

# Diverzita cizopasníků

Protozoa

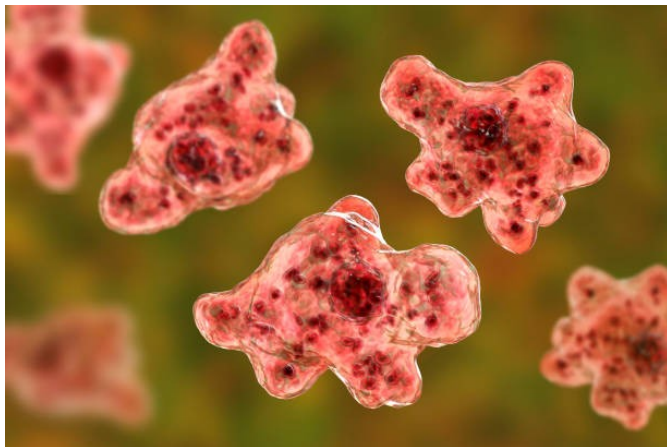
# Rozmanitost života - systematika



**Obrázek 1.9 – Malá ukázka rozmanitosti života.** Na obrázku vidíte pouze některé z mnoha desítek tisíců druhů motýlů a můr. Jejich sbírka je uložena v Národním muzeu přírodní historie (National Museum of Natural History) ve Washingtonu D.C. I přes velkou rozmanitost jednotlivých druhů, jsou všechny variací na jedno společné anatomické téma. Jedním z hlavních cílů biologie je vysvětlit, jak tato rozmanitost vzniká, když se také podílí na vlastnostech společných různým druhům.



# Co je to systematika ?



**Druh:**  
*Canis lupus (vlk)*

**Rod:**  
*Canis (pes)*

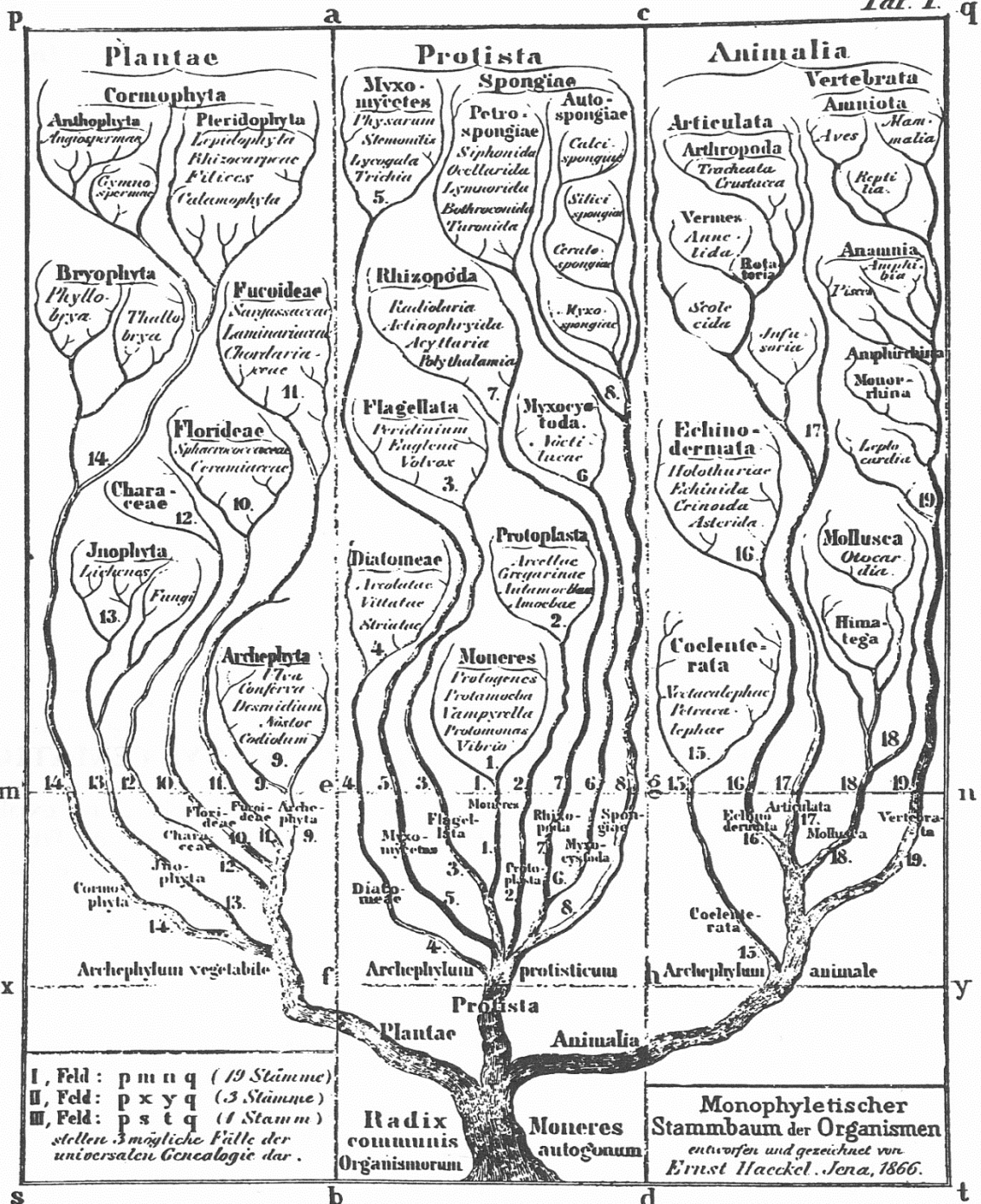
**Čeleď:**  
*Canidae (psovití)*

**Řád:**  
*Carnivora  
(masožravci)*

**Třída:**  
*Mammalia (Savci)*

**Kmen:**  
*Chordata  
(obratlovci)*

**Říše:**  
*Animalia  
(živočichové)*



I, Feld: p m n q (19 Stämme)  
 II, Feld: p x y q (3 Stämme)  
 III, Feld: p s t q (1 Stamm)  
 stellen 3 mögliche Fälle der  
 universalen Genealogie dar.

Radix  
 communis  
 Organismorum

Monophyletischer  
 Stammbaum der Organismen  
 entworfen und gezeichnet von  
 Ernst Haeckel. Jena, 1866.



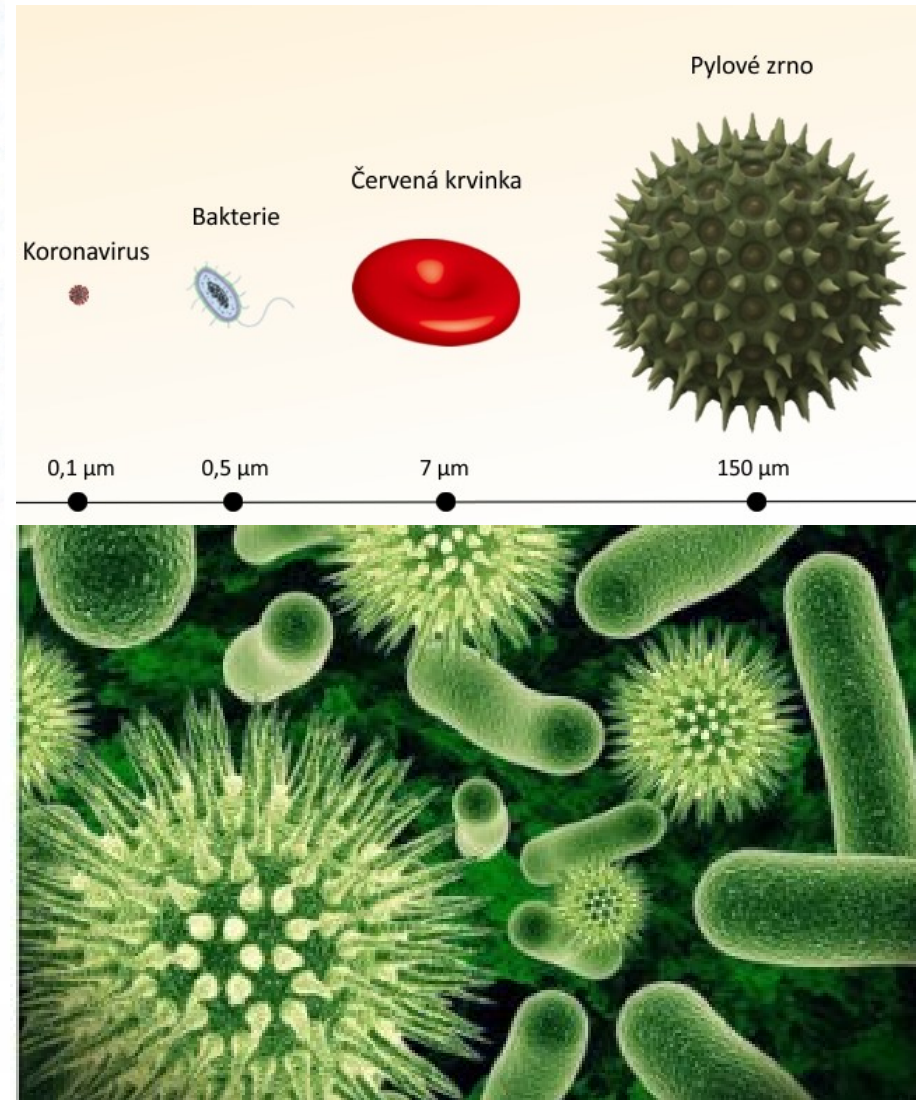
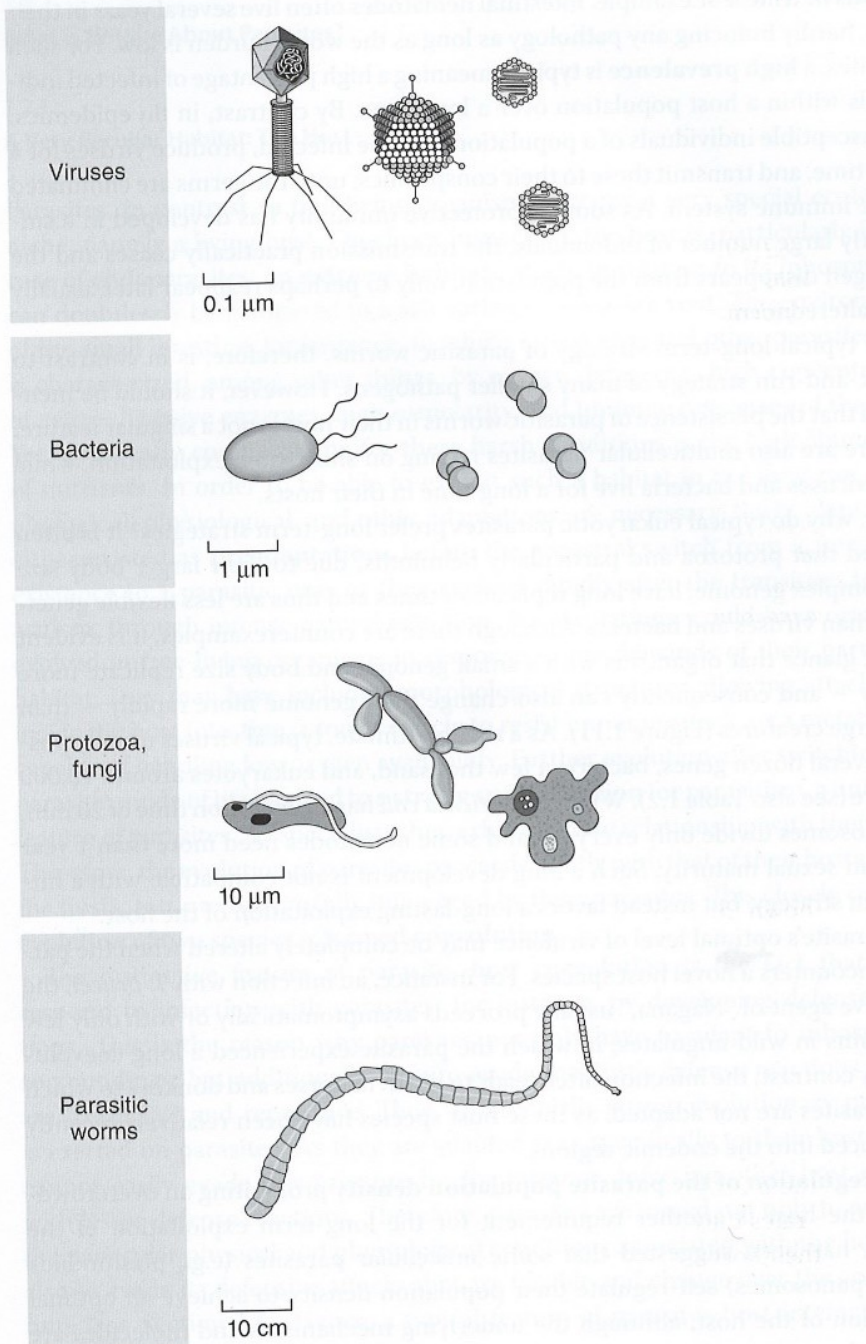
# Výskyt a rozšíření nejběžnějších parazitů člověka

Parasite	Infected people (in millions)	Distribution
<i>Giardia lamblia</i>	>200	Worldwide
<i>Trichomonas vaginalis</i>	173	Worldwide
<i>Entamoeba histolytica</i>	500*	Worldwide in warm climates
<i>Trypanosoma brucei</i>	0.01	Sub-Saharan Africa ("Tsetse Belt")
<i>Trypanosoma cruzi</i>	7	Central and South America
<i>Leishmania</i> spp.	2	Near + Middle East, Asia, Africa, Central and South America
<i>Toxoplasma gondii</i>	1500	Worldwide
<i>Plasmodium</i> spp.	>200	Africa, Asia, Central and South America
<i>Paragonimus</i> sp.	20	Africa, Asia, South America
<i>Schistosoma</i> sp.	>200	Asia, Africa, South America
<i>Hymenolepis nana</i>	75	worldwide
<i>Taenia saginata</i>	77	Worldwide
<i>Trichuris trichiura</i>	902	Worldwide in warm climates
<i>Strongyloides stercoralis</i>	70	Worldwide
<i>Enterobius vermicularis</i>	200	Worldwide
<i>Ascaris lumbricoides</i>	1273	Worldwide
<i>Ancylostoma duodenale</i> and <i>Necator americanus</i>	900	Worldwide in warm climates
<i>Onchocerca volvulus</i>	17	Sub-Saharan Africa, Central and South America
<i>Wuchereria bancrofti</i>	107	Worldwide in the tropics

Source: Compiled from various authors.

\*many of those asymptomatic or infected with the morphologically identical *Entamoeba dispar*.

# Velikost různých typů parazitů





# Kolik je na Zemi druhů ?

Hodně to závisí na definici druhu !

- První pokus Systema Naturae v roce 1735 Carl Linné
- V současnosti se odhady pohybují od 3 do 100 milionů druhů (obtížné – mnoho kryptických druhů)
- Nejčastěji odhad na  $5 \pm 3$  miliony a  $8,7 \pm 1,3$  milionů druhů
- V současnosti popsáno cca 1,9 milionů druhů

# Domény a říše života

- Doména Baktérie – patogenní agens – Prokaryota
- Doména Archaeobaktérie – žijí v extrémních podmínkách (horké prameny)
- Doména Eukaryotních organismů:
  - říše Protozoa – paraziti člověka
  - říše Plantae – paraziti rostlin
  - říše Fungi – paraziti člověka
  - říše Animalia – paraziti člověka

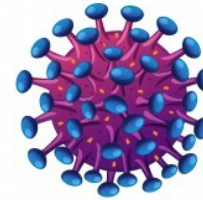
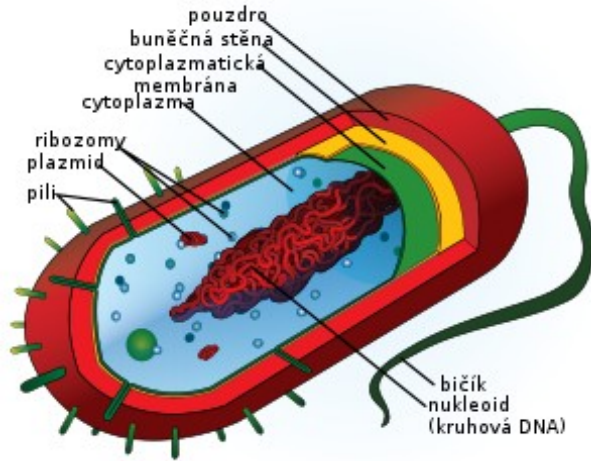




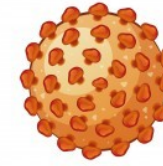
# Kolik je parazitů ?

- Záleží to na definici:
  - Paraziti jsou všechny **eukaryota** s parazitickou životní strategií
  - Přidáme-li **prokaryota** budou zde patřit i bakterie
  - a přidáme-li pojem **genetická entita** budou zde patřit také viry
  - Odhady **počtu helmintů** (monogenea, tasemnice, motolice, hlístice a vrtejši) odhadujeme rozsah 75 ž 100 tisíc druhů
  - Počty **dalších parazitů** (protozoa, fungi, členovci včetně hmyzu a roztočů a volně žijících hlístic) nelze vůbec odhadnout

# Kolik je vlastně parazitů ?



HIV



Hepatitis B



Ebola Virus



Adenovirus



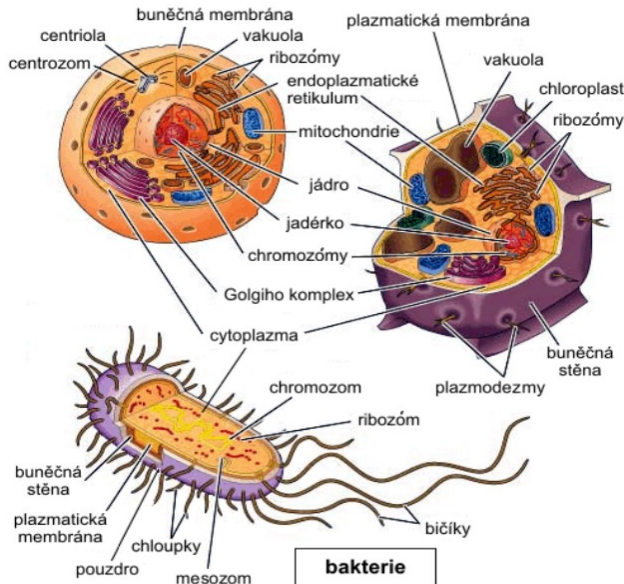
Influenza



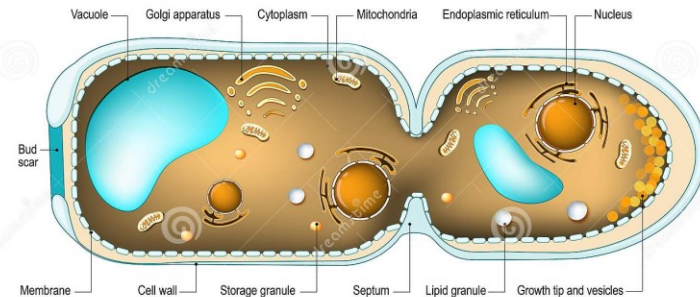
Bacteriophage

živočišná buňka

rostlinná buňka



## FUNGAL CELL





# Původ a vznik virů

- **Viry** jsou malé, **nebuněčné organismy**, které obsahují jen jediný typ nukleové kyseliny a replikují se pouze v živých buňkách za využití hostitelské proteosyntézy. Od všech ostatních žijících organismů se liší v následujících bodech:
- jsou organizované jen jako částice, nejsou organizovány jako buňky (mohou být považovány za nebuněčné)
- zralé viriony obsahují pouze jediný typ nukleové kyseliny - vždy pouze DNA nebo RNA
- viry se množí syntézou svých složek (ne dělením), a proto závisí na ribosomech hostitelské buňky
- Vyznačují se **vysokou druhovou** a **orgánovou** specifitou. Rozlišujeme viry rostlinné, živočišné a bakteriofágy, které napadají bakterie. Některé viry se významně podílejí i na **vzniku neoplázií**, označujeme je onkoviry. Viry mohou být vektory přenášející genetické informace mezi buňkami. Toho je využíváno v genetickém inženýrství a genové terapii.

# Původ a vznik virů

Existují tři hlavní teorie, snažící se původ virů vysvětlit:

- Většina virů vznikala a vyvíjela se paralelně s primitivními buňkami. Pravděpodobně už první RNA (struktura schopna se sama replikovat) se vyvíjela ve dvou liniích: virové a buněčné. Pokud by to byla pravda, RNA viry by byly starší než buněčné formy života.
- O nejkompexnějších virech, [poxvirech](#), se předpokládá, že mohly vzniknout regresivním vývojem ze samostatných buněk nebo z buněčných organel ([mitochondrií](#), chloroplastů).
- Ostatní viry pravděpodobně vznikly z buněčného materiálu, který nabyt schopnost částečně nezávislé existence. Osamostatnění [RNA](#) molekuly, která kóduje RNA-polymerázu a ke které se přidal gen pro proteinový obal, mohlo stát na počátku vzniku RNA virů. Vznik DNA virů byl pravděpodobně na podkladu osamostatnění [transpozonů](#) nebo z primitivní buňky, ve které DNA nebyla ještě organizována do chromozomů. Pokud by mutace [genů](#) vedla k bílkovině schopné sestavovat se do ikosaedrální schránky, mohl vzniknout virus, jehož genom byl dále obohacován přibíráním dalších genů.



# Mnoho bakterií parazituje

- **Bakterie** jsou všudypřítomné prokaryotní organismy o velikosti **0,3–10 µm**.
- Bakterie patřily k řetězci vývoje života na Zemi. Vznikly cca **před 3 miliardami let** a ovlivnily jak vývoj prostředí, tak vývoj jiných druhů, neboť infekce jsou významnými faktory selekce. Již bylo popsáno více než **2000 druhů** bakterií.
- V současnosti je známo cca **30 skupin bakterií**, z 16 známějších kmenů jsou v **11 z nich** zastoupeny **parazitické formy** (Chlamydia, Rickettsia – intracelulární paraziti), skupina Spirochaetes zahrnuje jak parazitické, tak volně žijící zástupce.
- **Nemají** vytvořenou **jadernou membránu** ani **jadérko**. Transkripce i translace probíhají prakticky **současně** v cytoplasmě. Mají nezastupitelnou **úlohu v ekosystémech**:
  - degradují organické látky a recyklují živiny (**saprofyté**)
  - některé jsou schopné zachytávat vzdušný dusík
  - jsou neobyčejně **přizpůsobivé** – vykazují obrovskou diverzitu metabolismu a schopností využívat různé zdroje energie

# Houby (Fungi, Mycetalia)

- **Houby** (Fungi, Mycetalia<sup>[1]</sup>) představují velkou skupinu živých organismů dříve řazenou k [roślinám](#) (jako jejich podříše *Mycophyta*), později [Robertem Whittakerem](#) vyčleněnou jako samostatnou [říši](#) a v současné době klasifikovanou spolu s např. [živočichy](#) jako součást [superskupiny Obazoa](#) a kladu [Opisthokonta](#). Její zástupce lze nalézt po celé Zemi a vyskytují se mezi nimi významní [rozkladači](#), [parazité](#) či v [průmyslu](#) i [potravinářství](#) využívané [druhy](#). Mnoho druhů náleží mezi [mutualisty](#) žijící v [symbióze](#) s [cévnatými rostlinami](#) nebo s [řasami](#). K roku 2022 je oficiálně popsáno přes 150 000 [druhů](#) hub<sup>[2]</sup>, ale ve skutečnosti jich existuje řádově více; podle posledních (rok 2021) odhadů publikovaných vědci [Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky](#) je to 6,28 milionu druhů.<sup>[3][pozn. 1]</sup> V [Česku](#) je zjištěno asi 10 000 druhů.
- V užším pojetí jsou houby (Fungi) [stélkaté](#) organismy různého tvaru a velikostí, bez [asimilačních barviv](#) (tzn. bez [plastidů](#)), s [heterotrofní](#) výživou, s [buněčnou stěnou chitinózní](#). Zásobní látkou je [glykogen](#). Houby se rozmnožují buď [vegetativně](#) (rozpadem vlákna mycelia), nebo [nepohlavními](#) či [pohlavními výtrusy](#).
- Věda zabývající se houbami se nazývá [mykologie](#).

# Rostliny (Plantae)

- **Rostliny** (*Plantae*<sup>[pozn. 1]</sup>) je říše (případně širěji vymezená superskupina Archaeplastida<sup>[1][2]</sup>) eukaryotických a převážně fotosyntetických organismů. Odhaduje se, že se na Zemi vyskytuje asi 350 000 druhů rostlin (včetně semenných rostlin, mechorostů a kaprad'orostů). Zatím bylo popsáno asi 290 000 druhů, z nichž je asi 260 000 semenných, 15 000 mechorostů a zbytek tvoří zejména kaprad'orosty a zelené řasy.
- Typickým znakem rostlin jsou plastidy s dvoujednotkovou membránou, vzniklé primární endosymbiózou eukaryotní buňky a prokaryotní cyanobakterie (sinice). Mitochondrie mívají ploché kristy, centrioly většinou chybějí. Je vyvinutá buněčná stěna, která obsahuje celulózu, zásobní látkou jsou různé formy škrobu. Většina rostlin získává energii procesem zvaným fotosyntéza, při němž se energie ze slunečního záření využívá k výrobě organických látek s vysokým obsahem energie. V procesu fotosyntézy rostliny pohlcejí oxid uhličitý a produkují kyslík.



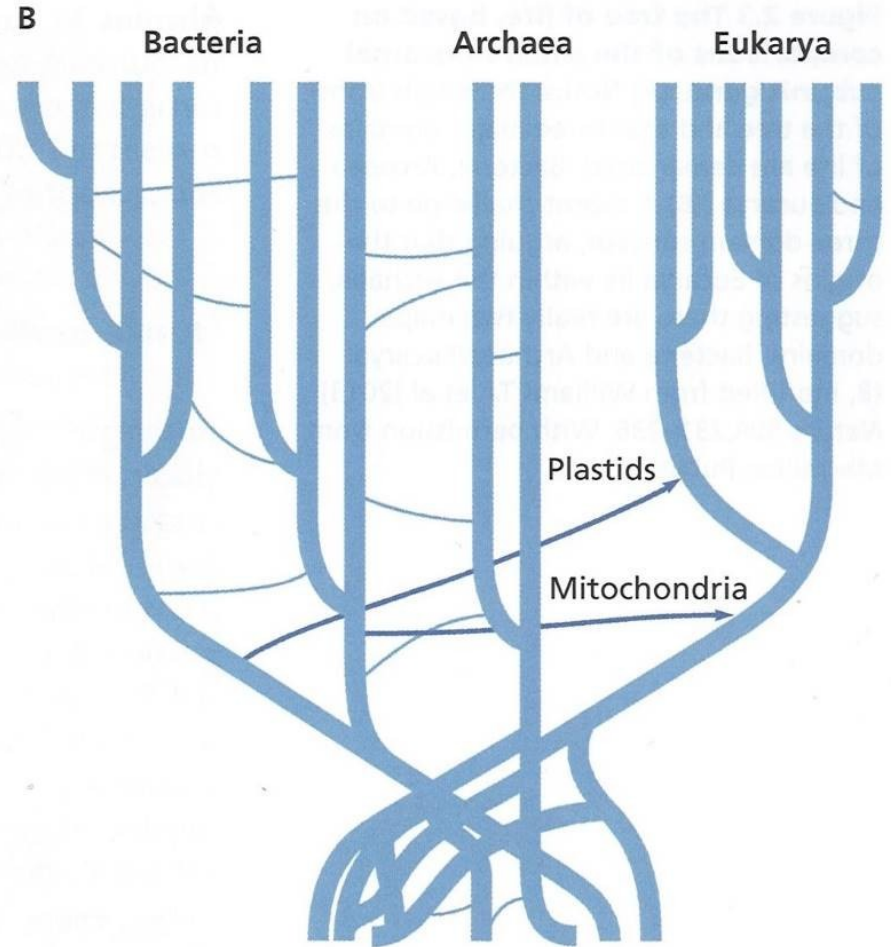
# Velikost genomu a počet protein kódujících genů u některých virů, bakterií a eukaryot

Organism	Number of protein coding genes	Genome size
<i>Hantavirus</i>	3	12.2 kb
<i>Herpes simplex</i>	74	152 kb
<i>Smallpox</i>	187	186 kb
<i>Escherichia coli (K12)</i>	4 377	4.6 Mb
<i>Bacillus subtilis</i>	4 221	4.2 Mb
<i>Helicobacter pylori</i>	1 589	1.6 Mb
<i>Encephalitozoon cuniculi</i>	1 997	2.9 Mb
<i>Giardia lamblia</i>	5 012	11.7 Mb
<i>Entamoeba histolytica</i>	9 938	24 Mb
<i>Trypanosoma brucei</i>	9 068	36 Mb
<i>Leishmania major</i>	8 311	32.8 Mb
<i>Cryptosporidium parvum</i>	3 807	9.1 Mb
<i>Plasmodium falciparum</i>	5 268	22.8 Mb
<i>Babesia bovis</i>	3 671	8.2 Mb
<i>Theileria parva</i>	4 035	8.3 Mb
<i>Schistosoma mansoni</i>	>11 809	363 Mb
<i>Caenorhabditis elegans</i>	21 733	100 Mb
<i>Haemonchus contortus</i>	23 610	320 Mb
<i>Brugia malayi</i>	~11 500	90 Mb
<i>Anopheles gambiae</i>	13 683	278 Mb
<i>Mus musculus</i>	24 174	2.8 Gb
<i>Homo sapiens</i>	~24 000	3.3 Gb

# Darwinův koncept stromu života a jeho moderní alternativa

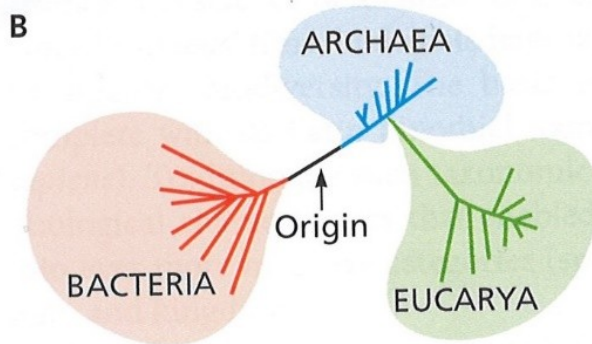
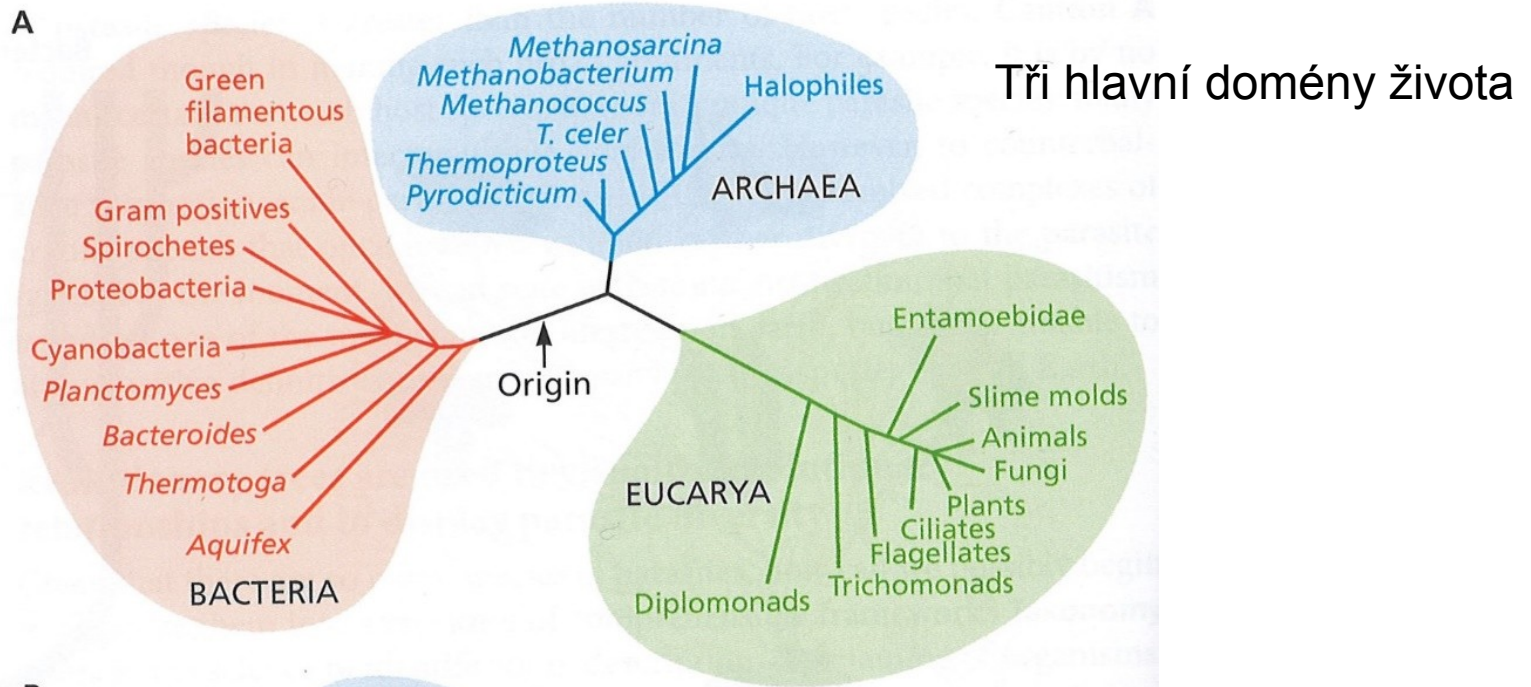


Společný předek a vertikální přenos genetické informace



Horizontální přenos genetické informace, tedy od organismu, jehož není potomkem

# Strom života založený na srovnání genů malé ribosomální podjednotky



Eucarya vzešla z Archaea, což znamená, že byly pouze dvě domény, Bacteria a Archaea/Eucarya.

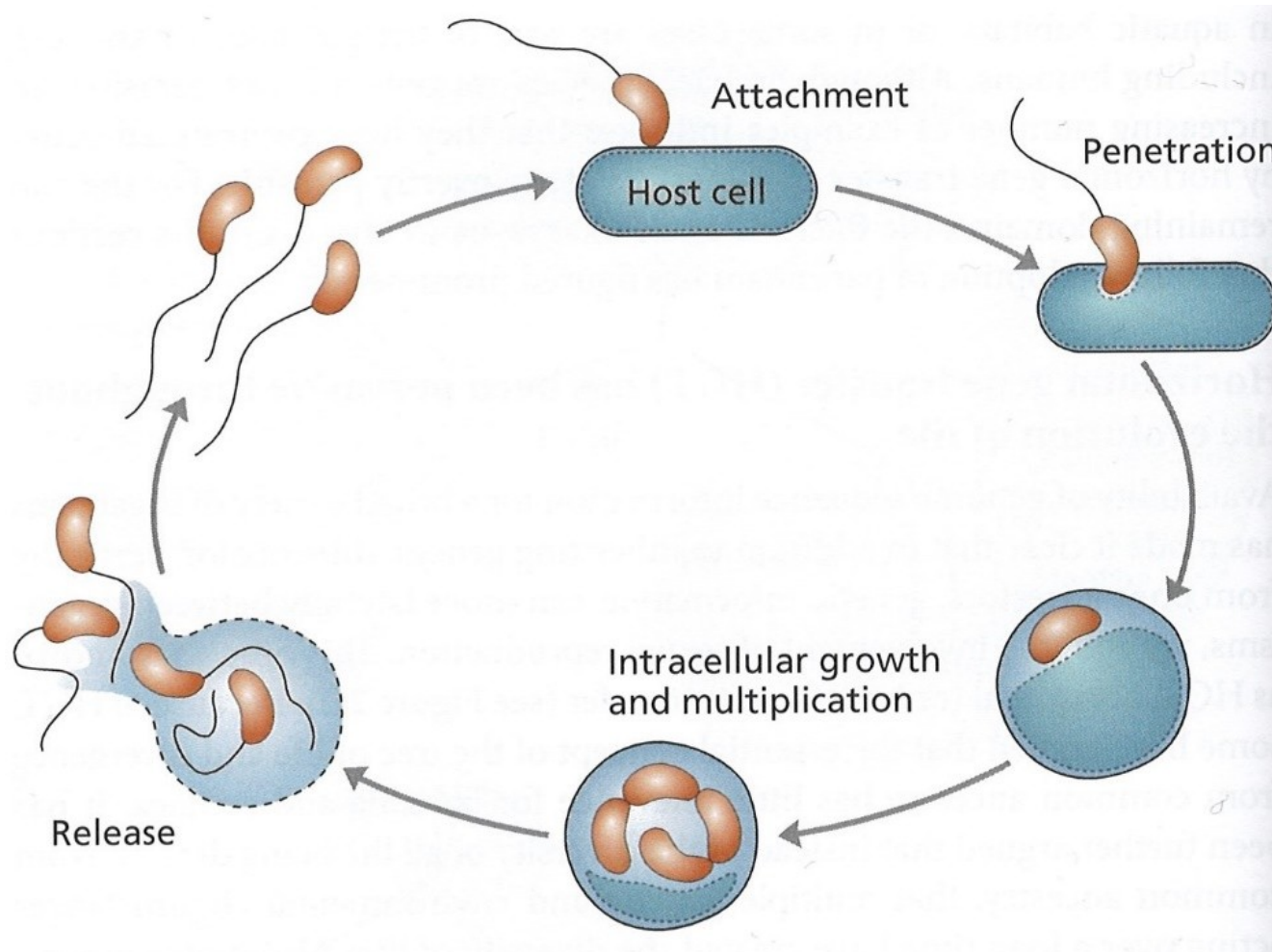


# Parasitismus u Archea velice vzácný



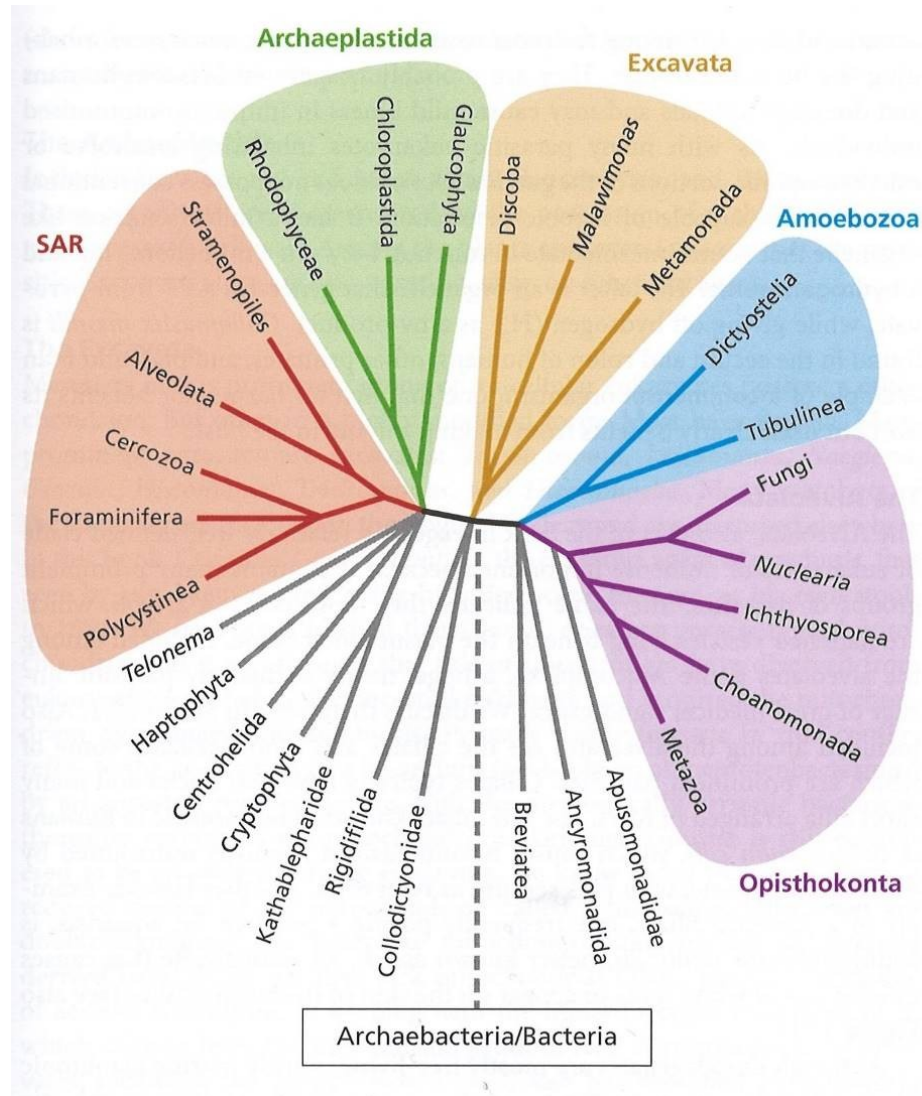
U Archaea pouze druh *Nanoarchaeum equitans* parazituje a tak, že se přichytí na povrch hostitelských buněk *Ignicoccus* sp., které jsou zde světleji vybarveny. *N. equitans* zde má podobu menších jasných teček cca 400 nm v průměru.

# Parasitoidní bakterie *Bdellovibrio*



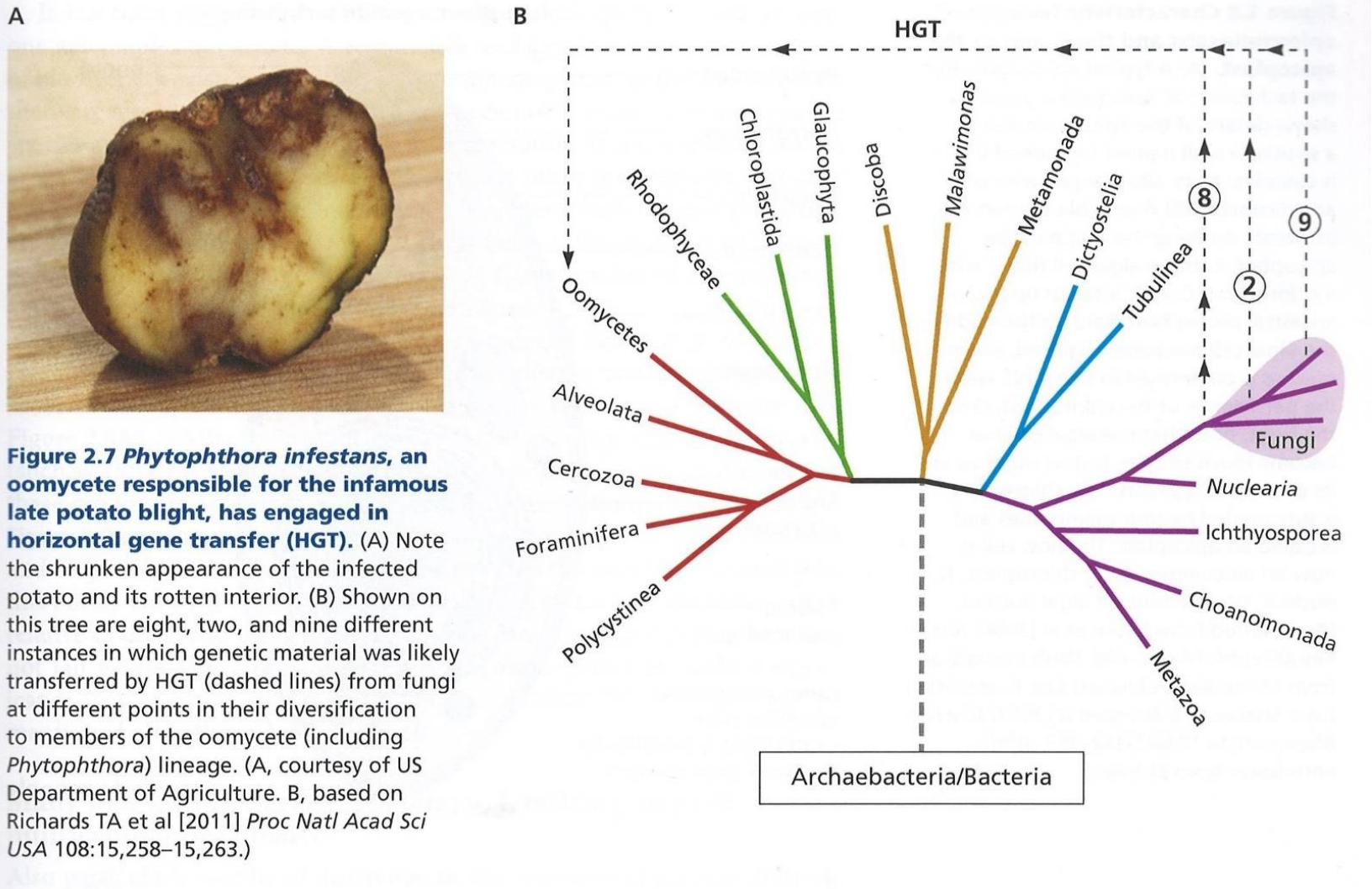
*Bdellovibrio* se přichycuje, penetruje a množí se v hostitelské buňce (rovněž bakterie) a případně ji zahubí. Pak se uvolní a cyklus začíná znovu.

# Vztahy mezi hlavními skupinami Eucaryota



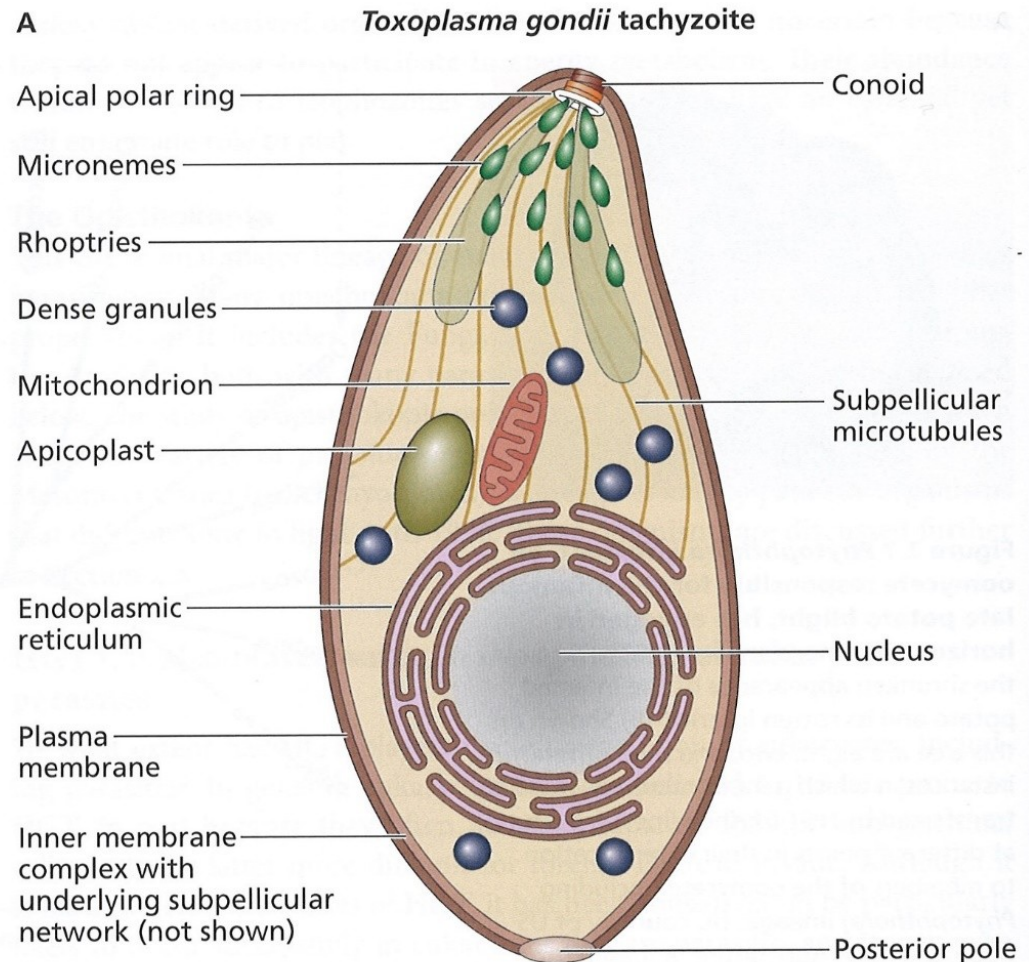


# Phytophthora infestans – oomyceta cílem pro HGT z Fungi



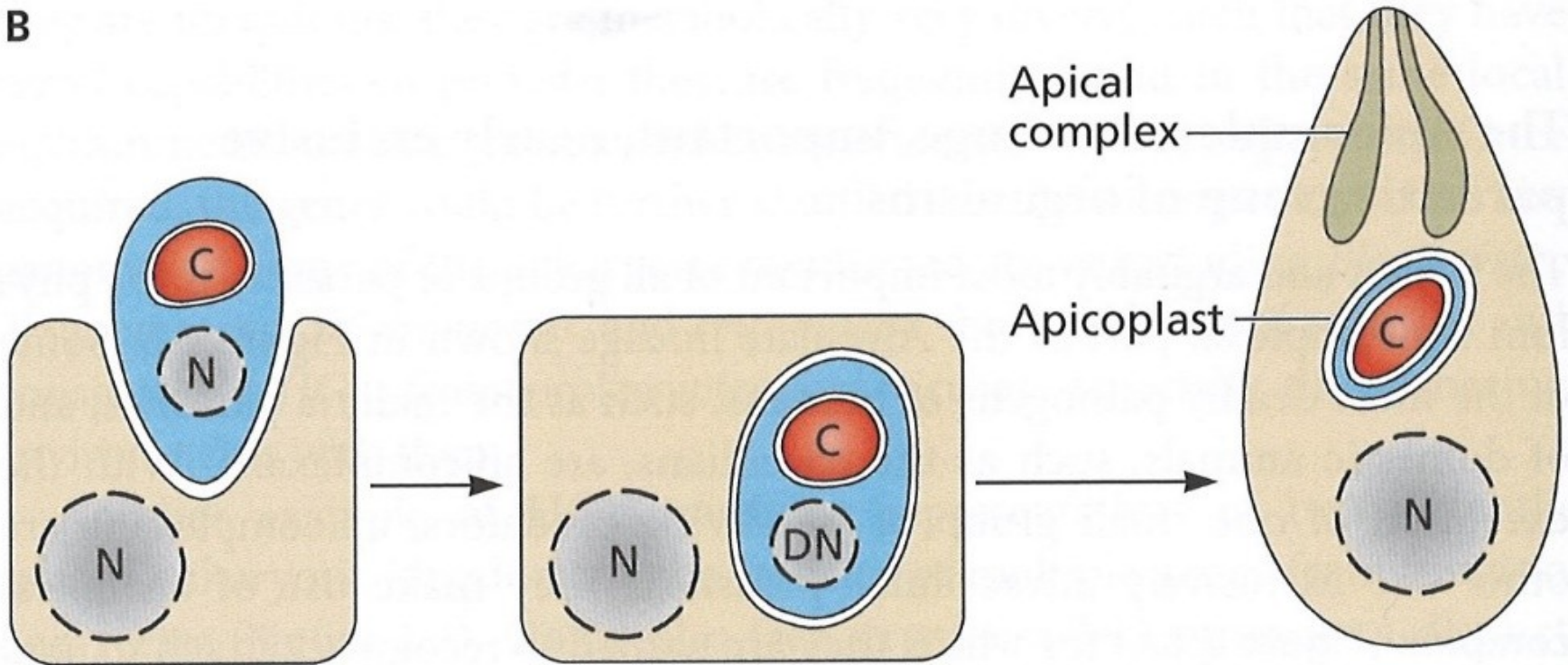
# Charakteristika Apicomplexa

**Figure 2.8 Characteristic features of apicomplexans and the origin of the apicoplast.** (A) A typical apicomplexan, the tachyzoite of *Toxoplasma gondii*, shows details of the apical complex, a structure well named for indeed it is complex. Note also the presence of an apicoplast. (B) A possible sequence of events showing the origin of the apicoplast. Left, an algal cell (blue) with a chloroplast (C, red) is taken up by an ancestral protist host (tan). In the middle, the algal cell has been engulfed, and its nucleus is diminished in size (DN). Note the persistence of the chloroplast. On the right, note that the algal cell has become much smaller, lost its nucleus, and its chloroplast persists. The chloroplast is surrounded by four membranes and is called an apicoplast. The host cell is now an apicomplexan. C, chloroplast; N, nucleus; DN, diminished algal nucleus. (A, modified from Baum et al [2006] *Nat Rev Microbiol* 4:621–628. With permission from Macmillan Publishers Ltd. B, modified from Sheiner L & Striepen B [2013] *Biochim Biophys Acta* 1833(2)352–359. With permission from Elsevier.)



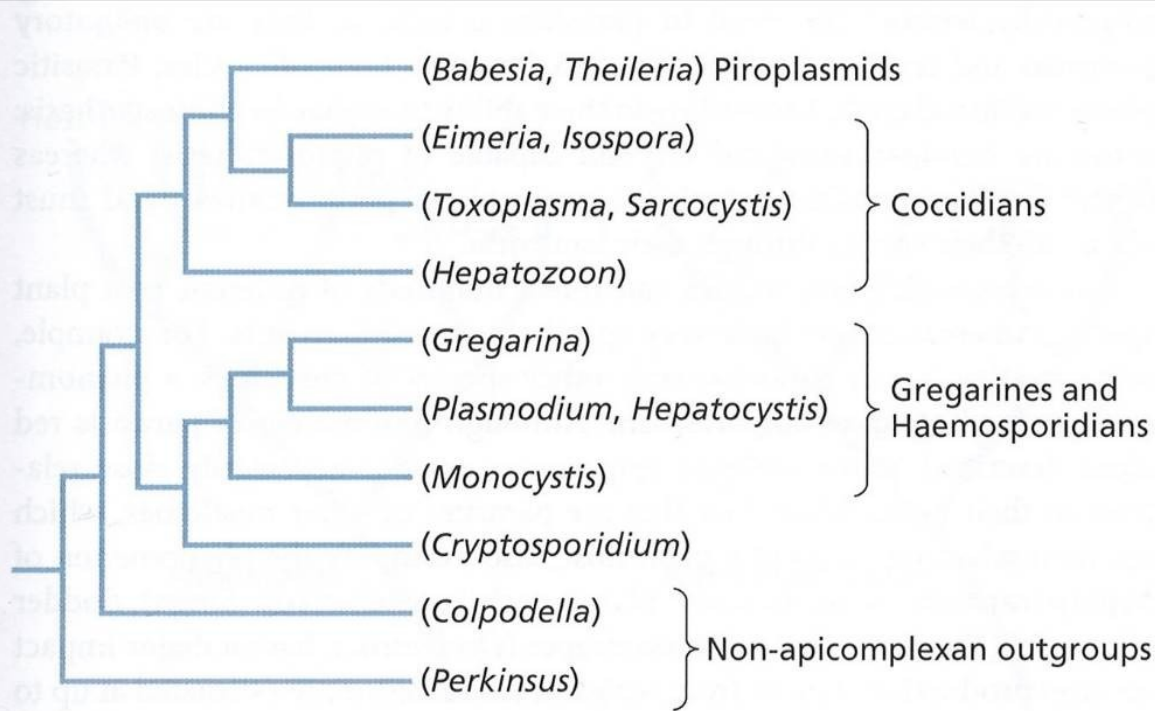
# Původ apikoplastu

B



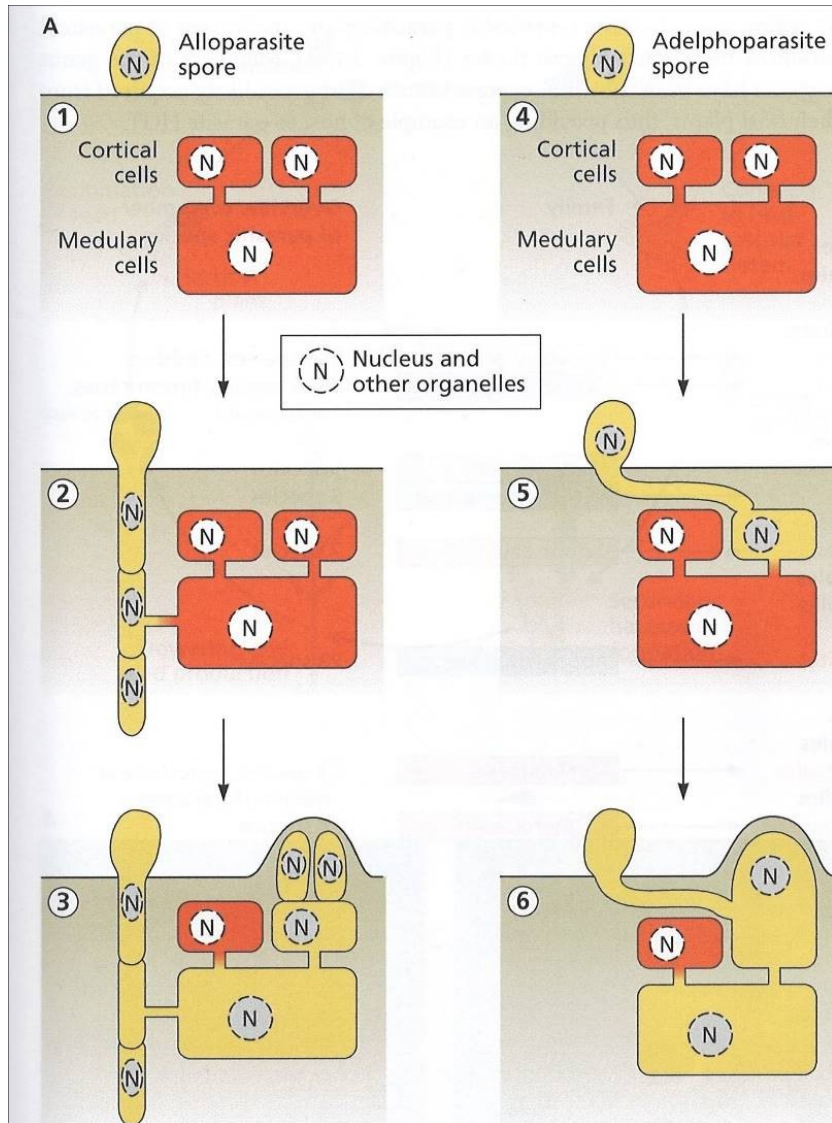


# Fylogenetický kmen Apicomplexa založený na SSU rRNA



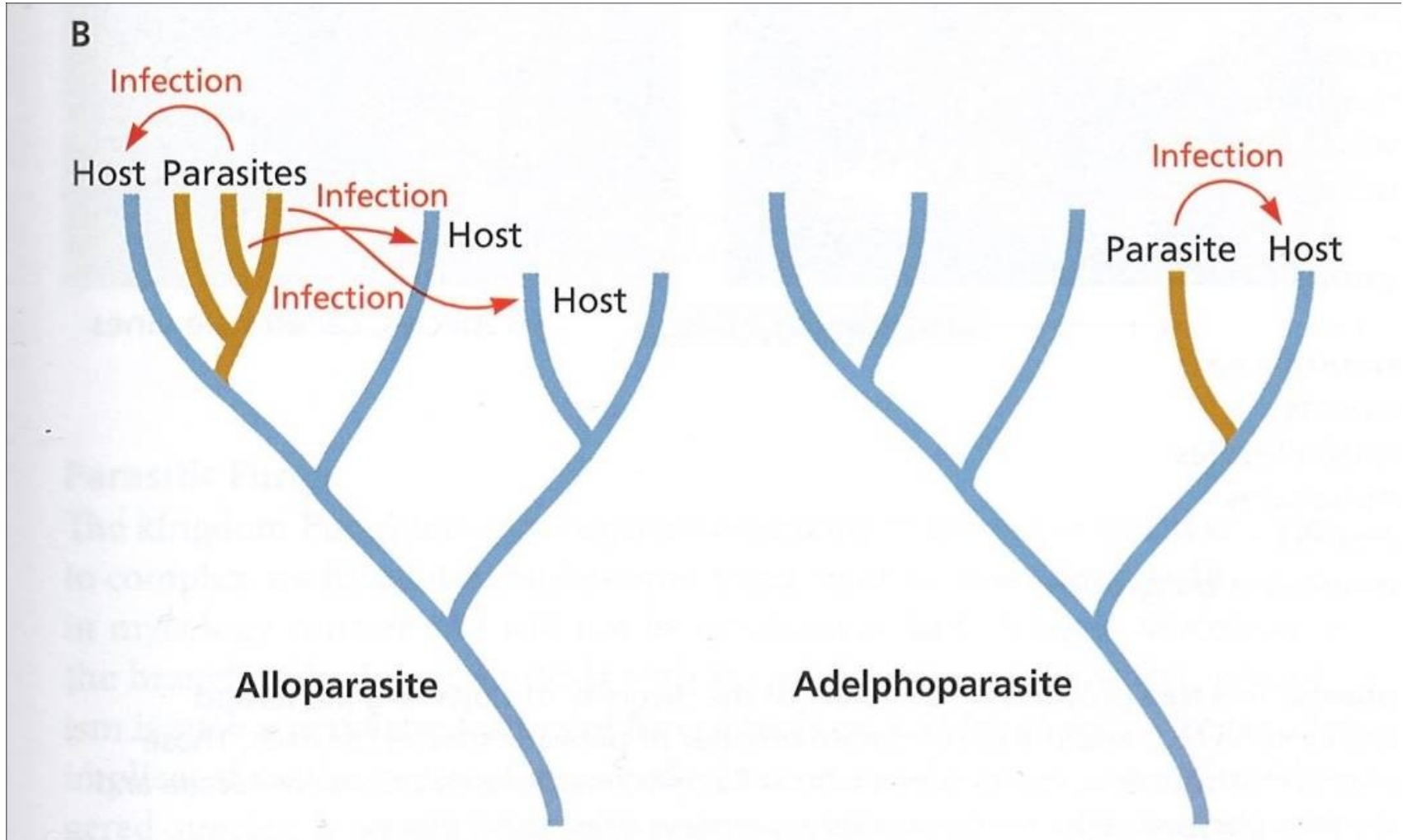
**Figure 2.9 A phylogenetic tree of the Apicomplexa based on full-length sequences of the SSU rRNA gene.** Included on this tree are several important parasites including *Babesia*, *Cryptosporidium*, *Eimeria*, *Plasmodium*, *Sarcocystis*, *Toxoplasma*, and *Theileria*. *Perkinsus* and *Colpodella* form the outgroups. This particular tree does not hypothesize a close relationship between haemosporidians and piroplasmids. (Redrawn from Morrison DA [2009] *Trends Parasitol* 25:375–382. With permission from Elsevier.)

# Původ parazitismu u červených řas

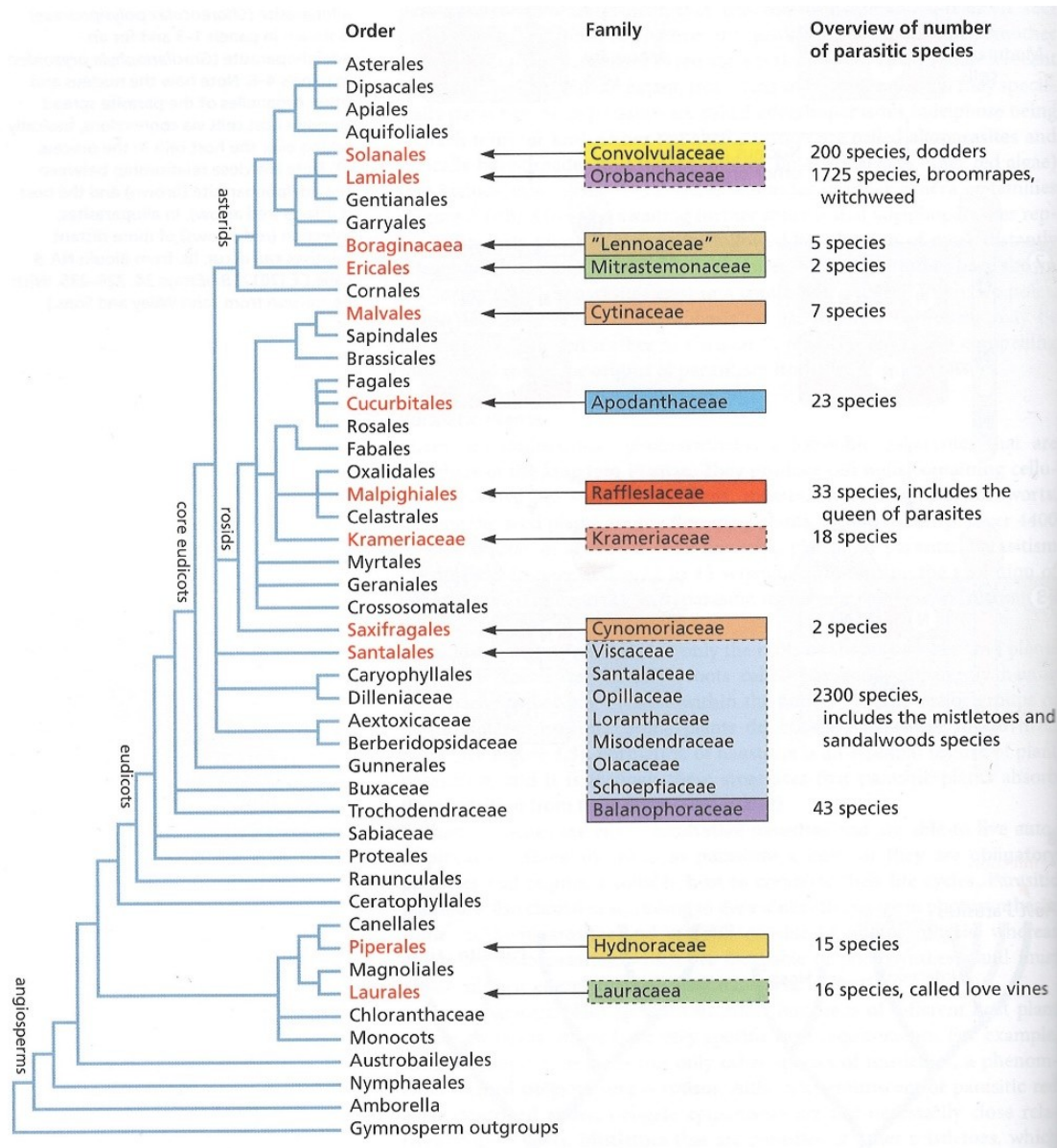


**Figure 2.10 The peculiar nature of parasitism in red algae.** (A) Host red algal cells are shown in red with their nuclei (N) in white. Parasite cells are shown in yellow with their nuclei (N) in gray. Germination and development for an altoparasite (*Choreocolax polysiphoniae*) is shown in panels 1–3 and for an adelphoparasite (*Gracilariophyla oryzoides*) in panels 4–6. Note how the nucleus and other organelles of the parasite spread through host cells via connections, basically taking over the host cells in the process. (B) Note the close relationship between the adelphoparasite (brown) and the host it infects (red arrow). In altoparasites, infection (red arrows) of more distant relatives can occur. (B, from Blouin NA & Lane CE [2012] *BioEssays* 34: 226–235. With permission from John Wiley and Sons.)

# Úzký vztah mezi alloparasitem a adelphoparasitem

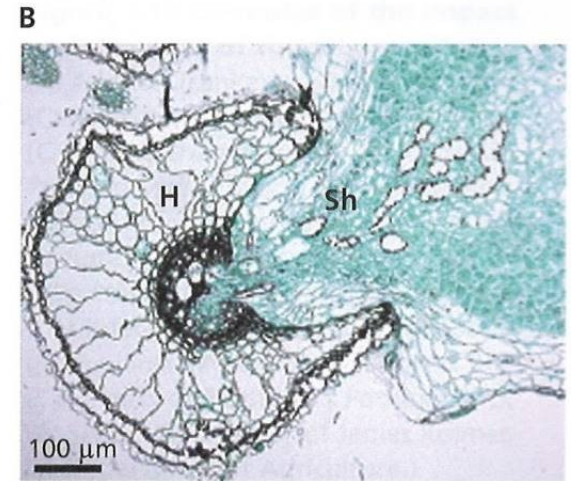
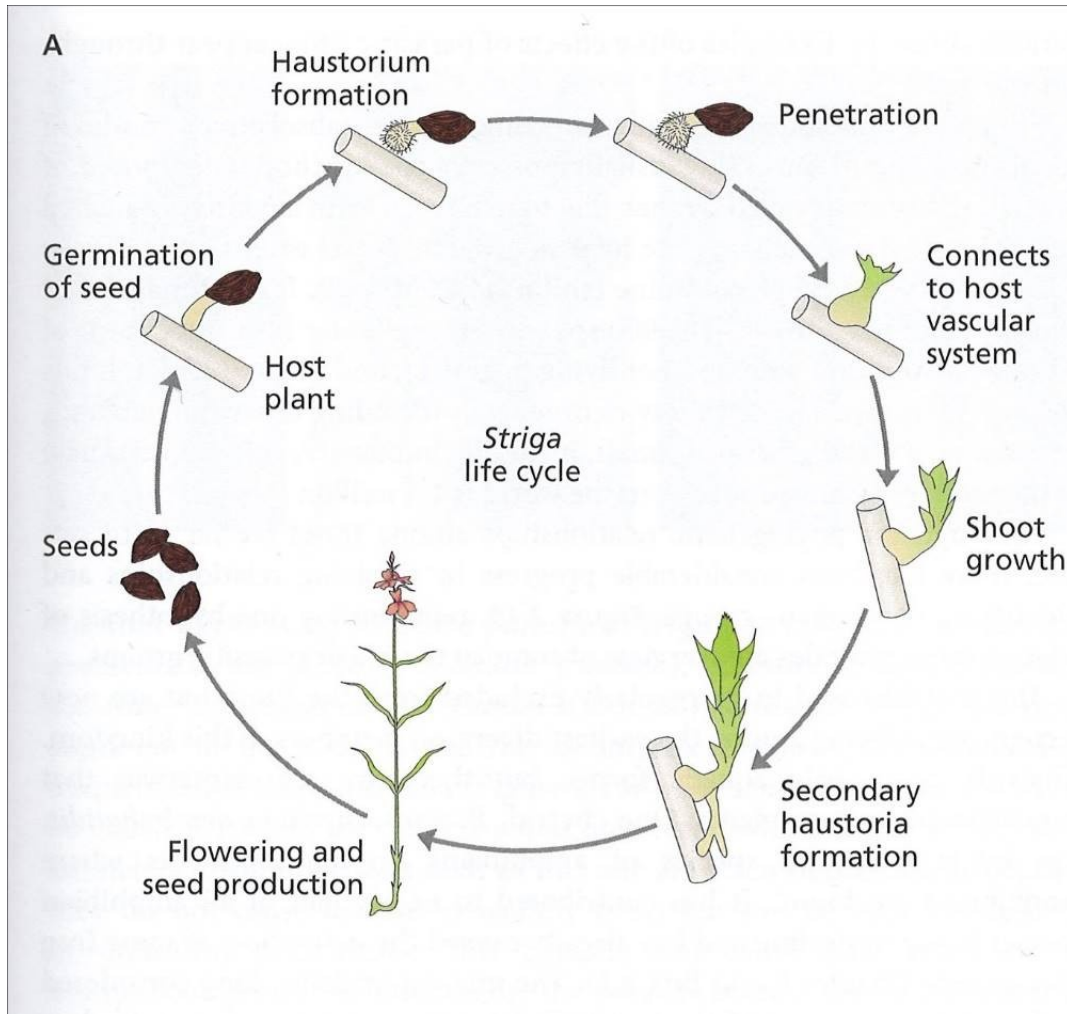


# Distribuce parazitismu mezi rostlinami





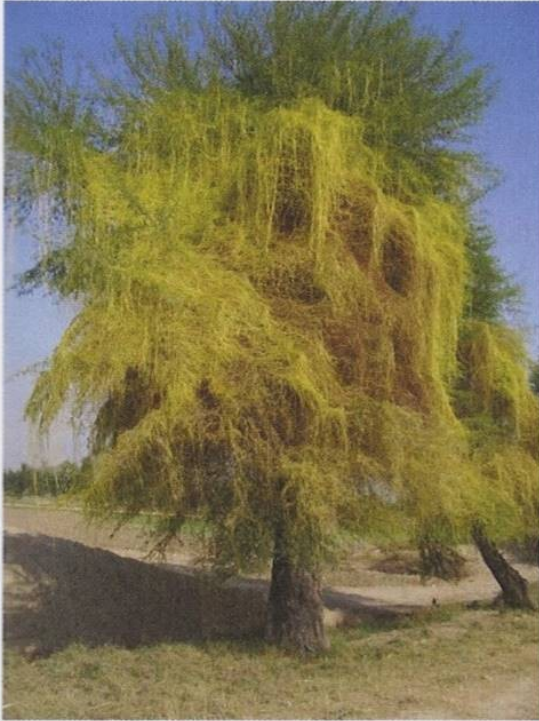
# Životní cyklus rostliny *Striga* sp.



**Figure 2.12 Life cycle and host colonization for a typical parasitic plant.** (A) The life cycle of witchweed (*Striga* spp), (B) Cross-section of *Striga hermonthica* (Sh) parasitizing a rice root (H). (A, modified from IITA *Striga* manual (1997). B, from Yoshida S & Shirasu K [2012] *Curr Opin Plant Biol* 15:708–713. With permission from Elsevier.)

# Parazitické rostliny - příklad

A



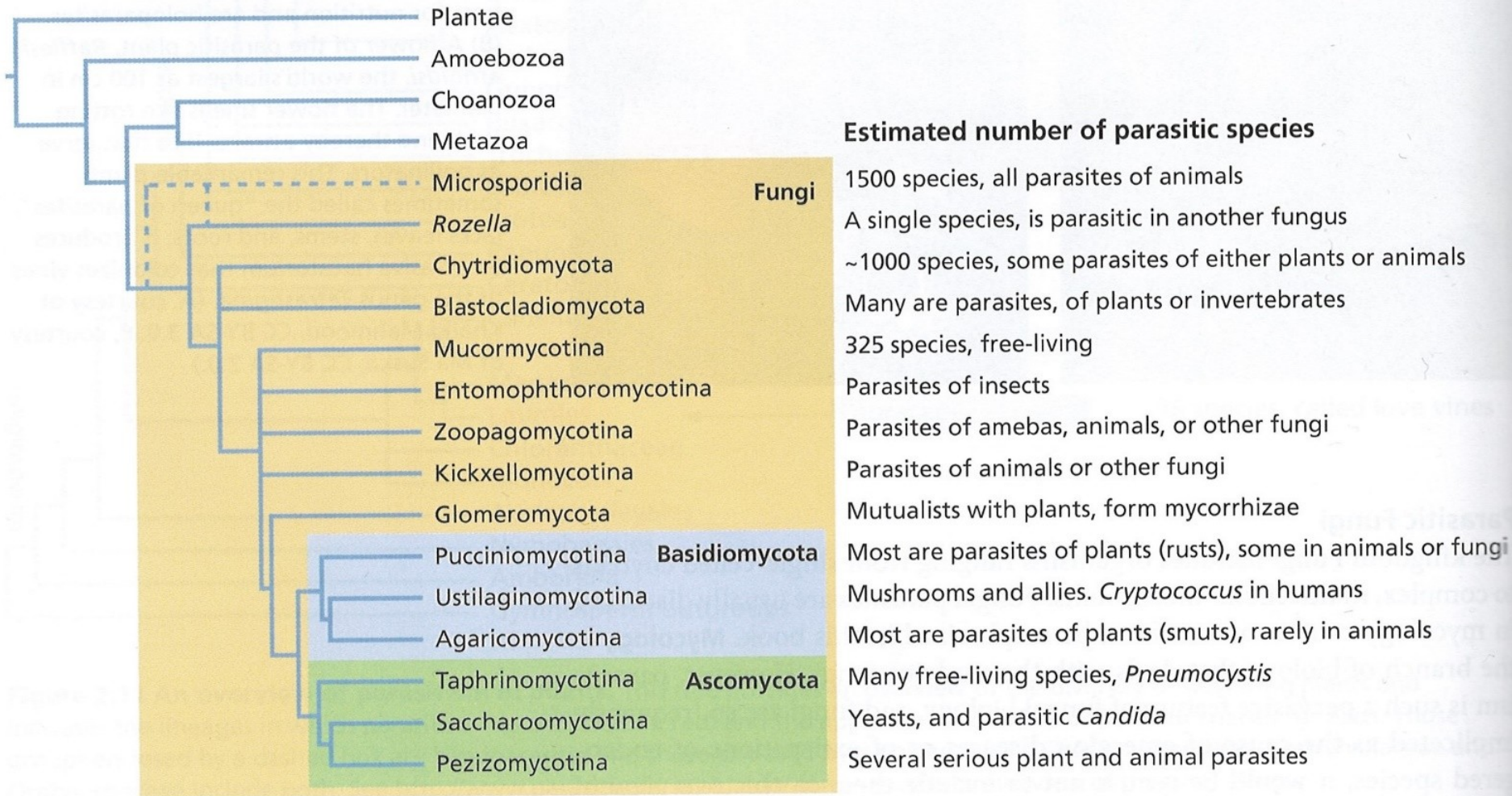
B



**Figure 2.13 Some remarkable parasitic plants.** (A) A species of dodder (*Cuscuta*) enveloping an acacia tree. Some species of *Cuscuta* have small amounts of chlorophyll and can engage in photosynthesis and are classified as hemiparasites, whereas others are totally dependent on their host for nutrition and are holoparasites. (B) A flower of the parasitic plant, *Rafflesia arnoldsi*, the world's largest at 100 cm in diameter. The flower smells like rotting flesh and thereby attracts flies that serve as pollinators. This remarkable plant, sometimes called the "queen of parasites", lacks leaves, stems, and roots. It produces an invasive haustorium that colonizes vines of the genus *Tetrastigma*. (A, courtesy of Khalid Mahmood, CC BY-SA 3.0. B, courtesy of Ma Suska, CC BY-SA 2.0.)

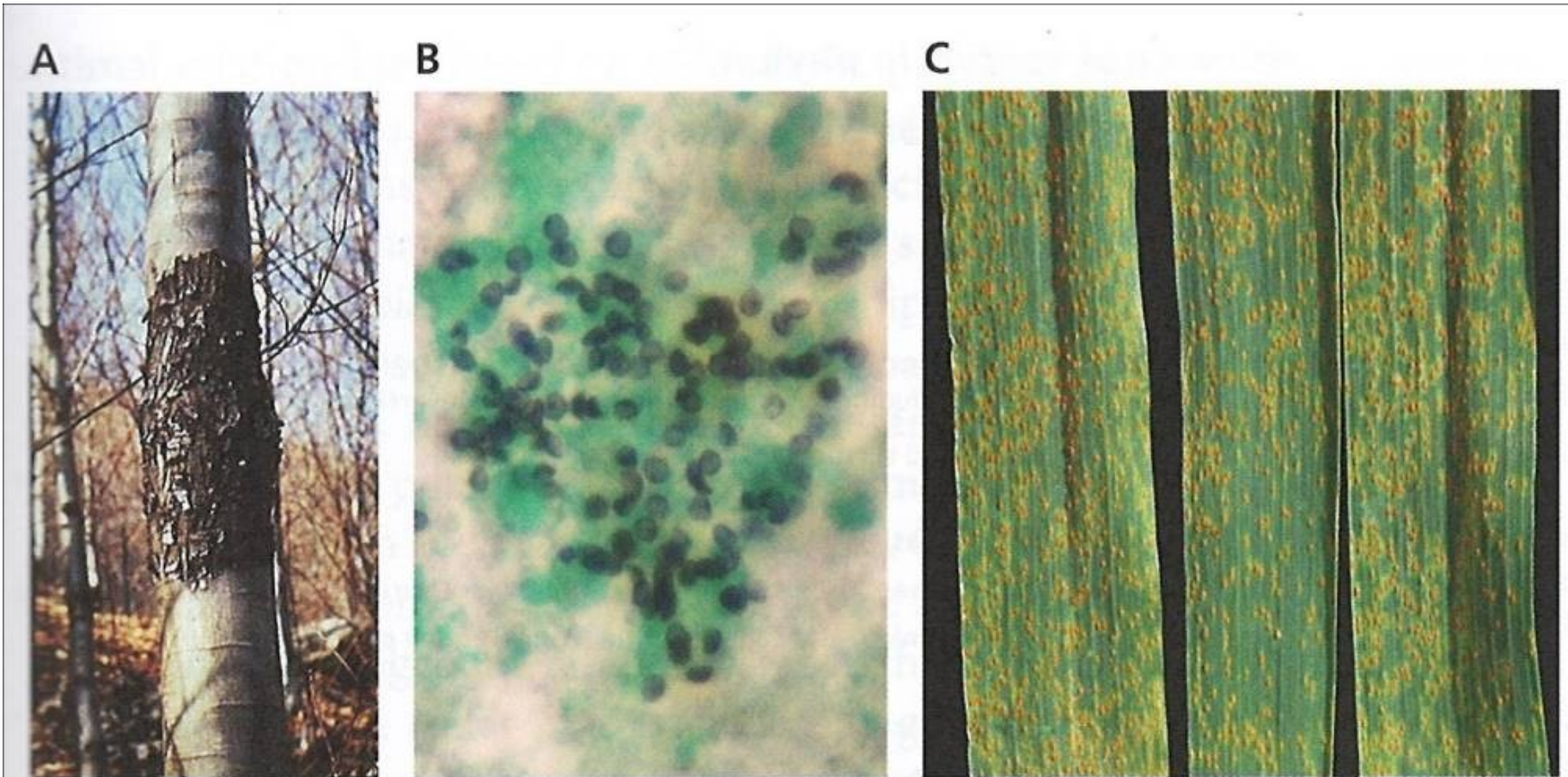


# Parasitismus je běžný mezi houbami



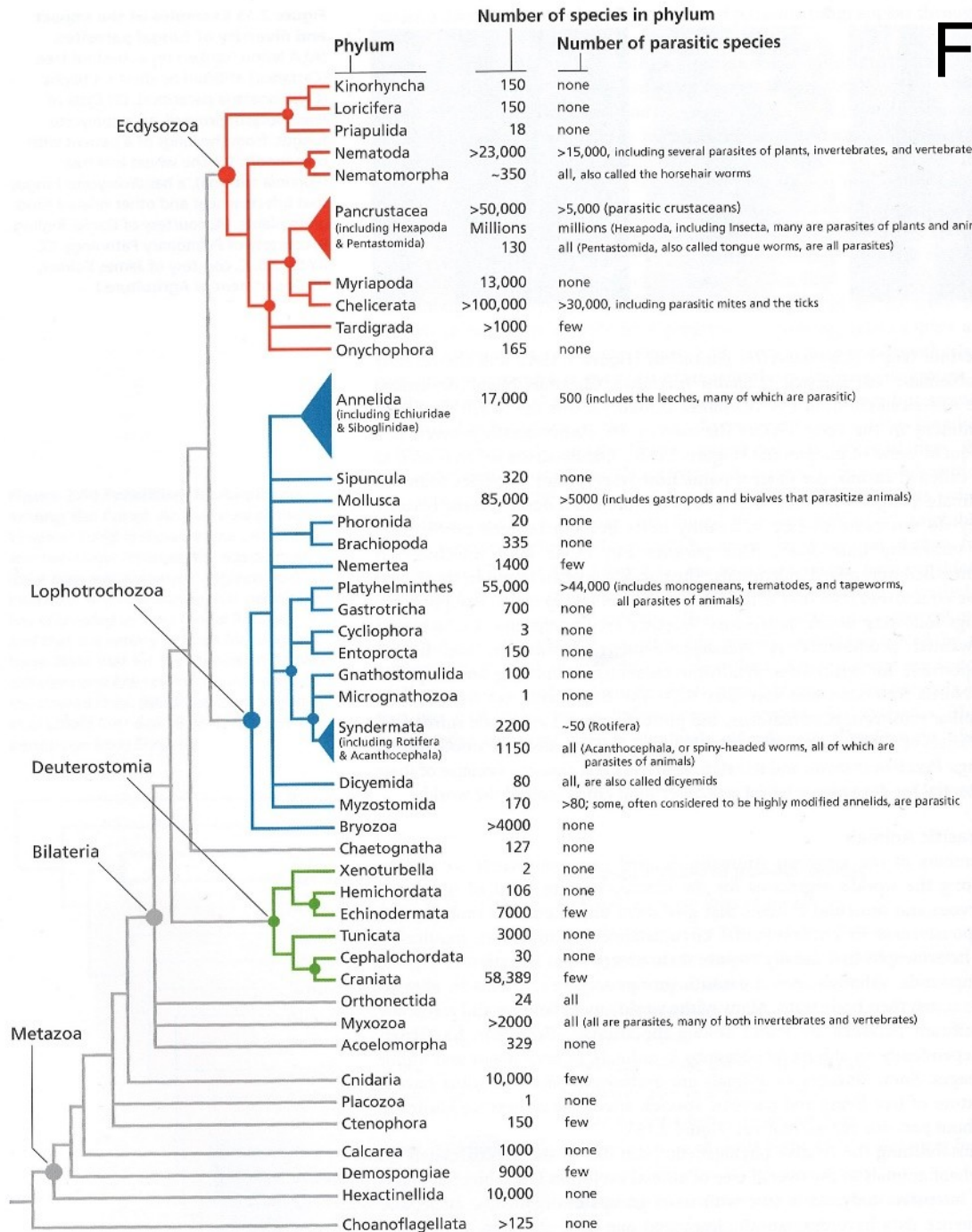


# Příklady působení a rozmanitosti parazitických hub



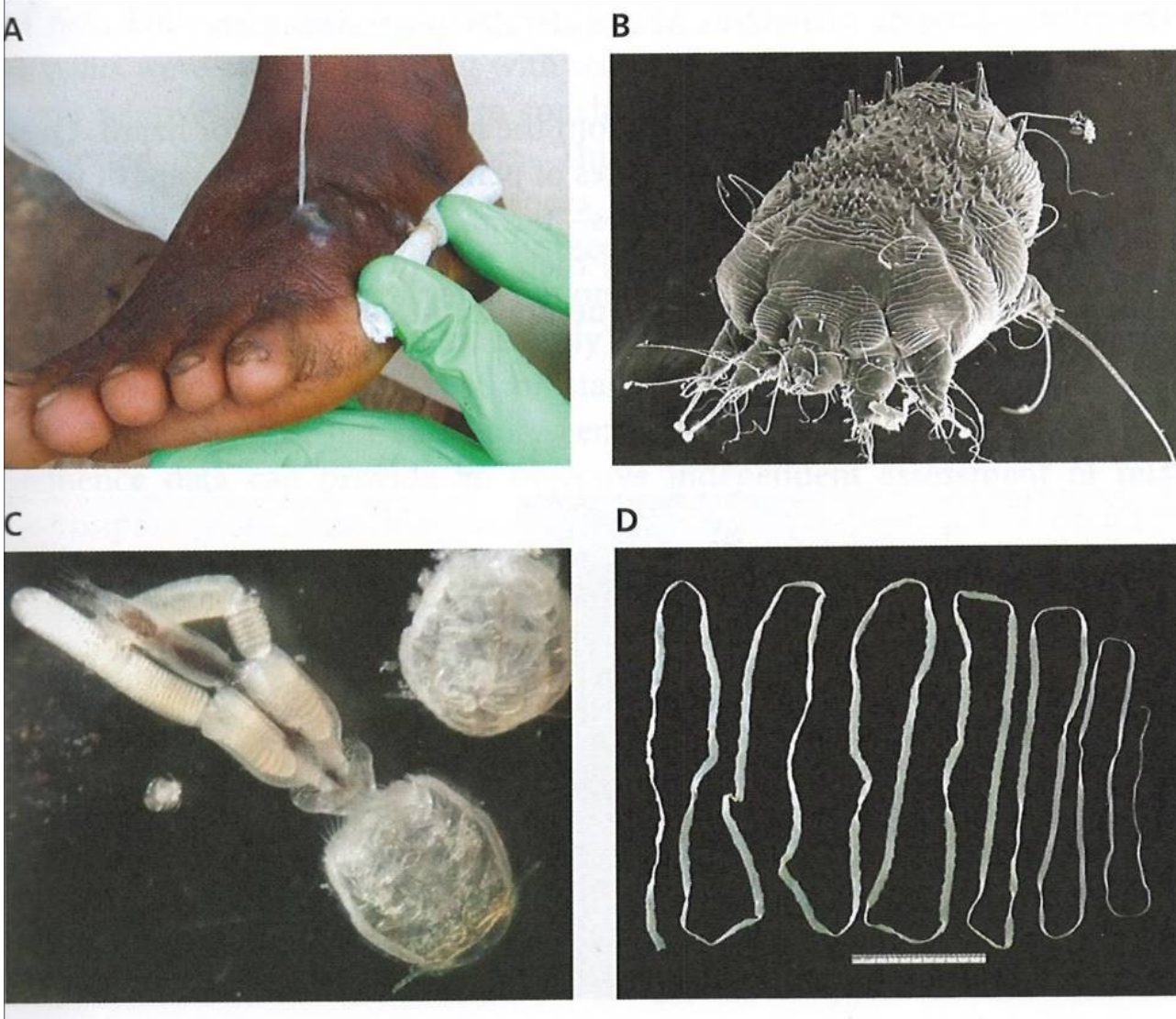
A – léze na ořešáku (*Castanea*) působená *Cryphonectria parasitica*, B – Cysta *Pneumocystis jirovecii* – askomyceta z plic pacienta s pneumonií a C – List (*Puccinia triticina*) napadený basidiomycetou

# Fylogeneze animálie se zřetelem na výskyt cizopasníků





# Příklady hlavních skupin parazitů



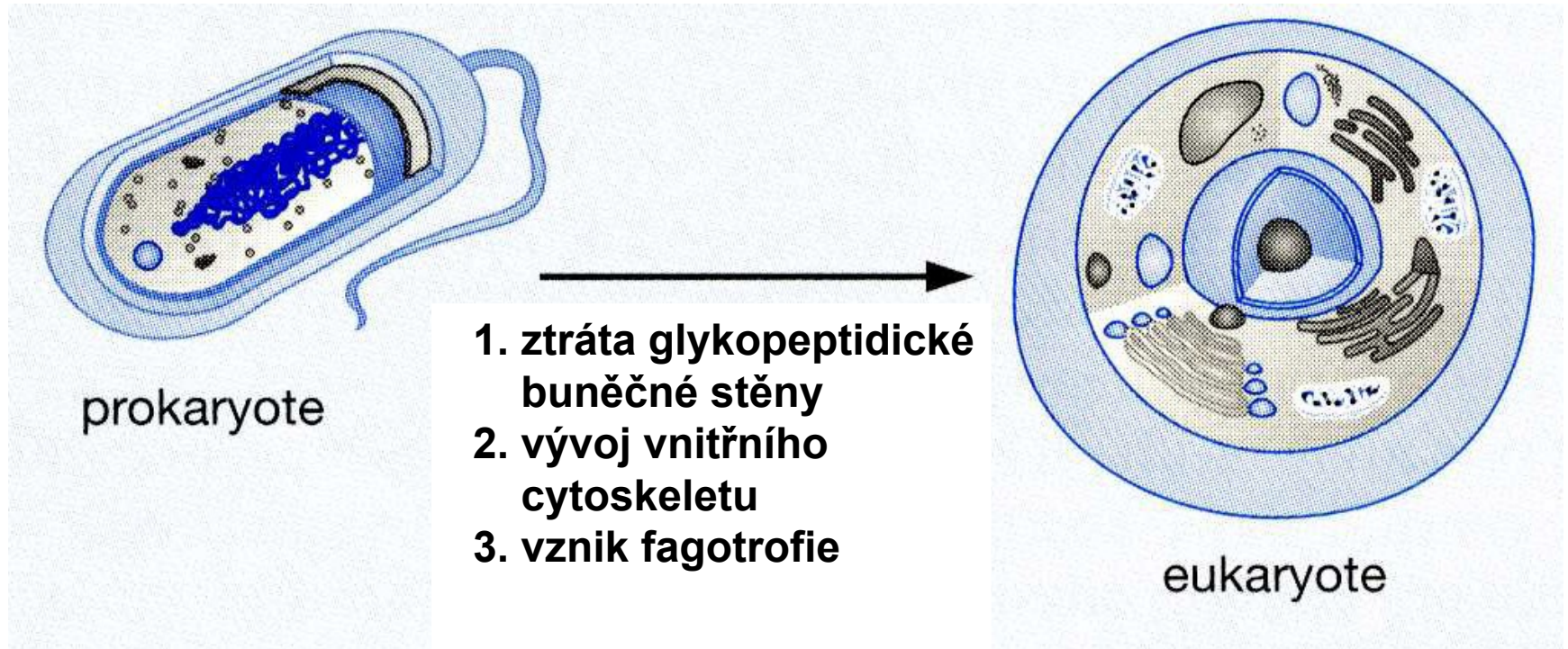
A – *Dracunculus medinensis*, B – *Sarcoptes scabiei*,  
C – parazitický kopepod, D – *Taenia saginata*



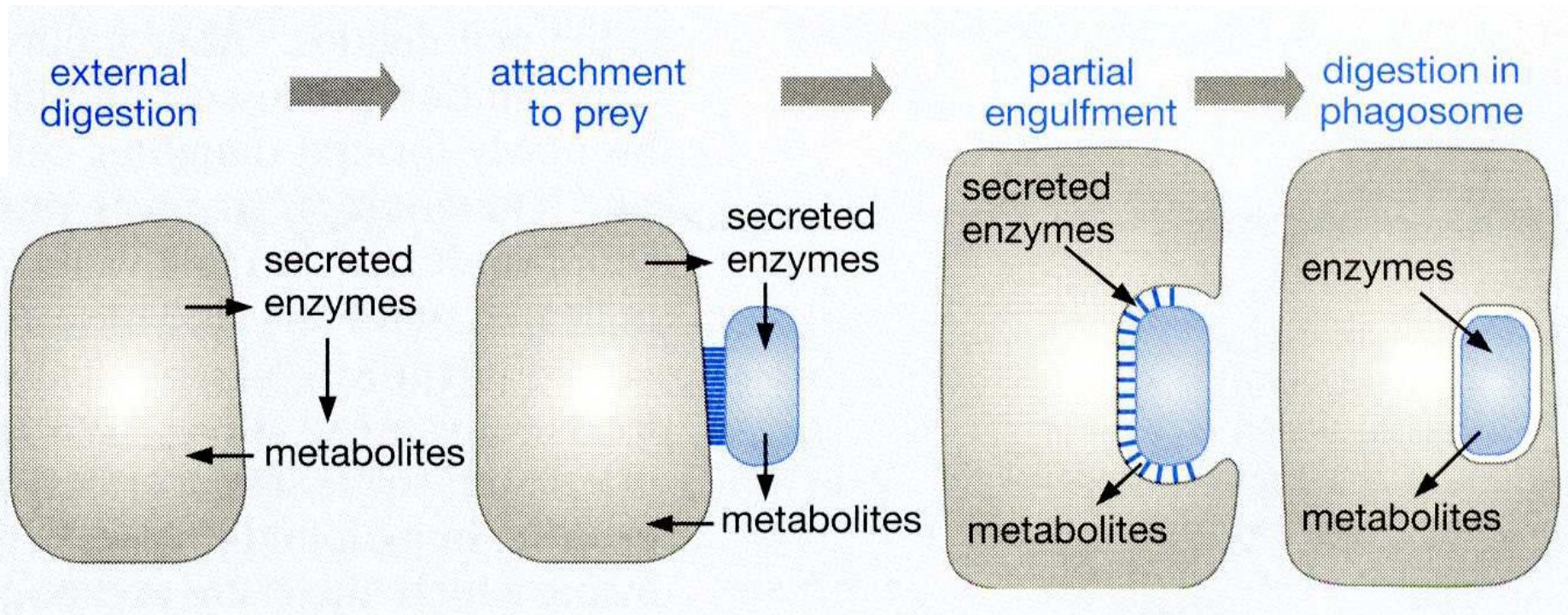
# Protozoa - Protista

- Etymologie: protos – první, zoon – organismus
- Termín označující heterotrofní, eukaryotické, jedno buněčné organismy pocházející z různých linií
- Není to taxonomický pojem, používá se v parazitologii pro odlišení od helmintů a členovců
- Celkem cca 40 tis druhů z toho cca 8 tis. parazitických
- Řada významných onemocnění člověka (např. malárie, spavá nemoc, Chagasova nemoc, leishmaniosis, amebiosis, toxoplasmosis) a hospodářských zvířat (Nagana, theileriosis, babesiosis, eimeriosis)

# Hlavní události v evoluci eukaryot

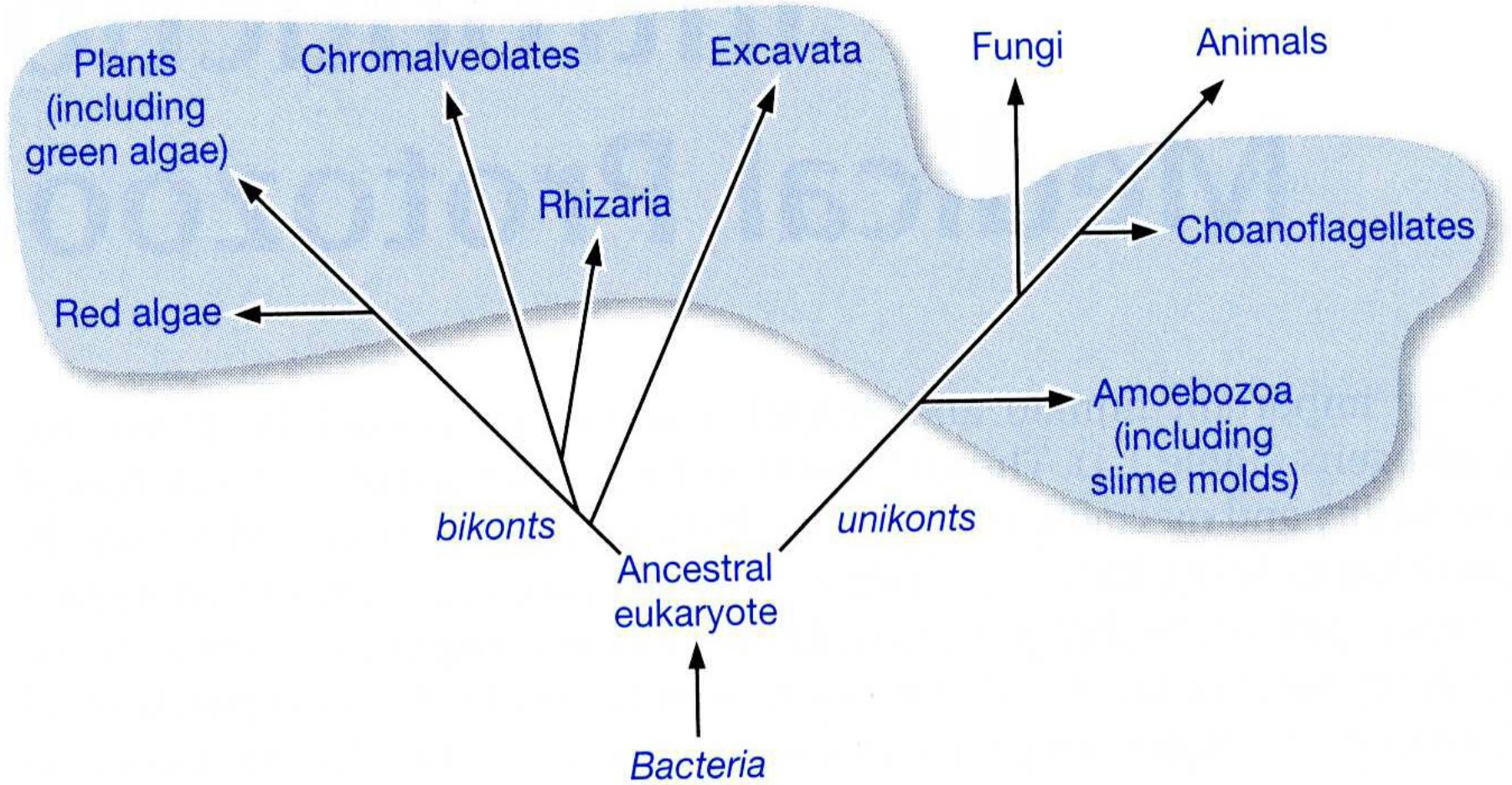


# Vznik a vývoj fagotrofie



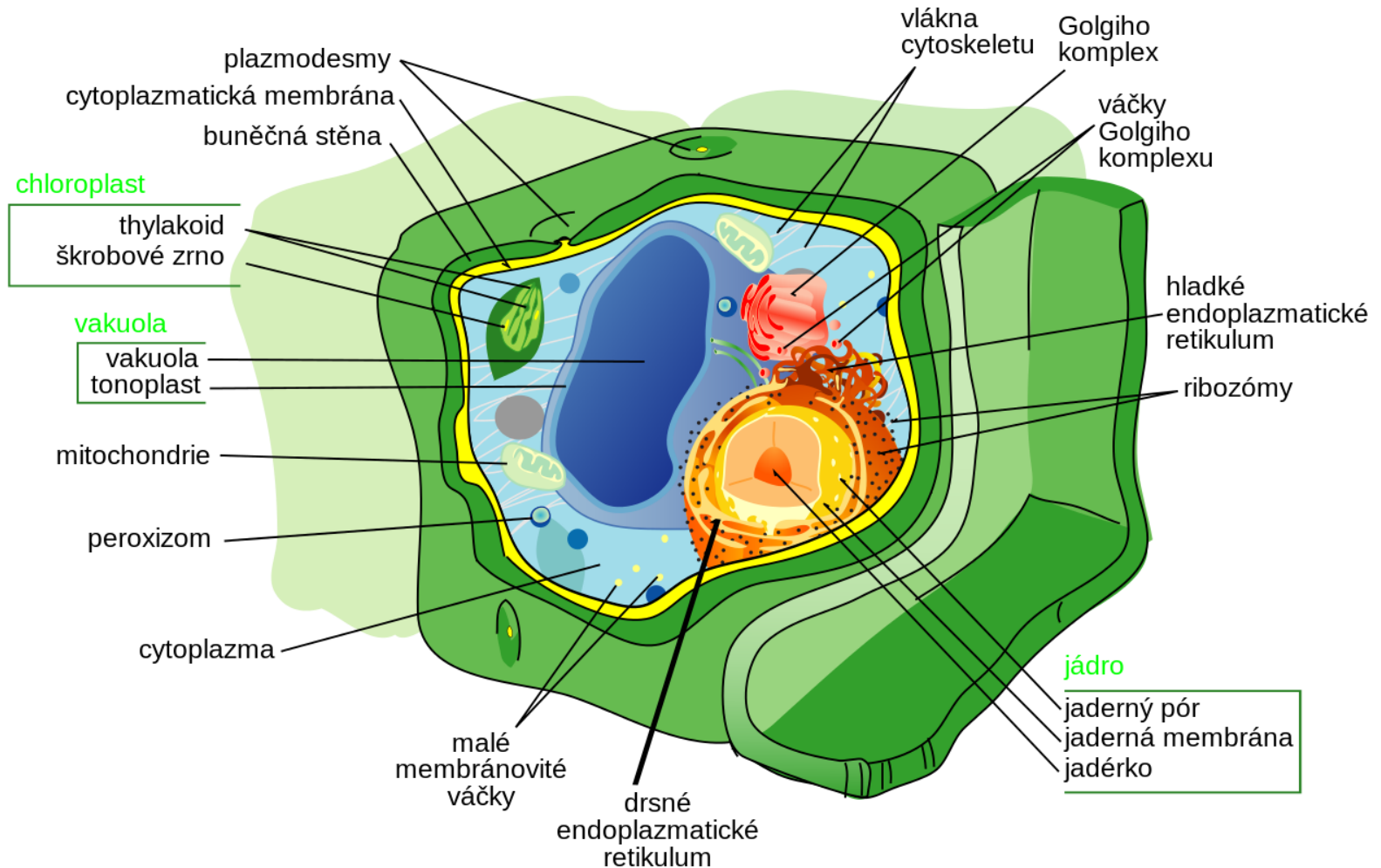


# Hypotetická evoluce organismů Eucaryota - Protozoa



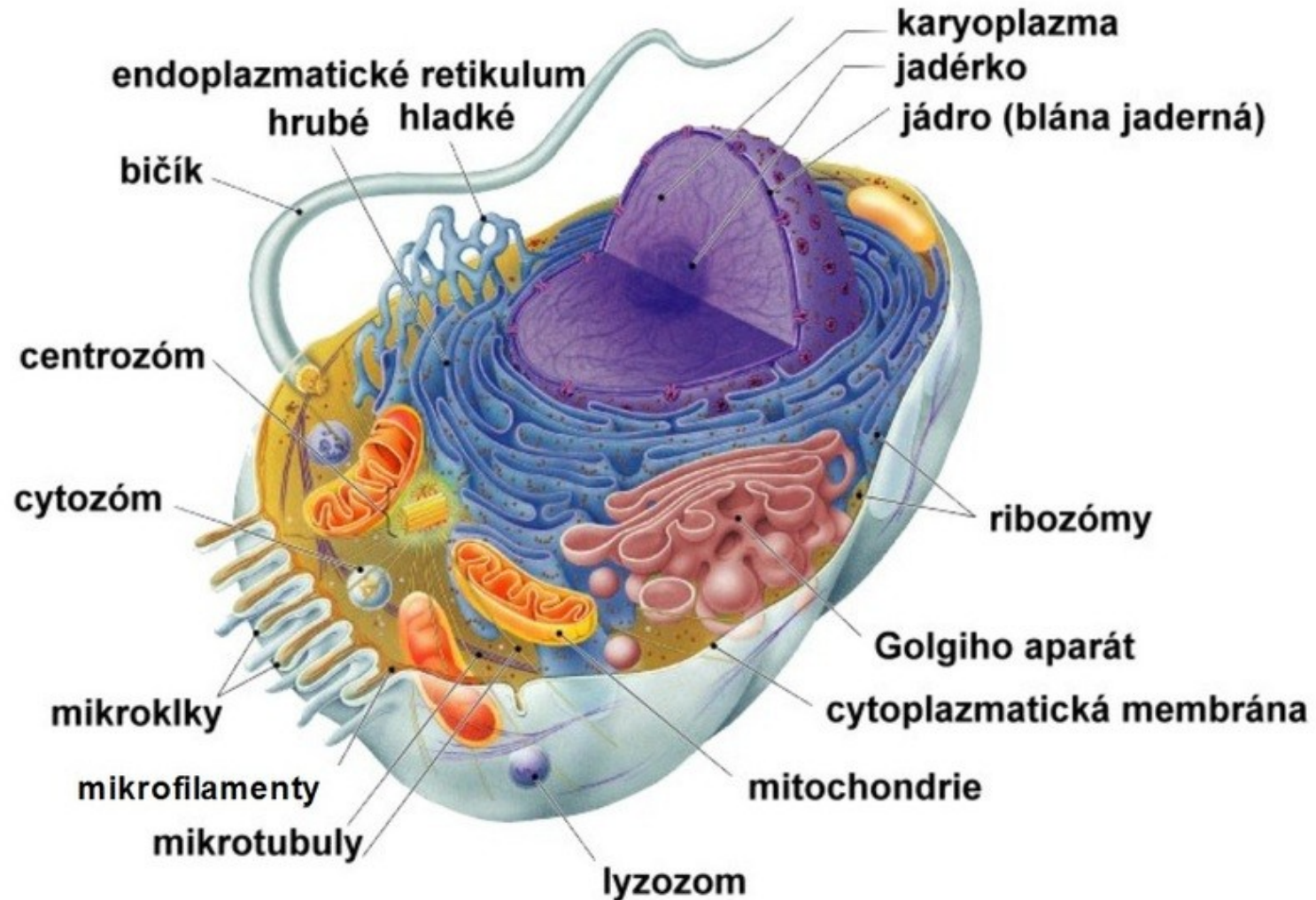
# Repetitorium buněčné biologie

# Schéma rostlinné buňky



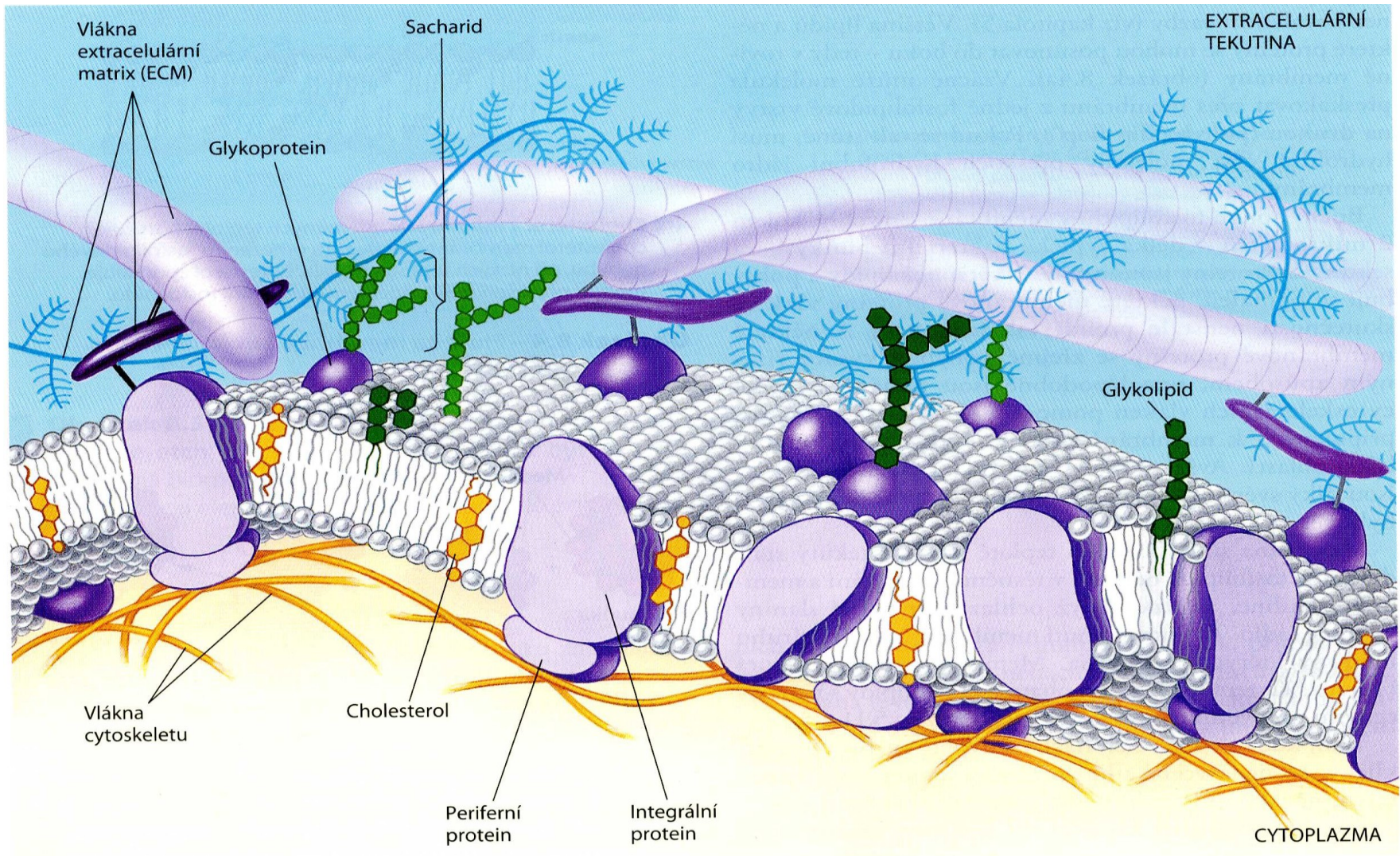


# Schéma živočišné buňky





# Plasmatická membrána - stavba



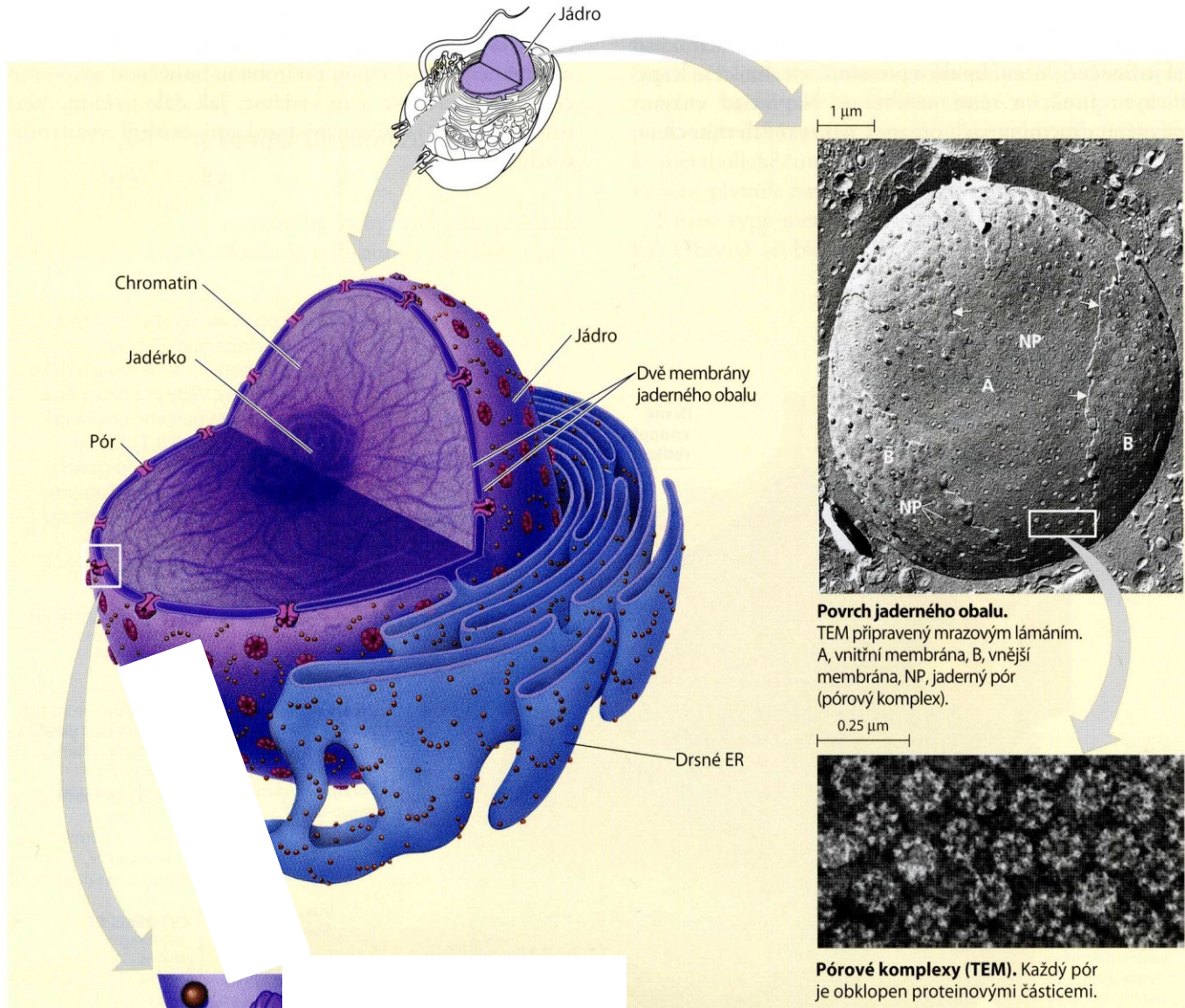
**Obrázek 8.6 – Podrobná struktura plasmatické membrány živočišné buňky, příčný řez.** Viz obrázek 7.29 – detaily ECM.

# Jádro a cytoplasma

- Plasmatická membrána
  - Pellicula
  - Alveoli – dutinky, záhyby
  - Glykocalyx – glykoproteinový povrchový povlak
  
  - Pelliculární mikrotubuly – záhyby, membrány,
  - Undulující membrány
  - Základní prvek dalších buněčných struktur

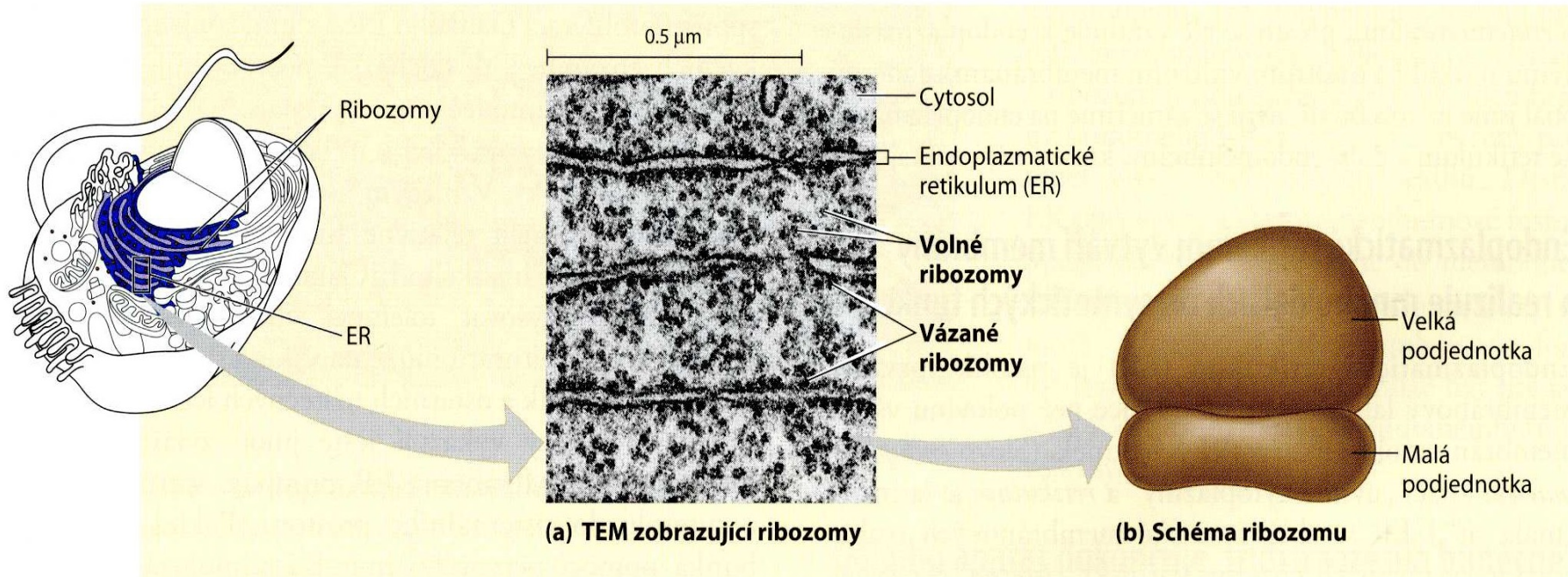


# Jádro a jeho obal





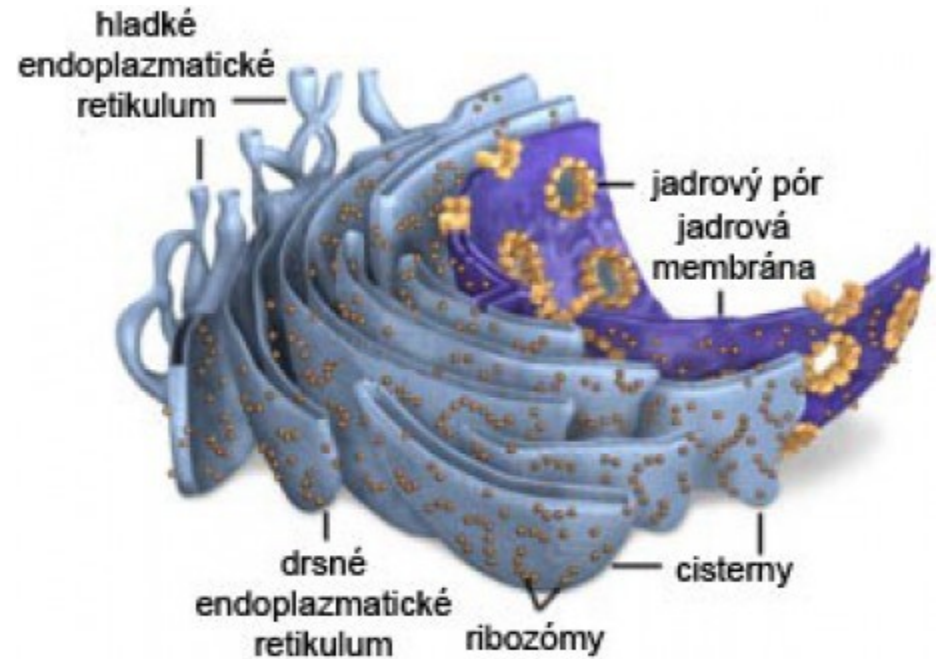
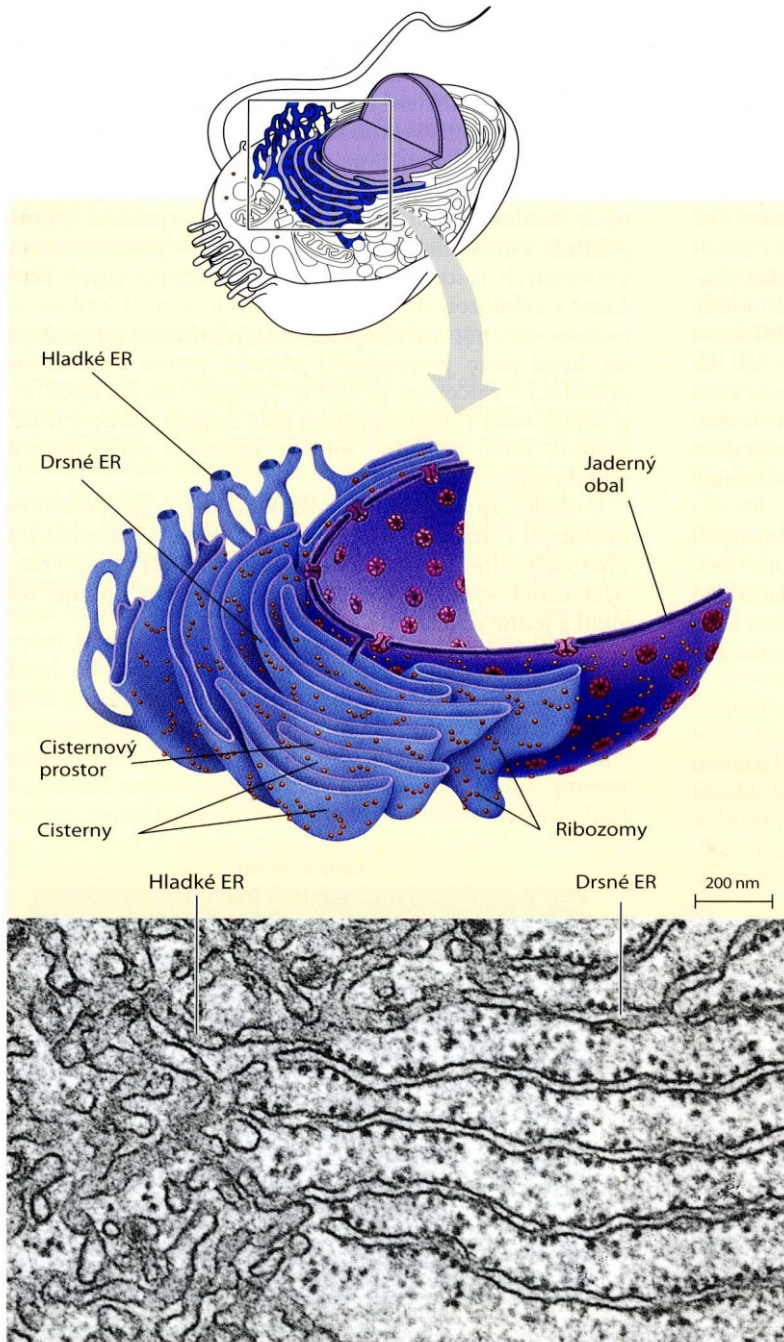
# Ribosomy



**Obrázek 7.10 – Ribozomy.** (a) Tato elektronová mikrofotografie části pankreatické buňky ukazuje mnoho ribozomů, volných (v cytosolu) i vázaných (na endoplazmatické retikulum). Vázané ribozomy pankreatické buňky vytváří množství sekrečních proteinů, včetně hormonu inzulínu a trávicích enzymů. Vázané ribozomy také tvoří proteiny, určené pro začlenění do membrán nebo vnitřních částí jiných organel. Volné ribozomy vytváří především takové proteiny, které zůstávají rozpuštěné v cytosolu. Vázané a volné ribozomy jsou identické a mohou přeskakovat mezi těmito dvěma úlohami. (b) Zjednodušené schéma ribozomu znázorňuje jeho dvě podjednotky.



# Endoplasmatické retikulum



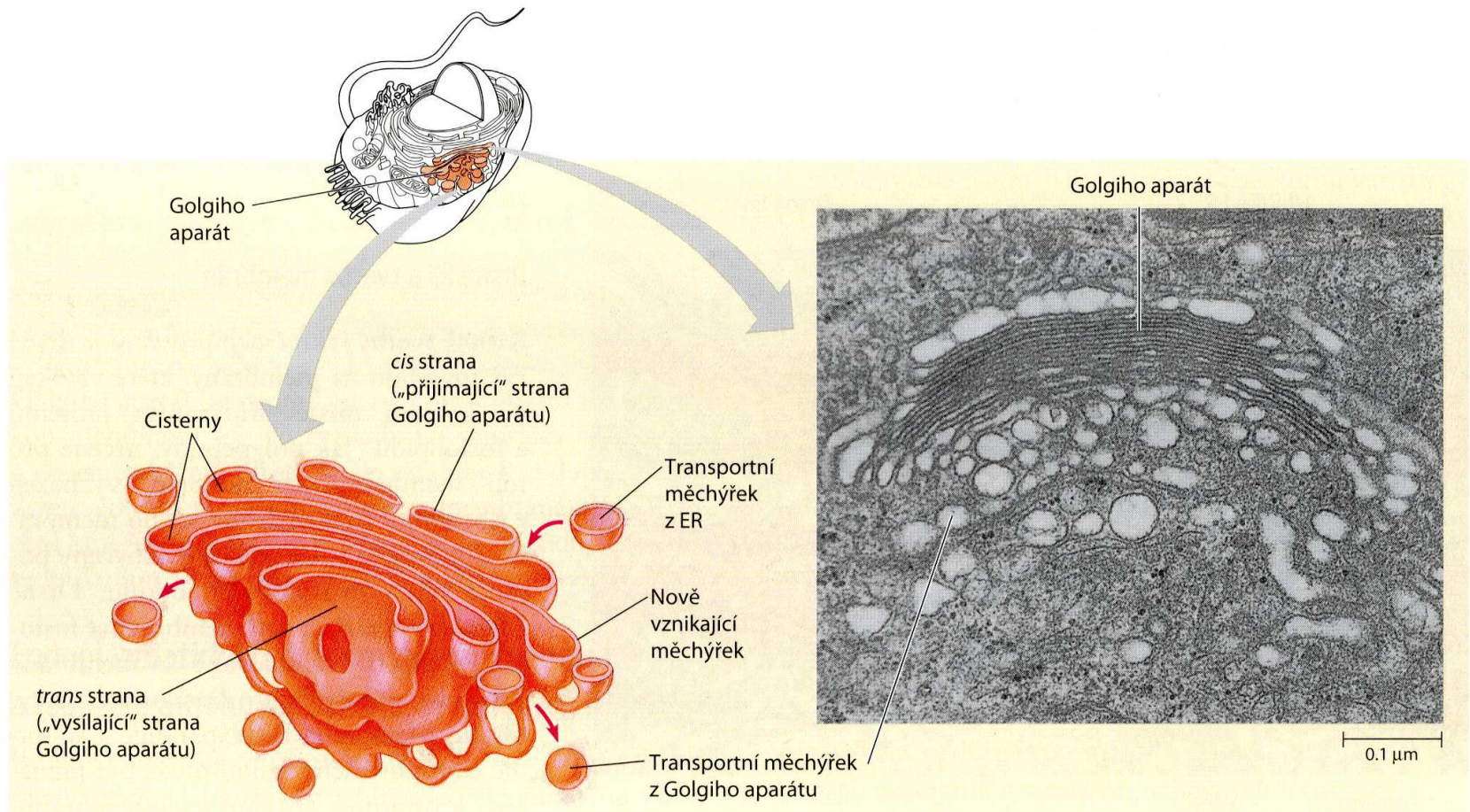
Obr. Štruktúra endoplazmatického retikula



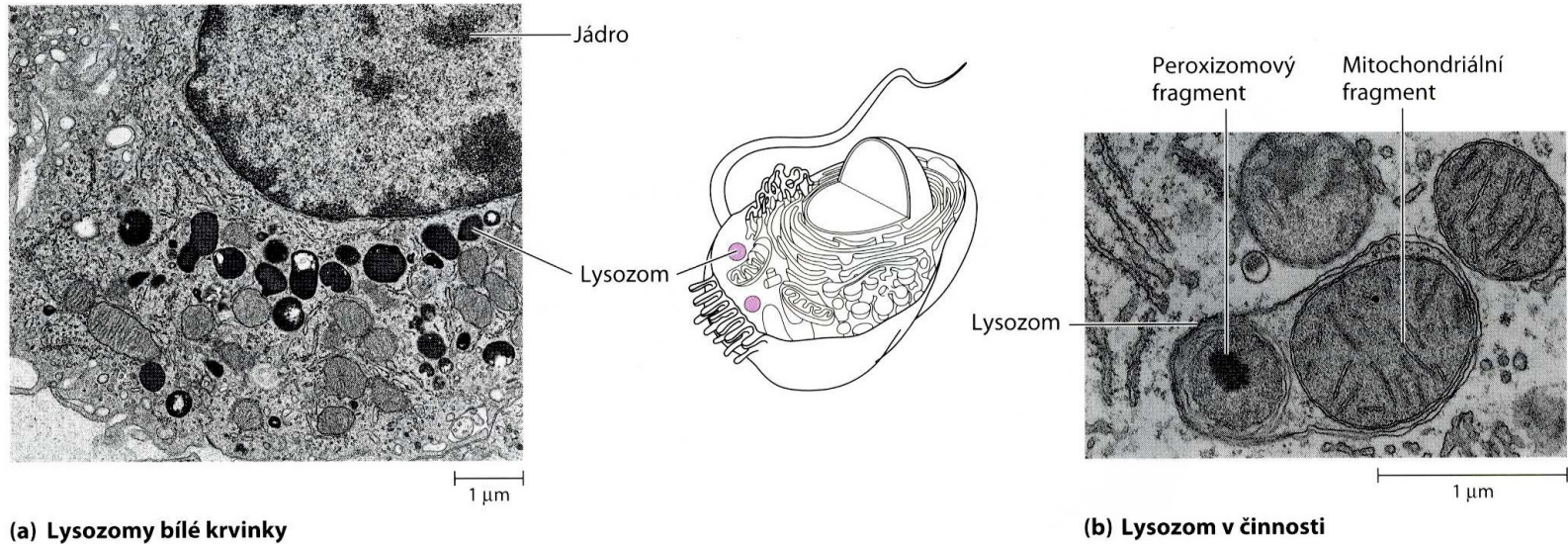
# Golgiho aparát (dictyosom)

- Dobře vyvinut u některých bičíkovců majících parabasální tělíska spojená s kinetosomem, basálními tělísky nebo bičíky
- Dictyosom hraje u protozoí různou roli, např. může být zdrojem skeletárních destiček u některých améb a polárního filamentu u microsporirií.

# Golgiho aparát



# Lysozomy



(a) Lysozomy bílé krvinky

(b) Lysozom v činnosti

**Obrázek 7.13 – Lysozomy.** (a) V této potkaní bílé krvince jsou lysozomy velmi tmavé díky specifické barvičce, která reaguje s jedním z trávicích produktů lysozomu. Tento typ bílé krvinky tráví bakterie a viry a rozkládá je v lysozomech (TEM).

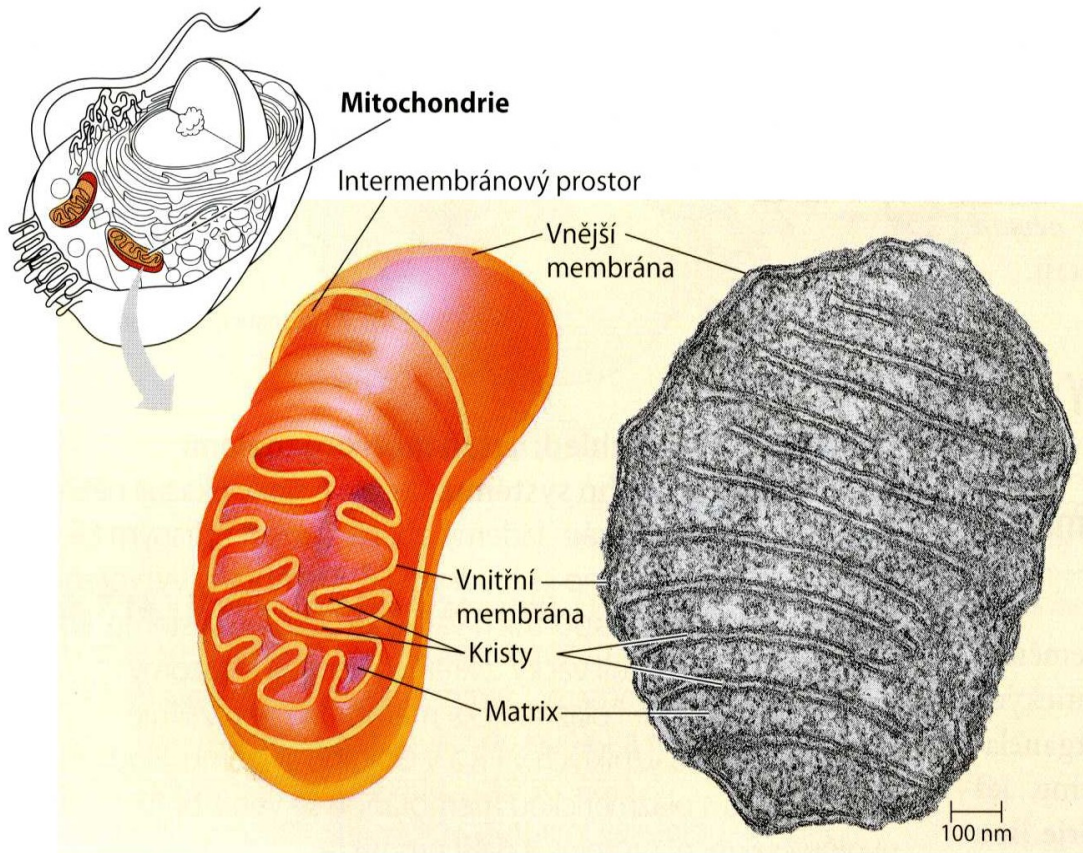
(b) V cytoplasmě této bílé krvinky autofagický lysozom pohltil dvě poškozené organely, mitochondrii a peroxizom (TEM).



# Mitochondrie

- Enzymy oxidativní fosforylace a cyklus ATP
- Často mají tubulární struktury – cristae
- Výrazné mitochondrie u některých bičíkovců

# Mitochondrie



**Obrázek 7.17 – Mitochondrie, místa buněčného dýchání.** Na kresbě a mikrofotografii (TEM) jsou zřejmé dvě mitochondriální membrány. Kristy představují záhyby vnitřní membrány. Výsekové schéma ukazuje dva kompartmenty ohraničené membránami, mezimembránový prostor a mitochondriální matrix.

# Mikrotělíška - microbodies

- Obvykle jsou sférická a mají densní granulární matrix
- U většiny živočichů a rostlin obsahují oxidázy a katalázy
- Oxidázy redukují kyslík na peroxid vodíku a katalázy se podílejí na dekompozici peroxidu vodíku na vodu a kyslík.



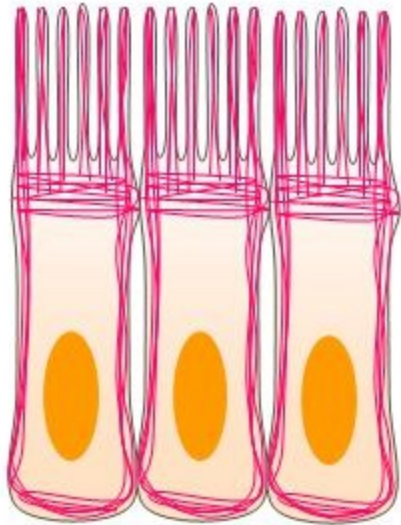
# Mikrotělíška - microbodies

- **Extrusomy** – organely plasmatického původu vznikající v dictyosomech
  - **Toxosomy** – obranné mechanismy, vylučování toxických látek
  - **Kinetocysty** – podílejí na příjmu potravy
  - **Haplocysty** – podílejí se na paralyzování potravy
  - **Trichocysty** – mechanická rezistence vůči predátorům
  - **Mucocysty** – u nálevníků . Ochrana před osmotickým šokem (*Ichthyophthirius multifiliis*)

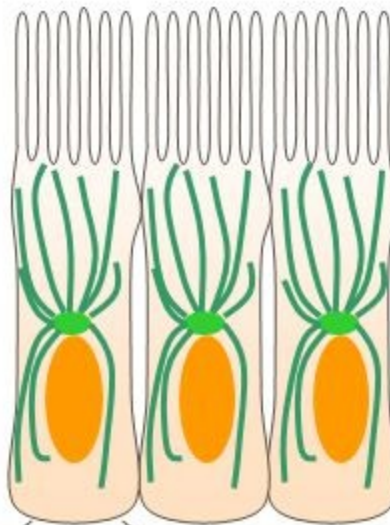
# Cytoskelet

Cytoskelet je soustava vláknitých bílkovinných útvarů, která má **opěrnou a pohybovou funkci**.

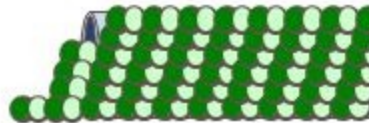
**Aktinová filamenta**



**Mikrotubuly**

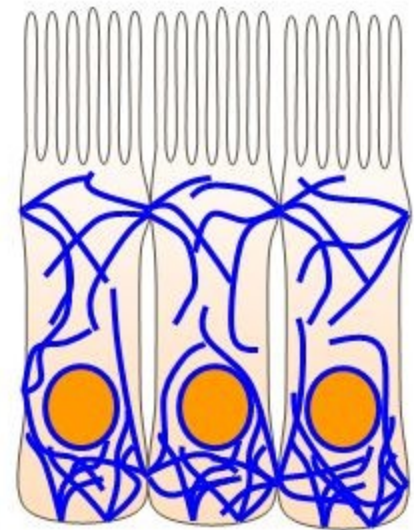


25  $\mu\text{m}$



25 nm

**Intermediální filamenta**



**Obsah**

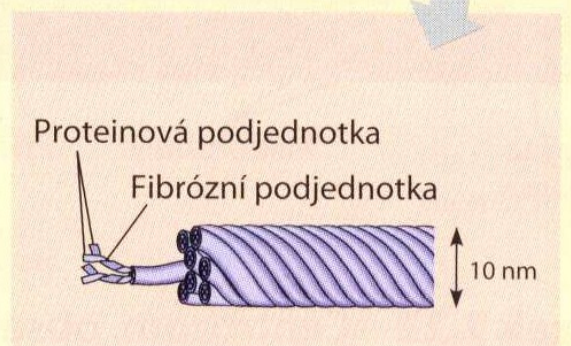
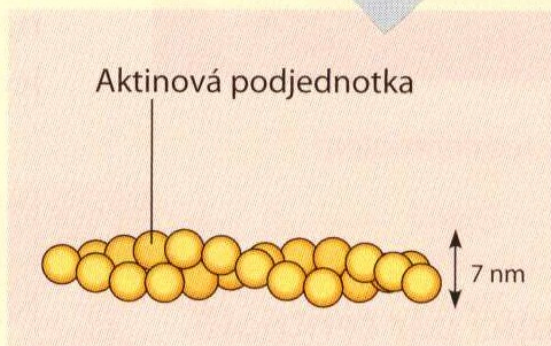
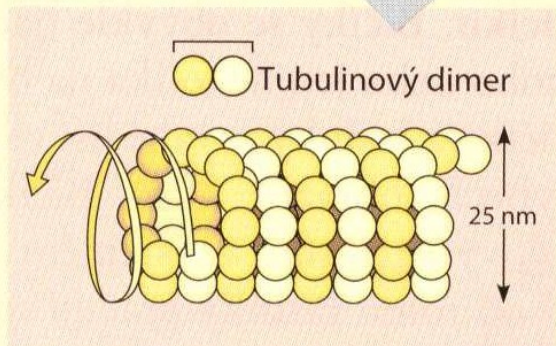
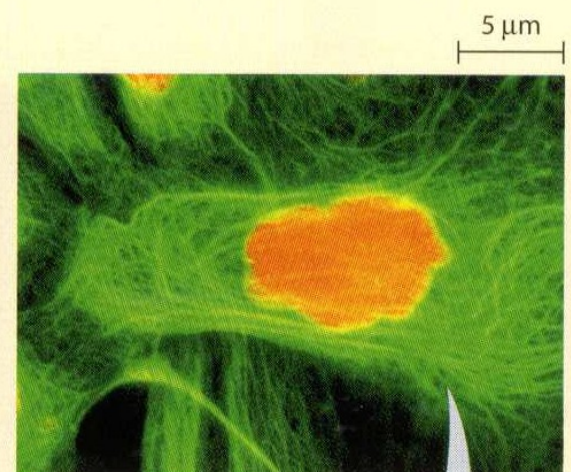
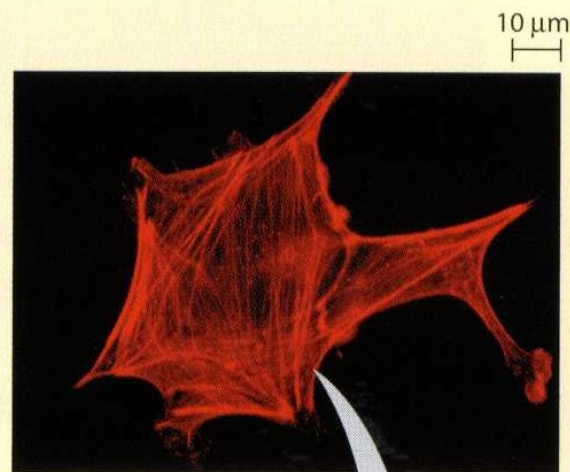
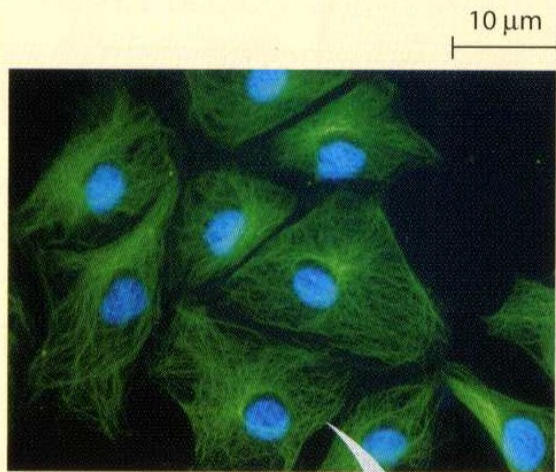
Aktinová filamenta

Mikrotubuly

Intermediální filamenta

Obr. 15. Cytoskelet

# Cytoskelet

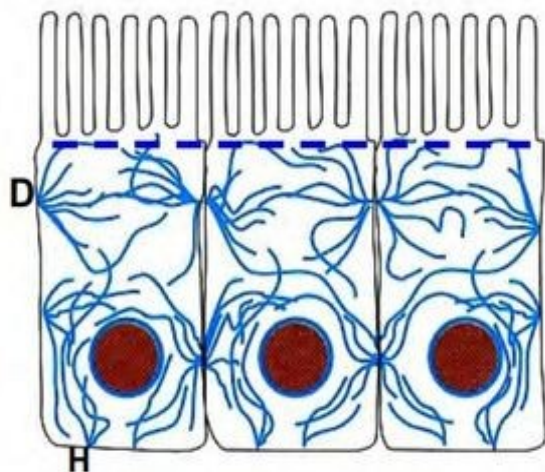




# USPOŘÁDÁNÍ CYTOSKELETU

Schéma: Alberts et al., Základy buněčné biologie (český překlad), 2005

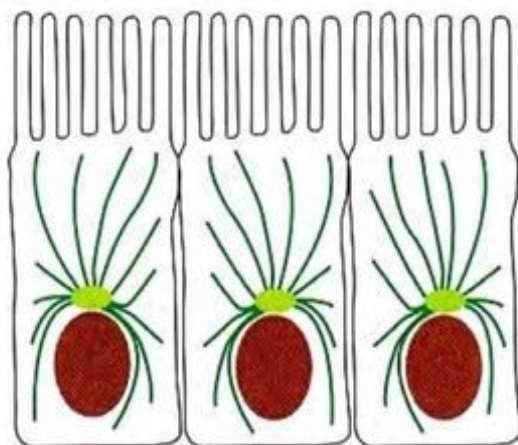
## INTERMEDIÁRNÍ FILAMENTA



Tvoří **pevnou síť**, která je zakotvena v **desmosomech** a **hemidesmosomech** (D,H). IMF zasahují do kortikální sítě pod cytoplasmatickou membránou - vyznačeno **čárkovanou linií**.

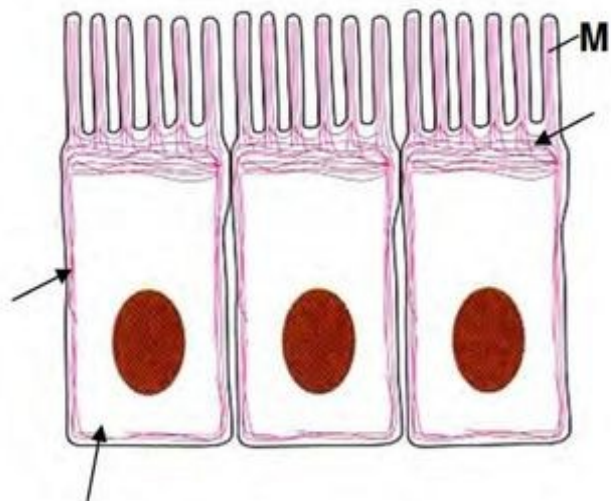
Laminová IMF tvoří lamina fibrosa jádra

## MIKROTUBULY



Mají **radiální uspořádání**, odstupují od centrosomu (MTOC; vyznačeno světle zeleně) a vybíhají do periferie buňky. MT jsou dlouhé rovné trubice

## AKTINOVÁ FILAMENTA



AF tvoří **kortikální síť** pod cytoplasmatickou membránou (kortex, terminální síť; označeno šipkami). Tvoří **skelet mikrokliků** (M)

# Mikrotělíška - microbodies

- **Peroxisomy** – mikrotělíška mající biochemickou aktivitu - peroxisomy u mnoha aerobních protozoí
- U některých anaerobních protozoí jsou tzv. **hydrogenosomy** – produkují molekulární hydrogen – (Trichomonas)
- Mikrotělíška rovněž enzymy glyoxylátového cyklu – syntéza uhlovodíků z tuků
- **Glykosomy** – mikrotělíška u Kinetoplastida – glykolytické enzymy

# Struktura a funkce cytoskeletu

Vlastnost	Mikrotubuly	Mikrofilamenta (aktinová filamenta)	Intermediární filamenta
Struktura	Duté trubice, stěna se skládá ze 13 sloupců tubulinových molekul	Dvě zdvojená vlákna aktinu	Vláknité bílkoviny svinuté do silnějších lan
Průměr	25 nm s 15nm průsvitem	7 nm	8–12 nm
Bílkovinné podjednotky	Tubulin skládající se z $\alpha$ -tubulinu a $\beta$ -tubulinu	Aktin	Jeden z několika různých proteinů skupiny keratinů, závisí na buněčném typu
Hlavní funkce	Zachování buněčného tvaru (kompresi odolávající „nosník“) Buněčný pohyb (v řasinkách nebo bičících) Chromozomální pohyb při buněčném dělení Pohyb organel	Zachování buněčného tvaru (tlak přenášející složky) Změny buněčného tvaru Svalový stah Proudění cytoplazmy Buněčný pohyb (v pseudopodiích) Buněčné dělení (vznik rýhovací štěrbin)	Zachování buněčného tvaru mechanického tlaku Ukotvení jádra a některých dalších organel Jaderný skelet



# Lokomoční organely

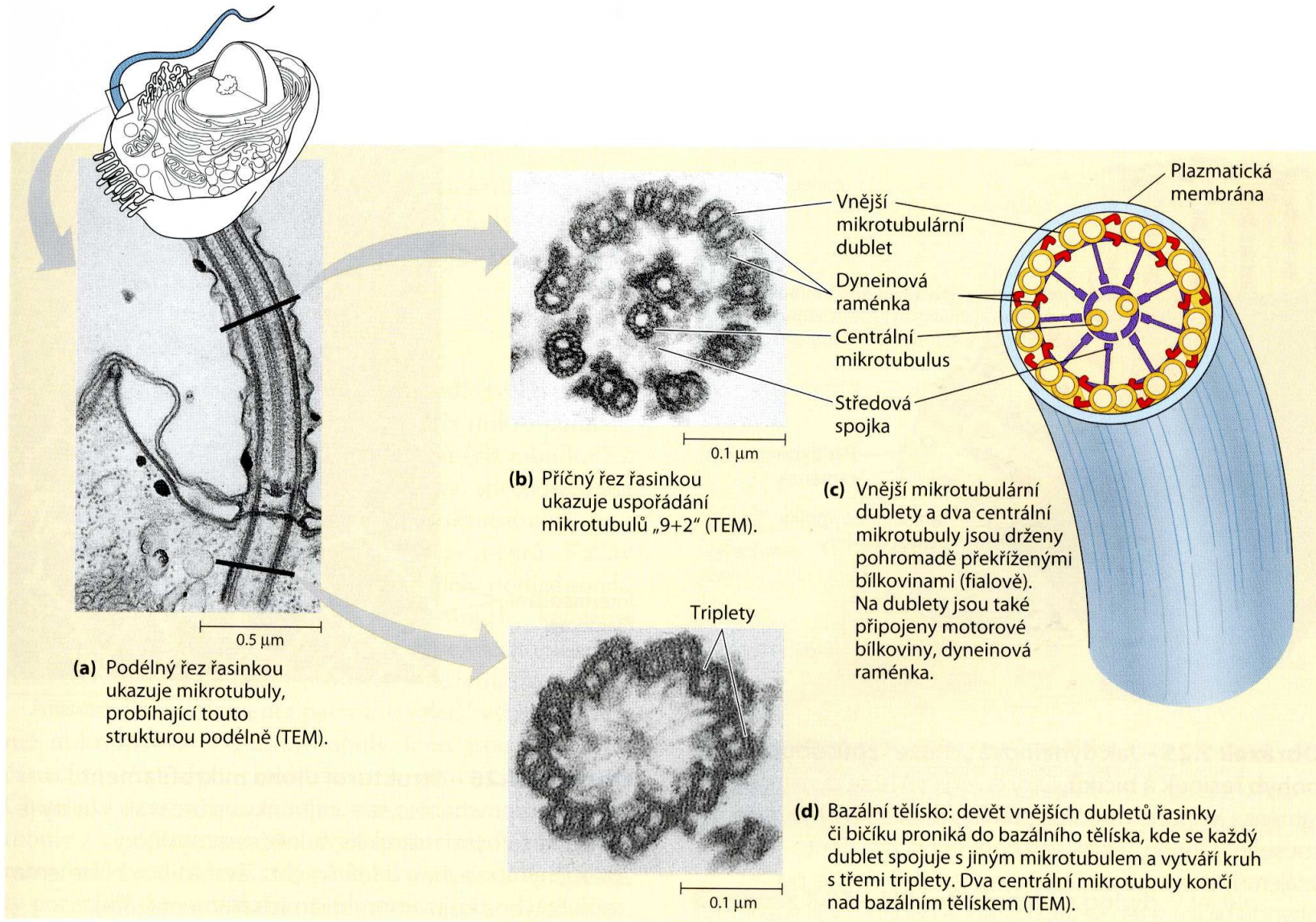
Tři typy lokomočních organel

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

# Bičíky - flagella

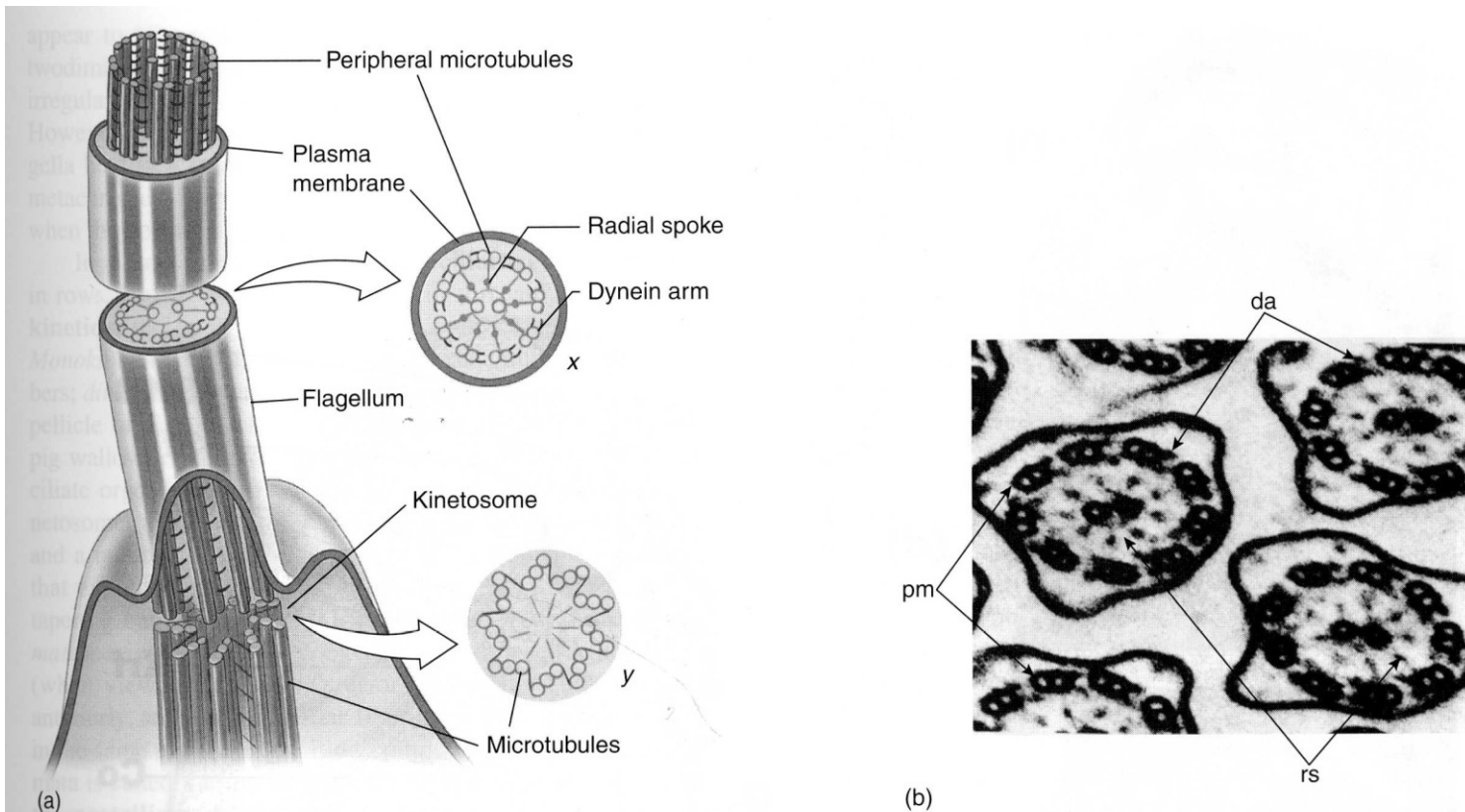
- Štíhlé, dlouhé – **centrální axonema** – centrální pár mikrotubulů
- Na obvodu **9 párů mikrobutulů**
- Axonema začíná v kinetosomu (centrální tělísko)
- **Periflagelární kapsa**
- **Mastigont** – systém označující spojení mezi bičíkem, kinetosomem a souvisejícími organelami
- **Heterokont** – bičíkovec se dvěma (a více) funkčními typy bičíků

# Struktura bičíku nebo řasinky





# Stavba bičíku – mikroskopický řez



**Figure 4.4 Flagella (undulipodia).**

(a) General structure of a cilium or flagellum, showing a section through the axoneme within the cell membrane and a section through the kinetosome. The nine pairs of microtubules plus the central pair make up the axoneme. The central pair ends at about the level of the kinetosome (or basal body, level *y*). (b) Electron micrograph of a section through several flagella, corresponding to level *x* in (a); *da*, dynein arm; *pm*, peripheral microtubules; *rs*, radial spoke.

# Giardia - pohyb tekutiny

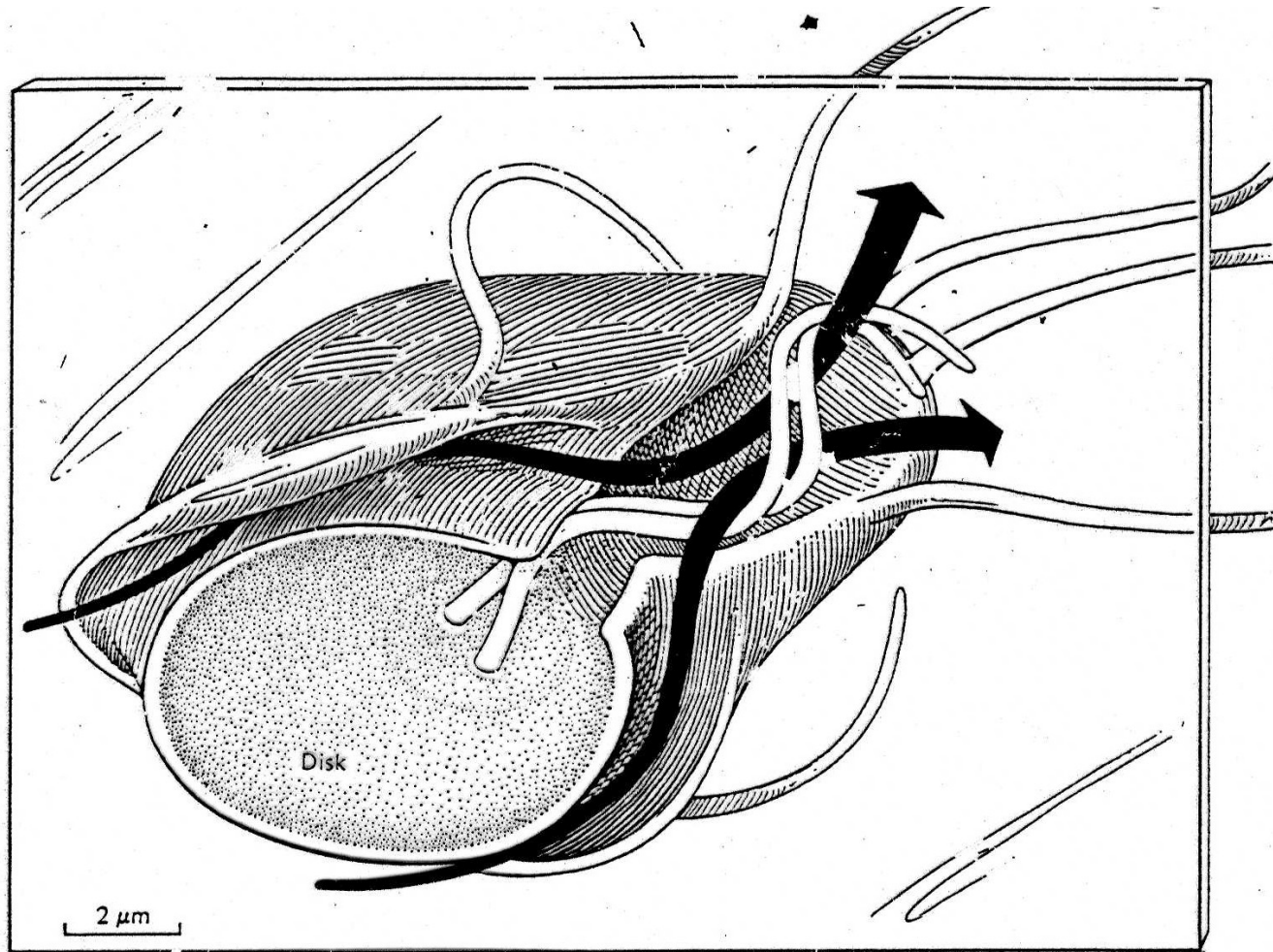


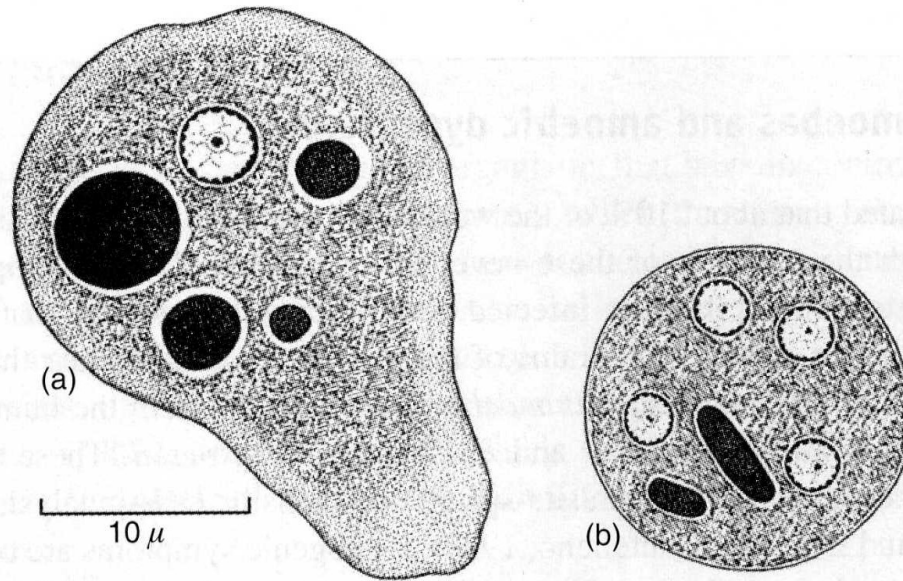
FIGURE 6.4 Ventral view of *Giardia* showing the movement of fluid through the action of the flagella. [Redrawn from Holberton, 1973. © The Company of Biologists.]

# Panožky -pseudopodia

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



# Améby - panožky

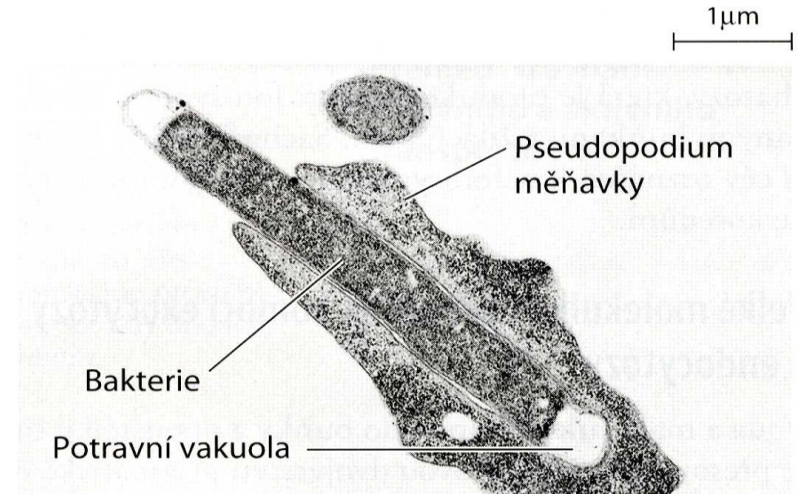
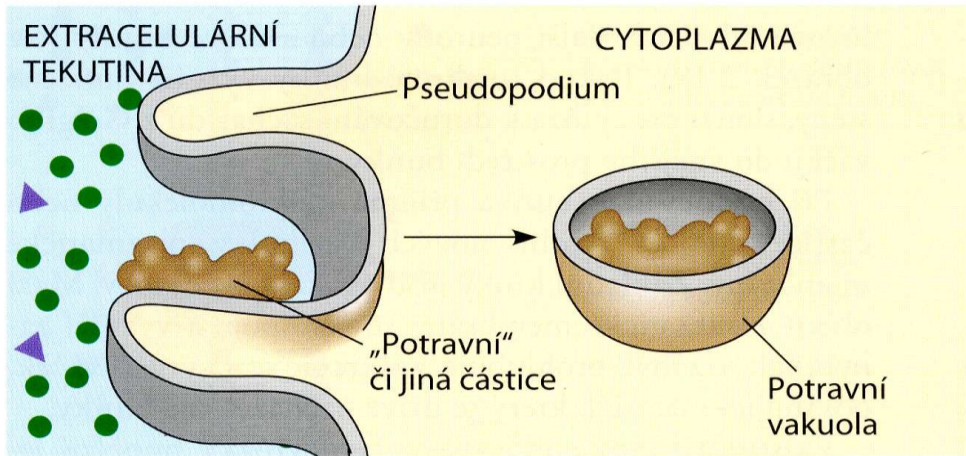


**Figure 2.1** *Entamoeba histolytica* trophozoite (a) and cyst (b). It can be difficult or impossible to distinguish the chromatoidal bodies in the cysts using light microscopy and their nuclear structure may be lost after prolonged storage. Source: Chandler and Read, 1961

# Potrava a metabolismus prvoků

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

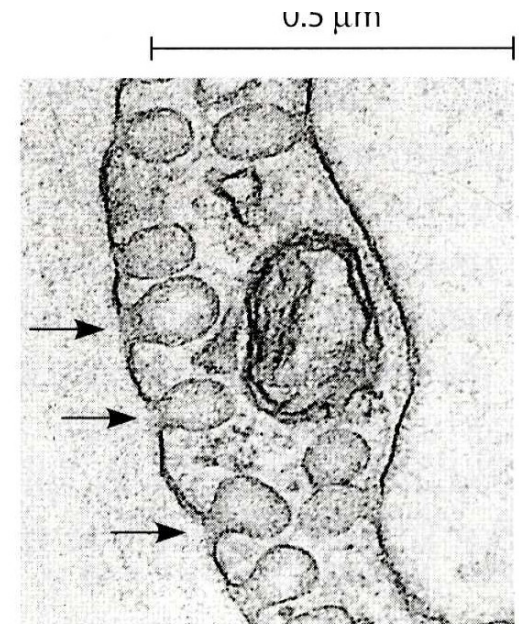
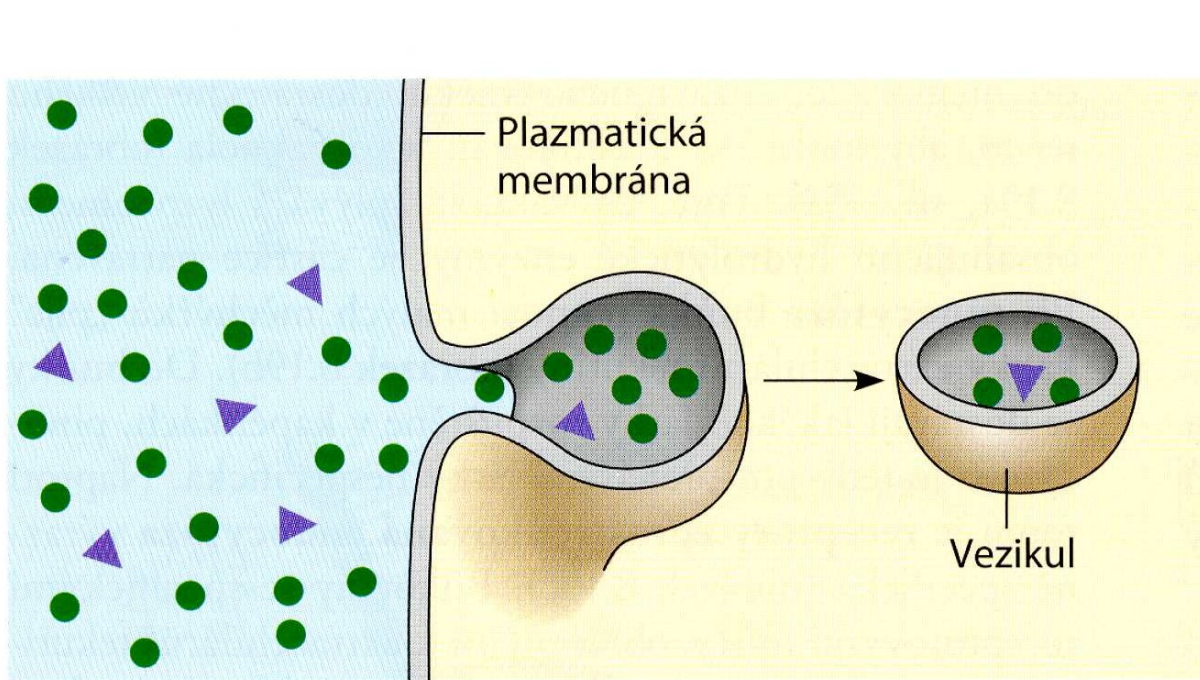
# Fagotyzóza



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

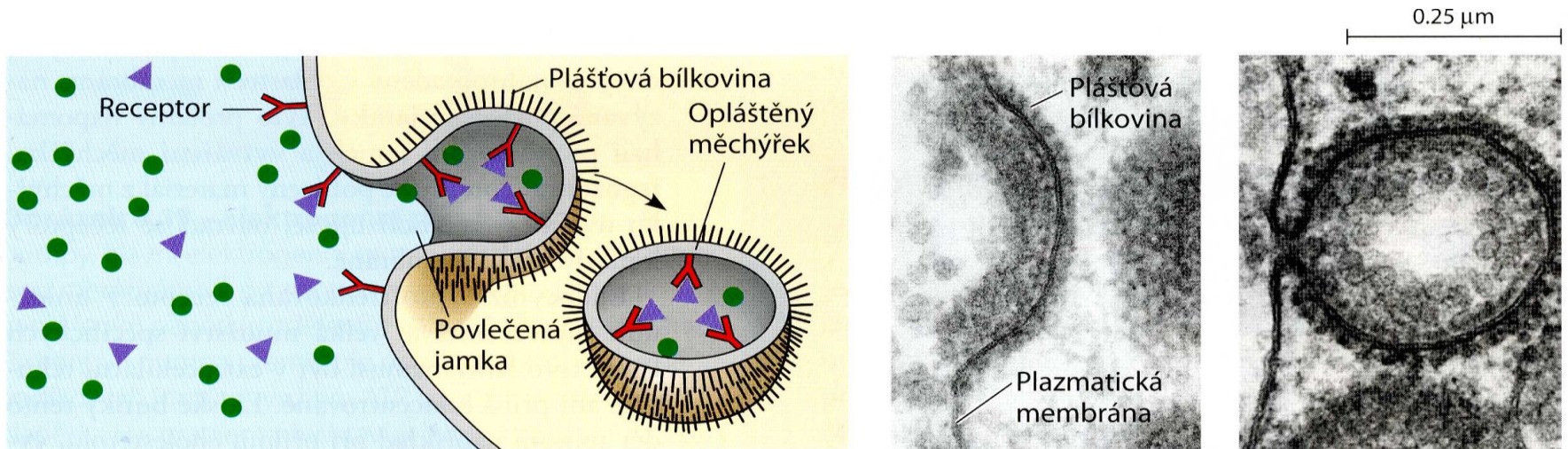


# Pinocytóza



**(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



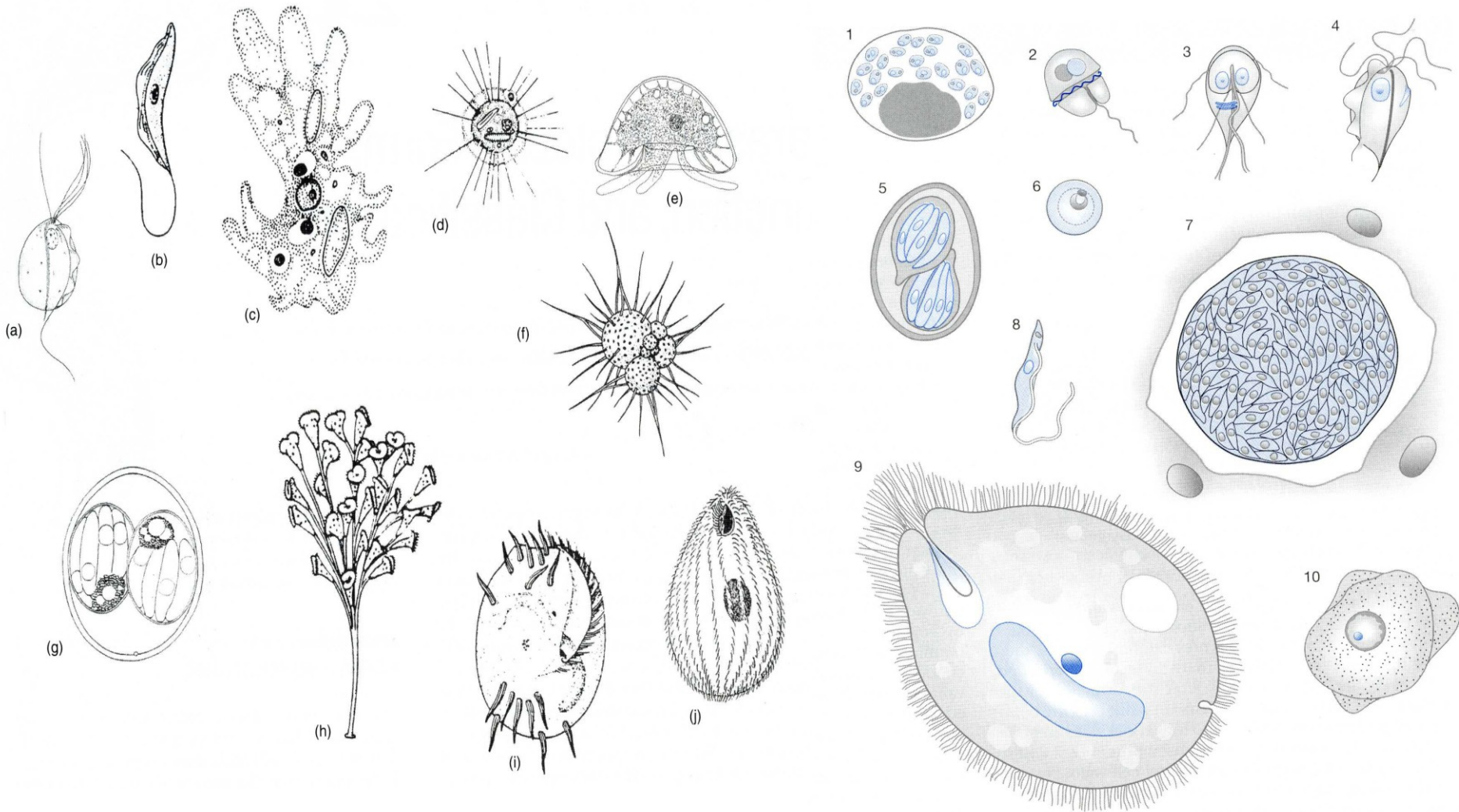
(c) **Receptory zprostředkovaná endocytóza.** Povlečené jamky vytváří váčky, kde se specifické molekuly (ligandy) váží na receptory na buněčném povrchu. Všimněte si, že uvnitř váčků se nachází relativně více navázaných molekul (fialová), přestože jsou přítomny i molekuly jiné (zelená). Mikrofotografie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







# Obrovská rozmanitost prvoků



# Jak na systém „prvoků“ ?

Co jsou „**prvoci**“ ?

Historicky to byla ta část jednobuněčných eukaryot vybavených organelami pohybu a živících se heterotrofně.

**Protozoologie** je věda zkoumající „prvky“ obtížně definovatelná skupina – obrovská vnitřní heterogenita (elektronová mikroskopie – ultrastruktura)

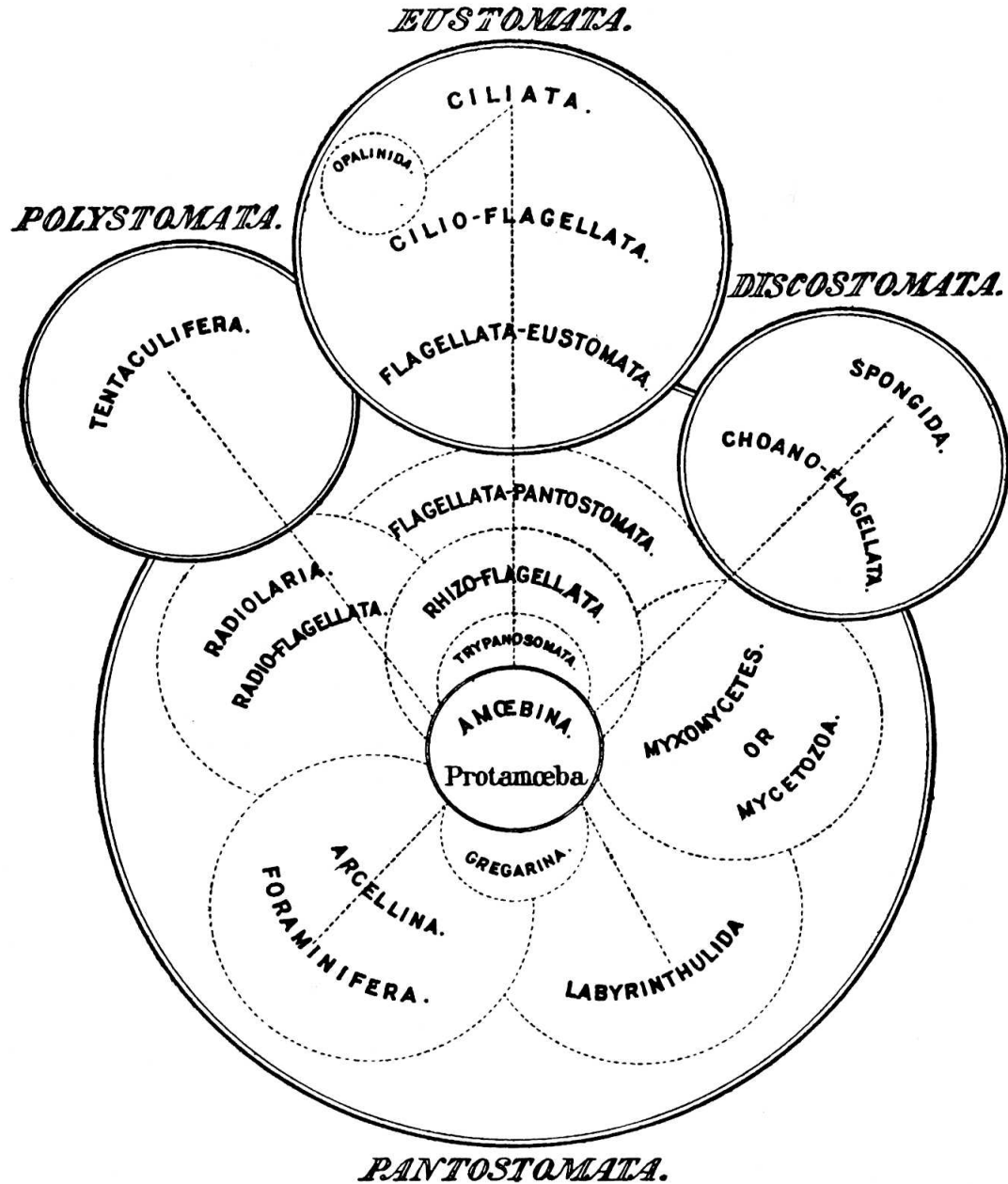
**Protista** – všechna jednobuněčná eukaryota – označuje to typ organizace - (řecké protistos – znamená prvý ze všeho)

**Protistologie** – věda zkoumající jednobuněčná eukaryota.

Nástup **molekulárně fylogenetických metod** ukázal, že protista (ani protozoa) netvoří přirozenou skupinu, ale že je to množina jednobuněčných eukaryot, zástupců tradičních říší živočichů, rostlin a hub, ale také řady samostatných evolučních linií.

Molekulární fylogenetika ukázala, že **jednotlivé mnohobuněčné linie** (nejméně 10 evolučních linií) **vznikly nezávisle** na sobě z různých typů protist.

DIAGRAMMATIC SCHEME :—SHOWING RELATIONSHIPS, AND PRESUMED PHYLOGENY, OR LINES OF EVOLUTION, OF SECTIONS, CLASSES, AND ORDERS OF THE SUB-KINGDOM PROTOZOA.





# Historický přehled systémů „prvoků“

- **Linnaeus, 1735**                      **2 říše**                      **Animalia a Plantae**
- **Haeckel, 1866**                      **3 říše**                      **Protista, Animalia a Plantae**
- **Whittaker, 1969**                      **5 říší**                      **Monera, Protista, Fungi, Animalia a Plantae**
- **Cavalier-Smith, 1998**                      **6 říší**                      **Prokaryota, Protozoa, Fungi, Animalia, Plantae, Chromista**
  
- **Klasifikace prvoků „80“ - podle Lee et al. 1985**
- **Klasifikace prvoků „1994“ - podle Corlise – iterim user friendly classification**
- **Klasifikace prvoků „2000“ – podle Doolittle 1999, Baldauf, 2000 – SSUrRNA**
- **Klasifikace prvoků podle Simpsona a Rogera 2004 – 6 superskupin eukaryot**  

<b>Opisthokonta,</b>	<b>Amoebozoa,</b>	<b>Archaeplastida</b>
<b>Chromalveolata,</b>	<b>Rhizaria,</b>	<b>Excavata</b>

# Klasifikace prvoků „80“ - podle Lee et al. 1985

Říše: ***Animalia***

Podříše: Protozoa

Kmen: **Sarcomastigophora**

Podkmen: ***Mastigophora*** – střevní a krevní bičíkovci (např. Giardia, Chilomastix, Trichomonas, Dientamoeba, Leishmania, Trypanosoma)

Podkmen: ***Sarcodina*** – obligátní a fakultativní améby (např. Entamoeba, Iodamoeba, Endolimax, Acanthamoeba, Naegleria)

Kmen: **Apicomplexa**

Třída: Sporozoea

Podtřída: Coccidia

Řád: Eucoccidiida

Podřád: **Eimeriina** (např. Isospora, Sarcocystis, Toxoplasma, Cryptosporidium)

Podřád: **Haemosporiina** (např. Plasmodium)

Potřída: Piroplasmaea (např. Babesia)

Kmen: **Microspora** (např. Encephalitozoon, Nosema)

Kmen: **Ciliophora** (např. Balantidium)

# Klasifikace prvoků „1994“ - podle Corlise – iterim user friendly classification

## EUCARYOTA

Říše: **Archezoa**

Kmen: **Metamonada** (Giardia, Enteromonas, Chilomastix, Retortamonas)

Kmen: **Microspora** (Encephalitozoon, Enterocytozoon, NOSEMA)

Říše: **Protozoa**

Kmen: **Percolozoa** (Naegleria)

Kmen: **Parabasala** (Dientamoeba, Trichomonas)

Kmen: **Euglenozoa** (Leishmania, Trypanosoma)

Kmen: **Ciliophora** (Balantidium)

Kmen: **Apicomplexa** (Cryptosporidium, Cyclospora, Isospora, Sarcocystis, Toxoplasma, Plasmodium, Babesia))

Kmen: **Rhizopoda** (Acanthamoeba, Balamuthia, Endolimax, Entamoeba, Iodamoeba)

Říše: **Chromista**

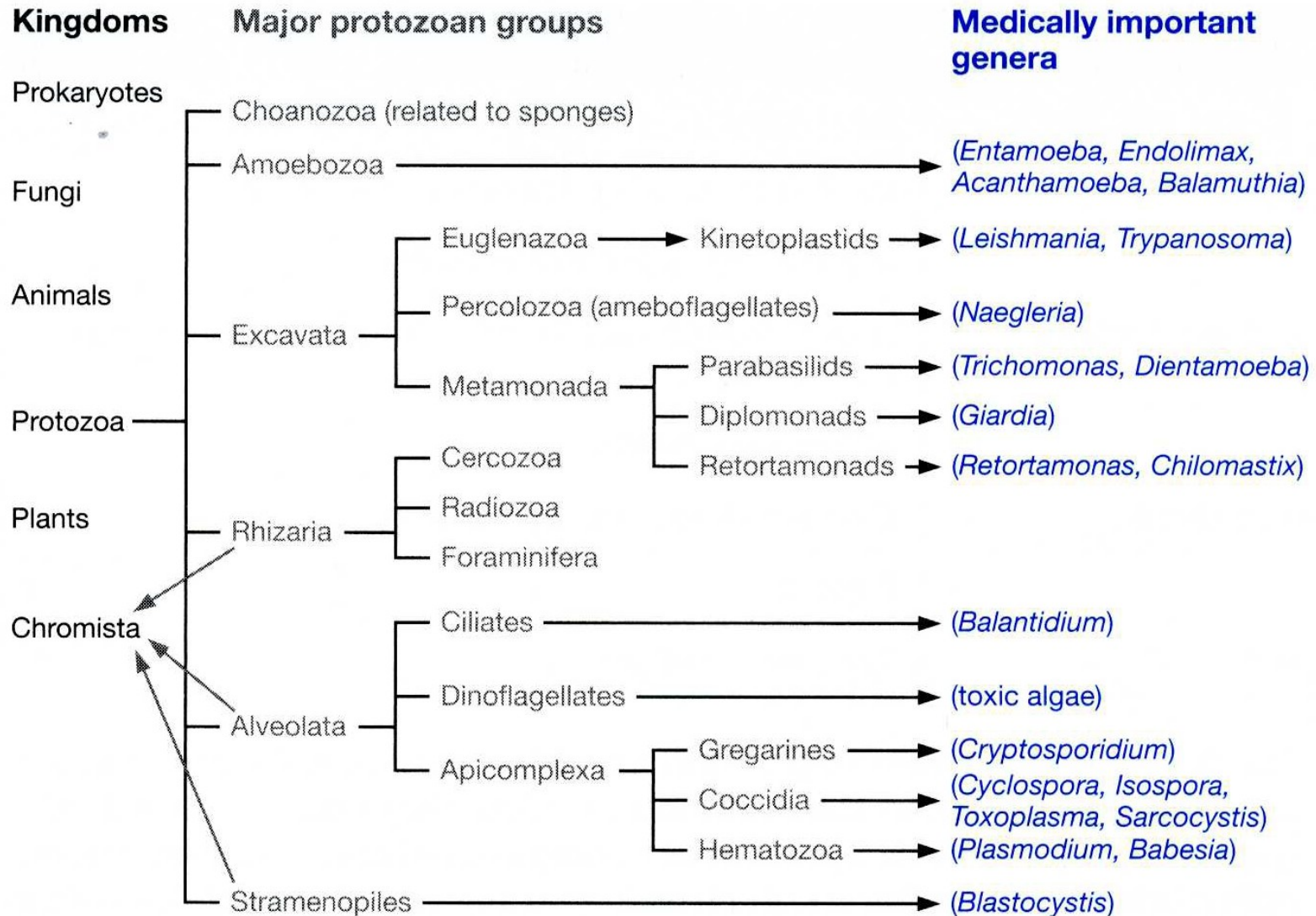
Říše: **Plantae** (sensu stricto)

Říše: **Fungi** (sensu stricto)

Říše: **Animalia** (sensu stricto)



# Říše Protozoí v systému navrženém Cavalier-Smithem, 1998



# Klasifikace prvoků „2000“ – podle Doolittle 1999, Baldauf, 2000 – SSU rRNA

## Říše: *Protozoa*

Jednobuněčná Eukaryota, fagotrofní, nefotosyntetizující organismy bez buněčné stěny. Celkem 13 kmenů, z nichž 7 parazituje u člověka

### 1. Podříše - **Archezoa**

Jednobuněčná Eukaryota s některými znaky Prokaryot na ribosomech a tRNA: nemají plastidy, mitochondrie, Golgiho tělíska a cytoplasmatické inkluze – hydrogenosomy a peroxisomy – 2 kmeny:

- **Metamonada**
- **Parabasalia**

### 2. Podříše – **Neozoa**

Jednobuněčná Eukaryota s plastidy, mitochondriemi, Golgiho tělísky a cytoplasmatickým inkluzemi - hydrogenosomy a peroxisomy – 5 kmenů:

- **Percolozoa**
- **Euglenozoa**
- **Amoebozoa**
- **Sporozoa**
- **Ciliophora**

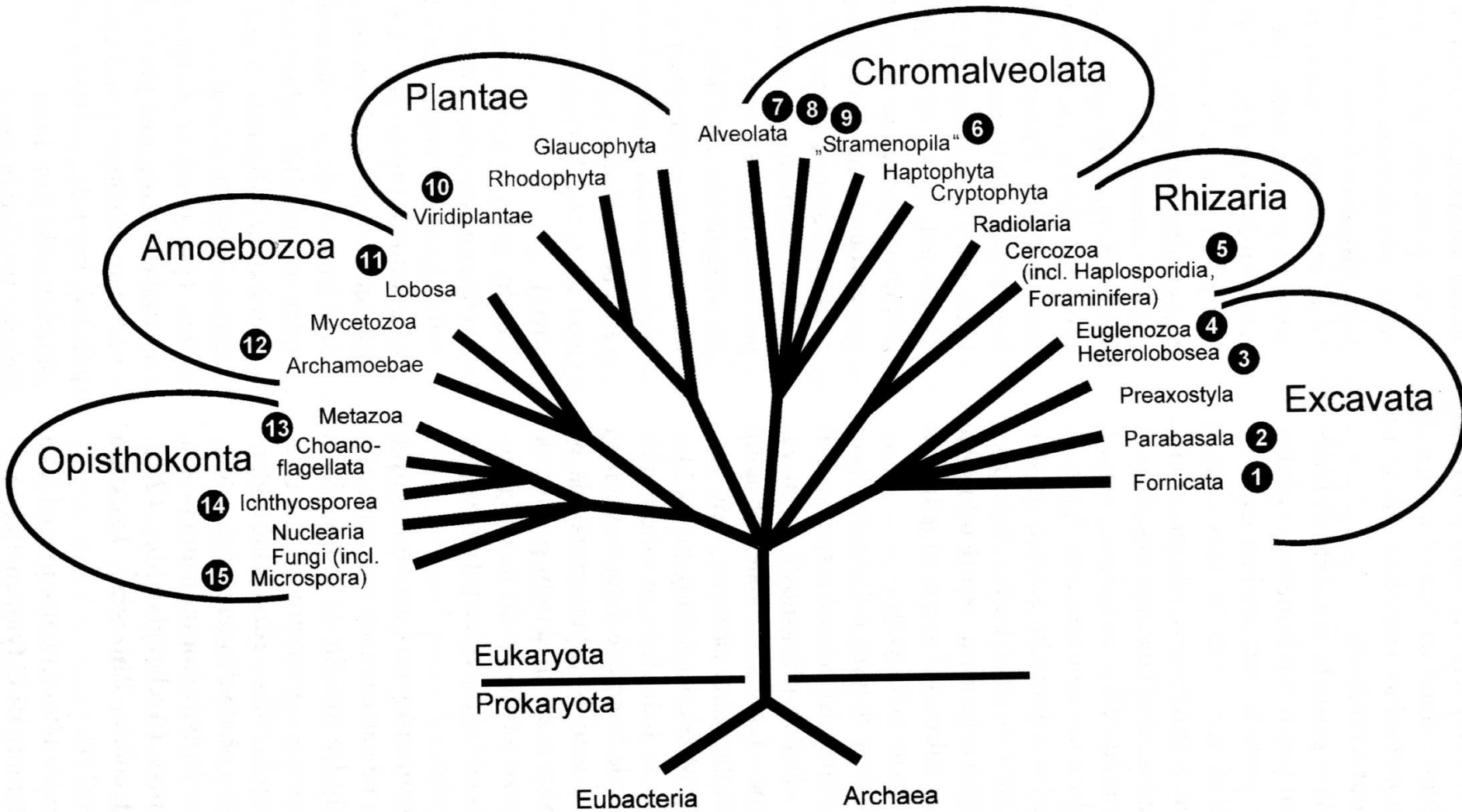
# Klasifikace prvoků „2000“ - základní klasifikace organismů – 6 říší – 3 domény života

- Bacteria – patogenní agens - Prokaryota
- Protozoa – paraziti člověka
- Animalia – paraziti člověka
- Fungi – paraziti člověka (patogenní agens)
- Plantae – paraziti rostlin
- Chromista – paraziti člověka (patogenní agens)



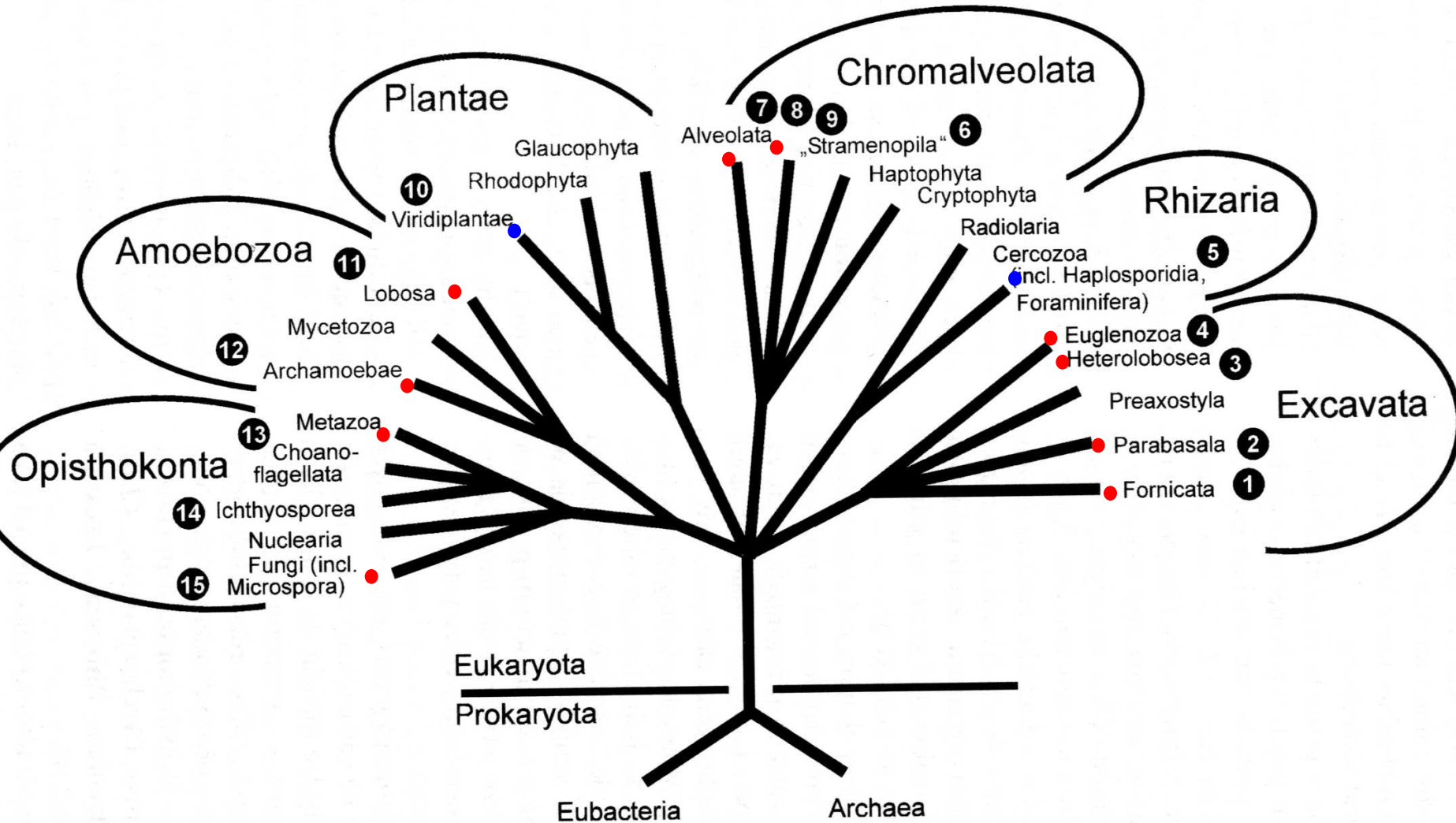


# Současné rozdělení eukaryotických organismů



Klasifikace prvoků podle Simpsona a Rogera 2004

# Současné rozdělení eucaryot



● Zástupci parazitující u člověka

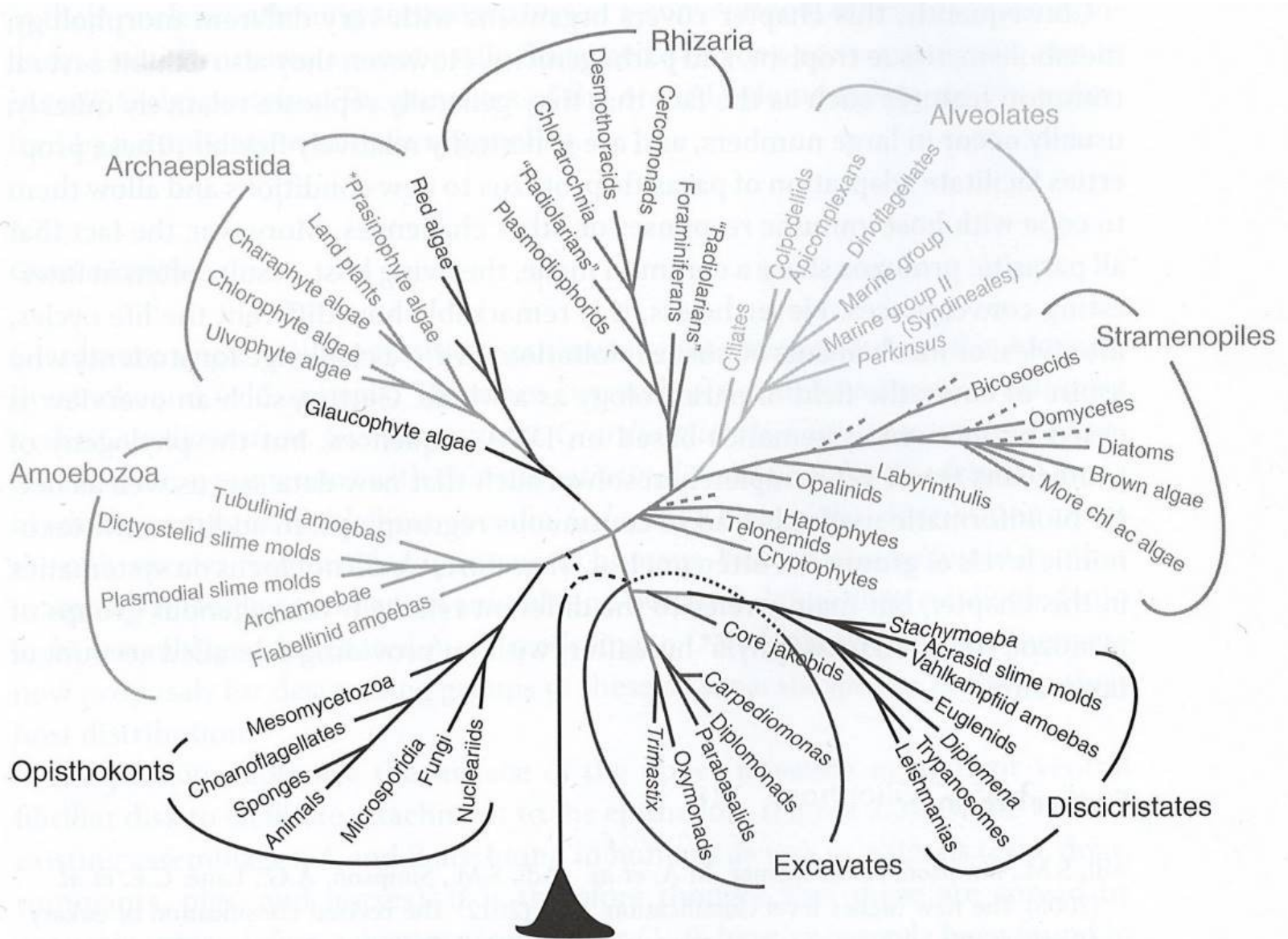
● Zástupci neparazitující u člověka

# Současné rozdělení eucaryot

- **Excavata**
    - Fornicata
    - Parabasala
    - Heterolobosea
    - Euglenozoa
  - **Rhizaria**
    - Haplosporidia
  - **Chromalveolata**
    - Stramenopila
    - Ciliophora
    - Apicomplexa
  - **Plantae**
    - Viridiplantae
  - **Amoebozoa**
    - Lobosa
    - Archamoebae
  - **Opisthokonta**
    - Metazoa
    - Microspora
- Giardia
  - Trichomonas
  - Naegleria
  - Trypanosoma
  - Leishmanie
  - Haplosporidium
  - Blastocystis
  - Balantidium
  - Plasmodium
  - Toxoplasma
  - Prototheca
  - Acanthamoeba
  - Entamoeba
  - Myxobolus, Anopheles, Taenia, Ascaris
  - Nosema
  - Pneumocystis



# Fylogenetický strom Eucaryot



# Excavata - Metamonada

## Kmen: **Metamonada (Fornicata)**

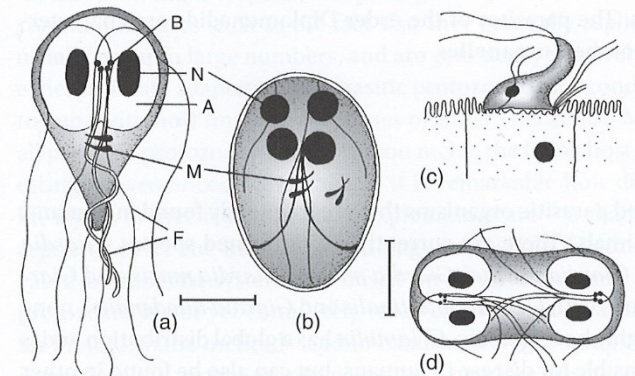
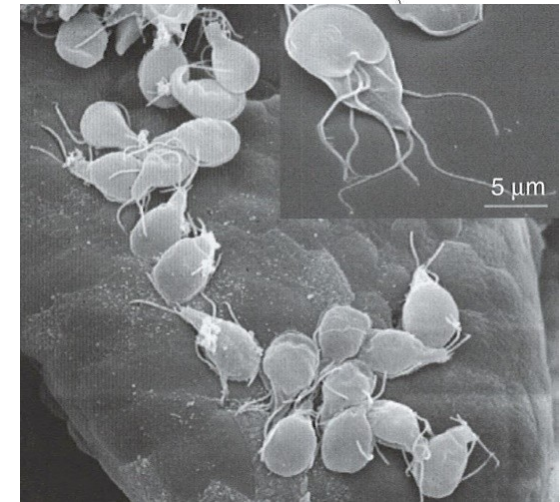
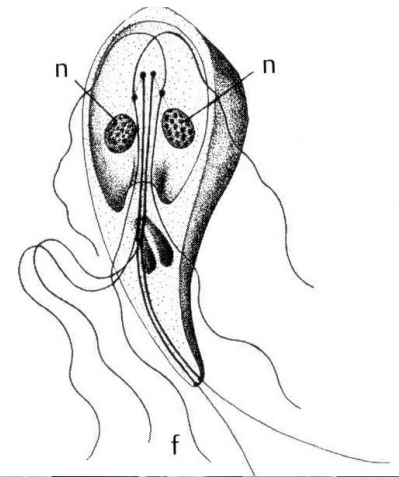
- Jednobuněční střevní bičíkovci se dvěma, čtyřmi nebo osmi bičíky
- Paraziti nebo volně žijící
- Nemají mitochondrie, ale mohou mít náhradní organelu zvanou mitosom
- Nemají Golgiho aparát
- Někteří mají dvojitou sadu organel

Zástupci - řády:

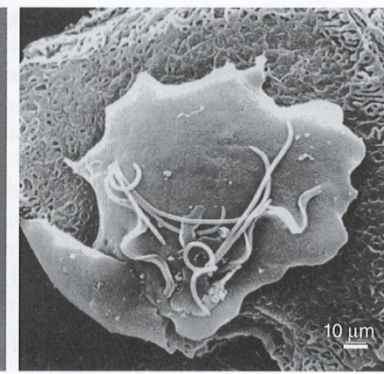
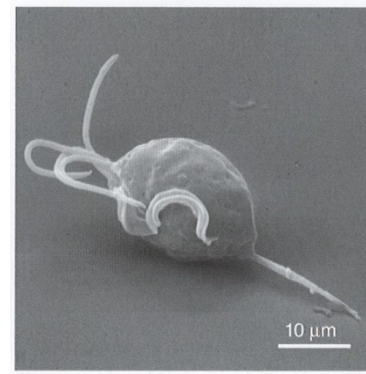
Diplomonadida - ***Giardia duodenalis***

Enteromonadida - ***Enteromonas hominis***

Retortamonadida - ***Chilomastix mesnili***  
- ***Retortamonas intestinalis***



# Excavata -Parabasala



## Kmen: Parabasala

- Jednobuněční bičíkovci s jedním nebo
- více jádry a početnými bičíky
- Komenzálové nebo paraziti napadající střevo nebo genitourinální trakt
- Charakteristický komplex parabasálního tělíska ekvivalentní Golgiho tělísku,
- Nemají mitochondrie, mají hydrogenosomy
- Bičíky nebo undulující membrány
- Potravu přijímají pinocytózou

## Trichomonadida

- *Trichomonas vaginalis*
- *Dientamoeba fragilis*
- *Trichomonas tenax*
- *Trichomonas hominis*
- *Trichomonas galinea*
- *Tritrichomonas foetus*
- *Pentatrichomonas hominis*

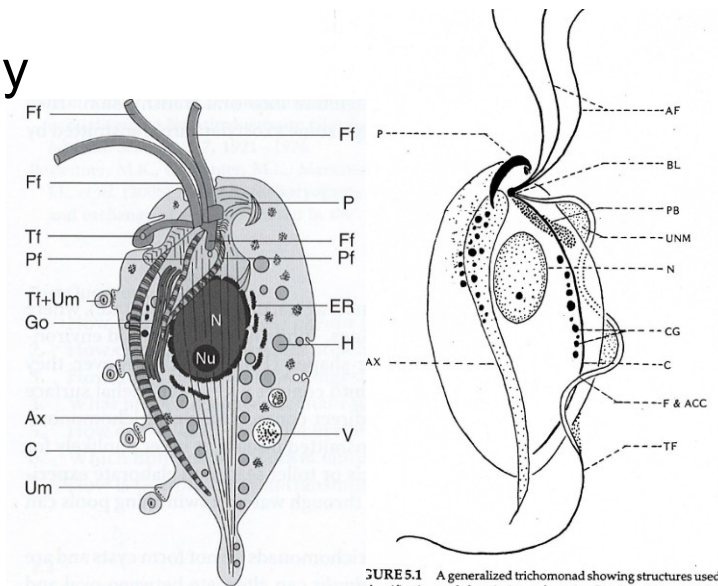


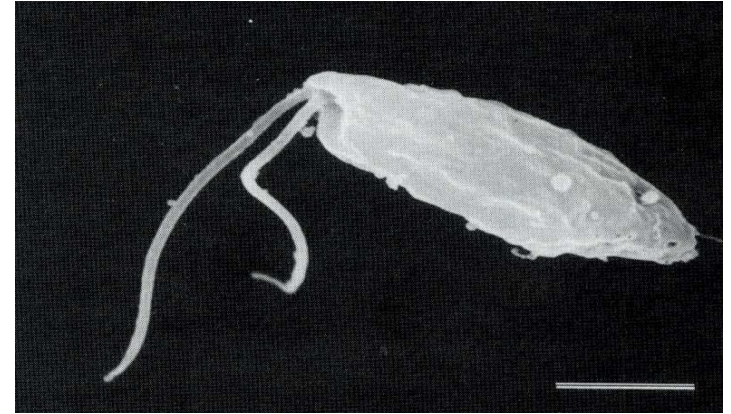
FIGURE 5.1 A generalized trichomonad showing structures used for identification and descriptions of species: P—pelta; AX—axostyle; AF—anterior flagella; BL—basal body; PB—parabasal body or Golgi; UNM—undulating membrane; N—nucleus; CG—costal granules (hydrogenosomes); C—costa; F and ACC—flagellum and accessory filament; TF—trailing or recurrent flagellum.



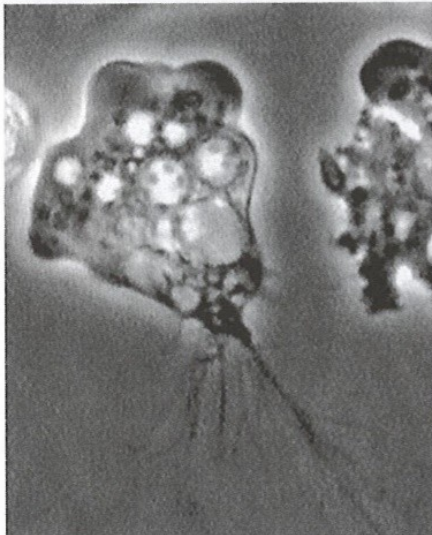
# Excavata - Heterolobosea

Kmen: **Heterolobosea (Percolozoa)**

Jednobuněční, bez pigmentů, typické jsou jeden až čtyři bičíky, mají mitochondrie a peroxisomy, ale chybí Golgiho tělíska – řád: Schizopyrenida – ***Naegleria fowleri***

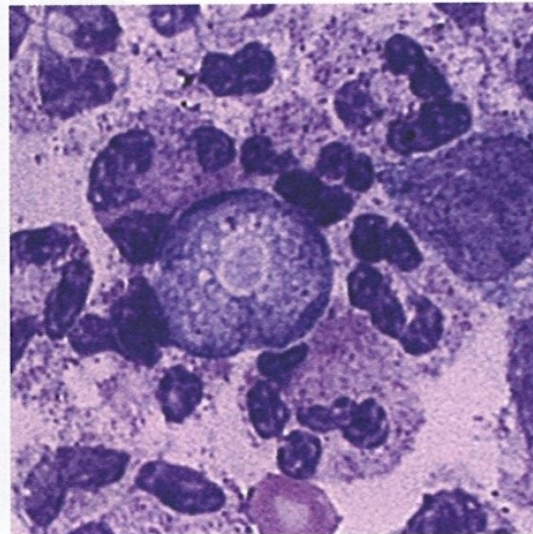


A



Trofozoit volně žijící

B



Trofozoit ve tkáni hostitele

C



Varování návštěvníkům

# Amoebozoa

- Jednobuněční, většinou saprofytičtí, někteří parazitují
- Mají pseudopodie a používají je k příjmu potravy a k lokomoci
- Nemají bičíky, nemají tubulinové struktury s výjimkou centriol
- Nemají mitochondrie, mají extrémně redukovanou endosymbiotickou organelu – mitosom, který je pozůstatkem mitochondrie
- Monoxenní životní cyklus, šíří se většinou cystami
- Rozmnožování dělením, sexuální rozmnožování není známo

- Kmen: **Lobosa**

Acanthopodida - ***Acanthamoeba castellanii***,  
***Balamuthia mandrilaris***

- Kmen: **Archamoebae**

Entamoebida – ***Entamoeba histolytica***, ***E. coli***,  
***E. dispar***, ***E. hartmanni***, ***E. gingivalis***, ***E. moshkovski***,  
***E. polecki***, ***Endolimax nana***, ***Iodamoeba buetschlii***

# Amebozoa

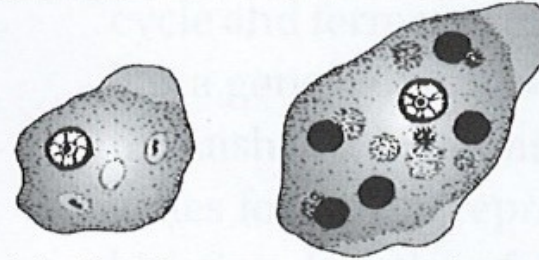
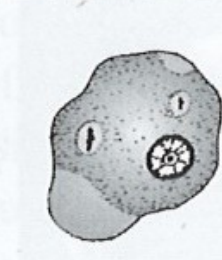
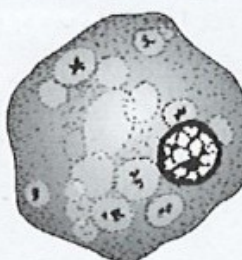





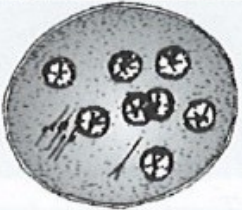


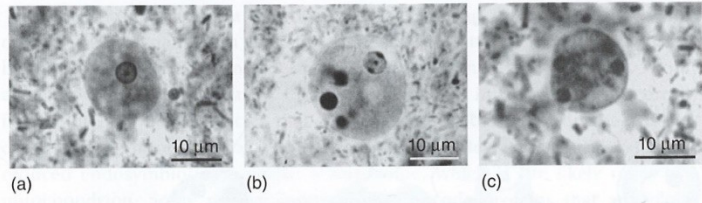
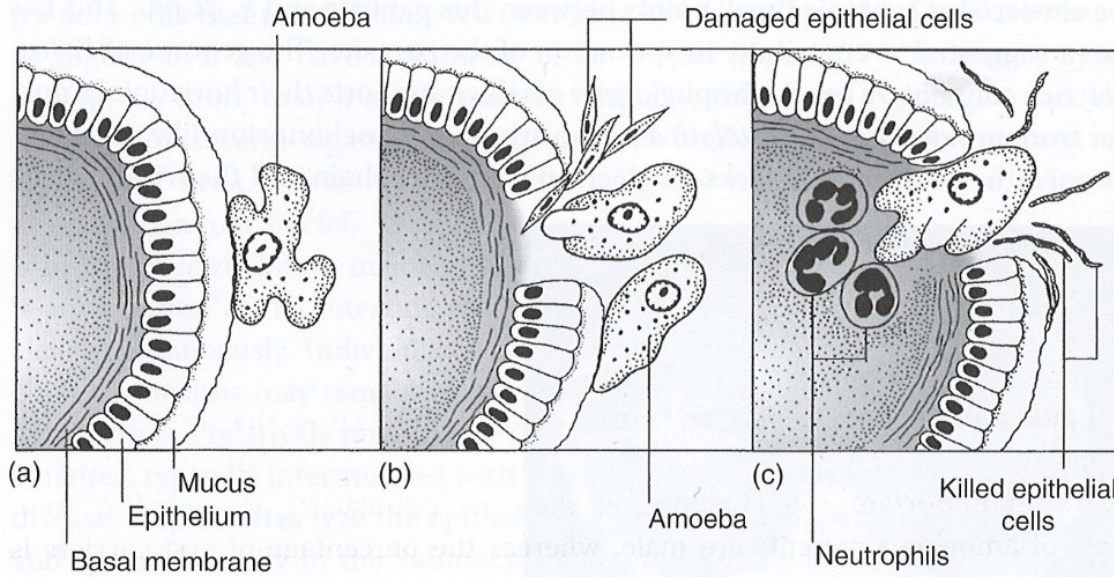
Trophozoite	 <p>Intestinal form      Tissue form</p>					
	Cyst					
	<p><i>Entamoeba histolytica</i></p>	<p><i>Entamoeba dispar</i></p>	<p><i>Entamoeba coli</i></p>	<p><i>Iodamoeba buetschlii</i></p>	<p><i>Endolimax nana</i></p>	<p><i>Acanthamoeba castellanii</i></p>

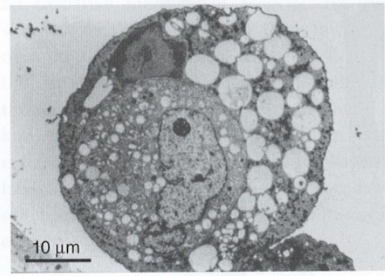
Figure 2.13 Human pathogenic amoebae. (Adapted from various sources).



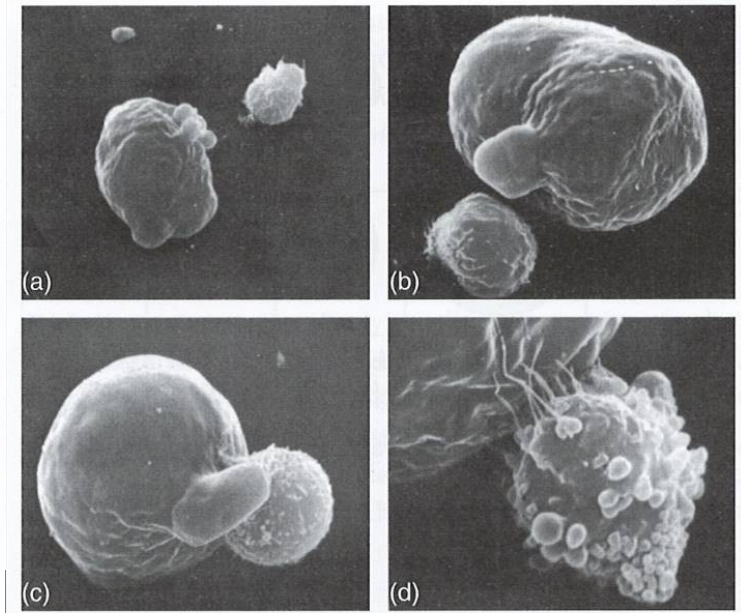
# Amebozoa



**Figure 2.8** Microscopy images of *Entamoeba histolytica*. (a) Trophozoite. (b) Tissue-invasive trophozoite with ingested erythrocytes. (c) Tetranuclear cyst. (Images: Courtesy of E. Tannich.)

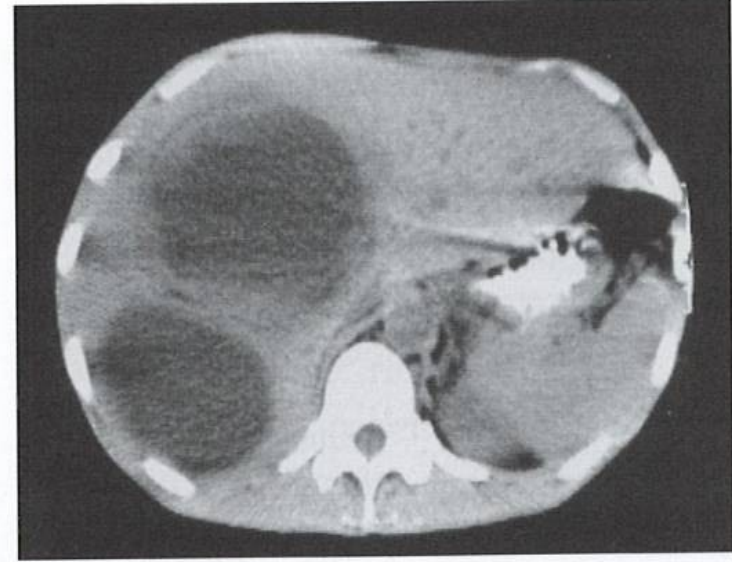


**Figure 2.9** Trophozoite of *Entamoeba histolytica* with various vacuoles. (TEM image: Courtesy of E. Tannich.)



Usmrcení  
hostitelské  
buňky sekretem  
amoebaporem

Jaterní absces



# Euglenozoa

Kmen: **Euglenozoa**

Volně žijící nebo parazitičtí, jednobuněční bičíkovci s 1 až 4 bičíky, jimiž se pohybují

Paraziti původně napadající členovce

Monoxenní cyklus nebo heteroxenní životní cyklus zahrnující obratlovce

Mají Golgiho tělísko a mitochondrie

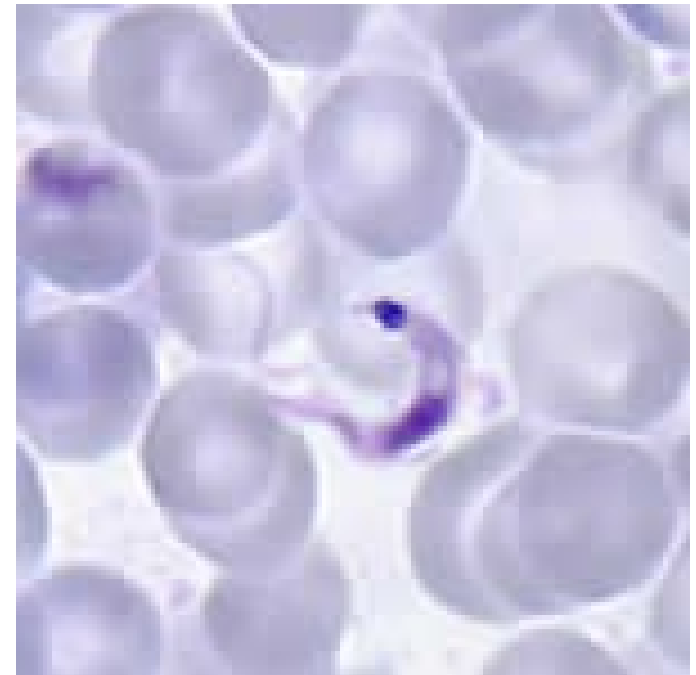
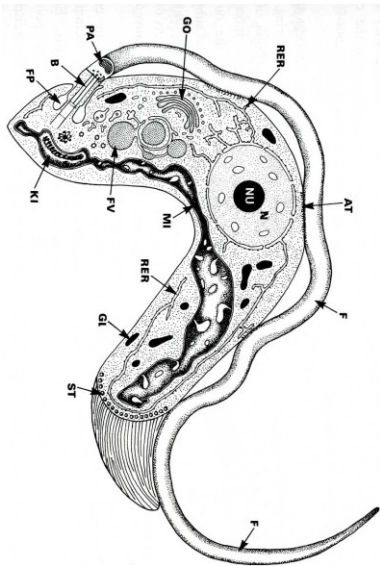
Pod povrchem mají mikrotubuly

Rozmnožování podélným dělením

Sexuální rozmnožování známo u některých druhů v členovcích

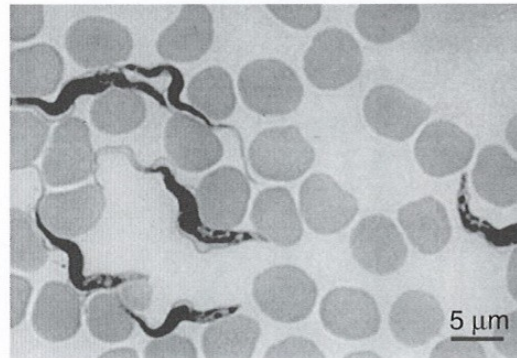
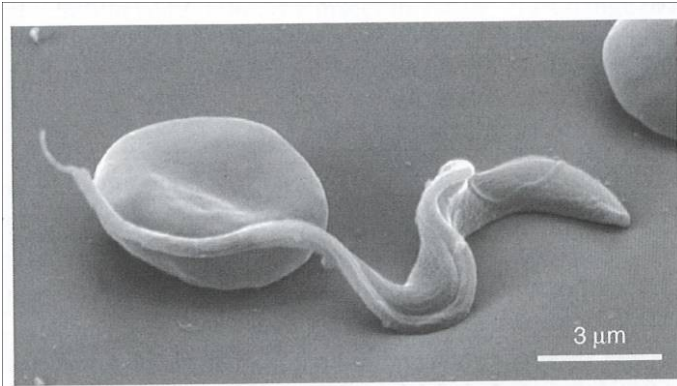
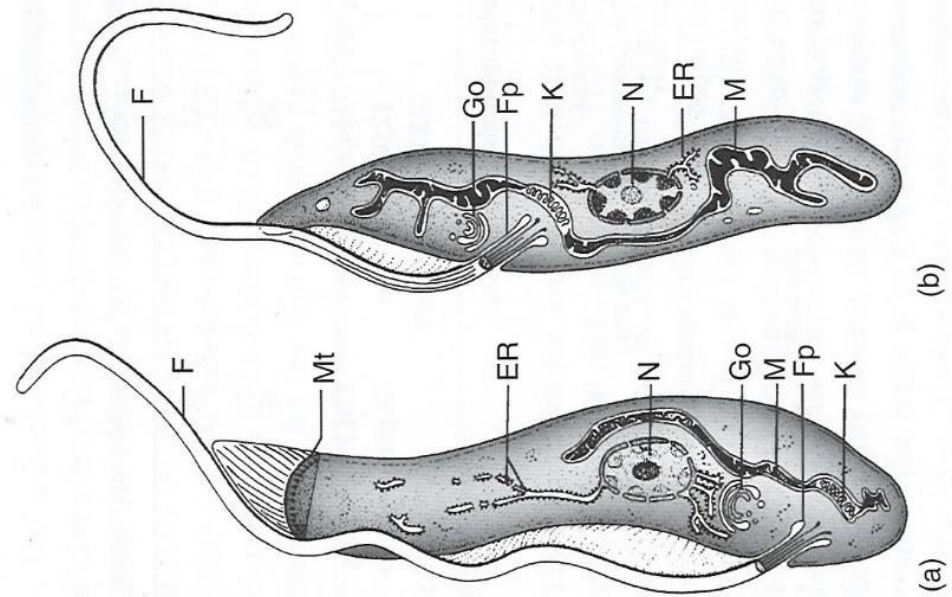
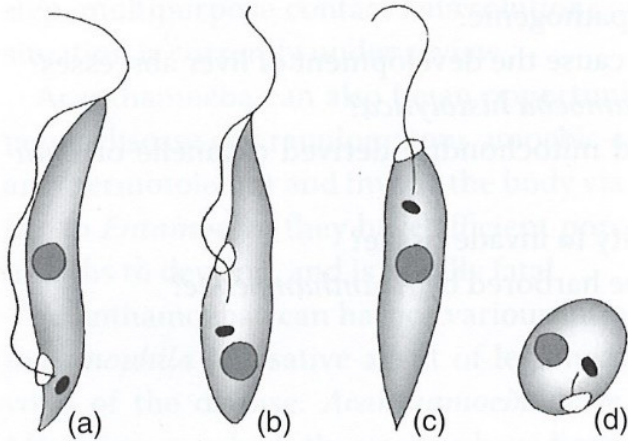
Potravu přijímají pinocytózou v periflagelární kapse

řád: Trypanosomatida – *Leishmania donovani*,  
*L. infantum*, *L. major*,  
*L. tropica*, *L. brasiliensis*,  
*L. mexicana*, *L. aethiopica*,  
*L. peruviana*,  
*Trypanosoma cruzi*,  
*T. brucei gambiense*,  
*T. brucei rhodesiense*,  
*T. rangeli*.  
*Trypanosoma evansi*,  
*T. equiperdum*,  
*T. rangeli*





# Euglenozoa



(a)

(b)

**Figure 2.19** Slender trypomastigote (a) and stumpy blood form (b) of *Trypanosoma brucei*. (Images: Courtesy of E. Vassella and M. Boshard.)

Trypomastigot *Trypanosoma brucei* , přední konec leží na erytrocytu

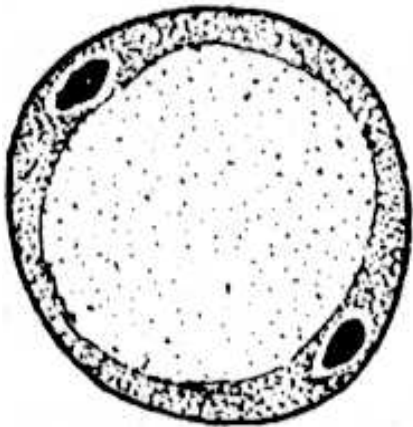


# Chromalveolata

- Kmen: **Stranemophila**

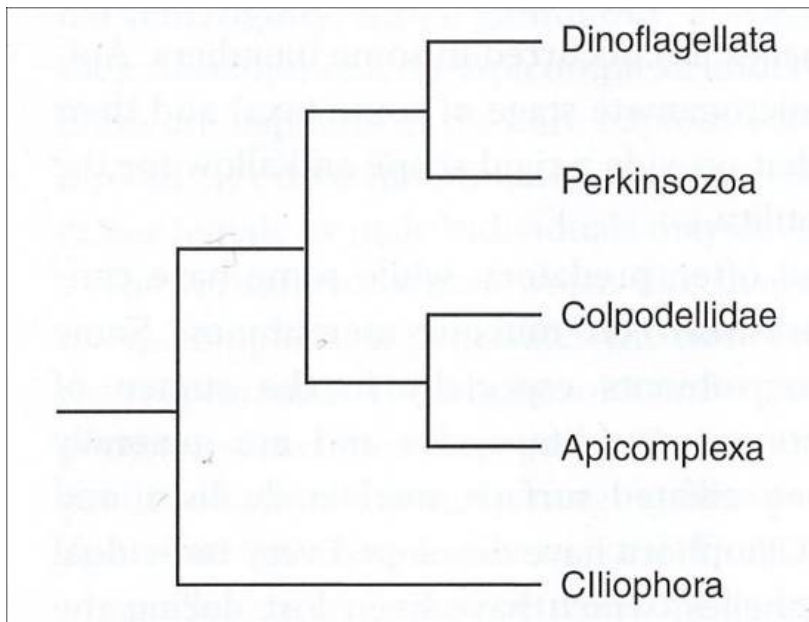
Jednobuněční mající plastidy a využívající fotosyntézu, filamentózní struktura nebo v koloniích (řasy), u některých zástupců sekundární ztráta plastidů.

Třída: Blastocystea – *Blastocystis hominis*



# Alveolata

- Volně žijící nebo parazitičtí
- Pod povrchovou membránou leží vesiculy (alveoli) a mikrotubuly tvořící pelliculární komplex
- Příjem potravy se děje způsobem blízkým pinocytóze



Fylogeneze Alveolata

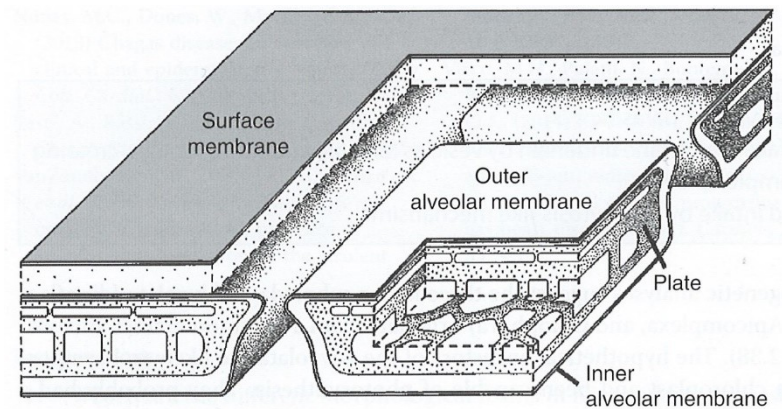


Figure 2.39 Schematic representation of the surface of Alveolata. The plasma membrane is underlain by alveoli (=vesicles), which are filled in the thecate dinoflagellates, but empty in the Apicomplexa and

Ciliophora and this results in a triple membrane. (From Hausmann, Hülsmann, Radeck (2003) Protistology, with permission from Schweizerbart'sche Verlagshandlung, Stuttgart, [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de).)

Pelliculární (alveolární) komplex

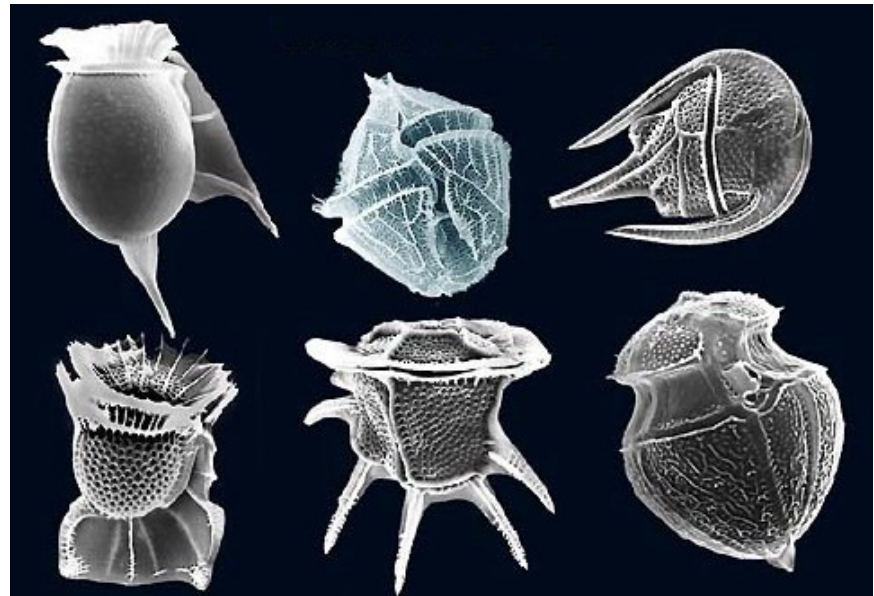
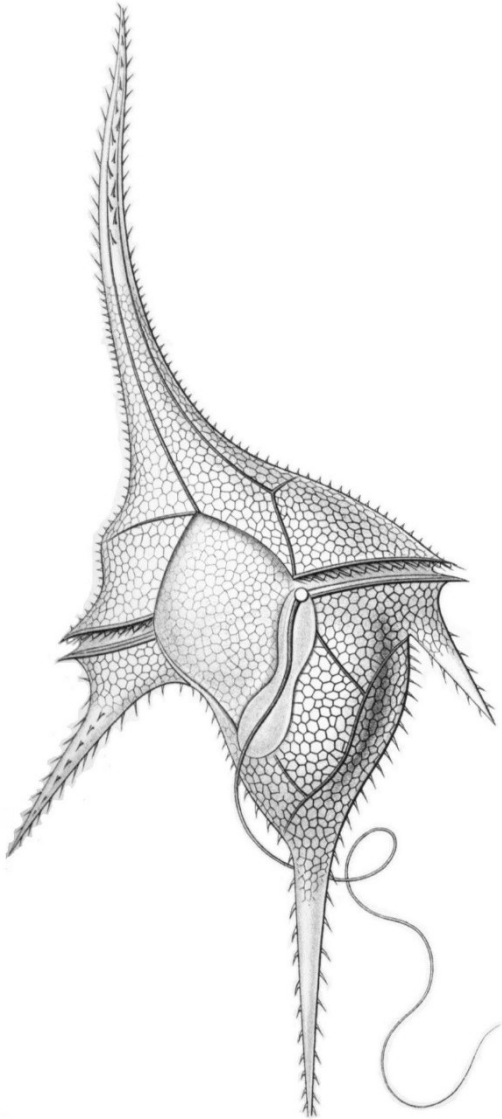
# Alveolata

- Z analýzy fylogeneze je zřejmé, že tři hlavní podkmeny Alveolata tvoří dinoflagelata (obrněnky), Apicomplexa a Ciliata
- Hypotetický předek Alveolata patrně měl chloroplast a byl schopen fotosyntézy
- Rovněž pravděpodobně měl struktury/organely schopné pinocytozy a extrusomy (organely schopné vyvrhnout svůj obsah), košíkovitou výztuhu na předním konci buňky a dva bičíky
- Tento předek byl rovněž haploidní (mimo zygotu) a vyznačoval se predátorským způsobem života jako primitivní Alveolata (např. dinoflagellata a primitivní gregariny)

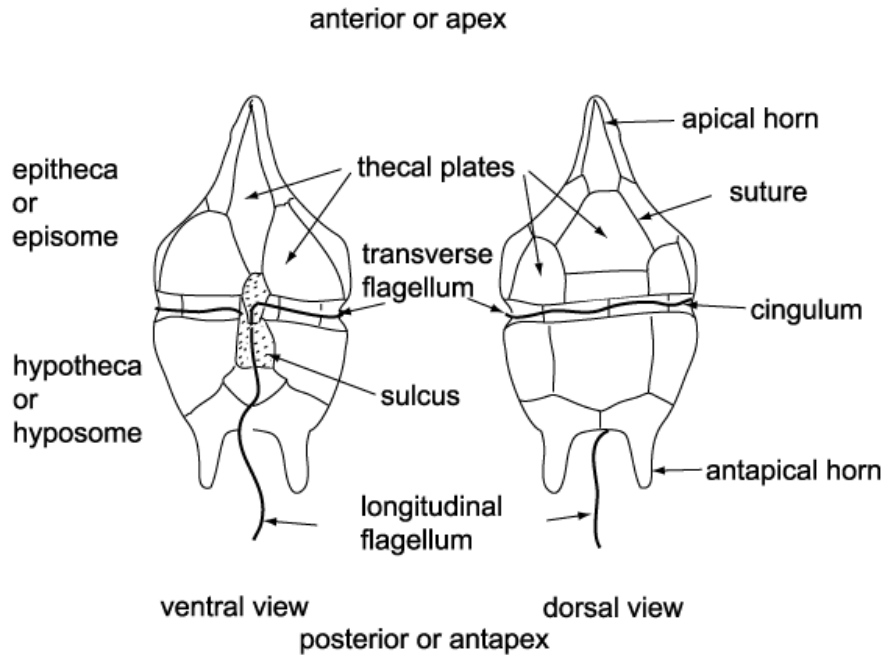


# Alveolata – Dinoflagellata (obrněnky)

Obrněnky jsou skupina živých organismů řazených dnes do superskupiny SAR a skupiny Alveolata. Žijí ve vodách jak sladkovodních, tak i brakických a mořských. Jde o mixotrofní organismy, které mají chloroplasty získané sekundární či terciární endosymbiózou, někdy mají kleptoplastidy.



# Alveolata - Dinoflagellata



Principle features and terminology of a thecate, motile peridinalean dinoflagellate.

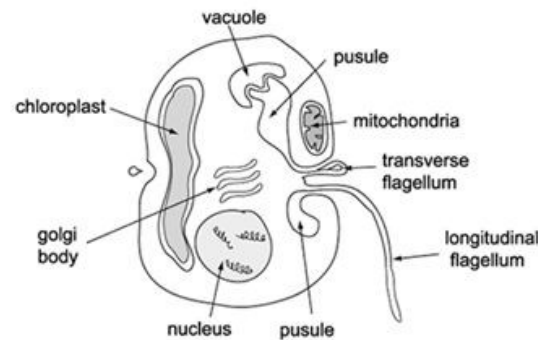
Redrawn from Fensome et al. 1996.



# Alveolata - Dinoflagellata

## Structure and abilities

- Most dinoflagellates are unicellular
- Each species has a characteristic shape reinforced with plates of cellulose. These plates are called **thecae**
- Many have two flagella which creates a spinning movement
- Some are even capable of bioluminescence for defense, offence, camouflage, and communication



Dinoflagellate Structure





# Alveolata

- Kmen: **Sporozoa (Apicomplexa)**

Jednobuněční vyznačující se apikálním komplexem: polární kruh, rhoptrie, mikronemy a conoid, v životním cyklu se vyskytují sexuální procesy, všichni parazitují řády:

Eimeriida:

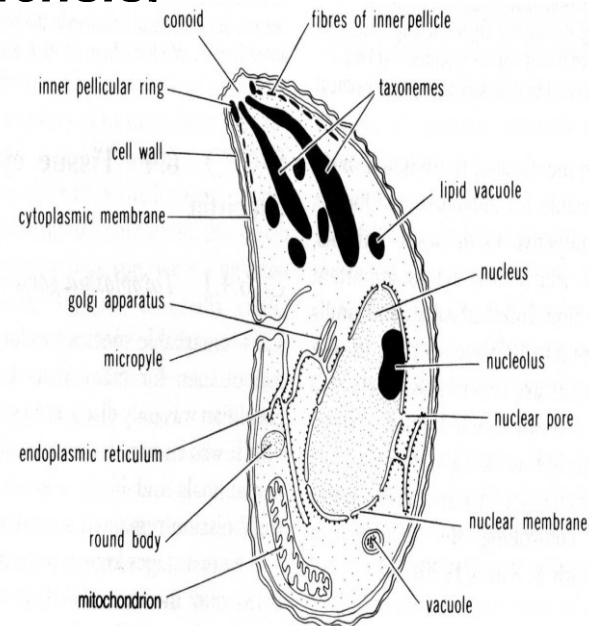
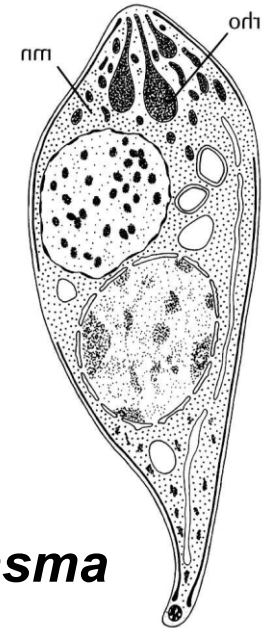
***Cryptosporidium parvum*, *Toxoplasma gondii*, *Cyclospora cayetanensis*, *Isospora belli*, *Sarcocystis suihominis*.**

Piroplasmida:

***Babesia microti*, *B. divergens*, *B. gibsoni***

Haemosporida:

***Plasmodium falciparum*, *P. malariae*, *P. ovale*, *P. vivax***



# Alveolata - Apicomplexa

- Obligátní endoparaziti bezobratlých a obratlovců, většinou intracelulární
- Monoxenní a heteroxenní životní cykly
- Apikální komplex tvořený konoidem, rhoptriemi a mikronemy
- Rudimentární organela-plastid obvykle přítomna
- Životní cyklus zahrnuje schizogonii, gamogonii a sporogonii
- Patogenní cizopasníci, řady vážných onemocnění člověka a hospodářských zvířat



# Alveolata – Apicomplexa

## Klasifikace Apicomplexa

Subphylum Apicomplexa

Class Coccidea

Incertae sedis<sup>a)</sup>

Fam. Cryptosporidiidae

*Cryptosporidium*

Order Eimeriida

Fam. Eimeriidae

*Eimeria*

*Isospora*

Fam. Sarcocystidae

*Sarcocystis Toxoplasma Neospora*

Class Haematozoa

Order Haemosporida

Fam. Plasmodiidae

*Plasmodium*

Order Piroplasmida

Fam. Babesiidae

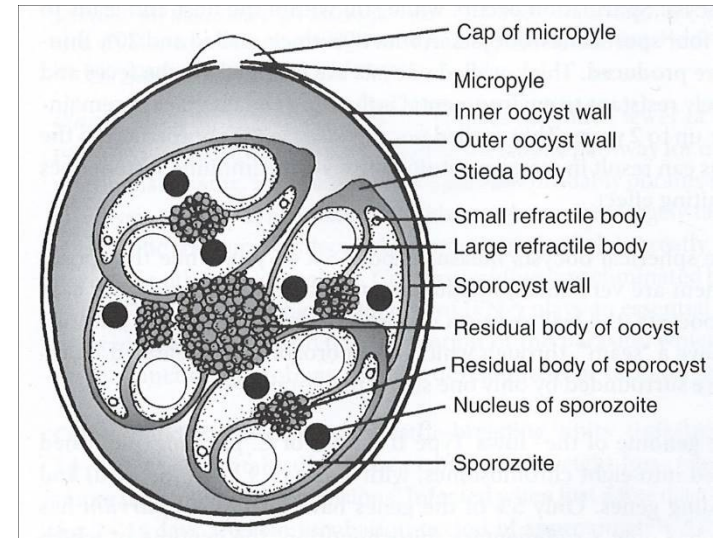
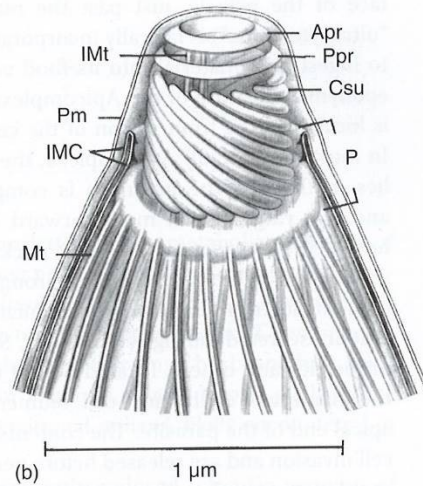
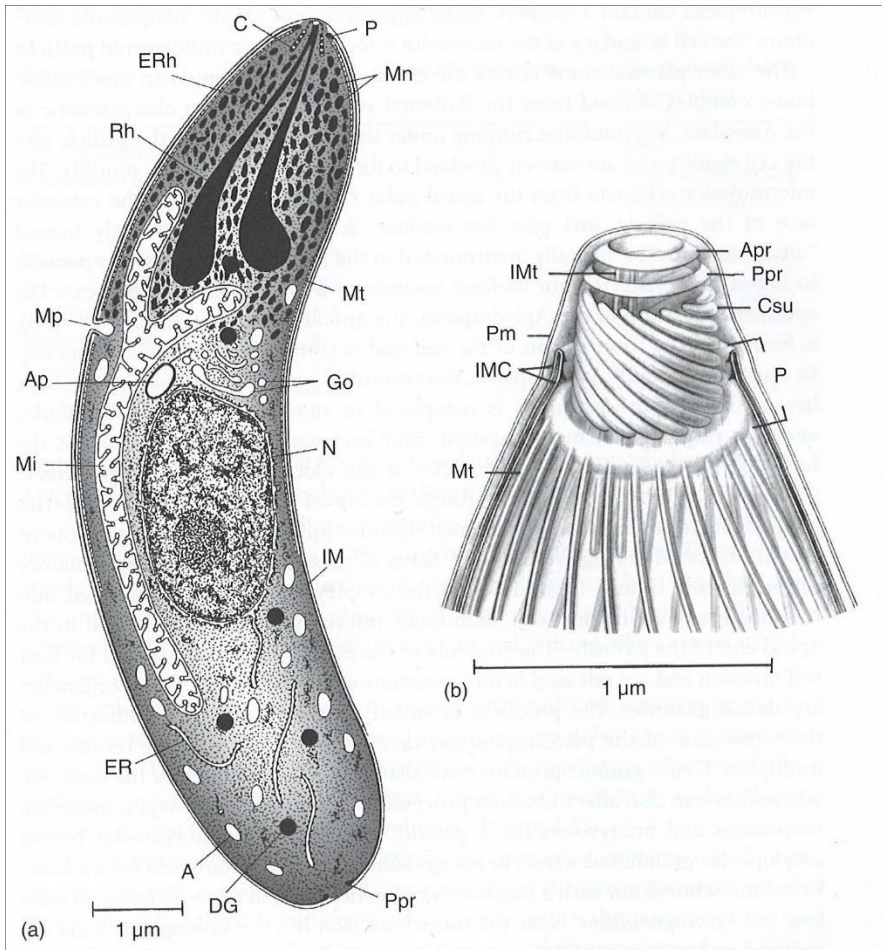
*Babesia*

Fam. Theileriidae

*Theileria*

# Alveolata – Apicomplexa

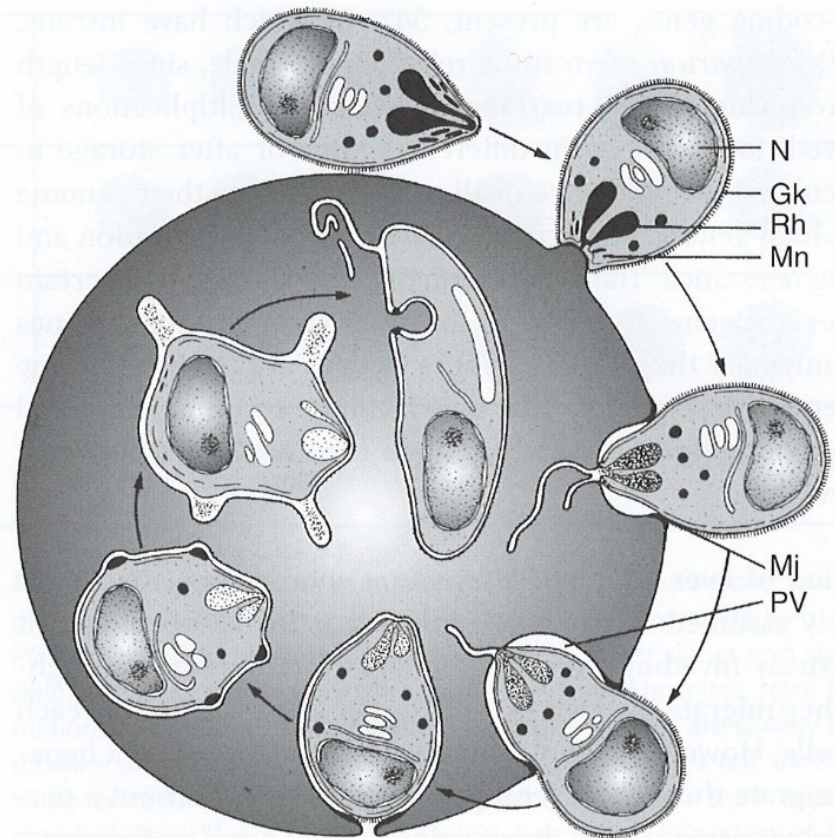
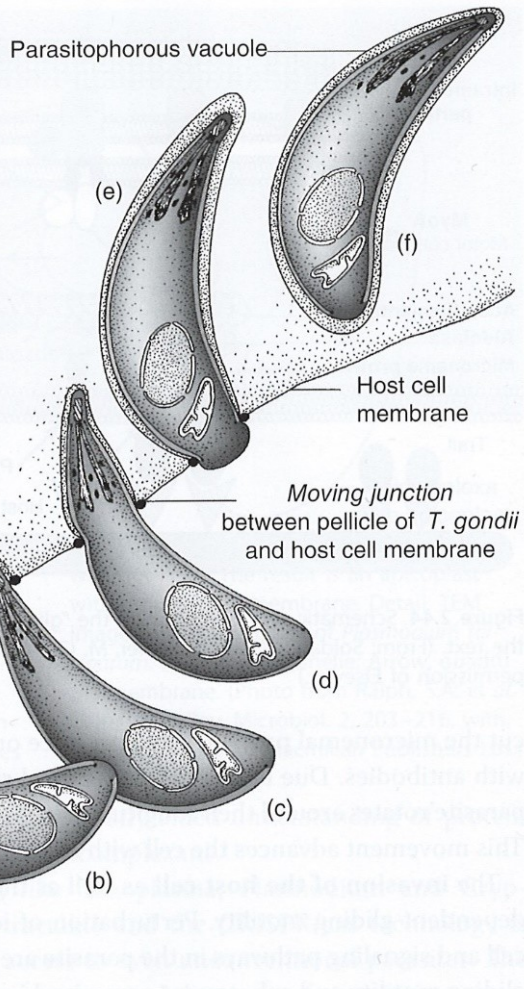
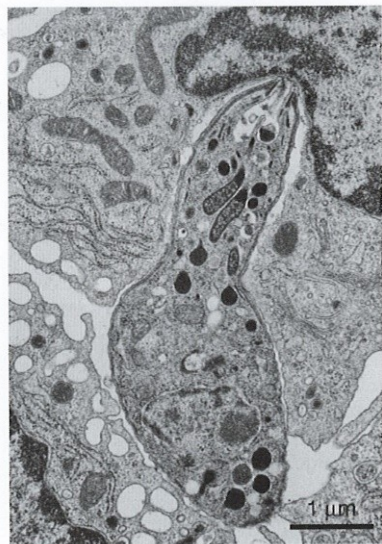
## morfologie Apicomplexa





# Alveolata - Apicomplexa

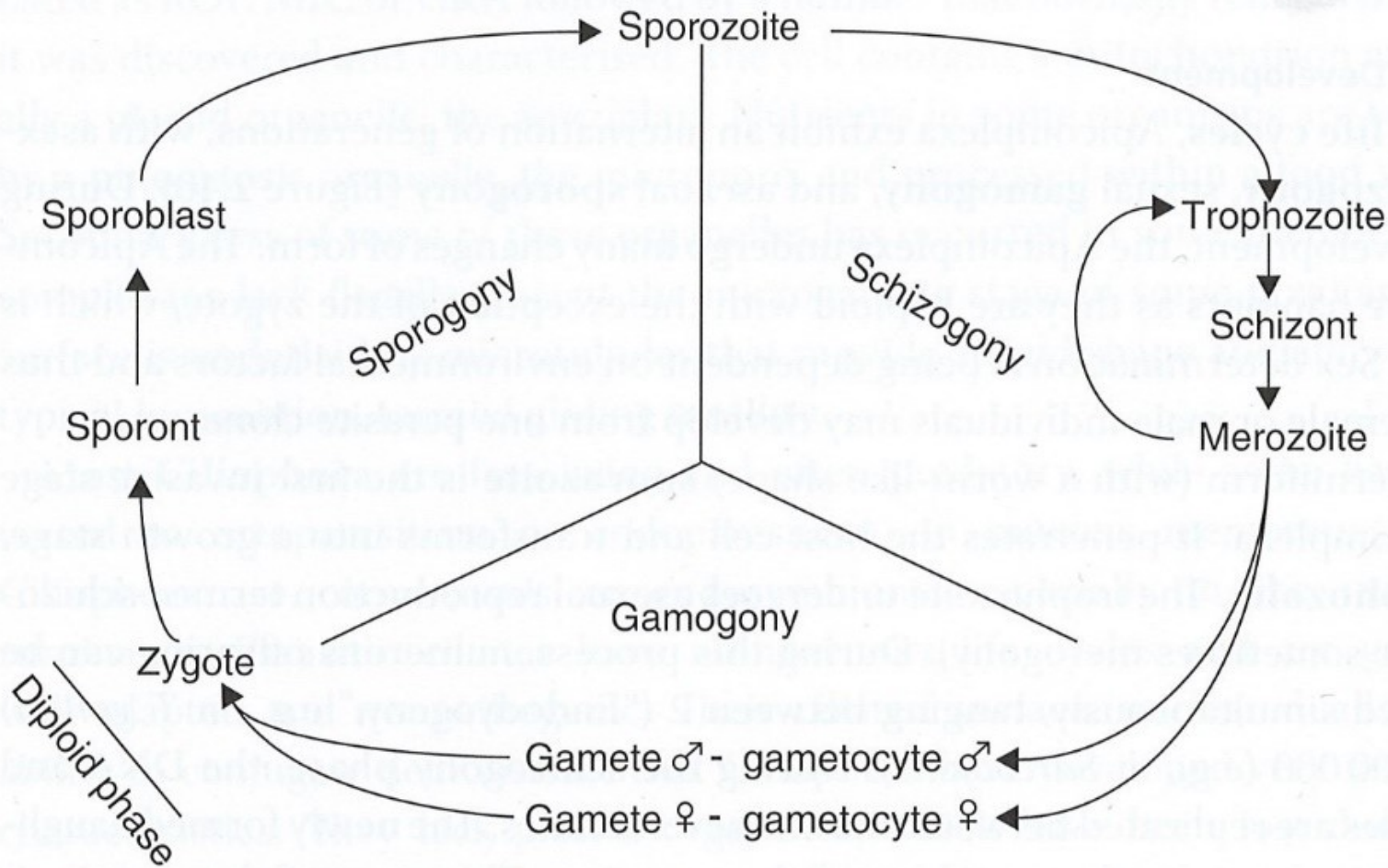
## průnik do hostitelské buňky





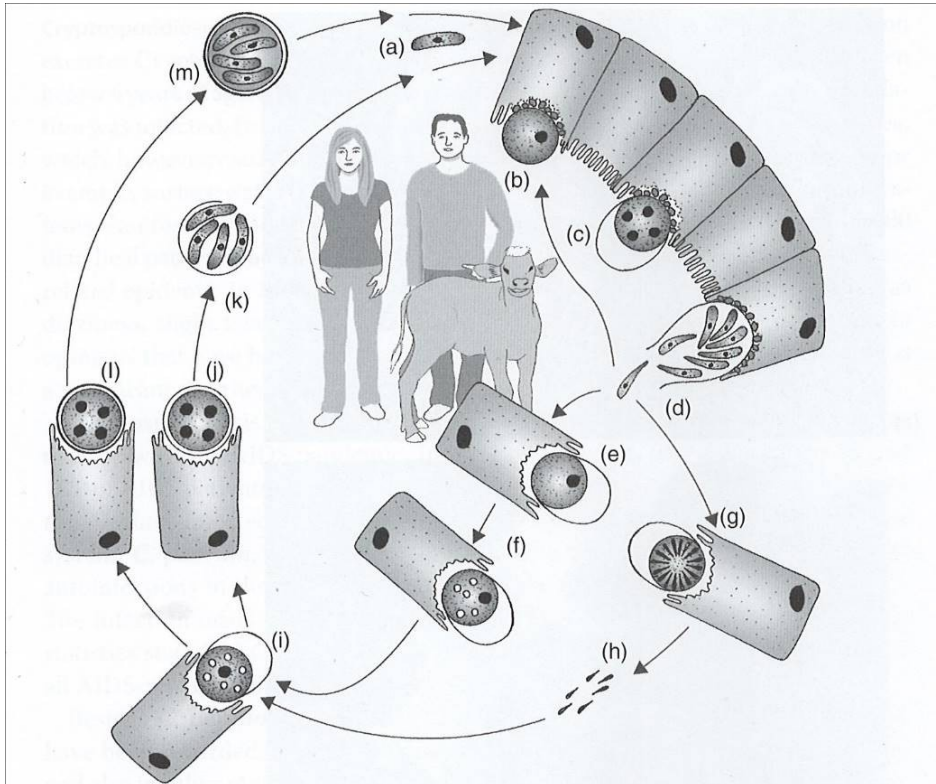
# Alveolata – Apicomplexa

## schéma životního cyklu



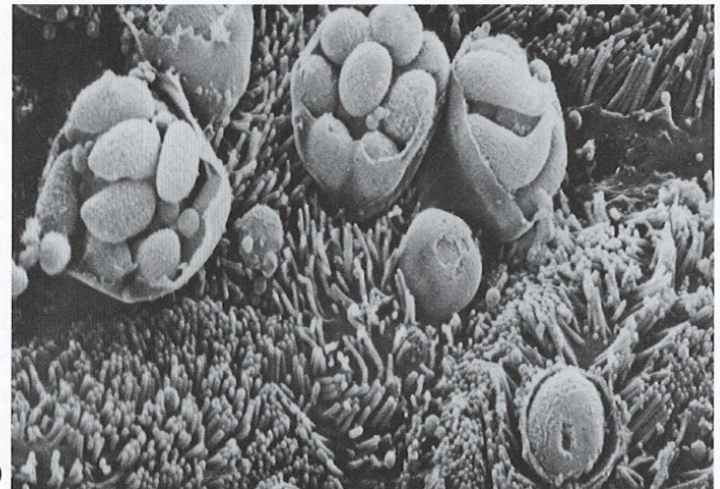
# Alveolata – Apicomplexa

## *Cryptosporidium parvum*

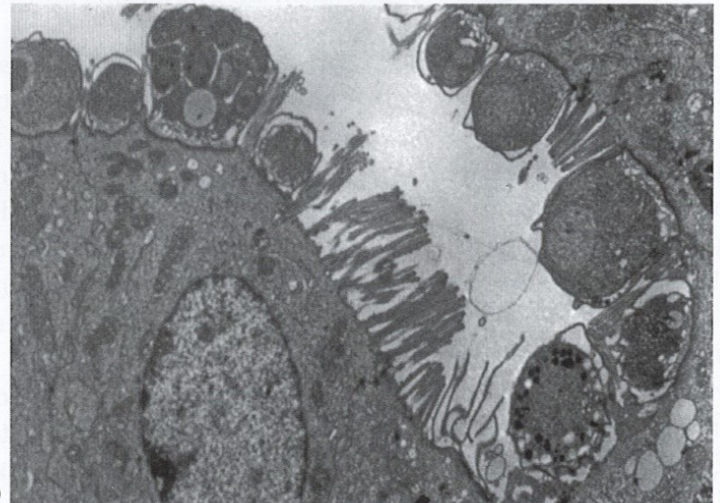


**Figure 2.47** Lifecycle of *Cryptosporidium parvum*. (a) Sporozoite. (b) Trophozoite at the surface of an intestinal epithelial cell. (c) Schizont. (d) Merozoites. (e) Macrogametocyte. (f) Macrogamete. (g) Microgametocyte. (h) Microgametes. (i) Zygote. (j) Sporont

with thin cyst wall. (k) Thin-walled oocyst. (l) Sporont with thick cyst wall. (m) Thick-walled oocyst. (Adapted from Mehlhorn H. (1998) Parasitology in Focus, with permission by Springer-Verlag, Heidelberg.)



(a)

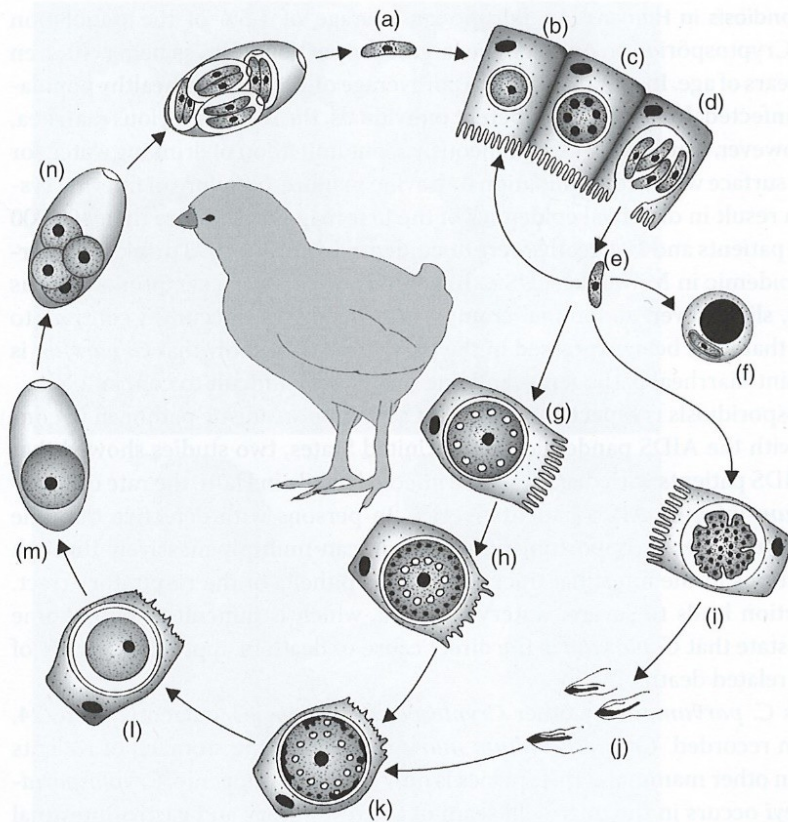


(b)



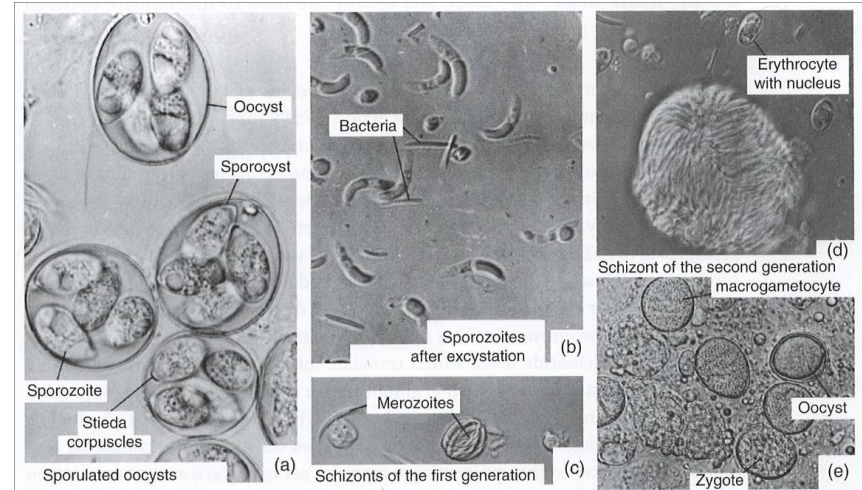
# Alveolata – Apicomplexa

## Eimeria tenella

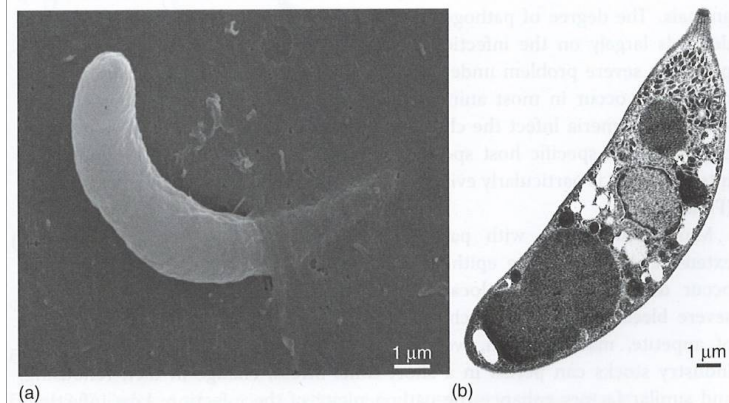


**Figure 2.49** Life cycle of *Eimeria tenella*. (a) Sporozoite. (b) Trophozoite in an intestinal epithelial cell. (c) Schizont. (d) Merozoites. (e) Free merozoite. (f) Dormant stage in intraepithelial lymphocytes. (g) Macrogametocyte. (h) Macrogamete. (i) Microgametocyte. (j) Microgametes. (k) Zygote. (l) Intracellular

sporont. (m) Excreted sporont within the oocyst. (n) Excreted sporoblasts within the oocyst. (o) Oocyst with four sporocysts, each containing two sporozoites. (Adapted from Mehlhorn, H. (ed.) (1988) Parasitology in Focus, Springer-Verlag, Heidelberg.)



**Figure 2.50** Stages of *Eimeria*. (a–e) Light microscope images of *E. tenella* stages. (Images: Courtesy of R. Entzeroth.)

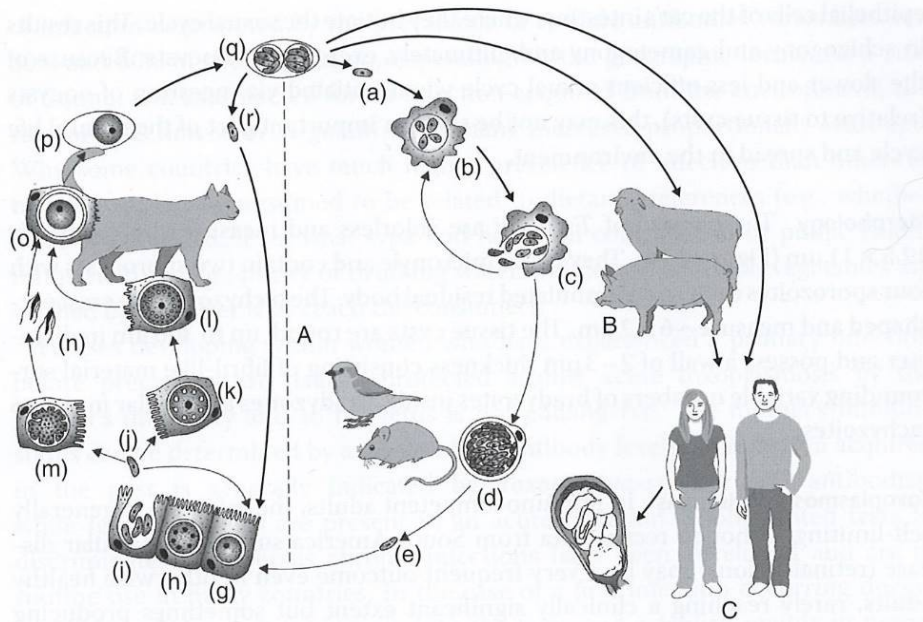


**Figure 2.51** Sporozoites of *Eimeria*. (a) A sporozoite of *E. falciiformis* invades a host cell. (EM image: Department of Molecular Parasitology, Humboldt Universität.) (b) Sporozoite of *E. tenella*. (EM image by Institute for Animal Health, Compton, UK, with kind permission.)

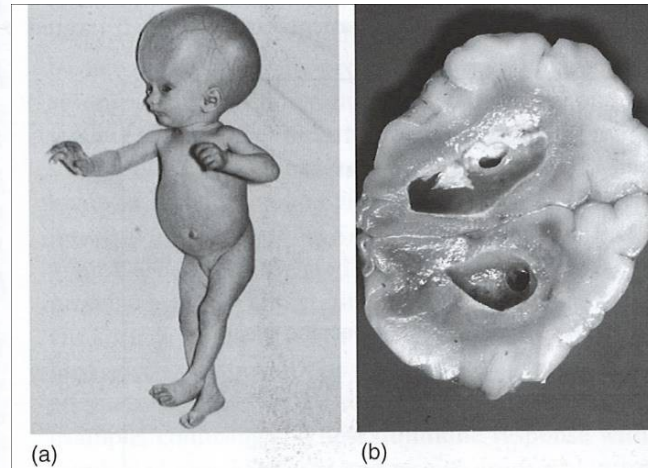


# Alveolata – Apicomplexa

## Toxoplasma gondii



**Figure 2.53** Life cycle of *Toxoplasma gondii*. (a) Sporozoite. (b, c) Tachyzoites in macrophage. (d) Bradyzoites in tissue cysts. (e) Bradyzoite. (f) Infection of intermediate hosts with bradyzoites from tissue cysts. (g) Trophozoite in intestinal epithelial cell. (h) Schizont. (i, j) Merozoites. (k) Macrogametocyte. (l) Macrogamete. (m) Microgametocyte. (n) Microgamete. (o) Zygote. (p) Sporont inside oocyst. (q) Sporulated oocyst with two sporocysts, each containing four sporozoites (infectious for cat or intermediate host). (r) Sporozoite, infectious for cat.

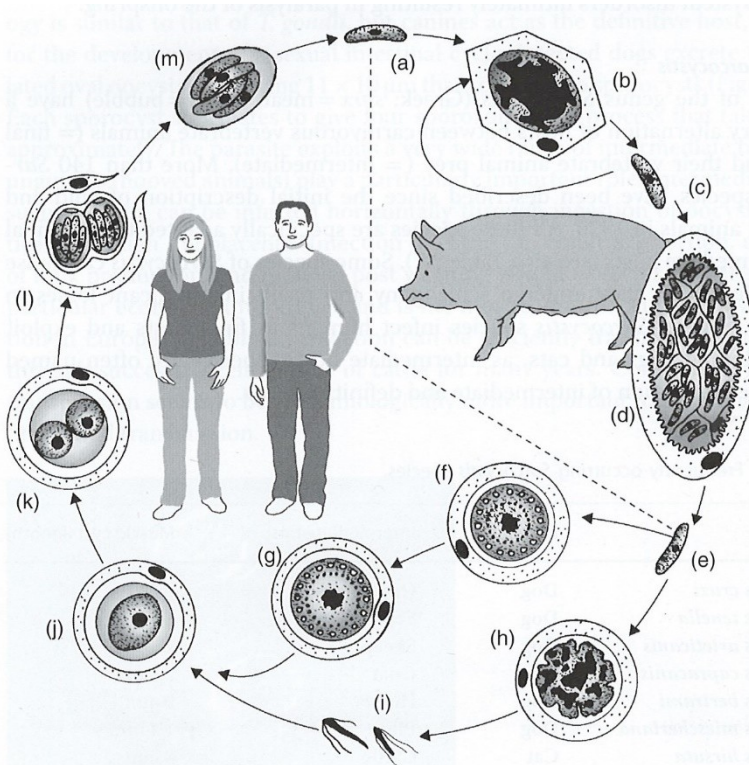


**Figure 2.55** Congenital toxoplasmosis. (a) Child with hydrocephalus. (From Dyke (1960) *Recent Advances in Clinical Pathology*, Vol.3. By kind permission of Elsevier.) (b) Cross

section of a hydrocephalus brain with distinctly enlarged ventricles. (From: Schrod *et al.* (1991) *Pädiat. Prax* 43, 117–125. With kind permission by Hans Marseille Publisher.)

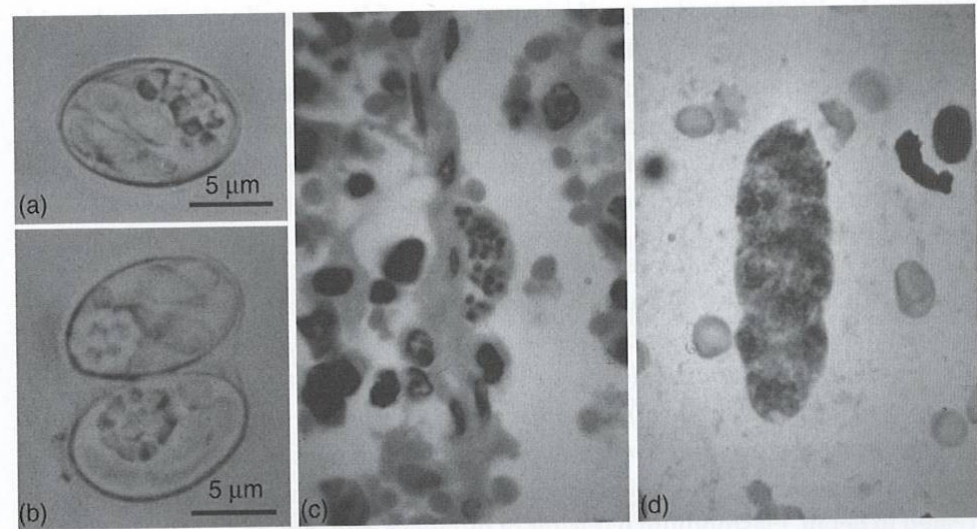
# Alveolata – Apicomplexa

## Sarcocystis sui hominis



**Figure 2.59** Life cycle of *Sarcocystis sui hominis*. (a) Sporozoite. (b) Endopolygeny in endothelial cell. (c) Merozoite. (d) Tissue cysts in muscle cell. (e) Cystozoite. (f) Macrogametocyte. (g) Macrogamete. (h) Microgametocyte. (i) Microgametes. (j) Zygote. (k)

Sporoblasts. (l) Sporocysts with sporozoites within the oocyst wall. (m) Excreted sporocyst. (Adapted from Mehlhorn, H. (ed.) (1988) *Parasitology in Focus*, Springer-Verlag, Heidelberg.)



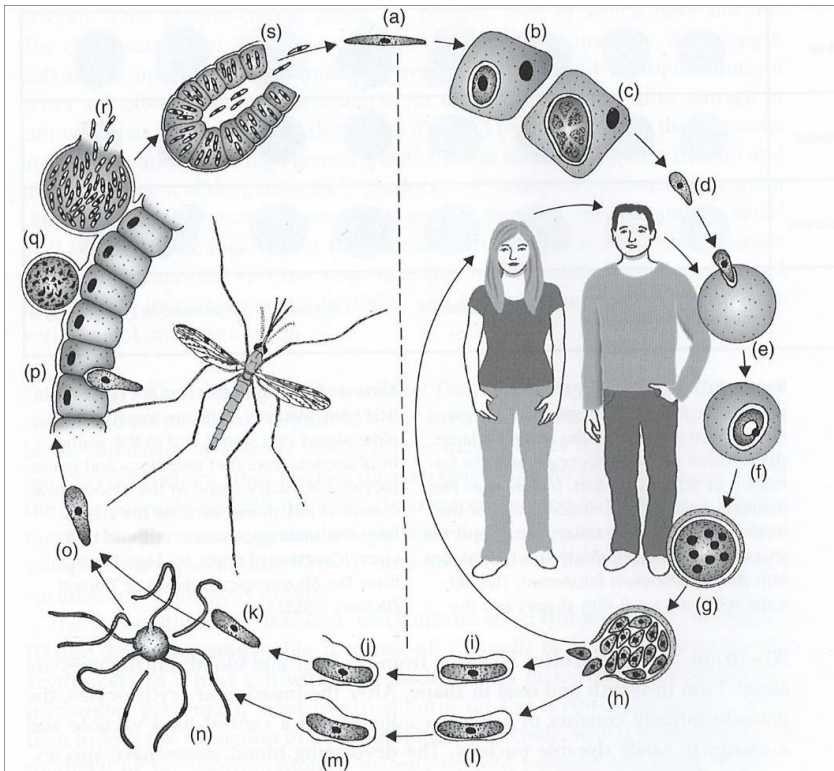
**Figure 2.60** Stages of *Sarcocystis sui hominis*. (a) Free, sporulated oocysts. (b) Sporocysts within the thin oocyst sheath. (Images (a) and (b): Courtesy of H. Rommel.) (c) Schizont

in the endothelial cell of a pig (d) Tissue cyst, Giemsa stain. (Images (c) and (d): Courtesy of A. O. Heydorn.)



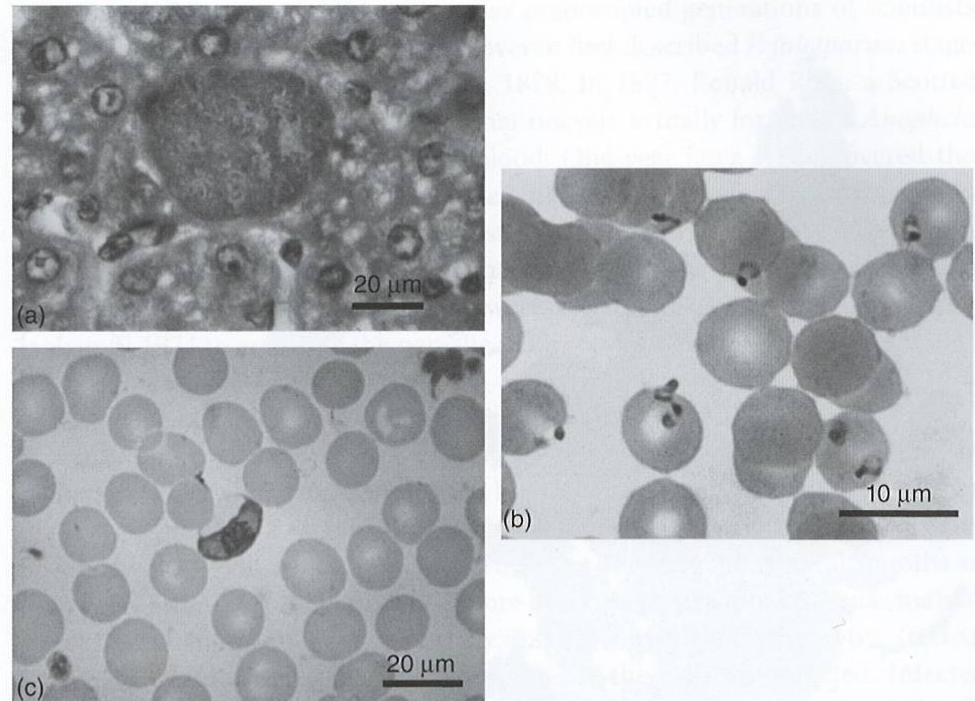
# Alveolata – Apicomplexa

## Plasmodium falciparum



**Figure 2.61** Life cycle of *Plasmodium falciparum*. (a) Sporozoite. (b) Trophozoite in the liver cell. (c) Liver schizont. (d) Merozoite released from liver cell. (e) Invasion of an erythrocyte. (f) Ring stage. (g) Schizont. (h) Merozoites. (i, j) Macrogametocyte. (k) Macrogamete. (l, m) Microgametocyte. (n) Exflagellation,

resulting in the formation of microgametes. (o) Zygote. (p) Ookinete. (q) Oocyst. (r) Sporozoites are released from the oocyst and invade the salivary gland. (s) Transmission of sporozoites with the saliva. (Adapted from Mehlhorn, H. (ed.) (1988) Parasitology in Focus, Springer-Verlag, Heidelberg.)

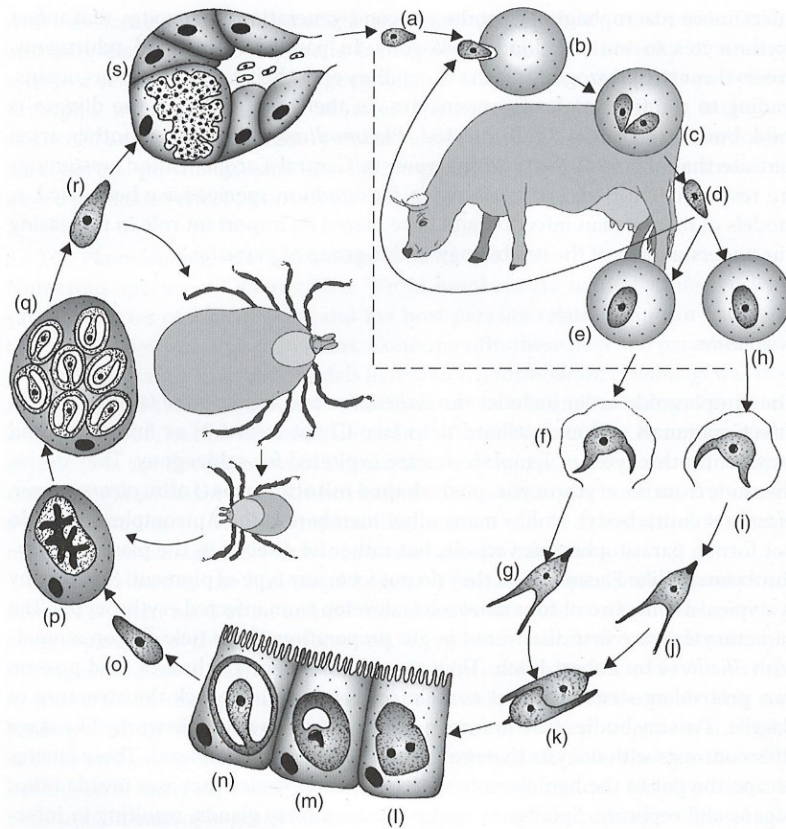


**Figure 2.64** Stages of *Plasmodium falciparum*. (a) Liver schizont in a histological section. (b) Ring stages in the blood. (c) Gametocyte in a blood smear. (Images: Archive of the Department of Parasitology, University of Hohenheim.)



# Alveolata – Apicomplexa

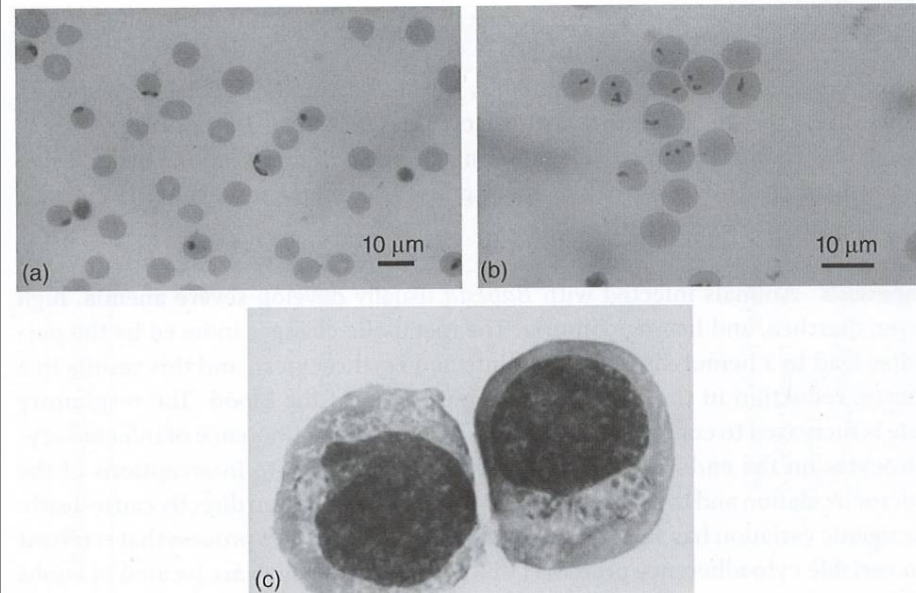
## Babesia divergens



**Figure 2.71** Life cycle of *Babesia divergens*.

(a) Sporozoite. (b) Invasion of an erythrocyte. (c) Schizogony. (d) Merozoite. (e) Macrophagocyte. (f, g) Ray bodies. (h) Microgametocyte. (i, j) Ray bodies. (k) Fusion of the ray bodies. (l) Zygote. (m, n) Formation of kinete in intestinal epithelial cell of the tick. (o)

Kinete. (p, q) Multiple divisions in somatic cells with formation of other kinetes. (r) Kinete. (s) Sporozoite formation in the salivary gland. (Adapted from Mehlhorn, H. (ed.) (1988) Parasitology in Focus, Springer-Verlag, Heidelberg.)

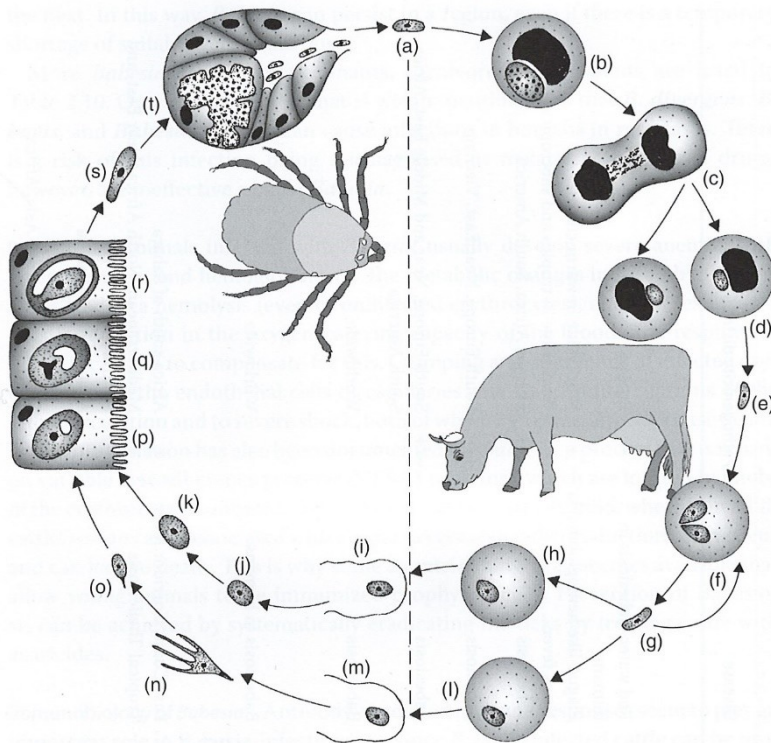


**Figure 2.72** Infection of cells with *Babesia* and *Theileria*. (a) Blood smear of a cow with *Babesia divergens* in erythrocytes (by kind permission of H. Mehlhorn). (b) Blood smear with *Theileria parva* in erythrocytes. (Image

by Archive of the Department of Parasitology, University of Hohenheim). (c) T lymphocytes infected with schizonts of *Theileria parva*. (Image: Courtesy of D. Dobbelaere.)

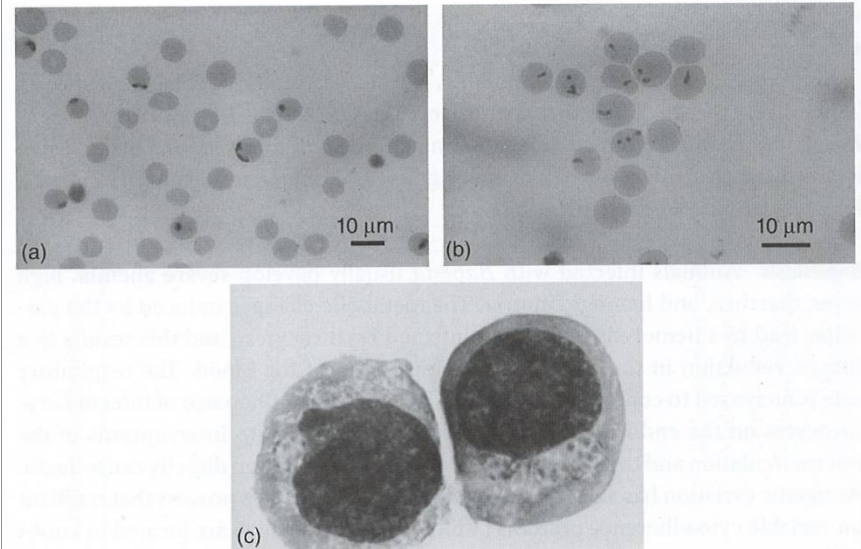
# Alveolata – Apicomplexa

## Theileria parva



**Figure 2.73** Life cycle of *Theileria parva*. (a) Sporozoite. (b) Schizont in a lymphocyte. (c, d) Division of the lymphocyte with simultaneous division of the schizont. (e) Merozoite. (f) Schizogony in the erythrocyte. (g) Merozoite. (h–j) Macrogametocyte. (k) Macrogamete. (l–n) Microgametocyte.

(o) Microgamete. (p) Zygote in intestinal epithelial cells of the tick. (q, r) Formation of kinetes. (s) Kinete. (t) Formation of sporozoites in the salivary gland. (Adapted from Mehlhorn, H. (ed.) (1988) Parasitology in Focus, Springer-Verlag, Heidelberg.)



**Figure 2.72** Infection of cells with *Babesia* and *Theileria*. (a) Blood smear of a cow with *Babesia divergens* in erythrocytes (by kind permission of H. Mehlhorn). (b) Blood smear with *Theileria parva* in erythrocytes. (Image

by Archive of the Department of Parasitology, University of Hohenheim). (c) T lymphocytes infected with schizonts of *Theileria parva*. (Image: Courtesy of D. Dobbelaere.)



# Kmen: Nálevníci (Ciliophora)

- \* Pohyb pomocí brv
- \* 2 jádra, makronukleus, mikronukleus
- \* Konjugace
- \* Nepohlavní příčné dělení

*Paramecium caudatum*



*Vorticella* sp.

*Chilodonella cyprini*



Bachořci

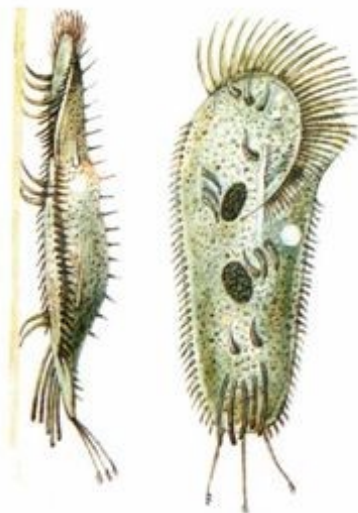
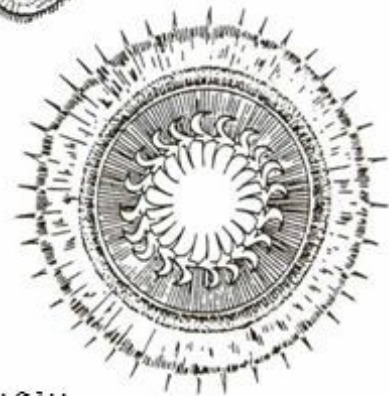


*Ichthyophthirius multifiliis*



*Balantidium coli*

*Trichodina domerguei*



*Stylonychia mytilus*



# Alveolata - Ciliophora

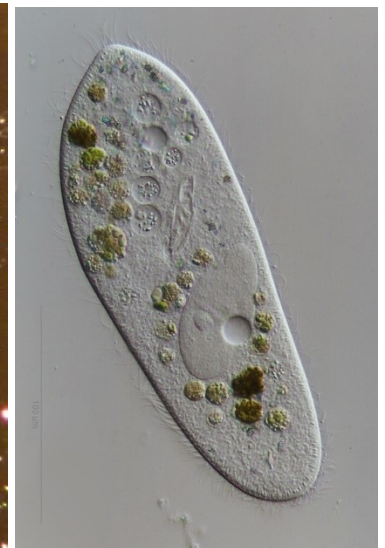
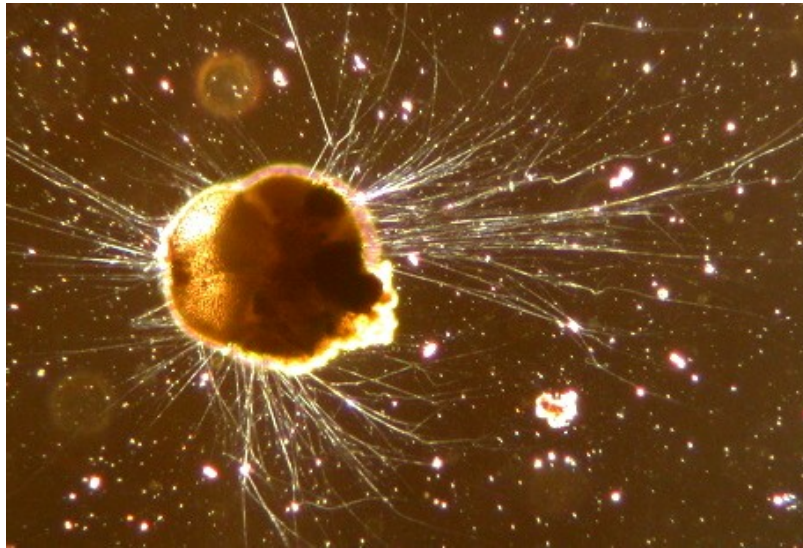
Nálevníci jsou jednobuněčné eukaryotické organismy klasifikovaní v současné době v rámci kladu Alveolata jako zástupci superskupiny SAR. Mají složitou stavbu buňky, na povrchu vybavené množstvím brv, které slouží k pohybu nebo přísunu potravy.

- Volně žijící nebo parazitičtí
- Na povrchu mnoho cilií (řasinek)
- Relativně stálým tvarem kortexu
- Mikronukleus a makronukleus - jaderným dualismem (mají 2 typy jader).
- Konjugace je mechanismus výměny genetického materiálu (jedná se o sexuální proces, kdy se dvě buňky částečně propojí, vymění si části mikronukleů a zase se oddělí). Jinak se množí příčným dělením či pučením.
- Ingesce potravy prostřednictvím cytostomu (buněčná ústa)

# Alveolata – Ciliophora

## skupina SAR

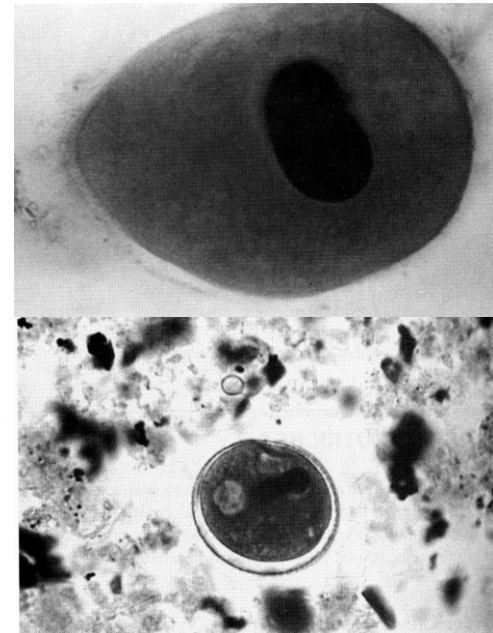
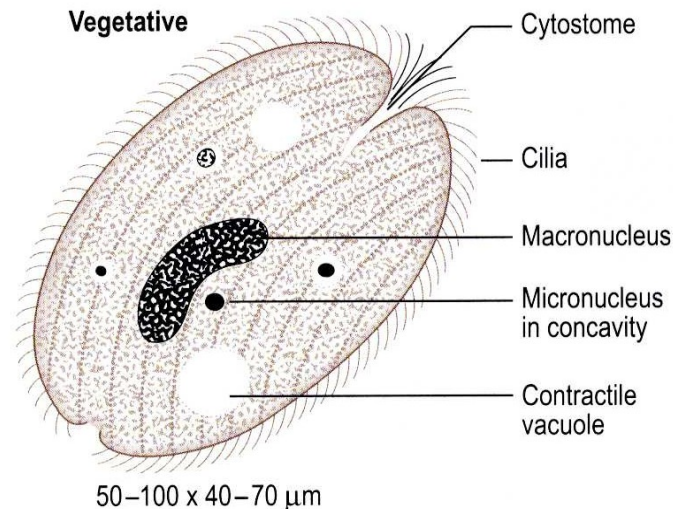
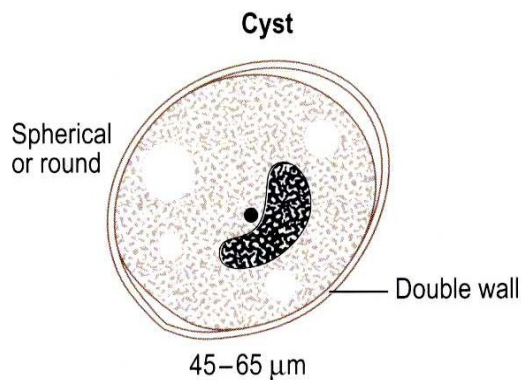
SAR je označení pro jednu z nových eukaryotických „superskupin“. Byla poprvé navržena v roce 2007 a zahrnuje v sobě skupiny **Stramenopila**, **Alveolata** a **Rhizaria**. Počáteční písmena těchto skupin rovněž dala skupině SAR jméno. Molekulární analýzy potvrzují, že se jedná o přirozenou, monofyletickou skupinu.



# Alveolata - Ciliophora

## Kmen: Ciliophora

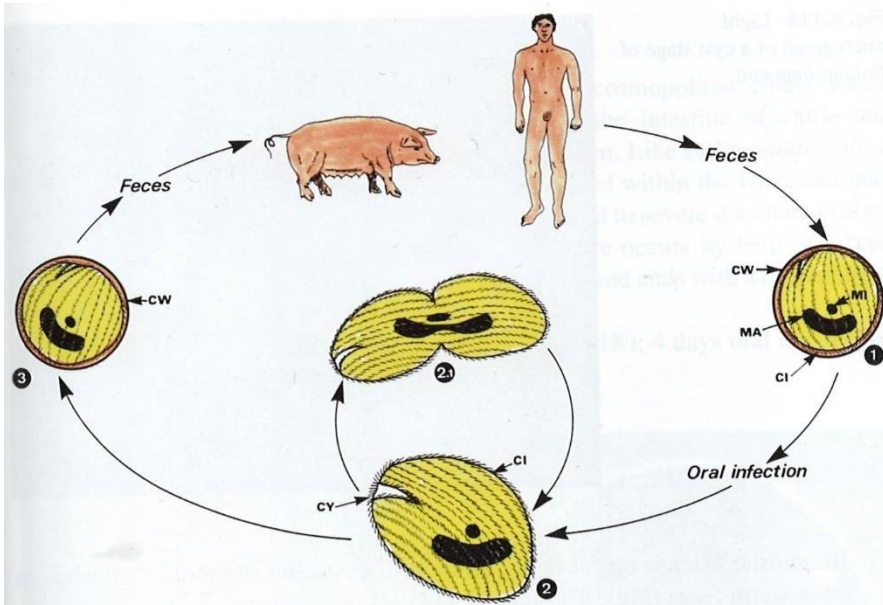
Jednobuněční mající velký počet cilií používaných k lokomoci a komplexní orální ciliaturu využívanou k příjmu potravy. Dva typy buněčných jader – jedno nebo více polyploidních macronuclei s jedno nebo více diploidních micronuclei. Většinou volně žijící – řád: Vestibuliferida – *Balantidium coli*



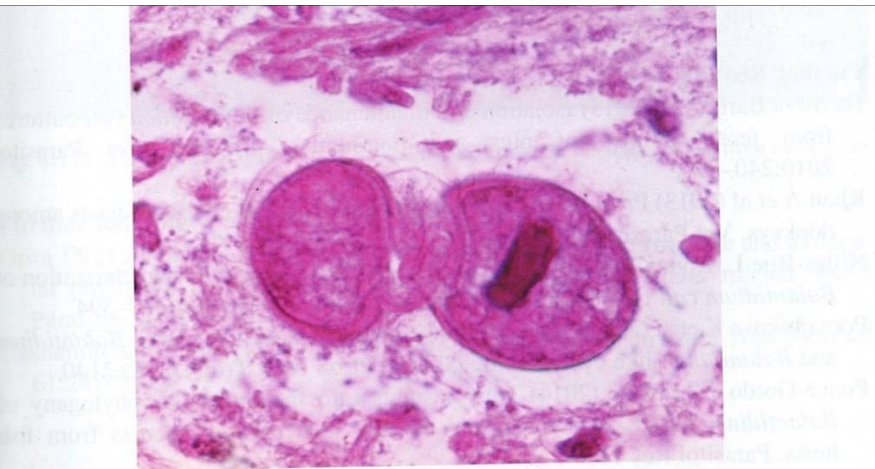
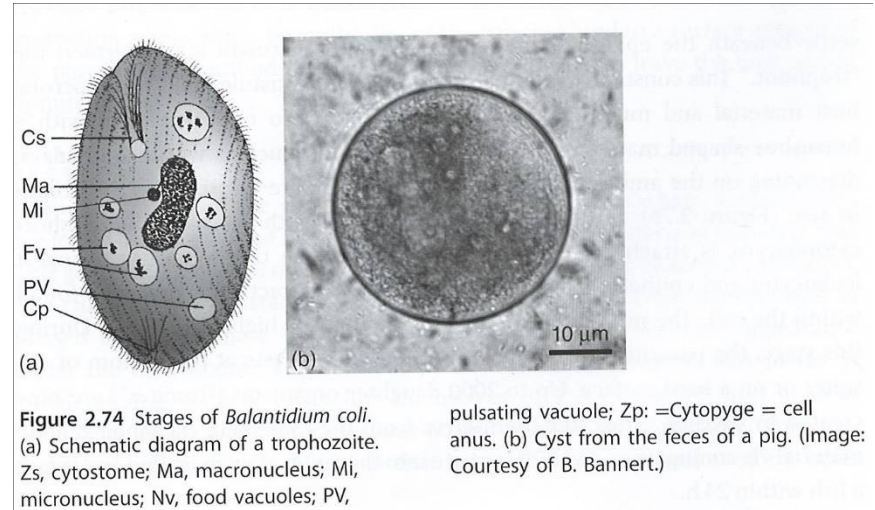


# Alveolata – Ciliophora

## Balantidium coli



**Fig. 4.112** Diagrammatic representation of the life cycle of *Balantidium coli*. The infection occurs by oral uptake of cyst stages within pig feces. (1) Cyst stage in pig feces. (2, 2.1) Trophozoites are reproduced by binary cross sections inside the intestinal tube. (3) Inside the colon, the trophozoites excrete a wall and thus cysts are formed. *CI* cilia standing in rows; *CW* cyst wall; *CY* cytopharynx; *MA* macronucleus; *MI* micronucleus



**Fig. 4.113** Light micrograph of a dividing trophozoite of *Balantidium coli* inside the intestinal wall of a pig

# Alveolata – Ciliophora

## *Ichthyophthirius multifiliis*

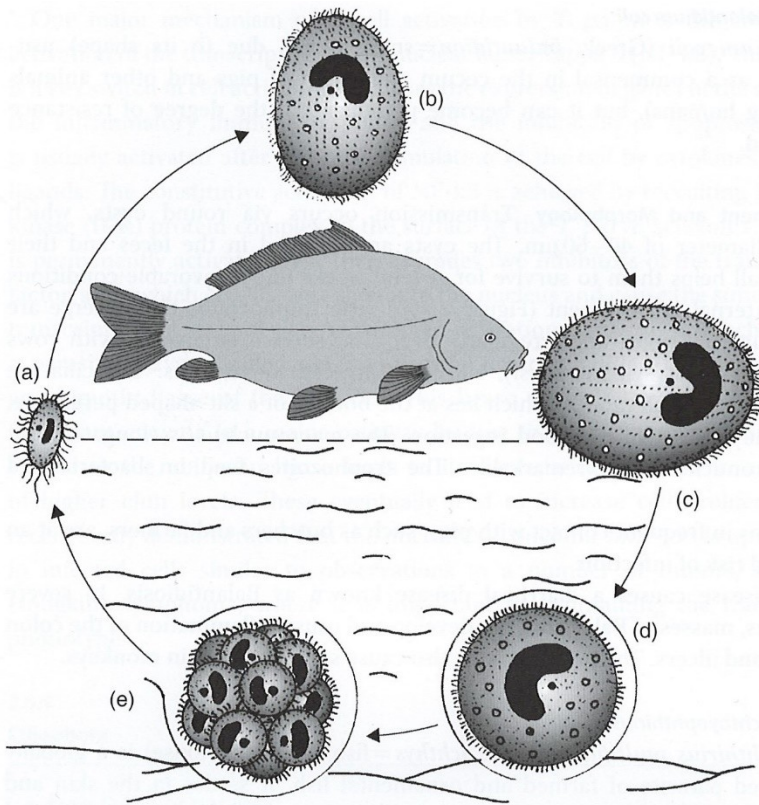


Figure 2.75 Life cycle of *Ichthyophthirius multifiliis*. (a) Theront. (b, c) Trophont. (d) Cyst. (e) Tomites, which will break free of the cyst shell.

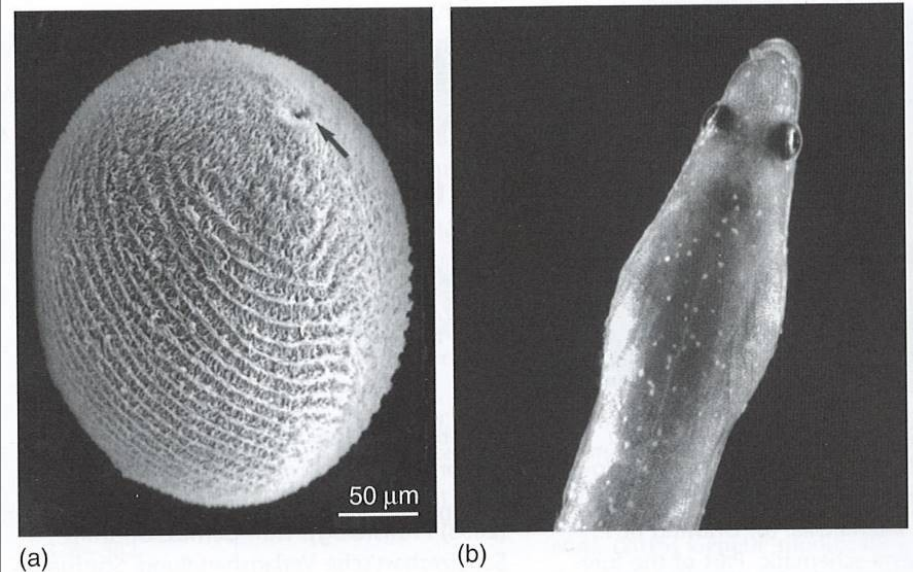
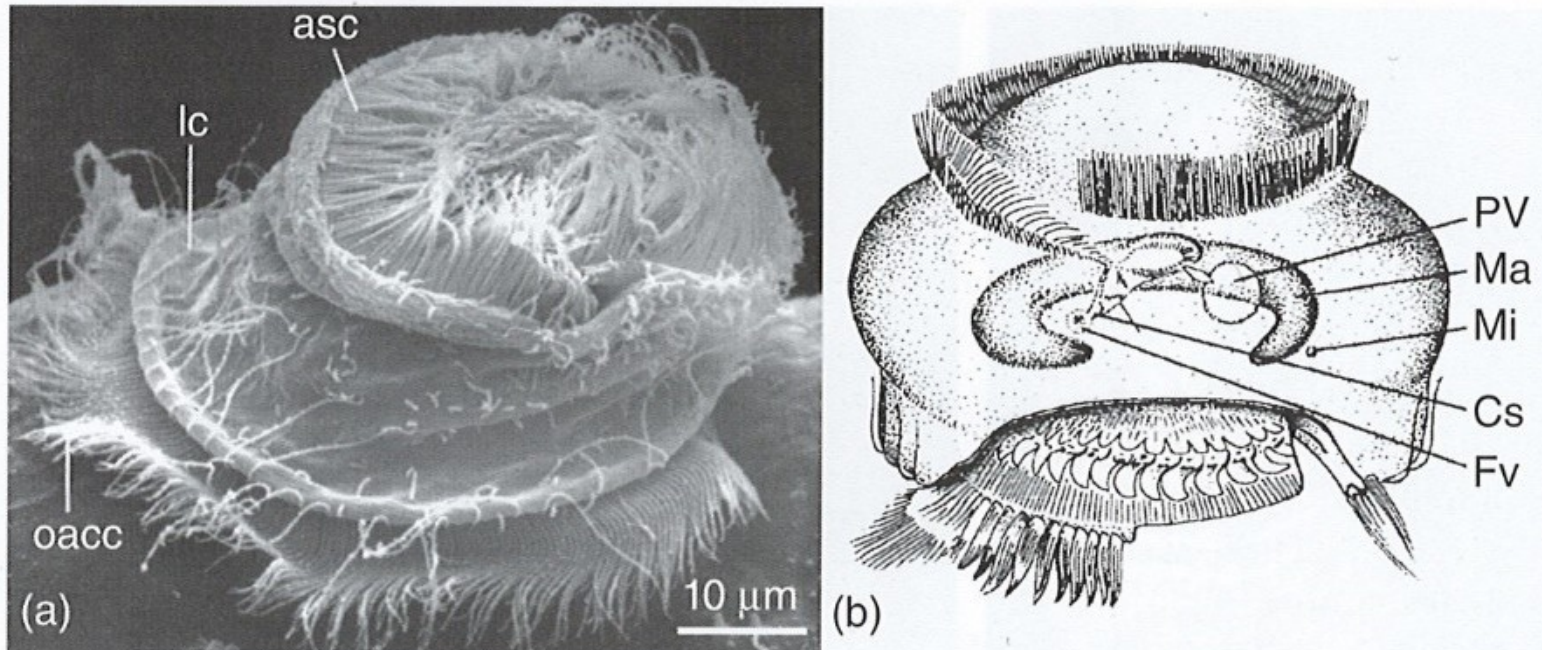


Figure 2.76 *Ichthyophthirius multifiliis*. (a) Trophont, SEM image: Courtesy of W. Foissner. (b) Young eel with white spot disease. (Image: H. Taraschewski.)



# Alveolata – Ciliophora

## Trichodina sp.



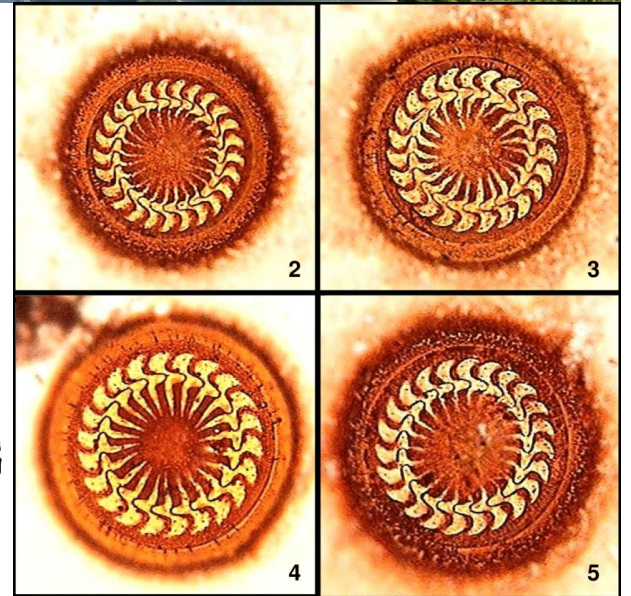
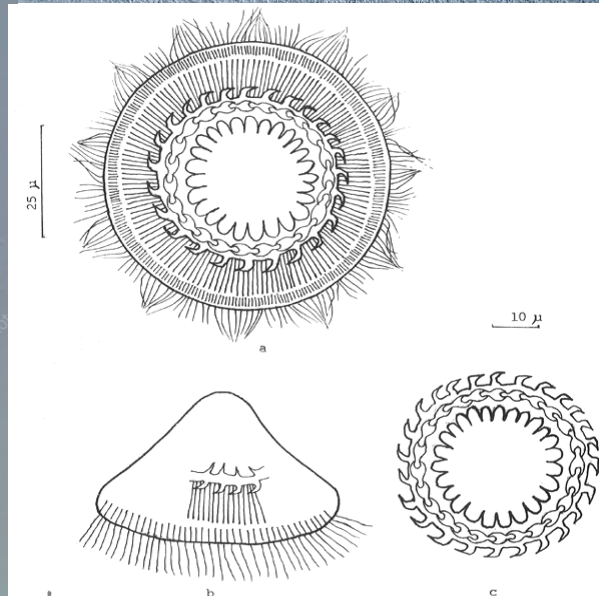
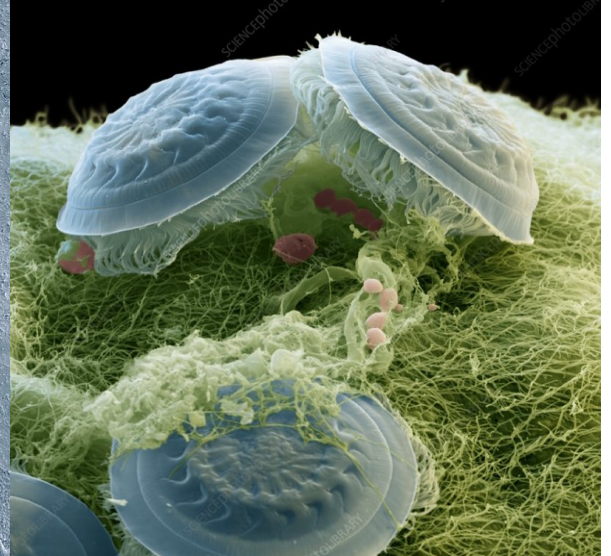
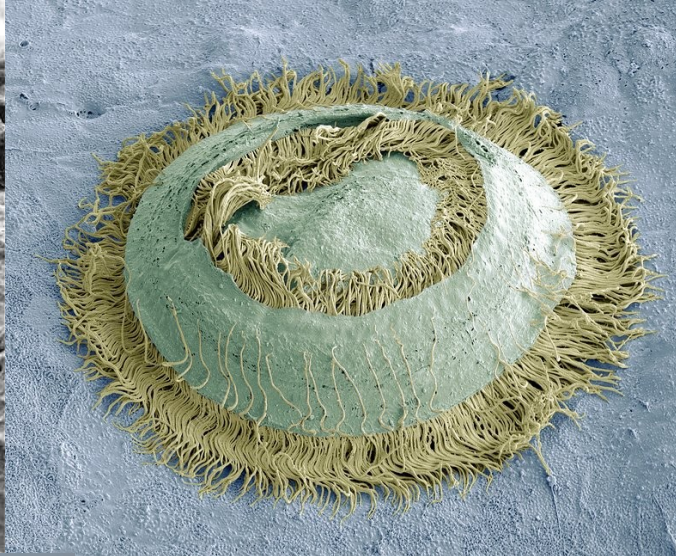
**Figure 2.77** Trophozoite of *Trichodina* sp. (a) SEM image: W. Foissner. asc, adoral cilia spiral; oacc, outer adoral cilia crown; lc, lateral cilia. (b) Drawing of *T. myicola*, semi-schematic. Part of the foreground has been omitted to show the structure of the ventral cilia crowns. PV,

pulsating vacuole; Ma, Macronucleus, Mi, Micronucleus, Cs, Cytostome, Fv, Food vacuole. (From Hausmann, Hülsmann, Radeck (2003) *Protistology*, with permission from Schweizerbart'sche Verlagshandlung, Stuttgart, [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de).)

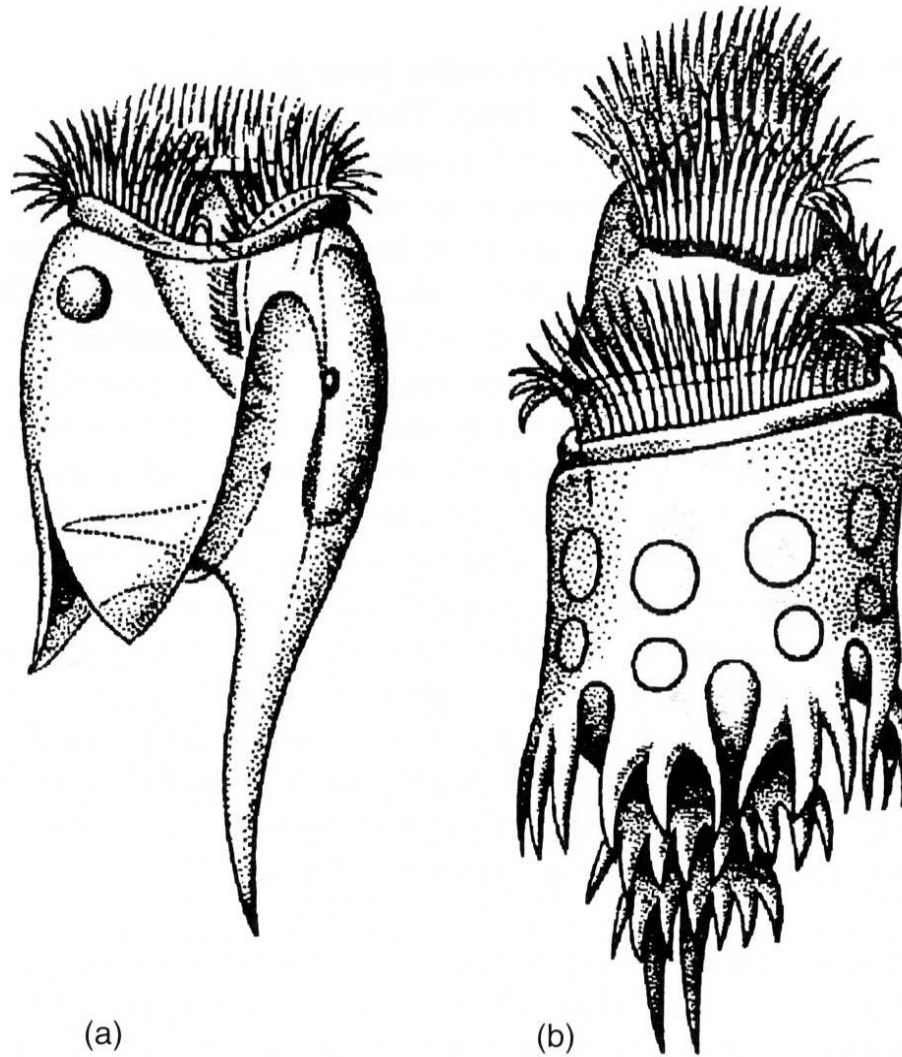


# Alveolata – Ciliophora

## Trichodina sp.



# Alveolata - Ciliophora



**Figure 10.5** Examples of rumen ciliates.  
(a) *Entoldinium caudatum*; (b) *Ophryoscolex purkinjei*.

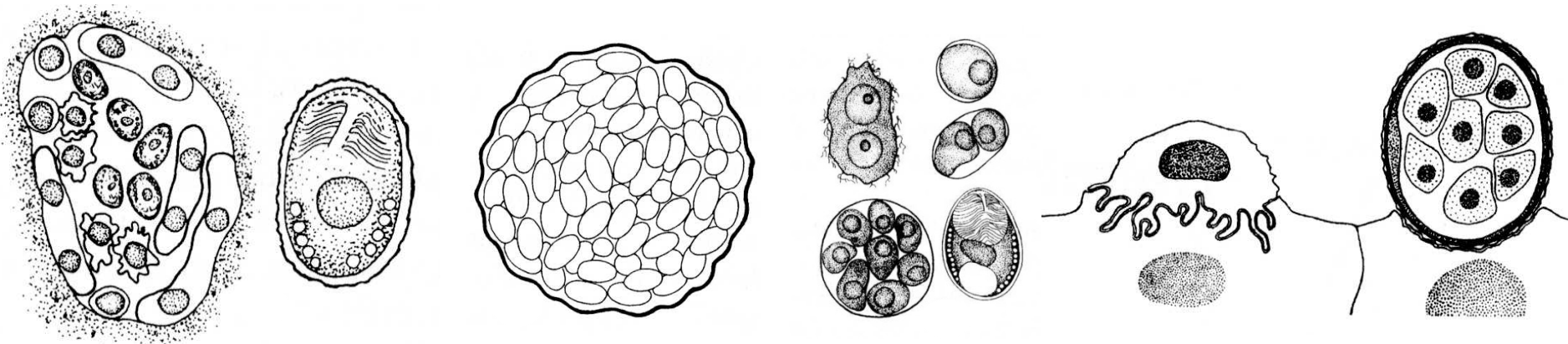


# Opisthokonta - Microsporidia

- Kmen: **Microspora** (mikrosporidie)

Eukaryotické heterotrofní organismy, nemají plastidy ale mají buněčnou stěnu obsahující chitin a  $\beta$ -glykany.

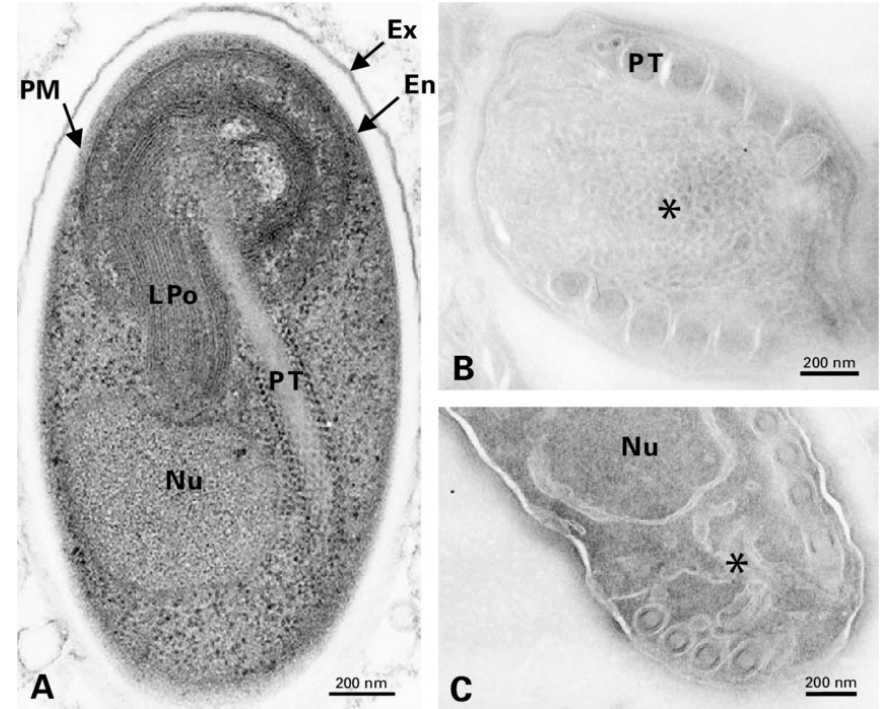
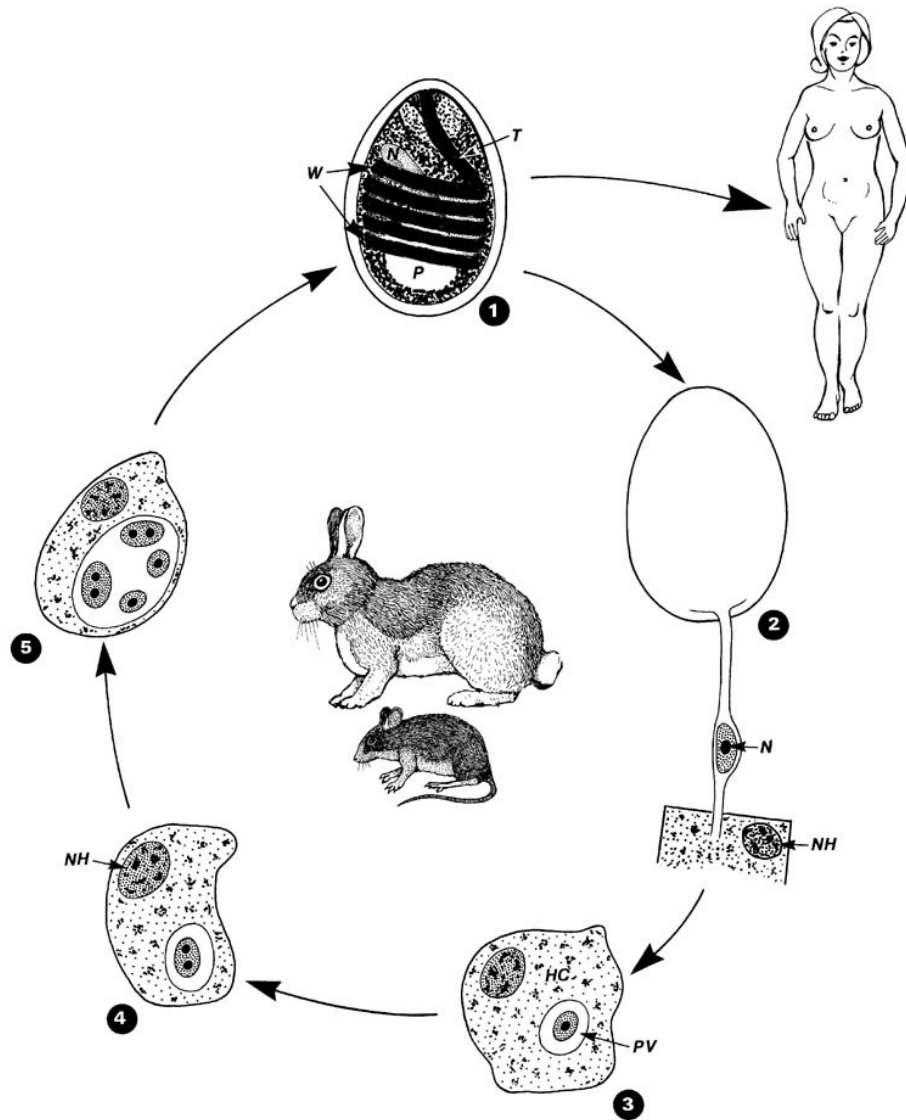
Třída: Microsporea: ***Encephalitozoon cuniculi***, ***E. hellem***, ***E. intestinalis***, ***Enterocytozoon bieneusi***, ***Nosema ocularum***, ***N. corneum***, ***Brachiola connori***, ***B. vesicularum***, ***B. algerae***, ***Microsporidium ceylonensis***, ***M. africanum***, ***Vittaforma corneae***, ***Trachipleistophora hominis***, ***T. anthropophthera***, ***Pleistophora ronneafiei***. ***Pneumocystis carinii***





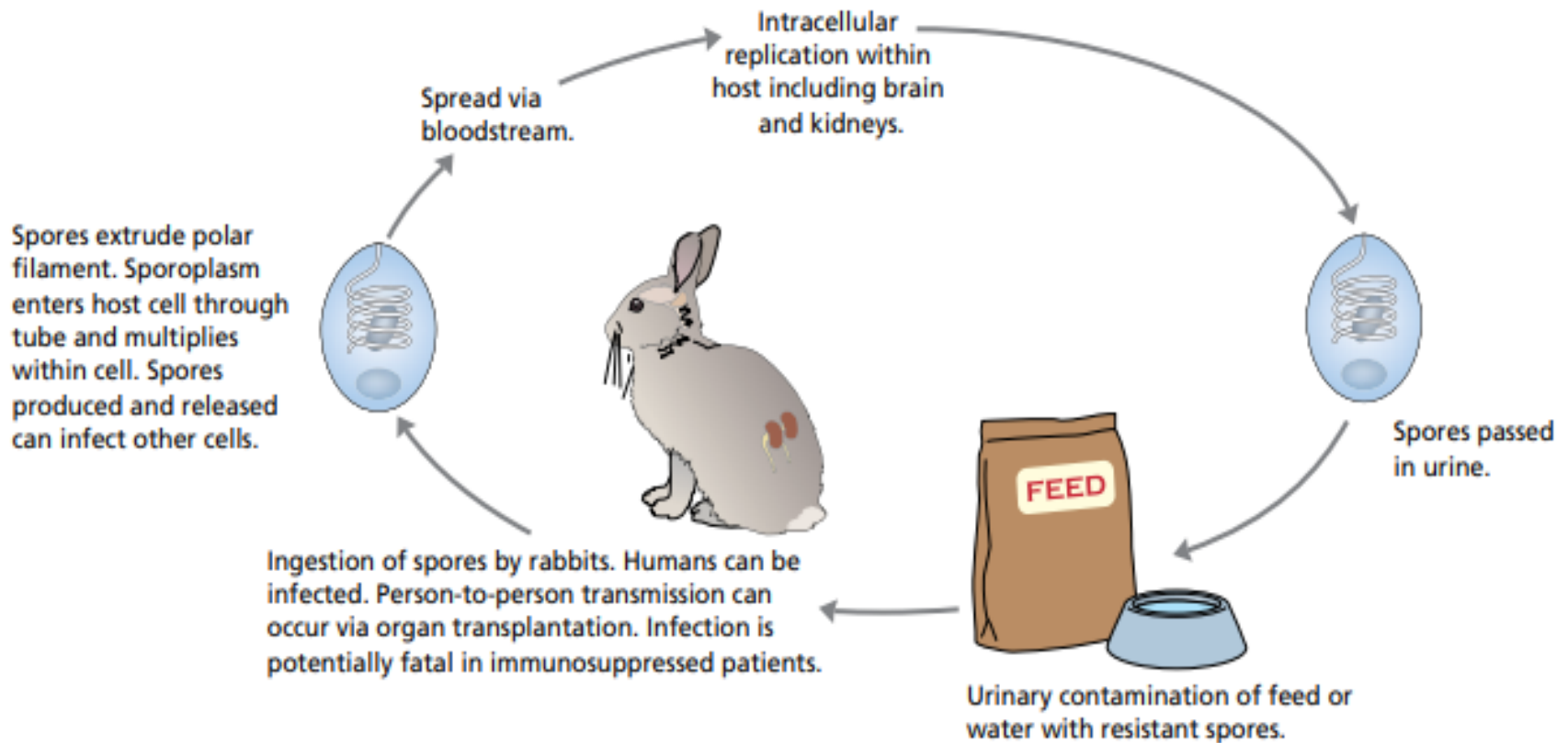
# Opisthoconta - Microsporidia

## *Encephalitozoon cuniculi*



**Fig. 4.123** Diagrammatic representations of the life cycle of *Encephalitozoon cuniculi*, which may parasitize within a variety of hosts including immune depressive humans. (1) The infection of AIDS patients occurs via oral uptake of spores that derive from urine of animals (via contaminated food or via touching of furs). The mature uninuclear spore is characterized by 5 windings of the polar tube (1) and the occurrence of a posterior vacuole (P). (2, 3) In human intestine, the spore extrudes the polar tube being injected into a host cell. The uninuclear sporoplasm creeps through the tube in the cytoplasm of the host cell, where it is included within a parasitophorous vacuole. (4, 5) Reproduction by repeated binary fissions. The last binary fission (5) leads to 2 uninuclear sporoblasts, which each grow up and differentiate into an infectious cyst. The latter are freed when the host cell is used up and bursts. Thus, these spores may become distributed in the whole body set free in human stool. HC host cell; N nucleus; NH nucleus of host cell; P posterior vacuole; W windings of the polar tube; T polar tube

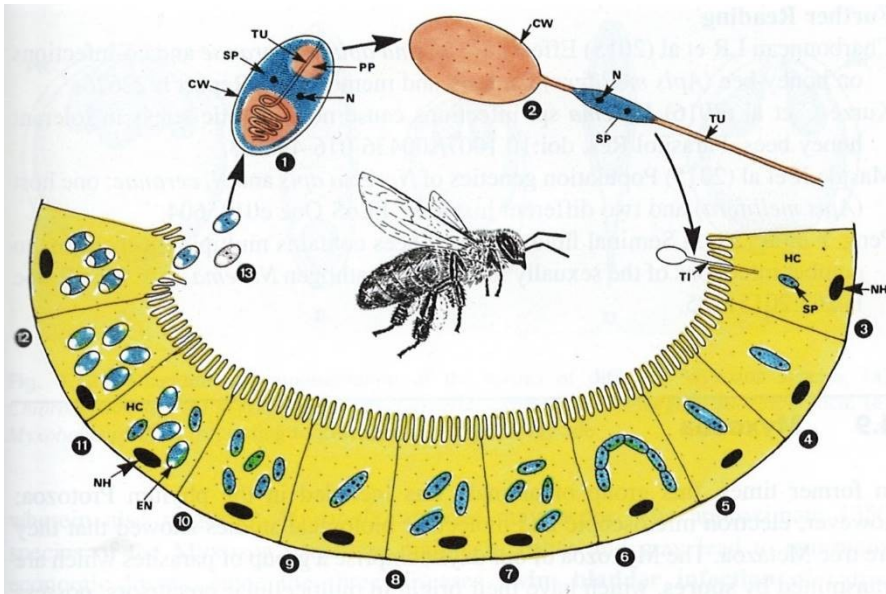
# Encephalitozoon cuniculi



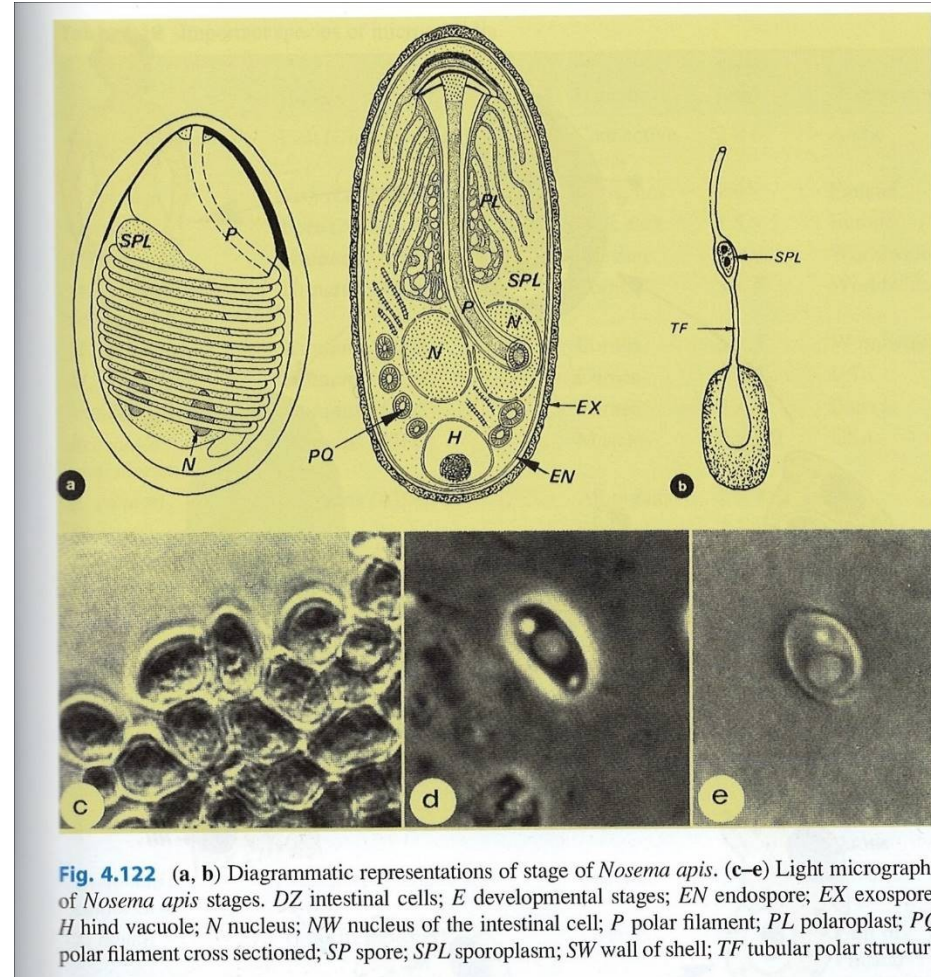


# Opisthoconta - Microsporidia

## *Nosema apis*



**Fig. 4.124** Diagrammatic representation of the developmental cycle of *Nosema apis* inside bees. (1, 2) Infectious spore with and without extruded polar filament, which is injected into host cells. (3–12) Asexual reproduction process inside the host cell cytoplasm. CW cyst wall; EN encystation; HC host cell; N nucleus; NH nucleus of the host cell; PP polaroplast; SP sporoplasm; T injected polar tubule; TU polar tube

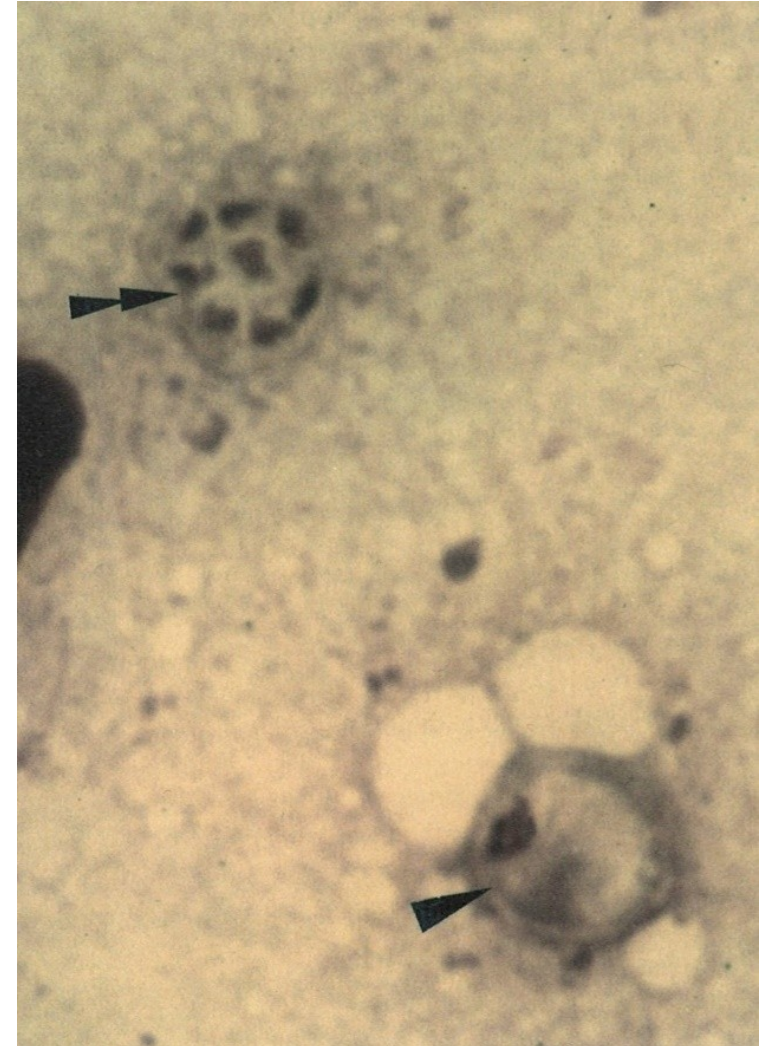
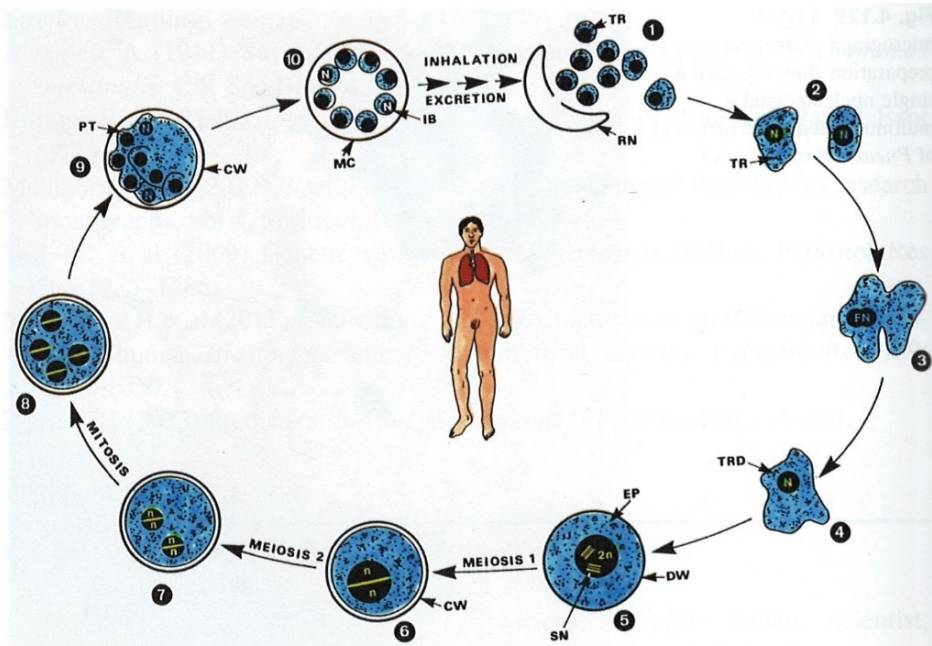


**Fig. 4.122** (a, b) Diagrammatic representations of stage of *Nosema apis*. (c–e) Light micrographs of *Nosema apis* stages. DZ intestinal cells; E developmental stages; EN endospore; EX exospore; H hind vacuole; N nucleus; NW nucleus of the intestinal cell; P polar filament; PL polaroplast; PQ polar filament cross sectioned; SP spore; SPL sporoplasm; SW wall of shell; TF tubular polar structure



# Opisthoconta - Fungi

## *Pneumocystis carinii*



**Fig. 4.130** Diagrammatic representation of the life cycle of *Pneumocystis carinii* of animals and *P. jirovecii* of humans. This diagram is based on results of the Yoshikawa group (Nara, Japan). (1) Hosts inhale cysts, which are excreted in nasal or bronchial fluids. Inside the lungs, the cyst wall breaks up and releases 8 haploid trophozoites, which become attached at the surface of cells of the lung alveoli. (2-4) Always two of the trophozoites fuse, thus forming a diploid zygote (=diploid trophozoites), which may proceed binary divisions. (5) The zygotes excrete a cyst wall. (6-8) Formation of 8 nuclei (1 step meiosis). (9) Formation of 8 intracystic body (=young trophozoites). (10) Mature cyst with 8 intracystic body. This cyst may be released from the lung included in sputum. It can lead to **autoinfections** (e.g. common in HIV patients) or patients with any other immune suppression, which may lead to death. CW cyst wall; DW developing cyst stage; EP early cyst stage; FN fusion of the nuclei; IB intracystic body; MC mature cyst; N nucleus; PT protrusion = developing trophozoites; RN remnants of the cyst wall; SN synaptonemal complex; TR trophozoites; TRD diploid trophozoites





# Opisthokonta

- Kmen: Metazoa

