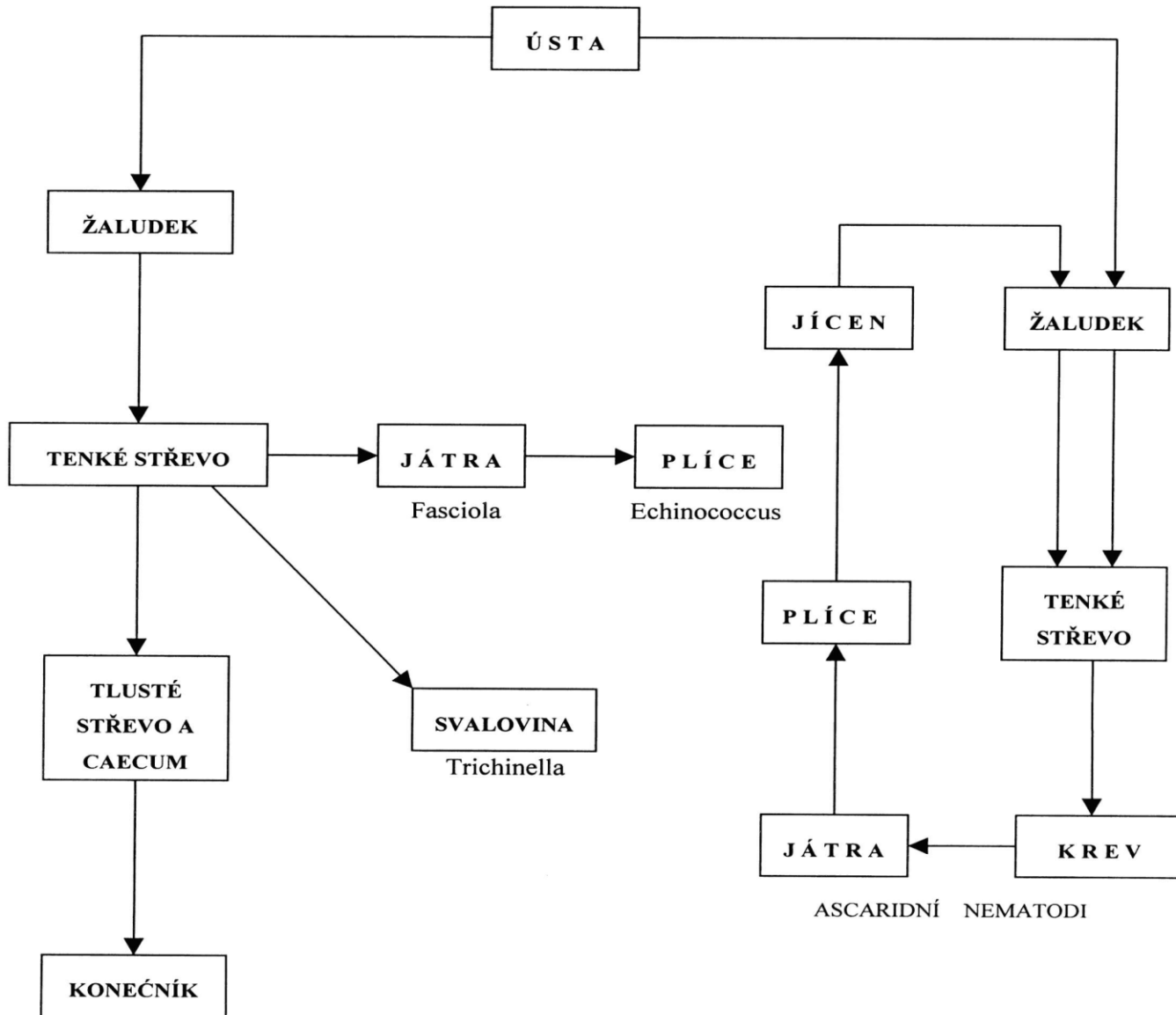
## Průnik přes pokožku (penetrace, inokulace)



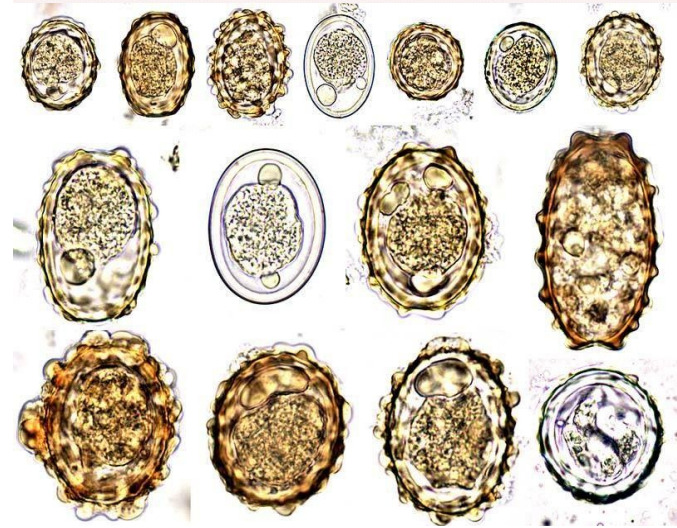
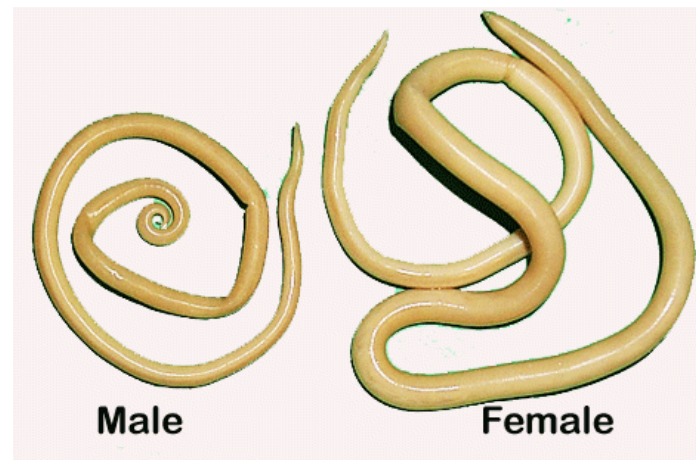
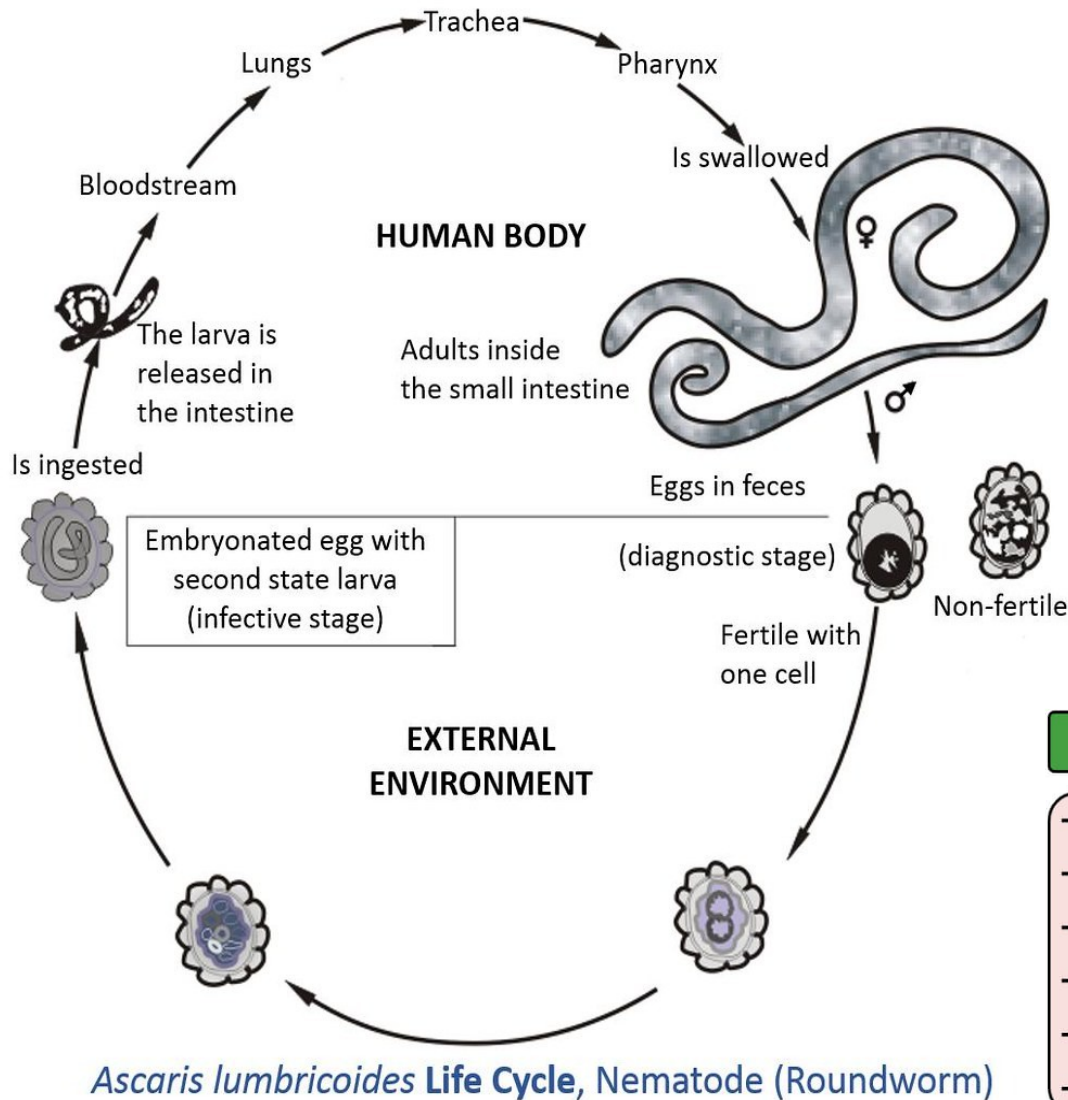
(Cox, 1993, upraveno)

# ONTOGENETICKÁ MIGRACE

## Průnik ústy (ingesce)

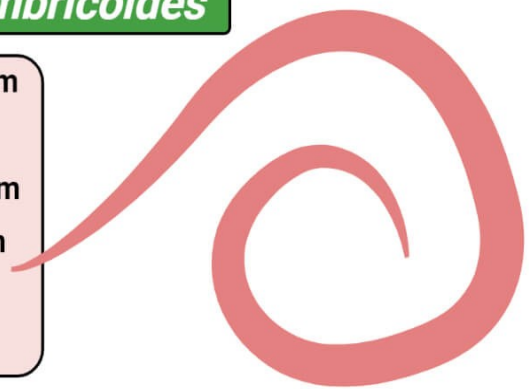


# Nematoda: *Ascaris lumbricoides*

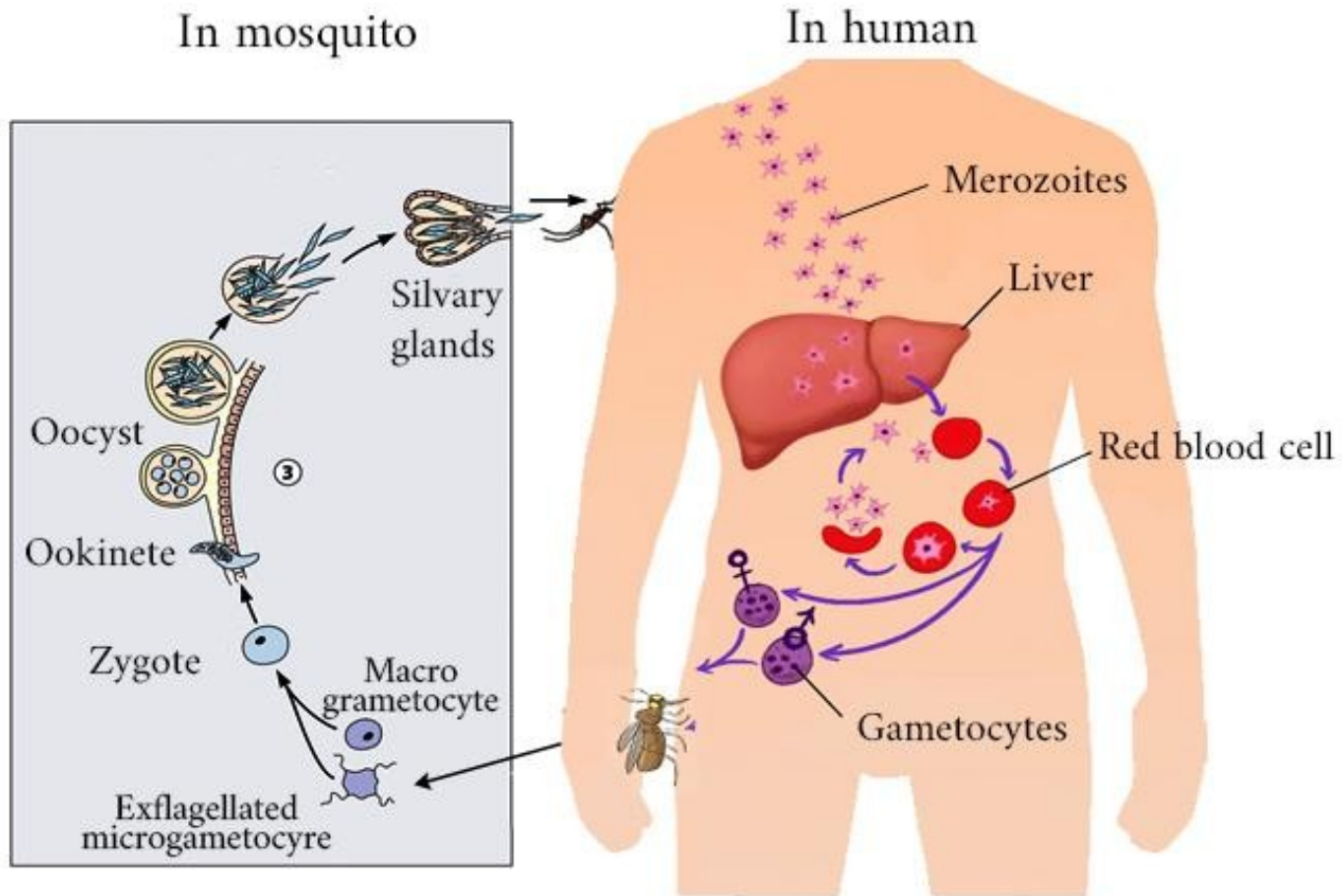


## *Ascaris lumbricoides*

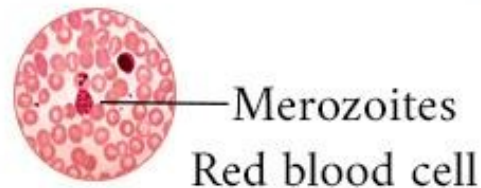
- Digestive System
- Respiration
- Excretory System
- Nervous System
- Sense Organs
- Locomotion



# Ontogenetická migrace v hostiteli



Plasmodium:  
původci malárie



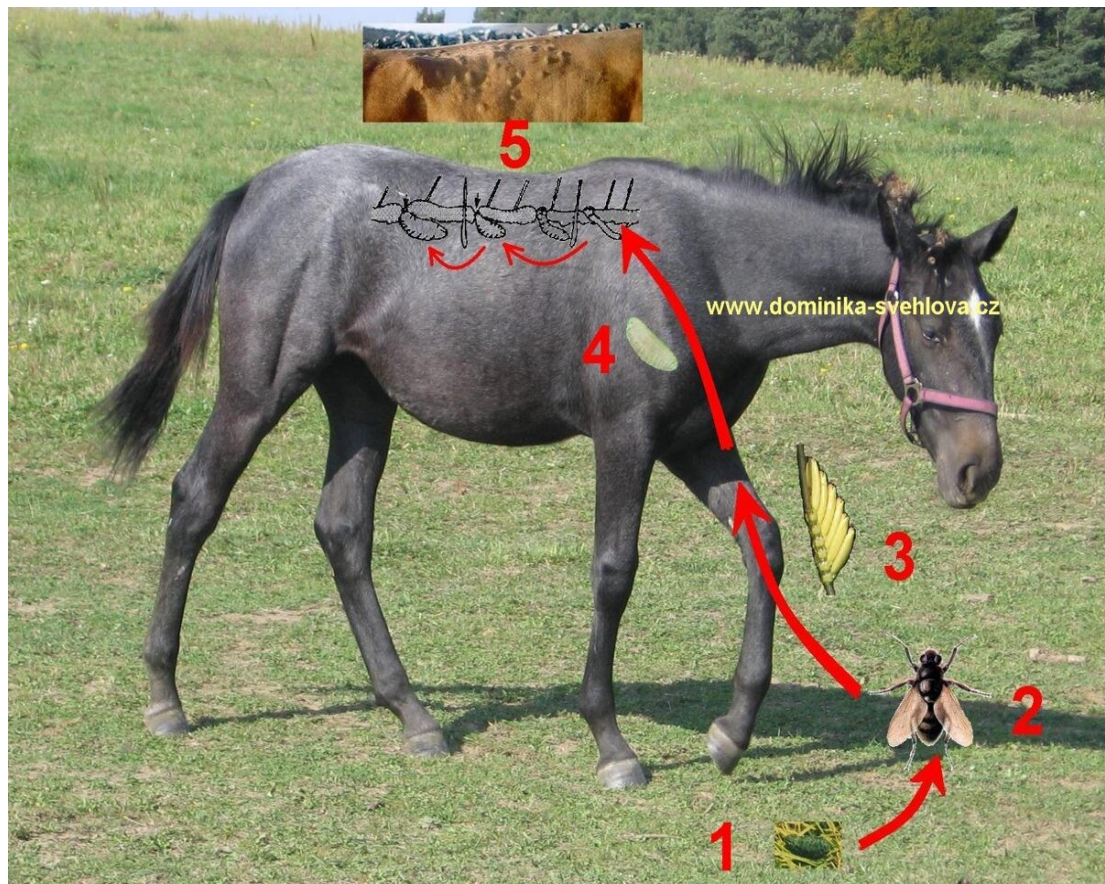
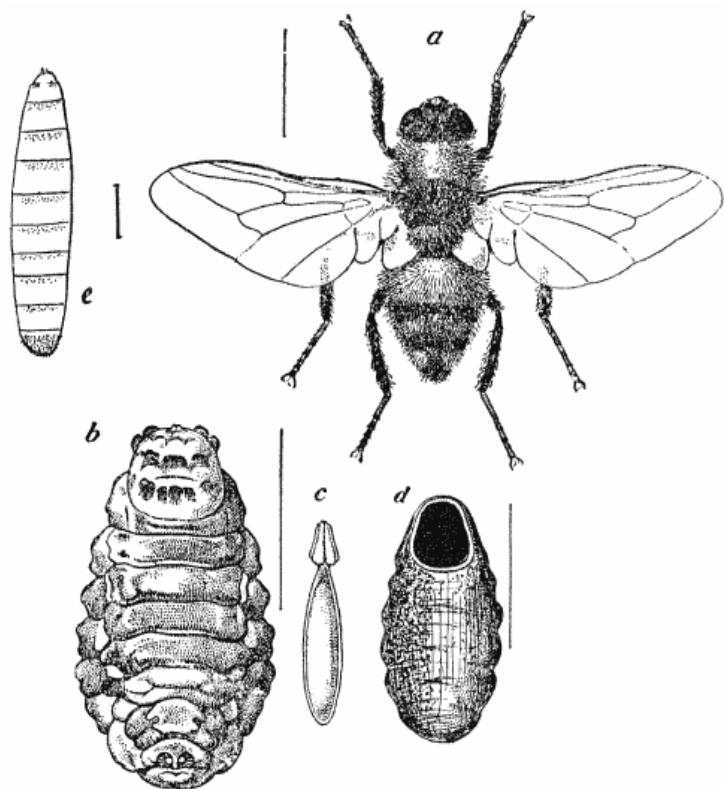
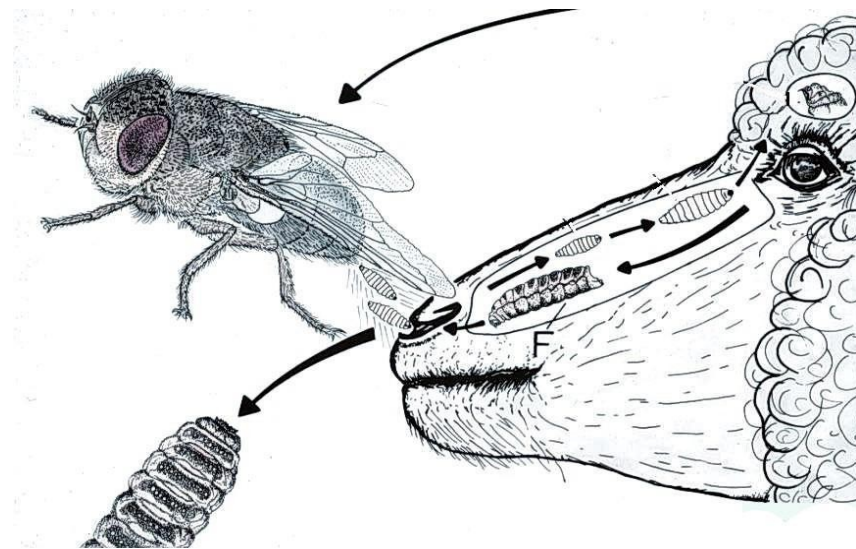


## Střečci:

Podkožní: *Hypoderma bovis*

Nosní a hltanoví: *Oestrus ovis*

Žaludeční: *Gastrophilus intestinalis*





# Manipulace chováním hostitele parazita

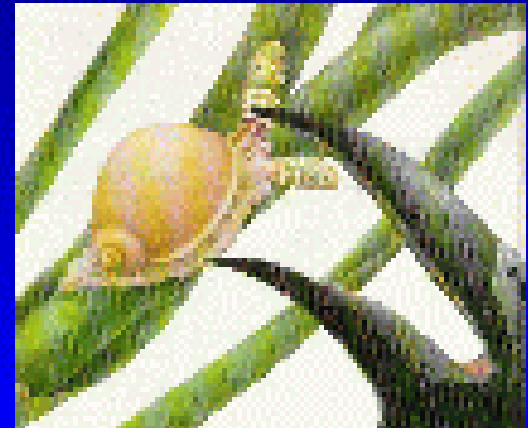
## Manipulation hypothesis

---

*Toxoplasma gondii*



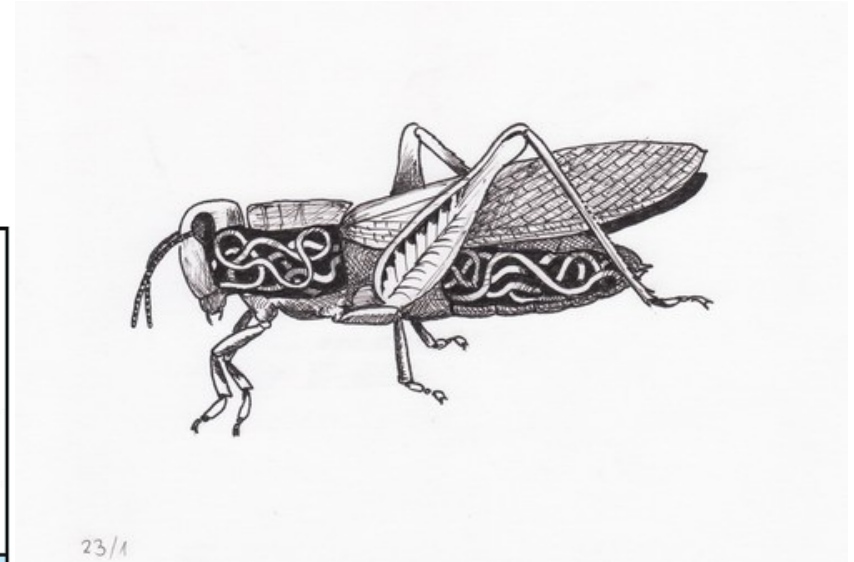
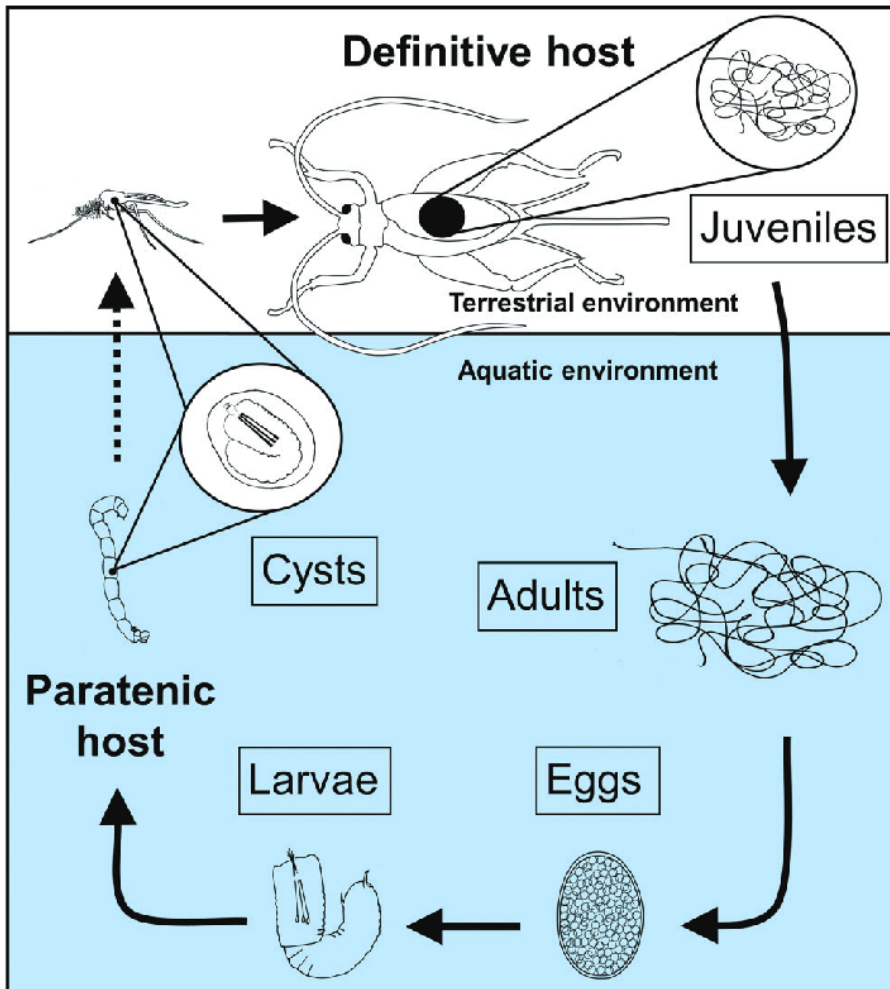
*Leucochloridium paradoxum*



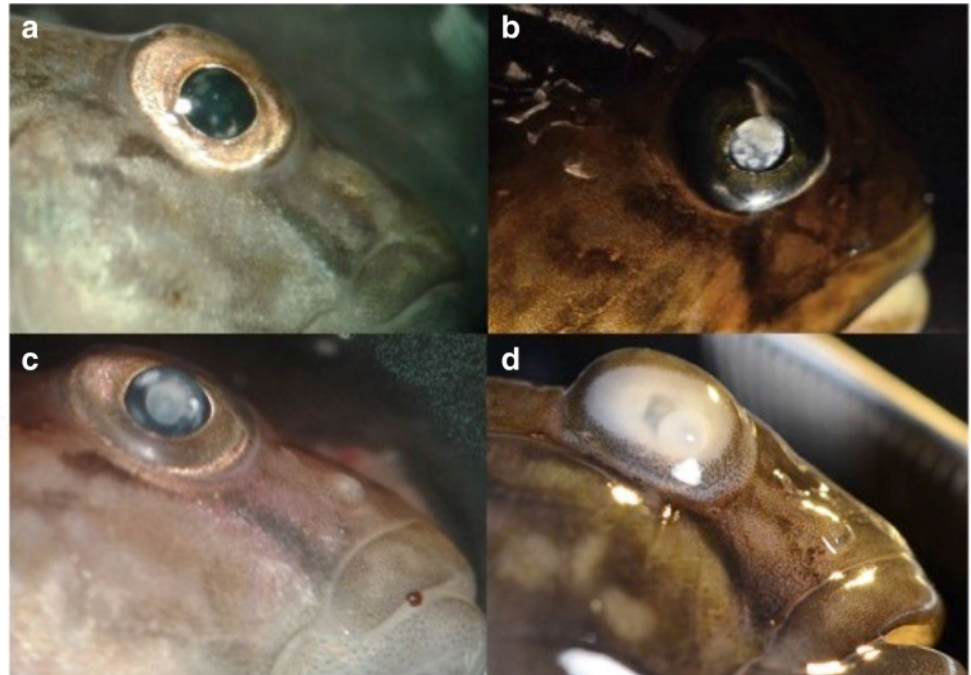
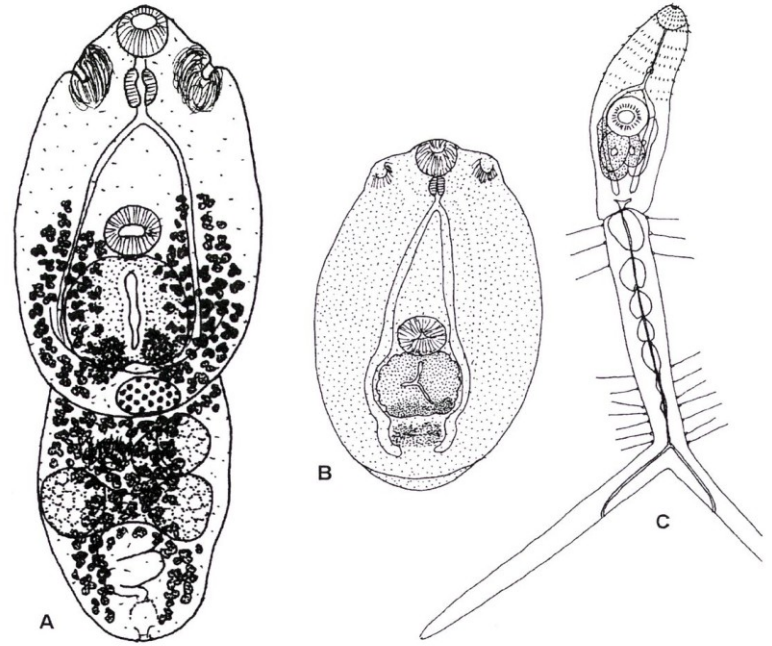
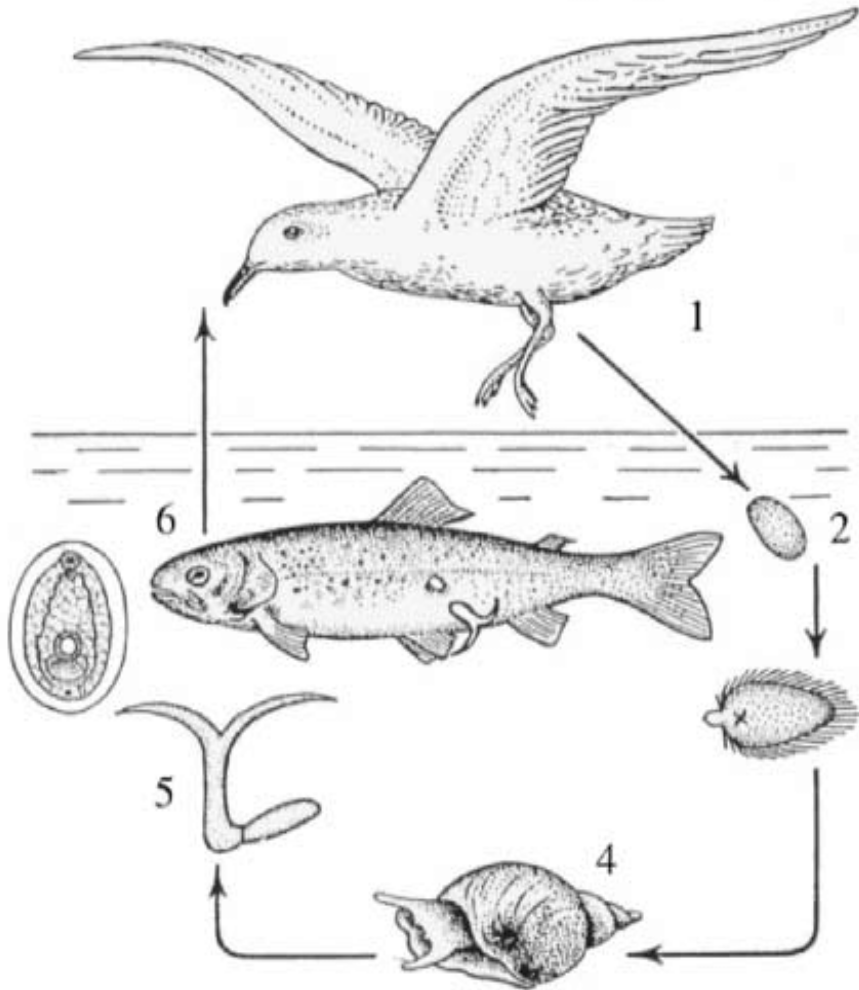
*Dicrocoelium dendriticum*



# Nematomorpha - Gordius



# Motolice: *Diplostomum pseudospathaceum*



# Vliv parazita na chování hostitele

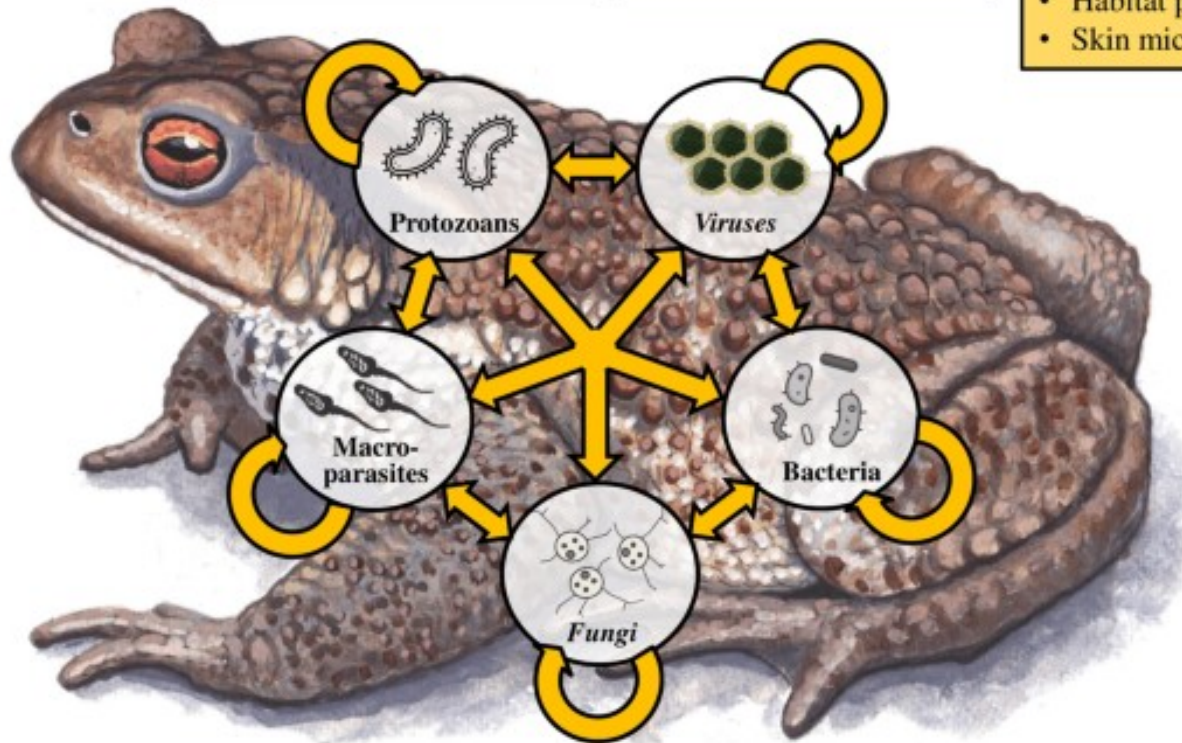
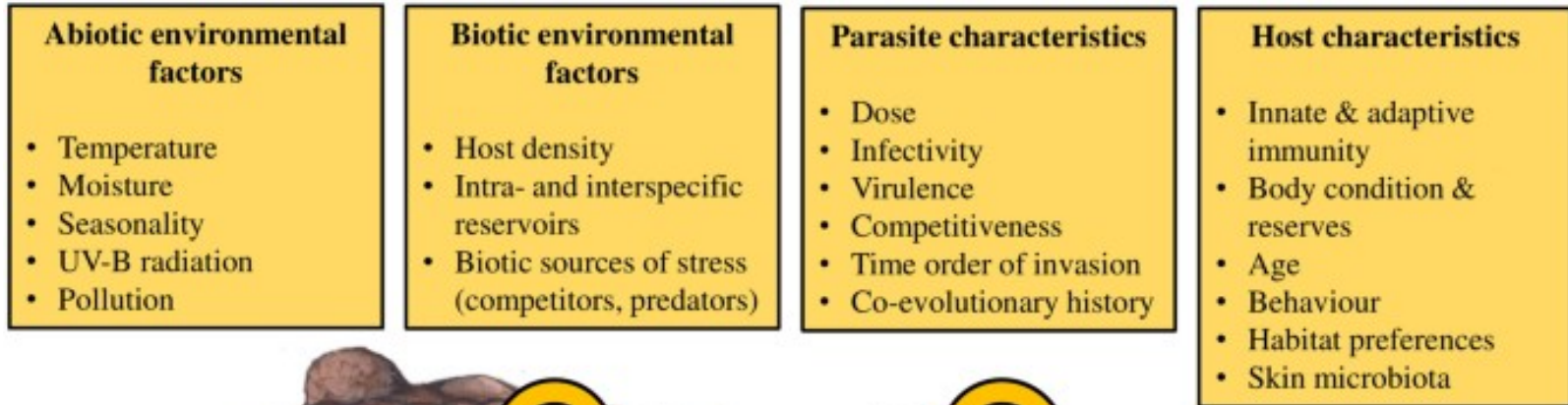
- **Manipulační hypotéza** předpokládá, že parazit mění chování hostitele způsobem, který zvyšuje přenos parazita na hostitele dalšího.
- takovéto změny jsou nejčastěji popisovány u vícehostitelských parazitů přenášených predací
- samotné změny chování způsobené patogenním působením parazita, ale nezvyšující jeho přenos, nejsou považovány za manipulaci, i když v praxi bývá obtížné tyto jevy odlišit
- klasickým příkladem manipulativního působení parazita na hostitele je *Dicrocoelium dendriticum*.
  - u plžního mezihostitele způsobí tvorbu slizových koulí obsahujících cercárie, které chutnají mravencům
  - metacercárie vzniklé v mravenci pak mění jeho chování tak, aby byl snáze pozřen býložravcem - ráno a večer se mravenec zaklesne kusadly do stébla trávy, ale v noci a přes den, kdy mu hrozí vyschnutí na slunci, se vrací do mraveniště.

# Vliv parazita na chování hostitele

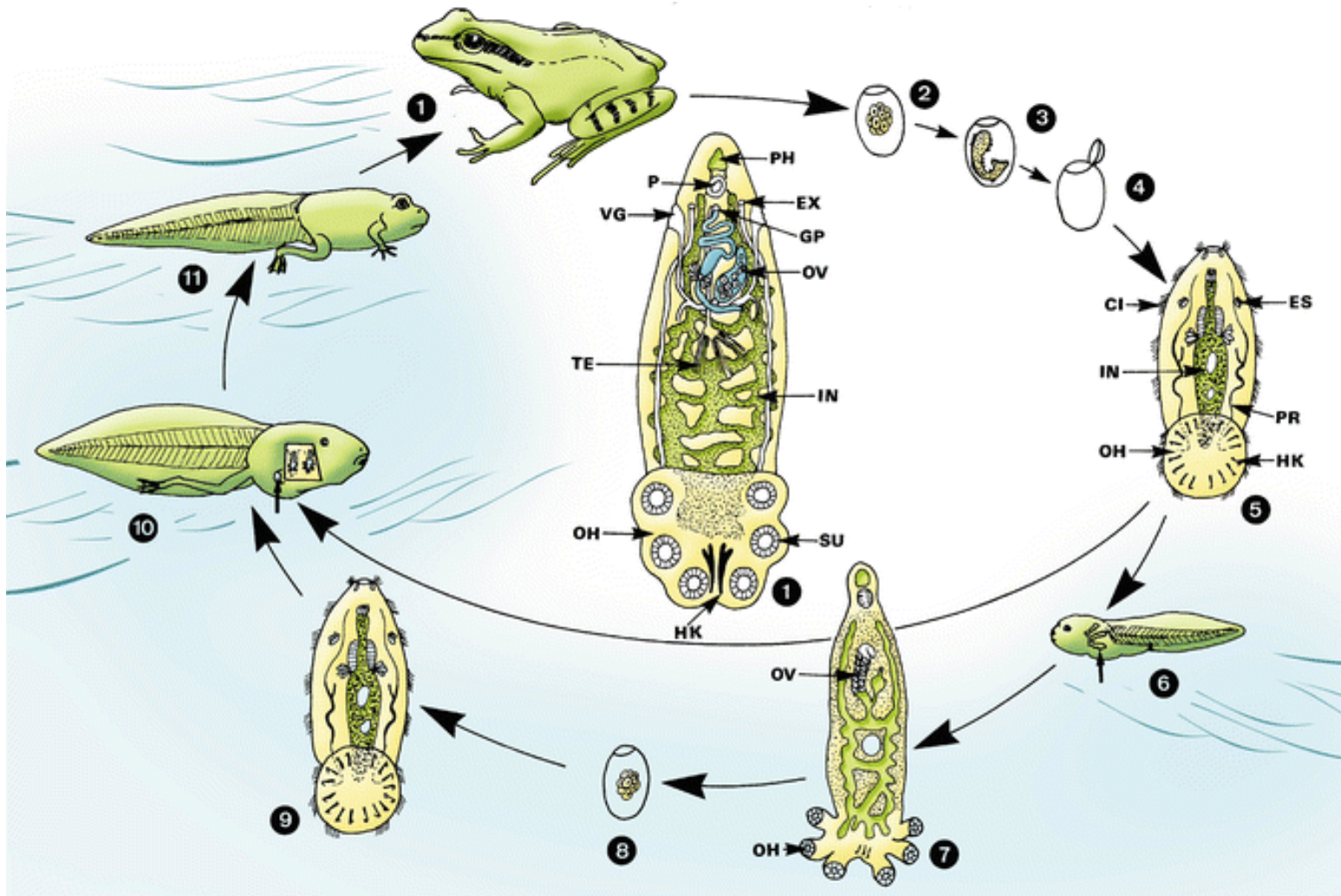
- Hmyz – přenašeči: patogen ztěžuje parazitovanému vektoru sání krve, a vektor se pokouší sát vícekrát, často i na různých hostitelích.
- Obratlovci
  - např. u ryb parazitovaných motolicí *Diplostomum*: metacerkárie v oku ryby snižují vidění, a tak ryba hůře uniká predátorovi - definitivnímu hostiteli. zhoršený osvit sítnice též způsobí roztažení melanocytů v kůži ryby, a tak zvýší její nápadnost.
  - Savci – např. hlodavci parazitovaní vícehostitelskými kokcidiemi se stávají snadnější kořistí predátorů.
  - Toxoplasma – „myši chodí za kočkami, lidé skáčou pod auta“...



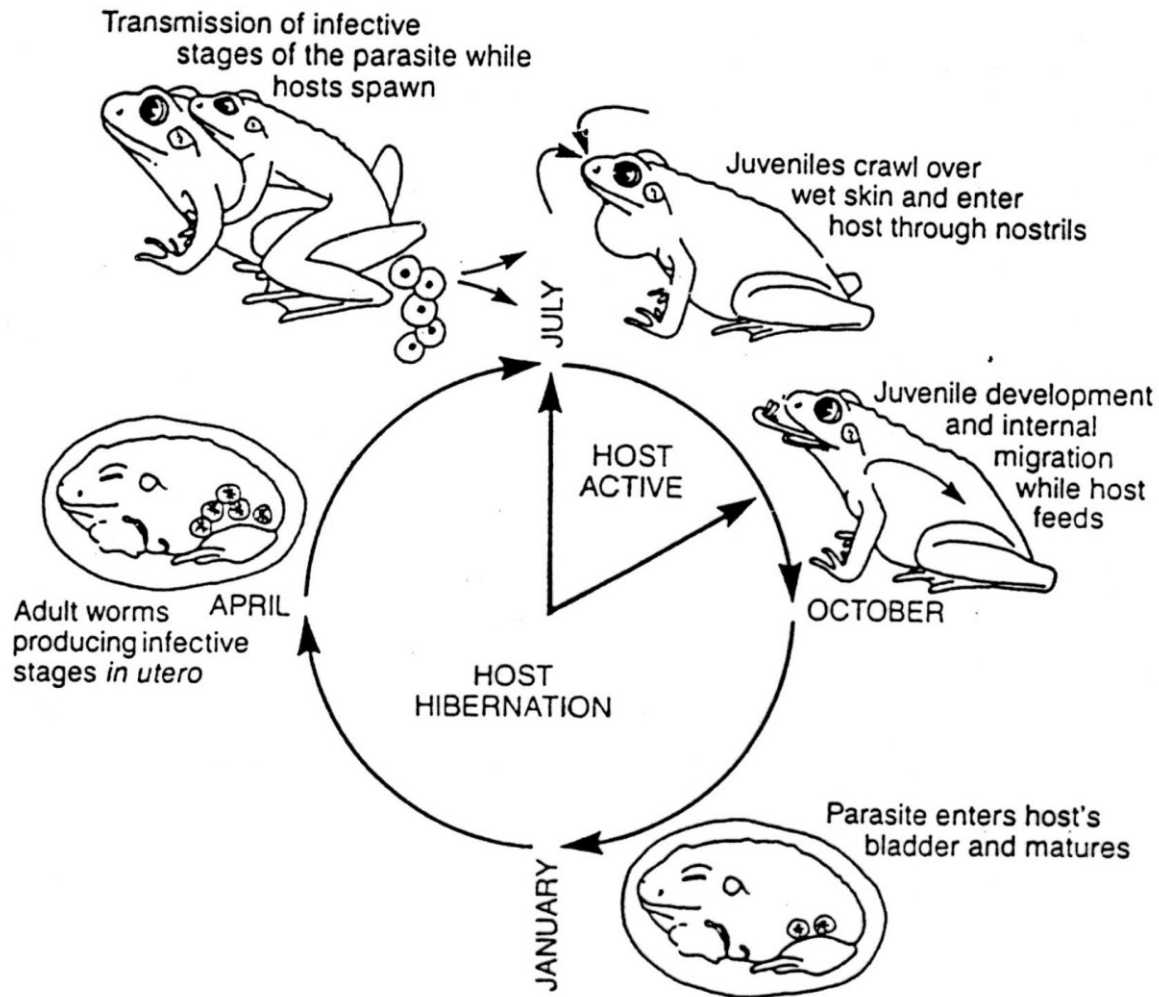
# Synchronizace životního cyklu s hostitelem



# Monogenea: *Polystoma integerinum*

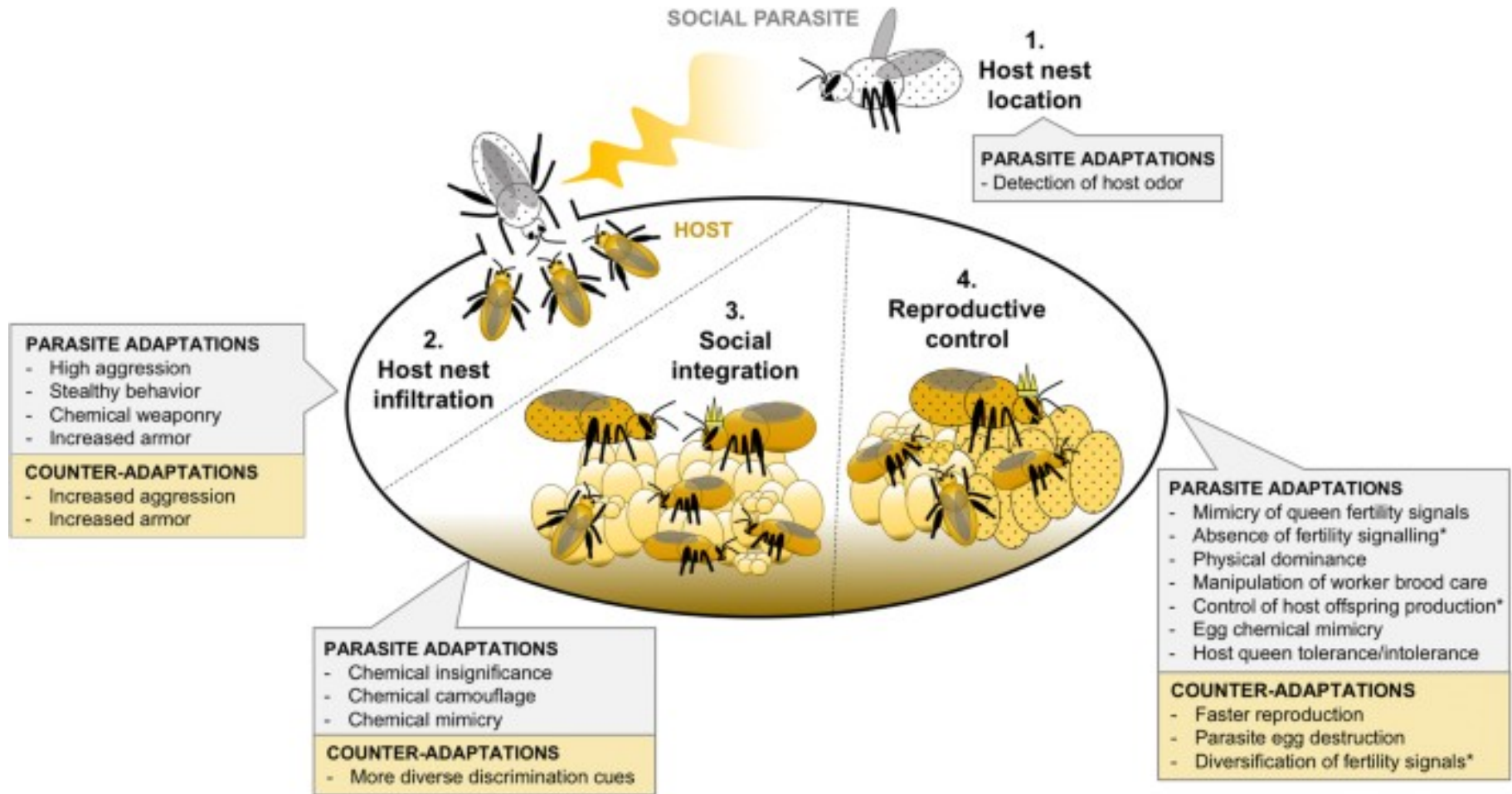


# Pseudodiplorchis americanus – sezónní cyklus





# Zástupci sociálního hmyzu



Děkuji za pozornost

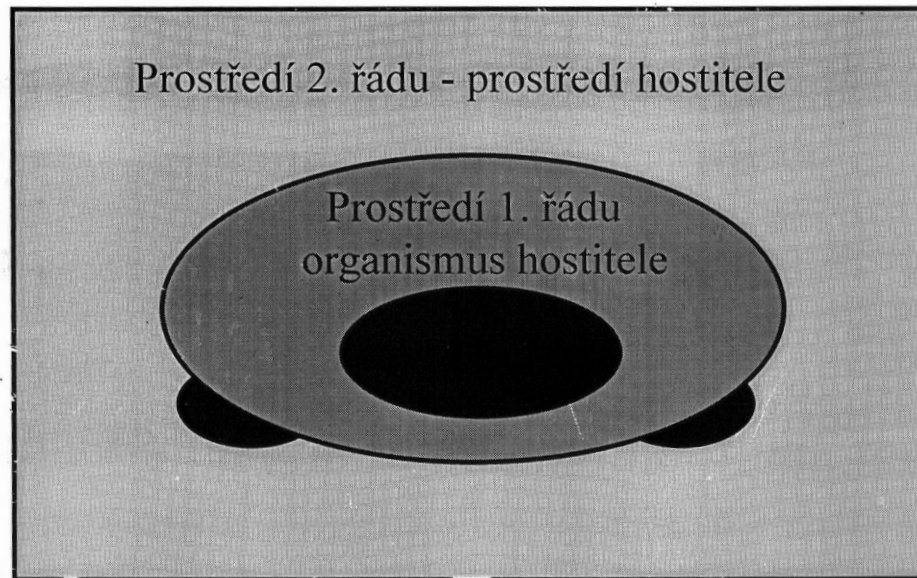


# Organismus hostitele jako prostředí

Jak chápat prostředí parazitů ?

**Organismus hostitele**

**druh hostitele  
velikost a věk  
pohlaví  
kondice  
imunita  
stress  
rezistence**

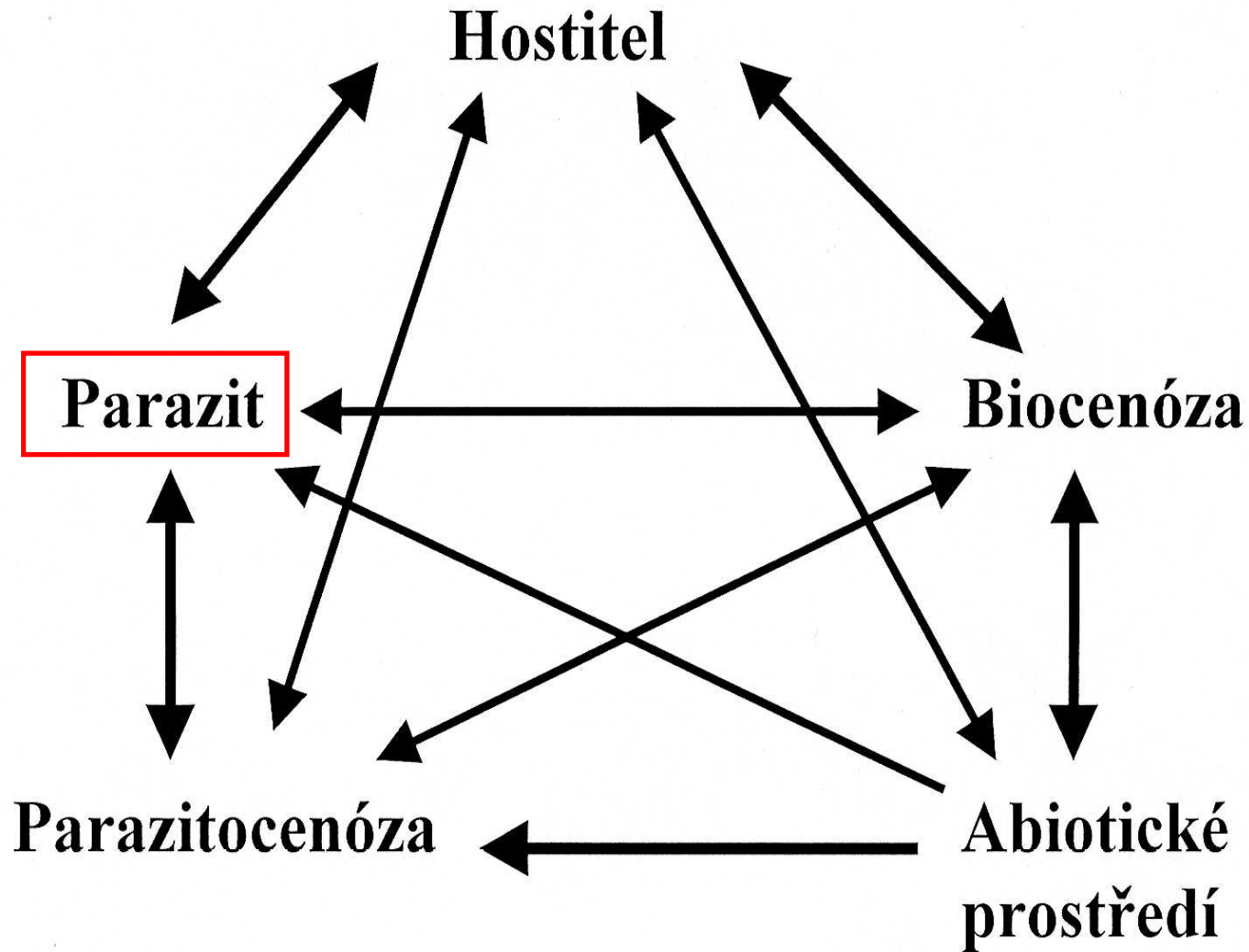


**Prostředí hostitele**

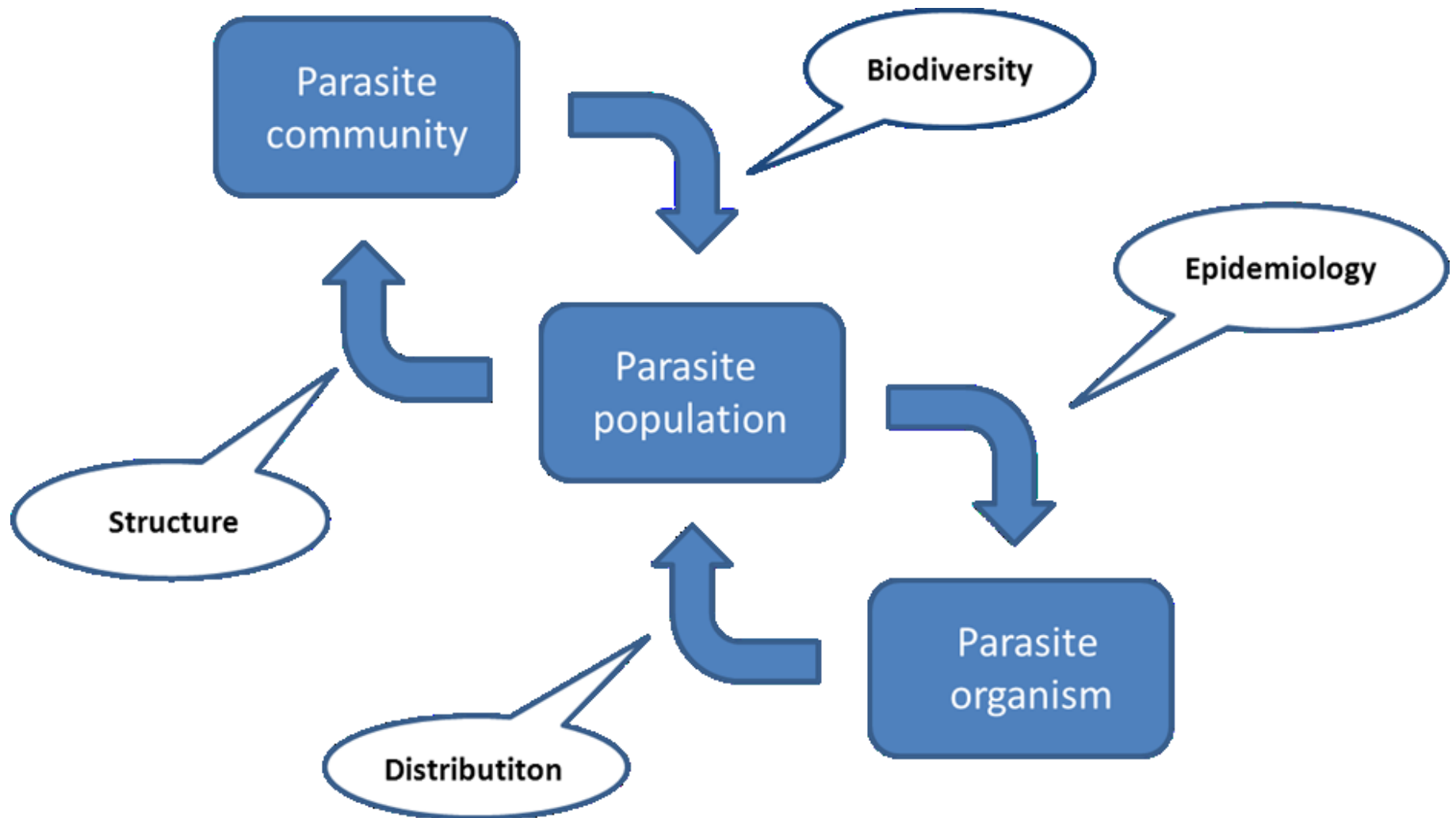
**teplota  
světlo  
pH  
salinita  
stanoviště  
proudění  
znečištění**

**Spolupůsobení faktorů 1. a 2. řádu na životní cyklus cizopasníka !**

# Úvod do ekologie cizopasníků



# Hierarchická struktura parazito-hostitelských vztahů



# Úvod do ekologie parazitů

- Hostitel jako prostředí
- Místo přichycení (infection site)
  
- Tři úrovně studia:
  - Jedinec
  - Populace
  - Společenstvo

# Hostitel jako prostředí I

- Ekologie je studium vztahů mezi organismy a jejich prostředím, zaměřené na ty faktory, které regulují počet a distribuci organismů.
- Hostitel je přirozeně prostředím pro cizopasníky jak v ekologickém, tak i v evolučním smyslu.
- Většina parazitů využívá ke svým životním cyklům řadu podmínek prostředí (hostitelů)



# Hostitel jako prostředí II

- Hostitel většinou představuje na potravu bohaté a stabilní prostředí
- Většina tělních tekutin živočichů obsahuje širokou škálu rozpuštěných proteinů, aminokyselin, uhlovodanů a prekurzorů nukleových kyselin a všechny organismy mají mechanismy pro udržování chemických a osmotických rovnováhách těchto jejich tělesných tekutin.
- Lze očekávat, že paraziti budou mít adaptace, které budou využívat tyto typy prostředí a lze předpokládat, že evoluční změny u hostitelů budou doprovázeny adaptivními změnami jejich cizopasníků.

# Infection site

- Hostitelské prostředí zahrnuje časato širokou škálu různých organismů, od člověka po protozoa.
- Viděno z perspektivy cizopasníka, všechny organismy představují komplexní prostředí z mnoha samostatnými habitaty.
- Dokonce i nejmenší zástupci hmyzu nebo korýši poskytují jak na svém povrchu, tak uvnitř místa (habitaty), které mohu být kolonizovány cizopasníky.
- Větší organismy jako např. hlodavci, ptáci a lidé mohou cizopasníkům poskytnout velké množství typů mikroprostředí využitelných pro cizopasníky.

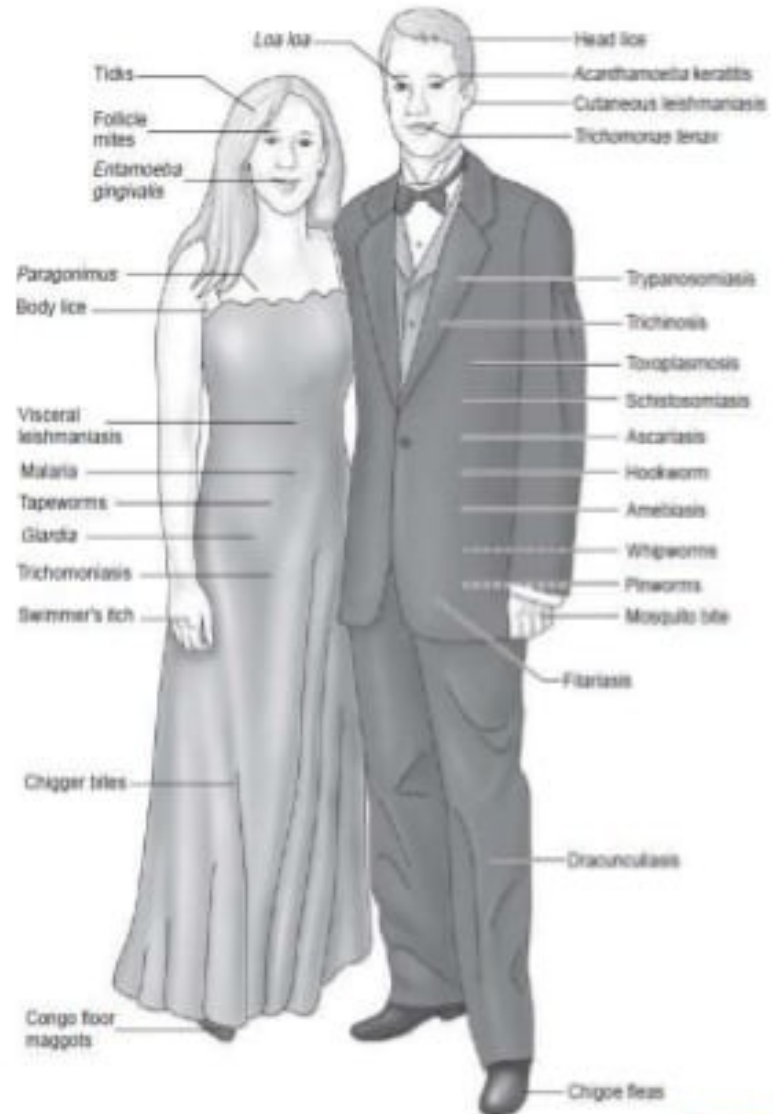
# Infection site II

- Ačkoliv většina endoparazitů obratlovců žije v zažívacím traktu, adultní cizopasnici se mohou vyskytovat v nejrůznějších orgánech těla hostitele.
- Juvenilní stádia často prodělávají migrace na místo, kde posléze pohlavně dospívají
- Paraziti jsou obvykle adaptováni na nějaké konkrétní místo uvnitř nebo na povrchu hostitele
- Příklady:
  - původci malárie se vyskytují uvnitř červených krvinek
  - filárie se mohou hromadit v srdci psů
  - Roztoči ptáků se mohou vyskytovat pouze na pérech jejich letek
  - Monogenea se mohou nacházet v kloace žab

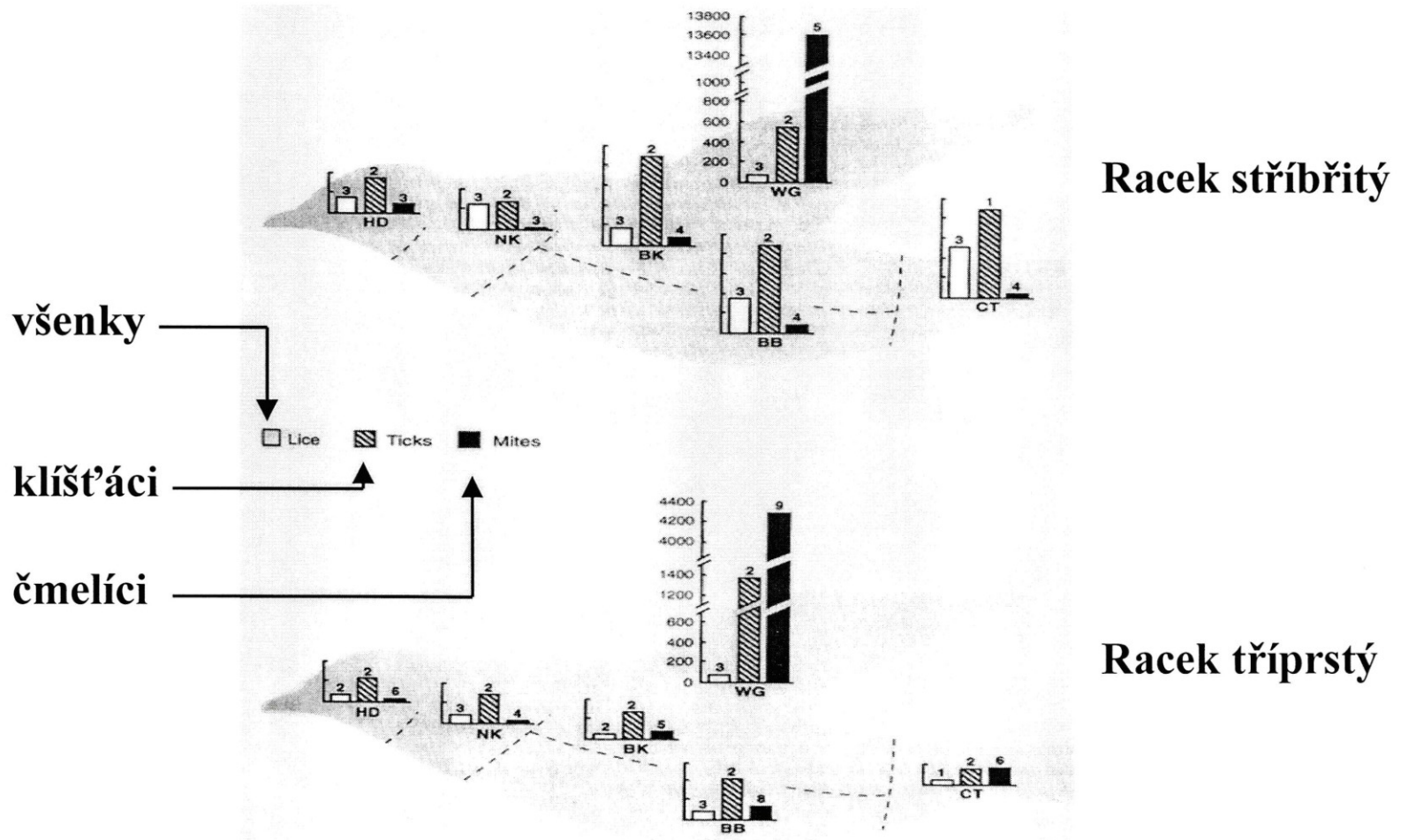
# Infection site III

Site specificity je obvykle označení adaptace parazita k nějakému konkrétnímu místu na/v těle hostitele

Paraziti, kteří obývají dutinu/lumen střeva a nebo jiného dutého orgánu se nazývají **coelozoičtí** zatímco paraziti žijící ve tkáních se nazývají **histozoičtí**



# Relativní početnost ektoparazitů na různých částech těla hostitele

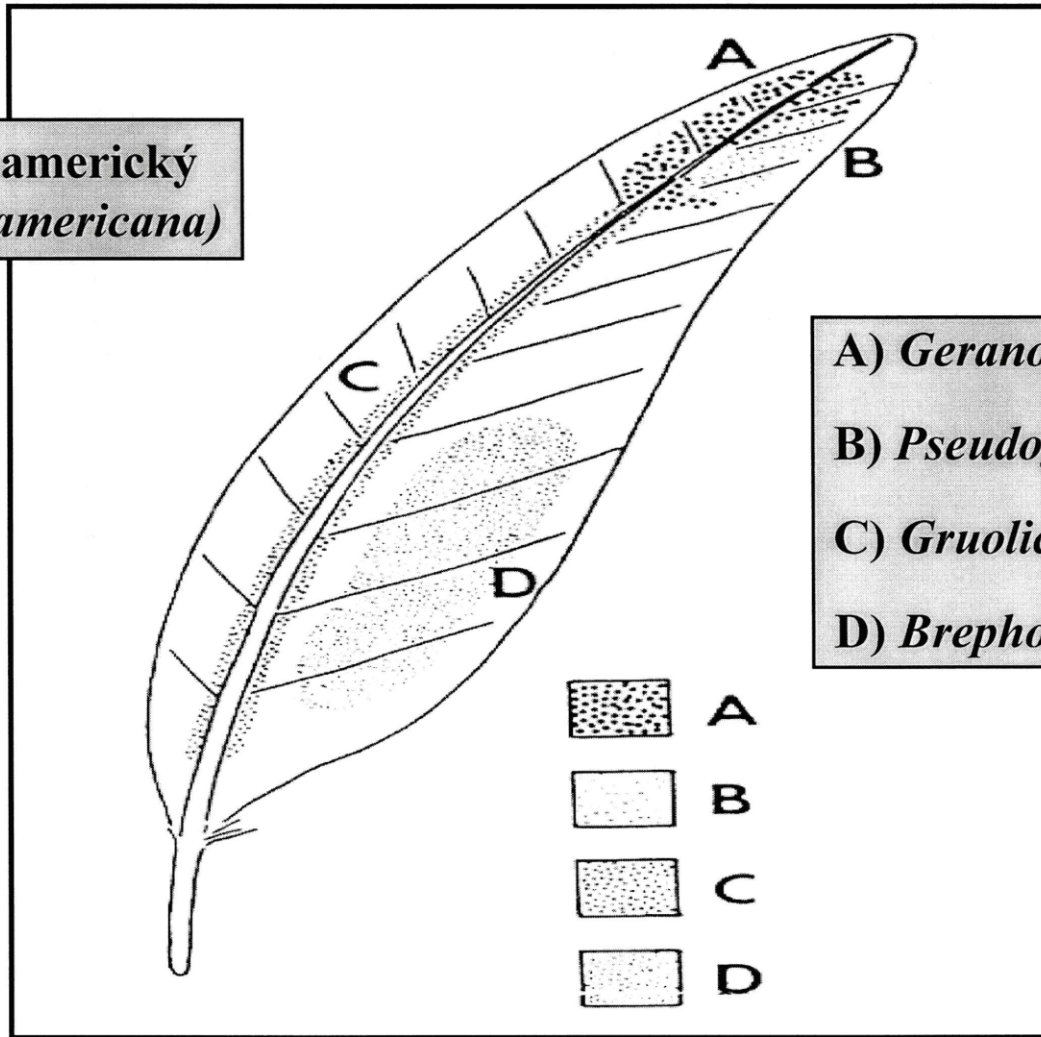


(upraveno podle Clayton & Moore 1997)



# Prostorová distribuce ektoparazitických roztočů

Hostitel: Jeřáb americký  
(*Grus americana*)



- A) *Geranolichus canadensis*
- B) *Pseudogabucinia reticulata*
- C) *Gruolichus wodashae*
- D) *Brephosceles petersoni*

(upraveno podle Clayton & Moore 1997)

# Tři základní úrovně studia:

Organismus cizopasníka

Populace parazita

Společenstvo cizopasníků

# Studium na úrovni jedince

Variety of monogenean body shapes and haptoral morphology

Variety of types of scolexes of cestodes

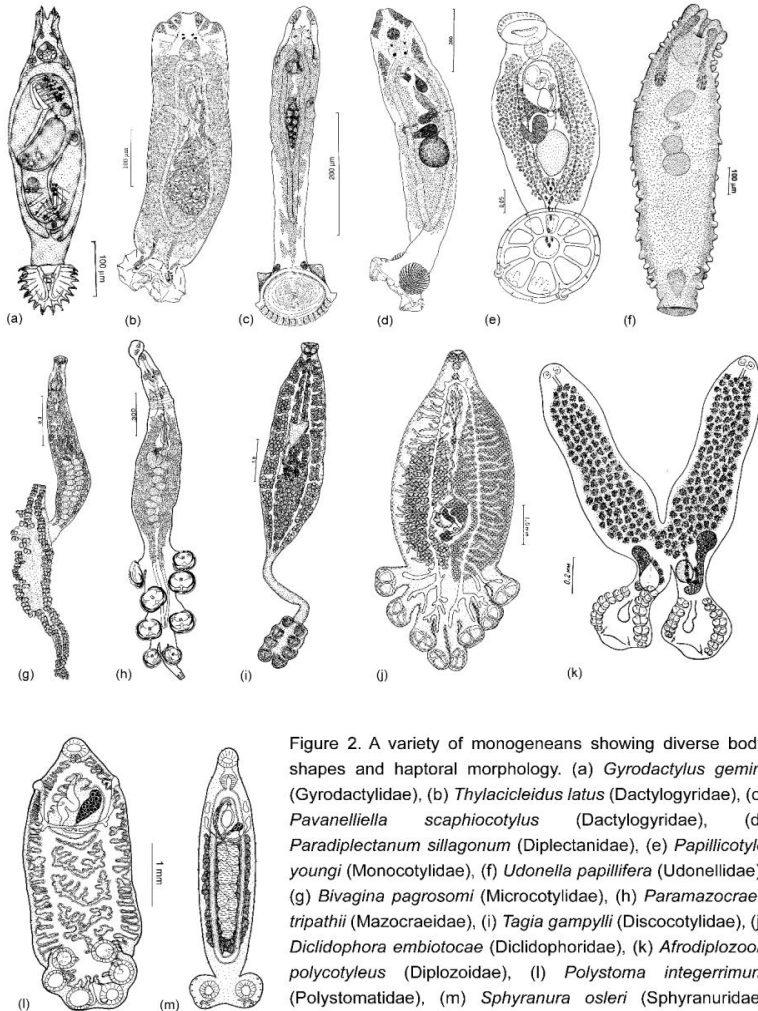
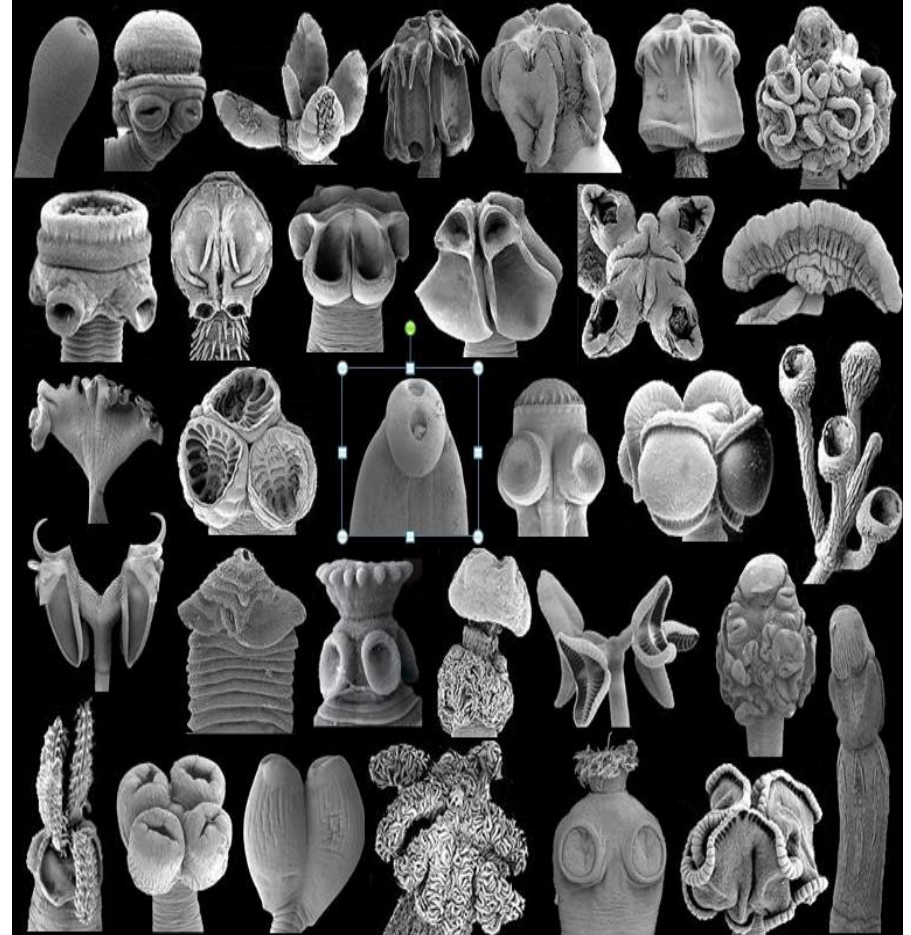
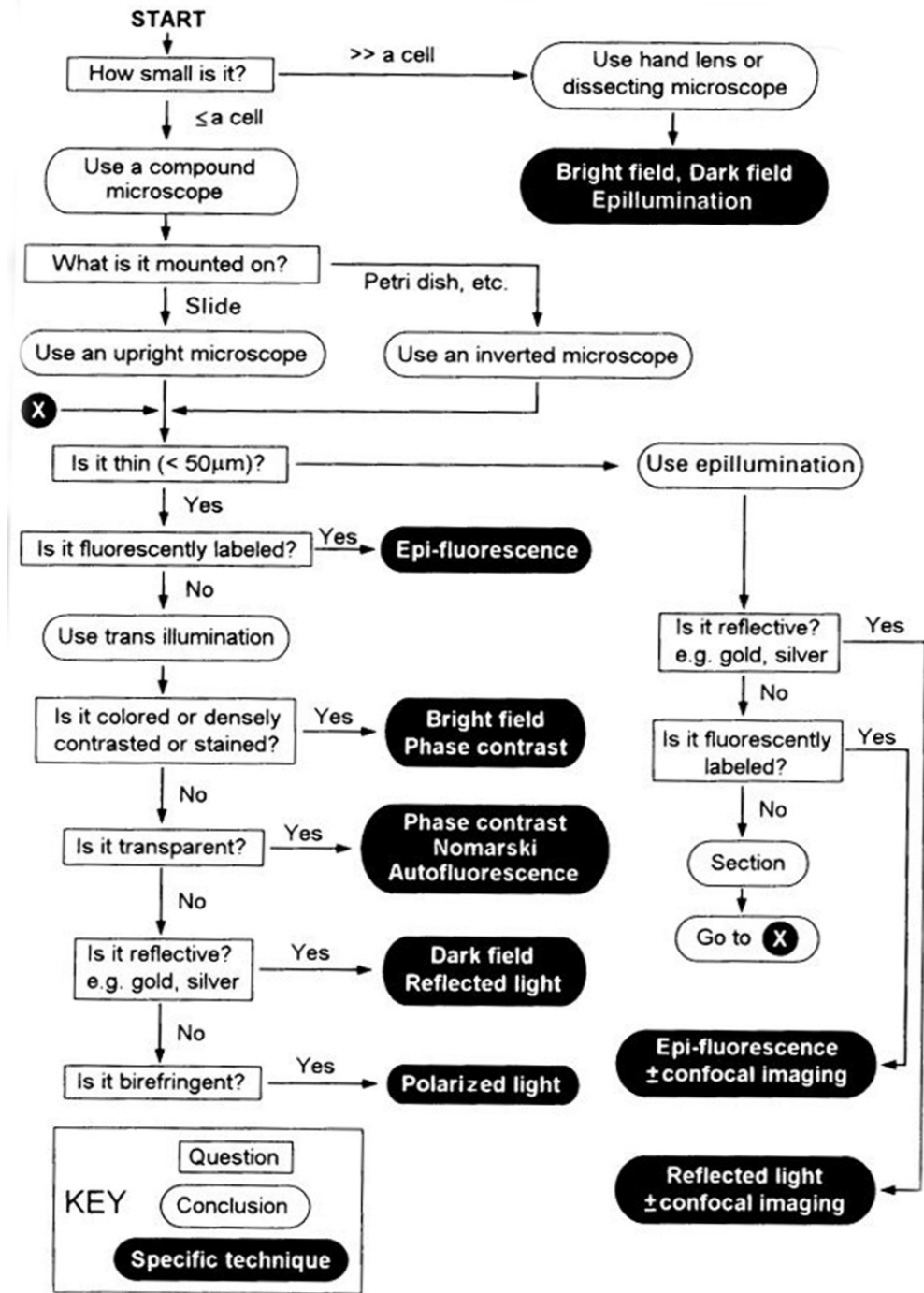


Figure 2. A variety of monogeneans showing diverse body shapes and haptoral morphology. (a) *Gyrodactylus gemini* (Gyrodactylidae), (b) *Thylacicleidus latus* (Dactylogyridae), (c) *Pavanelliella scaphiocotylus* (Dactylogyridae), (d) *Paradiplectanum sillagonum* (Diplectanidae), (e) *Papillicotyle youngi* (Monocotylidae), (f) *Udonella papillifera* (Udonellidae), (g) *Bivagina pagrosomi* (Microcotylidae), (h) *Paramazocraes tripathii* (Mazocraeidae), (i) *Tagia gampylli* (Discocotylidae), (j) *Dicliphora embiotocae* (Diclidophoridae), (k) *Afrodiplozoon polycotyleus* (Diplozoidae), (l) *Polystoma integerrimum* (Polystomatidae), (m) *Sphyranura osleri* (Sphyranuridae)



# Základní předpoklad studia:

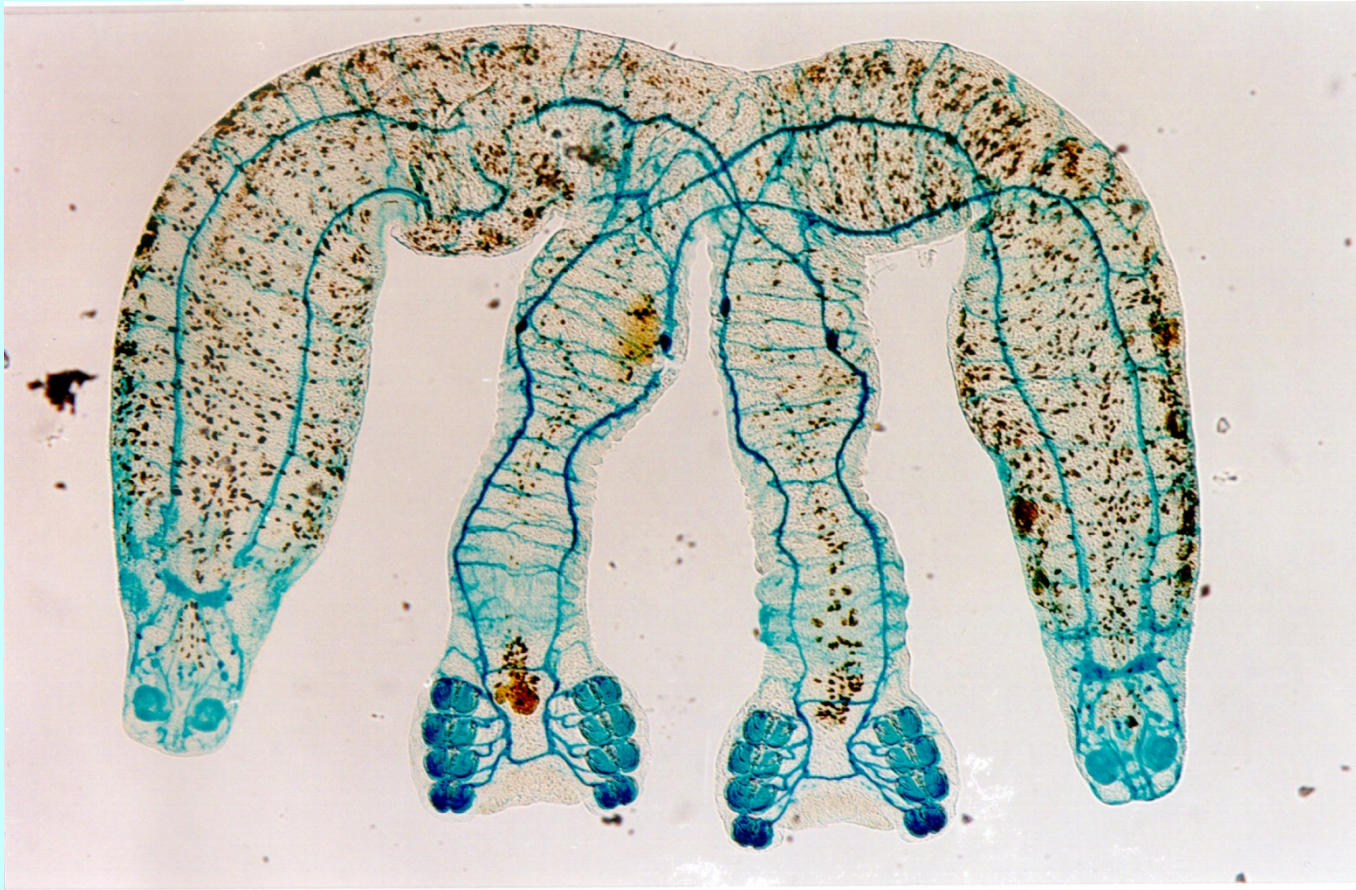
- Správná determinace – diagnostika
- Použití různých mikroskopických technik





# Bright field

## *Eudiplozoon nipponicum*



- Acetylcholine visualised with 5-bromo-chloro-indolyl acetate

(Zurawski T.H. et al., 2001)

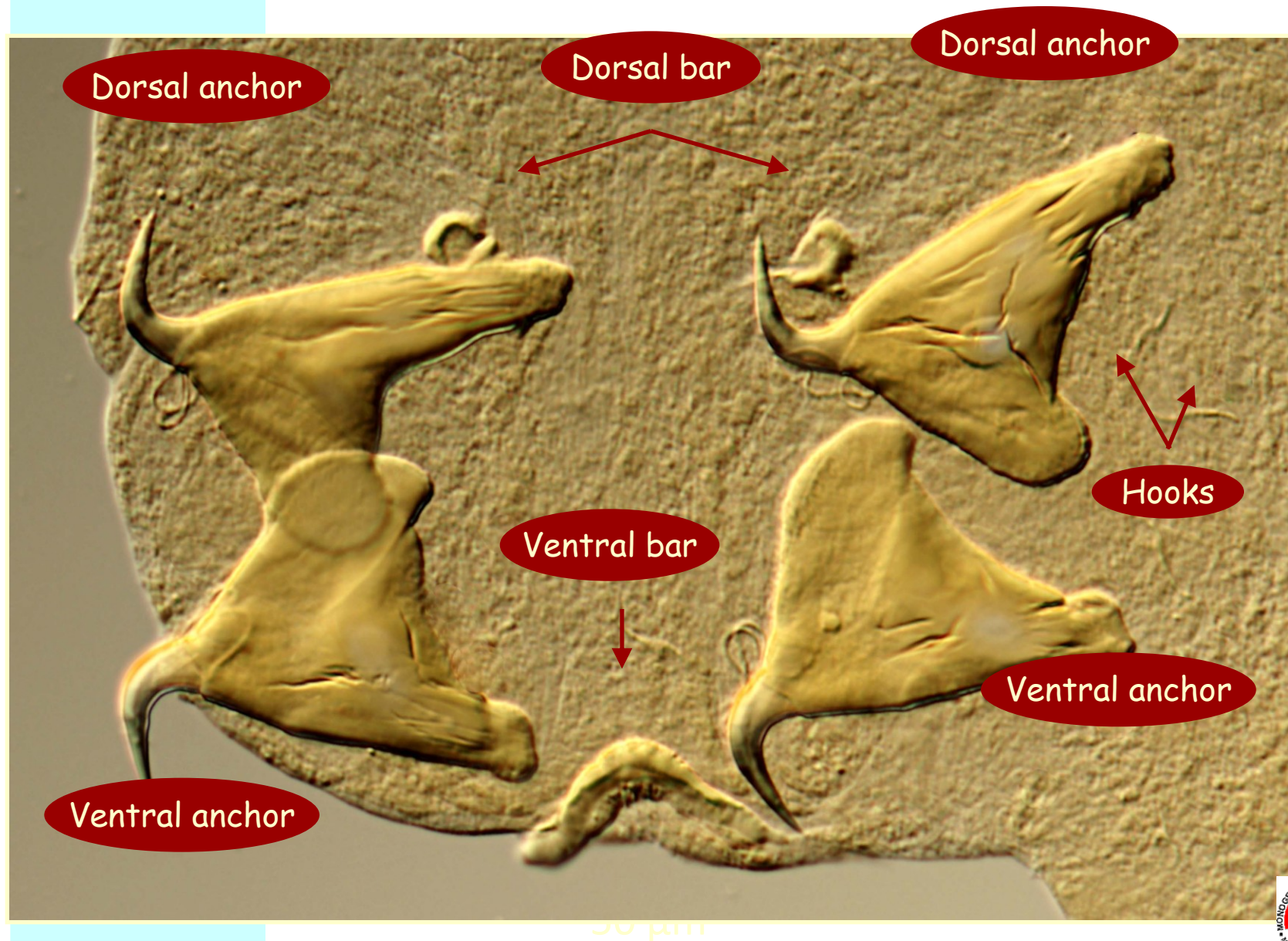


# Phase contrast microscopy - viviparous gyrodactylids



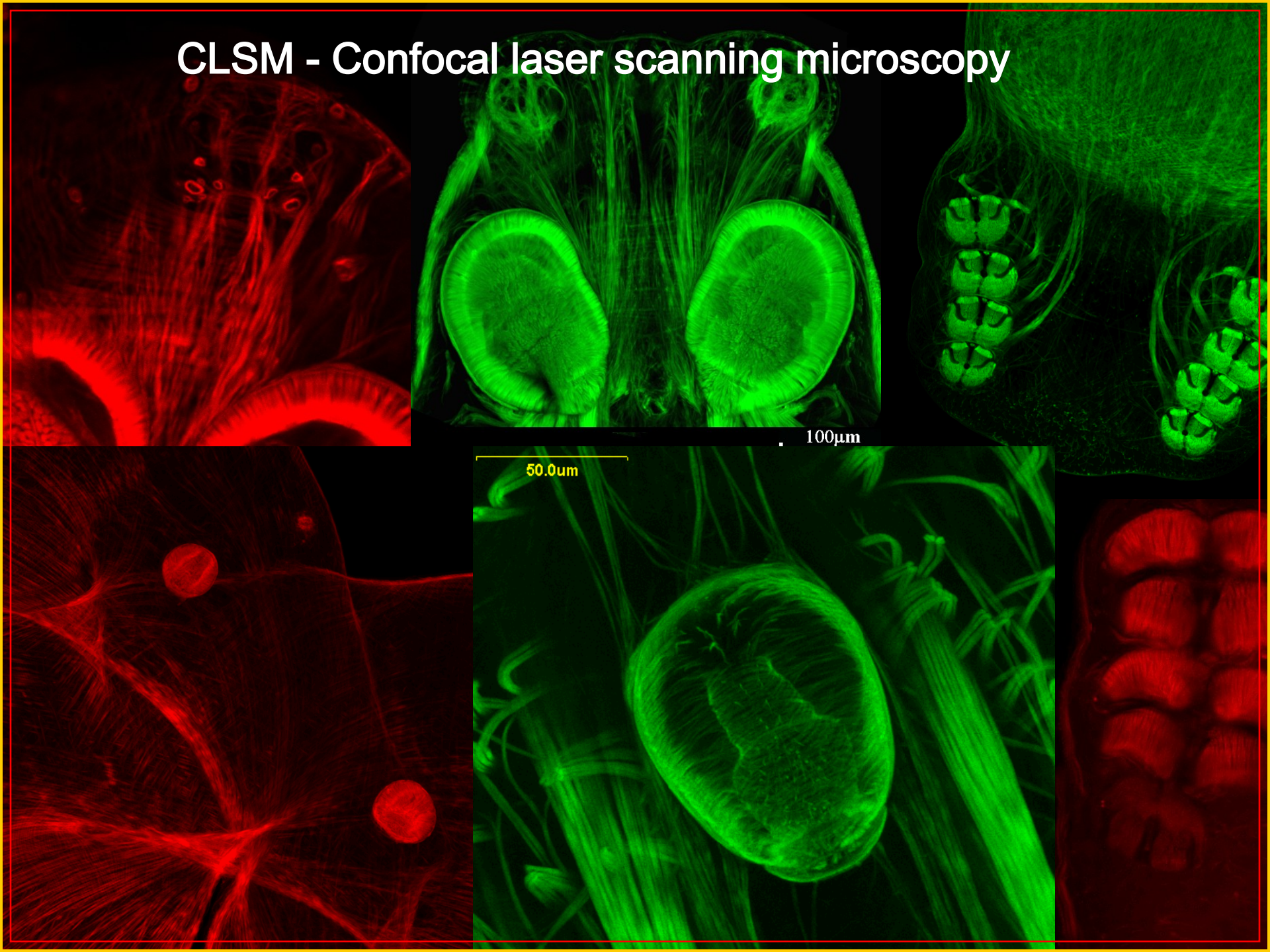


# DIC according to Nomarski



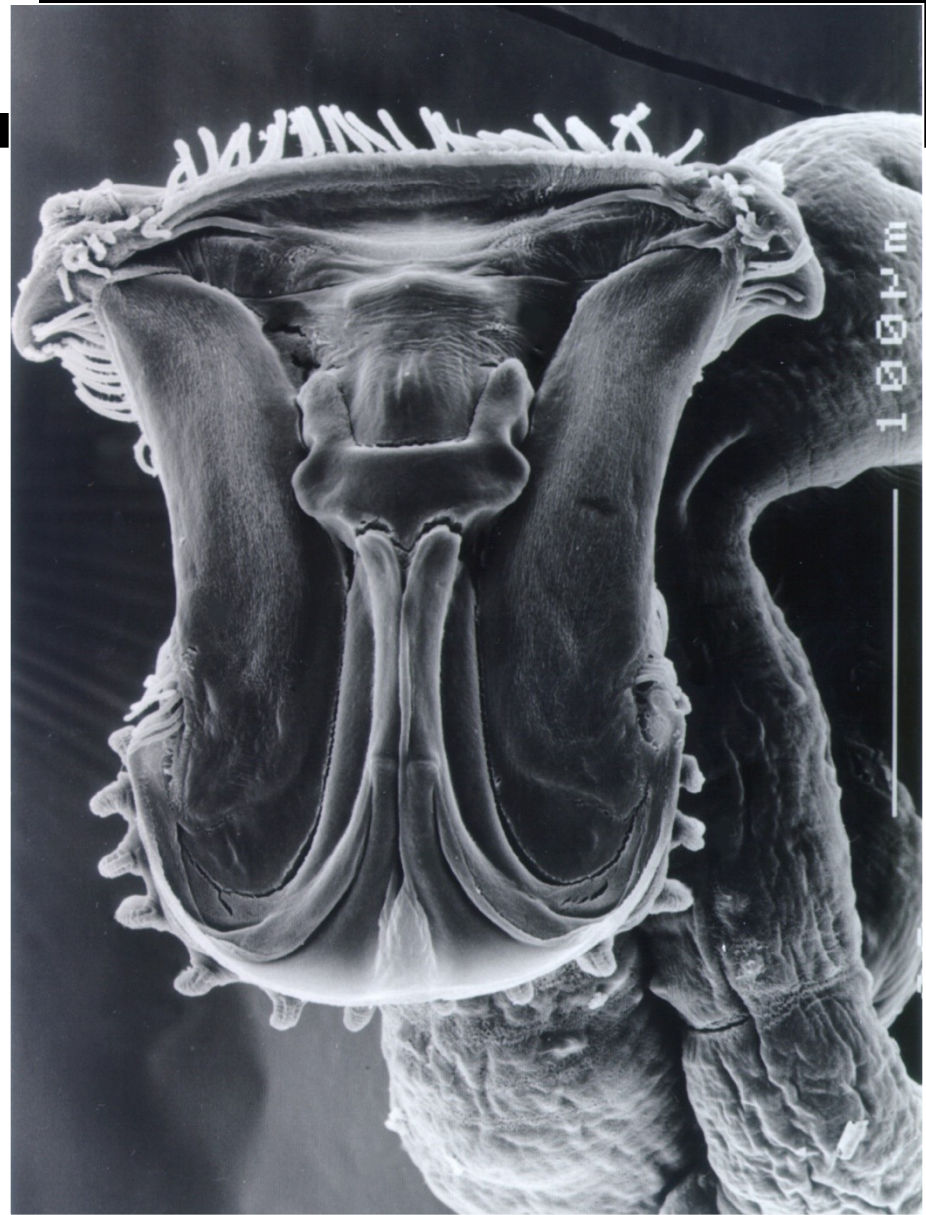


# CLSM - Confocal laser scanning microscopy



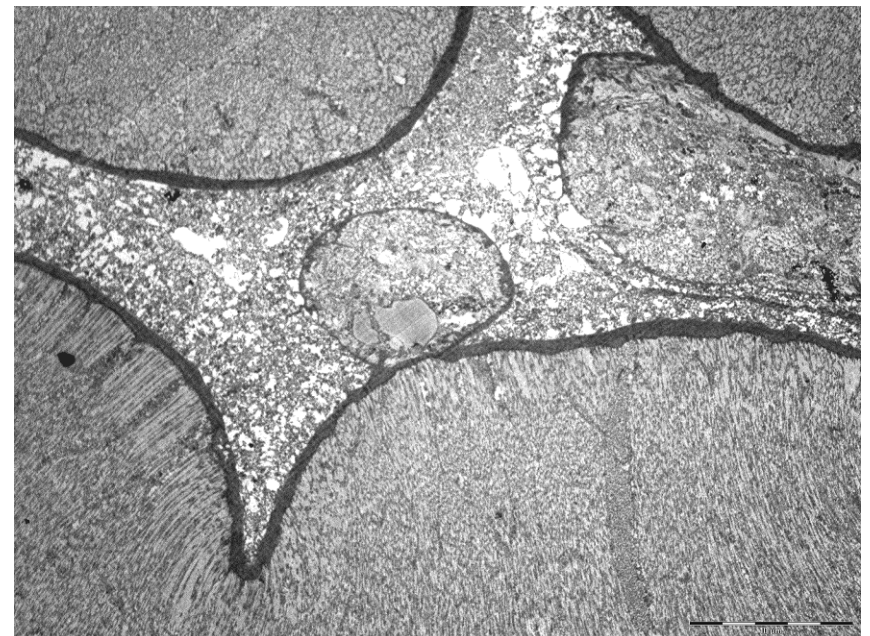
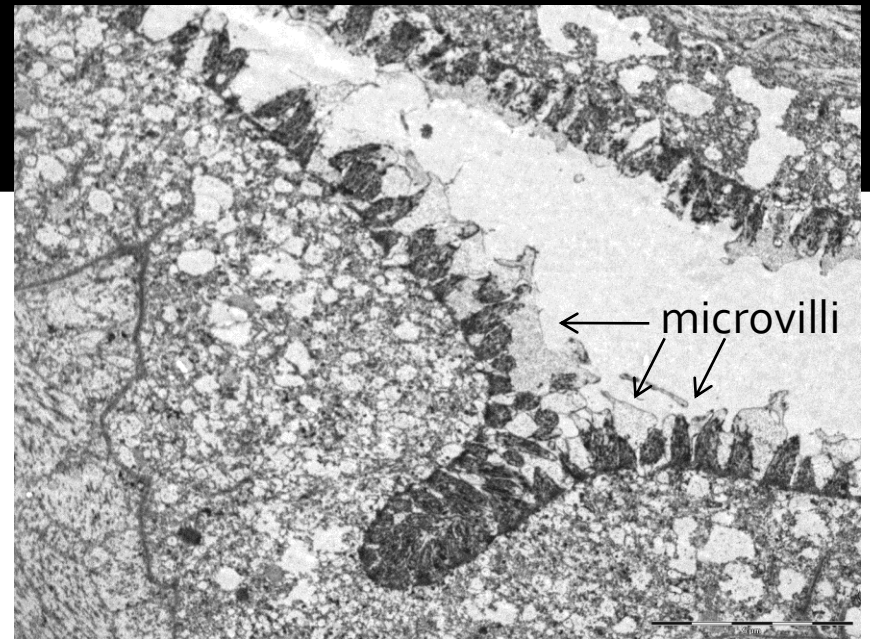
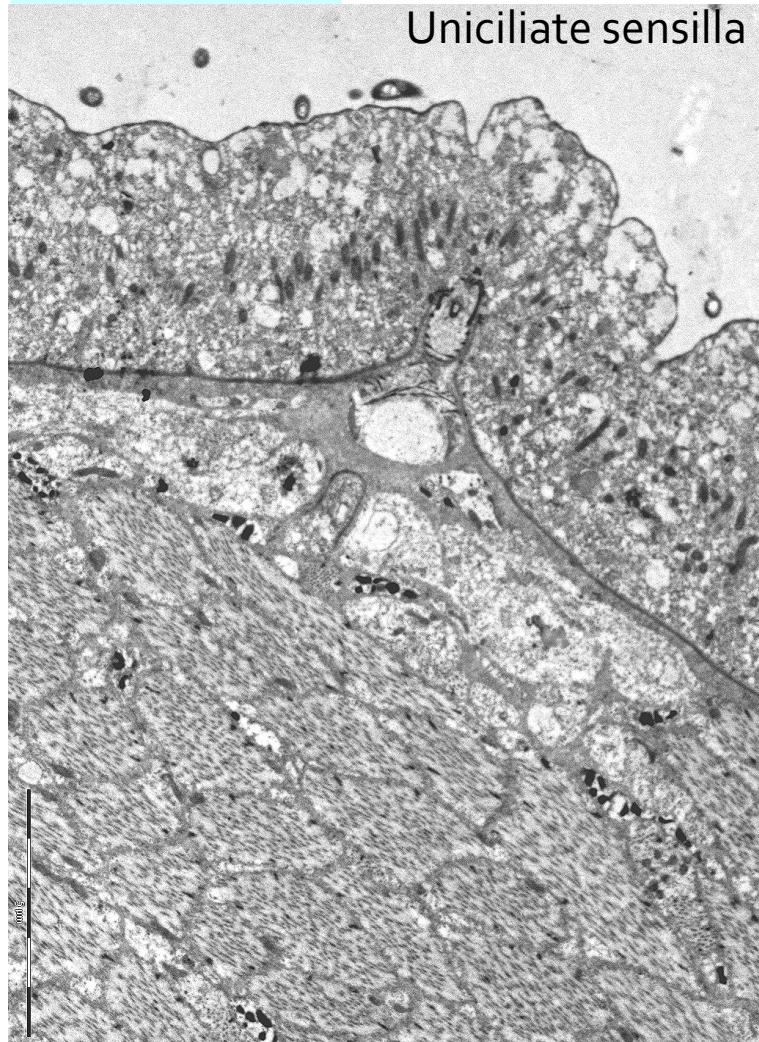


# SEM - examples





# TEM – *E. nipponicum*

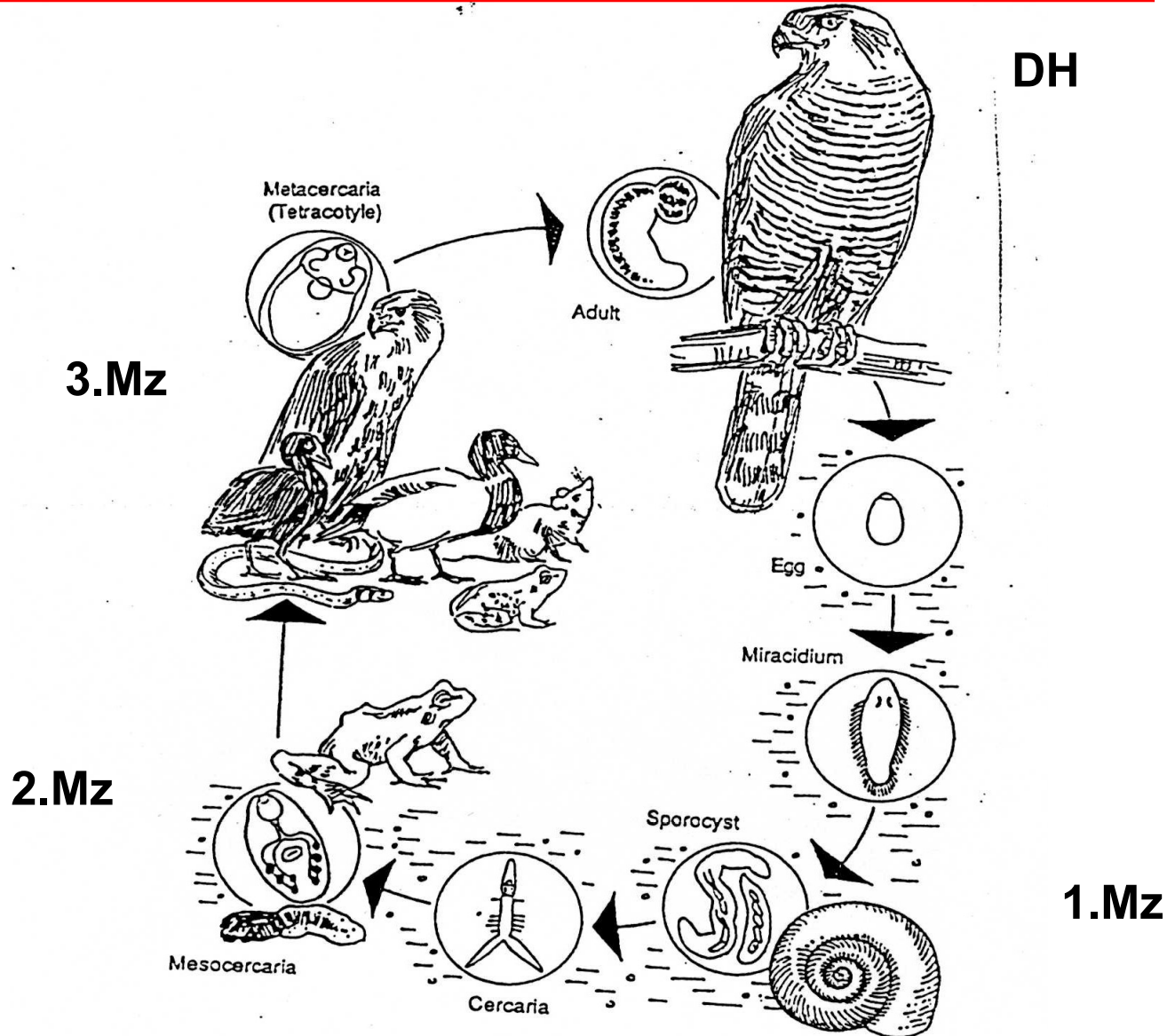


Muscle tissue



# Studium na úrovni populace parazita

## Životní cyklus nepřímý



# Populační ekologie parazitů

**Epidemiologie** = studium dynamických vztahů mezi populací parazita a populací hostitele.

**Populace** = soubor organismů (parazitů i hostitelů) téhož druhu vyskytujících se v určitém prostoru a čase spojených reprodukčními vztahy.

Platí to pro parazita i pro hostitele !!!

**Co zde je jednotka studia ?**

**Parazit nebo hostitel ?**

# Charakteristiky populace parazitů

**Prevalence** = procento hostitelů napadených daným druhem cizopasníka; tj. počet parazitovaných hostitelů dělený celkovým počtem vyšetřených hostitelů krát 100.

Stanovuje se dvojím způsobem:

- 1) přímým vyšetřením cizopasníků (pitvou, krevní roztěr, serologie)
- 2) sledováním emise infekčních stádií (koprologicky)

**Intenzita invaze** = počet jedinců daného druhu parazita na/v hostiteli

**Střední intenzita** = průměrný počet parazitů na jednoho napadeného hostitele; tj. celkový počet parazitů dělený počtem napadených hostitelů.

# Charakteristiky populace parazitů

**Abundance** = průměrný počet jedinců daného druhu parazita z celkového počtu všech vyšetřených hostitelů (tedy napadených i nenapadených); celkový počet parazitů dělený cyklovým počtem všech vyšetřovaných hostitelů

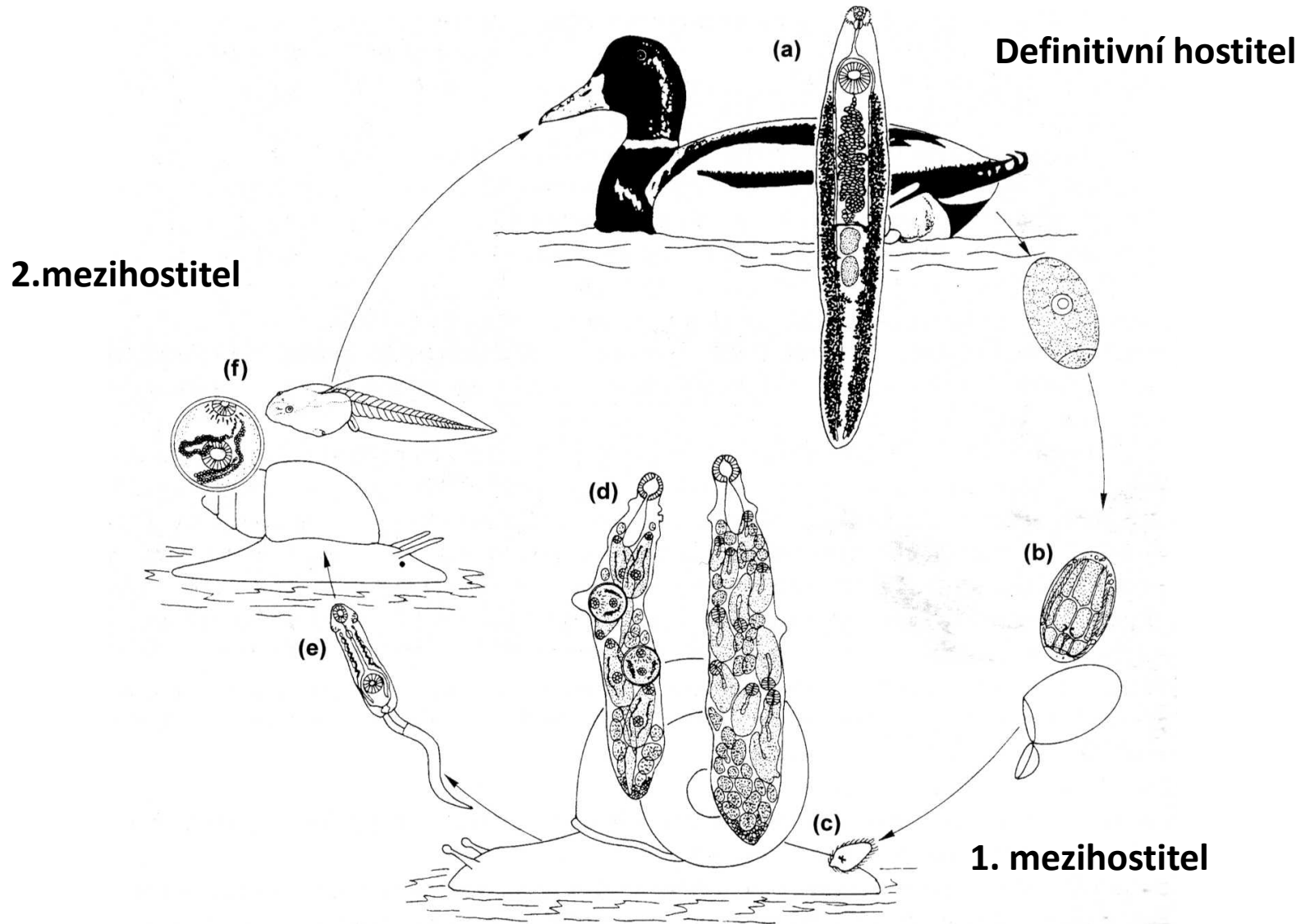
**Incidence** = počet nových případů nakažených jedinců hostitele v daném časovém období z počtu nenakažených jedinců hostitele na počátku studovaného období. Často zaměňován z prevalencí.

**Denzita** = počet jedinců daného druhu cizopasníka na jednotku plochy, objemu nebo váhy hostitelského organismu.

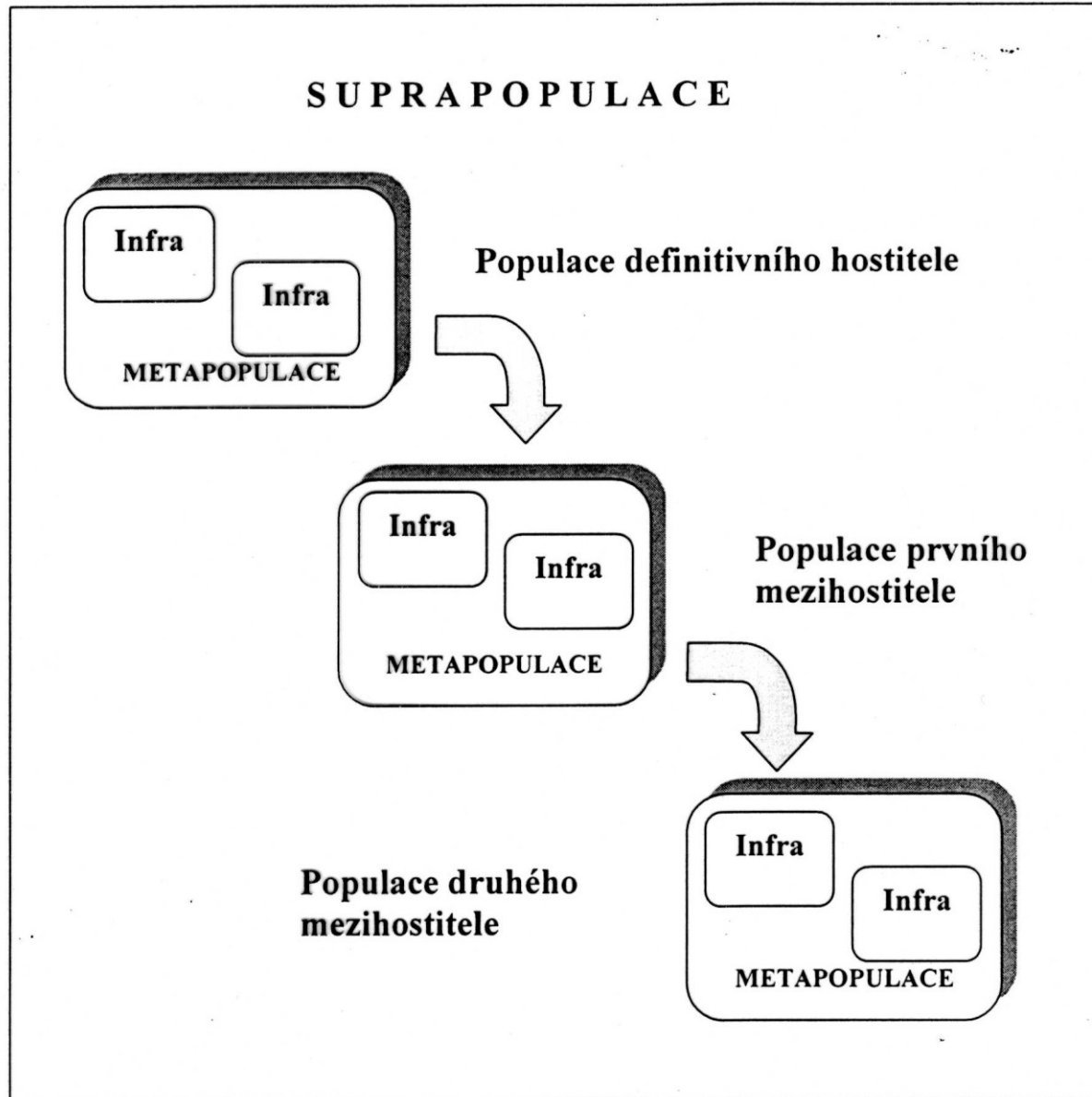
**Distribuce** = rozmístění cizopasníků; má čtyři různé úrovně. (zoogeografické rozšíření, hostitelká specifická, frekvenční distribuce a lokalizace na/v hostiteli).



# Schéma populace parazita: motolice Echinostoma revolutum



# Schéma populace parazita



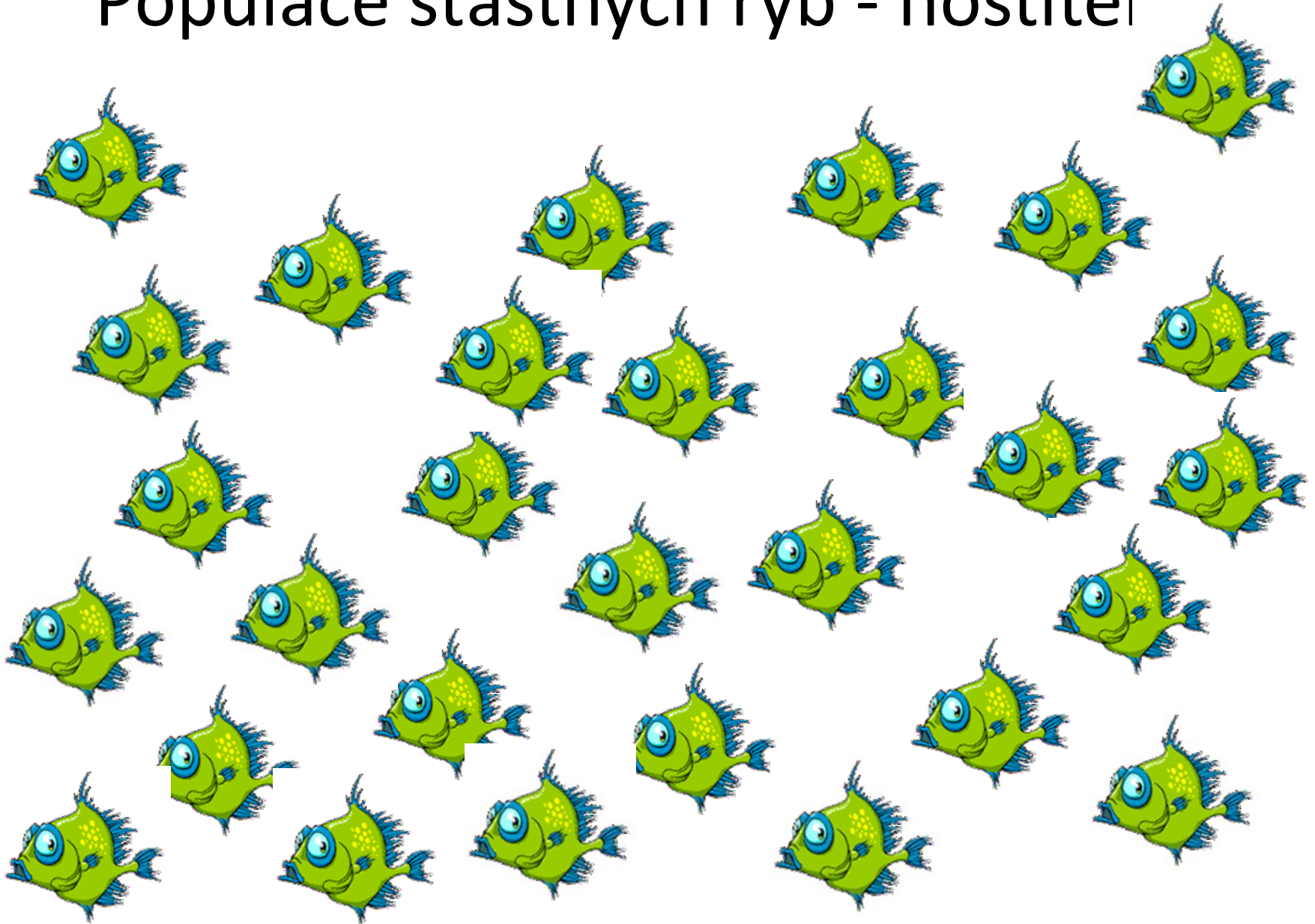
# Základní termologie

**Infrapopulace** = soubor všech cizopasníků určitého druhu nacházejících se na/v jednom individuu daného hostitelského druhu

**Metapopulace** = soubor všech infrapopulací určitého druhu parazita na/ve všech individuích určitého druhu hostitele daného ekosystému

**Suprapopulace** = soubor všech cizopasníků určitého druhu ve všech stádiích vývoje nacházejících se na/ve všech hostitelím a mezhospitelích daného ekosystému

# Populace šťastných ryb - hostitelů





# Paraziti a populace hostitelů



# Epidemiologie cizopasníků

**MIKROPARAZITI** = množí se na/v hostiteli (viry, bakterie, houby a prvoci)

**MAKROPARAZITI** = vyvíjejí a rostou na/v hostiteli, ale nemnoží se  
(helminti a členovci)

**Velikost zde není rozhodující !**

mšice = mikroparaziti rostlin (množí se na jejich povrchu)

houby = makroparaziti (nemnoží se dokud hostitel není mrtev)

# Hierarchická struktura populace parazita

- **Infrapopulace** – soubor všech cizopasníků jednoho druhu parazitujících na jedinci hostitele
- **Metapopulace** - soubor všech cizopasníků jednoho druhu parazitujících na populaci hostitele
- **Suprapopulace** – soubor všech metapopulací daného druhu parazita v daném ekosystému

# Epidemiologie: host density, host longevity

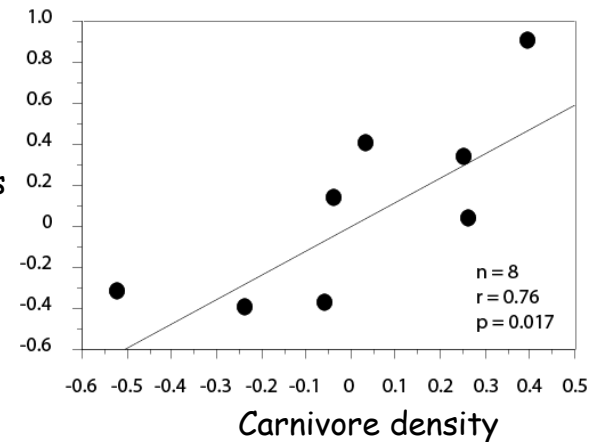
The basic reproduction number  $R_0$

$$R_0 = \frac{\lambda \beta H}{(\mu_e + \beta H)(\alpha + \mu_p + b)}$$

transmission factor  
 parasite fecundity  
 host density  
 free-living stage (W) mortality  
 parasite virulence  
 adult parasite mortality  
 host mortality

Carnivores (Torres et al., 2006):  
 distribution range  
 density

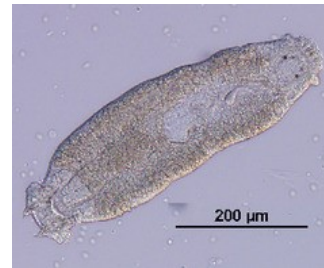
Helminth  
 species richness



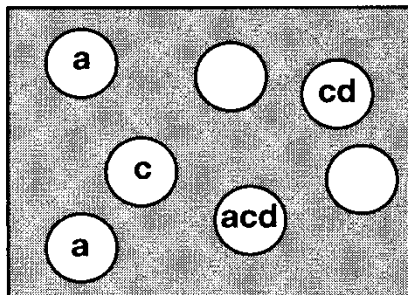
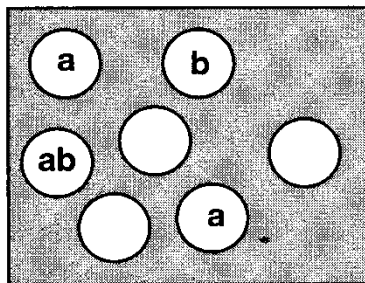


# Studium na úrovni společenstva cizopasníků

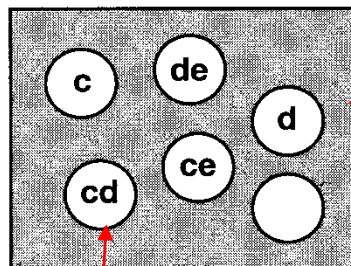
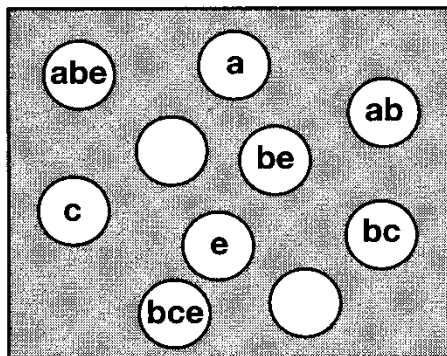
- ▶ Heterotypický soubor složený z jedinců různých druhů parazitů, kteří spolu mohou mít interakce
- ▶ např. společenstvo parazitů na žábrách ryb.



# Hierarchická klasifikace společenstev cizopasníků na daném jedinci hostitele



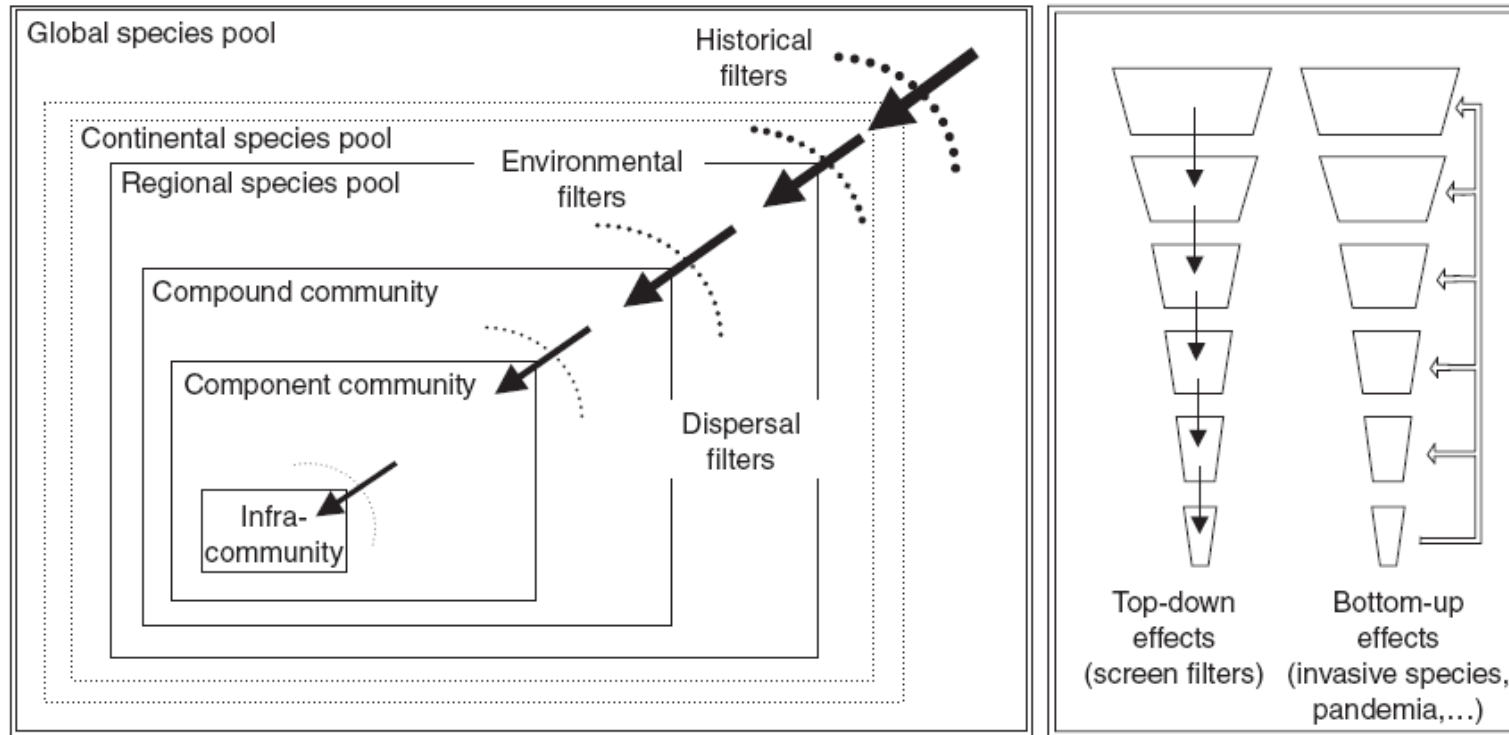
Parazitofauna daného druhu hostitele – 5 druhů parazitů



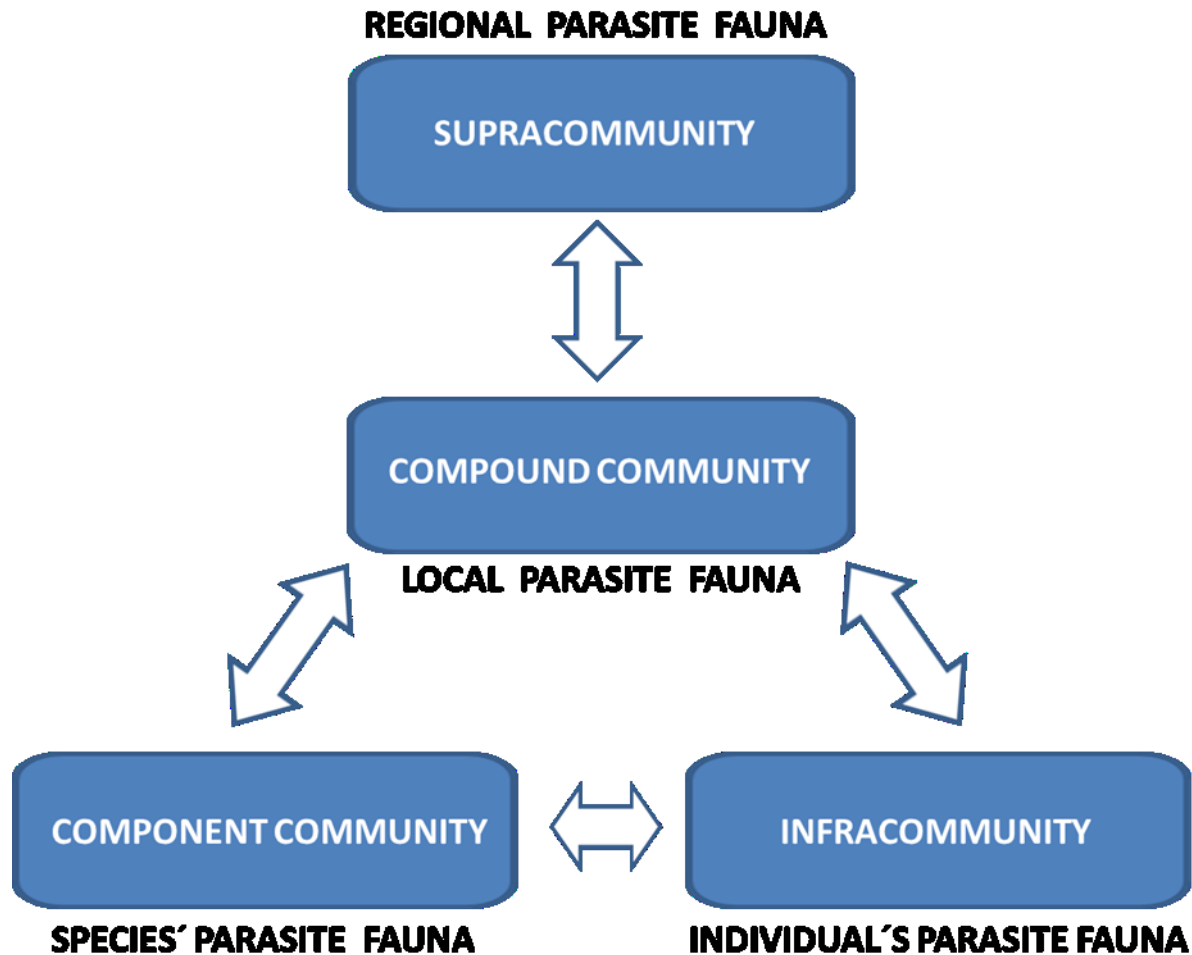
Hostitelská populace - 2 až 4 druhy parazitů

Individuální hostitel – 0 až 3 druhy parazitů

# Hierarchické upořádání různých úrovní společenstev cizopasníků



# Hierarchická organizace společenstev cizopasníků



# Hierarchická klasifikace společenstev cizopasníků

## ▶ **Infraspolečenstvo**

soubor sestávající ze všech parazitů různých druhů na jednom jedinci hostitelského organismu

## ▶ **Metaspolečenstvo** (component community)

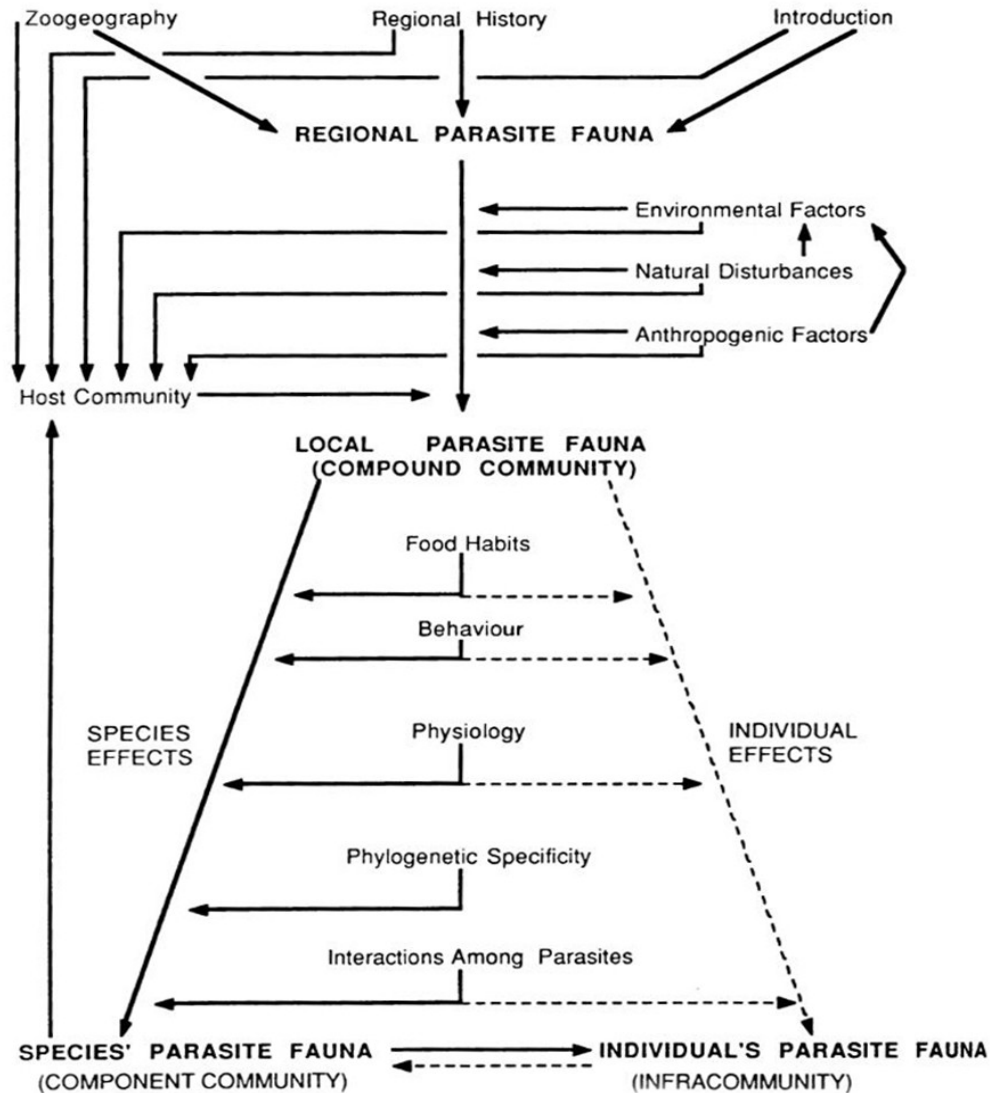
soubor sestávající ze všech parazitů různých druhů parazitujících na populaci hostitelů (v daném prostoru a čase)

## ▶ **Supraspolečenstvo** (compoud community)

soubor sestávající ze všech metaspolečenstev cizopasníků v daném ekosystému



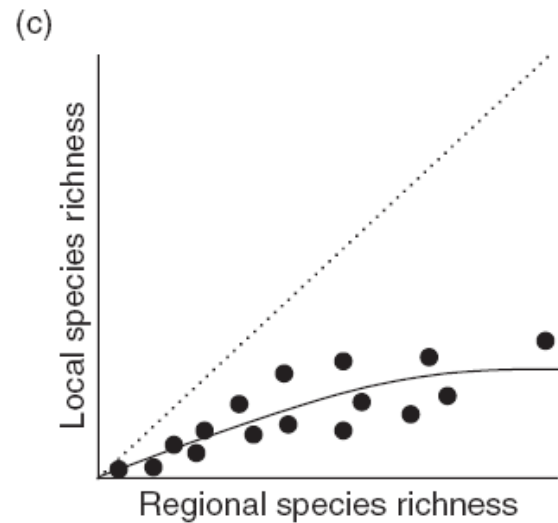
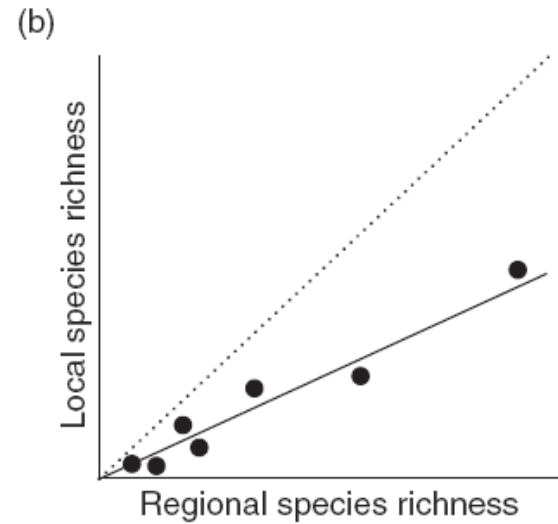
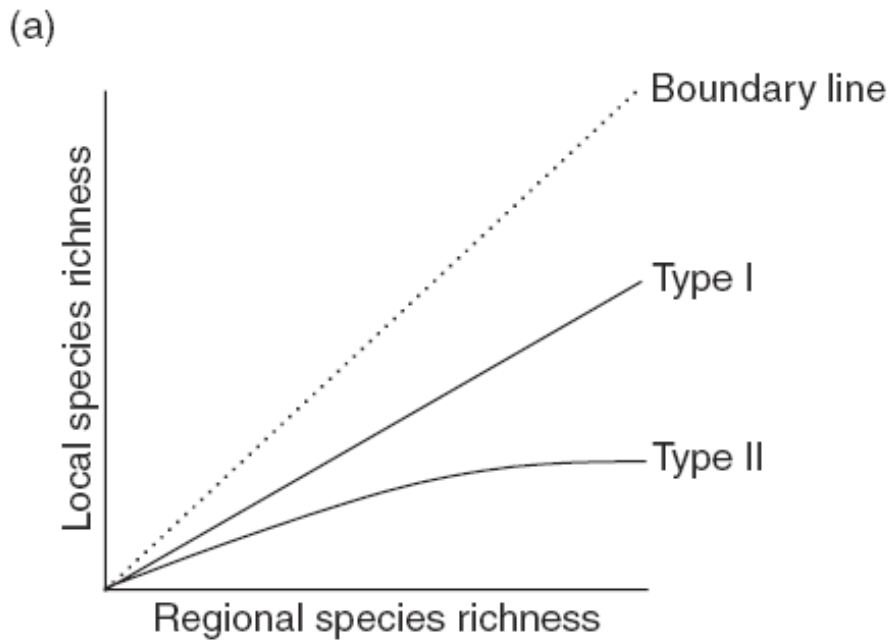
# Determinanty struktury společenstev cizopasníků



# Infraspolečenstvo

- ▶ Počet druhů cizopasníků
- ▶ Relativní abundance (počet jedinců každého druhu cizopasníka)
- ▶ Dynamický systém – mobilita, natalita, mortalita
- ▶ Formování v reálném ekologickém čase, vliv infekce na demografické procesy systému
- ▶ Typická krátká doba života
- ▶ Predikovatelná nebo náhodná struktura ?
  - vysoce strukturované s predikovatelných složením druhů
  - náhodný soubor druhů

# Saturace společenstev cizopasníků



## Saturace infraspolečenstev ?

- ▶ Kennedy & Guégan (1996) 64 metaspolečenstev střevních helmnitů

Může saturace limitovat počet druhů v infraspolečenstvu ?

Saturace druhů infraspolečenstev je velmi vzácným jevem

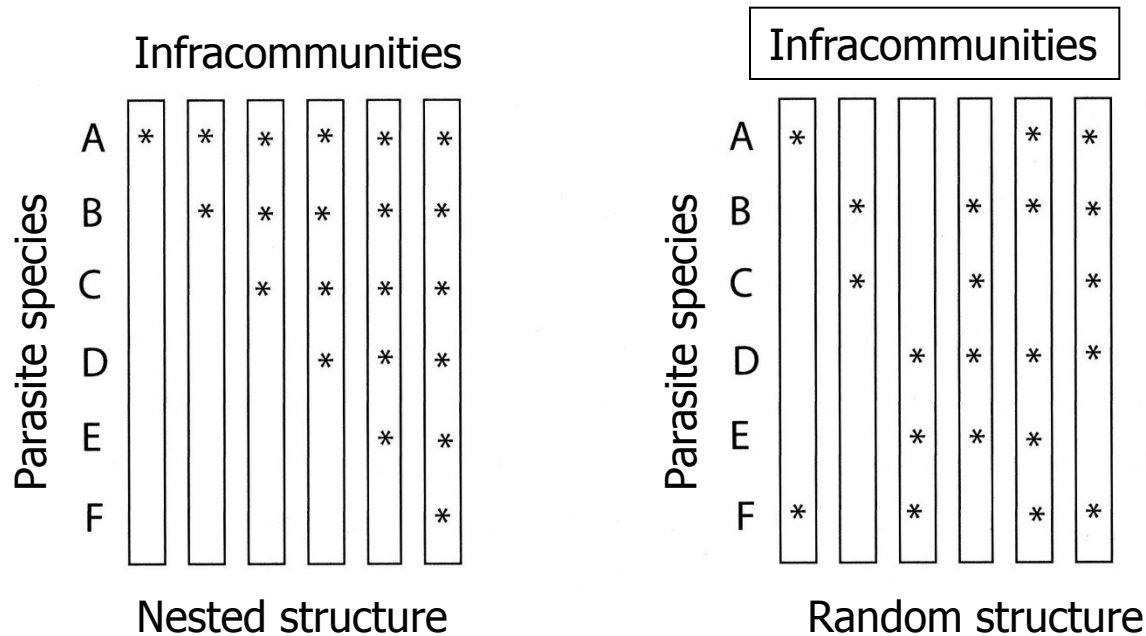
Saturace ale díky biomase cizopasníků

# „Nested“ struktura infraspolečenstev cizopasníků

- ▶ Nenáhodná distribuce of species richness mezi infraspolečenstvy
- ▶ Hierarchická struktura společenstev ve fragmentovaných habitatech (poprvé popsáno u společenstev savců na ostrovech)
- ▶ Hostitel = fragmentovaný habitat – nenáhodná distribuce druhů parazitů mezi Infraspolečenstvy v Metaspolečenstvu



# „Nested“ struktura infraspolečenstev parazitů



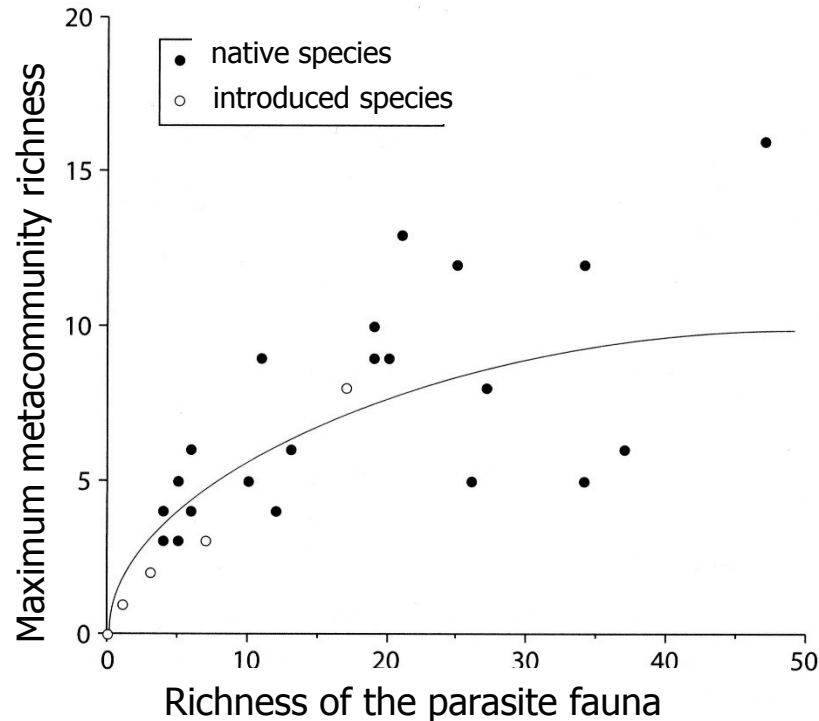
Dva typy hypotetické distribuce druhů parazitů mezi infraspolečenstvy

# Metaspolečenstvo

- ▶ Déle žijící soubor parazitů než jejich infraspolečenstvo
- ▶ MS je formováno delší evoluční časovou škálou během procesů invaze, speciace, extinkce, kolonizace a směnou hostitelů (host switches)
- ▶ Maximální počet druhů cizopasníků = počet druhů tvořících faunu parazitů (v dané oblasti)
- ▶ Často je stupeň saturace menší než parazitofauna

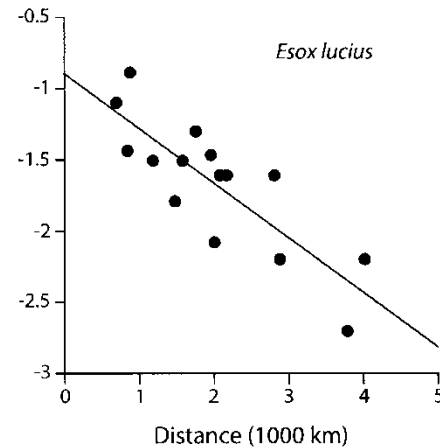
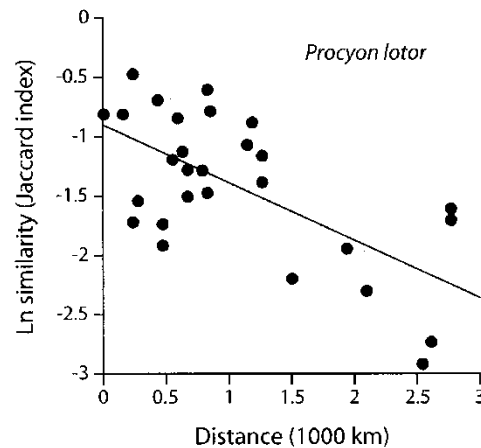
# Saturace metaspolečenstev

- ▶ např. vztah mezi parasite species richness v MS a druhovou bohatostí parazitofauny, publikovaná studie parazitických helmintů 32 druhů sladkovodních ryb v UK (Kennedy & Guégan, 1994)

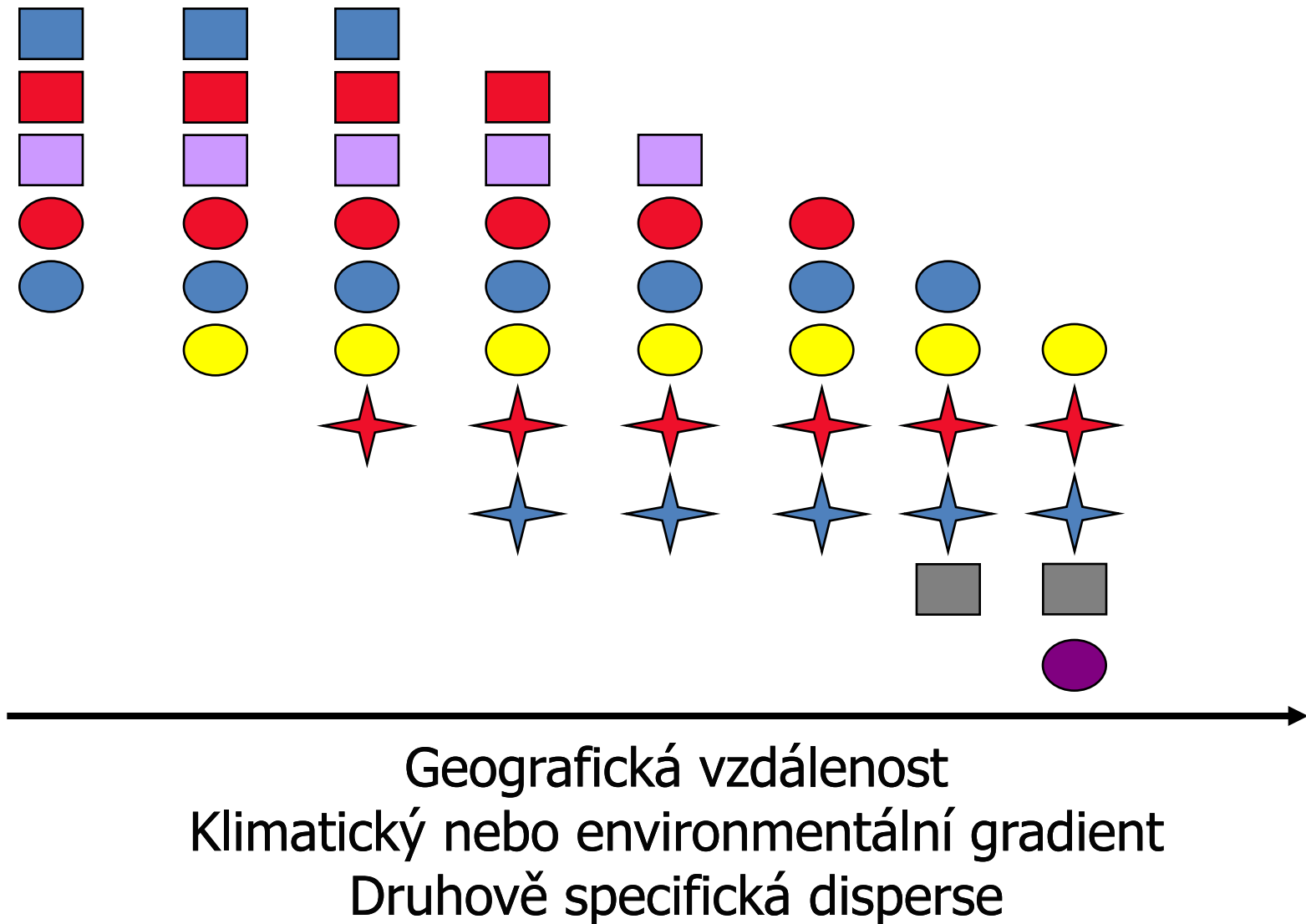


# Podobnosti metaspolečenstev cizopasníků

- ▶ Kontakty hostitelů a výměna cizopasníků
- ▶ Fyzikální izolace hostitelských populací – rozdílné metaspolečenstva parazitů
- ▶ Geografická vzdálenost – dobrý prediktor podobnosti ve druhovém složení (není to ale univerzální fenomén)

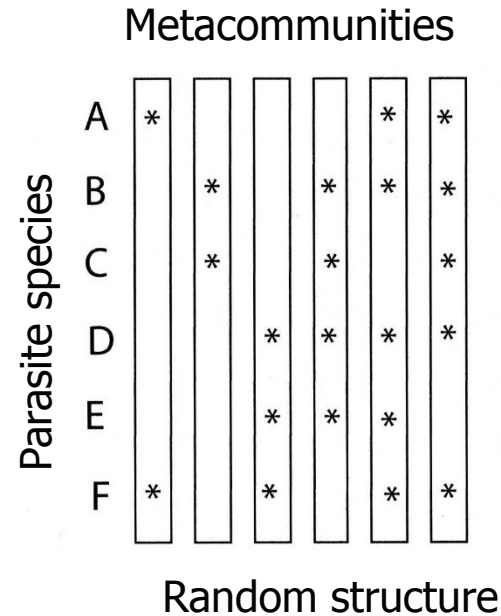
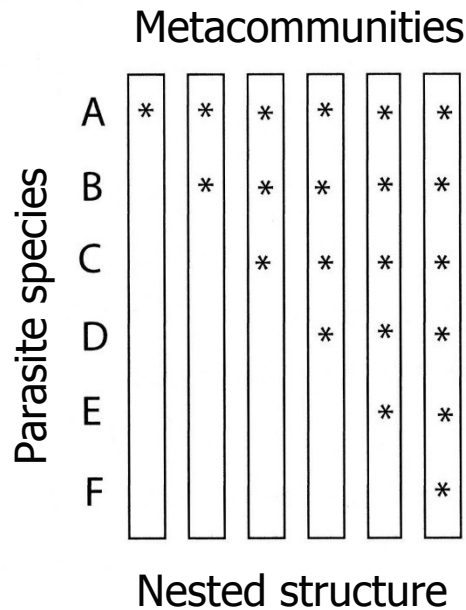


# Pokles podobnosti s rostoucí vzdáleností





# „Nestedness“ v metaspolečenstvech parazitů



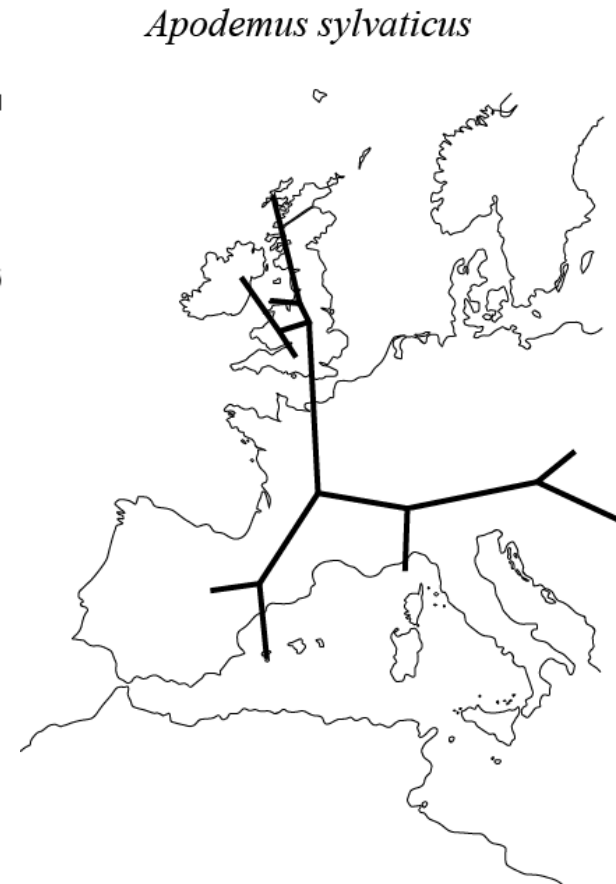
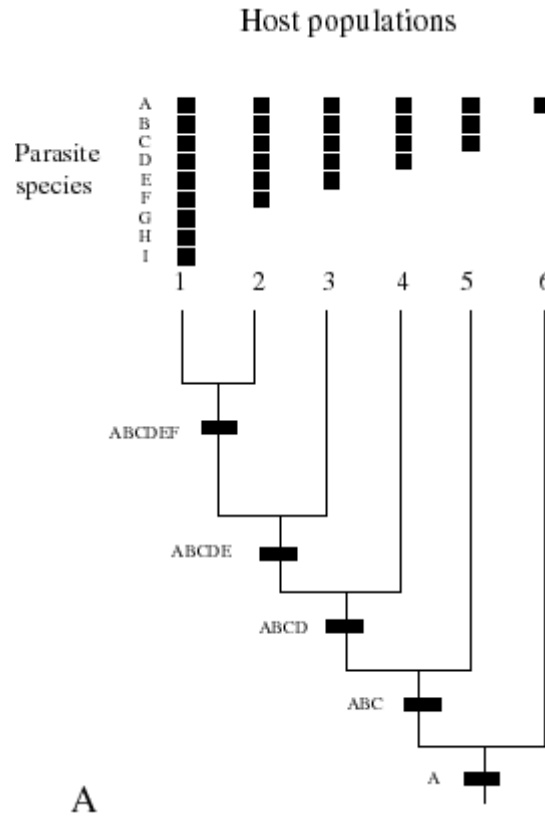
Každý druh parazita druhově chudší lokality je podjednotkou druhového složení lokality druhově bohatší

# Nestedness metaspolečenstev a phylografie

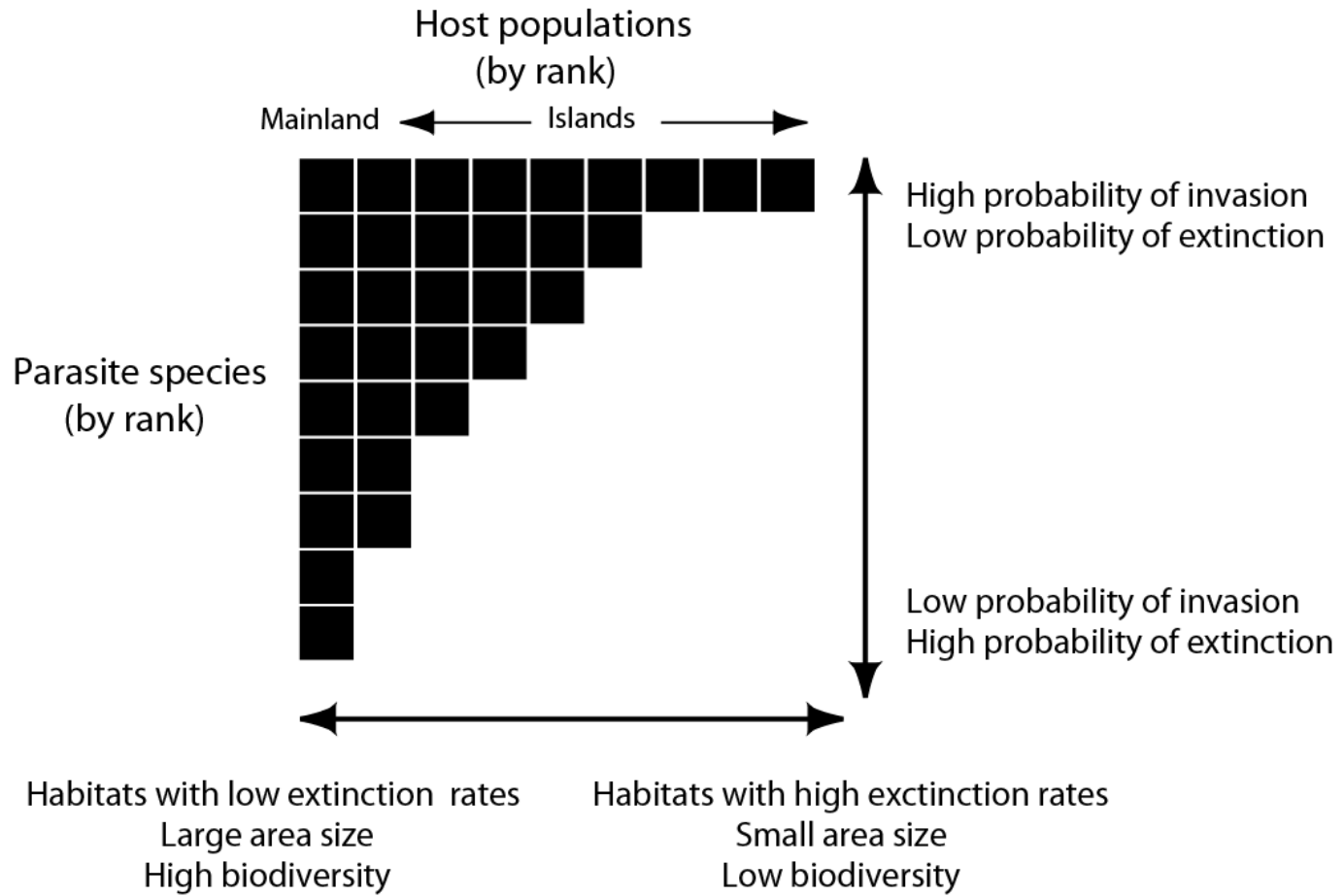
i.e. Helminths in *Apodemus sylvaticus*



Parasite species	Parasite group	Cycle	Spain	C.E.	Mallo.	Cons.	Menor	Itals	Sicily	Itals	Forne	Port.	Port.
Syphacia atrium	N	D											
Syphacia frederici	N	D											
Rodenolopsis atriniae	C	I											
Trichuris muris	N	D											
Heligmosomoides polygyrus	N	D											
Mesophorus muris	N	I											
Rictisolenia proci	N	I											
Skjälbenotaenia lobata	C	I											
Taenia taeniaciformis larvae	C	I											
Brachylaima spp.	D	I											
Aonchotheca muris-sylvatici	N	D											
Aspiculuris tetraptera	N	D											
Gallipotes arfaei	C	I											
Hymenolepis diminuta	C	I											
Passodactylosteles melozi	C	I											
Taenia parva larvae	C	I											
Aonchotheca anisozoa	N	D											
Contiplexus villosus	D	I											
Eucolpus bacillifer	N	D											
Ceolofium hepaticum	N	D											
Moniliformis moniliformis	A	I											
Angiostrongylus djavaniri	N	I											
Eucolpus gastricus	N	D											
Gongylonema neoplasticum	N	I											
Heligmosomum castellanum	N	D											
Physaloptera gelsiae	N	I											
Brachylaima recurva	D	I											
Phyllobothrium muris	D	I											
Taenia taeniaciformis larvae	C	I											
Catenotaenia pustula	C	I											
Cladotaenia globifera larvae	C	I											
Rodenolopsis thalense	C	I											
Hymenolepis muris-sylvatici	C	I											
Joyeuxiella parvulae larvae	C	I											
Mesocostolex sp. larvae	C	I											
Multiceps sp.	C	I											
Taenia polyacantha (larvae)	C	I											
Heligmosomum akjabsini	N	D											
Nippostrongylus brasiliensis	N	D											
Pharyngodonastes hispanica	N	D											
Syphacia obvelata	N	D											
Aleria alata larvae	D	I											
Collyricobates muzrense	D	I											
Elapherythrum melis	D	I											
Mesocylus apodemus	D	I											
Notocorylus reyni	D	I											
Phyllobothrium elegans	D	I											
Phyllobothrium leucocoma	D	I											
Passodactylosteles melozi	D	I											
Sophicalostomum petersenicum	D	I											
Skjälbenotaenia mptsi	D	I											



# Nestedness v metaspolečnostech

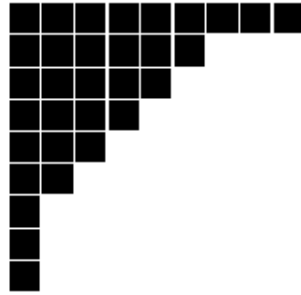


# Které procesy generují nestedness ?

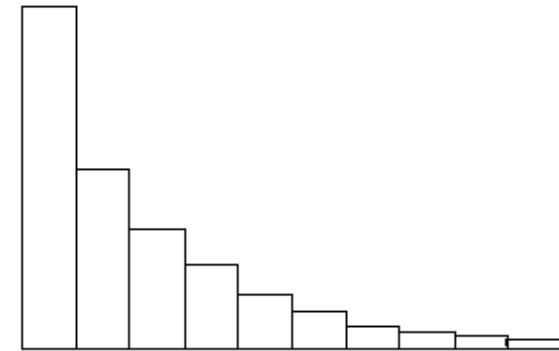
Nestedness – výsledek **epidemiologických procesů**  
(Morand et al., 2002)

Souvislost mezi nestedness  
a prevalencí parazitů –  
Důsledky rozdílné kolonizace  
parazitů a extinkce spojené  
s natalitou a mortalitou

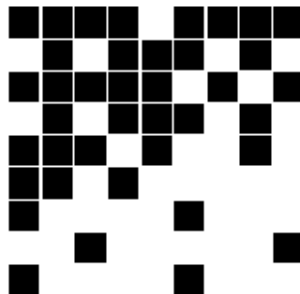
Nested pattern



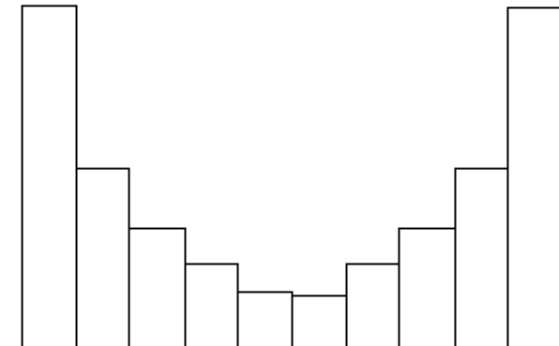
Unimodal distribution  
of parasite prevalence



Non nested pattern



Bimodal distribution  
of parasite prevalence



# Interakce ve společenstvech parazitů

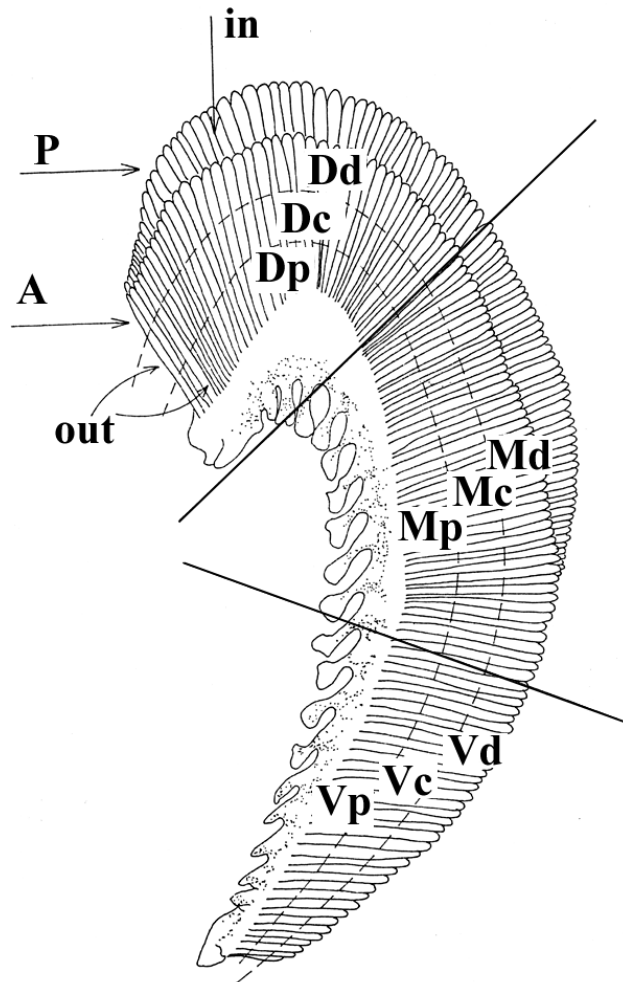
- ▶ Interakce parazitů s hostitelem
  - ▶ **Interspecifické interakce**
  - ▶ **Positivní** – narušení obranných mechanismů hostitele jedním druhem parazita může napomoci jinému druhu cizopasníka
  - ▶ **Negativní** – přítomnost jednoho druhu cizopasníka vede k redukci velikosti populace, změně distribuce nebo omezení reprodukce jiného druhu
  - ▶ **Intraspecifické interakce**





- ▶ Multidimensionální prostor habitatu parazita definovaný biotickými a abiotickými proměnnými
- ▶ Paraziti zaujmají specifickou pozici na/v hostiteli = **habitat**  
např. habitat of endoparazitů – střevo
- ▶ **Nika** = determinována rozsahem všech pozic všech jedinců daného druhu cizopasníka  
Rozměr niky = průměr (mean or medián) pozice  
(!!! V jednoduchém případě je nika vyměřena unidimensionální  
např. jako délka střeva)

# Ekologická nika parazitů



Hostitel-habitat (žábra) →  
mikrohabitat

Dorsální plocha

Mediální ...

Venrální ...

Anteriorní oblouk

Posteriovní ...

proximal plocha

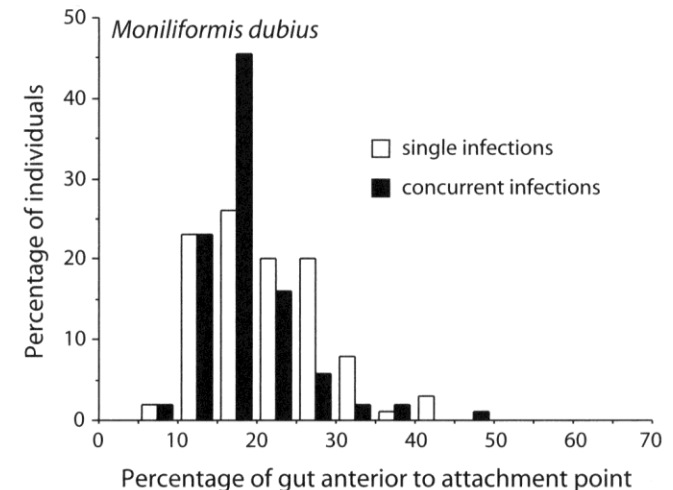
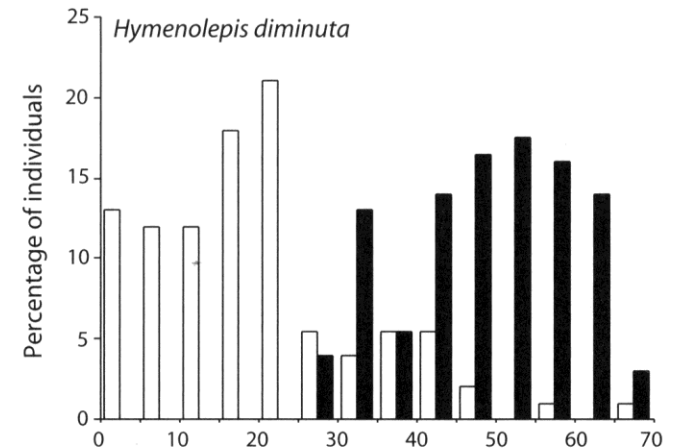
centrální ...

distální ...

vnitřní a vnější povrchy

# Základní versus realizovaná ekologická nika

- ▶ Hutchinson 1957
- ▶ **Základní** (preinteraktivní, prekompetitivní) - virtuální prostorový rozsah, kde se paraziti rozmnožují a přežívají za nepřítomnosti kompetitora
- ▶ **Realizovaná** (postinteraktivní, postkompetitivní) podjednotka základní niky redukovaná díky interspecifickým interakcím

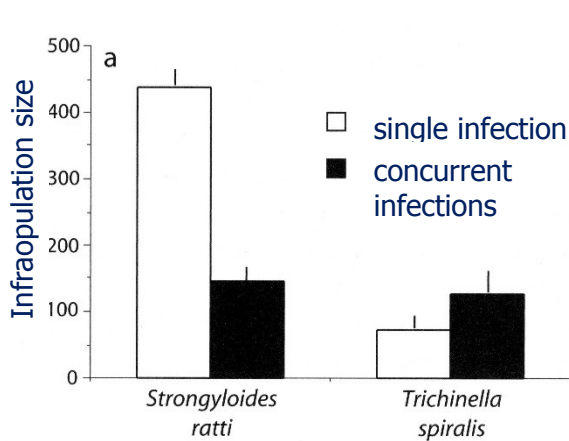


# Numerická odpověď na kompetici

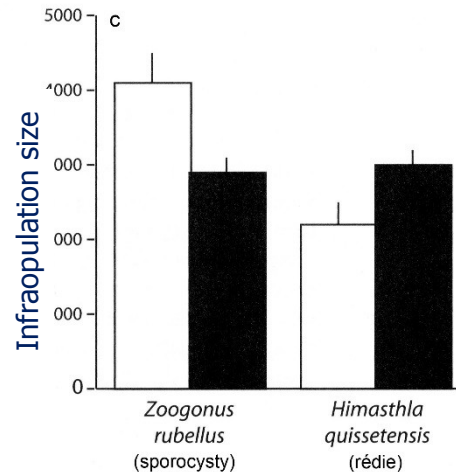
- ▶ Redukce velikosti populace cizopasníka za přítomnosti jiného druhu parazita

**asymmetric output** – ovlivněn pouze jeden druh parazita

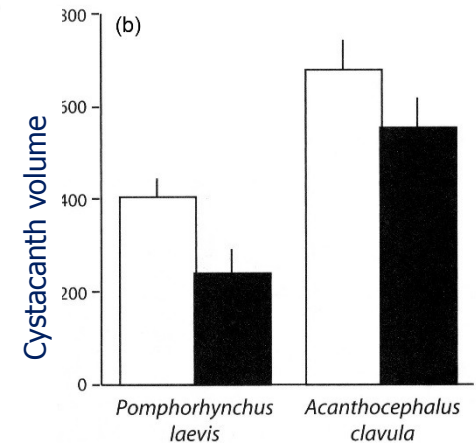
**symetric output** – ovlivněna velikost infropopulací obou druhů



2 nematode species  
in rats



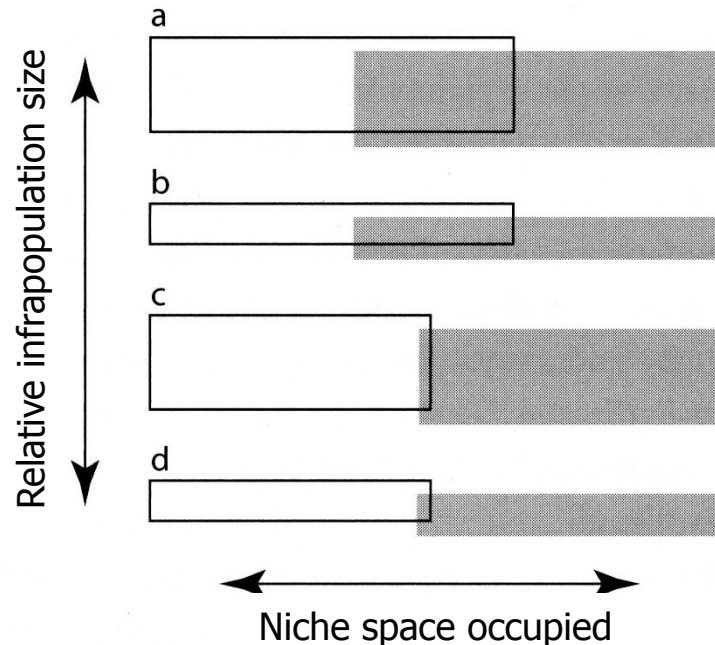
2 digenean species  
in IH (Mollusca)



2 acanthocephalean species  
in IH (Amphipoda)

# Funkční odpověď na kompetici

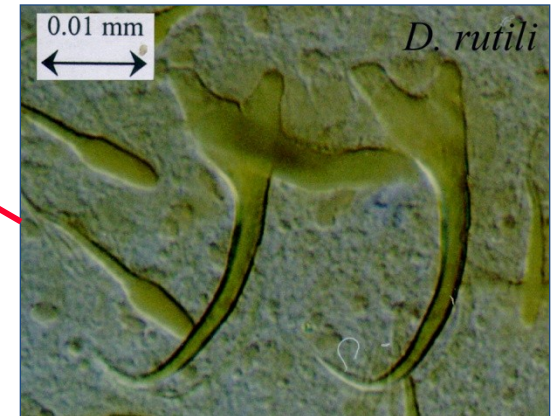
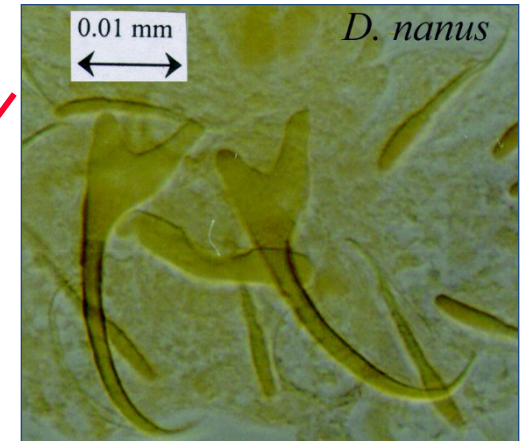
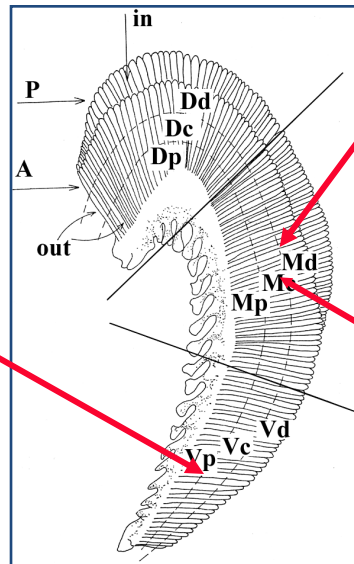
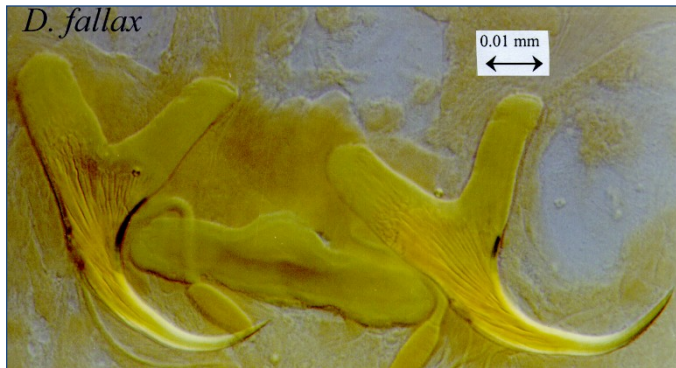
- ▶ **Interactive site segregation** (Holmes 1973)
- ▶ Posun realizované niky různých druhů nebo redukce přesahu nik díky interakcím
- ▶ Funkční odpověď nastává s nebo bez numerického efektu





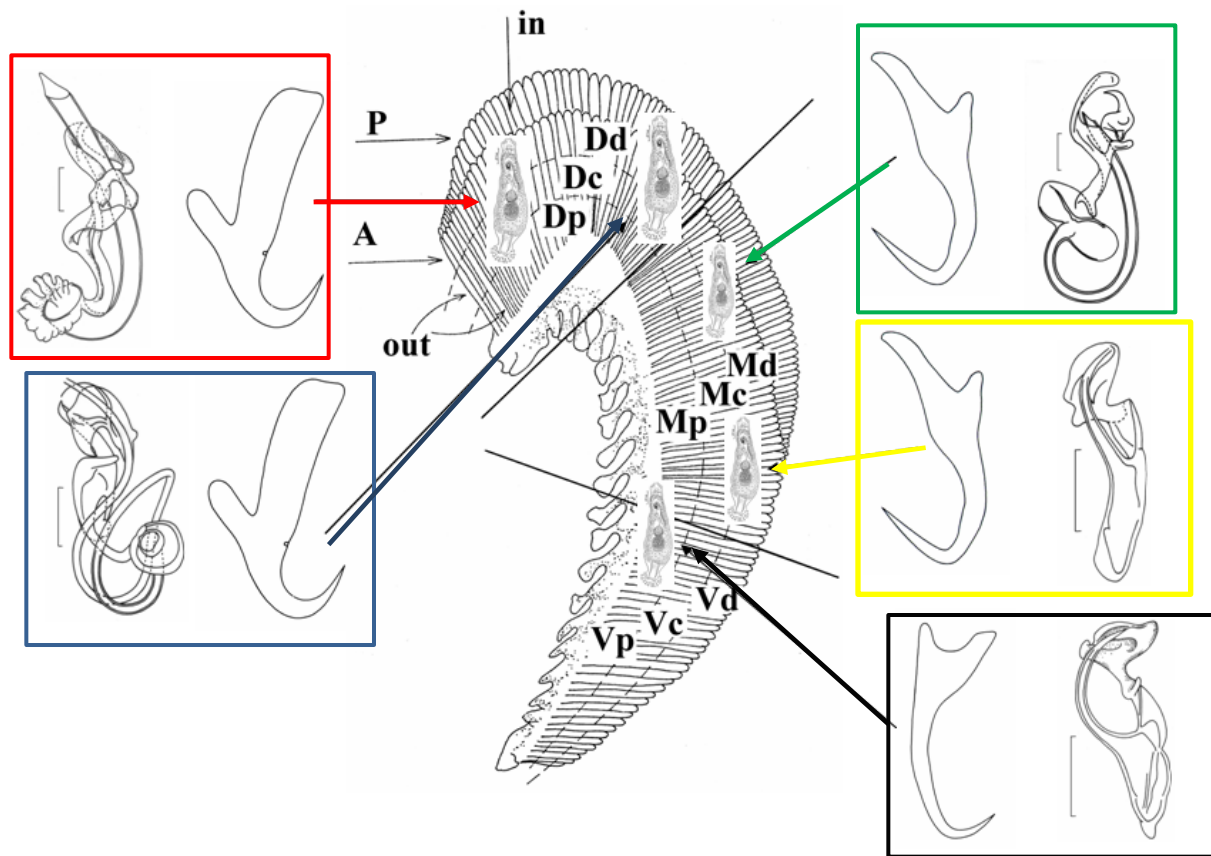
# Specifické niky kongenerických parazitů

- ▶ Specializace a adaptace
- ▶ Morfologie přichycovacích orgánů (haptor)



*Dactylogyrus* species na *Rutilus rutilus* (Cyprinidae)

# Posílení reprodukční bariér kongenerických druhů cizopasníků



# Evoluce preferovaných nik kongenerických druhů parazitů

Figure 6B.

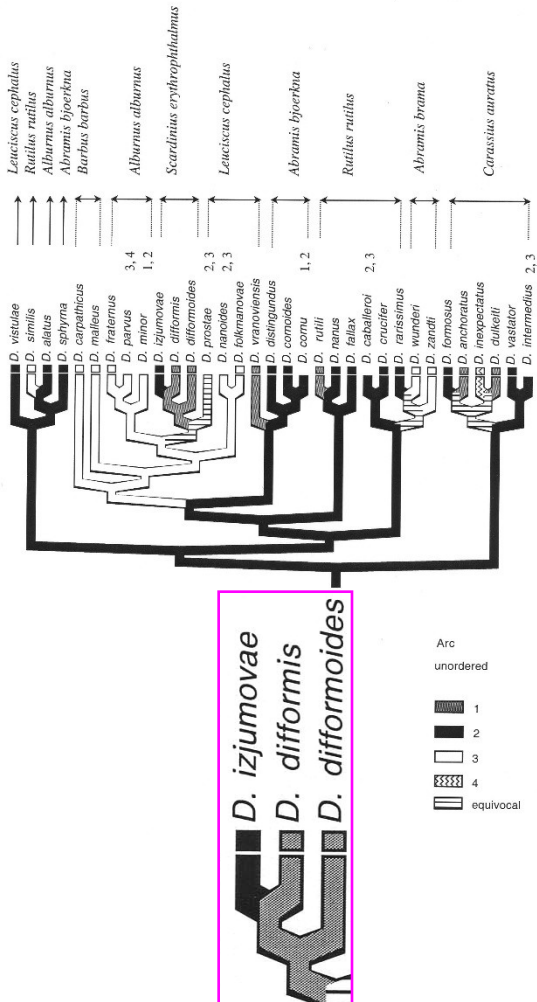


Figure 6C.

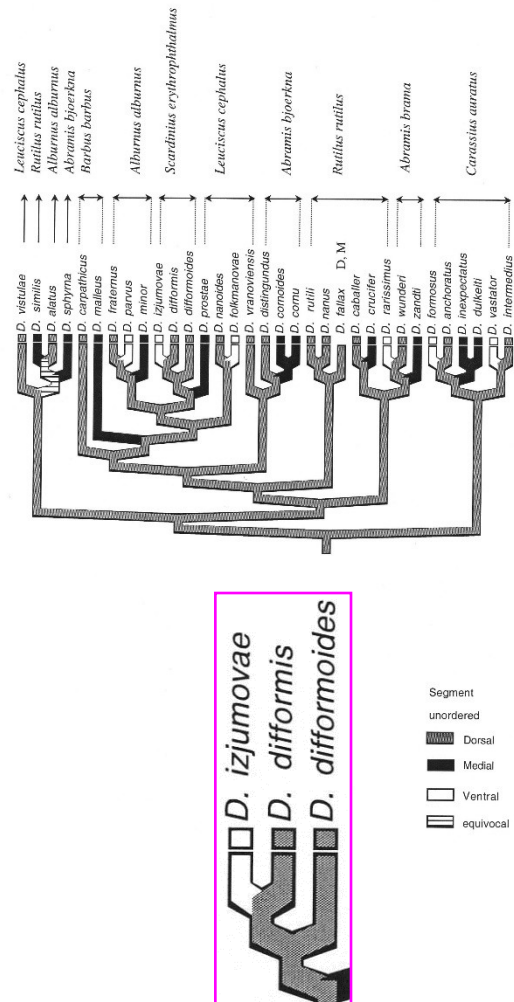
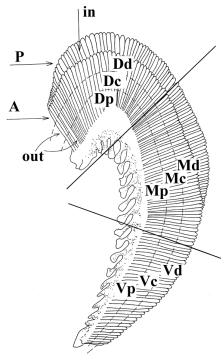
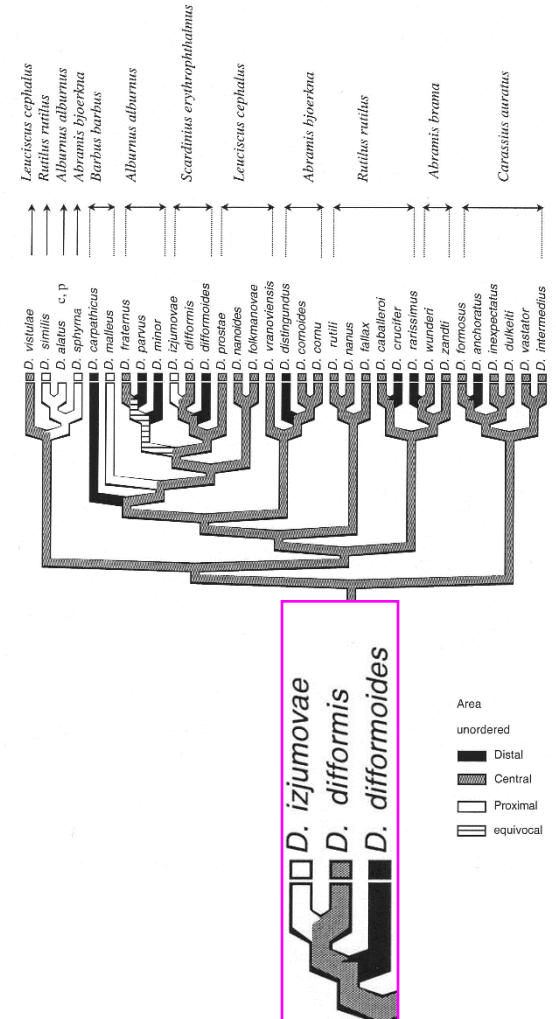


Figure 6D.



# Kvantifikace ekologické niky

- ▶ Šířka niky podle Levinse (1968)

$$B = \frac{1}{\sum (p_j^2)}$$

kde  $p_j$  je proporce jedinců parazita nalezených v sektoru  $j$

- ▶ Renkonenův index pro přesah (Renkonen, 1938)

$$R = 1 - \frac{\sum |p_{ia} - p_{ja}|}{2}$$

kde  $p_{ia}$  je proporce jedinců daného druhu  $i$  v sektoru  $a$ , a  $p_{ja}$  je proporce jedinců druhu  $j$  v sektoru  $a$

Děkuji za pozornost



## PARASITIC ADAPTATIONS

### Morphological adaptations

**the scutum-** adapted for protection but it is also limiting,

**Pedipalp-** act as counter anchor at the time of attachment of tick to host

**Hypostome** (organ of attachment) recurved teeth present on it, helps in host's skin attachment

**The chelicerae** are the cutting organs used to penetrate the host's skin and gain access to its blood, comprise three parts, **the cheliceral base**, an **elongated shaft**, and the **cutting digits**.

