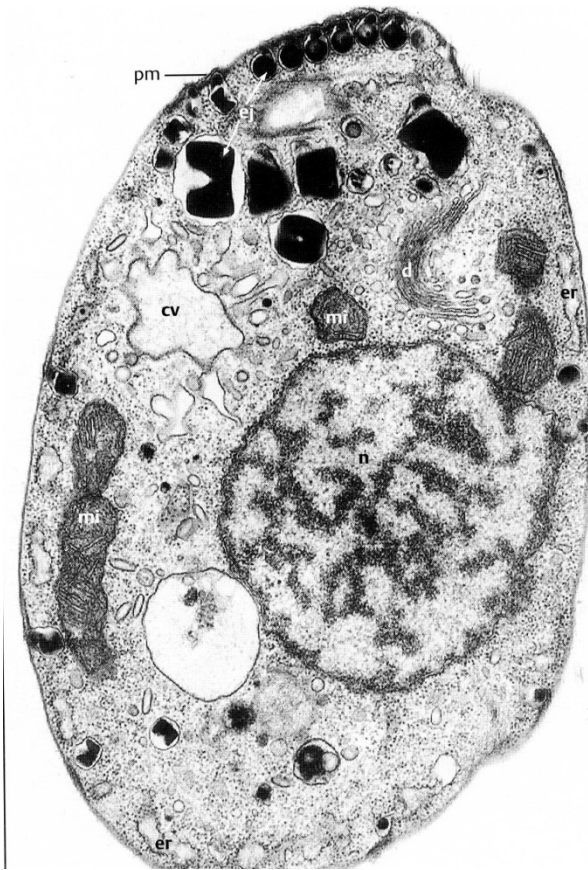


# Adaptace prvoků k parazitismu

- Strukturální
- Biologické
- Fyziologické
- Biochemické
- Ekologické
- Molekulární



# Možnosti studia parazitologie

Bakalářský stupeň:

Obecná parazitologie (Gelnar + Šimková)

Speciální parazitologie (Řehulková)

Základy humánní parazitologie (Gelnar)

# Magisterský stupeň (povinně volitelné)

Biologie parazitických protozoí (Koudela)

Biologie parazitických helmintů (Kašný)

Biologie parazitických členovců (Valigurová)

Lékařská parazitologie a diagnostika (Ditrich)

Magisterský stupeň + DSP (volitelné)

Parazito-hostitelské interakce (Horák)

Patologie parazitismu (Dyková)

Imunologie parazitismu (Salát)

Ekologie parazitů (Vetešníková-Šimková)

Další související přednášky:

Evoluční ekologie (Vetešníková-Šimková)

Histologie (Hodová)

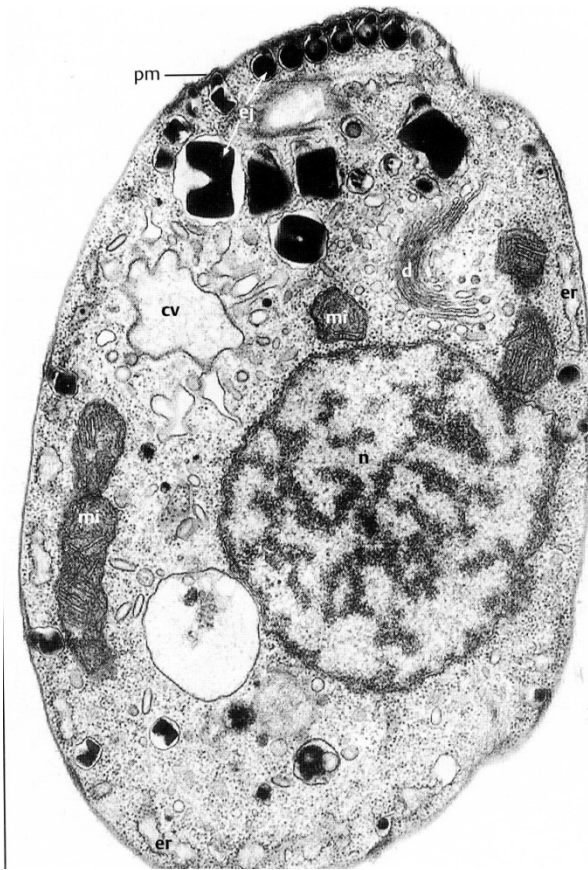
Mikroskopická (Zoologická) technika  
(Seifertová)

Mikroskopické zobrazovací techniky  
(Mašová)

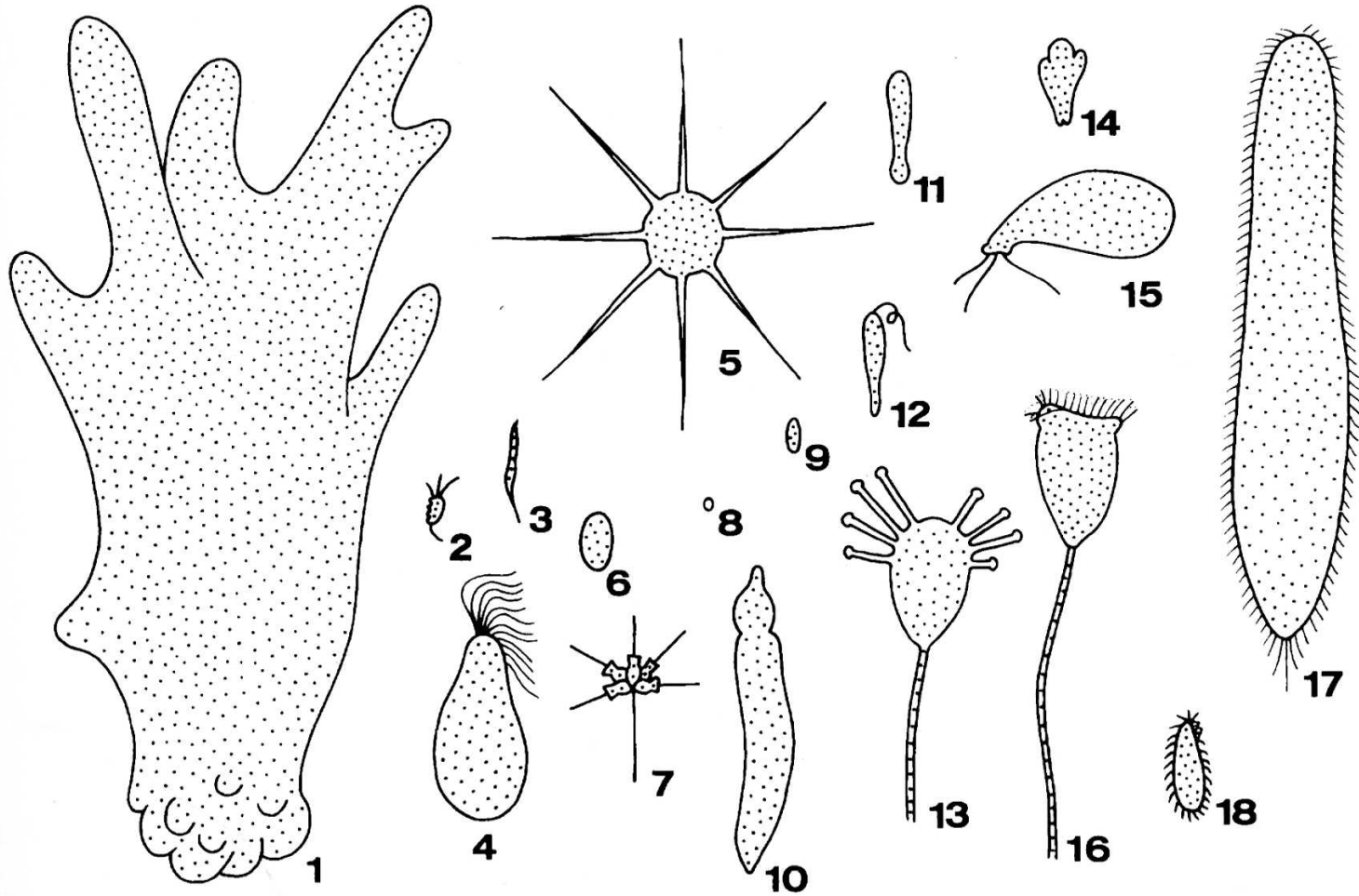
Biostatistika (Jarkovský)

# Adaptace prvoků k parazitismu

- Strukturální
- Biologické
- Fyziologické
- Biochemické
- Ekologické
- Molekulární



# Tvarová různorodost prvoků



# Historie mikroskopické technika



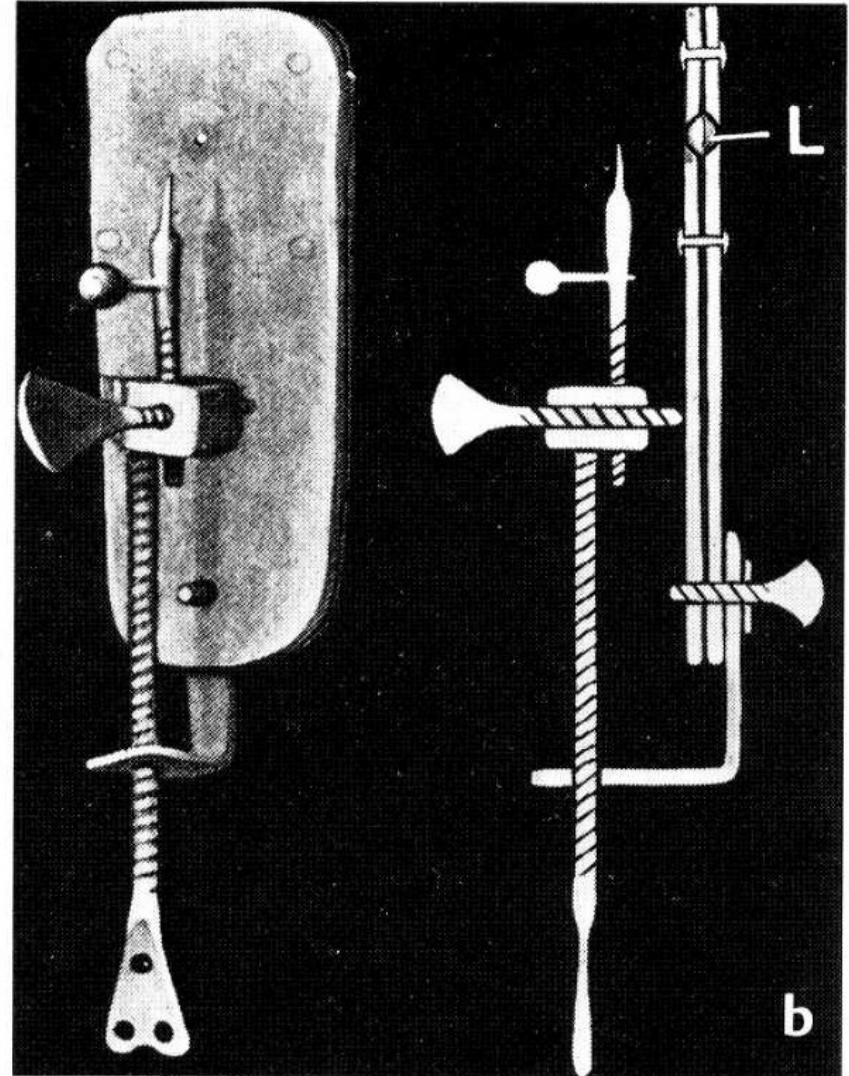
ANTONIUS A LEEUWENHOEK.

*Regia Societatis Londinensis  
membrum.*

*Vorkelje pinx.*

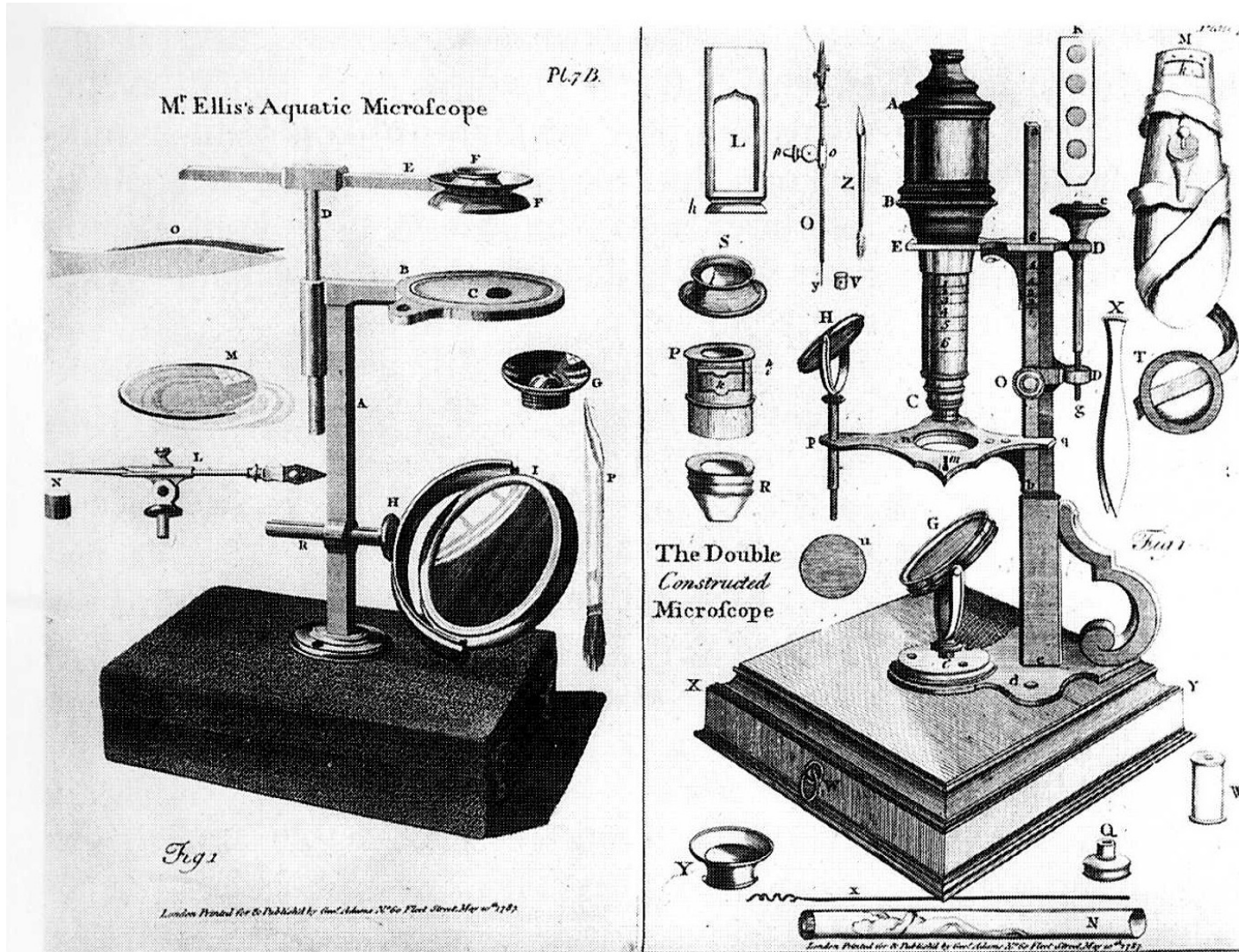
*A. de Blou fec.*

Obr. 2 Antony van Leeuwenhoek, zakladatel vědecké mikroskopie.

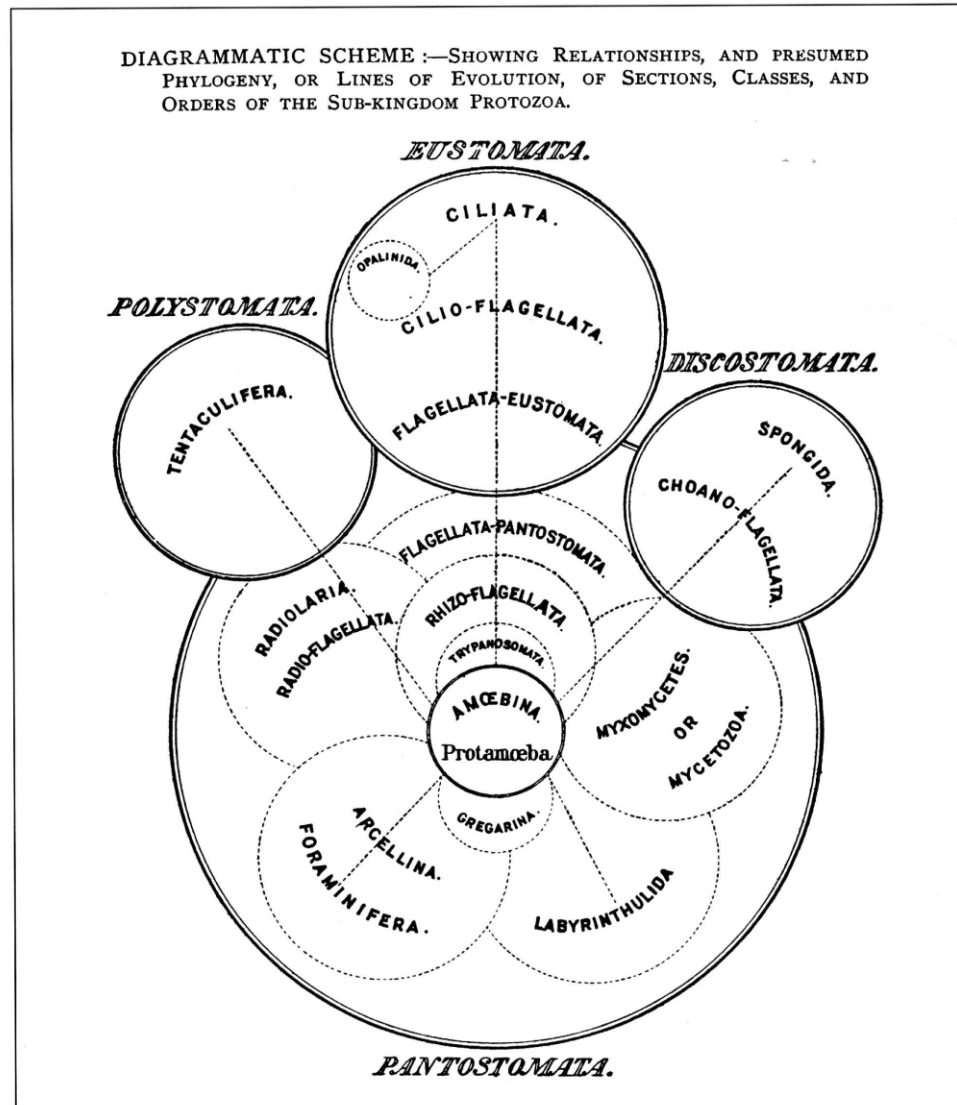




# Historie mikroskopické techniky

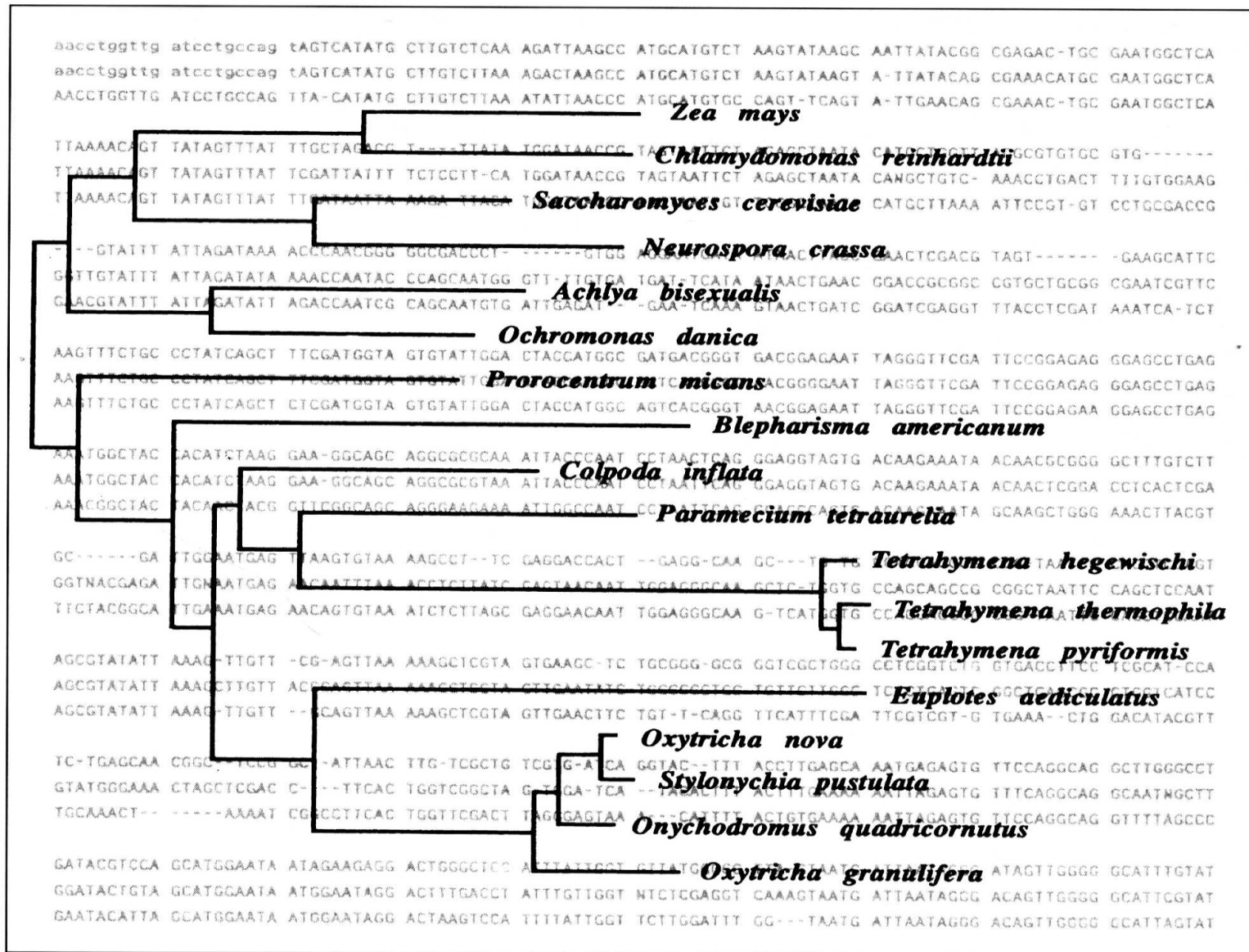


# Kentův systém protozoí - 1882



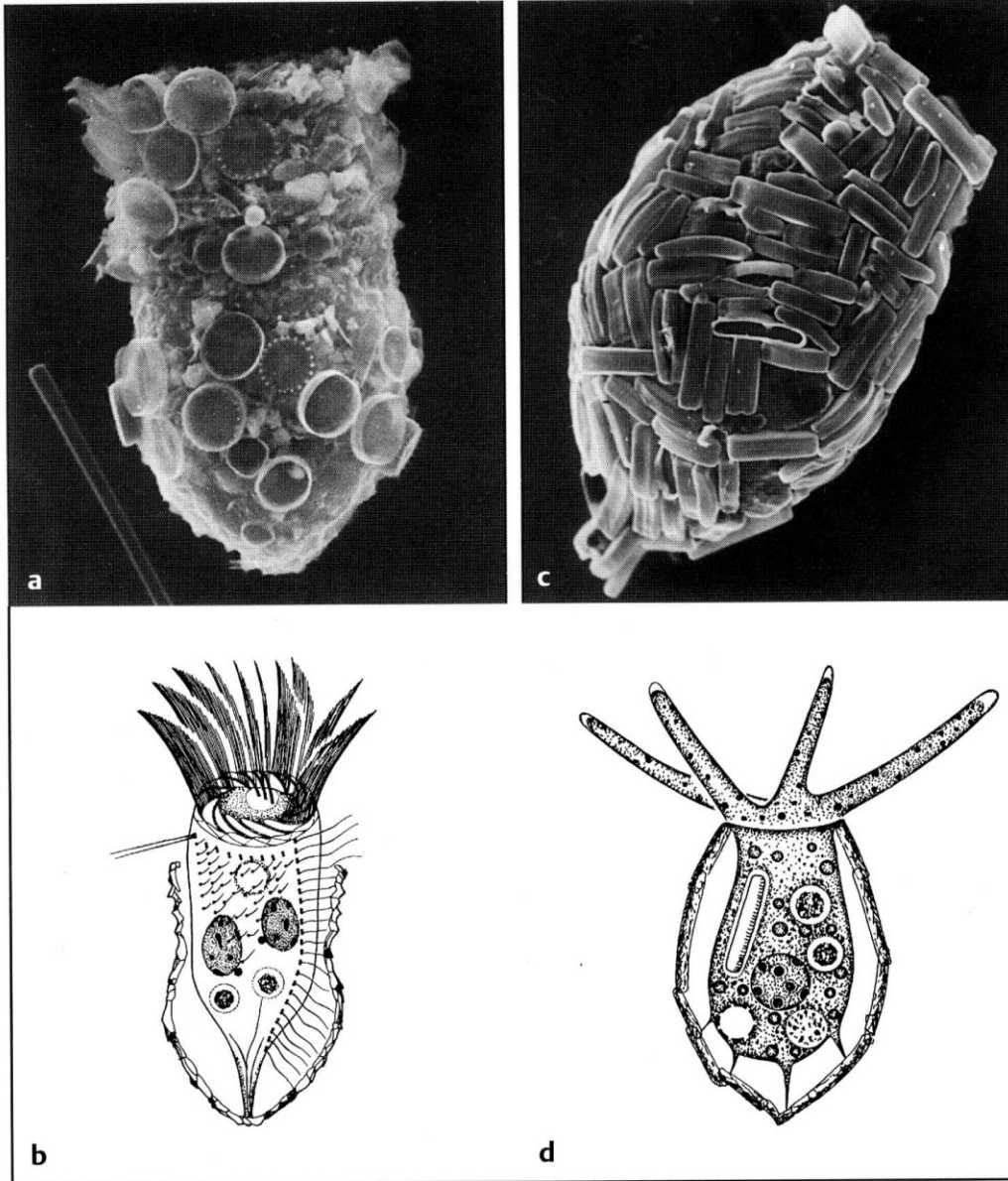
Obr. 31 Kentův systém protozoí (z Kenta: Manual of the Infusoria, Vol. I, Londýn 1882).

# Evoluce klasifikačních systémů



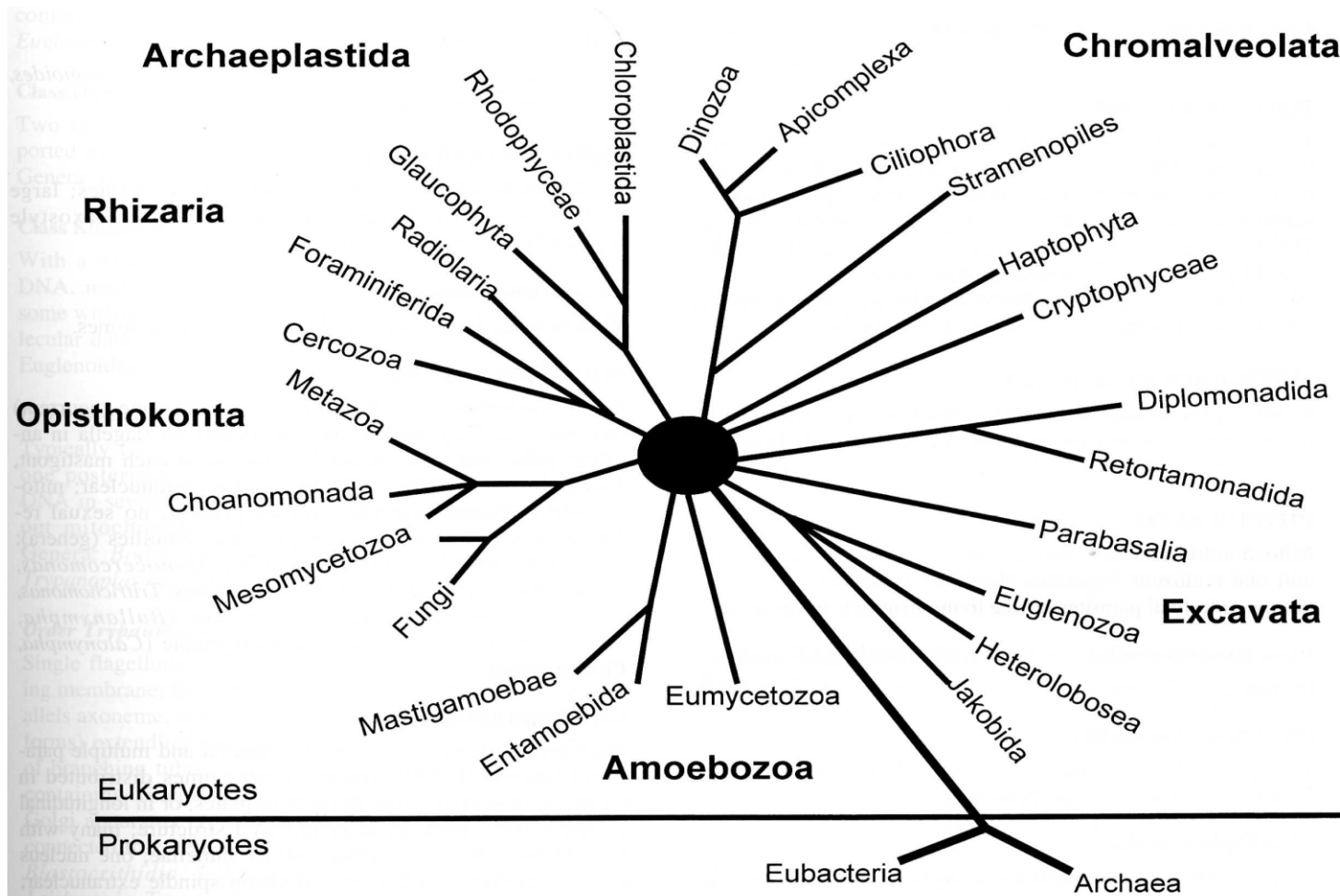
Obr. 33 „Distance matrix tree“ sestavený z úplných sekvencí malých podjednotek rRNA, překrývající se s částí sekvenčních dat tří různých nálevníků (ze Schlegela: Europ. J. Protistol. 27: 207, 1991).

# Konvergence při evoluci prvoků



Obr. 32 Konvergence při evoluci schránek u nepříbuzných skupin. **a + b** *Codonella cratera* (nálevník), **c + d** *Diffugia* (kryténka) (z Foissnera a Hausmanna: Mikrokosmos 76: 258, 1987. Zvětš. a 1 500x, b 700x, c 450x, d 220x.

# Evolve protozoí - současnost

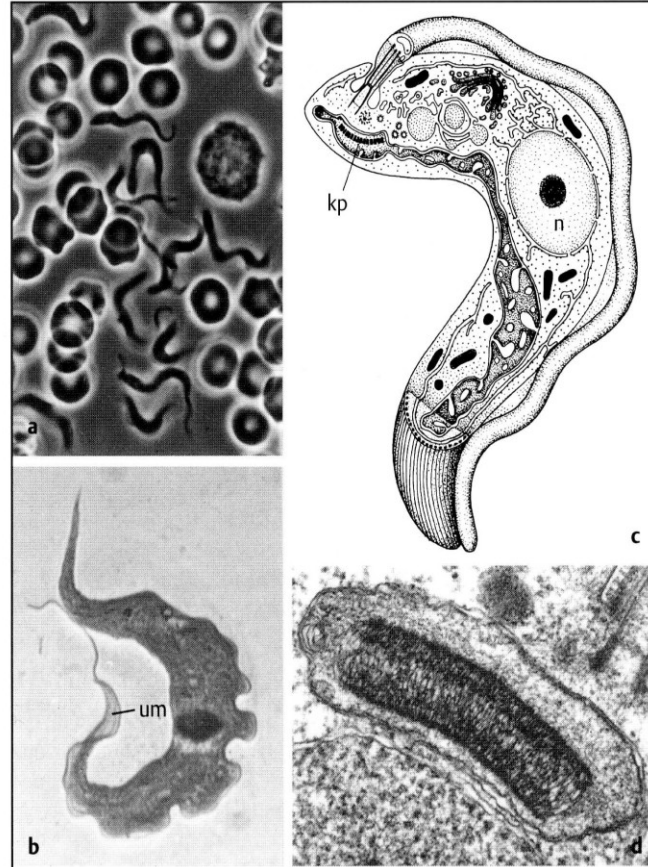
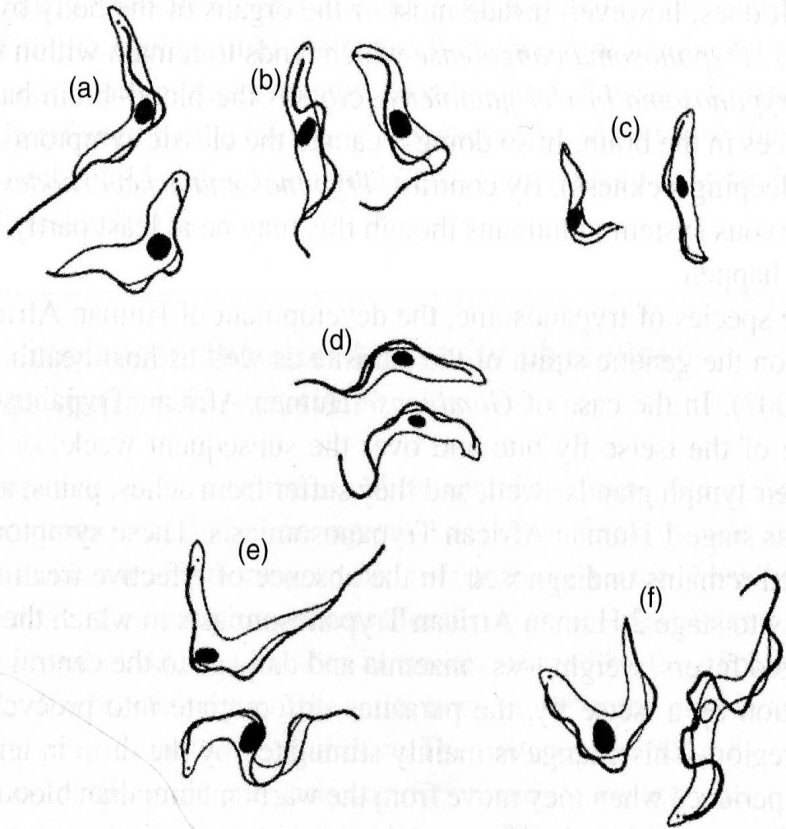


**Figure 4.11** Phylogeny of the eukaryotes according to Adl et al.<sup>1</sup>

The tree is based largely on ultrastructural features and shows proposed relationships between various groups. Archaeplastida includes algae and green plants; other groups (e.g. Jakobida) may be free living and thus not mentioned in the text. Note that according to this phylogeny, amebas with lobose pseudopods (e.g. *Entamoeba* sp.) are not necessarily the closest relatives of those amebas with complex skeletons and often branching pseudopods (e.g. the foraminiferans).

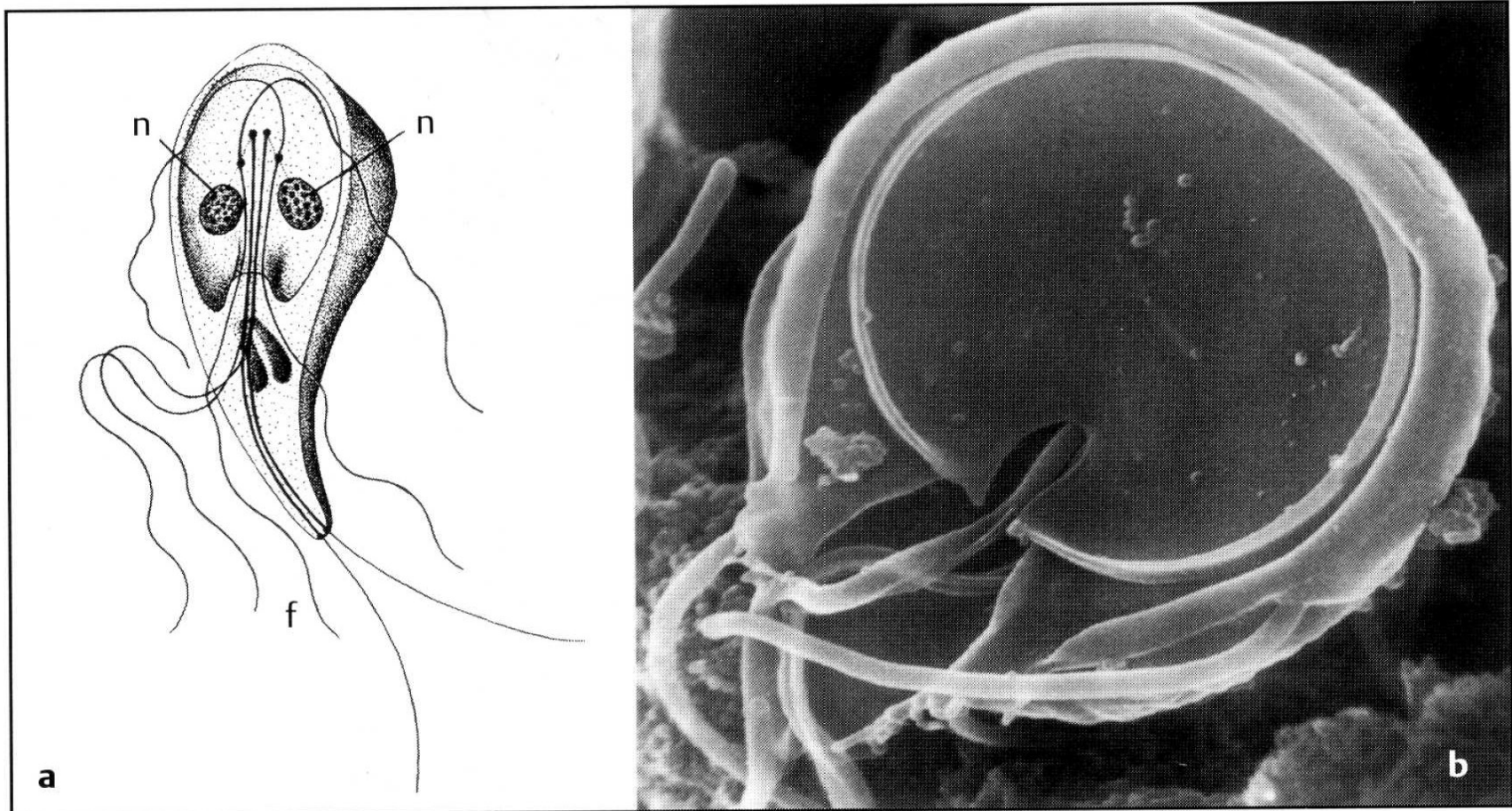
Redrawn from the *J. Eukaryotic Microbiology*, volume 52, issue 5 cover illustrating the classification of Adl et al. 2006. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J. Euk. Microbiol.* 52:399–451.

# Trypanosomatidea



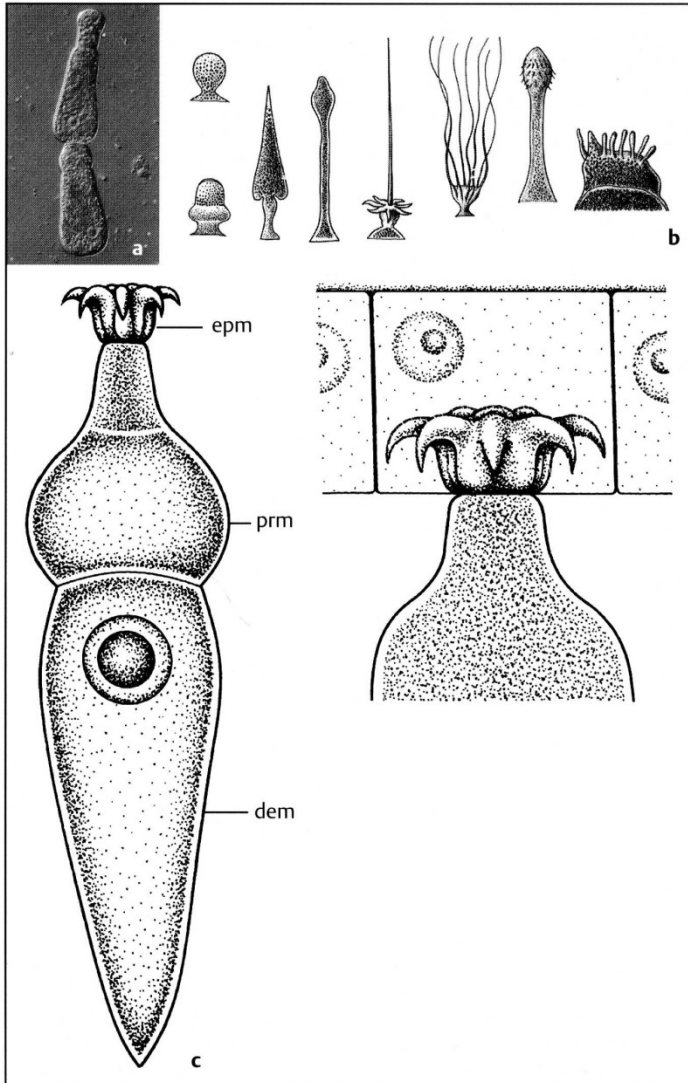
Obr. 56 Trypanosomatidea:  
**a** krevní formy *Trypanosoma brucei* mezi erythrocyty.  
**b** *Trypanosoma fallisi*.  
**c** schéma ultrastruktury *T. congolense*. **d** kinetoplast (kp) u *Blastocrithidia triatomae*. **e** rozprostřené kroužky kDNA kinetoplastu *Crithidia fasciculata*.  
**n** = jádro, **um** = undulující membrána (b z Martina a Dessera: J. Protozool. 37: 199, 1990, c převzato z Vickermana, d laskavostí H. Mehlhorna, Bochum, e z Pérez-Morga a Eglunda: J. Cell Biol. 123: 1969, 1993). Zvětš. a 1 000x, b 1 100x, c 8 000x, d 40 000x, e 80 000x.

# Diplomonadea - Giardia



Obr. 44 Diplomonadea: **a** *Giardia* (= *Lamblia*) se dvěma jádry (n) a osmi bičíky (f). **b** adhezivní disk u *Giardia* (a z Grella: Unterreich Protozoa, Einzeller oder Urtiere. In: Lehrbuch der Speziellen Zoologie, 4. vyd., ed. H.-E. Gruner, Stuttgart 1980; b, laskavostí D. V. Holbertona, Hull). Zvětš. a 3 000x, b 7 000x.

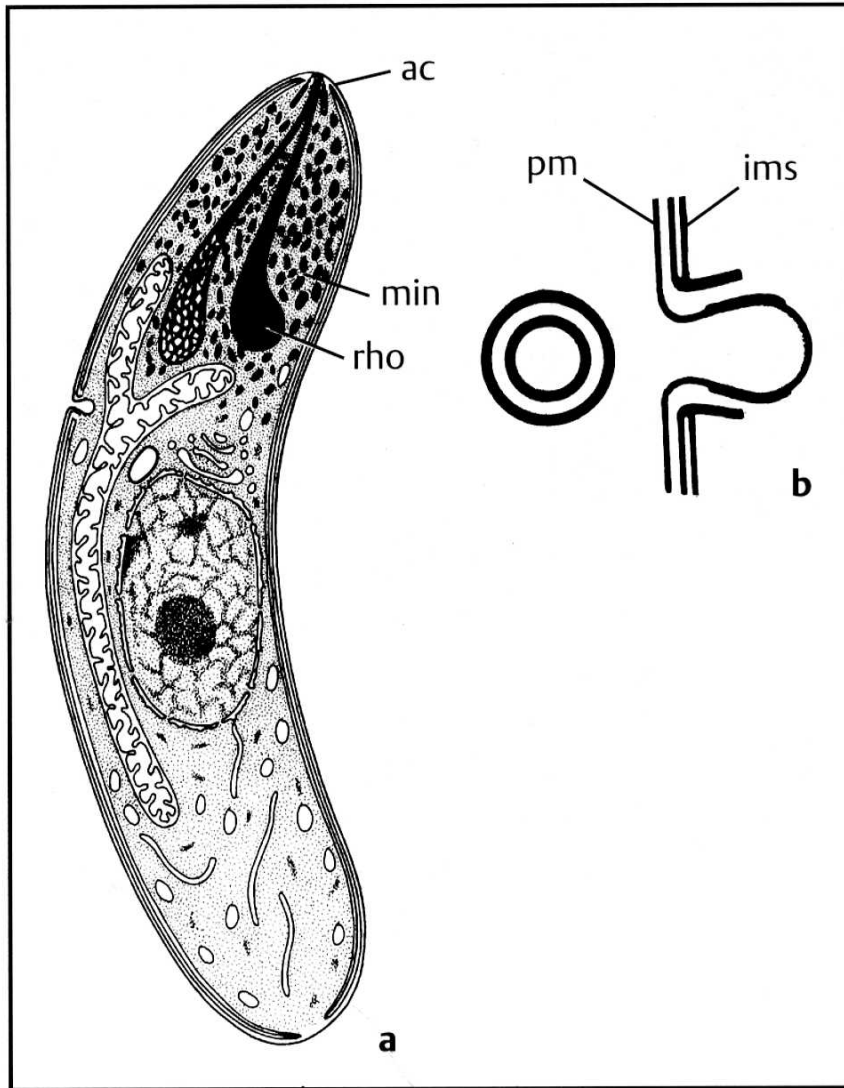
# Gregarinaea – (a) pár gamontů spojených v syzigii, (b) typy epimeritu a (c) epimerit a protomerit a deutomerit)



Obr. 89 Gregarinaea: a pár gamontů spojených v syzigii. b různé typy epimeritů. c typická podoba epimeritu (epm), protomeritu (prm) a deutomeritu (dem) a schéma intracelulárně přichyceného epimeritu (b + c převzato z Légera). Zvětš. a 100x.

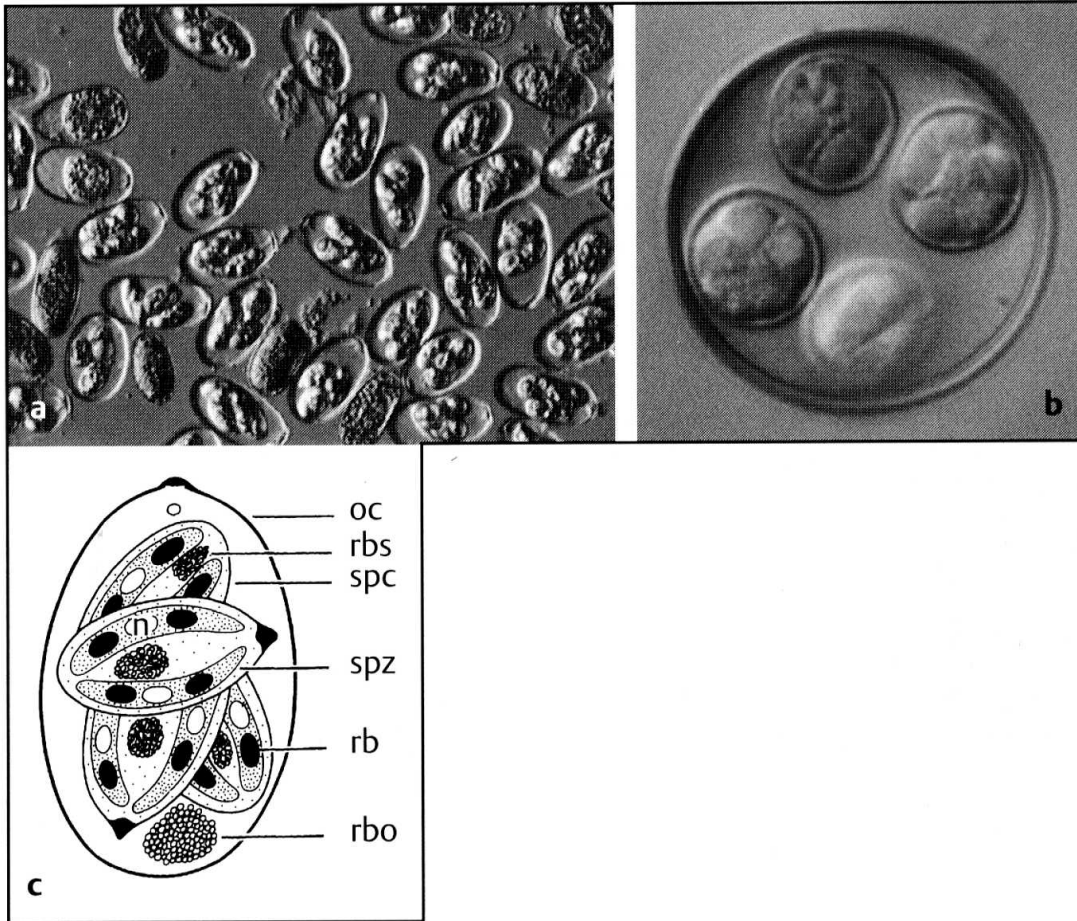


# Apicomplexa - sporozoit



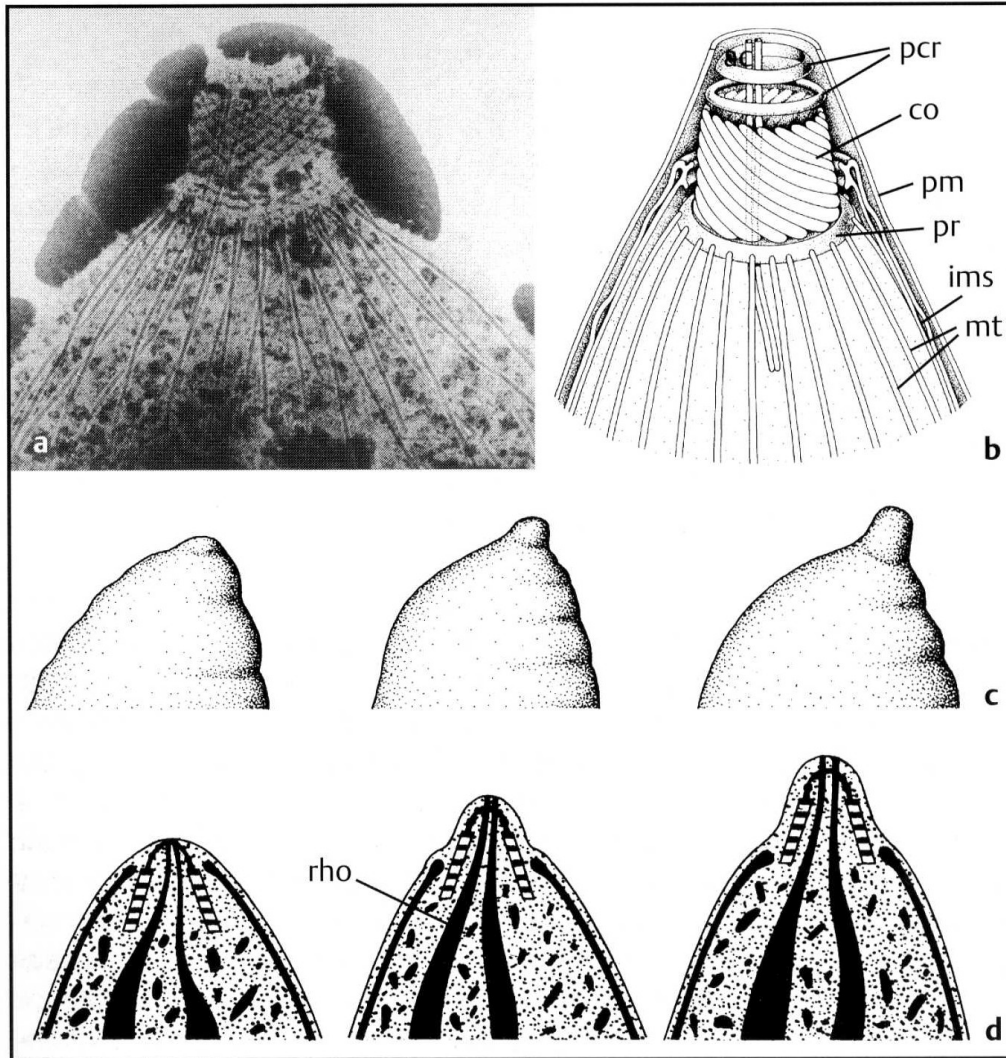
Obr. 84 Apicomplexa: **a** sporozoit. ac = apikální komplex, min = mikronemy, rho = roptrie. **b** mikropór v příčném (vlevo) a podélném průřezu (vpravo). pm = plazmatická membrána, ims = systém vnitřních membrán (alveoly) (převzato z Scholtysecka a Mehlhorna).

# Apicomplexa - oocysty



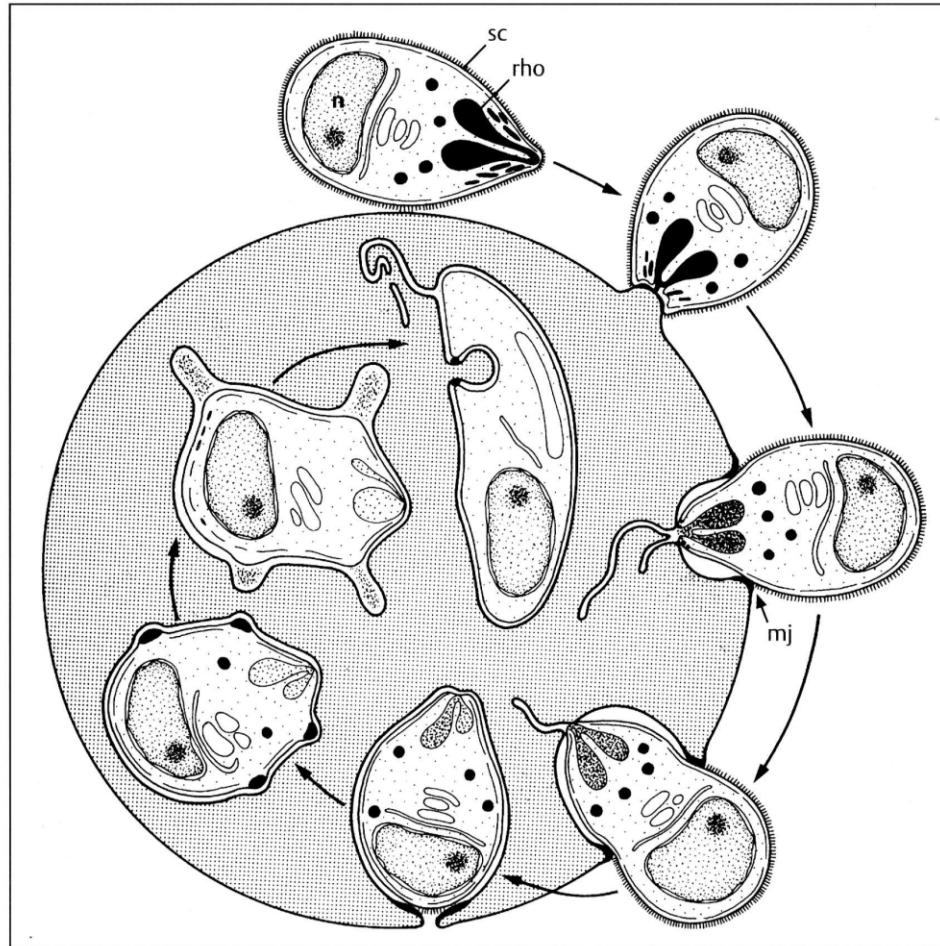
Obr. 82 Apicomplexa:  
**a** oocysty *Eimeria stiedai*.  
**b** oocysta druhu r. *Eimeria*  
z rekta gekona. **c** schéma  
oocysty. n = jádro,  
oc = stěna oocysty,  
rb = světlolomné tělísko,  
rbo = zbytkové tělísko  
oocysty, rbs = zbytkové  
tělísko sporocysty,  
spc = sporocysta,  
spz = sporozoit.  
(b laskavostí B. Bannerta,  
Berlín). Zvětš. a 300x,  
b 1 600x.

# Schéma apikálního komplexu



Obr. 85 Apicomplexa: konoidová oblast sporozoitů. **a** konoidový komplex na celkovém preparátu. **b** schéma: co = konoid s mikrotubuly a s nimi sdruženými strukturami, pm = plazmatická membrána, ims = membrány alveolů, pr = pólóvý prstenec s mikrotubuly z něj vycházejícími (mt), pcr = prekonoidální prstence. **c, d** apikální komplex při průniku do buňky, v pohledu svrchu a na průřezu. rho = roptrie (a z Nicholse et al.: J. Protozool. 34: 217, 1987; b–d převzato z Scholtysecka a Mehlhorna). Zvětš. a 35 0000x.

# Schéma průniku sporozoita do hostitelské buňky



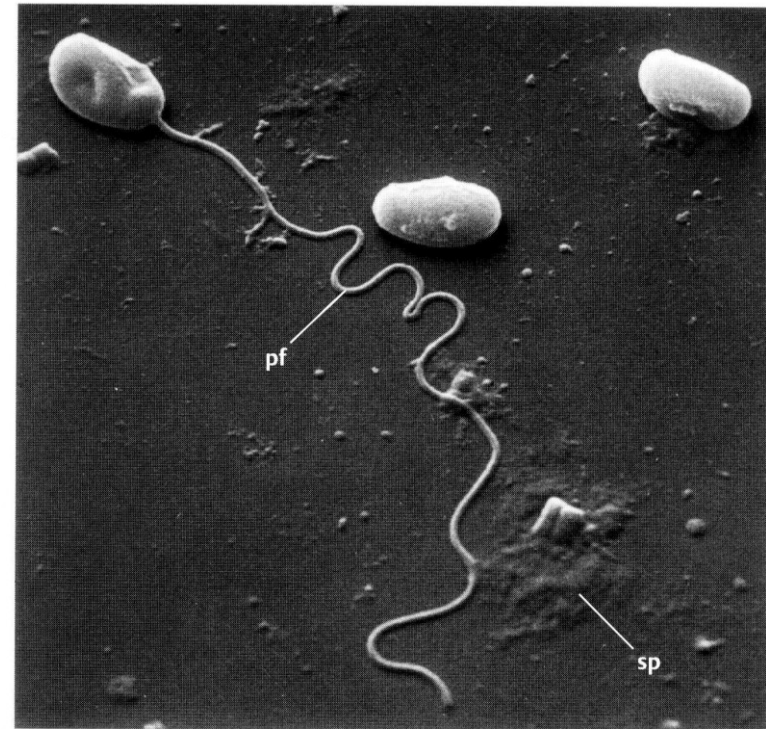
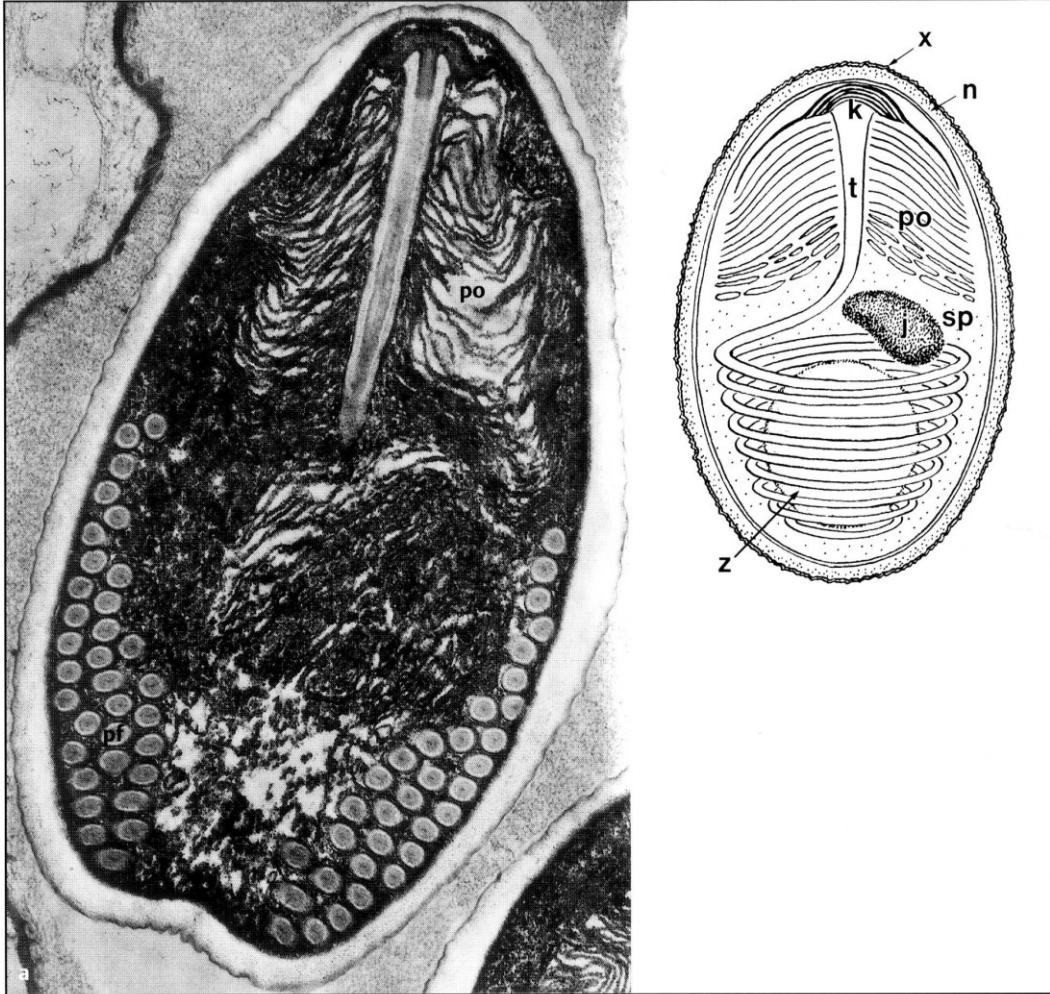
Obr. 94 Haematozoa: Haemosporida, schematické znázornění změn v merozoitu *Plasmodium knowlesi* při průniku do hostitelské buňky. mj = pohyblivý buněčný spoj posouvající se zpět po invadujícím sporozoitu; n = jádro, rho = roptrie v různých stádiích vyprazdňování, sc = buněčný povlak (převzato z Bannistera).

# Sporozoit pronikající do buňky

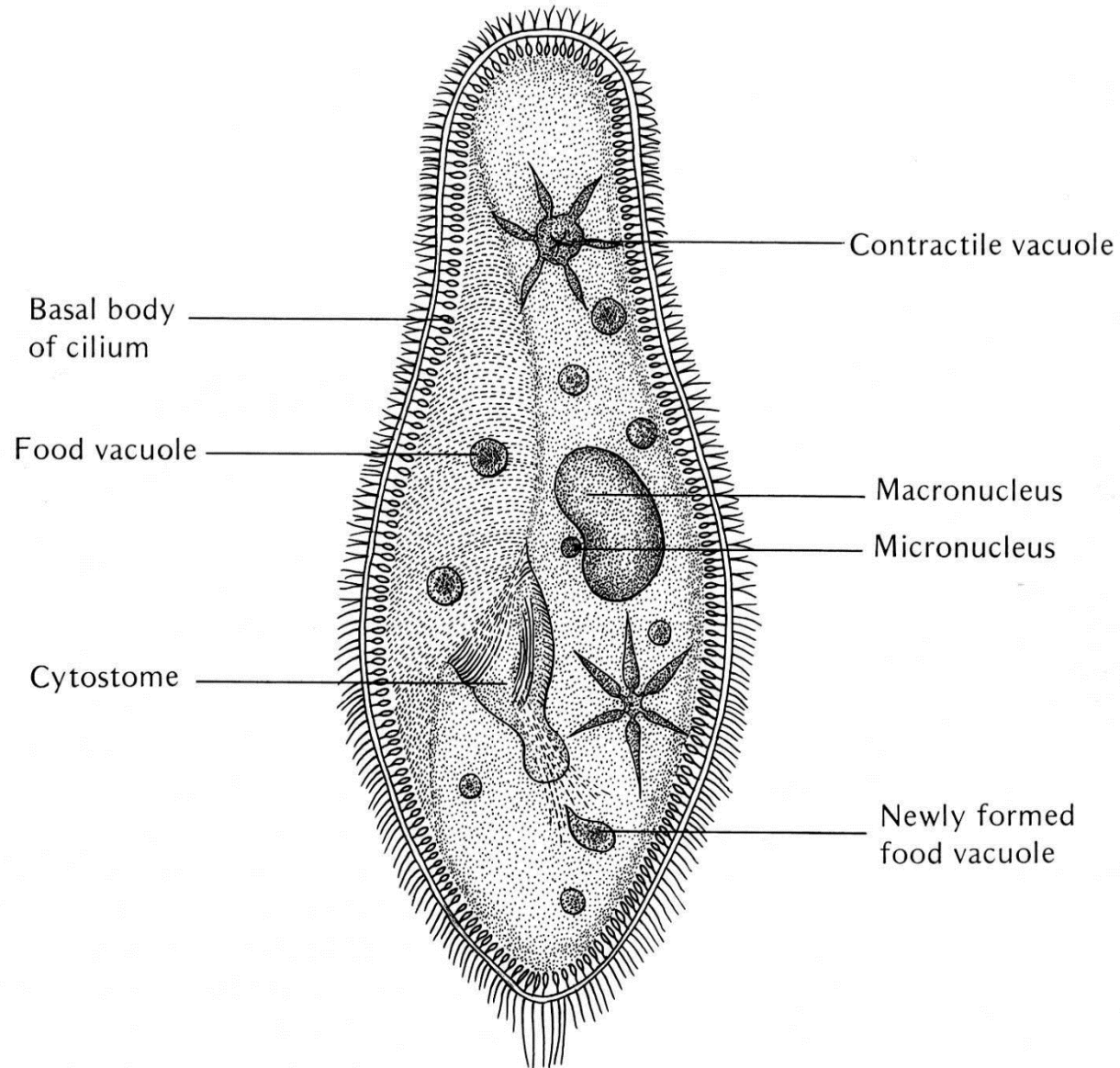


Obr. 86 Apicomplexa: sporozoit *Toxoplasma gondii* při invazi hostitelské buňky (z Nicholse a O'Connora: Lab. Invest. 44: 324, 1981). Zvětš. 20 000x.

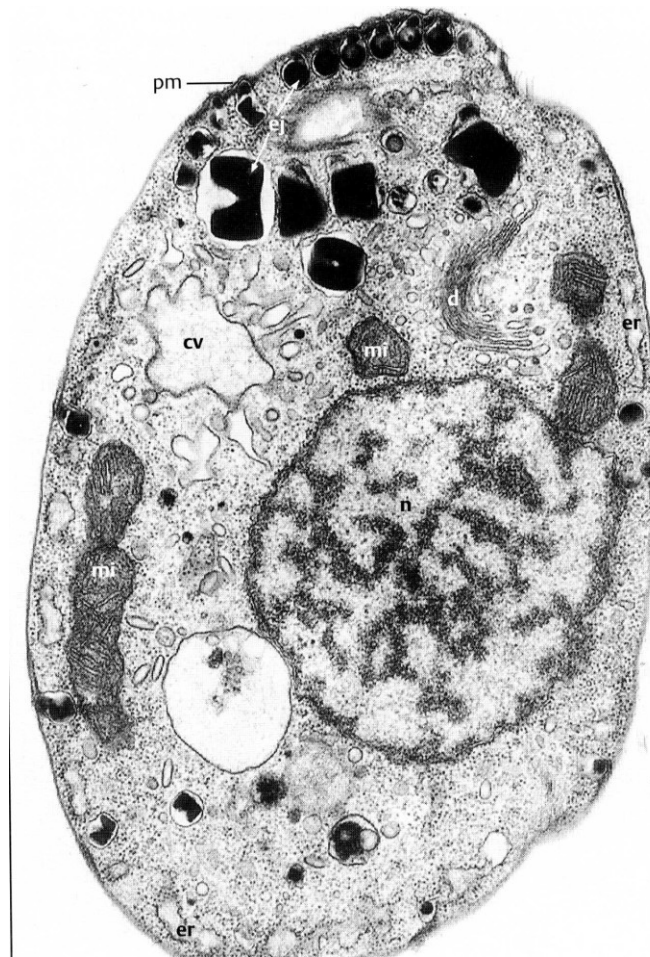
# Mikrosporidia – průnik do hostitelské buňky



# Ciliata – schématická stavba

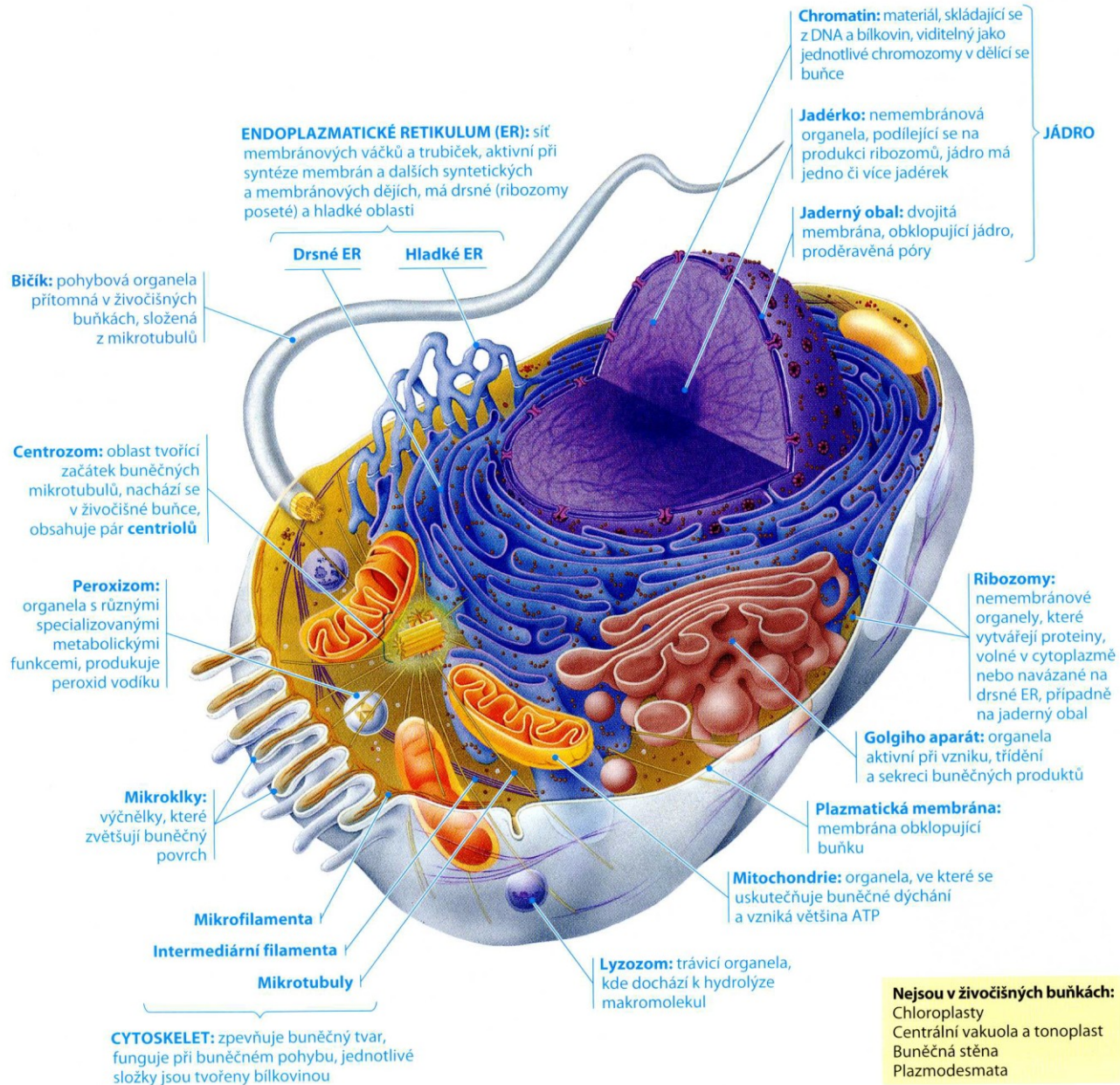


# Buněčná a strukturální organizace





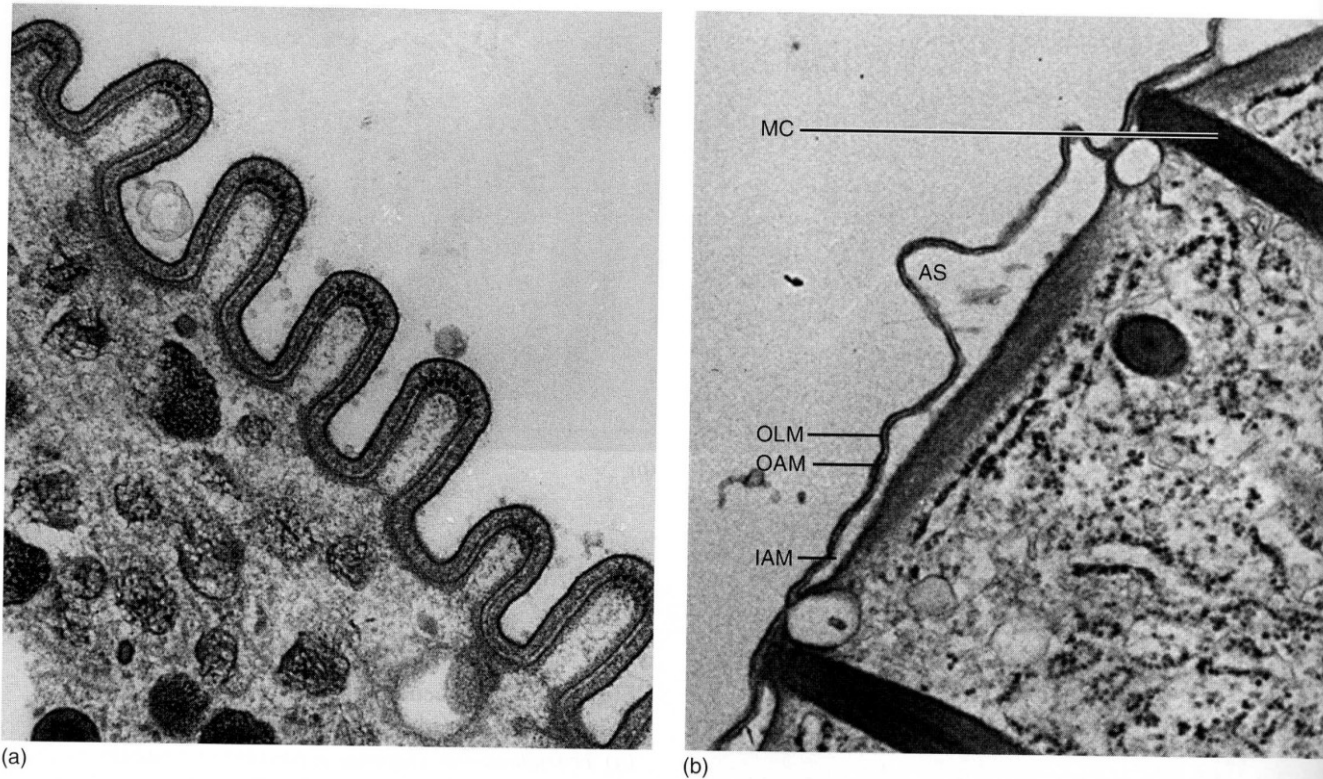
# Schéma živočišné buňky



# Jádro a cytoplasma

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

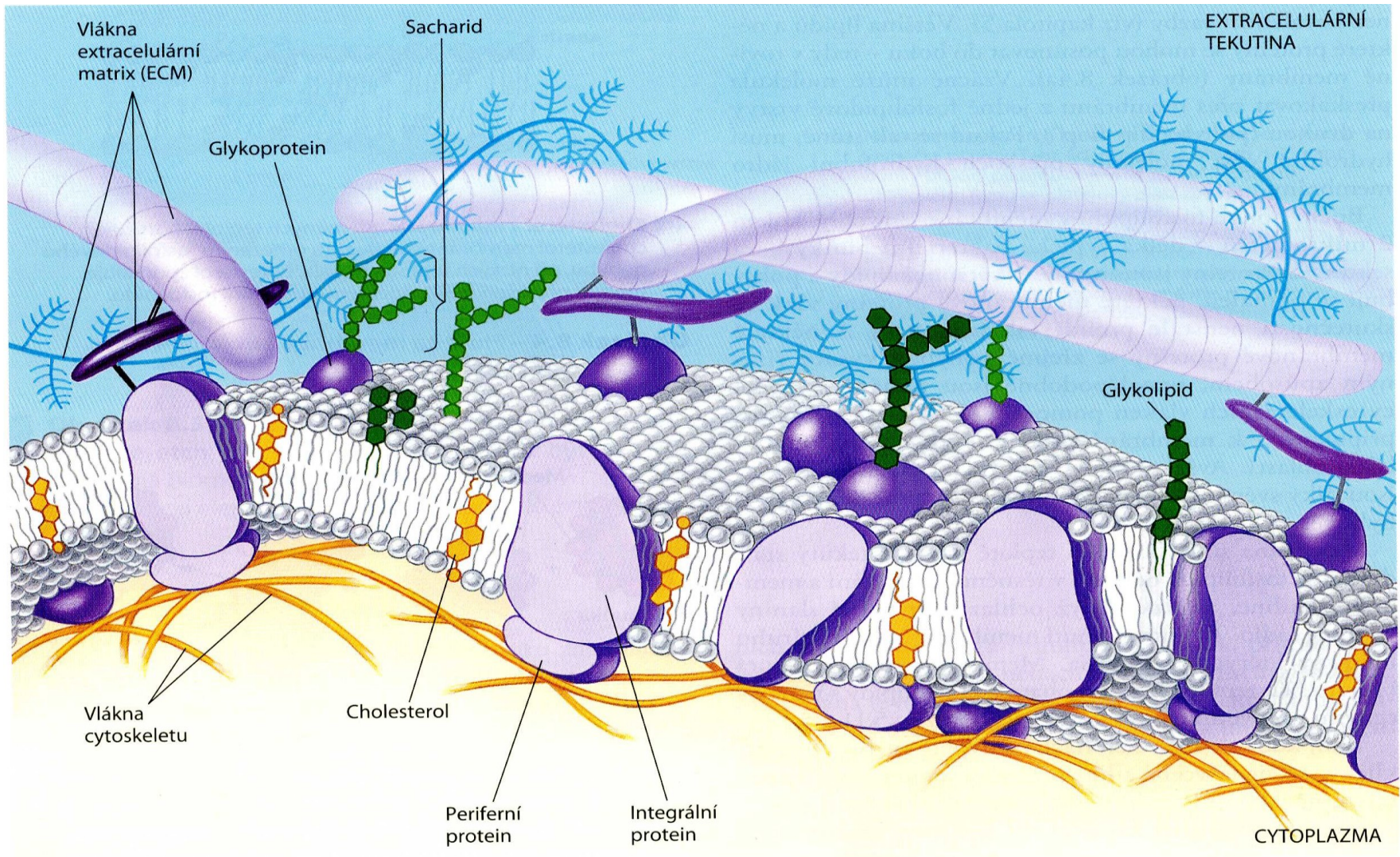
# Plasmatická membrána - modifikace



**Figure 4.3 Plasma membranes and their modifications in protozoa.**

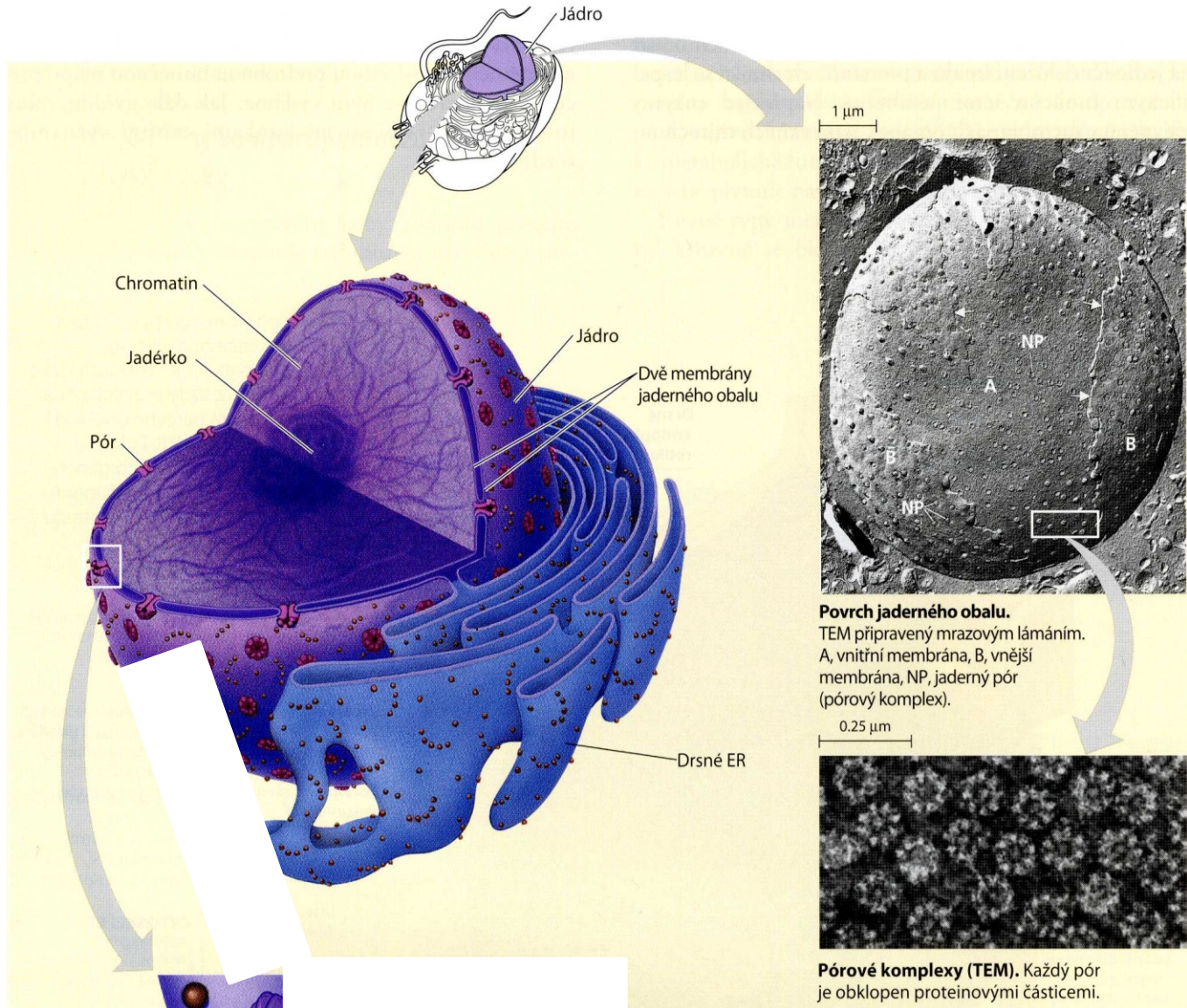
(a) Epicytic folds of a gregarine parasite of damselflies. These folds extend along the body as ridges. (b) Membranes of *Ichthyophthirius multifiliis*, a parasite of fishes; the dark elongate bodies perpendicular to the membranes are mucocysts (AS, alveolar sac; OLM, outer limiting membrane; OAM, outer alveolar membrane; IAM, inner alveolar membrane; MC, mucocyst).

# Plasmatická membrána - stavba

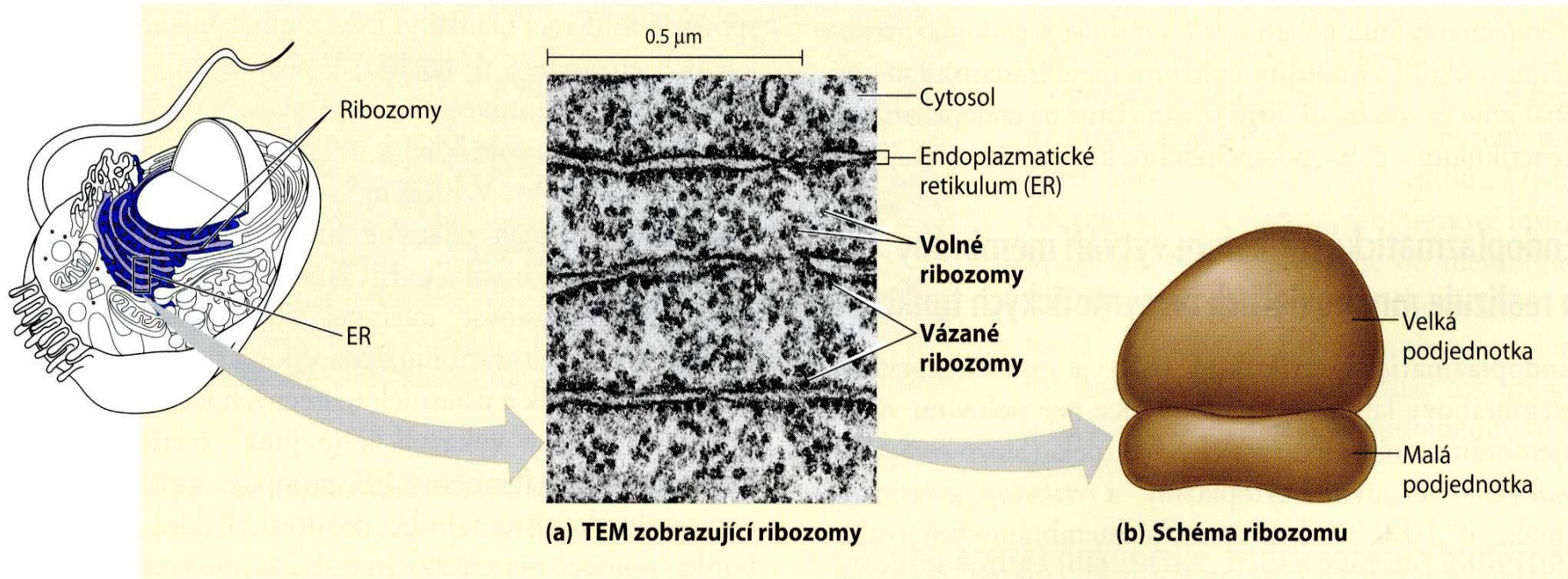


**Obrázek 8.6 – Podrobná struktura plazmatické membrány živočišné buňky, příčný řez.** Viz obrázek 7.29 – detaily ECM.

# Jádro a jeho obal

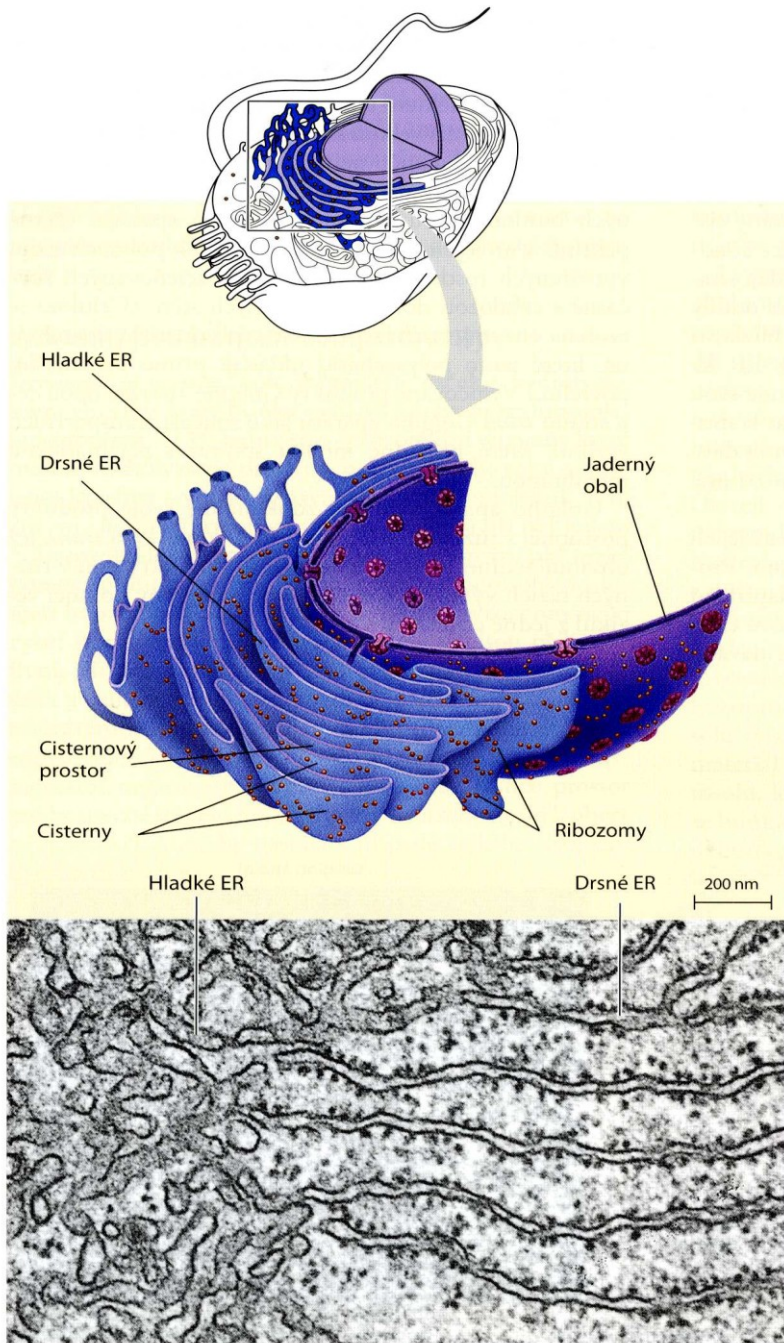


# Ribosomy



**Obrázek 7.10 – Ribosomy.** (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

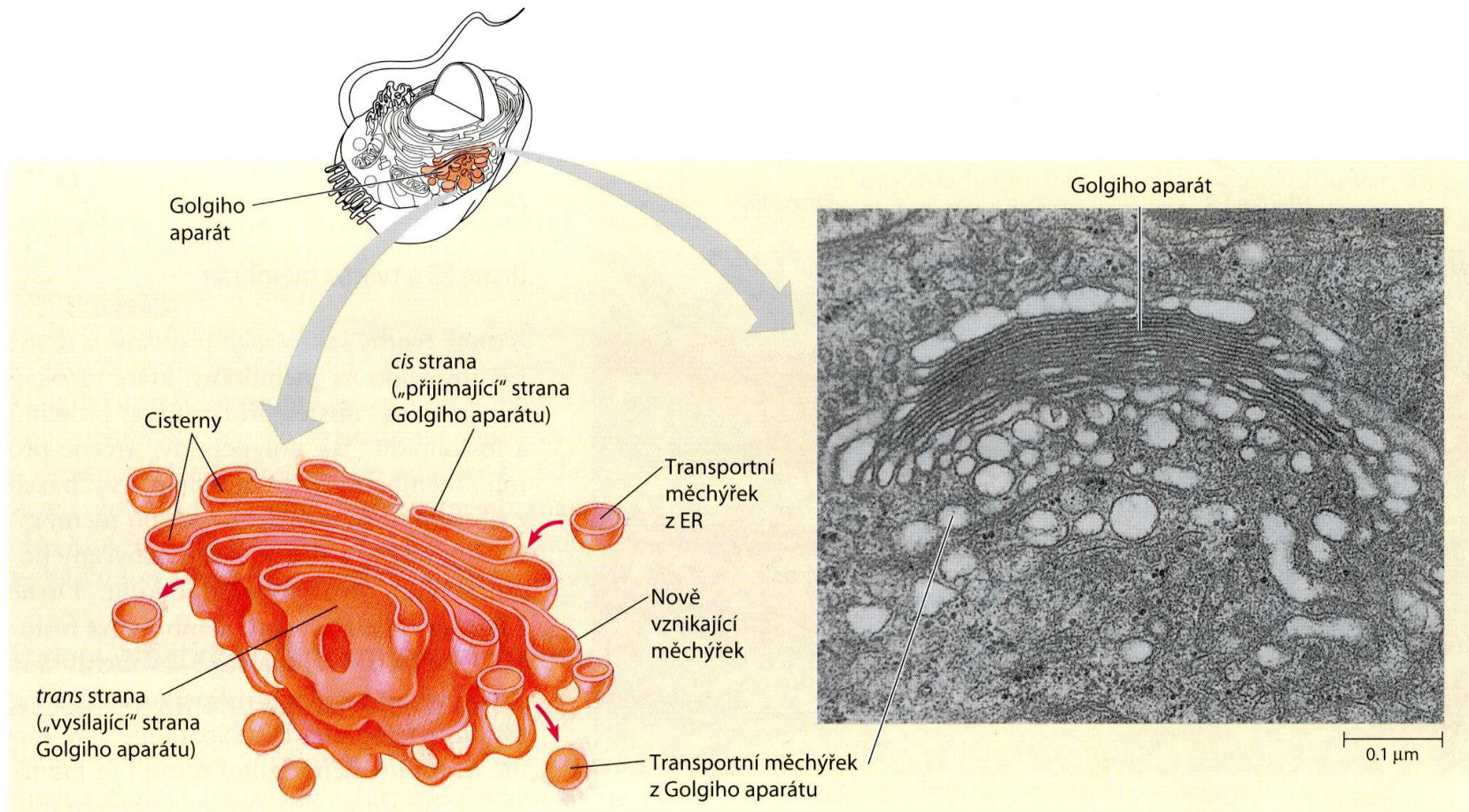


# Golgiho aparát (dictyosom)

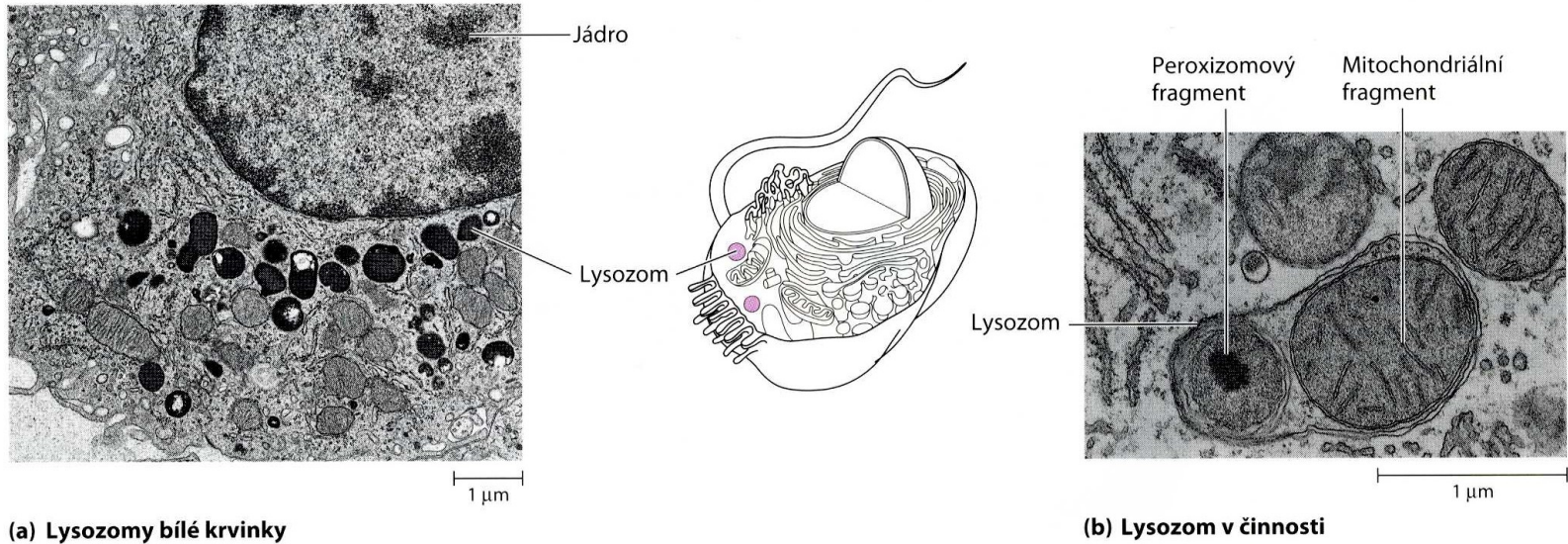
- Dobře vyvinut u některých bičíkovců majících parabasální tělíska spojená s kinetosomem, basálními tělísky nebo bičíky
- Dictyosom hraje u protozoí různou roli, např. může být zdrojem skeletárních destiček u některých améb a polárního filamentu u microsporirií.



# Golgiho aparát



# Lysozomy



(a) Lysozomy bílé krvinky

(b) Lysozom v činnosti

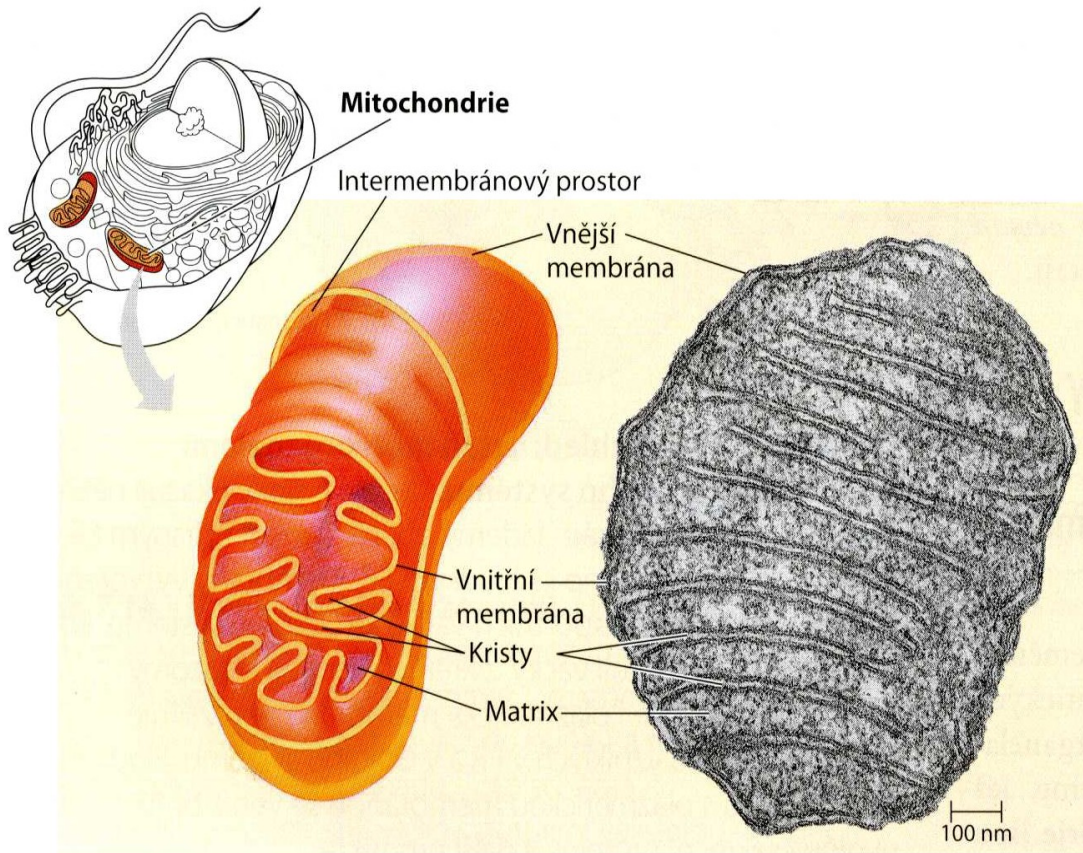
**Obrázek 7.13 – Lysozomy.** (a) V této potkaní bílé krvince jsou lysozomy velmi tmavé díky specifické barvičce, která reaguje s jedním z trávicích produktů lysozomu. Tento typ bílé krvinky tráví bakterie a viry a rozkládá je v lysozomech (TEM).

(b) V cytoplasmě této bílé krvinky autofagický lysozom pohltí 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.

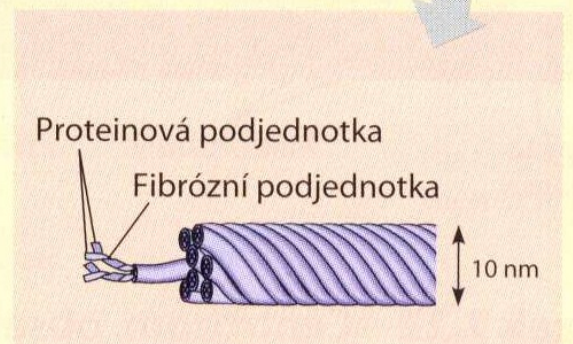
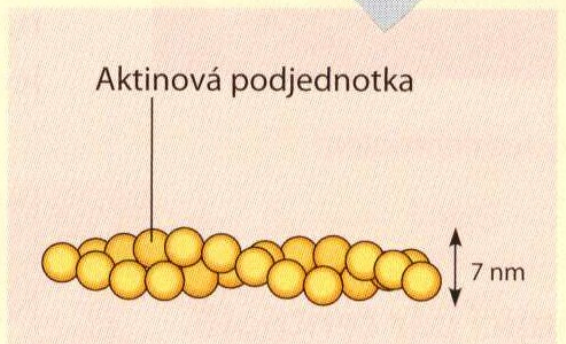
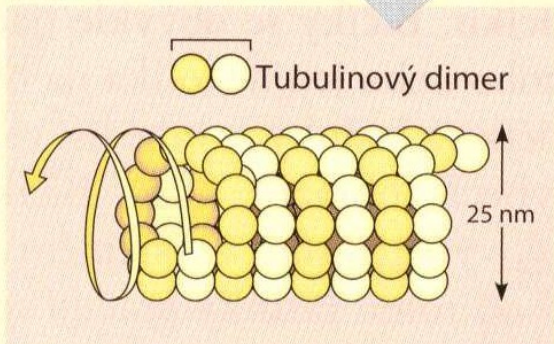
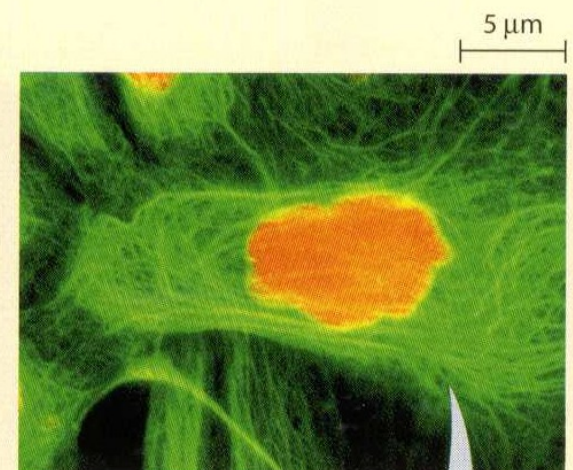
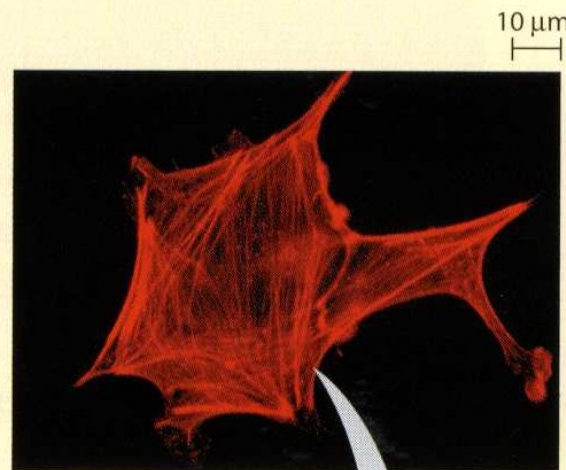
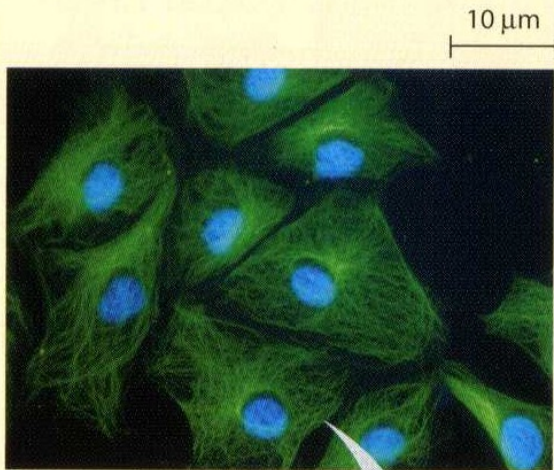
# Mikrotělíška - microbodies

- **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

# Mikrotěliška - 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





# 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

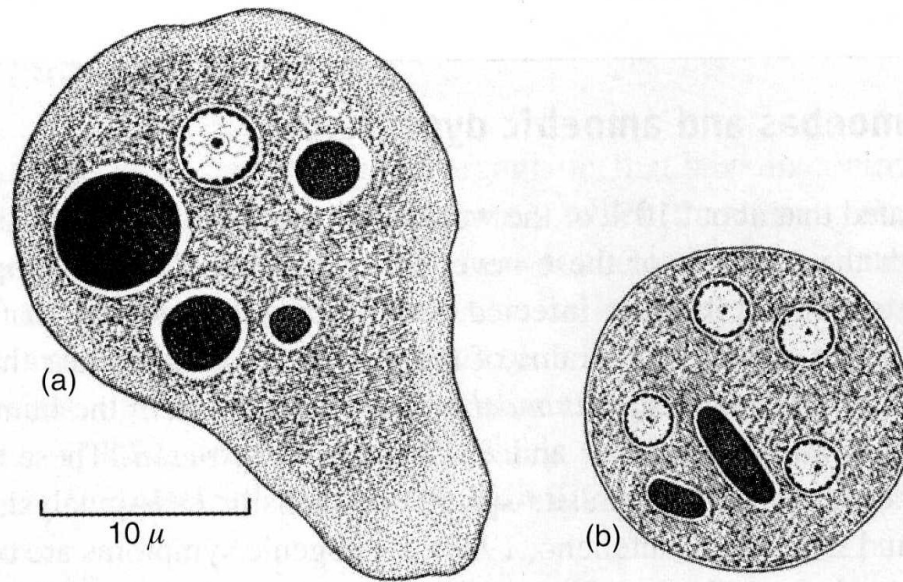
Tři typy lokomočních organel

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

# Panožky -pseudopodia

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

# Améby - panožky

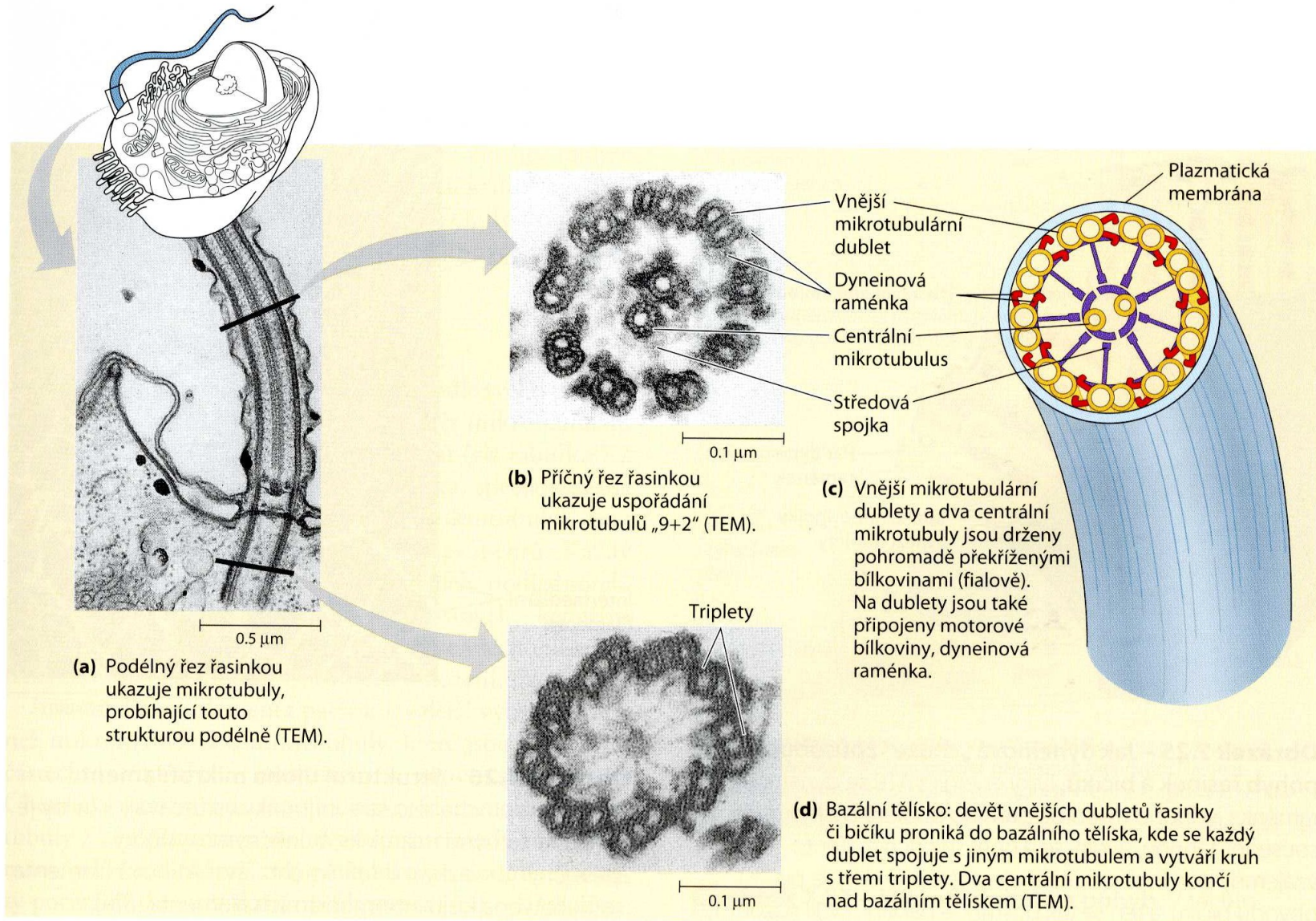


**Figure 2.1** *Entamoeba histolytica* trophozoite (a) and cyst (b). It can be difficult or impossible to distinguish the chromatoidal bodies in the cysts using light microscopy and their nuclear structure may be lost after prolonged storage. Source: Chandler and Read, 1961

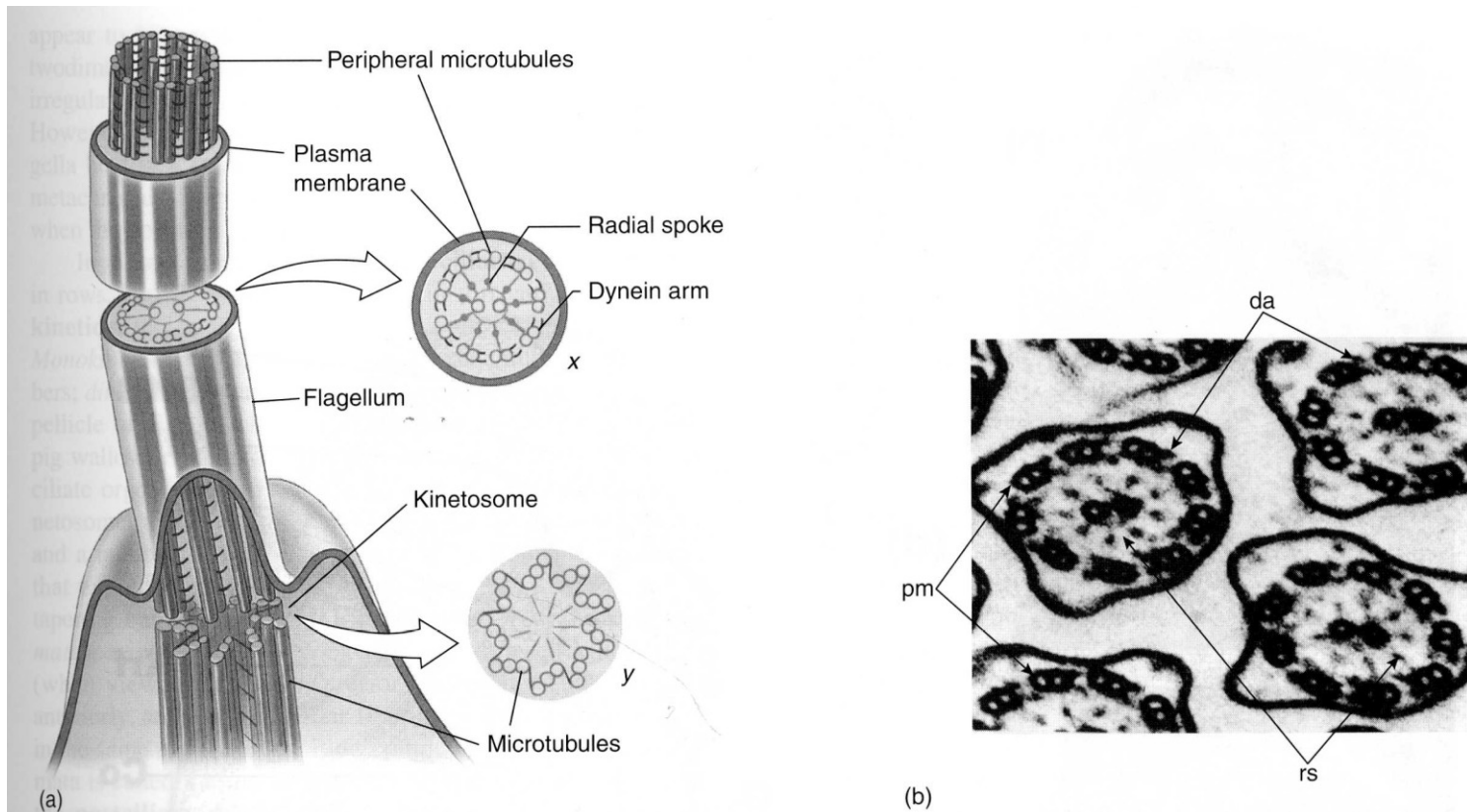
# Bičíky - flagella

- Štíhlé, dlouhé – **centrální axonema** – centrální pár mikrotubulů
- Na obvodu **9 párů mikrotubulů**
- 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. The nine pairs of microtubules plus the central pair make up the axoneme. The central pair ends at about the level of the kinetosome. Peripheral microtubules continue beneath the cell surface to compose two of each of the triplets in 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

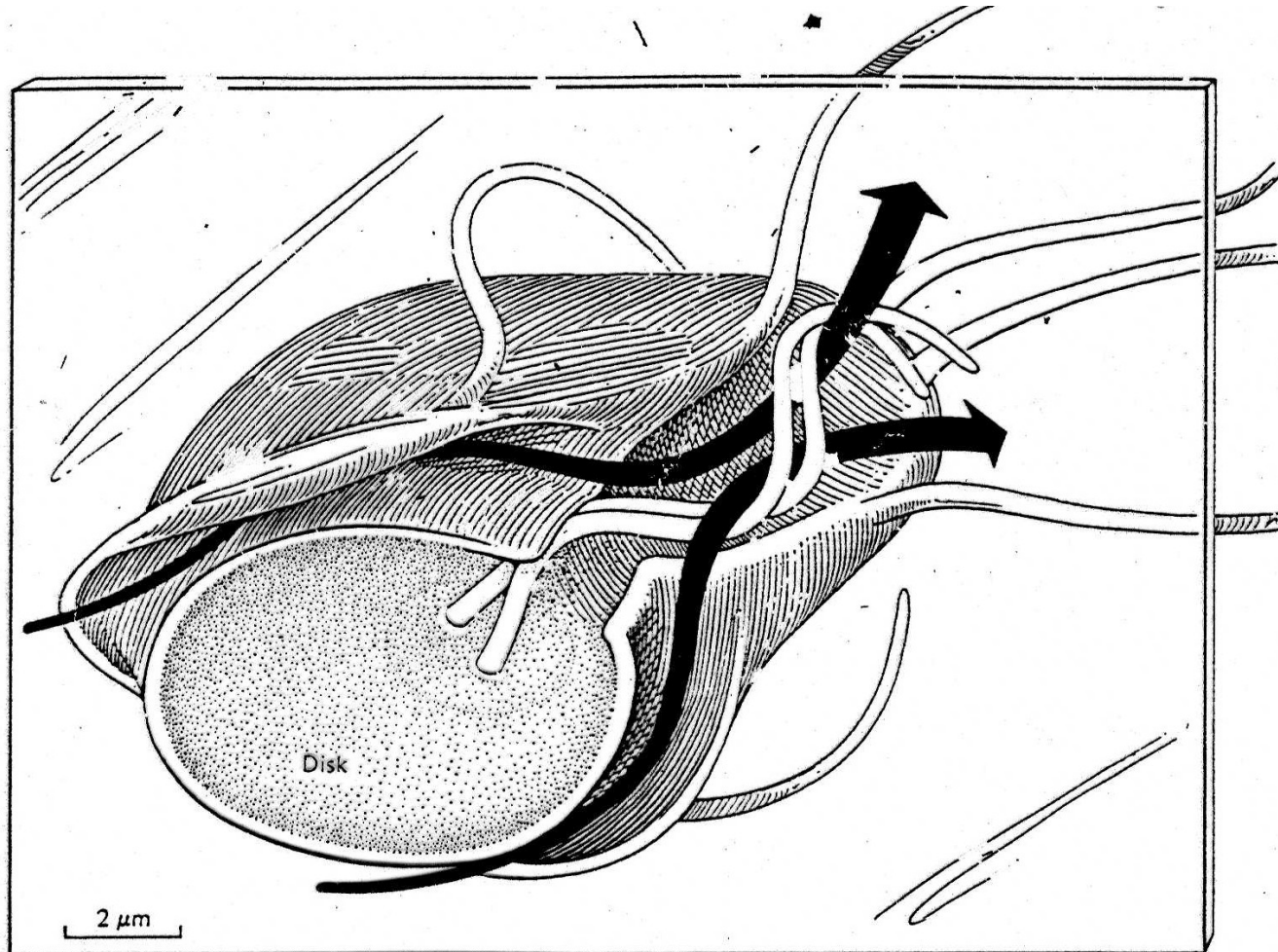
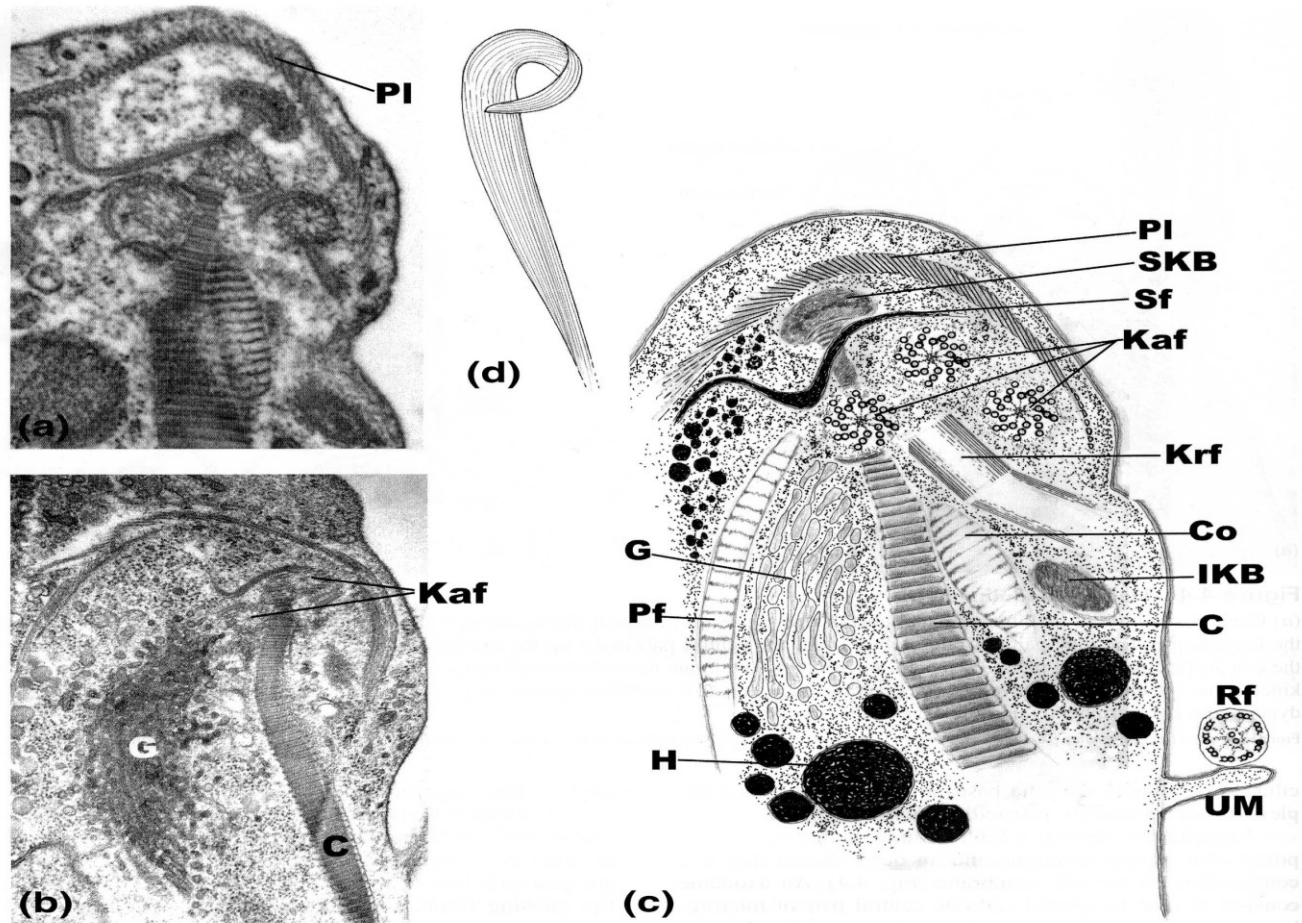


FIGURE 6.4 Ventral view of *Giardia* showing the movement of fluid through the action of the flagella. [Redrawn from Holberton, 1973. © The Company of Biologists.]



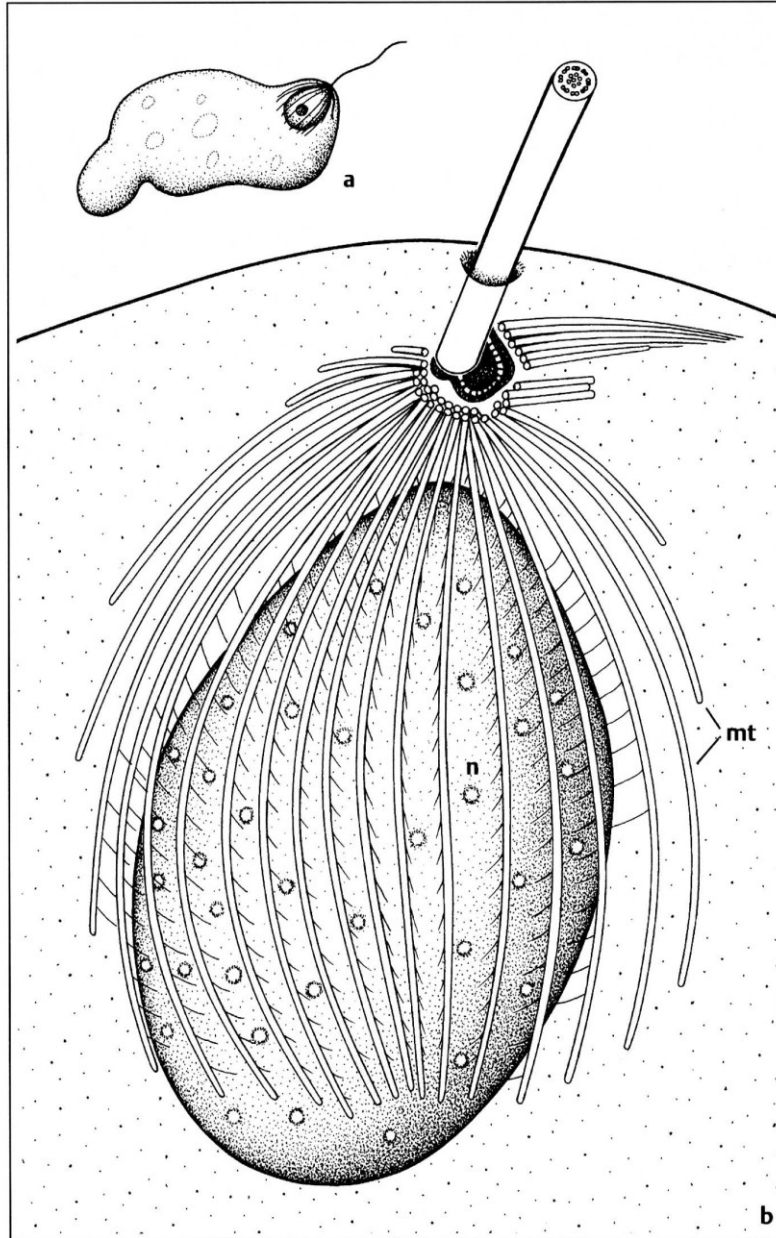
# System mastigont u bičíkovců



**Figure 4.5** Complex mastigont system as seen in trichomonad flagellates (see also chapter 6).

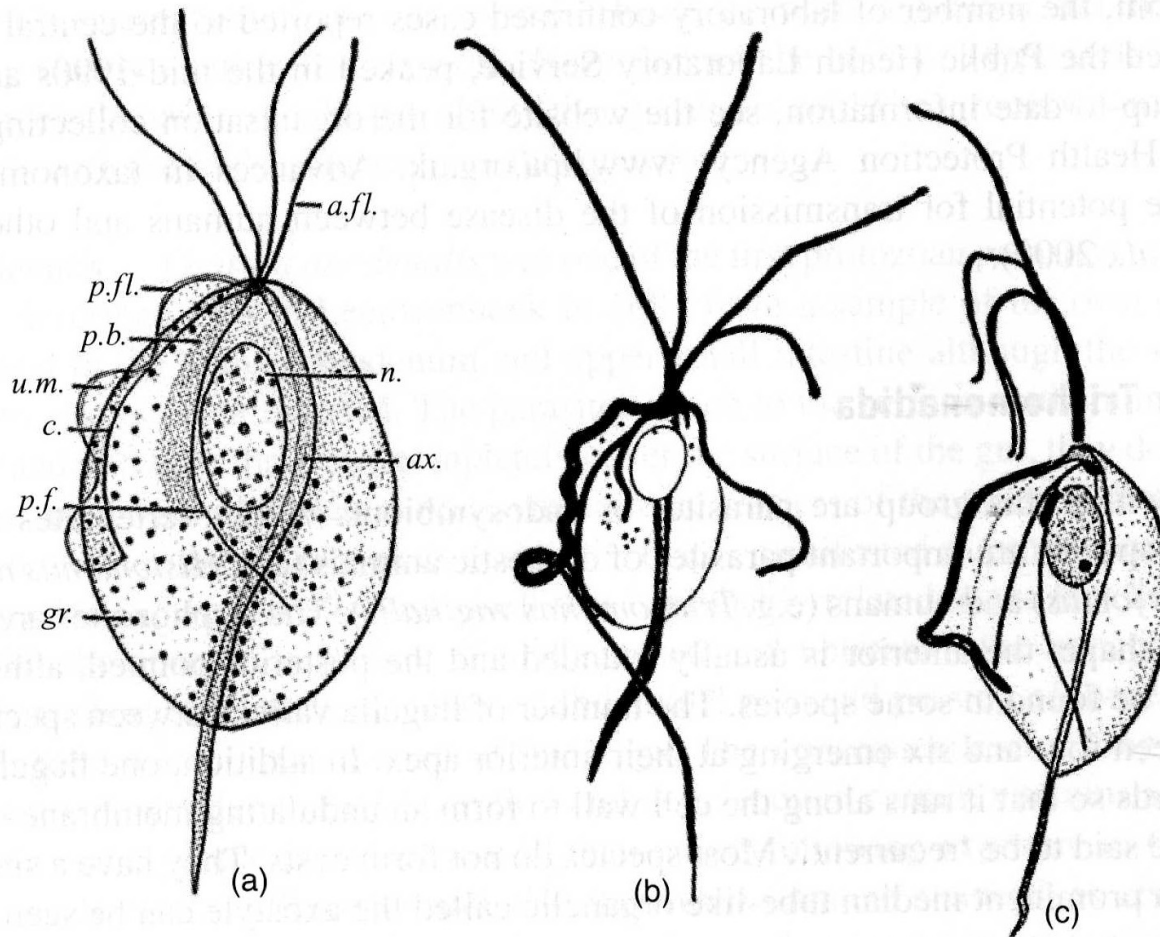
(a) Anterior end of *Tritrichomonas foetus* from cattle. (b) Anterior end of *Tritrichomonas mobilensis*, a flagellate from squirrel monkeys. (c) Interpretive drawing, showing typical mastigont structures seen in trichomonads. (d) Three-dimensional view of the pelta, a curved sheet of microtubules that extends posteriorly to become the axostyle (see also Fig. 6.12). C, costa; Co, comb; G, Golgi body; H, hydrogenosomes; IKB, infrakinetosomal body; Kaf, kinetosomes of anterior flagella; Krf, kinetosome of recurrent flagellum; Pf, parabasal filament; PI, pelta; sf, sigmoidal filament; Rf, recurrent flagellum; SKB, suprakinetosomal body; UM, undulating membrane.

# Archamoebae – systém karyomastigontu



Obr. 38 Archamoebae:  
systém karyomastigontu  
u *Mastigina* (a), funkční  
a morfologické vztahy mezi  
kinetosomem a jádrem (b).  
n = jádro, mt = mikrotubuly  
(podle Brugerollea).  
Zvětš. a 350x.

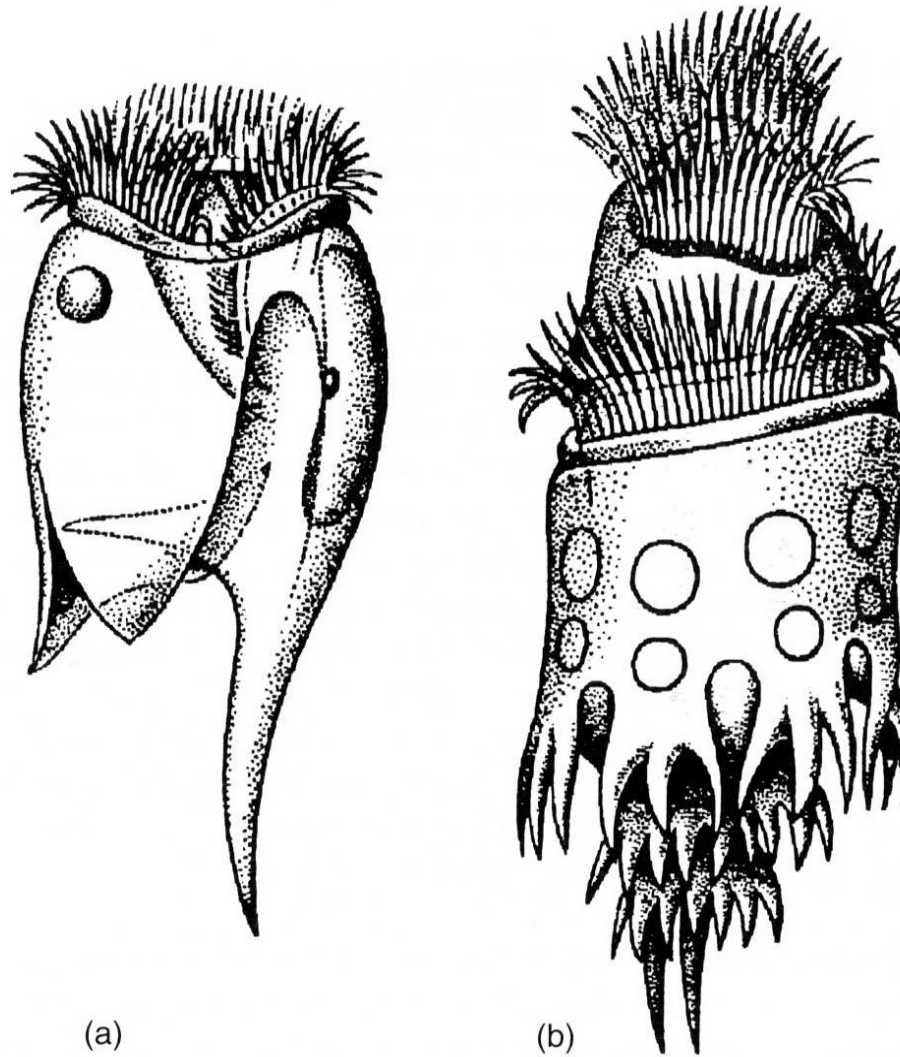
# Bičíkovci - heterokont



# Řasinky - cílie

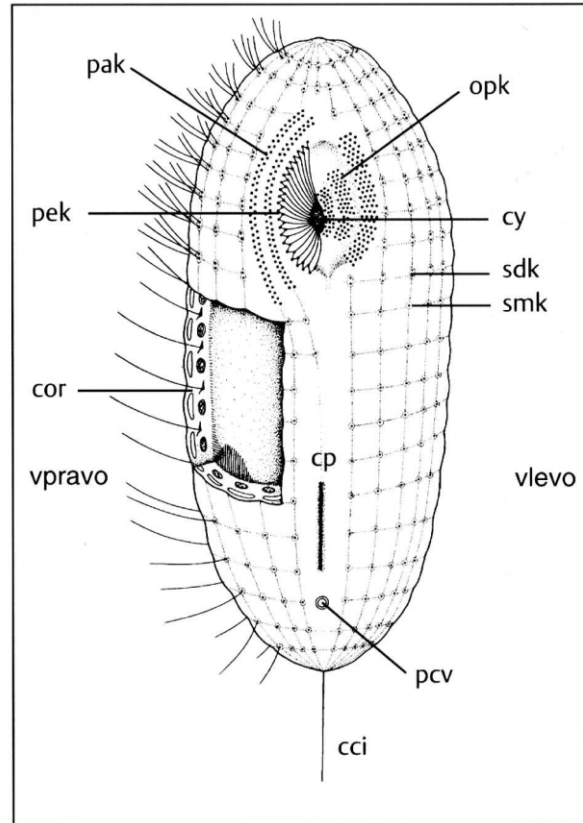
- Cílie jsou strukturálně analogické bičíkům – mají kinetosom, centrální axonemu a 9 periferálních dvojic mikrotubulů
- 2 základní typy ciliatury
  - Somatická ciliatura (kinetie – řady)
  - Orální ciliatura (různé uspořádání – systematika)

# Ciliophora - nálevníci



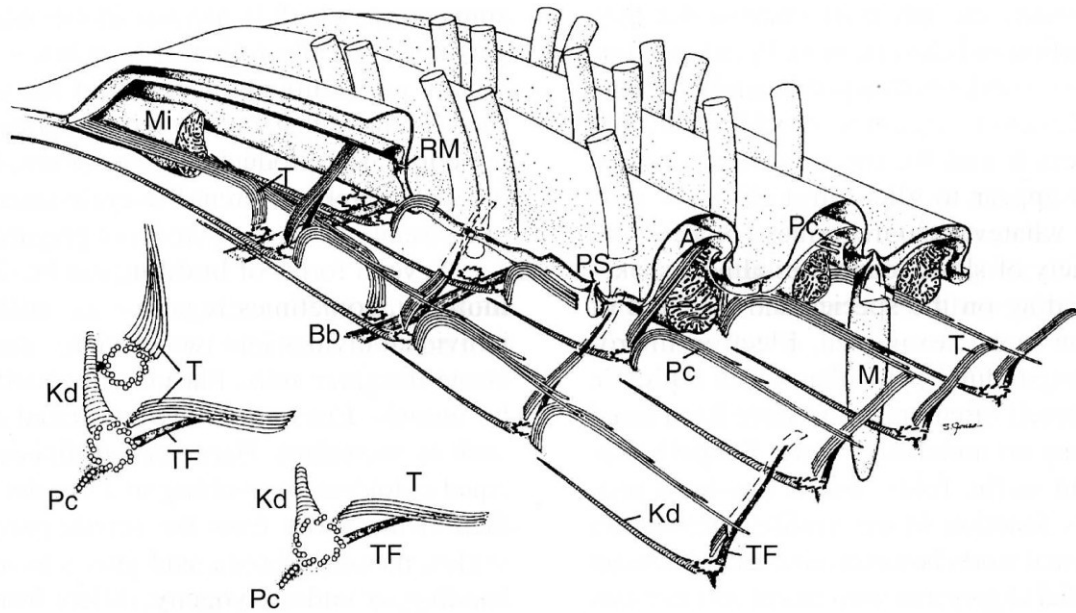
**Figure 10.5** Examples of rumen ciliates.  
(a) *Entoldinium caudatum*; (b) *Ophryoscolex purkinjei*.

# Ciliatura nálevníka



Obr. 97 Ciliophora: útvary na ventrální straně idealizovaného nálevníka. cci = kaudální řasinka, cor = kortikální oblast s alveoly, mitochondriemi a sítí filamentů, cp = cytoprokt neboli cytopyge, cy = cytostom, opk = orální polykinetidy tvořící tři polykinety, pak = parorální kineta (= membrána), pcv = pór kontraktilní vakuoly, pek = periorální kinety, sdk = somatická dikinetida, smk = somatická monokinetida (převzato z Lynna).

# Diagram struktury ciliárního komplexu

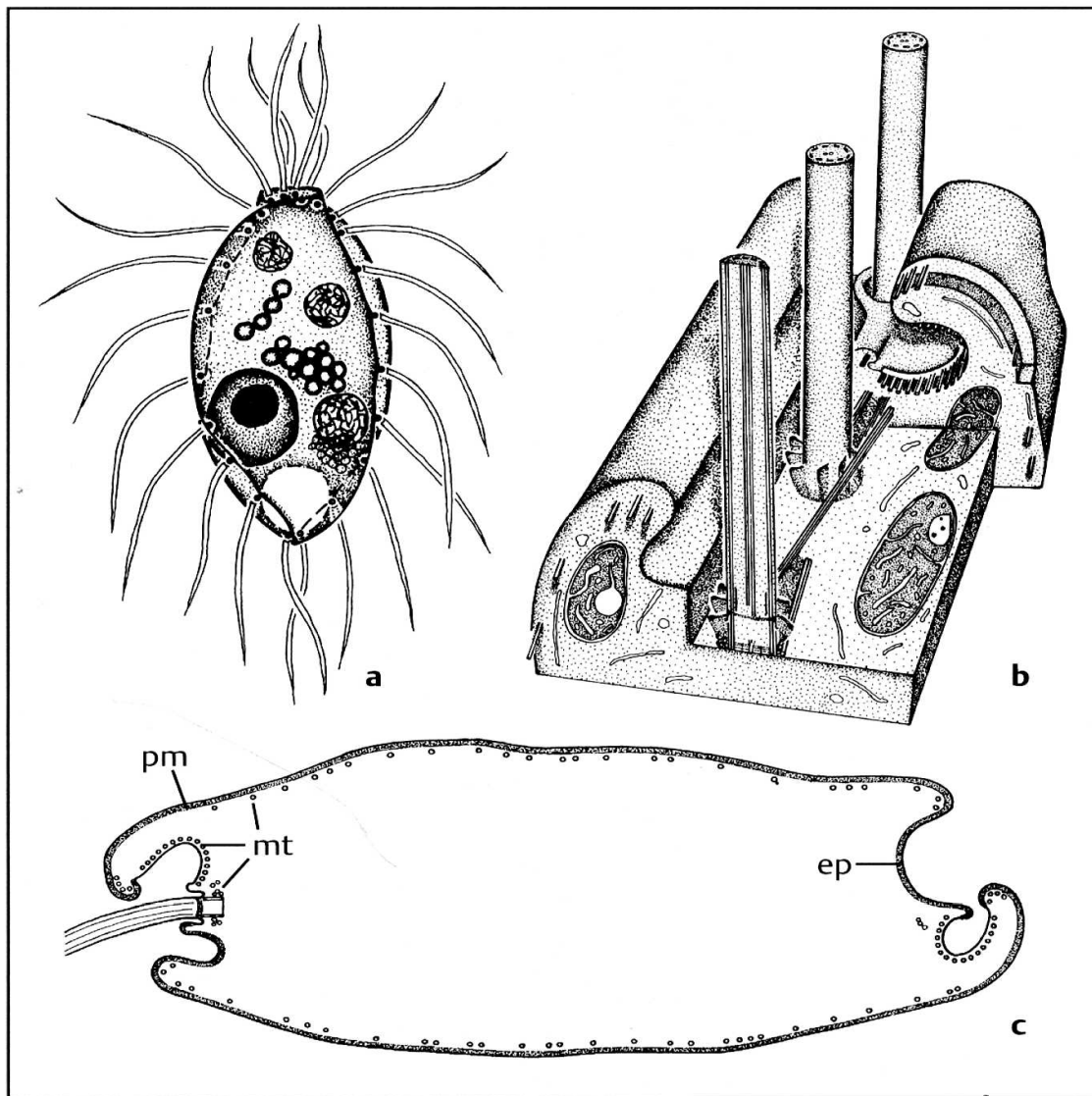


**Figure 4.6** A diagram of the structure of a ciliate cortex (*Dextiotricha media*), reconstructed from electron micrographs, illustrating the relationships between the various elements of the ciliate cortex.

A, alveolar sac; Bb, basal filamentous bundle of fibers; Kd, kinetodesmata; M, mucocyst; Mi, sausage-shaped mitochondrion; Pc, post-ciliary microtubular ribbons; PS, parasomal sac; RM, single microtubule running through a pellicular ridge; T, transverse microtubule ribbon; TF, transverse fiber. The anterior end of the cell is to the upper left.

From R. K. Peck, "Cortical ultrastructure of the scuticociliates *Dextiotricha media* and *Dextiotricha colpidiopsis* (Hymenostomata)," in *J. Protozool.* 24:122–134, 1977. Copyright © 1977. The Society of Protozoologists. Reprinted by permission.

# Rekonstrukce pelikulárních struktur



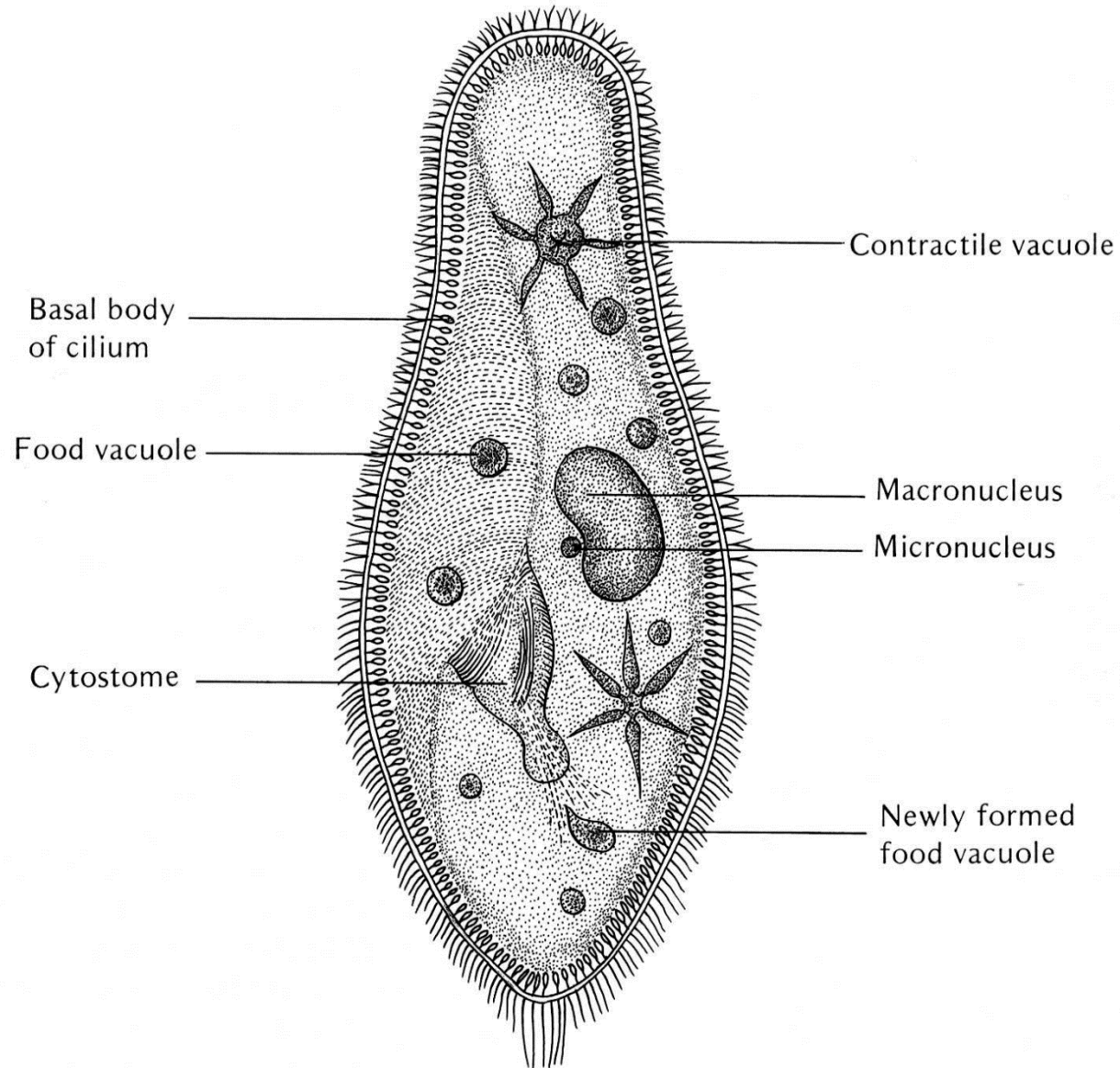
Obr. 52 Hemimastigophorea:  
**a** *Hemimastix amphikineta*.  
**b** trojrozměrná rekonstrukce pelikulárních a subpelikulárních struktur střední části těla *H. amphikineta*. **c** schéma příčného řezu *H. amphikineta*, kde je vidět značná podobnost s kortikální stavbou buňky euglen. ep = epiplazma, mt = mikrotubuly, pm = plazmatická membrána (z Foissnera et al.: Europ. J. Protistol 23: 361, 1988). Zvětš. a 2 200x.



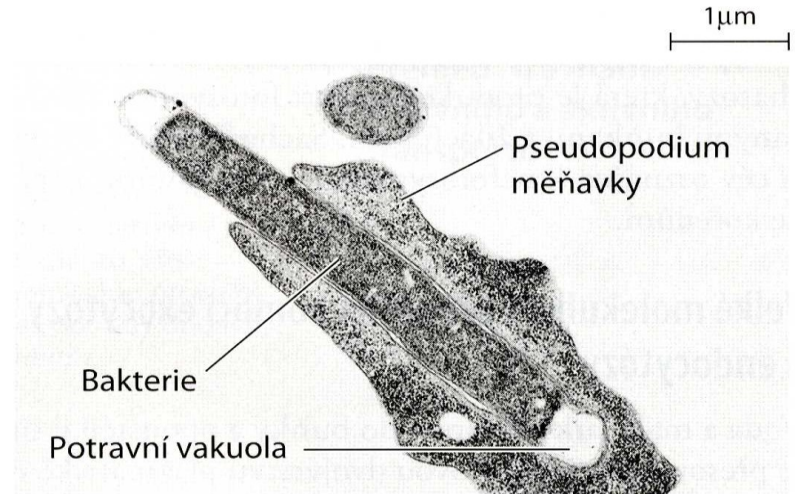
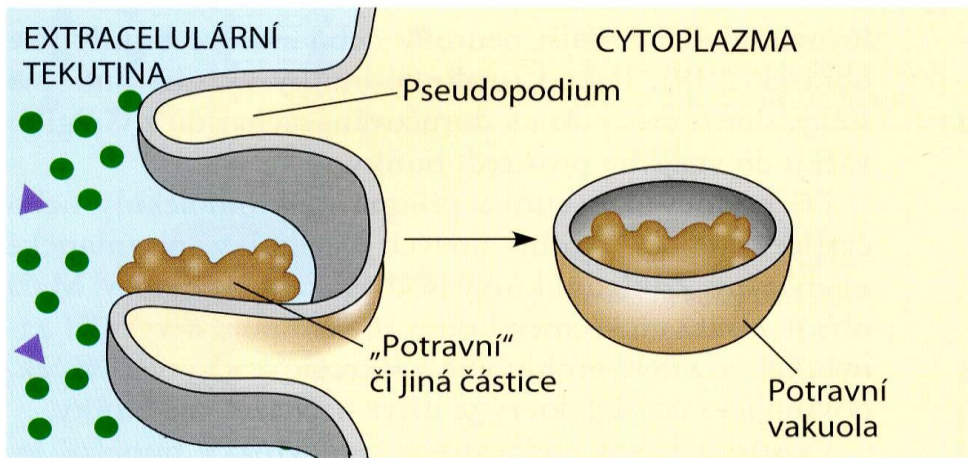
# Potrava a metabolismus prvoků

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

# Ciliata – schématická stavba

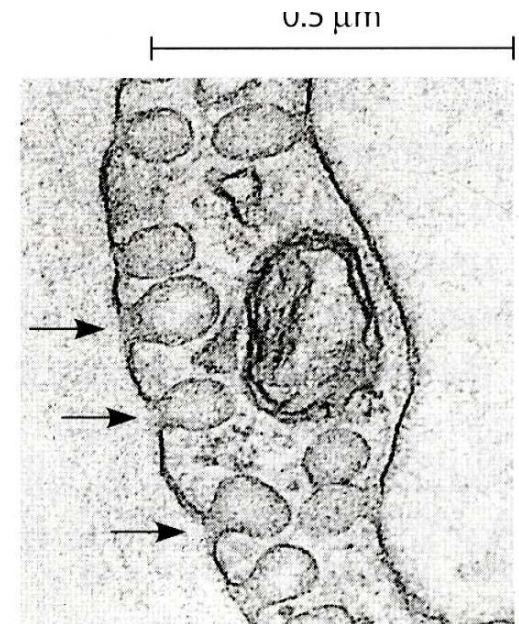
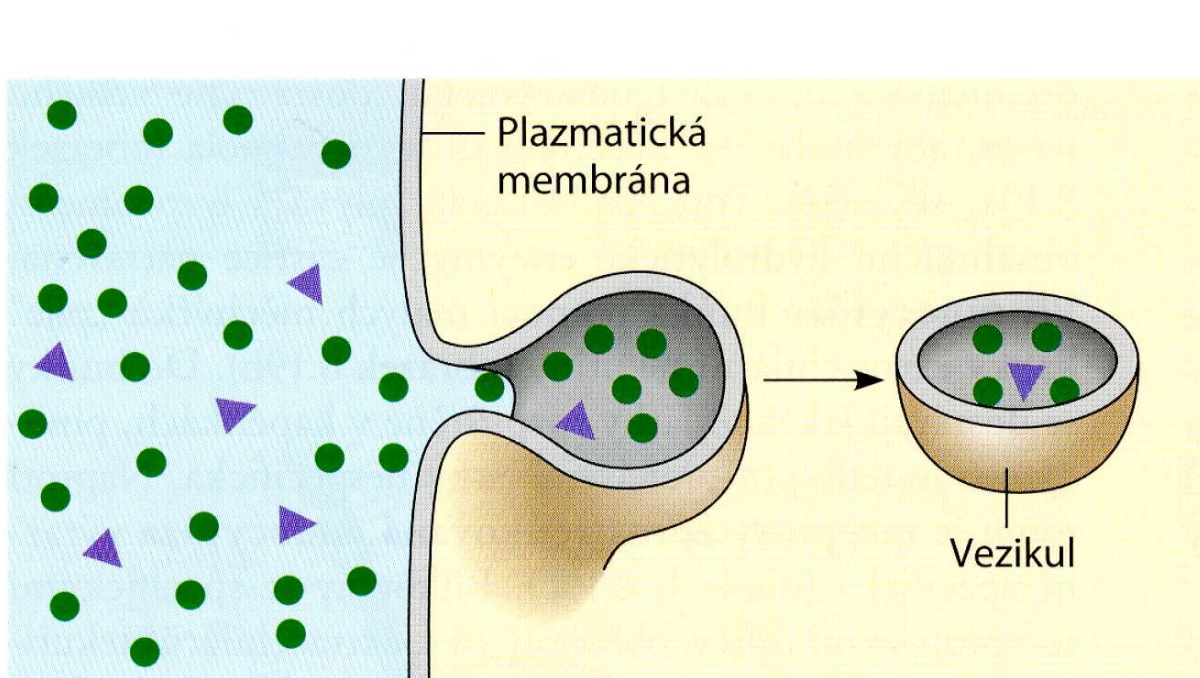


# Fagocytoza



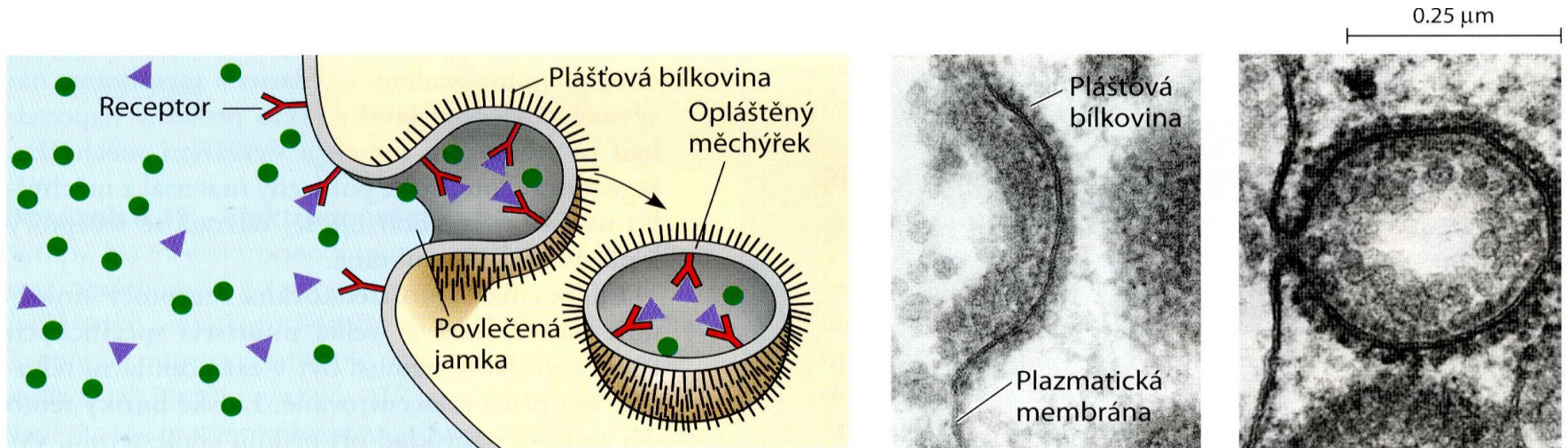
**(a) Fagocytóza.** Pseudopodie obklopí částici a zabalí ji do vakuoly. Mikrofotografie ukazuje měňavku pohlcující bakterii (TEM).

# Pinocytóza



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

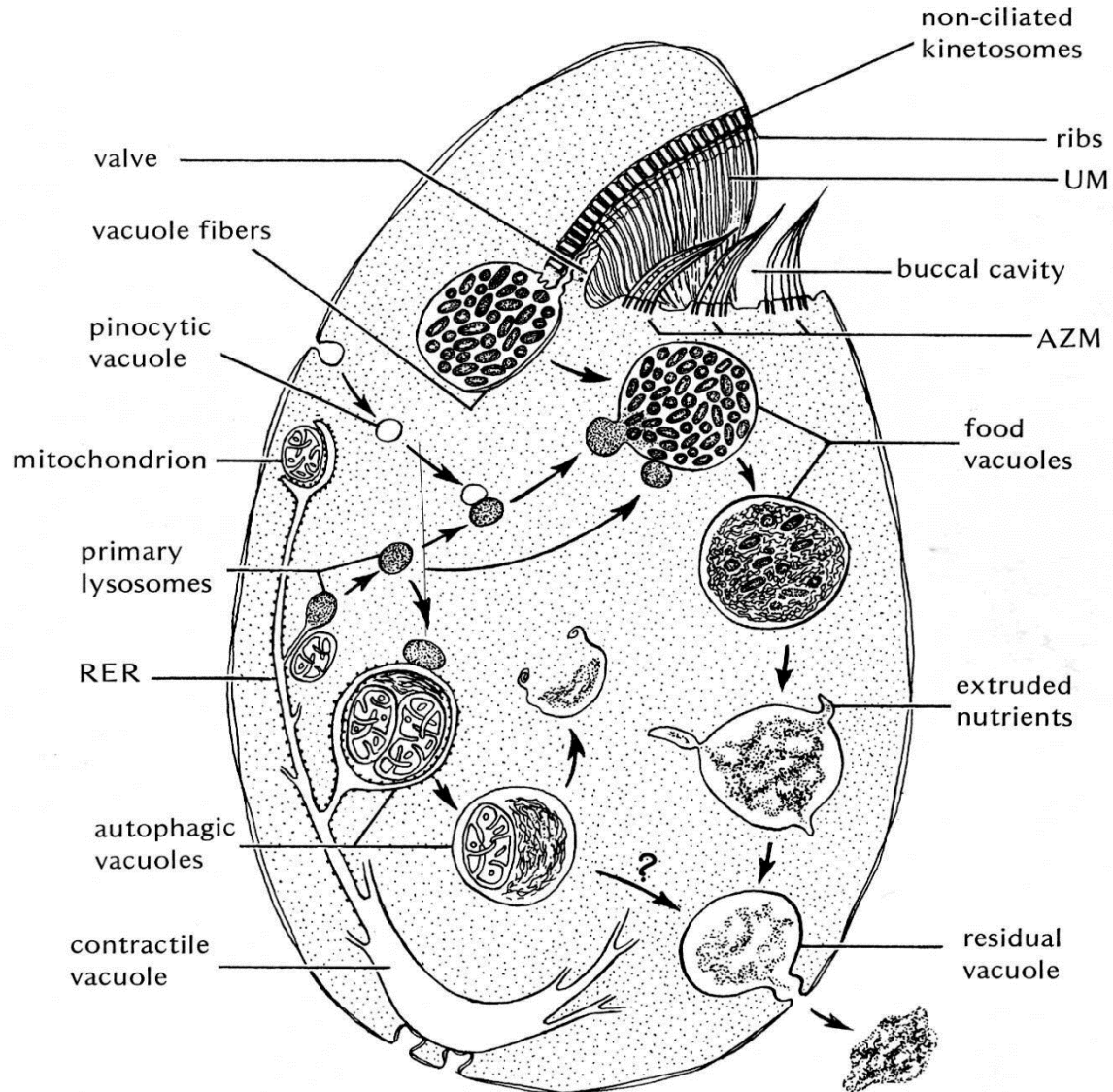
# Receptory zprostředkovaná endocytóza



(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).

# Tvorba potravní vakuoly

*Balantidium coli*



# Rozmnožování prvků