

Biologie parazitických členovců

Hematofágové

Vznik hematofágie a hlavní strategie hematofágů.
Bionomické, anatomické a fyziologické adaptace k
hematofágii.

Funkční morfologie hematofágů.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



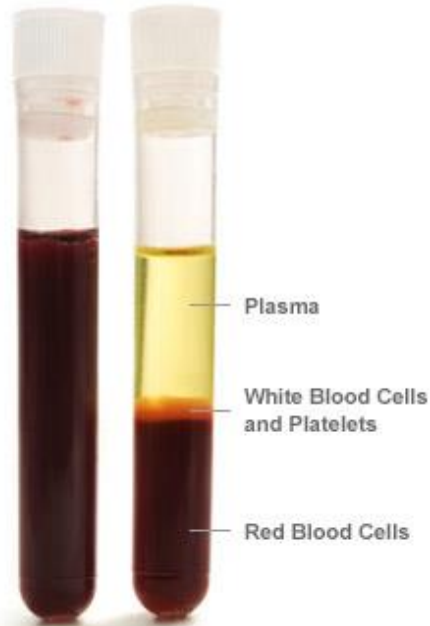
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



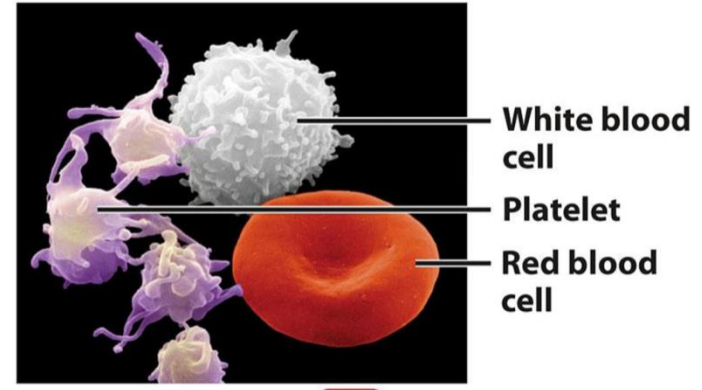
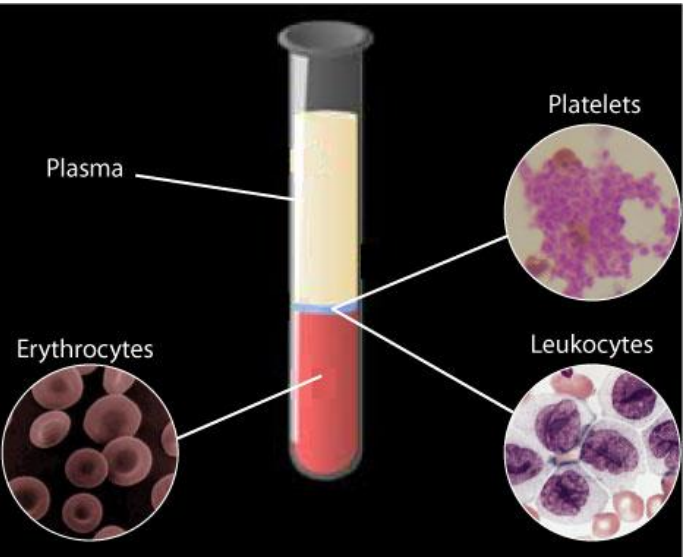
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ










Components of Blood

1. Plasma – 55% total volume of blood
 - mostly liquid water (91%)
 - soluble blood proteins (7%)
 - hormones
 - electrolytes
 - nutrients(2%)
2. Cellular Component – 45% total volume of blood
 - White blood cells
 - Platelets
 - Red blood cells





SEM 3500x

FORMED ELEMENTS	Function and Description	Source
Red Blood Cells (erythrocytes)  4 million–6 million per mm ³ blood	Transport O ₂ and help transport CO ₂ 7–8 μm in diameter; bright-red to dark-purple biconcave disks without nuclei	Red bone marrow
White Blood Cells (leukocytes) 5,000–11,000 per mm ³ blood <i>Granular leukocytes</i> <ul style="list-style-type: none"> Neutrophils  40–70% Eosinophils  1–4% Basophils  0–1% <i>Agranular leukocytes</i> <ul style="list-style-type: none"> Lymphocytes  20–45% Monocytes  4–8% 	Fight infection Phagocytize pathogens. 10–14 μm in diameter; spherical cells with multilobed nuclei; fine, lilac granules in cytoplasm if Wright stained. Phagocytize antigen-antibody complexes and allergens. 10–14 μm in diameter; spherical cells with bilobed nuclei; coarse, deep-red, uniformly sized granules in cytoplasm if Wright stained. Release histamine and heparin, which promote blood flow to injured tissues. 10–12 μm in diameter; spherical cells with lobed nuclei; large, irregularly shaped, deep-blue granules in cytoplasm if Wright stained. Responsible for specific immunity. 5–17 μm in diameter (average 9–10 μm); spherical cells with large, round nuclei. Become macrophages that phagocytize pathogens and cellular debris. 10–24 μm in diameter; large, spherical cells with kidney-shaped, round, or lobed nuclei.	Red bone marrow
Platelets (thrombocytes)  150,000–300,000 per mm ³ blood	Aid hemostasis. 2–4 μm in diameter; disk-shaped cell fragments with no nuclei; purple granules in cytoplasm.	Red bone marrow



PLASMA	Function	Source
Water (90–92% of plasma)	Maintains blood volume; transports molecules	Absorbed from intestine
Plasma proteins (7–8% of plasma) Albumins	Maintain blood osmotic pressure and pH Maintain blood volume and pressure	Liver
Globulins	Transport; fight infection	
Fibrinogen	Coagulation	
Salts (less than 1% of plasma)	Maintain blood osmotic pressure and pH; aid metabolism	Absorbed from intestine
Gases Oxygen Carbon dioxide	Cellular respiration End product of metabolism	Lungs Tissues
Nutrients Lipids Glucose Amino acids	Food for cells	Absorbed from intestine
Nitrogenous wastes Uric acid Urea	Excretion by kidneys	Liver
Other Hormones, vitamins, etc.	Aid metabolism	Varied





Ektoparaziti savců

- ektoparaziti rostlin ale hlavně savců
- selektivní tlak na hostitele ⇒ u savců vždy
⇒ u rostlin nemusí být
- savčí hostitel přispívá k přenosu parazitů (rostliny ne)
- imunologický systém savčího hostitele ⇒ mohutně vyvinutý obranný systém
⇒ kontradaptace ektoparazita



Volně žijící hematofágové

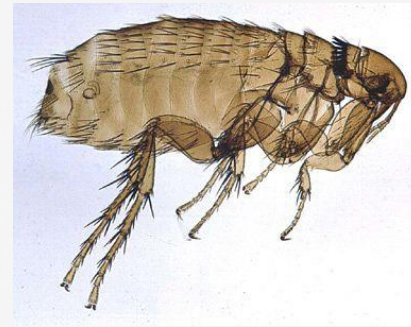
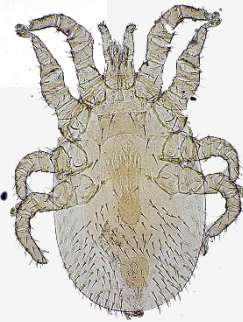
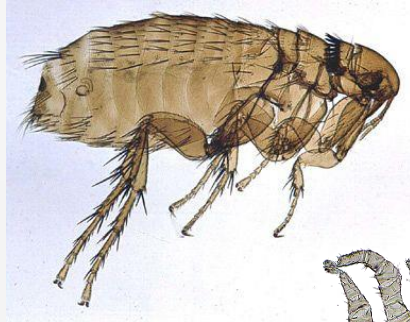


- skoro 100% je Diptera
- malá hostitelská specifita (hostitel = zdroj potravy)
- velká mobilita (dobří letci)
- problémy s vyhledáváním hostitele - gonotrofický cyklus
- nasají zhruba 2x větší množství krve, než je jejich tělesná hmotnost
- nektarofagie \Rightarrow cukr slouží na pokrytí energetických nároků; σ většinou nektarofágní; u ♀ je i autogenie kdy první snůška vajíček proběhne bez nasání krve (stačí nektar) (např. *C. molestus*)



Dočasní hematofágové

(většina života na hostiteli)



„rapid feeding“

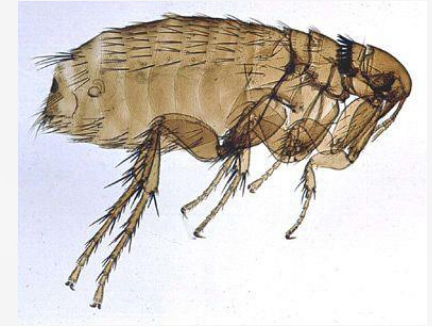
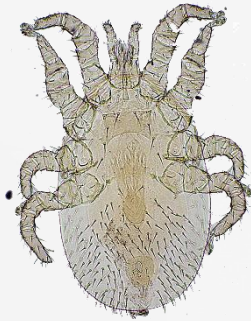


„slow feeding“

- střední hostitelská specifita
- sají často a rychle
- většinu života na hostitelovi, ale nejsou na něho bezpodmínečně vázaní

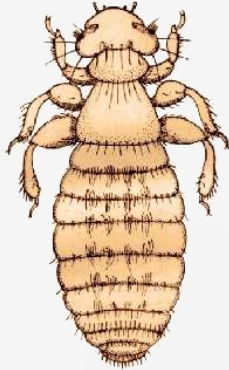
- sají až několik dní
- úzce vázaní na hostitele, opouštějí ho zřídka (např. k nakladení vajíček)
- dobře vybavení proti hemostatickým a imunologickým mechanismům hostitele

Hematofágové hnízd a nor



- Heteroptera (Cimicidae), Argasidae, blechy
- specifita určena především mikrohabitatem a mikroklimatem \Rightarrow do značné míry polyxenní
- sání trvá minuty až hodiny
- přijmou cca 10x větší množství krve, než je jejich tělesná hmotnost
- vydrží dlouho bez hostitele

Trvalý ektoparaziti



- vši, všenky
- vysoká hostitelská specifita
- časté sání v malých dávkách
- krátká životnost mimo hostitele
- střední až nízká fekundita, protože to nejsou r - stratégové



Vznik hematofagie



Ektoparaziti vázaní na obratlovce

(měli sklon inklinovat k hematofágii)

Členovci živící se sekrety
Larvy vyvíjející se v trusu
Obyvatelé hnízd

Morfologické preadaptace

Entomofágní hmyz



Ústní ústrojí schopné proniknout pokožkou
(preadaptace k tomu aby se stali hematofágní)





- vyhledání hostitele
- nalezení a identifikace potravy
- zablokování hemostáze hostitele
- nasátí krve, ukončení sání, trávení
- metabolismus
- reprodukce

Vyhledávání hostitele

podle olfaktorických signálů, zrakem a podle teploty

- ✓ smyslové orgány především na tykadlech a palpách
- ✓ různá množství antenálních receptorů podle strategie parazita

10-20



56



2100



5000



- smyslové („appetitive“) hledání
- aktivace a orientace
- atrakce

(3 odlišné neurologické programy)

V jednotlivých fázích může hematofág reagovat různě na stejný signál.

Smyslové („appetitive“) hledání

Necílené poletování ⇨ vyšší šance narazit na hostitele

Vylíhnutí



SH

Prodleva: vývoj gonád, dokončení sklerotizace (?)



Vnitřně řízená denní aktivita



Aktivita

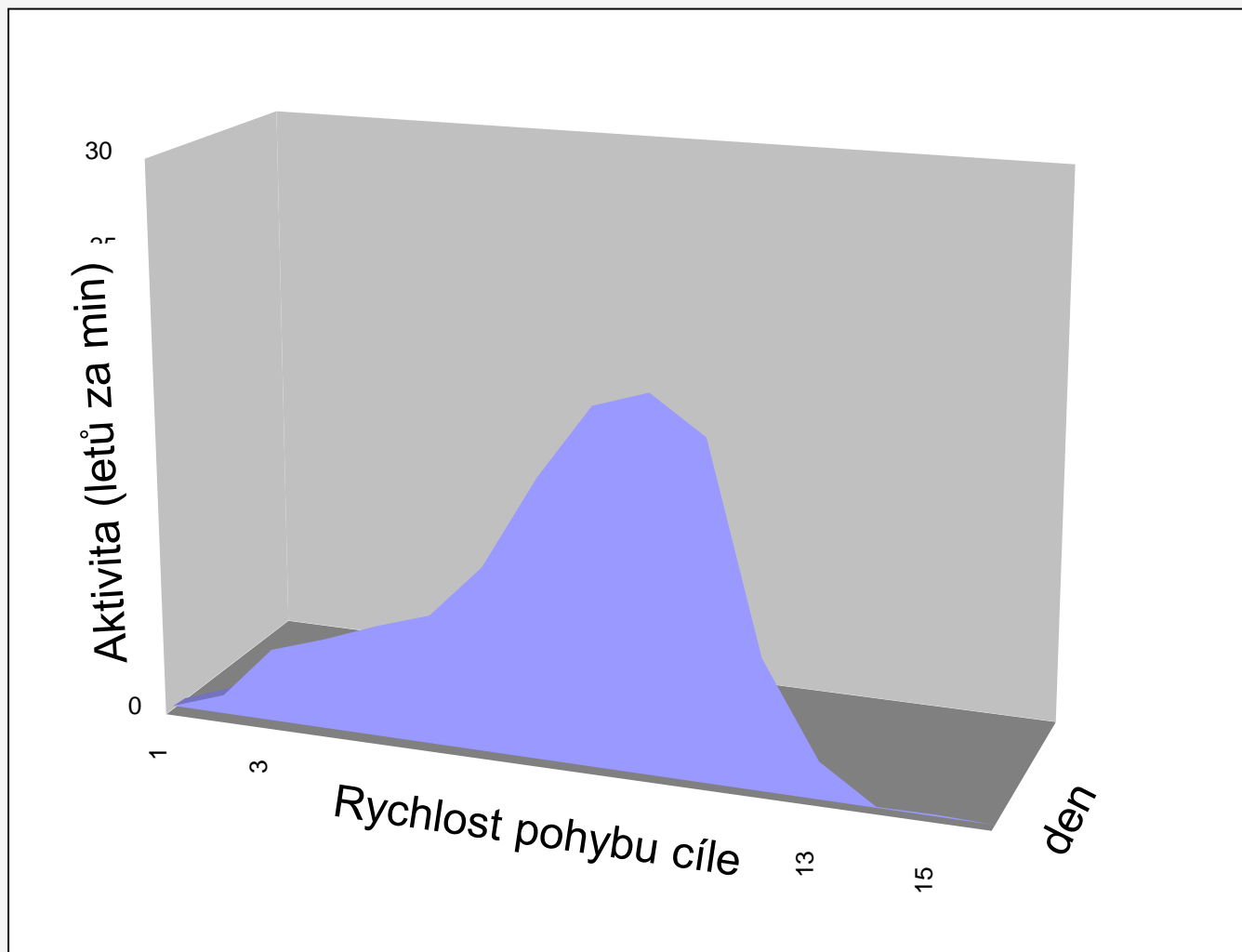


7:00

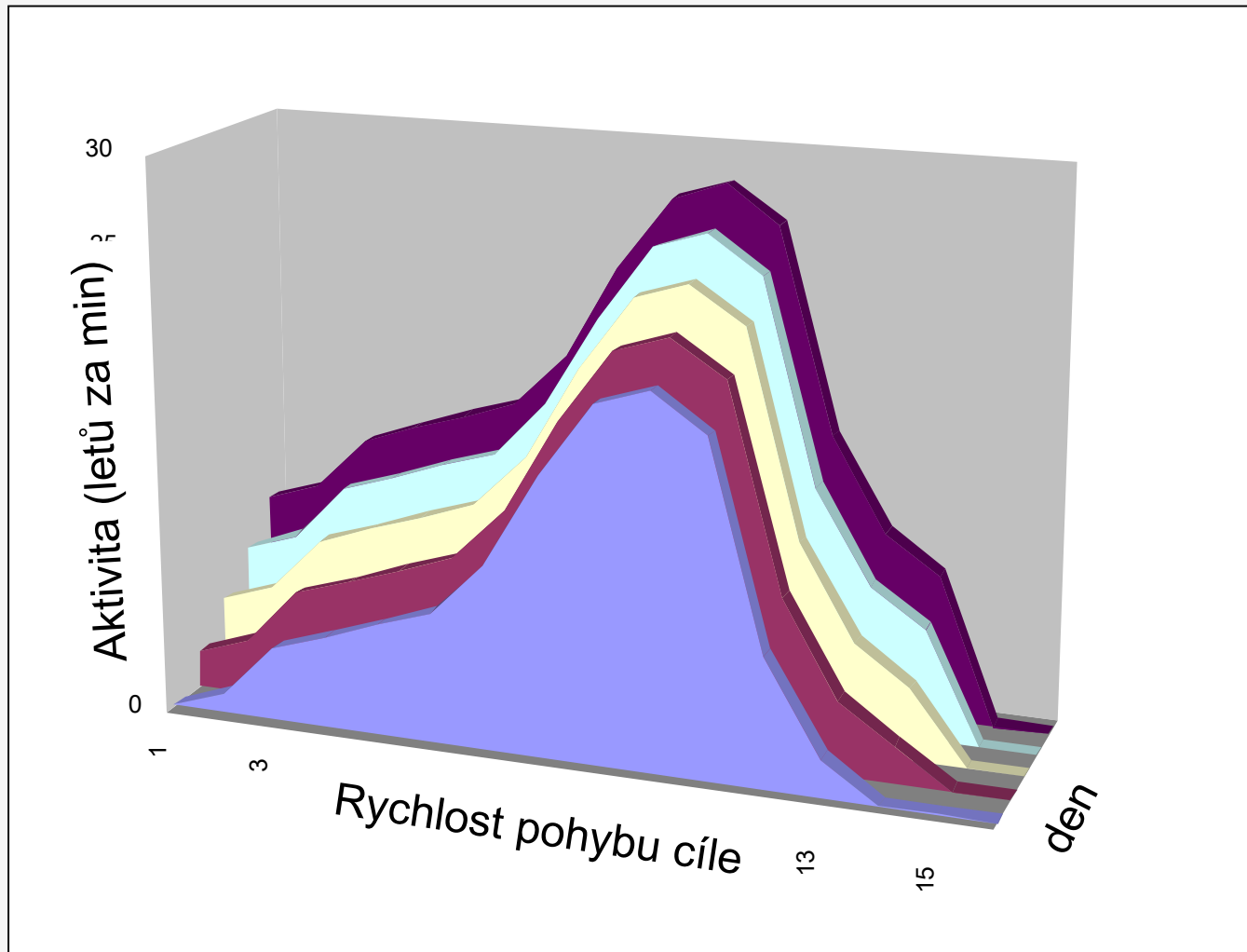
17:00

V první den po narození nemají žádné vlastnosti hematofágů, ty se začnou rozvíjet až na druhý den.

Odpořed' na stimuli se zesiluje s řasem (s „hladem“)



Odpořed' na stimuli se zesiluje s řasem (s „hladem“)



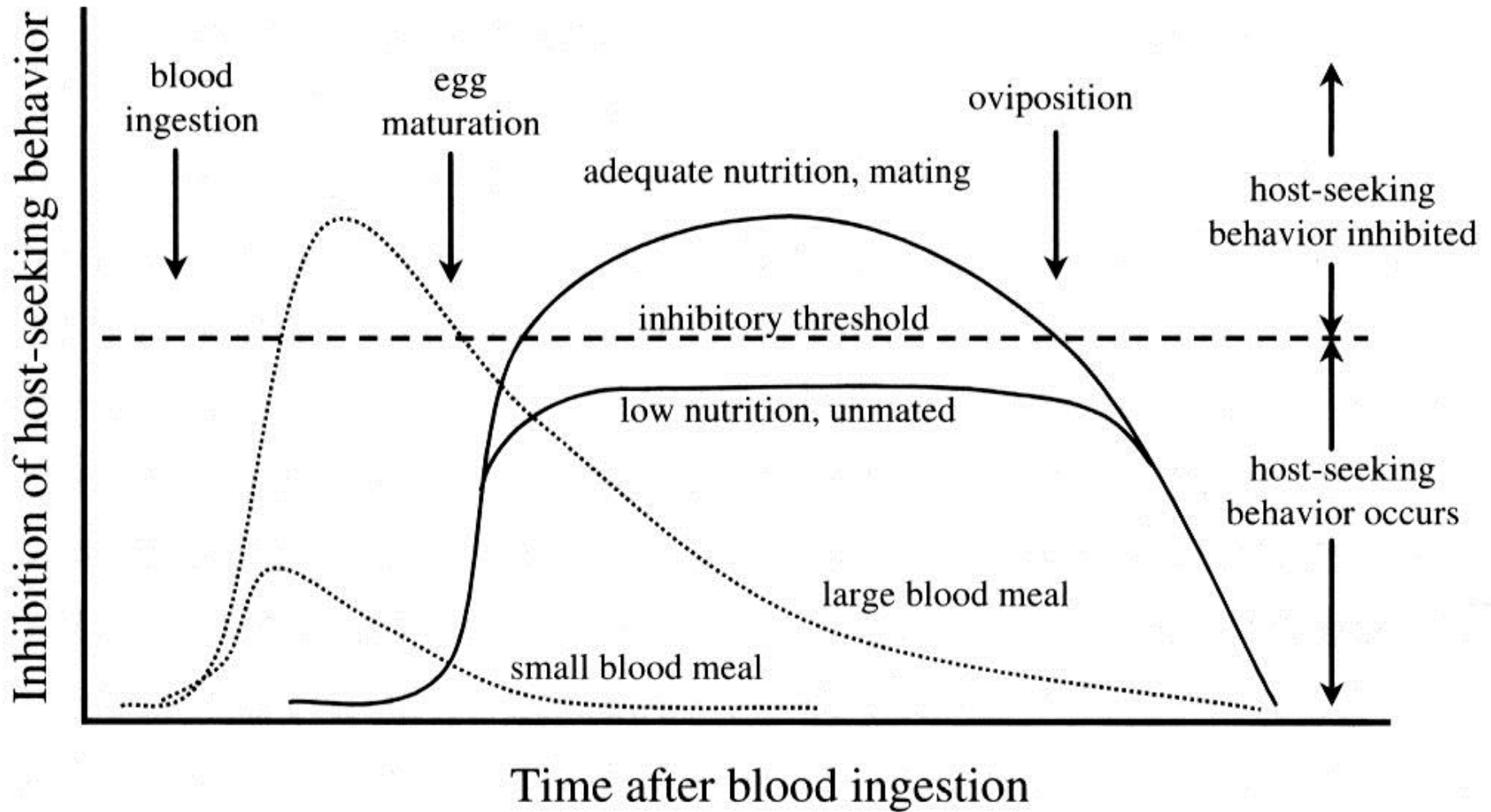


FIGURE 20.5 Behavioral inputs and thresholds and their net result on host-seeking behavior. Both blood ingestion (dotted lines) and egg development (solid lines) inhibit host-seeking behaviors when their inhibitory effects exceed a threshold (dashed line).



Aktivace a orientace



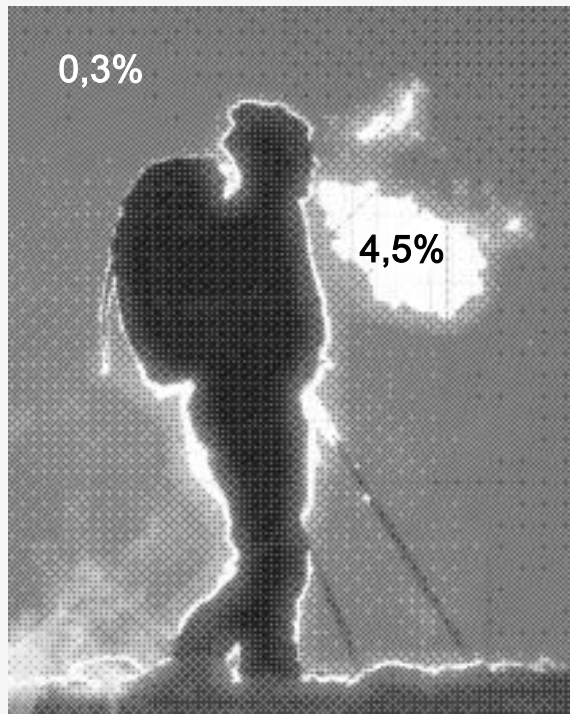
Parazit narazí na stimul a spustí se u něho program, jak podle daného signálu najít hostitele...

- Olfaktorické stimuly:**
- CO_2
 - kyselina mléčná (lactic acid = LA)
 - aceton
 - butanon
 - oktenol
 - látky v moči nebo v potu ...

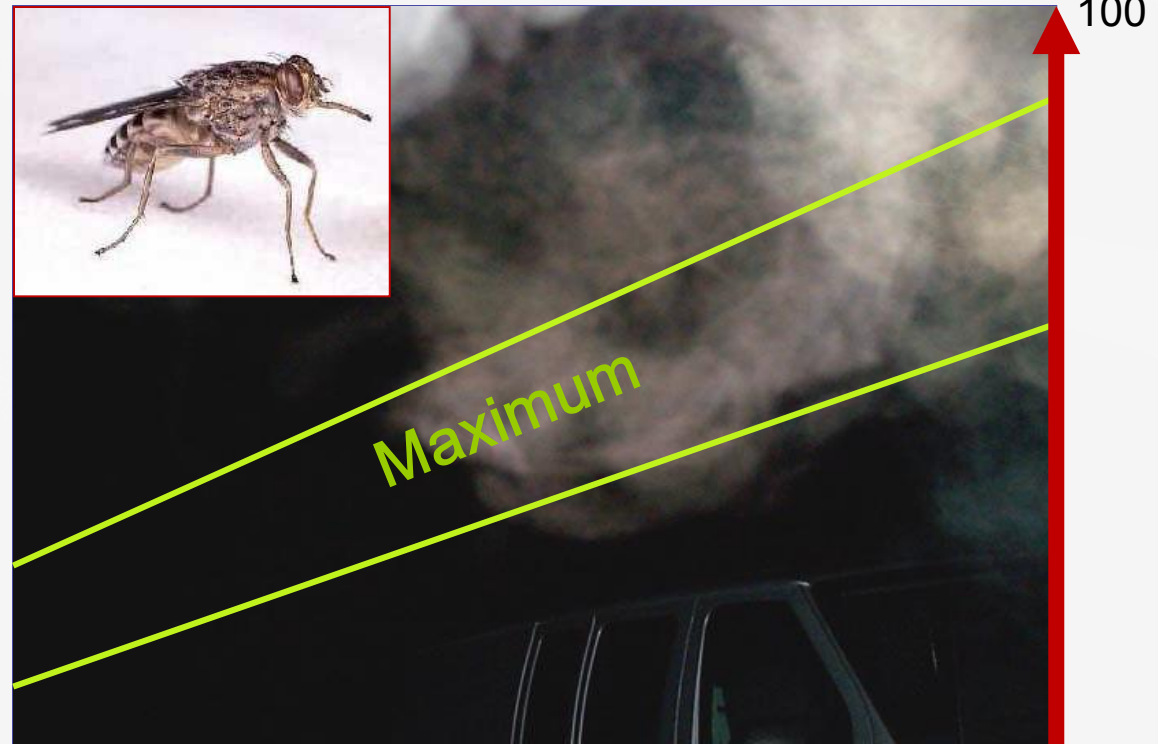
Vizuální stimuly: jiné spektrum vidění posunuto do UV oblasti \Rightarrow přitahuje je černá a modrá barva



Aktivace a orientace



Rozmezí atraktivnosti (m)



Emise CO₂ (ml/min)

Rychlá habituace



signálem je změna koncentrace CO₂ (ne přímo samotný CO₂)

0,05% rozdíl – vyvolává odezvu

0,01% rozdíl – elektrofyziologické odezvy na palpách



Zig-zag + negativní anemotaxe

Jak parazit zjistí kde je hostitel?

Podle určování směru větru

Optomotorická anemotaxe

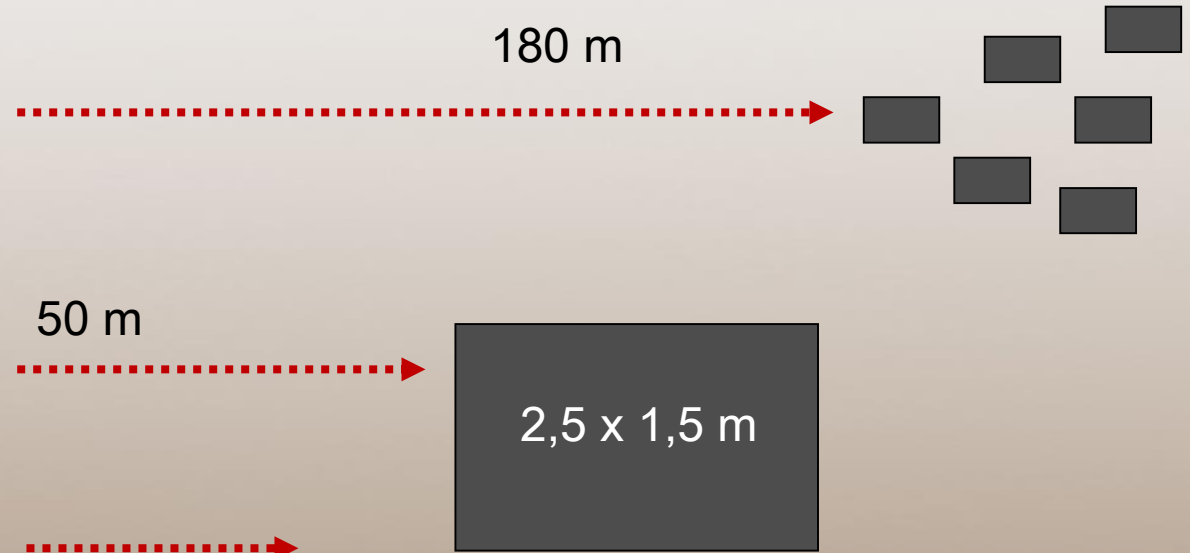
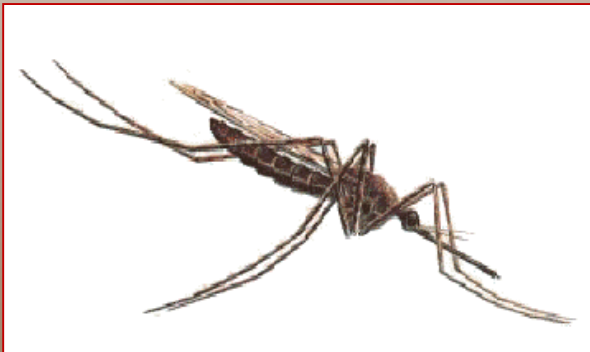
(podle proudění vzduchu ale i optické koncentrace)

LA \Rightarrow hmyzu jsou specifické receptory na LA

Např. u komárů hormonálně kontrolovaná senzitivita LA+ a LA- (inhibičních) receptorů na tykadlech (hormon z FB během oogeneze); hladový komár má zvýšenou citlivost LA+ receptorů a naopak nasátý jedinec má citlivost nízkou nebo je úplně necitlivý. LA- receptor je pořád konstantní.

Působení složek ve směsi (vyšší specifita).

Atrakce – zrak, směs olfaktorických signálů, teplota



50 m

180 m

2,5 x 1,5 m

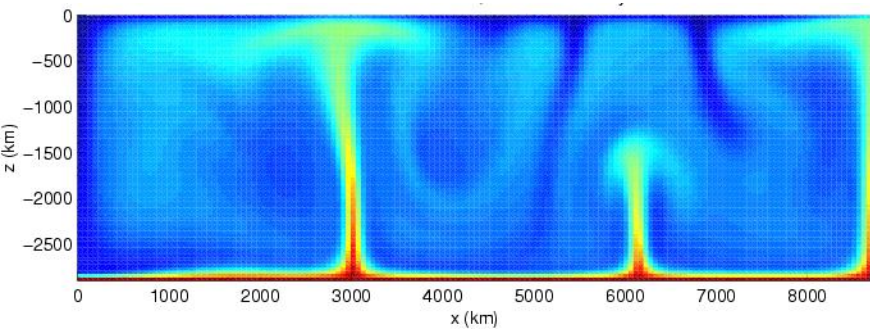
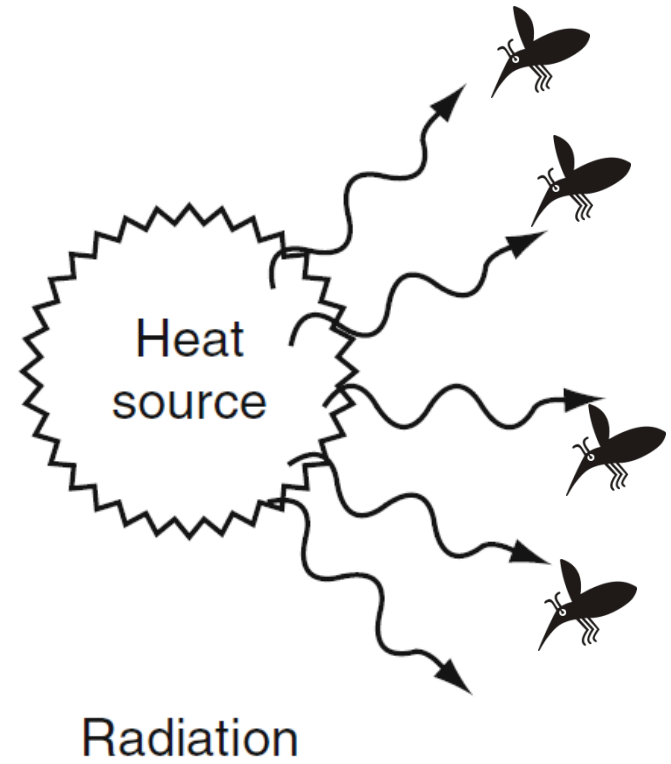
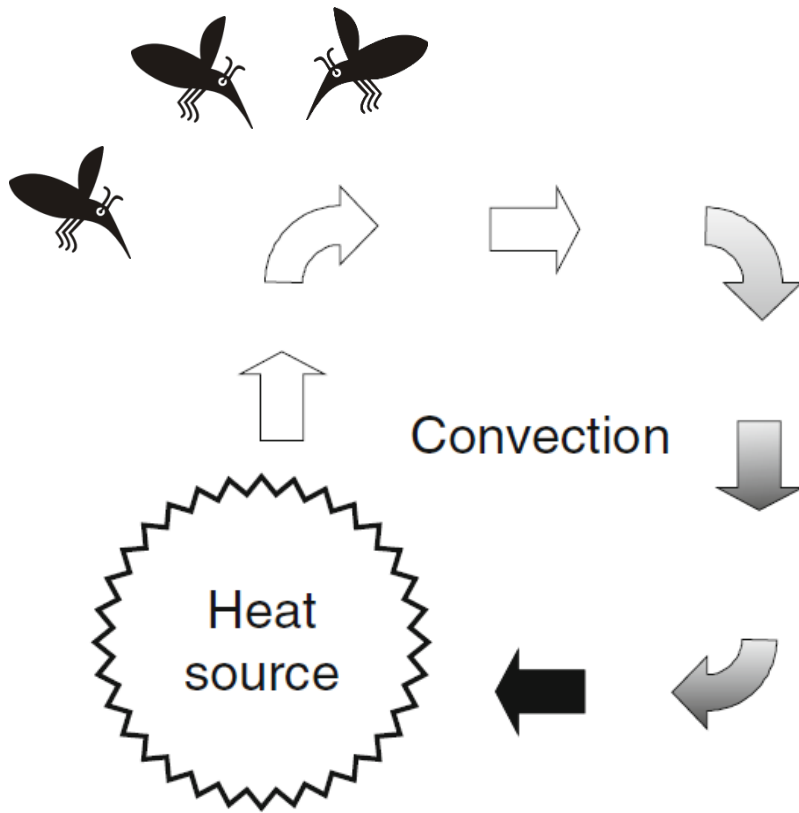
5 – 20 m

tvar, barva, kontrast

na krátké vzdálenosti - teplota

Tady se rozhodne jestli si sedne na hostitele nebo ne pokud něco „nesedí“ (např. teplota) nebo chybí.

Teplo

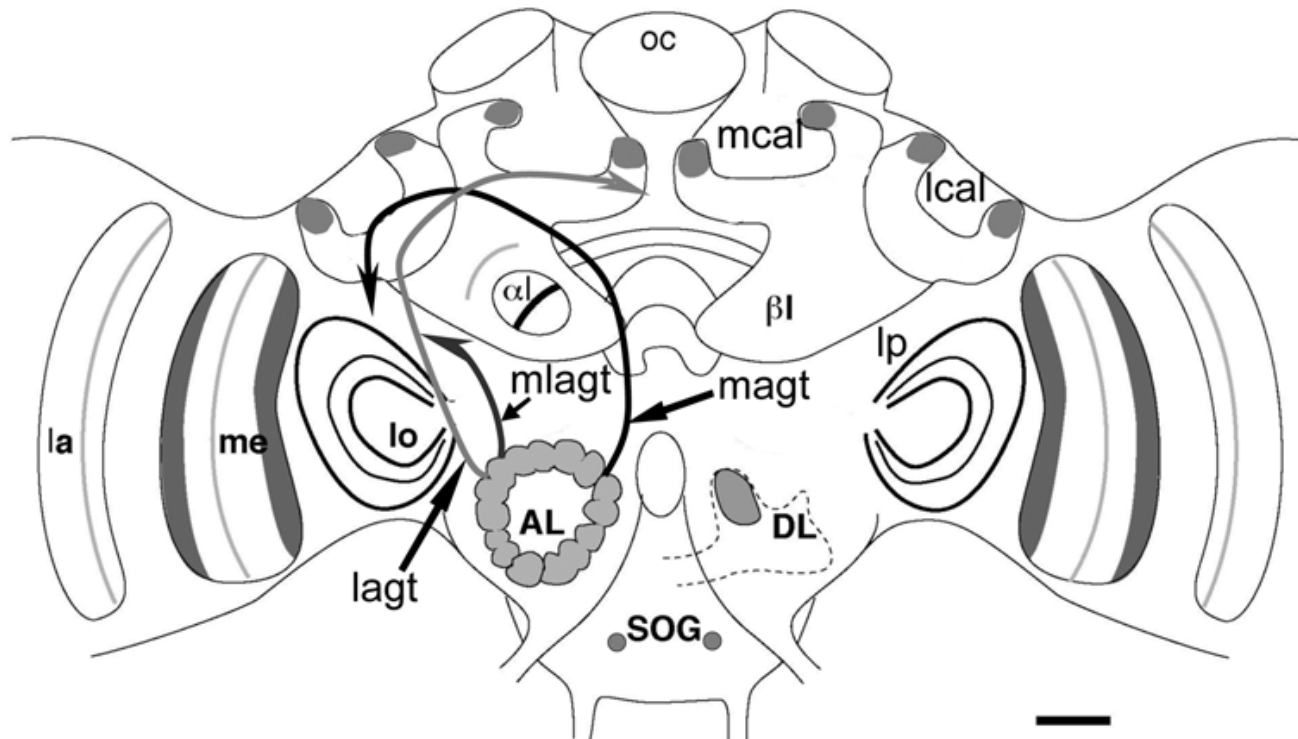


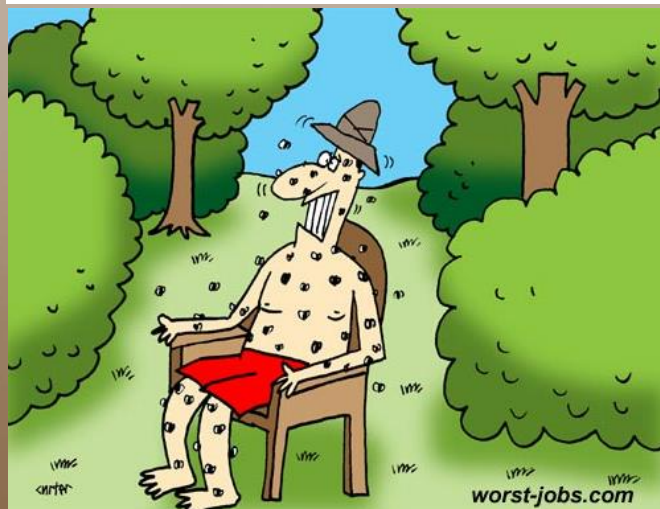
Are Vectors Able to Learn about their Hosts? A Case Study with *Aedes aegypti* Mosquitoes



Wladimir J Alonso⁺, Tristram D Wyatt, David W Kelly

Zoology Department, Oxford University, South Park Road, Oxford, OX1 3PS, England



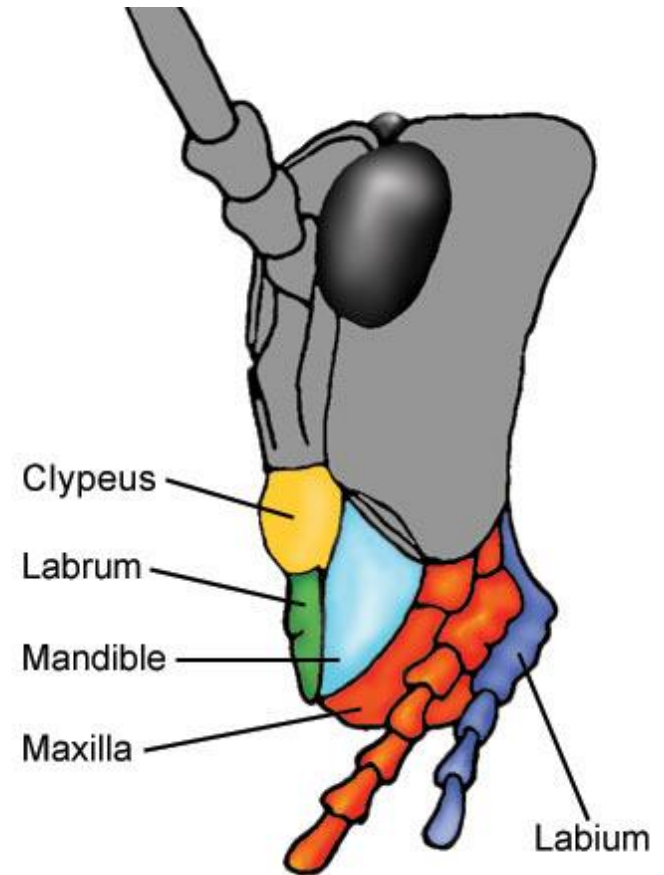
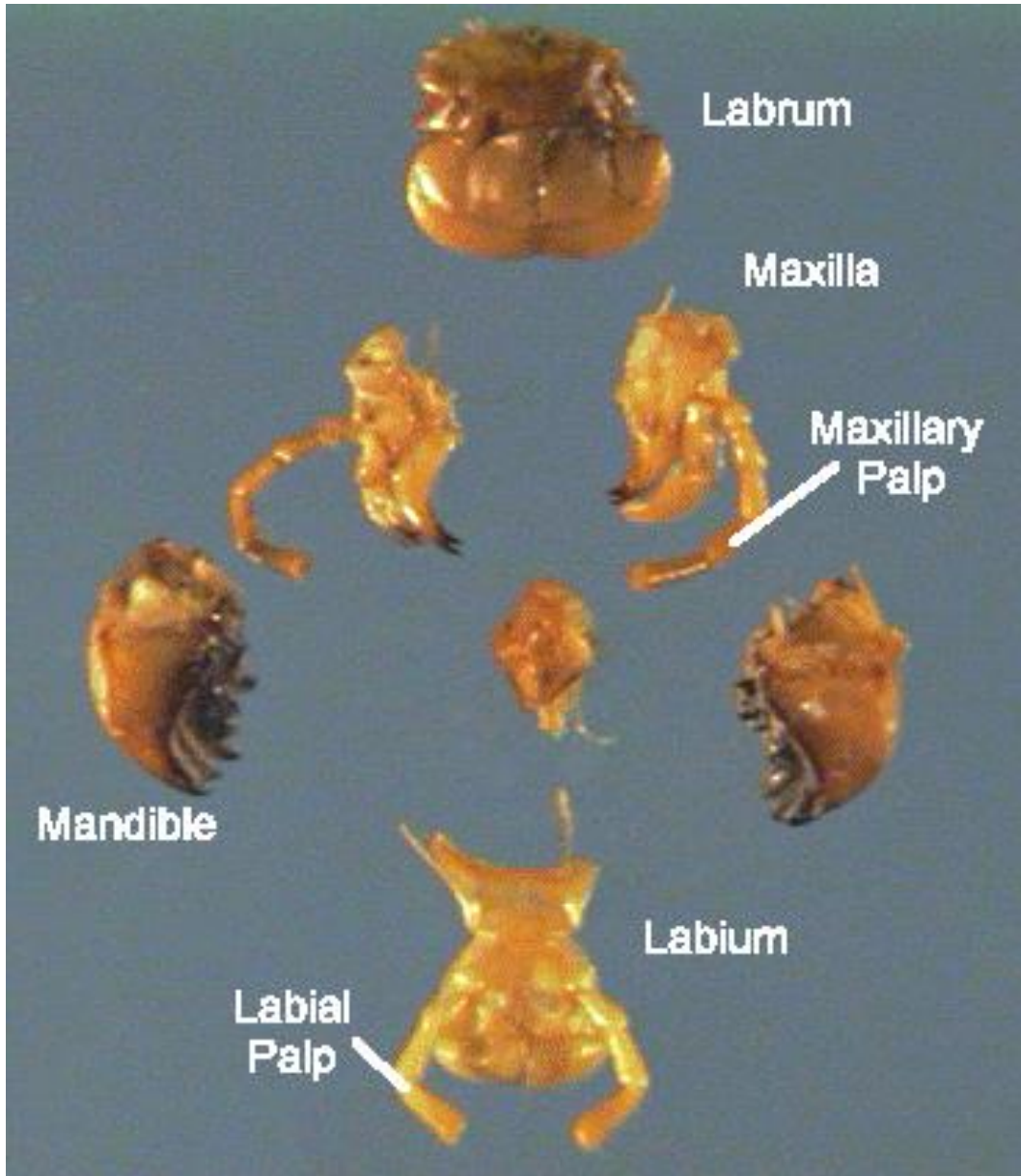


Přizpůsobení ústního ústrojí

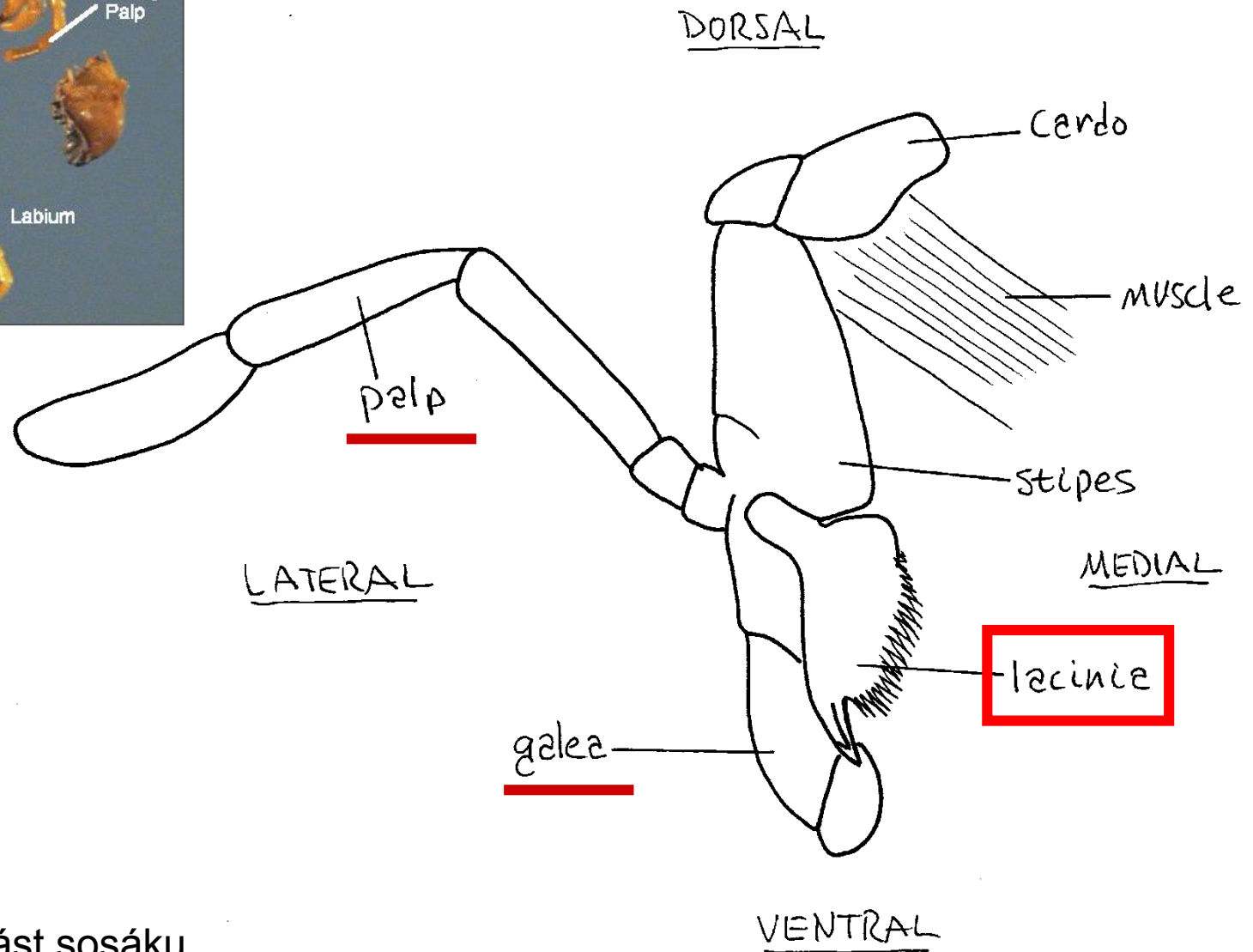
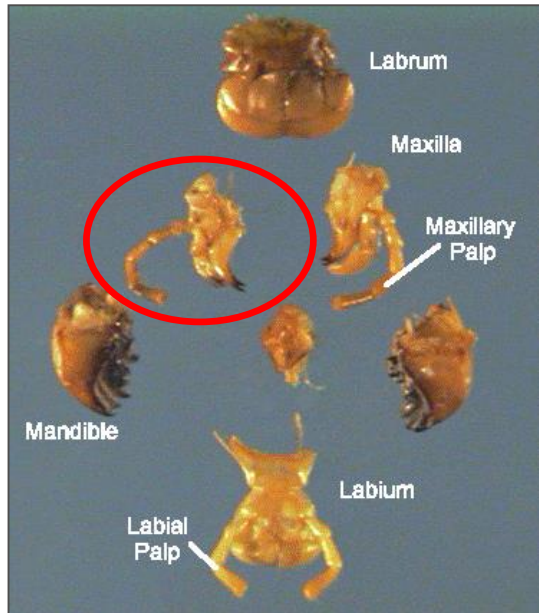
(k tomu aby parazit krev našel a aby se k ní pak dostal)



Ústní ústrojí hmyzu

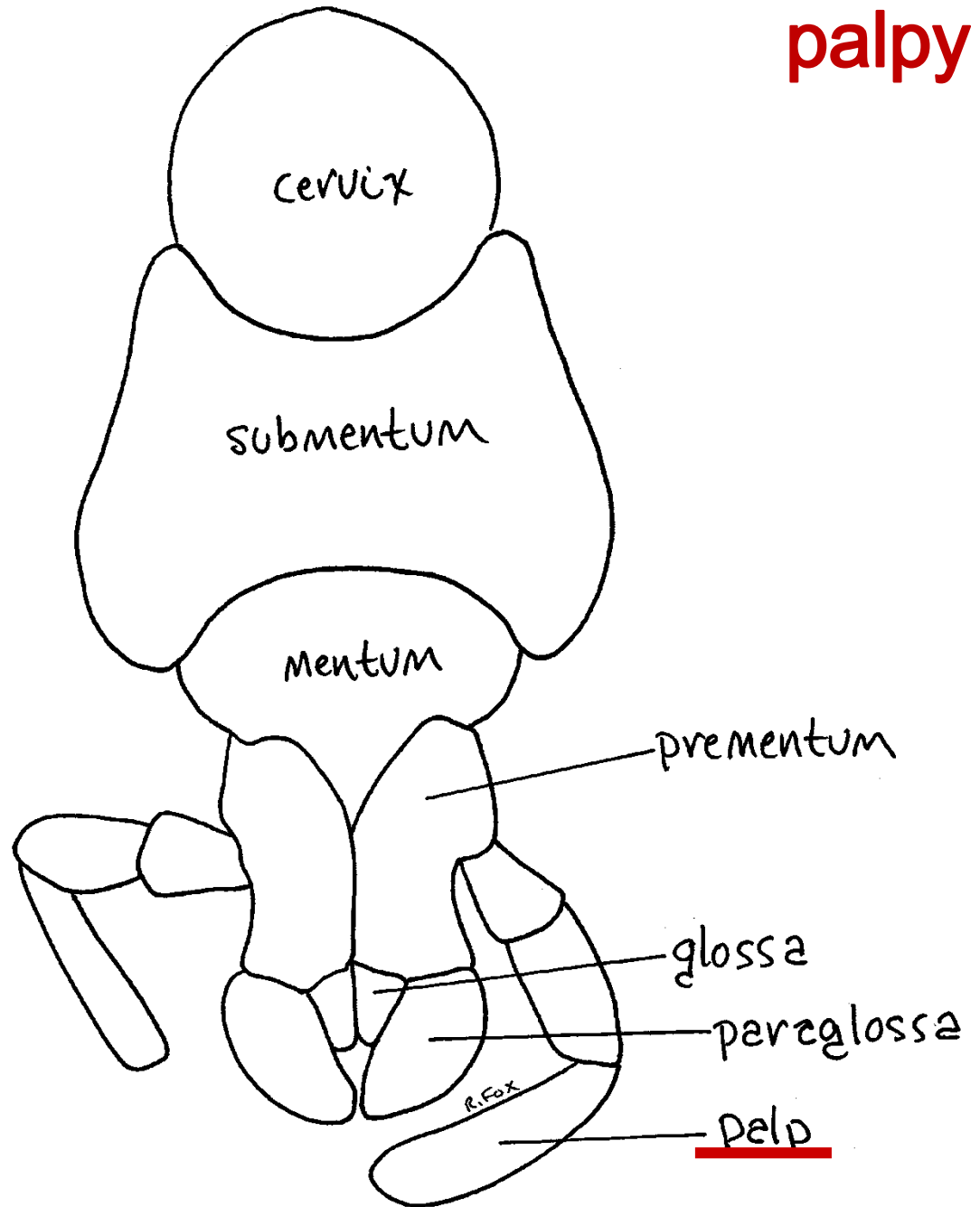
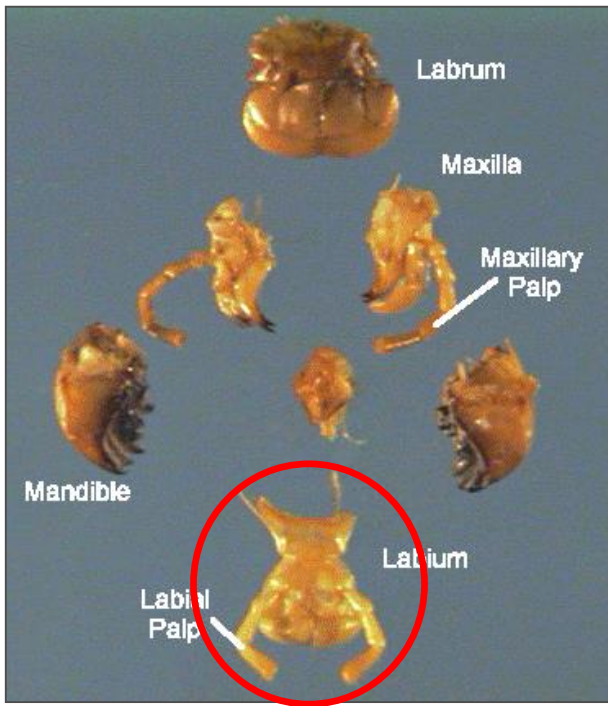


maxilla

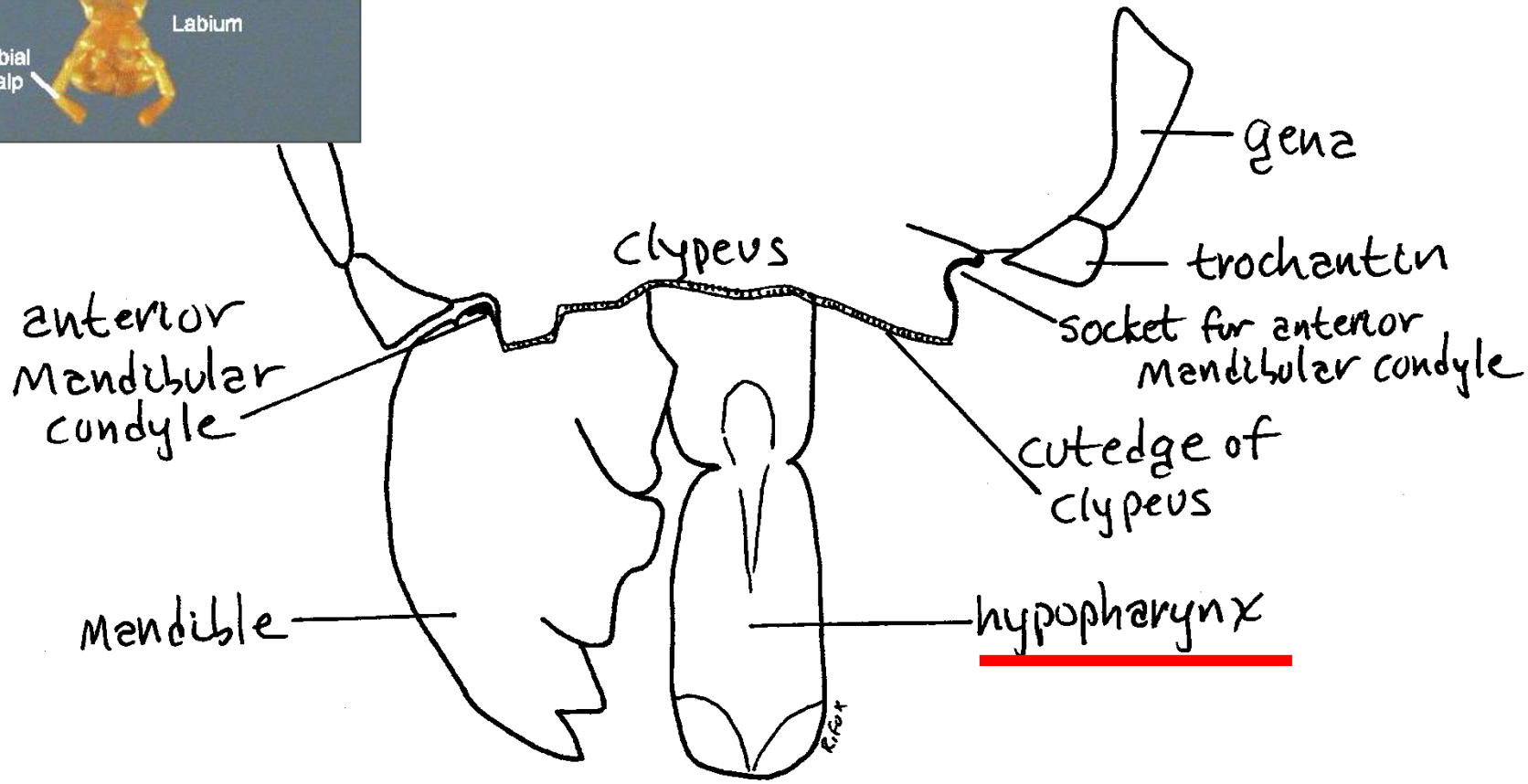
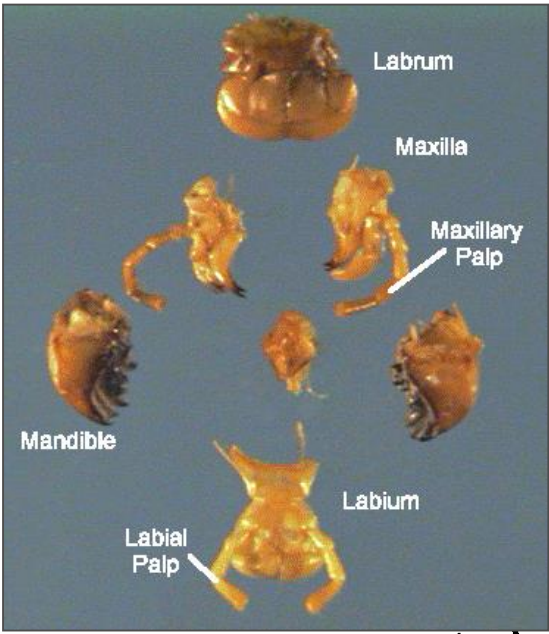


Lacínie – součást sosáku

palpy

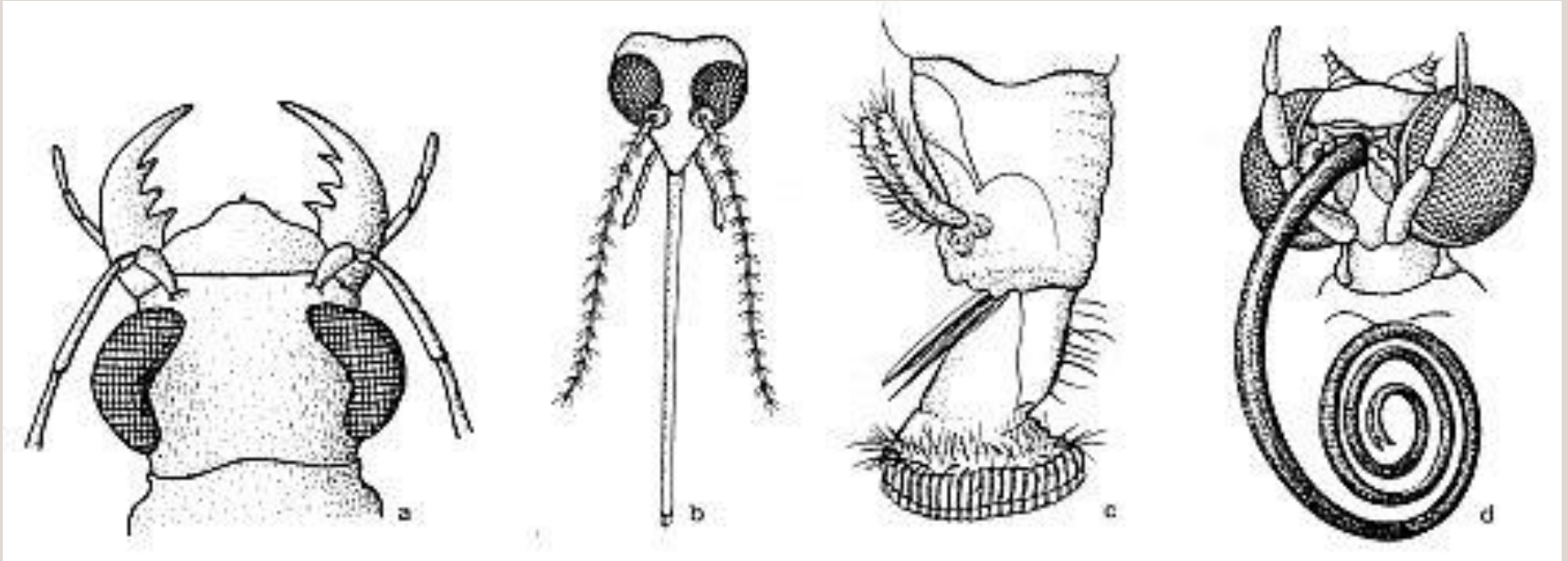


hypopharynx

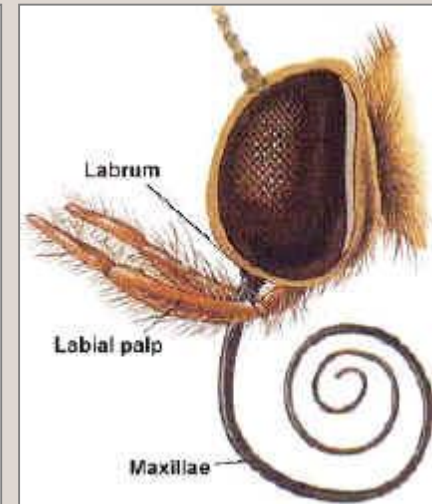
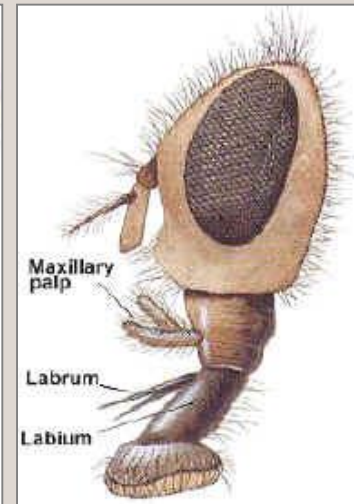
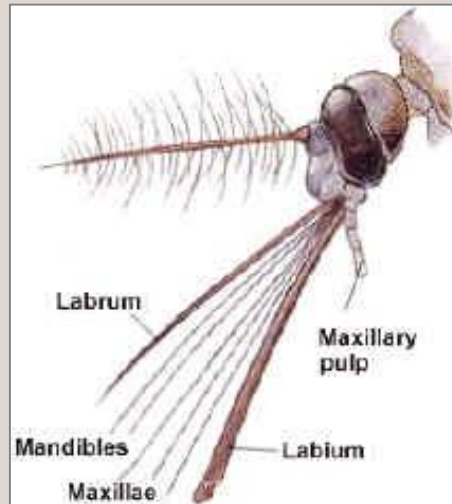
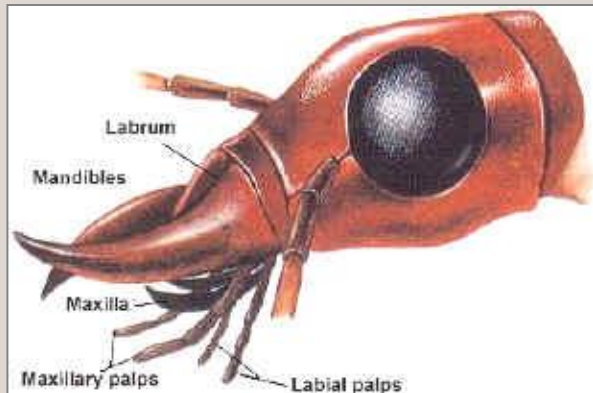


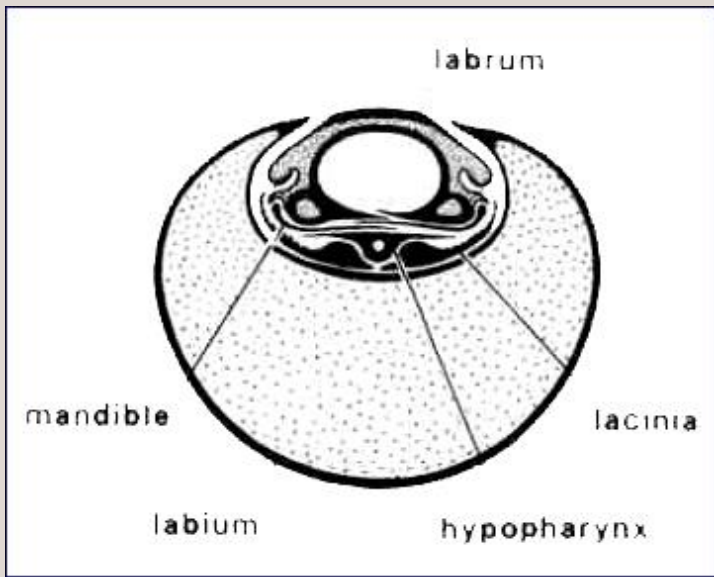


Typy ústního ústrojí

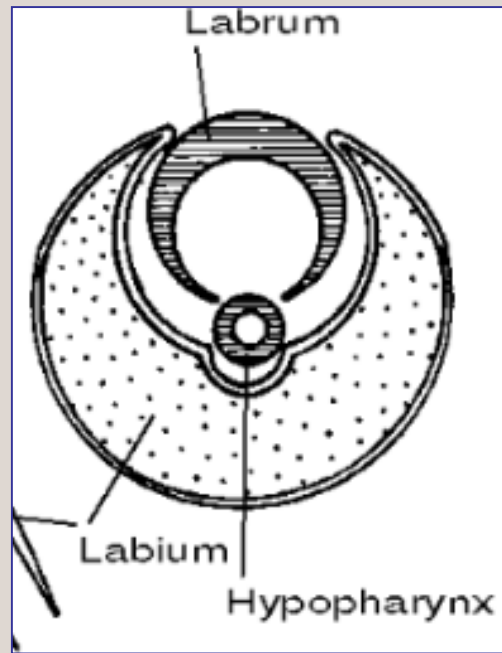


a - kousací (brouci) b - bodavě-sací (komáři) c - lízavě-sací (mouchy) d - sací (motýli)

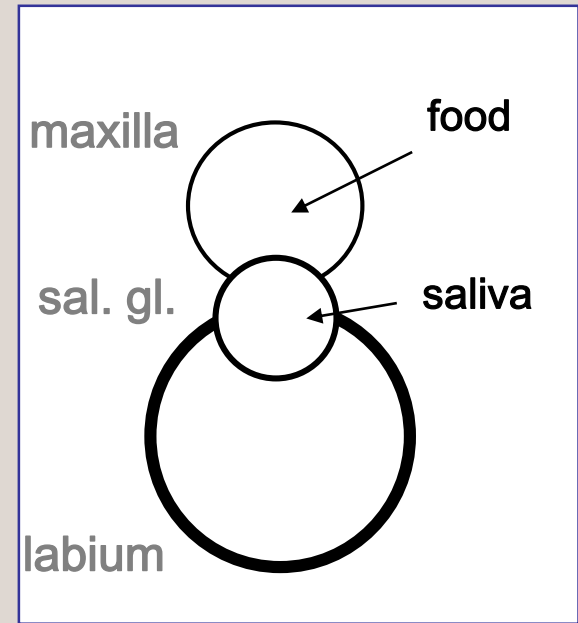




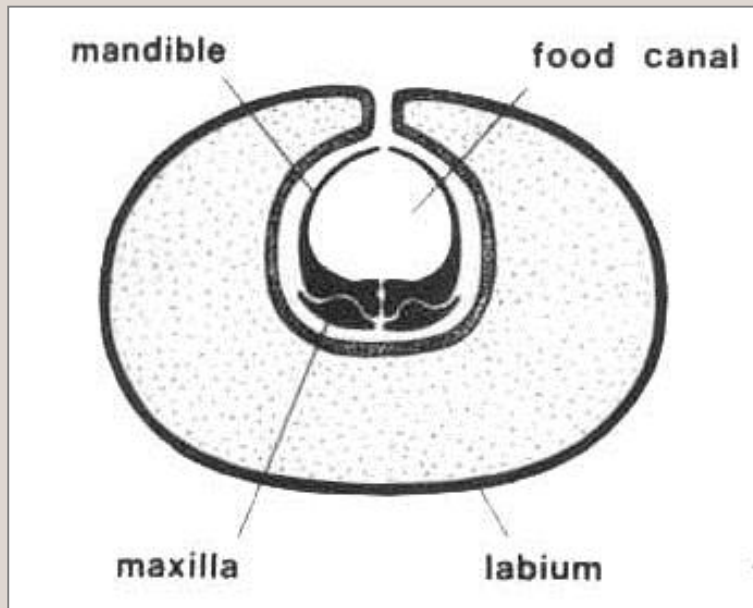
Culicidae



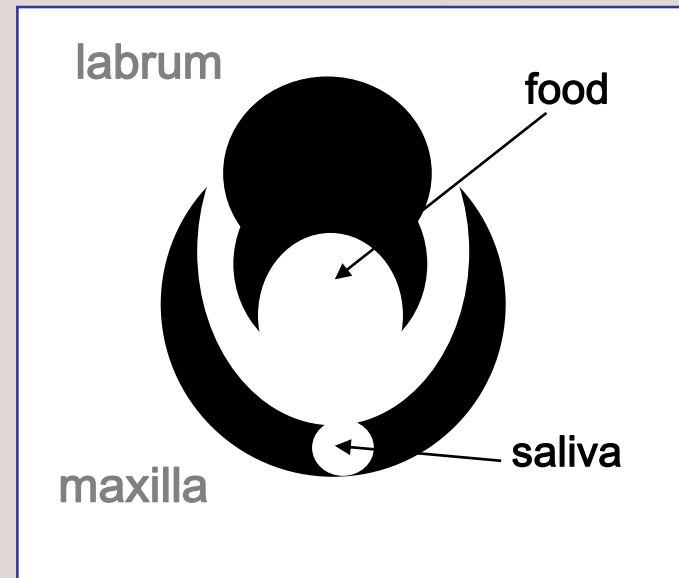
Stomoxyidae



Anoplura



Heteroptera



Siphonaptera

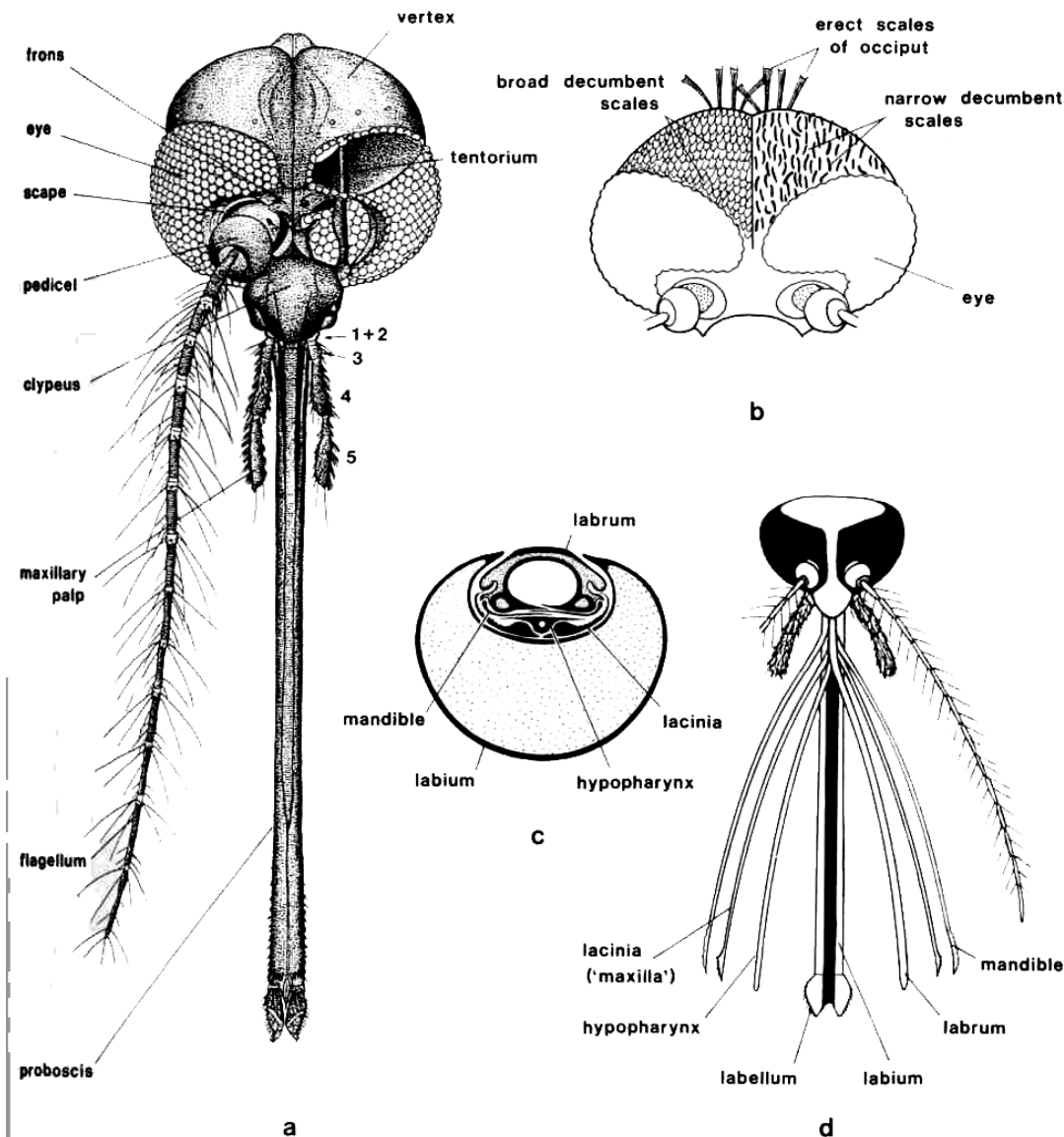
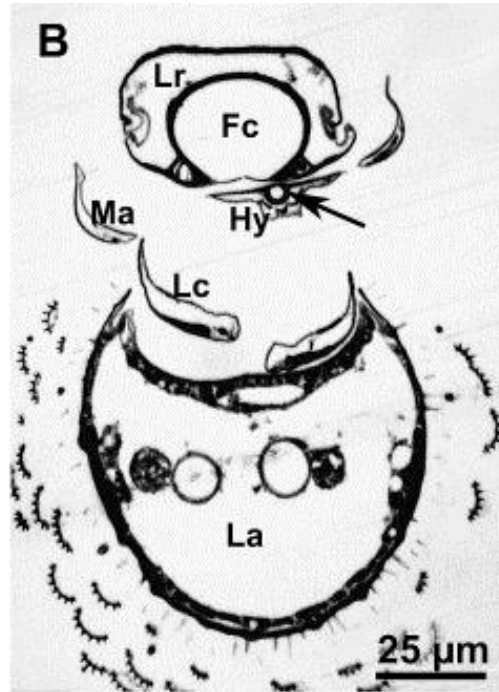
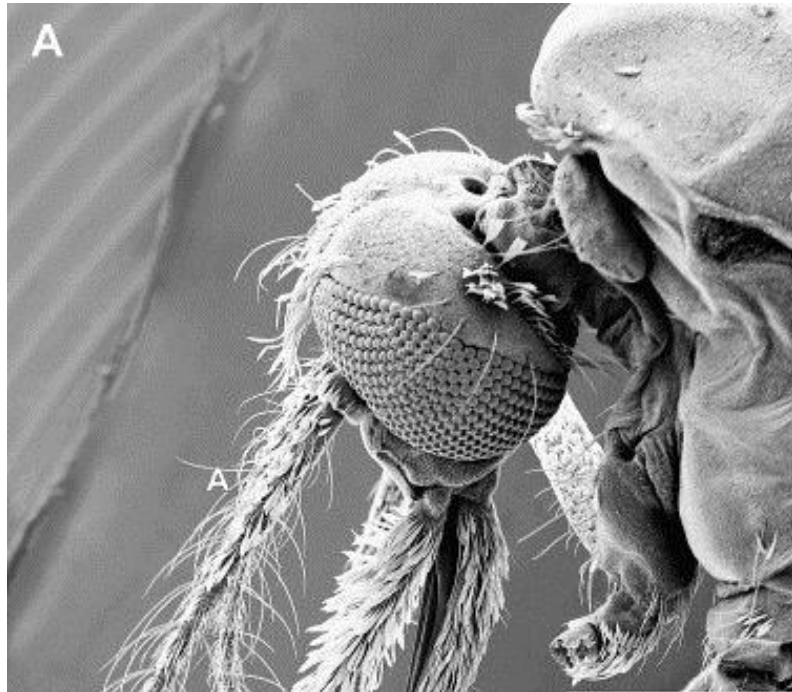


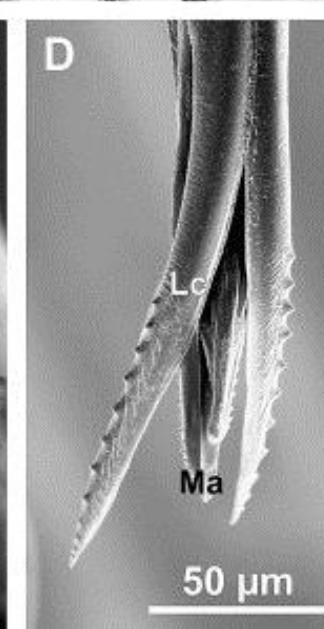
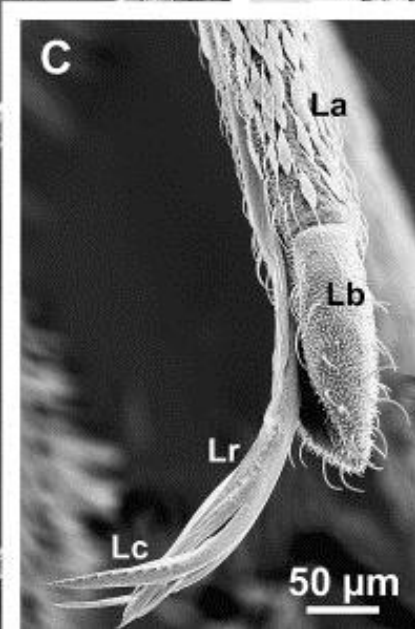
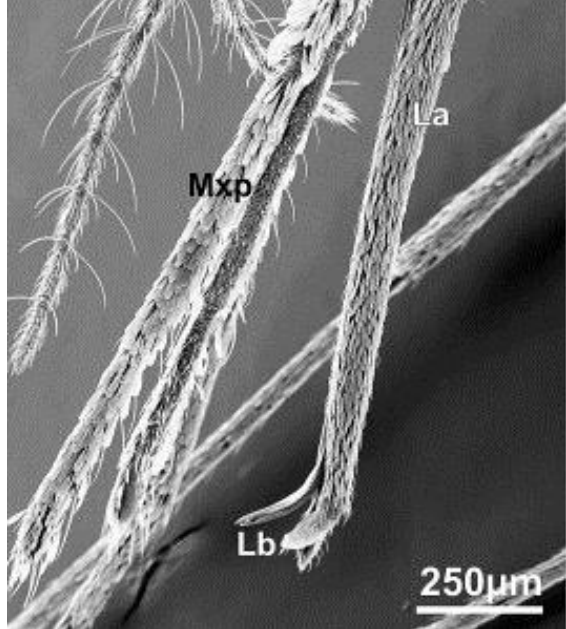
Figure 5.2 Head structure of the female mosquito: (a) facial view of head and head appendages of *Aedes aegypti* (Culicinae), part of one eye removed and showing internal supporting strut (tentorium); (b) diagram of head in facial view showing upright (erect) and prone (decumbent) types of scale sometimes occurring on vertex and occiput; (c) cross-section of proboscis near middle of its length (semi-diagrammatic); (d) stylets of the syntrophium (fascicle) spread out from the channel in the labium of the proboscis in which they are enclosed when at rest (semi-diagrammatic). Note that on the maxillary palp only four palpomeres are externally evident. (Part (a) reproduced with relabelling from Jobling (1987) courtesy of the Trustees of the Wellcome Trust.)

Culex proboscis





hlava samice
Anopheles stephensi



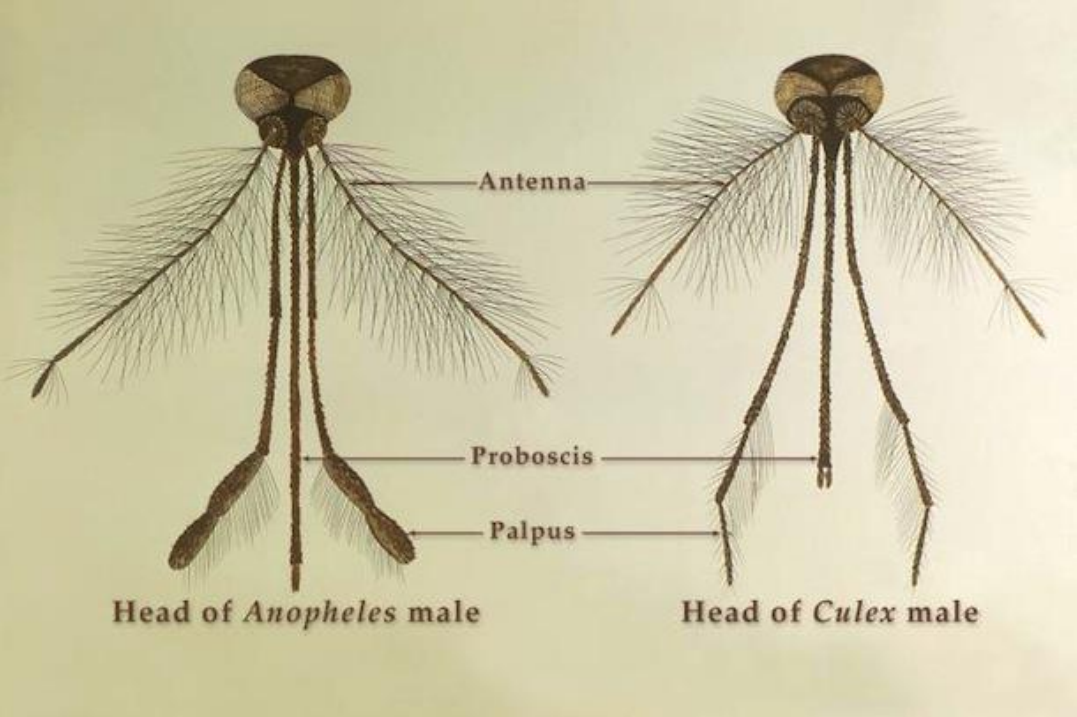
Anopheles proboscis





Aedes aegypti

Anopheles



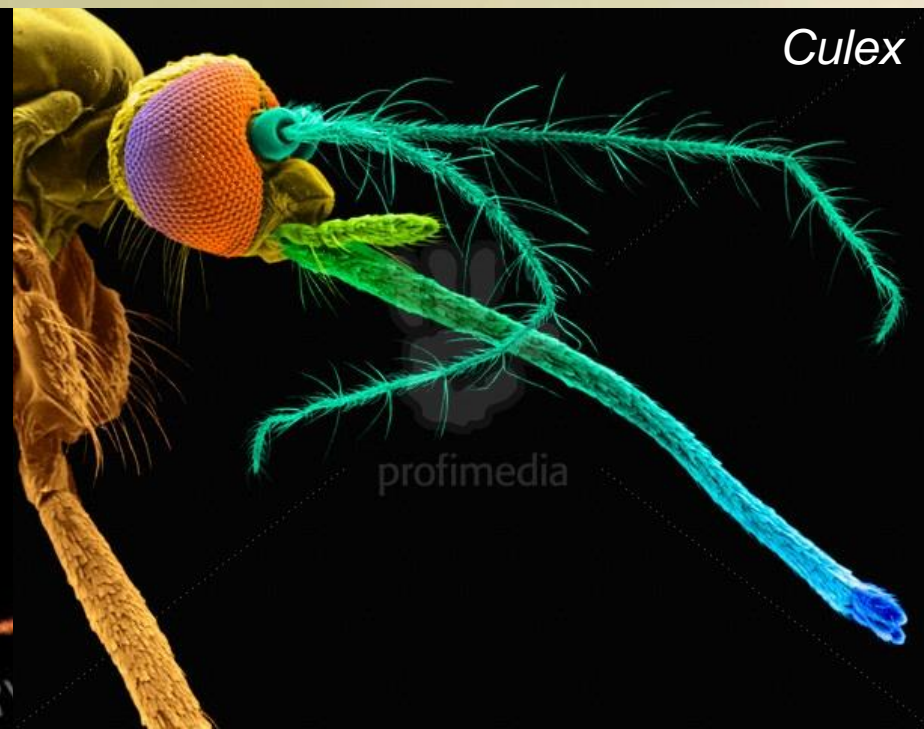
Head of *Anopheles* male

Head of *Culex* male

Anopheles



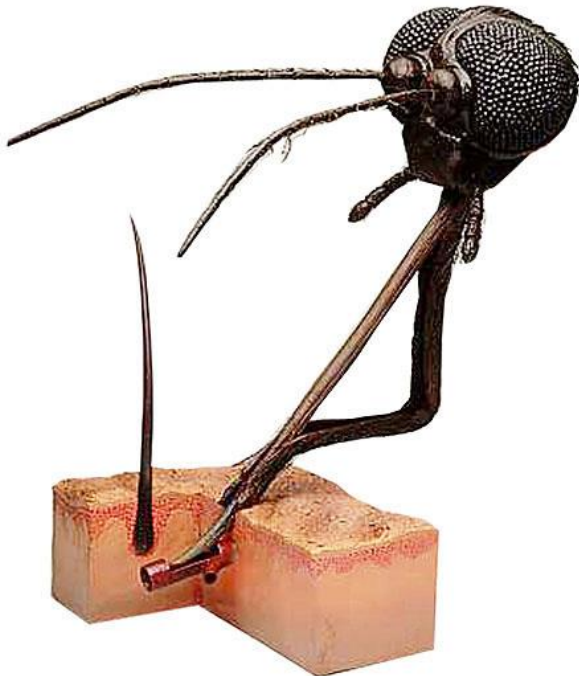
Culex



Culex



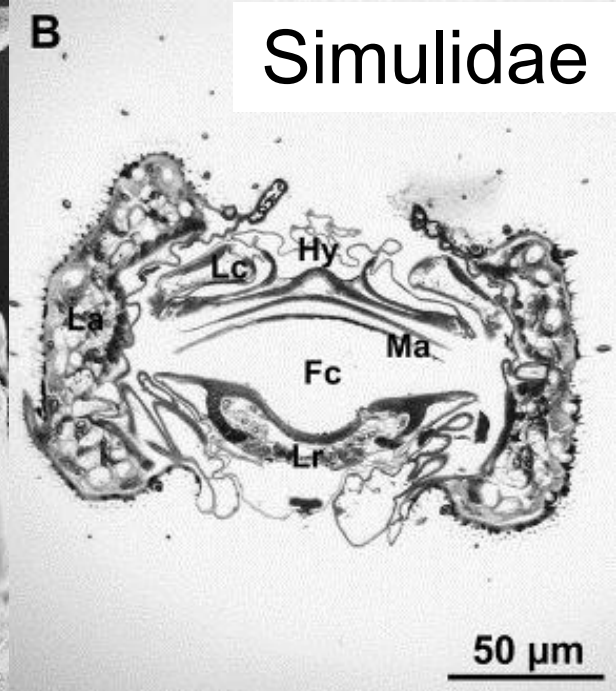
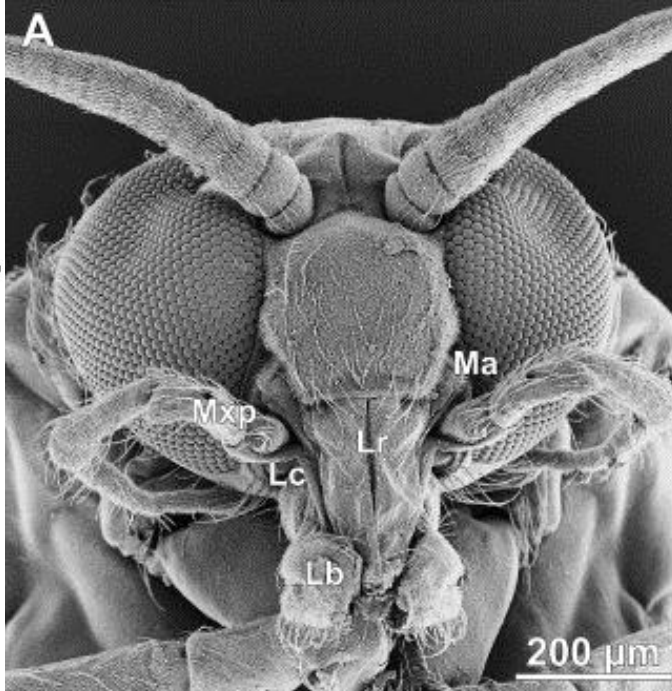
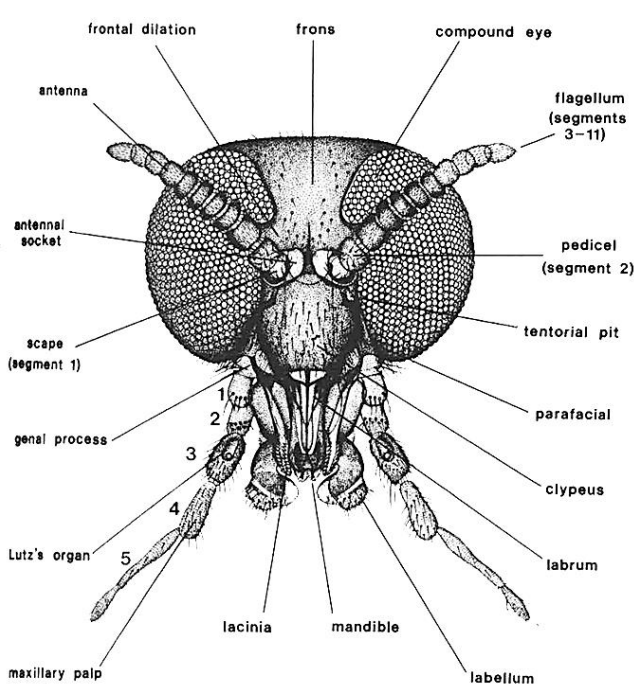
Anopheles



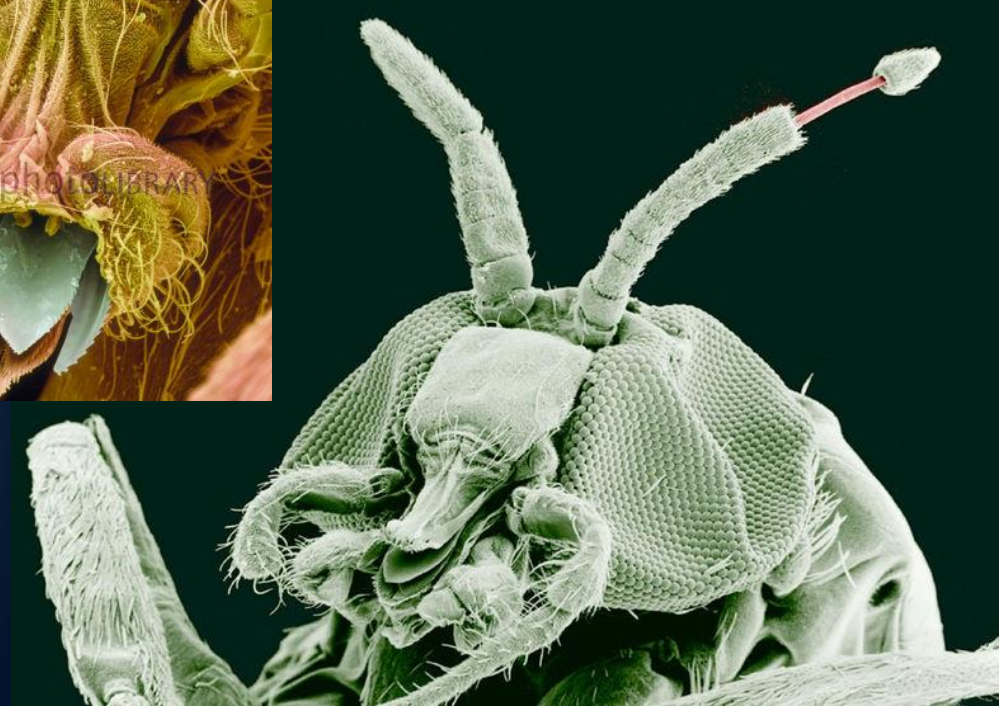
Video:

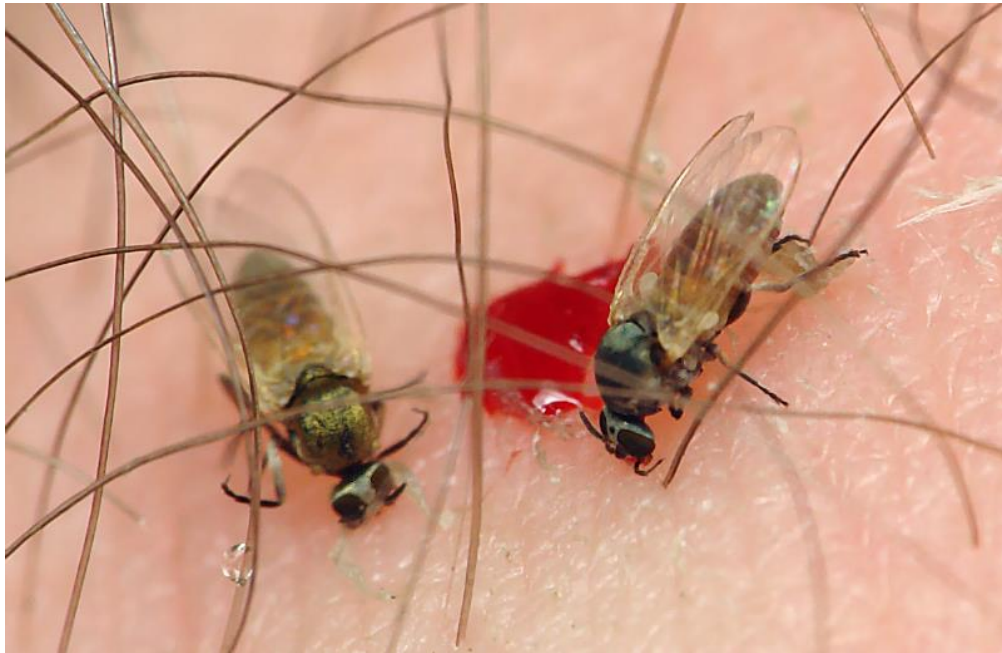
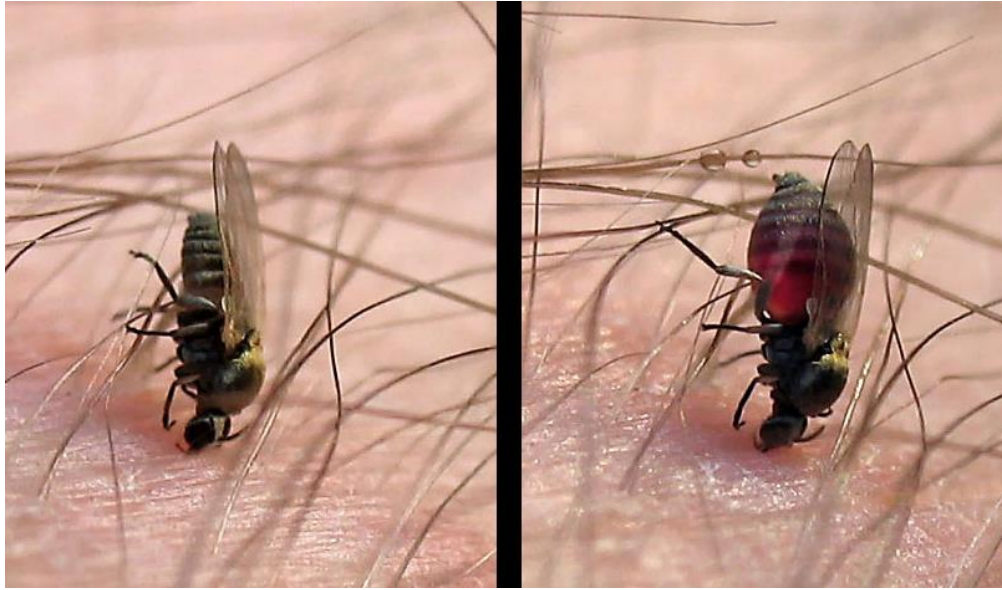
<https://www.youtube.com/watch?v=C8CKEBwPIY8>

<https://www.youtube.com/watch?v=hvsJX7AztTY>



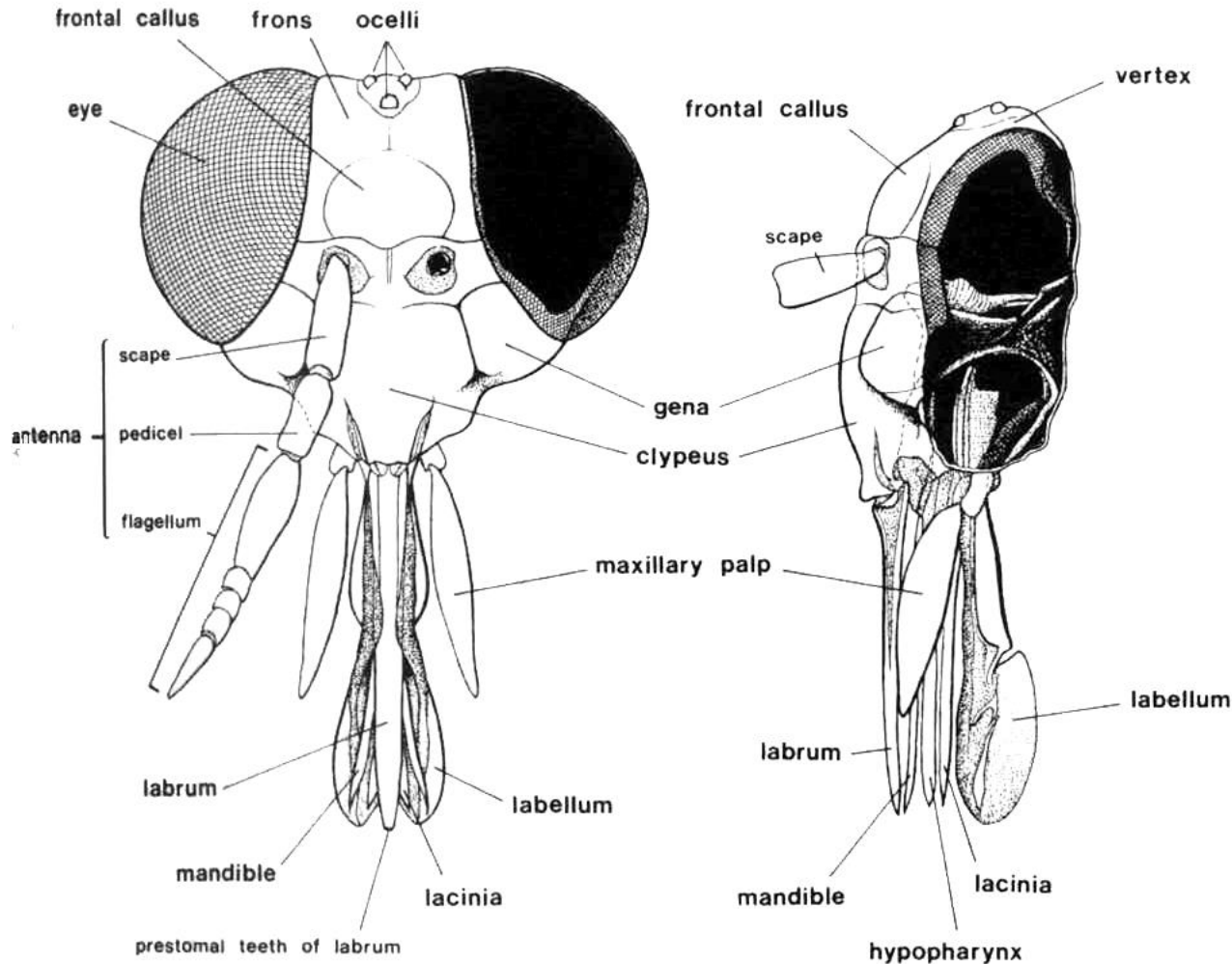
Ústní ústrojí muchniček tvoří krátký bodavý sosák





Tabanidae

Chrysops



Druhy s krátkým proboscisem používají ústní ústrojí na trhaní, čímž si vytvoří loužičku krvi na kůži hostitele a krev si pak šplíchají pomocí labia do úst.

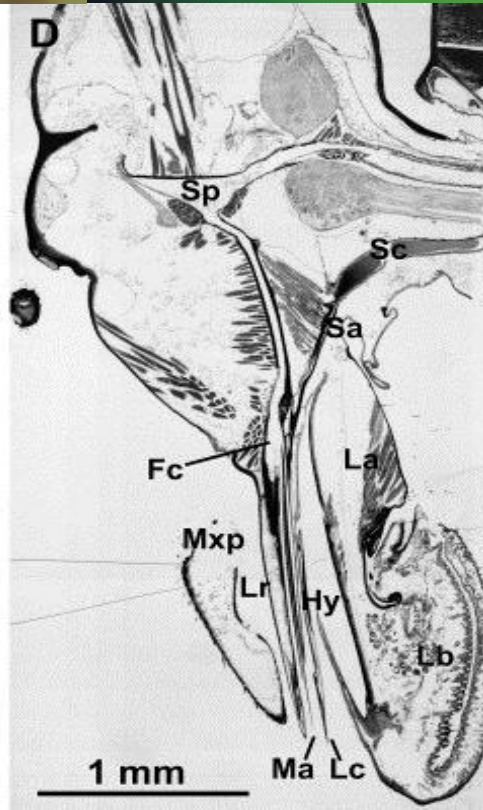
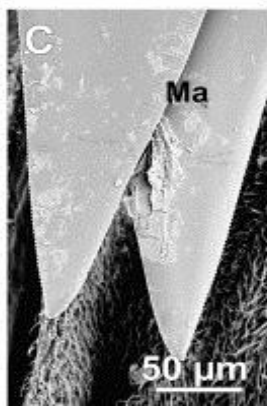
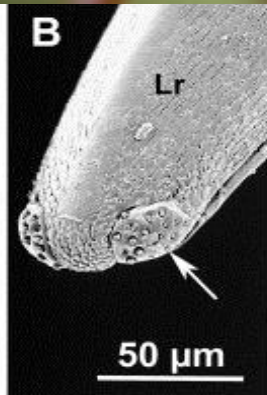
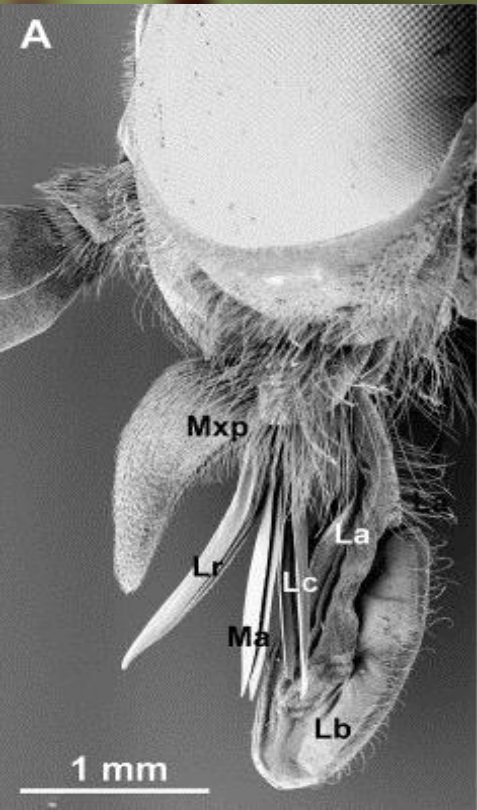
Druhy s dlouhým proboscisem sají krev obdobně jako komáři.



Tabanus sp.

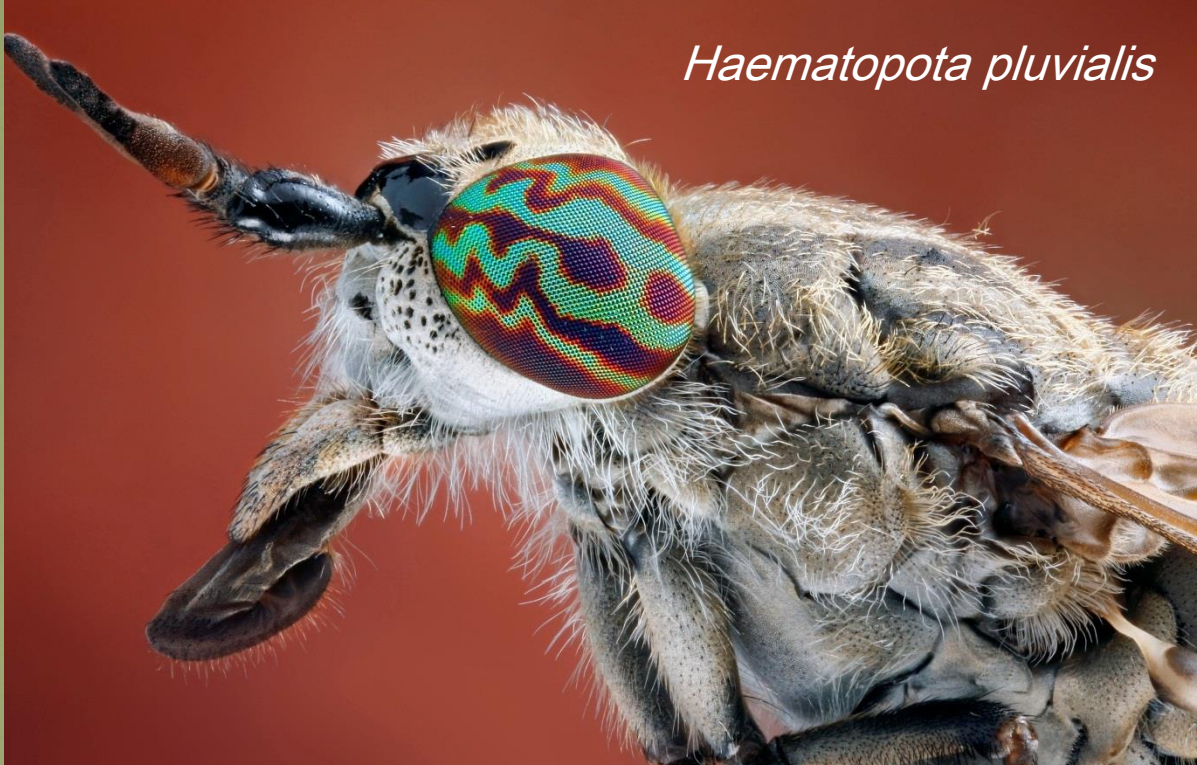


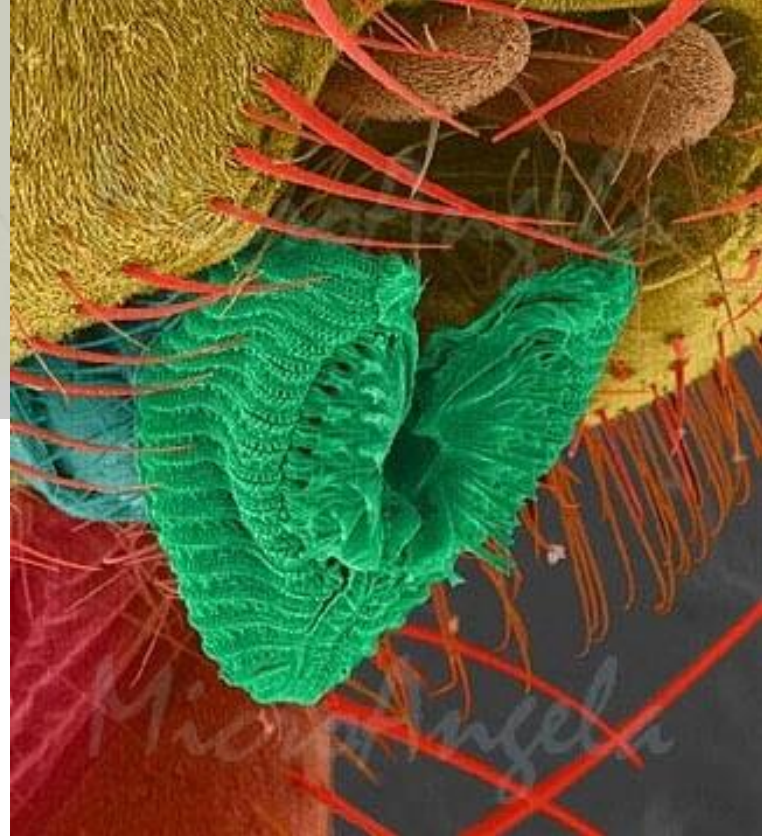
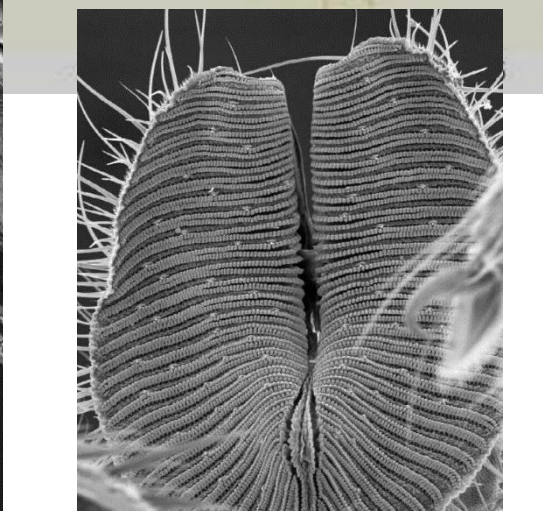
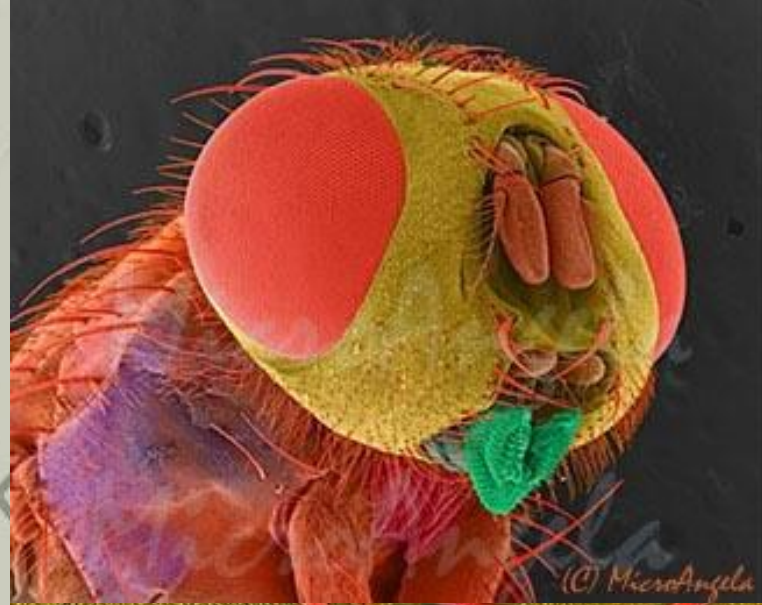
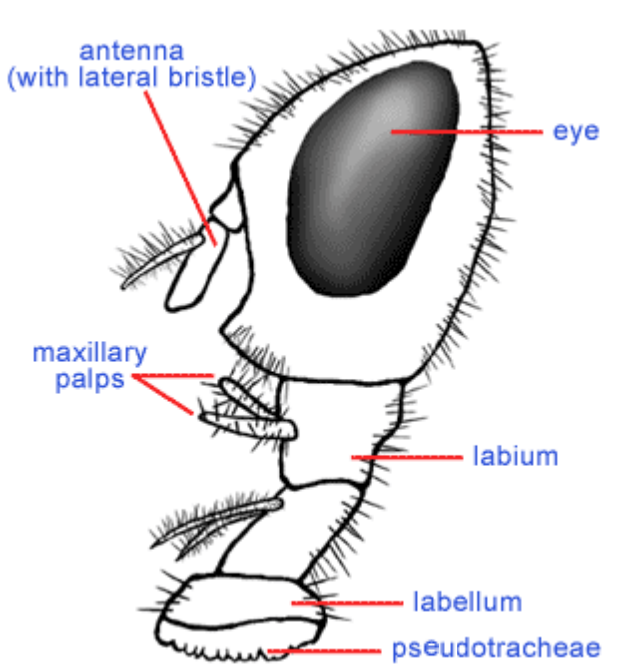
T. lineola

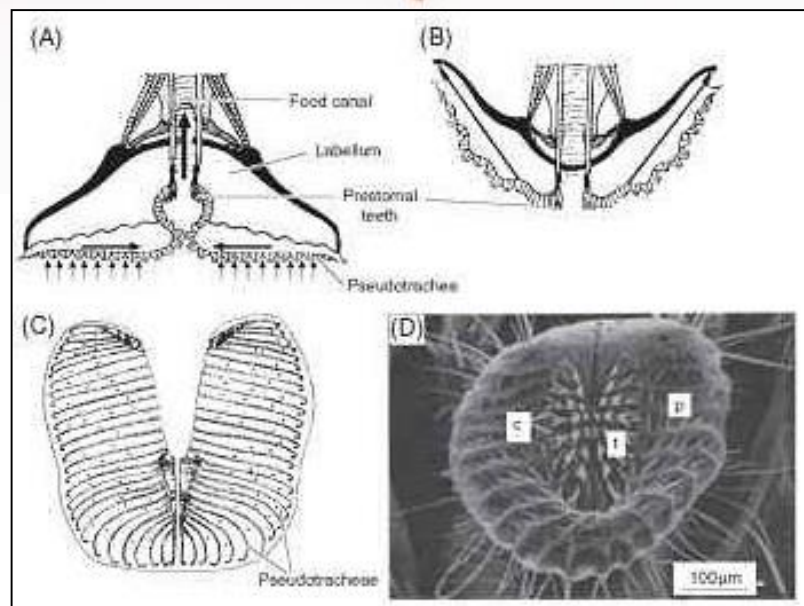


Tabanus bromius

Haematopota pluvialis





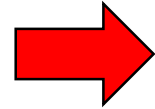
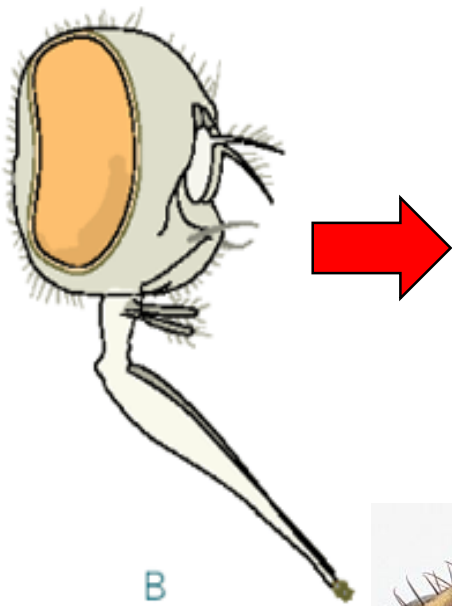
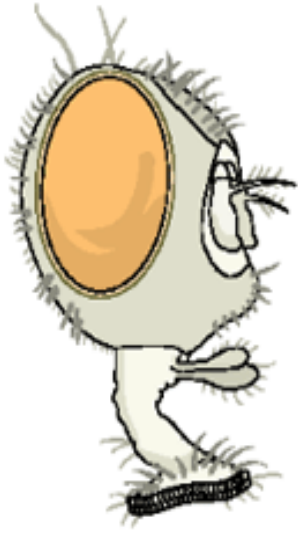


Ústní ustrojí Calliphoridae



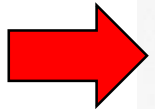
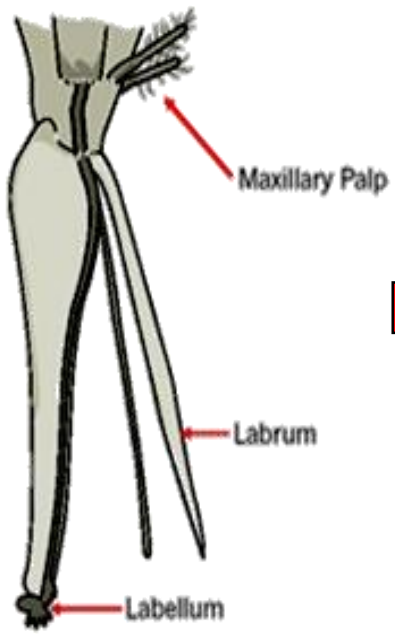
Musca

Stomoxys

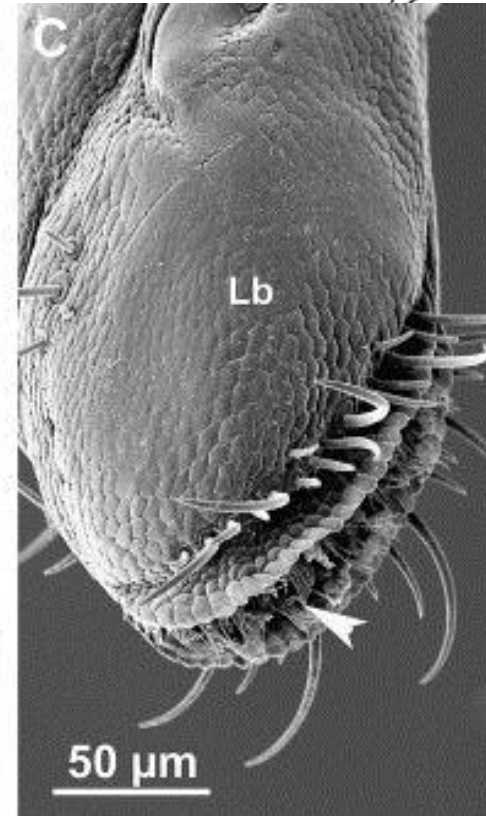
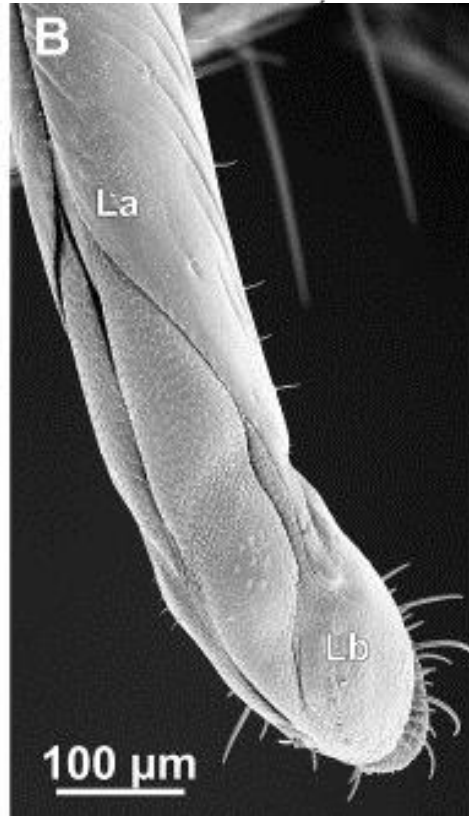
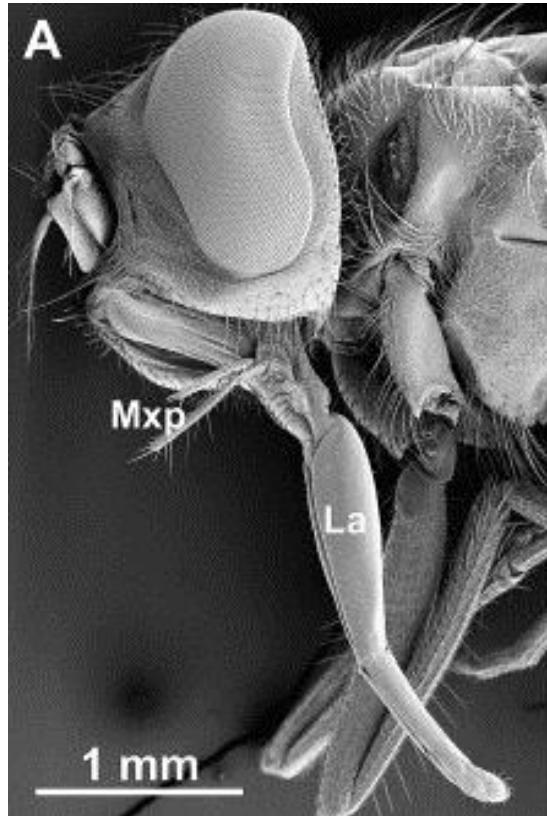
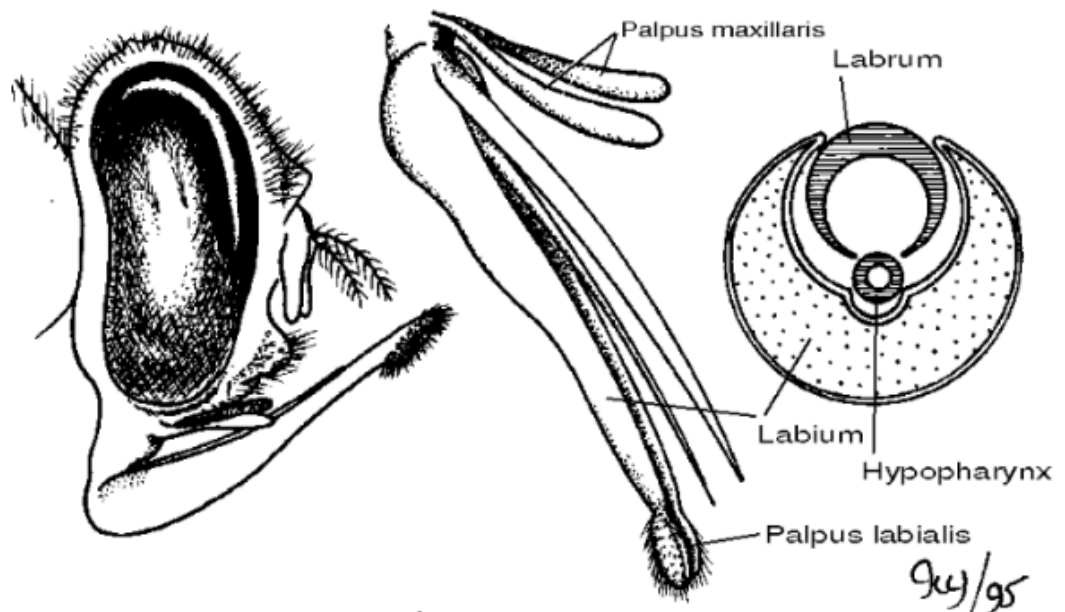


A

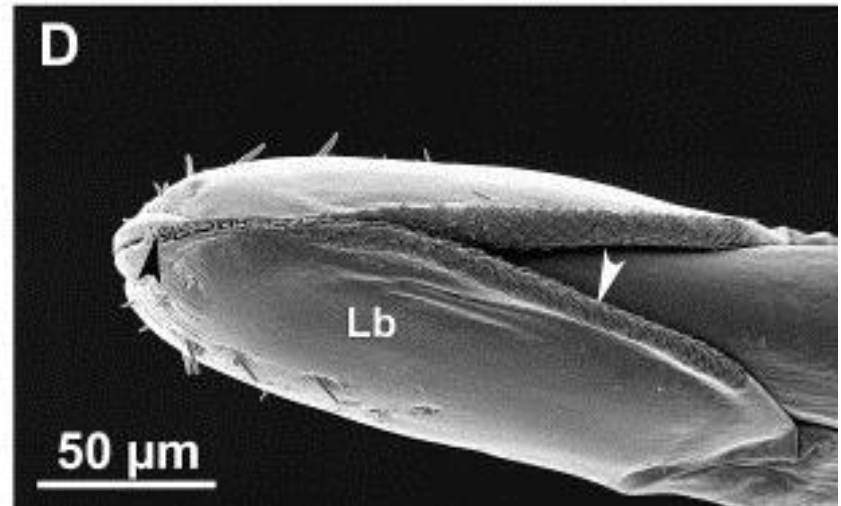
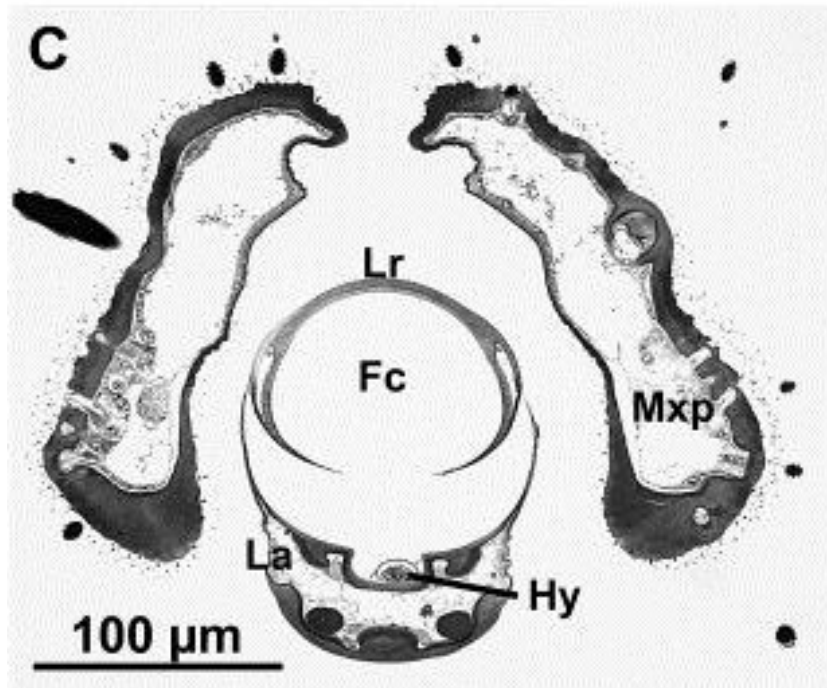
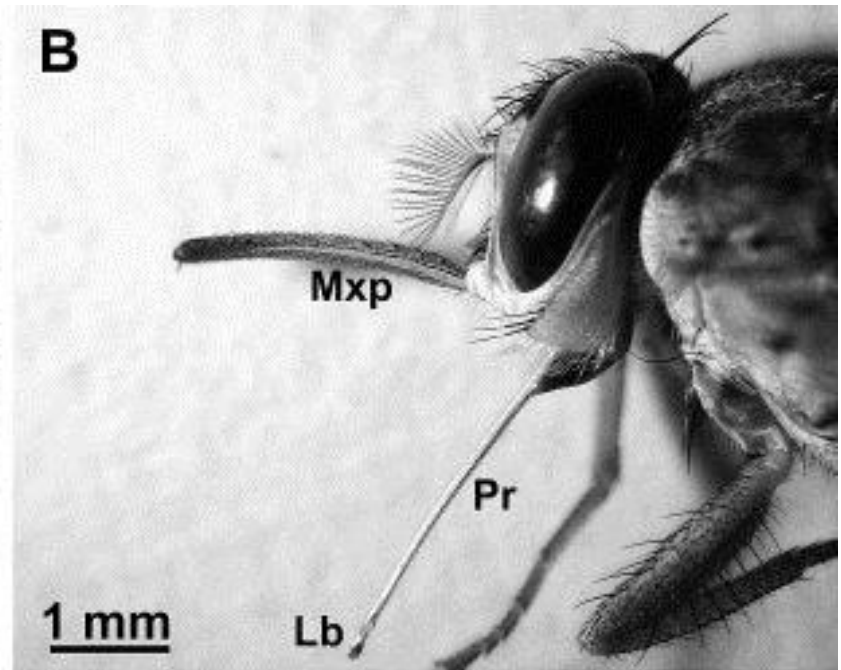
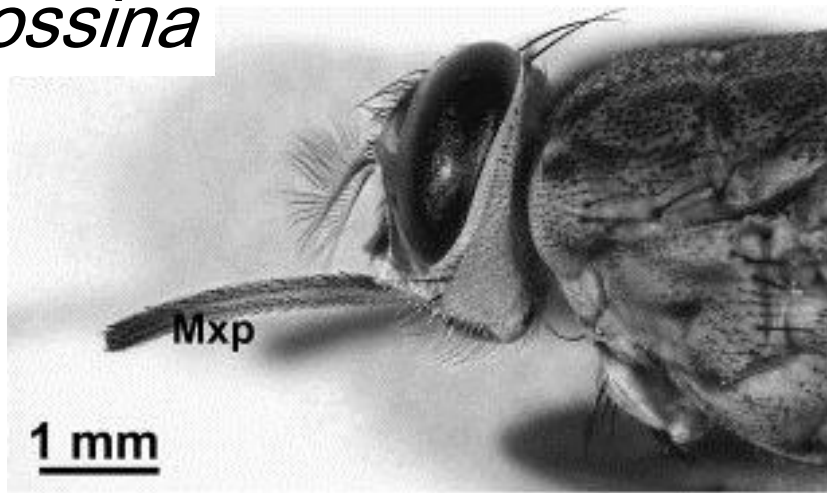
B



Stomoxys

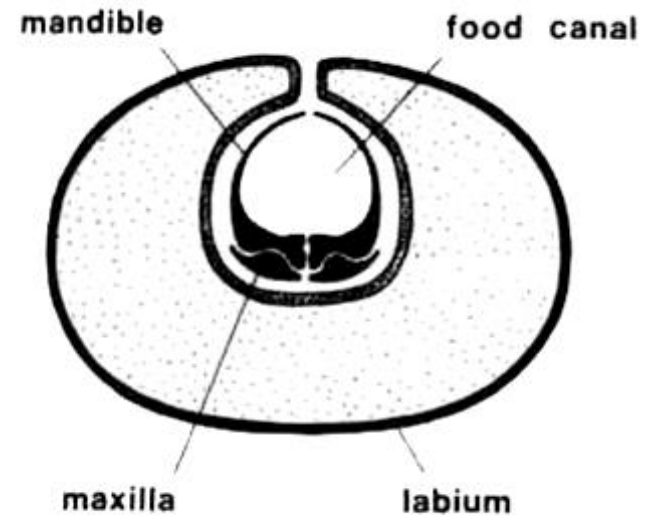
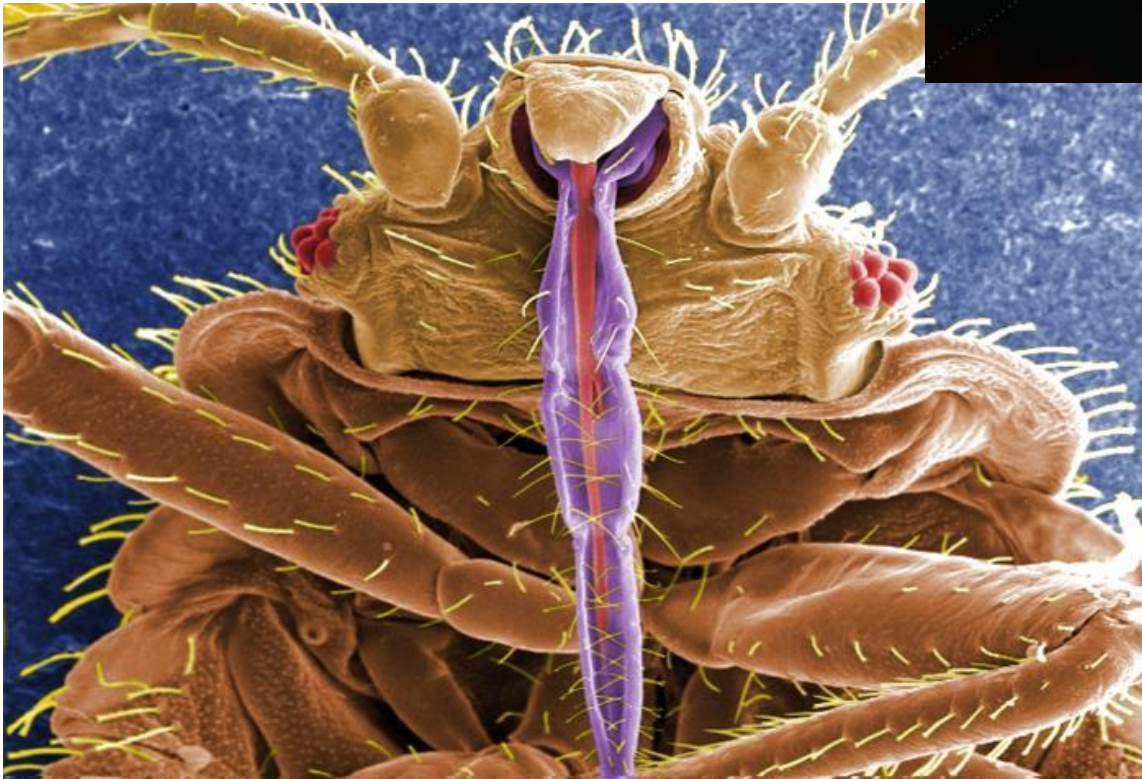


Glossina



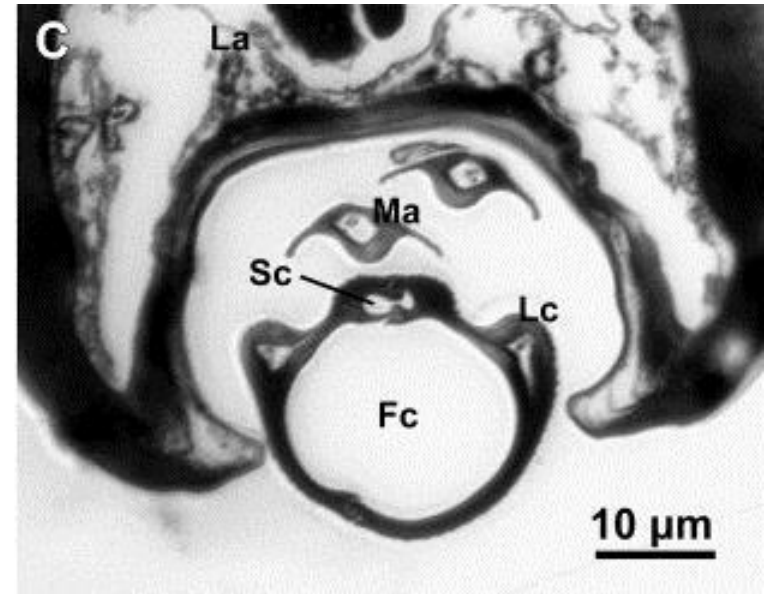
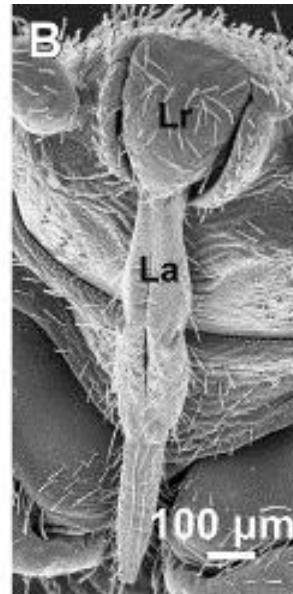
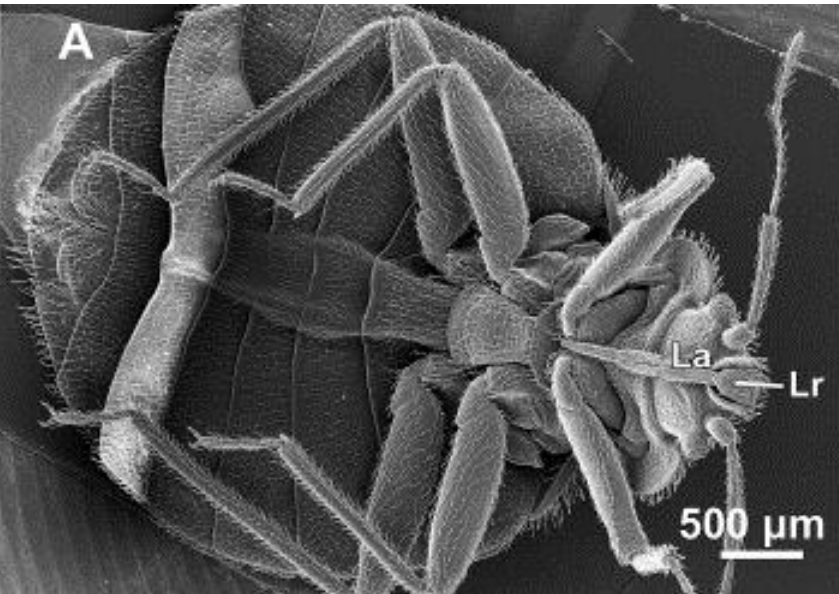
Doporučený zdroj: Harald W. Krenn, Horst Aspöck. 2012: Form, function and evolution of the mouthparts of blood-feeding Arthropoda, *Arthropod Structure & Development*, Volume 41, Issue 2, 101-118; 10.1016/j.asd.2011.12.001; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1467803911001186>

Heteroptera



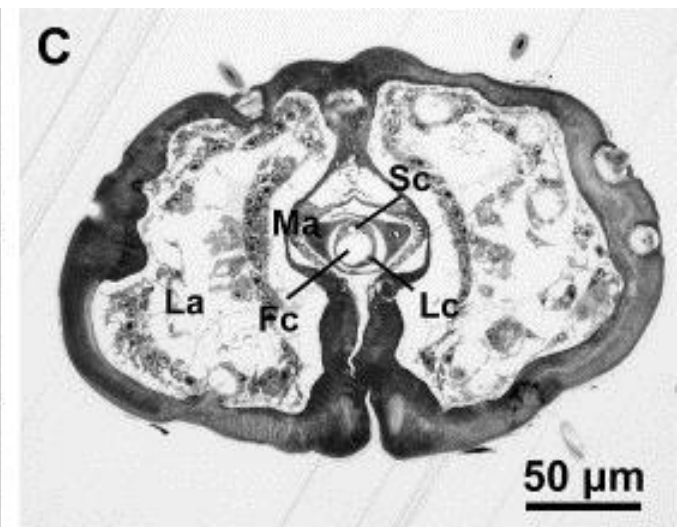
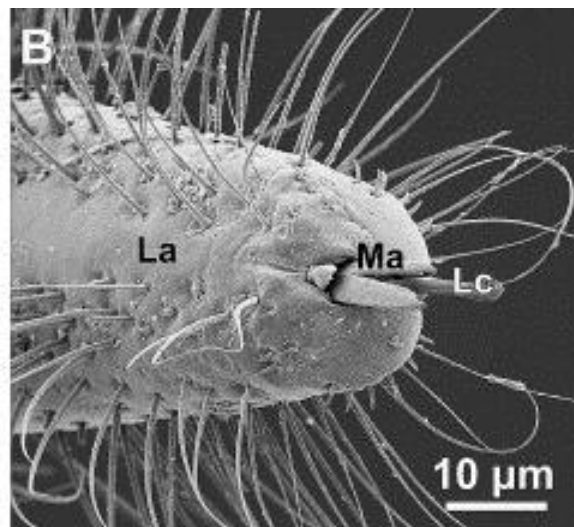
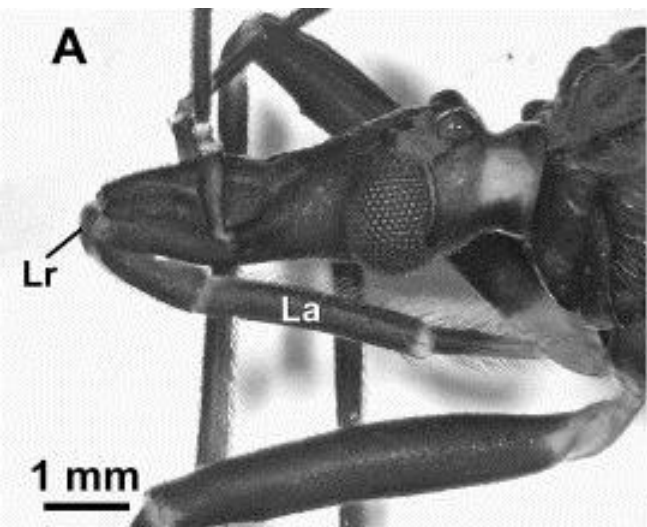
Cimex lectularius

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=81P4Dn4VNRo>
https://www.youtube.com/watch?v=ZXHN5LK_YHU

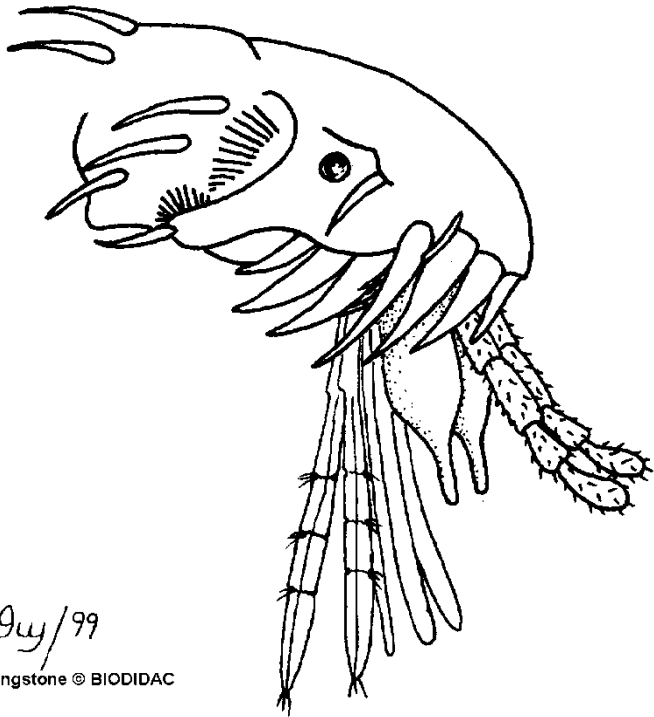
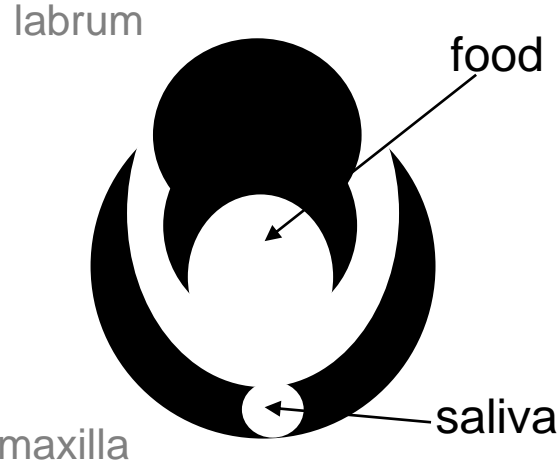


Triatoma infestans

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=i5iAMs-2uQI>

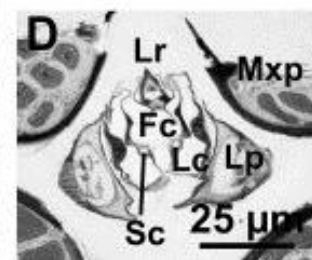
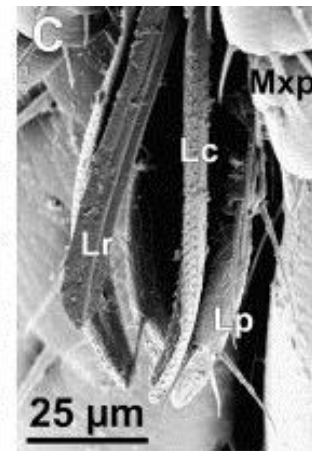
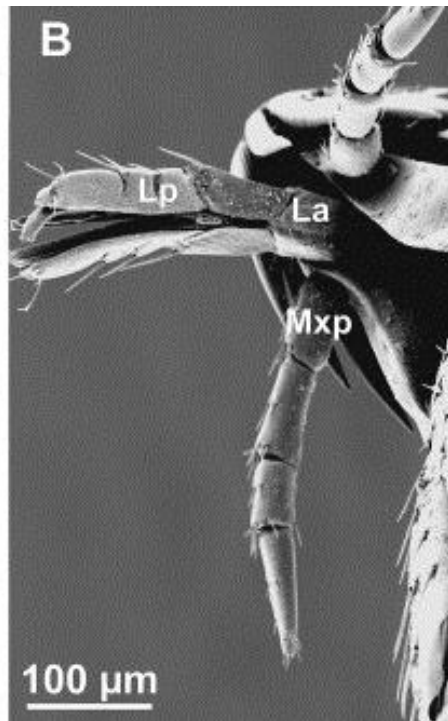
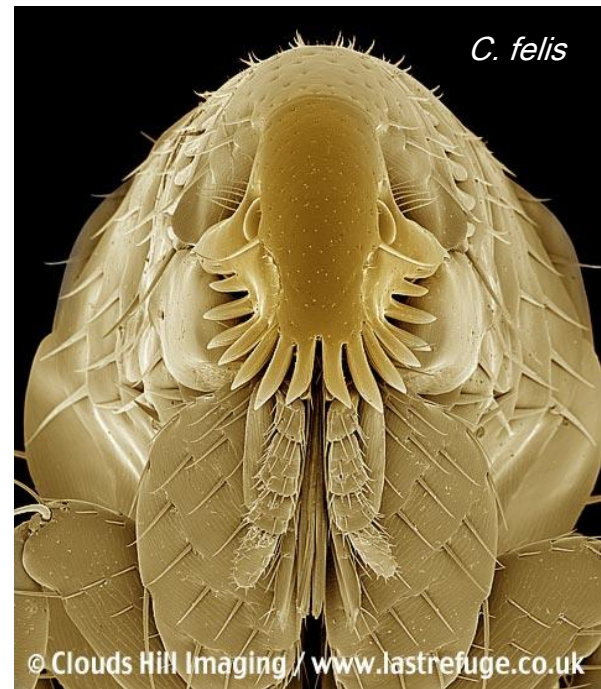
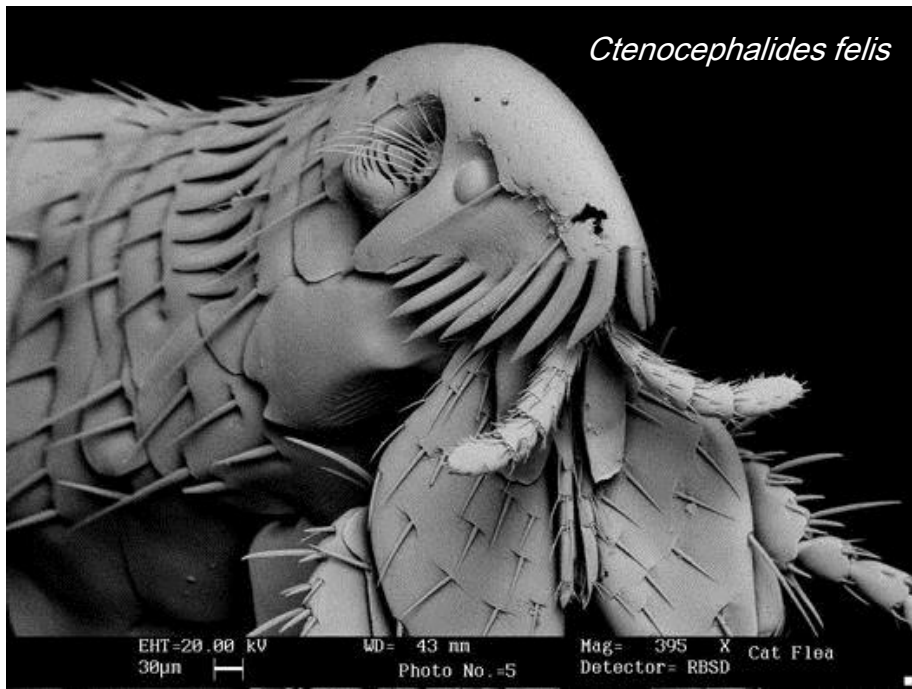


Siphonaptera



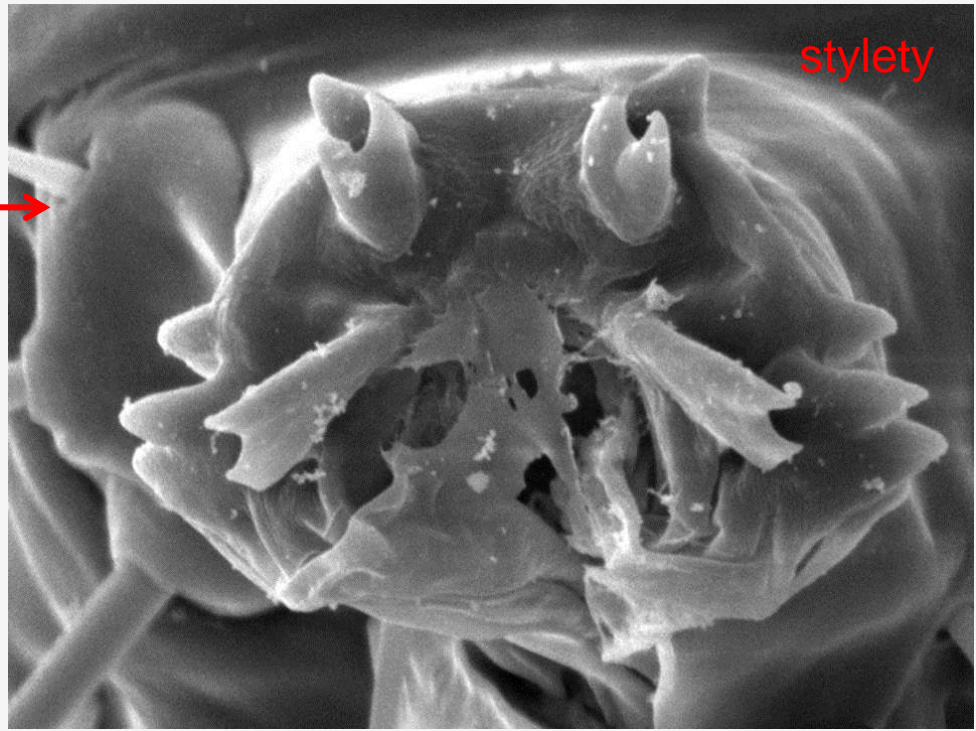
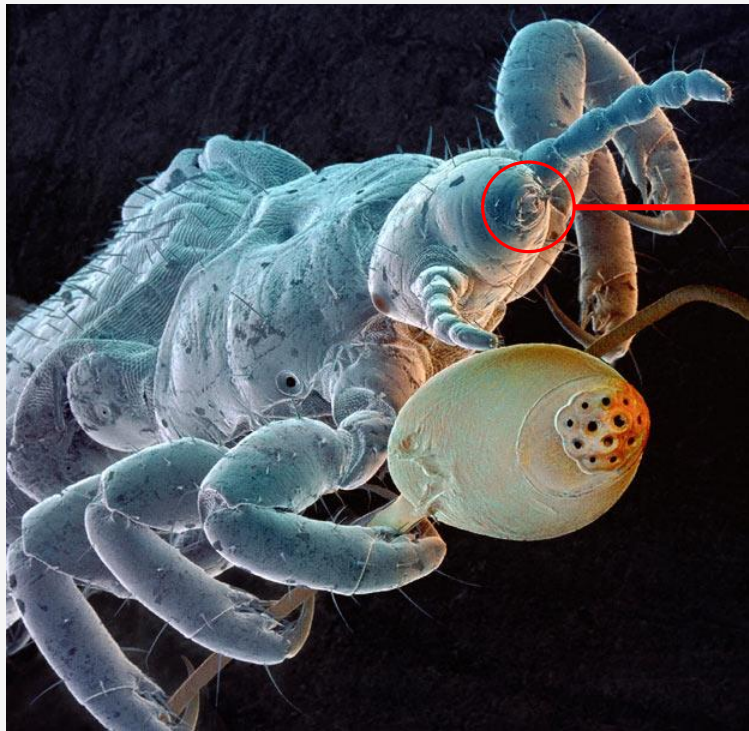
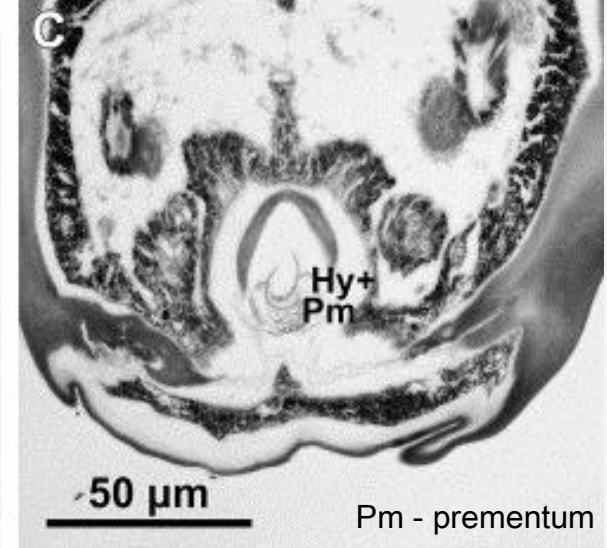
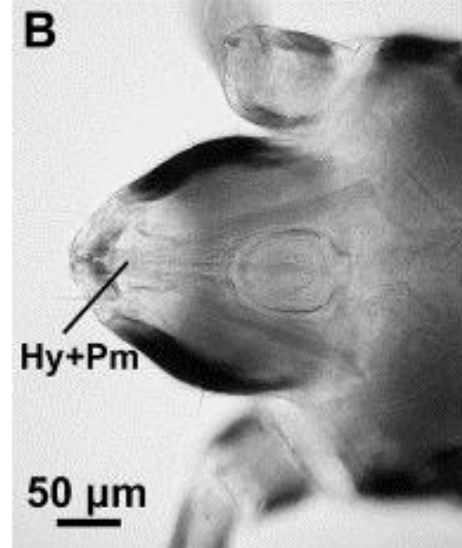
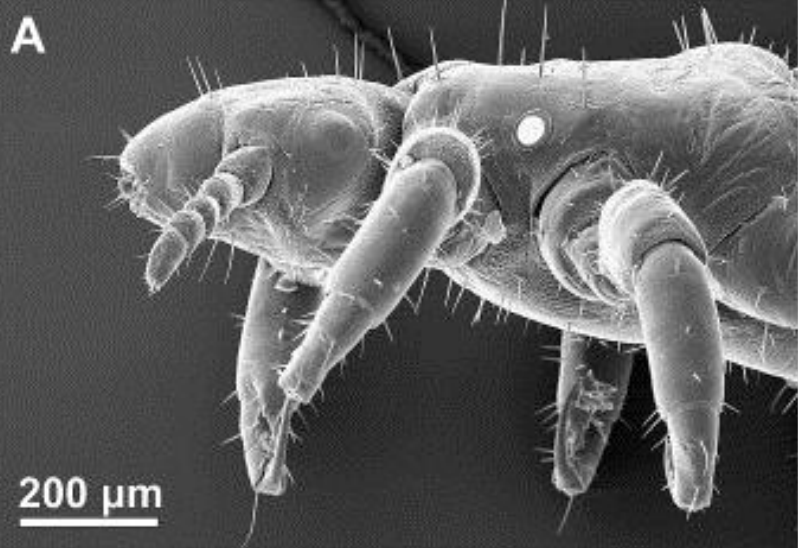
Guy/99
Livingstone © BIODIDAC





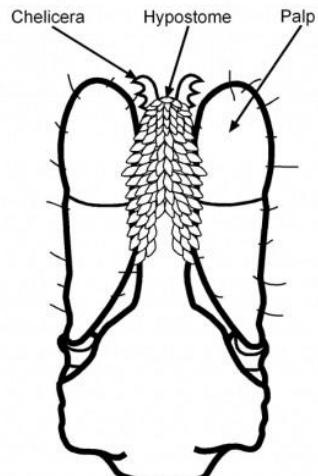
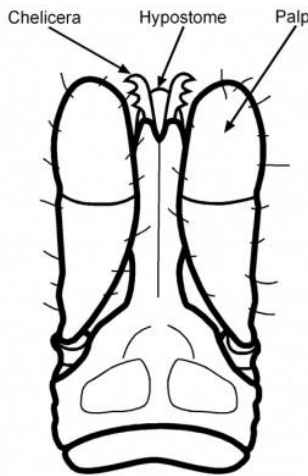
Phthiraptera - Anoplura

Pediculus h. capitis



Top view

Bottom view



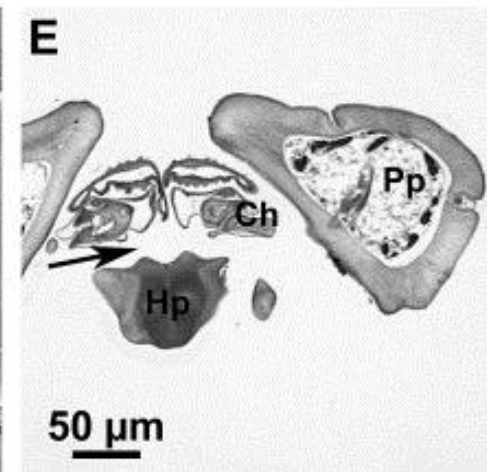
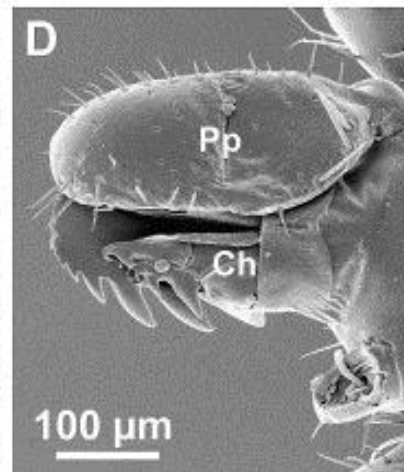
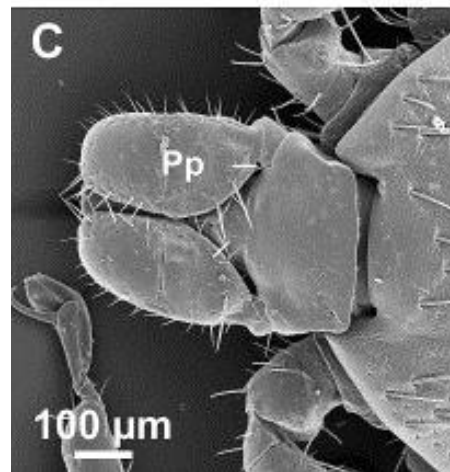
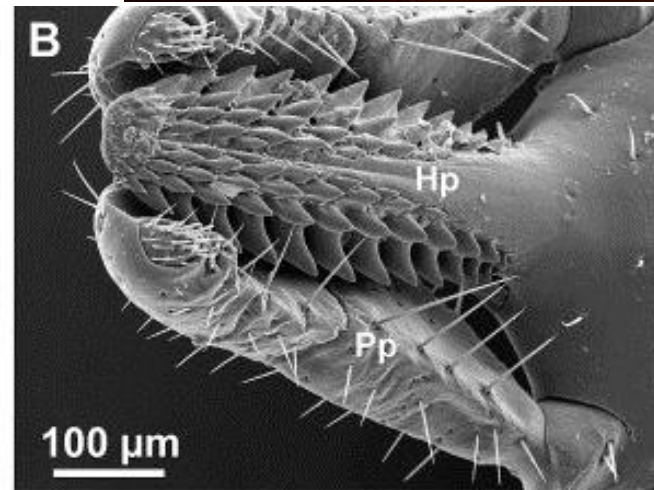
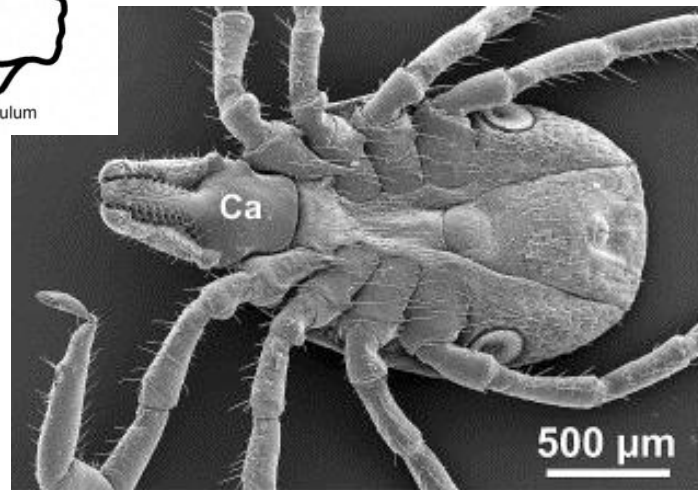
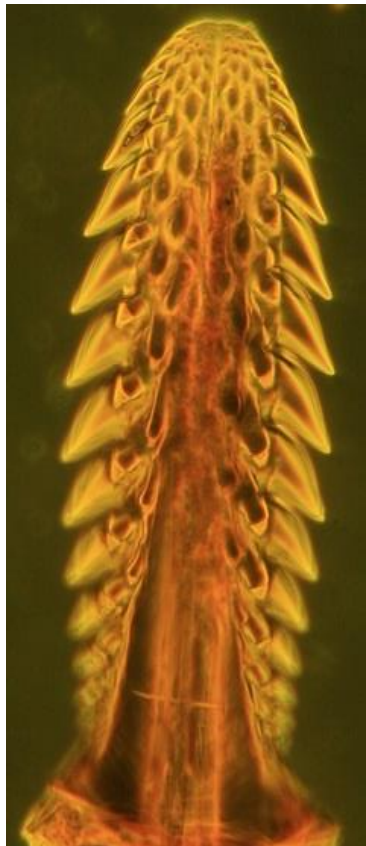
Base of Capitulum

Base of Capitulum

Ixodes

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=-oXLL5JHBiw>



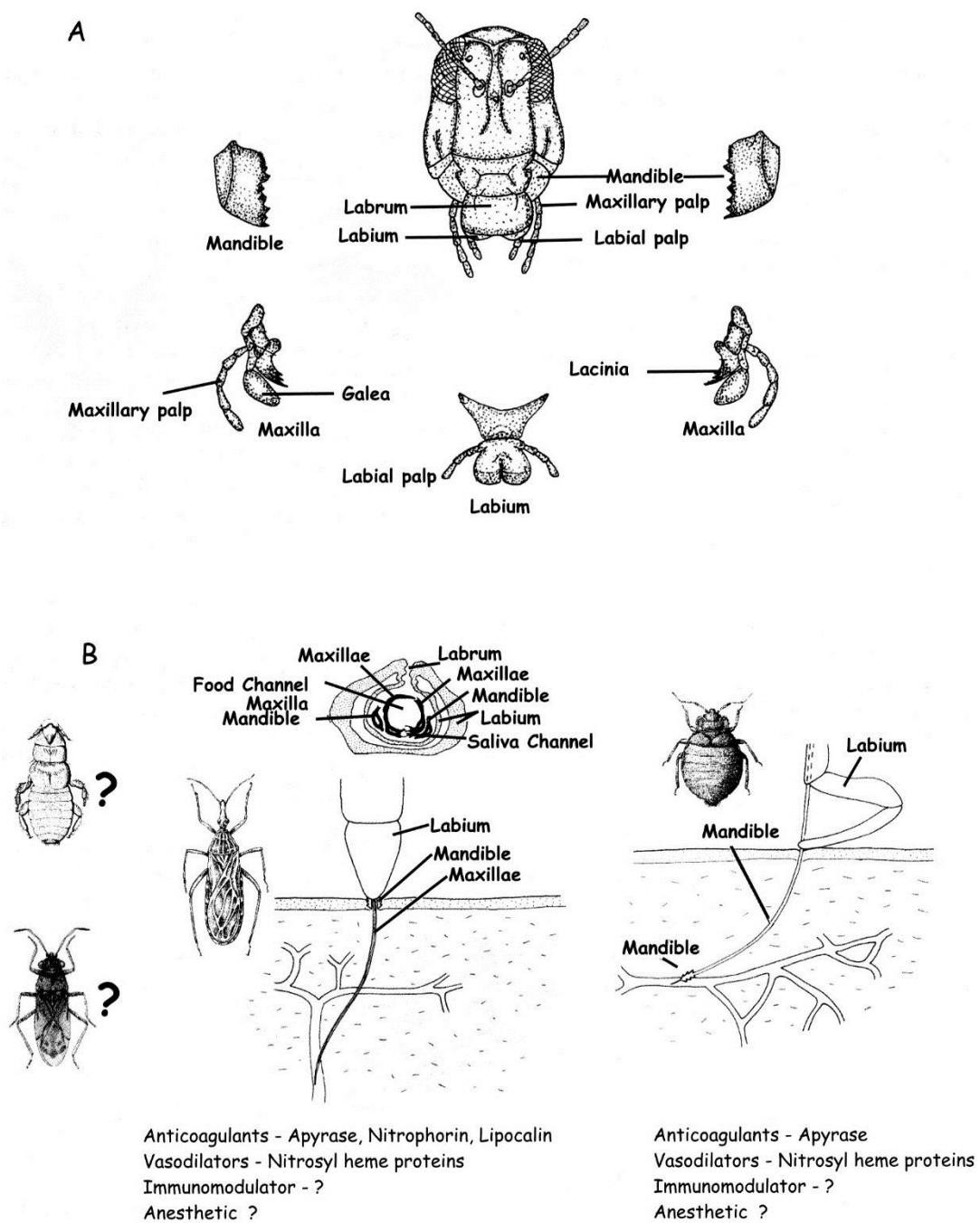
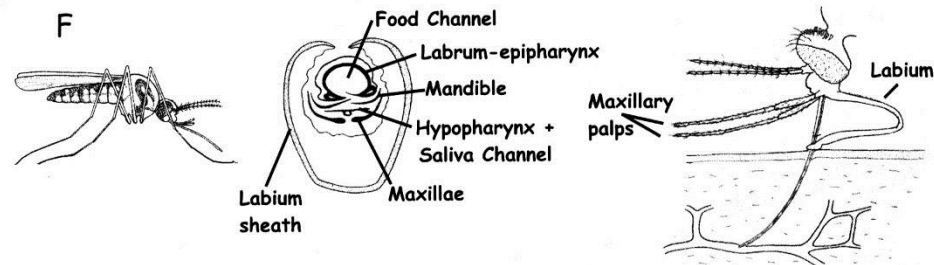
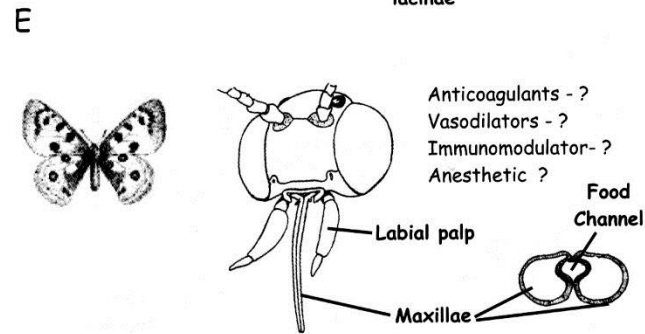
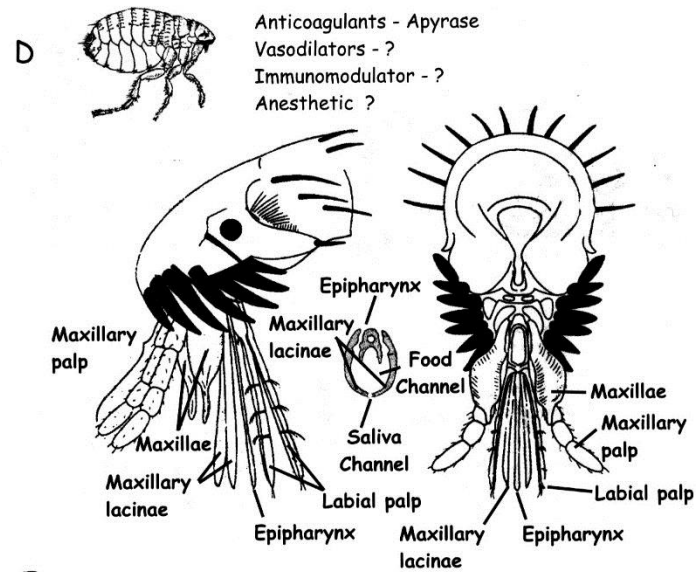
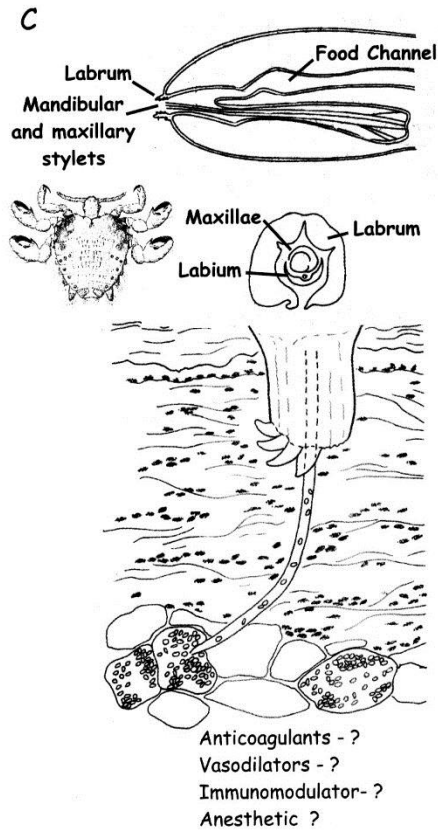


FIGURE 2.2 (A) Generalized mouthpart morphology based upon an orthopteran type of design. (B) Mouthpart and feeding morphology in the heteropteran taxa Reduviidae subfamily Triatominae and Cimicidae.



Anophelinae

Anticoagulants - Anophelin
Vasodilators - Peroxidase
Immunomodulator - ?
Anesthetic ?

Culicinae

Anticoagulants - Apyrase, Anti-Factor Xa
Vasodilators - Sialokinin I and II
Immunomodulator - ?
Anesthetic - Adenosine deaminase

FIGURE 2.2 (Continued) (C) Mouthpart and feeding morphology in Anoplura. (D) Mouthparts in Siphonaptera. (E) Mouthparts in Lepidoptera. (F) Mouthpart and feeding morphology in Culicidae.

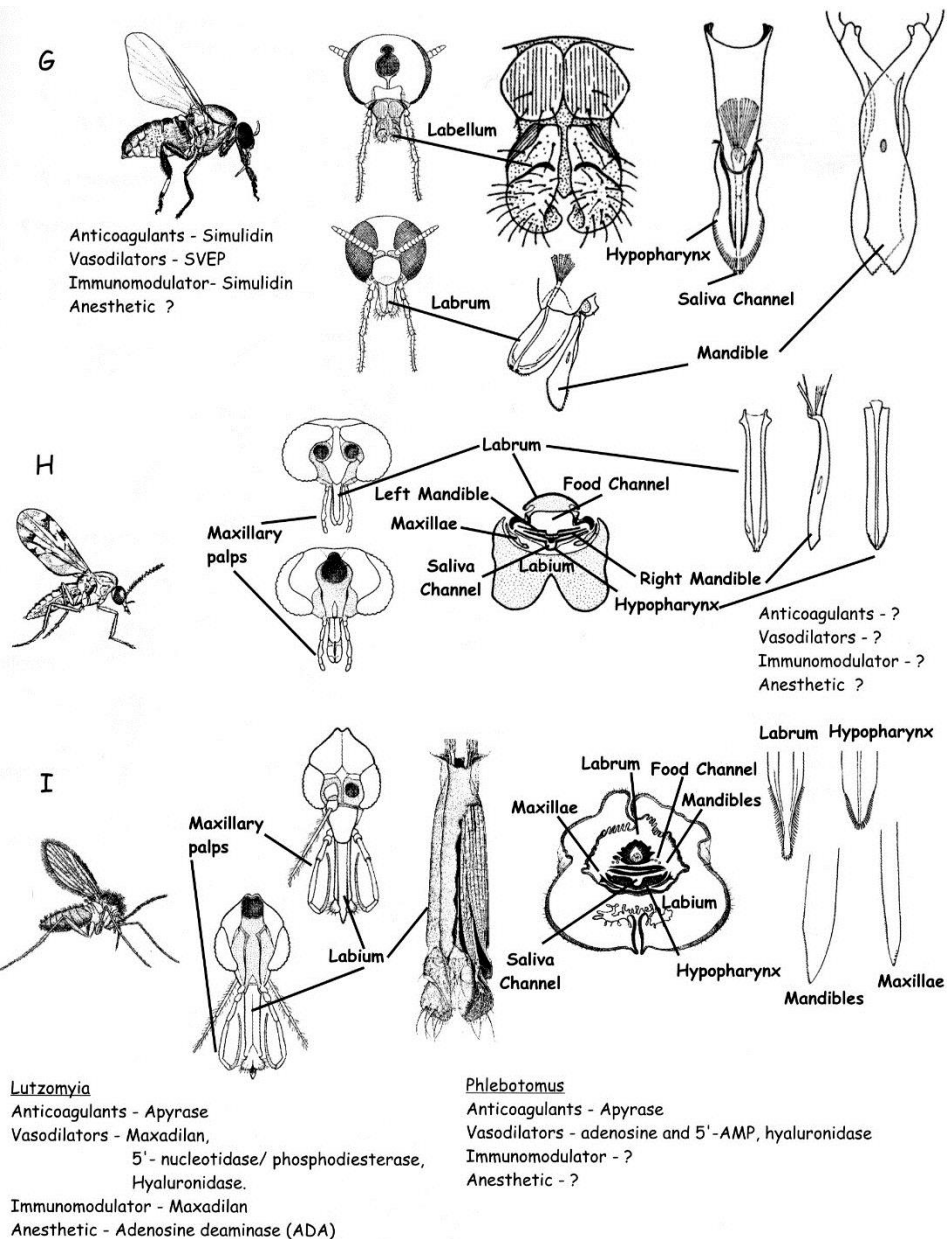


FIGURE 2.2 (Continued) (G) Mouthparts and feeding morphology in Simuliidae. (H) Mouthparts and feeding morphology in Ceratopogonidae. (I) Mouthparts and feeding morphology in Psychodidae.

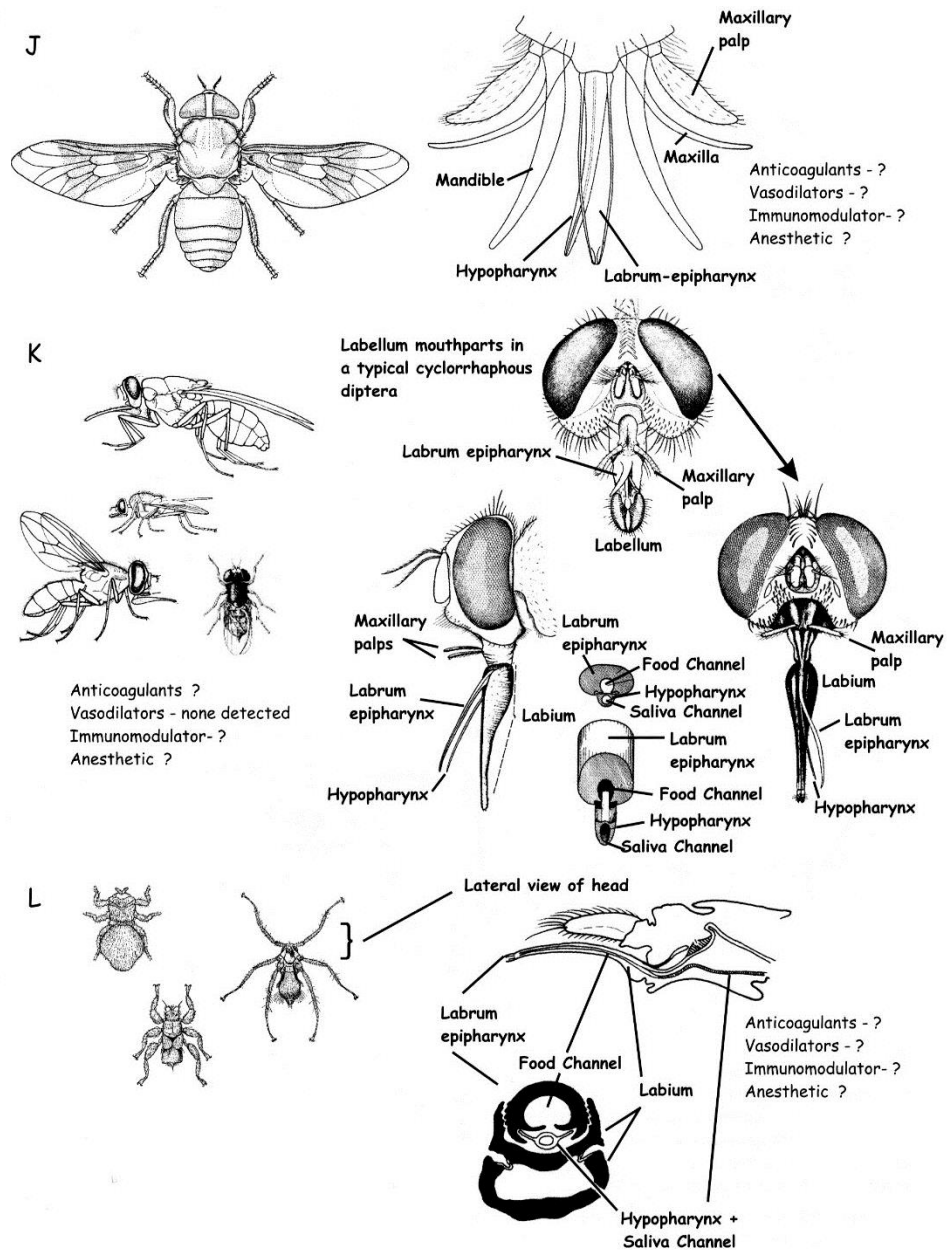
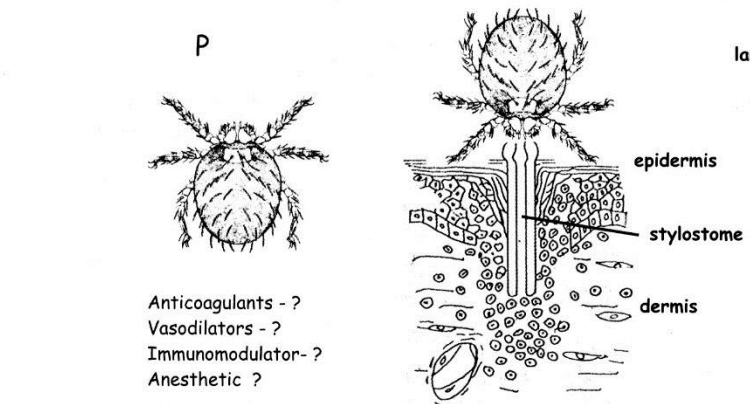
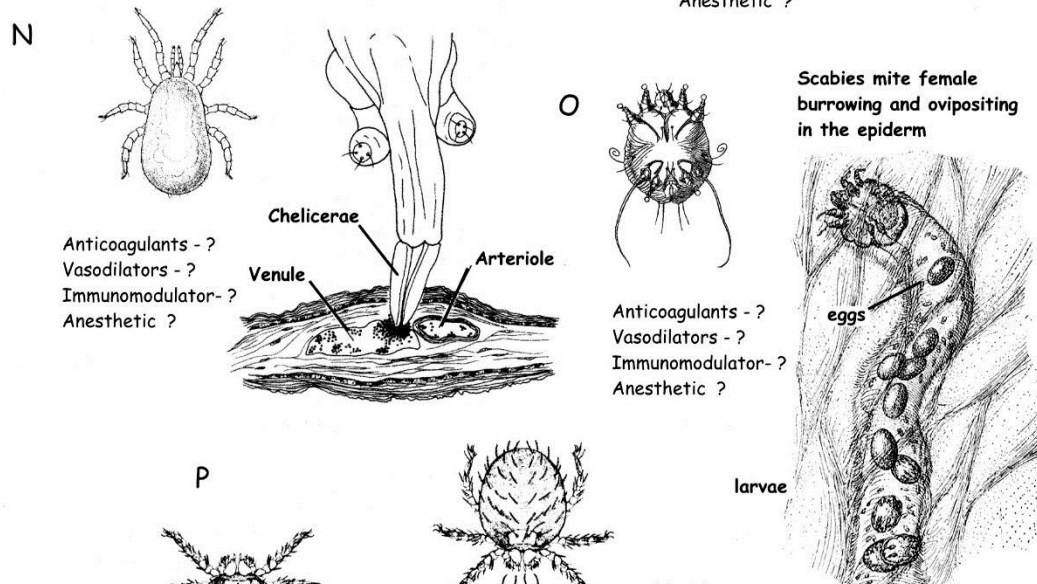
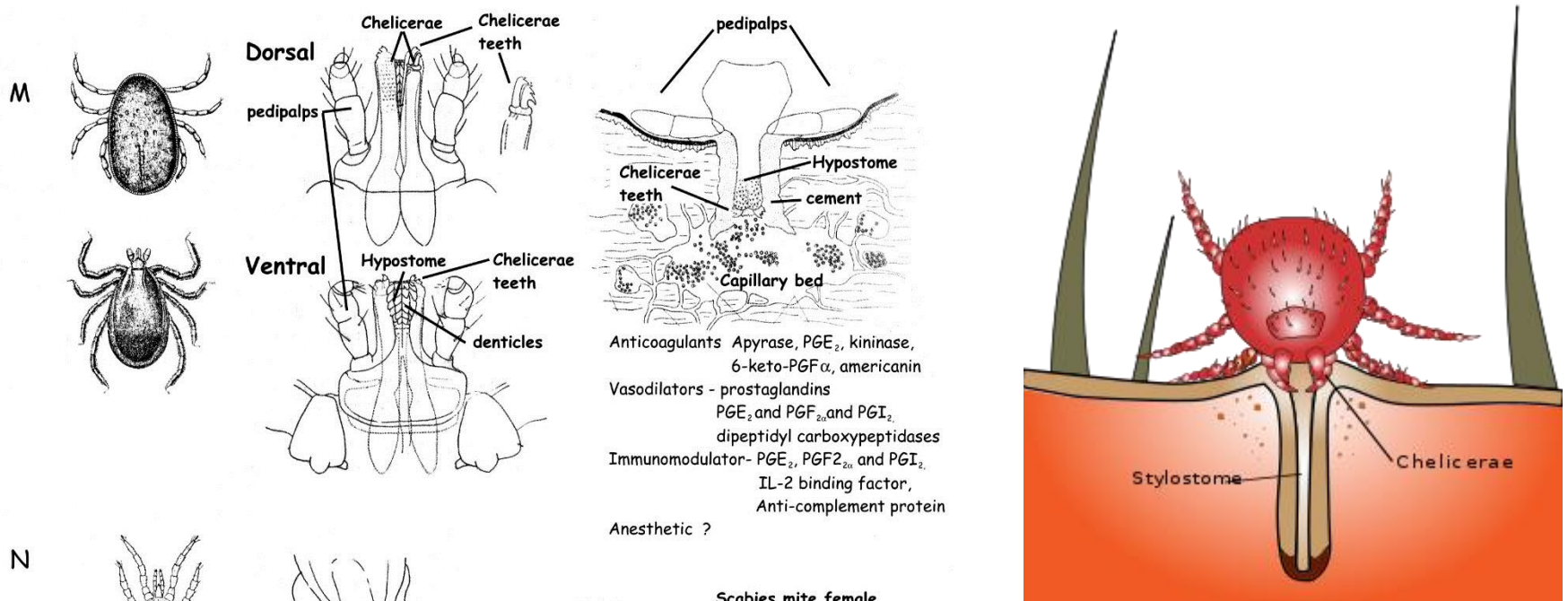


FIGURE 2.2 (Continued) (J) Mouthparts and feeding morphology in Tabanidae. (K) Mouthparts and feeding morphology in Muscidae and Glossinidae. (L) Mouthparts and feeding morphology in Pupipara.



Larvy Trombiculidae poškozují epidermis, destrukují slinami vazivo a pohlcují tuto tkáň, čímž vznikají ztvrdnuté kanálky, tzv. stylostomy.

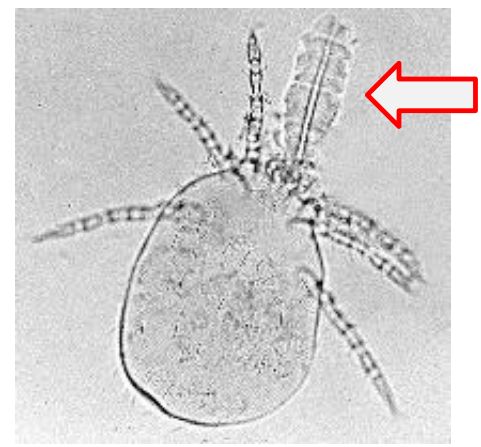
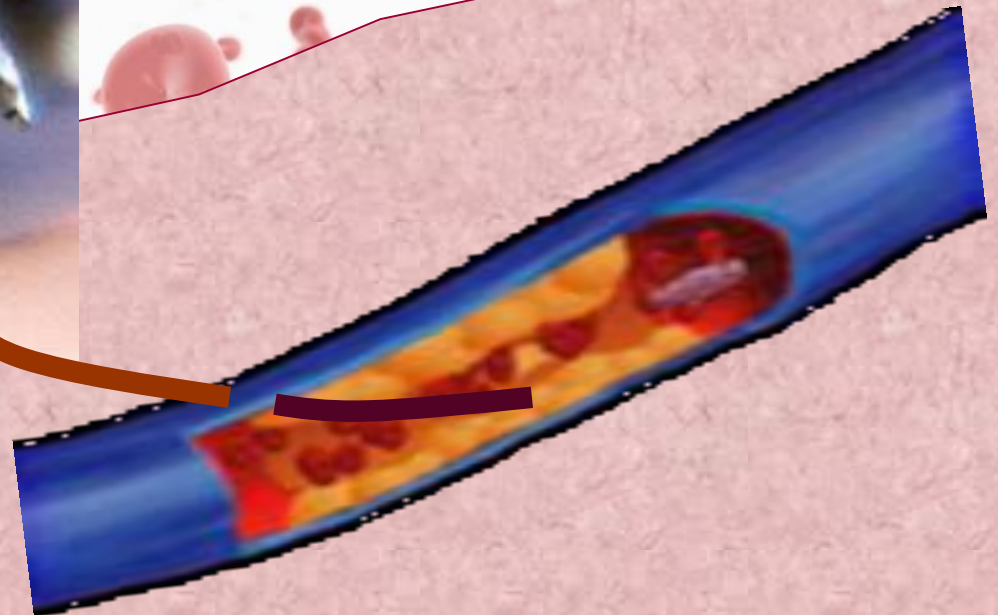


FIGURE 2.2 (Continued) (M) Mouthpart and feeding morphology in Ixodidae. (N) Mouthparts and feeding morphology in Mesostigmatid mites. (O) *Sarcoptes scabiei* feeding and burrowing in the host epidermis. (P) Trombiculidae larva feeding through the epidermis with the secreted stylostome.

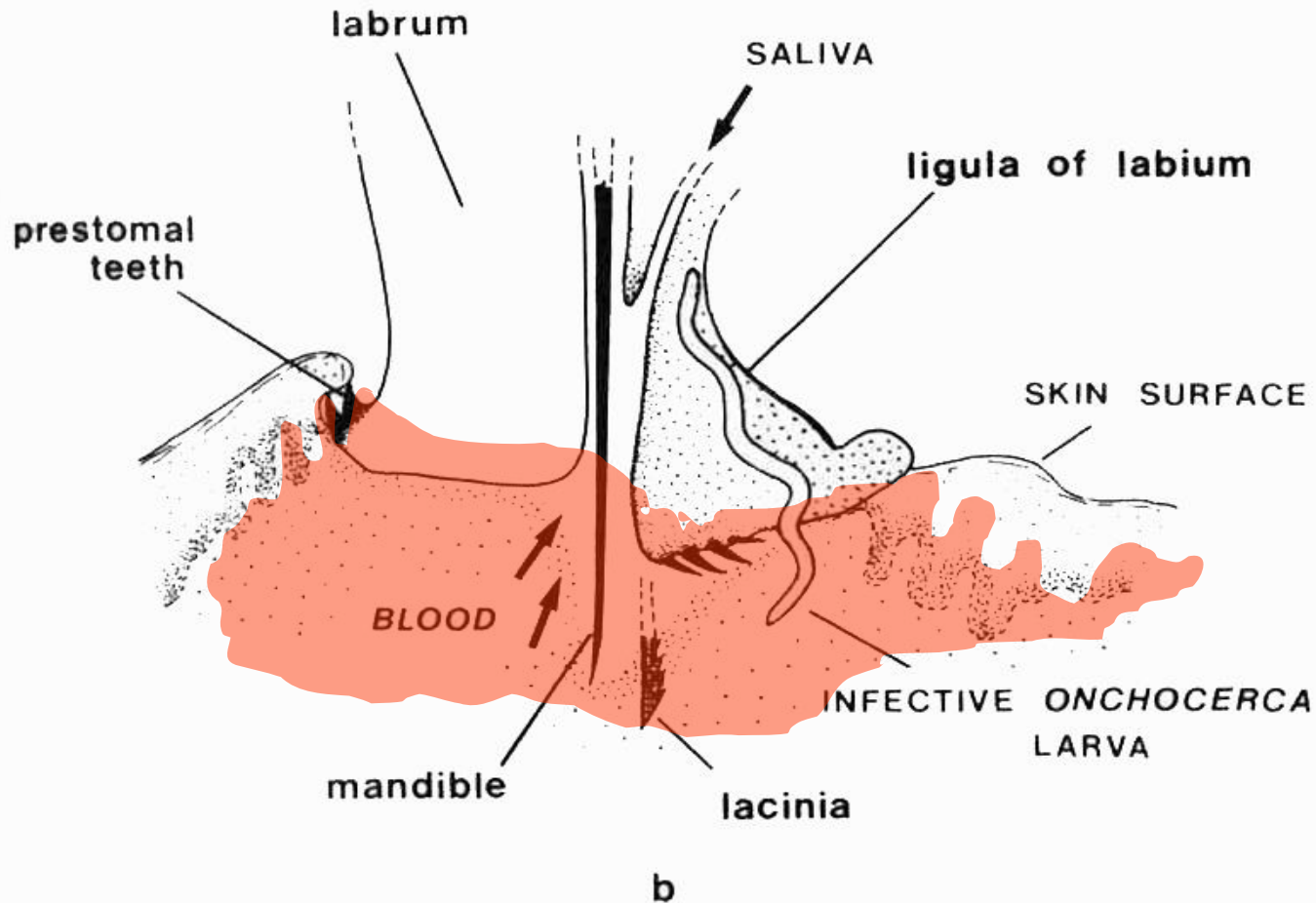
Solenofágové

- mají jemné stylety a tak přesně a cílené vnikají do cévy
- Culicidae, Phthiraptera
- přenášejí *Plasmodium*



Thelmofágové

- proniknou do tkáně, rozervou ji a do této oblasti proudí krev z okolní tkáně, kterou sají
- Simuliidae, Ixodidae, Tabanidae
- nepřenášejí *Plasmodium*, protože nesají z cévy

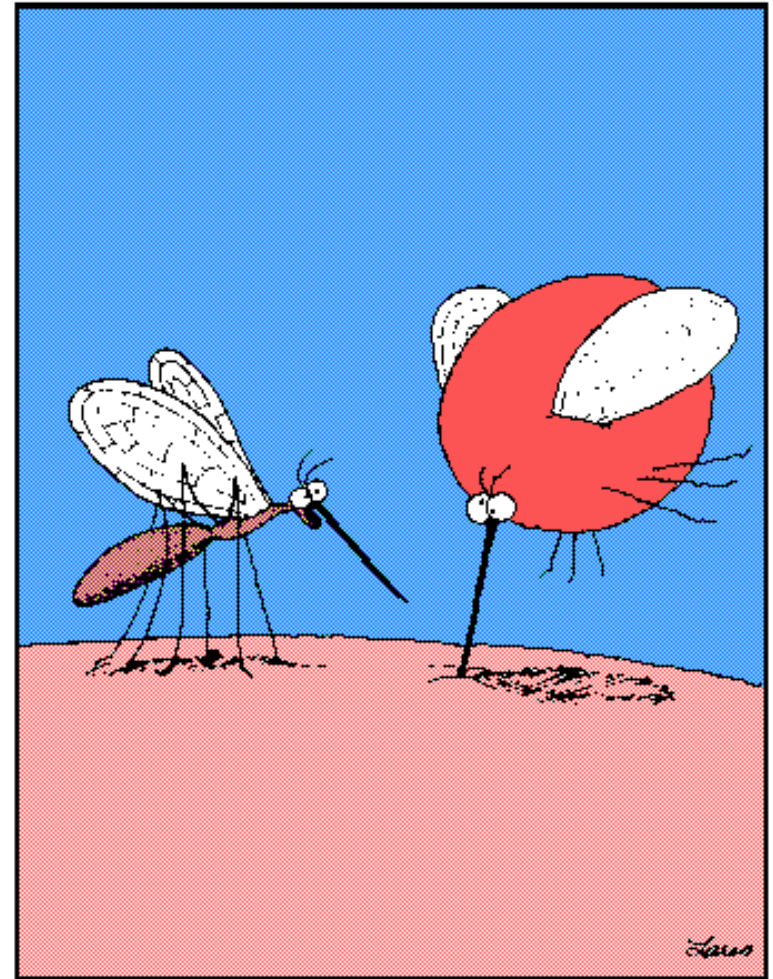


„Ochutnání“ hostitele

Hematofág má v hltanu receptory, pomocí kterých zjišťuje jestli je krev vyhovující.

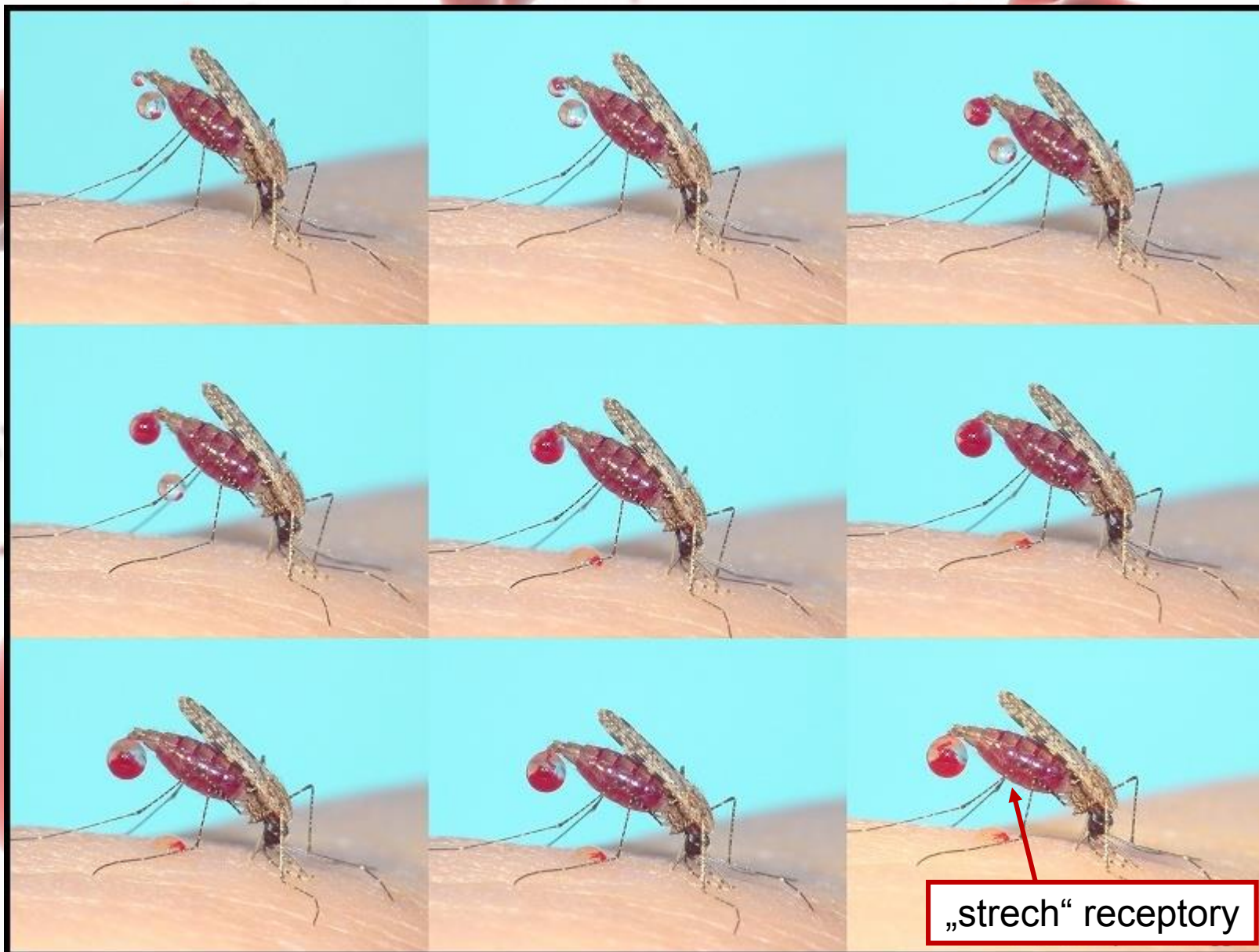
Rozpoznává:

- ATP
- buňkovou složku
- osmolaritu

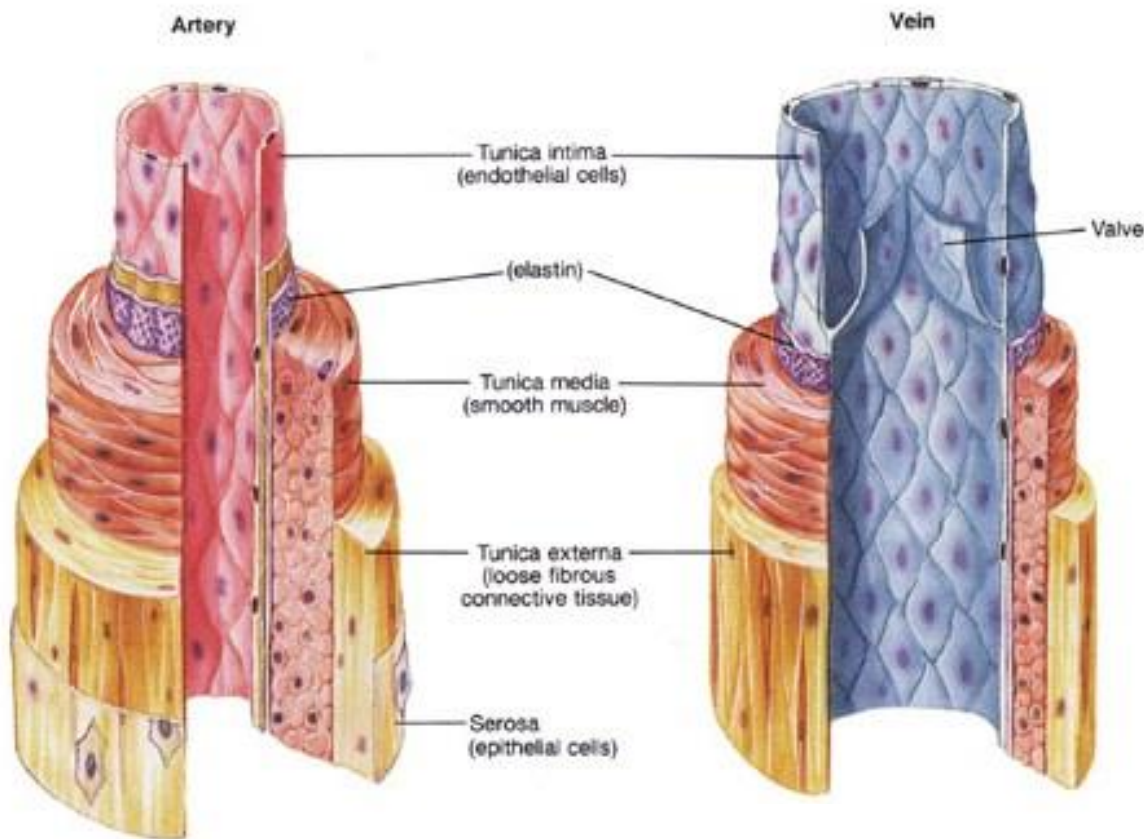


"Pull out, Betty! Pull out! . . . You've hit an artery!"

Sání – blokování hemostáze



Hemostáze - antihemostatické látky ve slinách



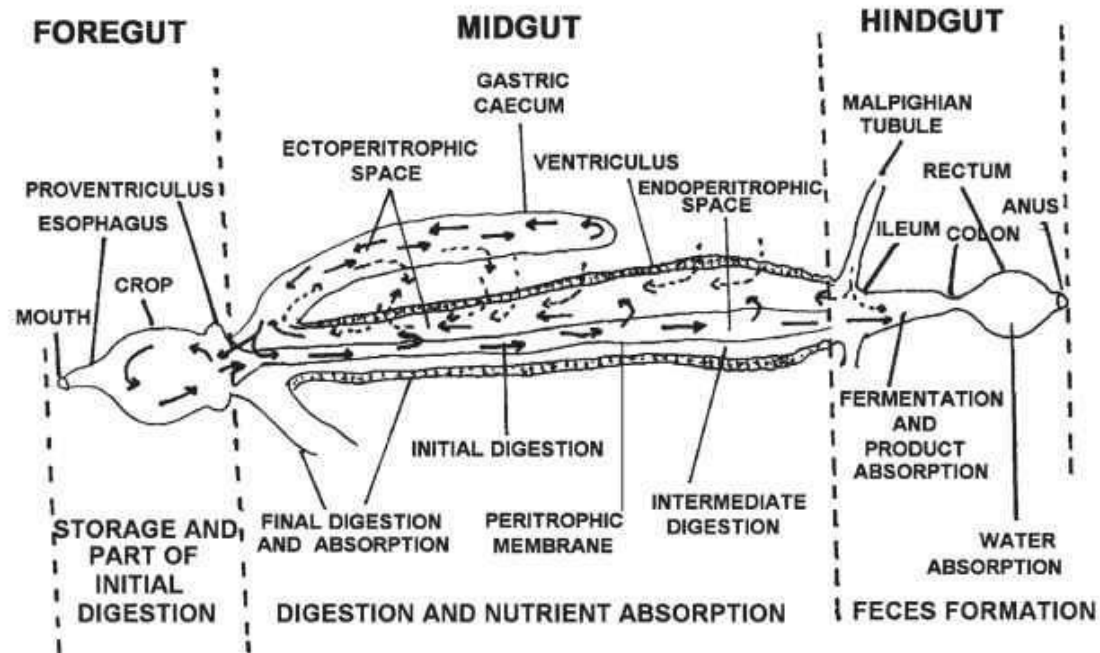
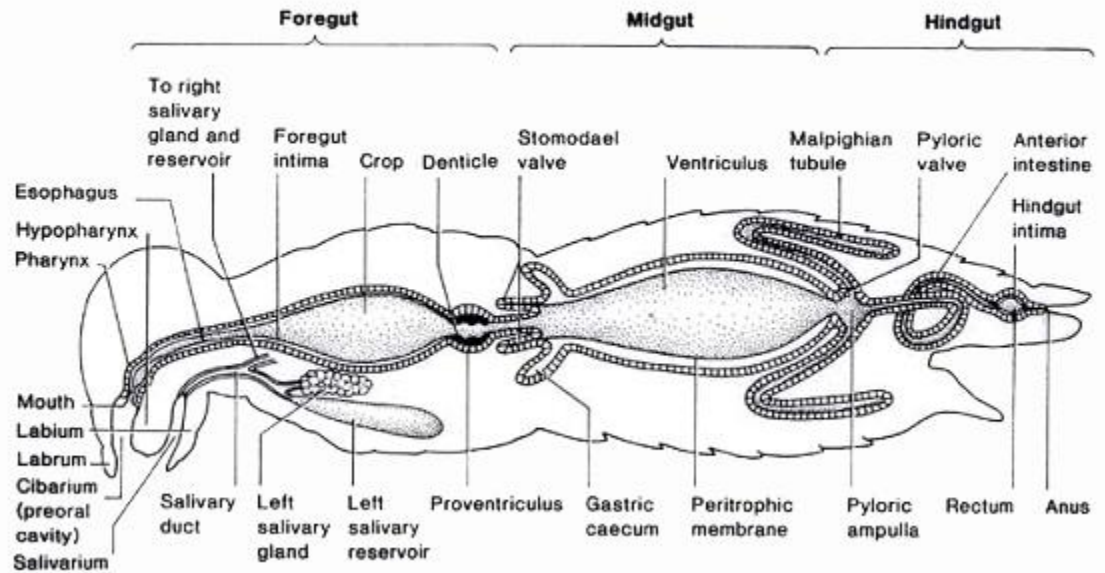
- sání je často proces, během kterého se vyvíjí silná odpověď hostitele, zahrnující jak hemostatickou (zastavující krvácení), tak i zánětlivou složku
- dochází k reakci destiček a kolagenu, co má za následek tvorbu ADP a serotoninu ⇒ degranulace destiček ⇒ vazokonstrikce a zastavení přívodu krve do poškozené oblasti, tvorba edému
- parazit se těmto mechanismům brání sekrecí biologicky aktivních látek ze slinných žláz

Přehled antihemostatik v slinných žlázách hemofága:

- hlavní složkou je **apyráza**, která brání produkci ADP a AMP a tím zabraňuje procesu srážení krve
- Culicinae: apyráza
- Phlebotominae: apyráza + EIS (erythema inducing substance) = vazodilatátor
- Triatominae: apyráza + antikoagulát, antitromboxanová a antihistaminová aktivita

Trávení krve

- hemolýza
- koncentrace
- trávení



Stavba trávicí soustavy

Stomodeum
(přední střevo)

Mesenteron
(střední střevo)

Proctodeum
(zadní střevo)

jícen

vole

žaludek

laloky (caeca)
středního střeva

malpighické žlázy

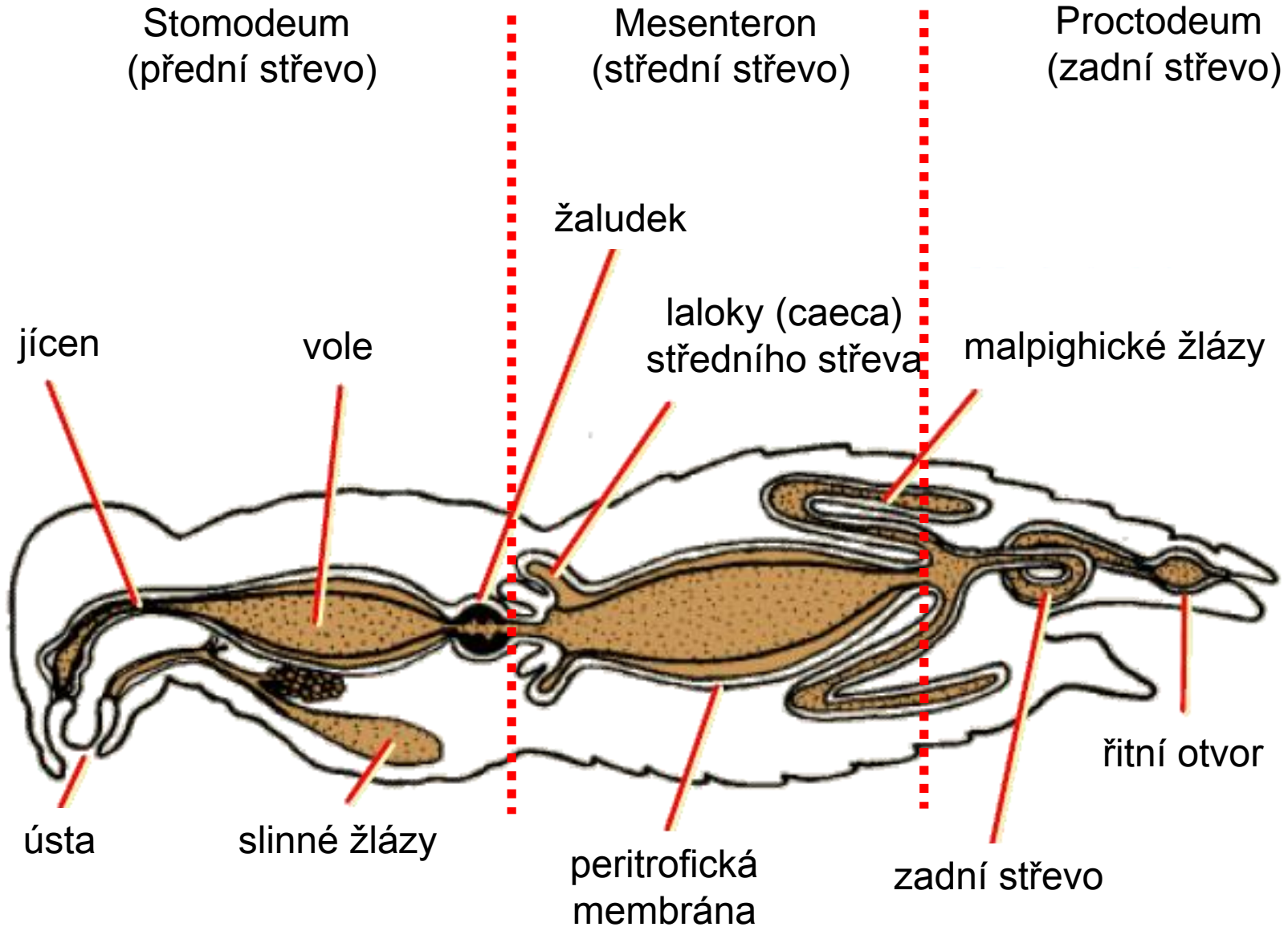
ústa

slinné žlázy

peritrofická
membrána

zadní střevo

řitní otvor



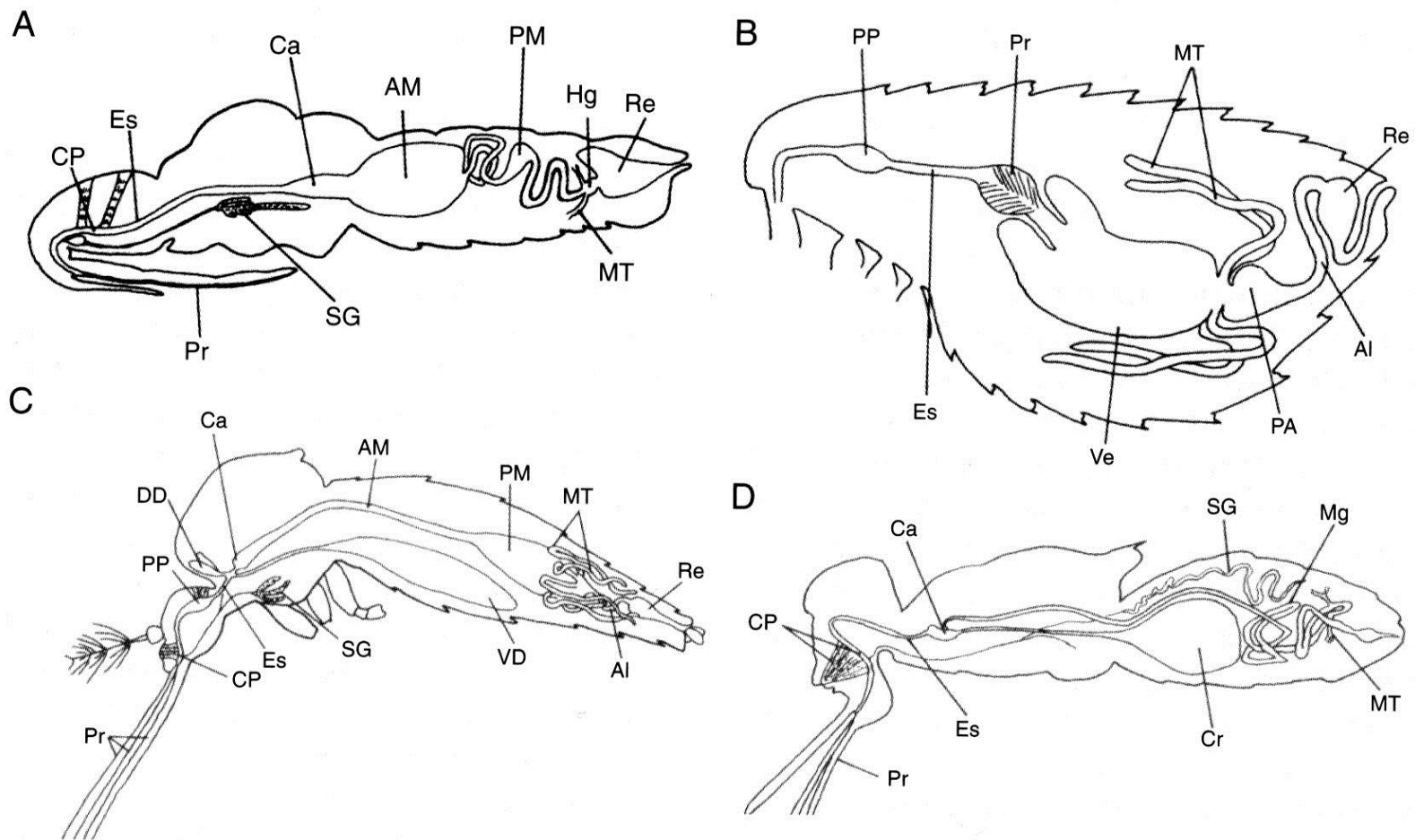


FIGURE 21.1 (A) Triatomid (kissing) bug alimentary canal. Based on Harwood and James, 1979, *Entomology in Human and Animal Health*, 7th ed. New York, Macmillan. AM = anterior midgut, Ca = cardia, CP = cibarial pump, Es = esophagus, Hg = hindgut, Pr = proboscis, PM = posterior midgut, Re = rectum, SG = salivary gland. (B) Flea alimentary canal. Based on Harwood and James, 1979, AI = anterior intestine, PP = pharyngeal pump, Es = esophagus, MT = Malpighian tubules, PA = pyloric ampulla, Pr = proventriculus, Re = rectum, Ve = ventriculus. (C) Mosquito alimentary canal. From R. E. Snodgrass, 1959, *The Anatomical Life of the Mosquito*. Smithsonian Misc. Coll. Vol. 139, No. 8, Washington, DC. AI = anterior intestine, AM = anterior midgut, Ca = cardia, CP = cibarial pump, DD = dorsal diverticulum, Es = esophagus, MT = Malpighian tubules, PP = pharyngeal pump, Pr = proboscis, PM = posterior midgut, Re = rectum, SG = salivary gland, VD = ventral diverticulum (crop). (D). Tsetse fly alimentary canal. Modified from Glasgow 1963. Ca = cardia, Cr = crop, CP = cibarial pump, Es = esophagus, Pr = proboscis, SG = salivary gland, Mg = midgut, MT = Malpighian tubules.

Hmyz: extracelulární trávení

- proteázy – lipázy, glykosidázy
- sekrece proteáz do lumen mezenteronu

Proteázy

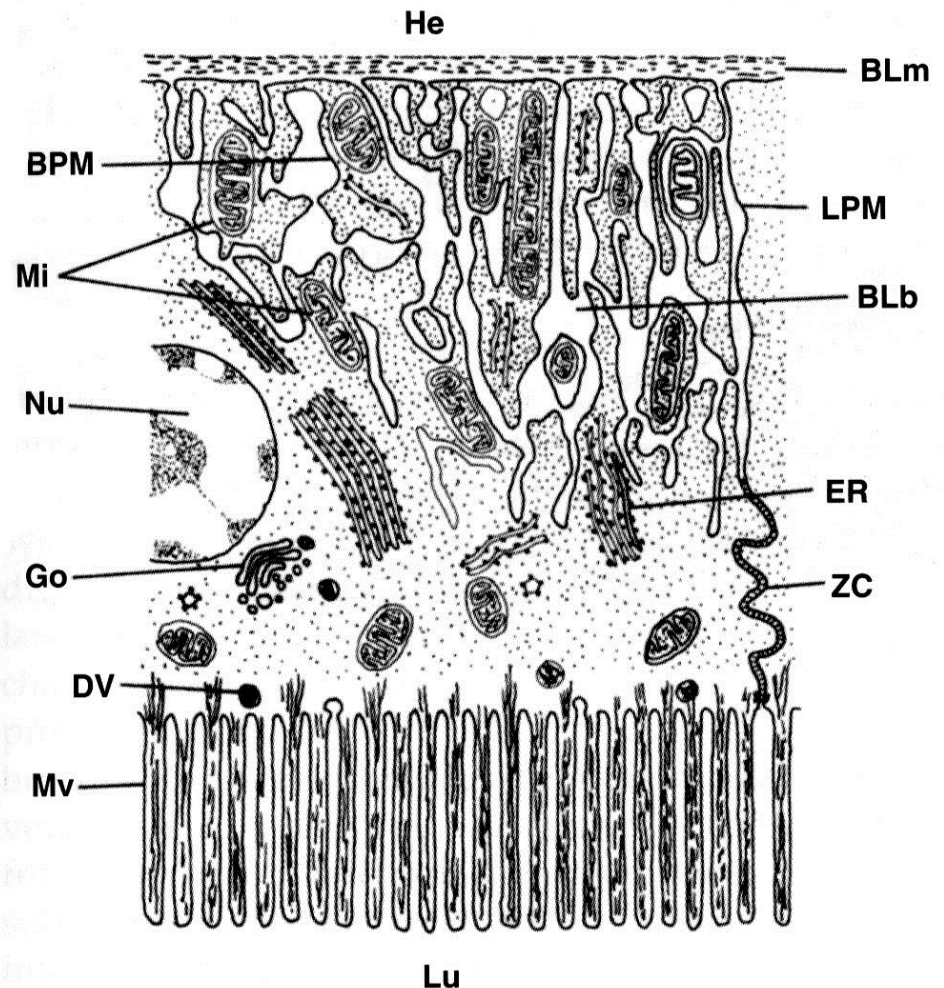
- endopeptidázy – štěpí uprostřed řetězce AK; přechází přes peritrofickou matrix do lumen
trypsin, chymotrypsin
- exopeptidázy – štěpí konec
aminopeptidázy – N-konec
karboxypeptidázy – C-konec
působí v ektoperitrofickém prostoru

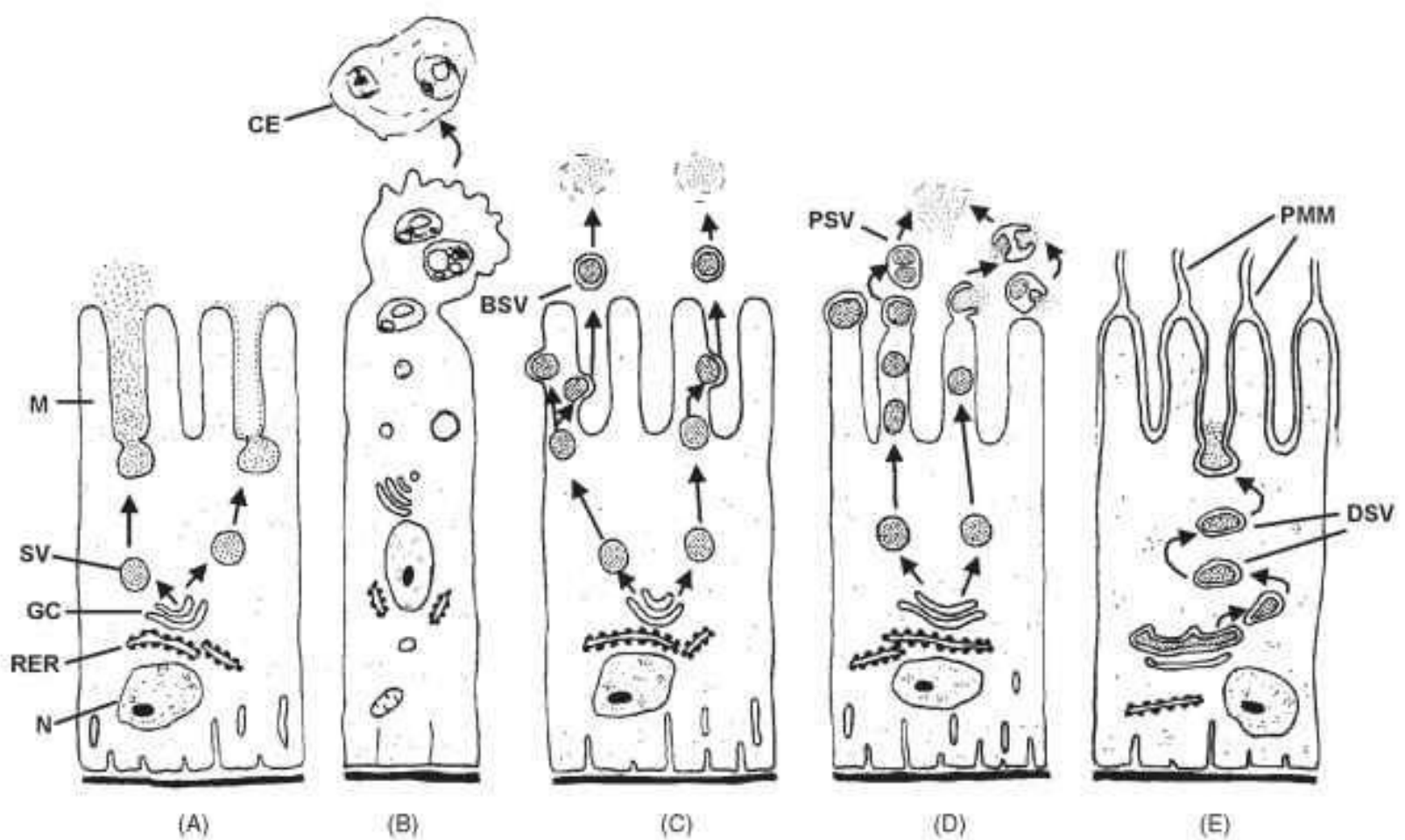
Epiteliální buňka středního střeva

FIGURE 21.2 Ultrastructure of a generalized insect midgut epithelial cell. BLm = basal lamina, He = hemocoel, LPM = lateral plasma membrane, BLb = basal labyrinth, BPM = basal plasma membrane, DV = dense vesicle, ER = endoplasmic reticulum, Go = Golgi, Lu = lumen, Mi = mitochondria, Mv = microvillus, Nu = nucleus, ZC = zonula continua. Adapted from Berridge, 1970. A structural analysis of intestinal absorption. In *Insect Ultrastructures* (A. C. Neville, ed.). Symposia of the Royal Society of London, No. 5.

Klíšťata: intracelulární trávení

- mezenteron se záhyby
- trávicí buňky vcestovávají do mezenteronu
- lysozomální enzymy
- ↓ volných proteáz ⇔ hostitelé pro ↑ patogenů

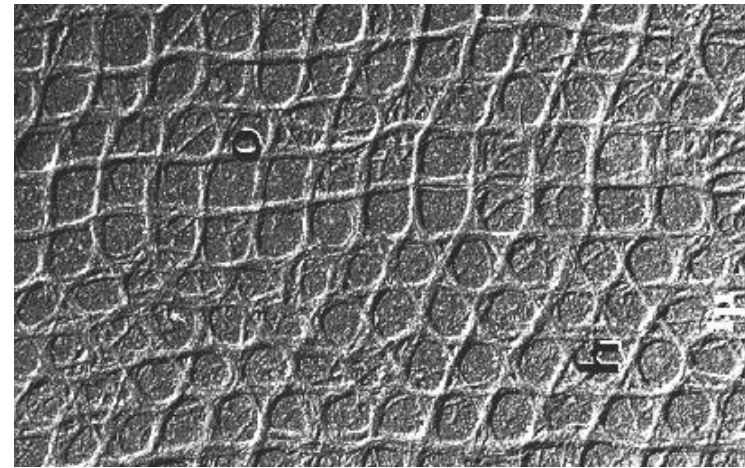
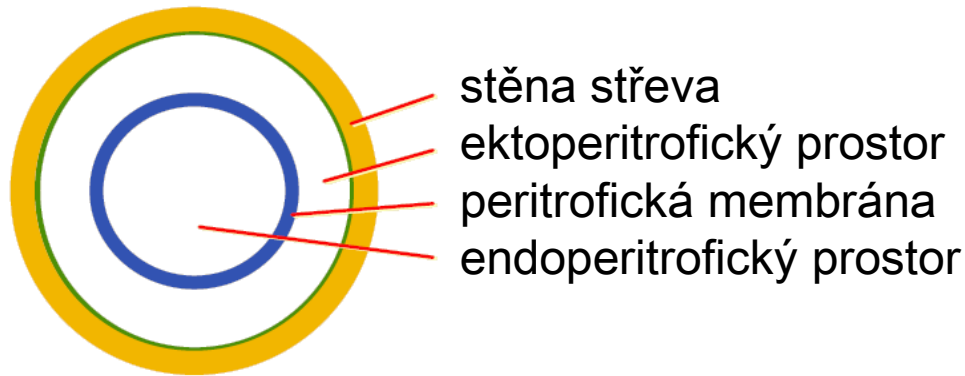




Modely sekrece hmyzích trávicích enzymů; (A) exocytotická sekrece, (B) apokrinní sekrece, (C) mikroapokrinní sekrece s pučícími vezikuly, (D) mikroapokrinní sekrece s odštípanými vezikuly, a (E) modifikovaná exocytotická sekrece v buňce středního střeva Heteroptera. BSV, pučící sekreční vezikula; CE, buněčná extruze; DSV, sekreční vezikula ohraničená zdvojenou membránou; GC, Golgi komplex; M, mikrovily; N, jádro, PMM, perimikrovilární membrána; PSV, odštípaná sekreční vezikula; RER, drsné endoplasmatické retikulum; SV, sekreční vezikula.

Sekrece u Heteroptera vykazuje speciální znaky. Sekreční vezikuly ohraničené zdvojenou membránou pučí z modifikovaných Golgi struktur (E), migrují na apikální konec buňky, jejich vnější membrány fúzí s mikrovilární membránou, a jejich vnitřní membrány fúzí s perimikrovilárními membránami, a vypouštějí svůj obsah.

Organizace zažívacího traktu



Peritrofická membrána

- peritrofická matrix – vrstva vylučovaná z mezenteronu
- chitinové mikrovlákná, specifické proteiny vnořené do proteoglykanové matrix
- semipermeabilní – peptidy a menší proteiny ní prochází
- funkce – ochrana mikroklků, antimikrobiální, antiparazitární, rozdělení fází trávení – různé pH a enzymy, ochrana před kyslíkovými radikály (ROS) – vznik při trávení Hb

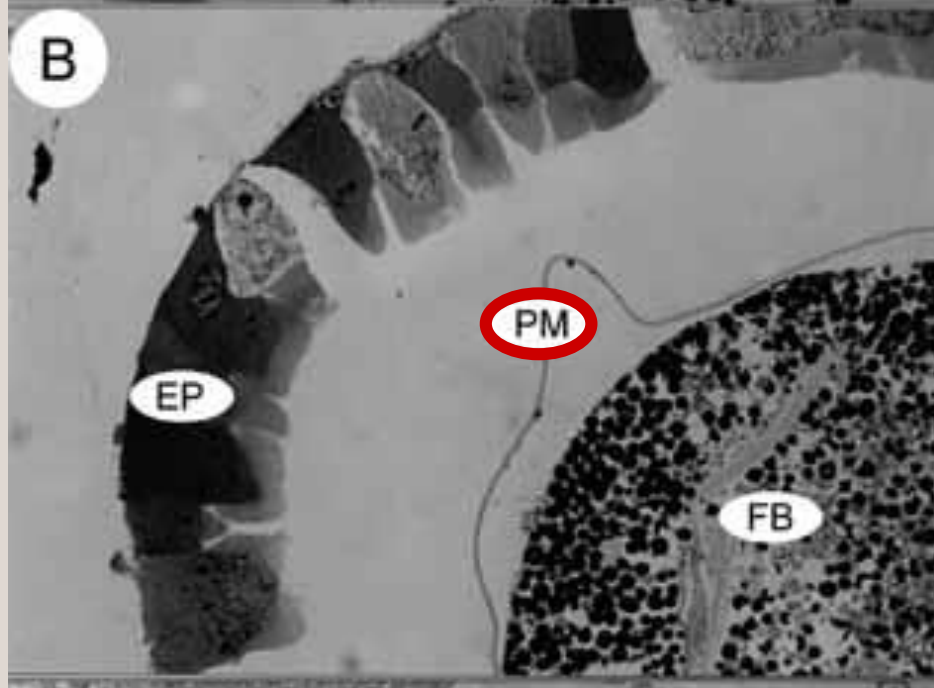
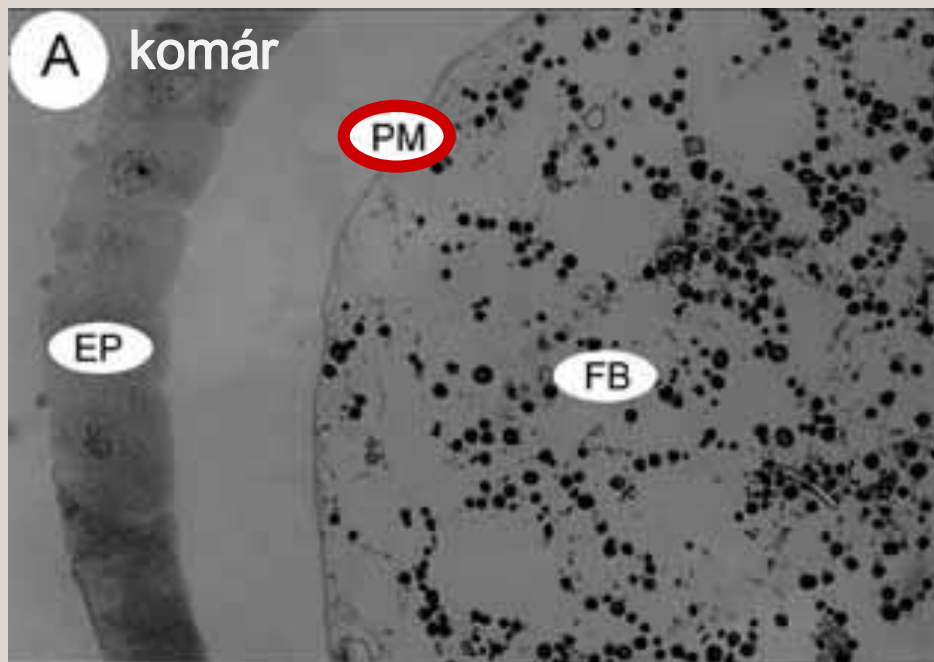
TYP 1

je syntetizovaná celým epitelem mezenteronu; univerzálnější u většiny hmyzu; tvořená jen po nasátí přičemž po pár hodinách se rozpadá (dospělý komár).

TYP 2

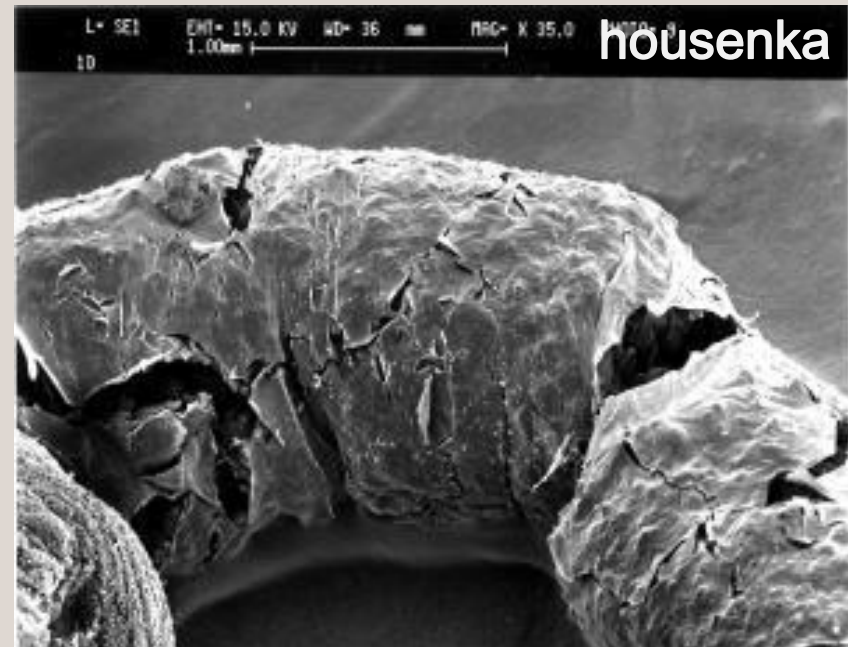
je produkována specializovanými buňkami předního konce mezenteronu u kardiakální valvy a obrůstá střevo zevnitř; utvořená od vylíhnutí (larvy komárů).

Bodalka pouští nejdříve krev do divertikula (kým se jí nevytvoří PM 2) až pak je rezistentní vůči trypanosomám. PM pak zůstává celý život.



peritofická matrix

- významní role peritofické membrány (PM)
- póry na PM jsou různě velké = druhovo specifické (molekuly tímto sítím projdou)
- někteří hematofágové vůbec nemají PM
- do určité míry zadrží přechod parazitů do těla vektoru



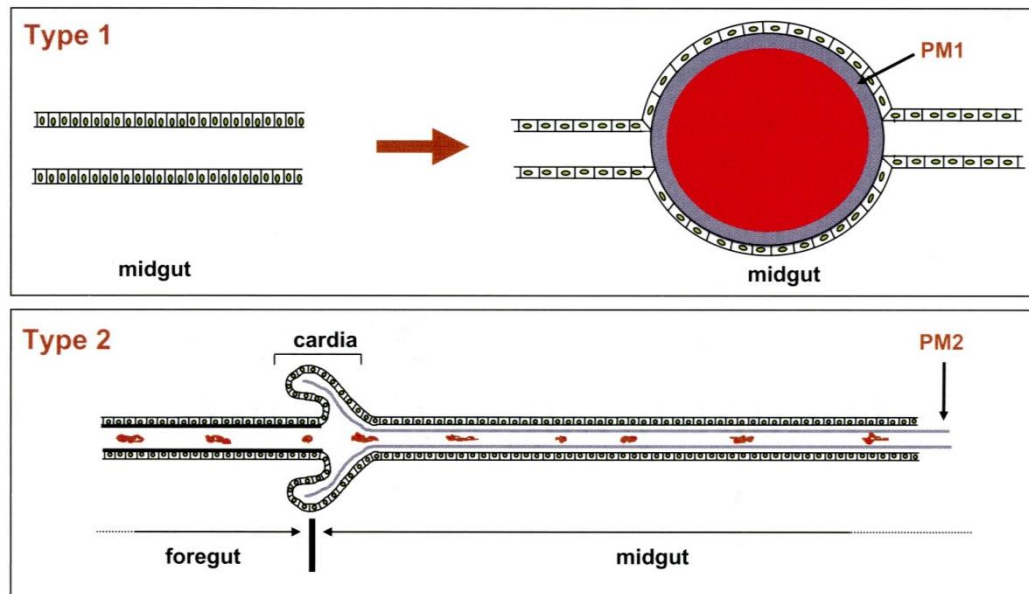


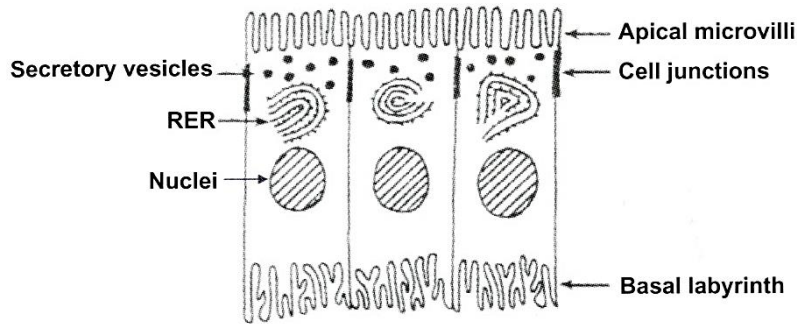
FIGURE 22.1 Schematic diagrams showing the sites of PM1 and PM2 synthesis within the insect gut. The PM1 surrounds a blood meal, and the PM2 surrounds food particles.

TABLE 22.1 Time of PM1 Formation in Some Medically Important Blood-Feeding Insects

Insect Species	First Detected	Mature	Reference
<i>Aedes aegypti</i>	5 h	12–17 h	Stohler (1957)
		5–8 h	Freyvogel and Stäubli (1965)
<i>Anopheles gambiae</i>	4–8 h	12 h	Perrone and Spielman (1988)
		13 h	Freyvogel and Stäubli (1965)
<i>Anopheles stephensi</i>		32 h	Freyvogel and Stäubli (1965)
<i>Simulium ornatum</i>	2–10 min	12–24 h	Berner <i>et al.</i> (1983)
		48 h	
<i>Simulium equinum</i>	2–10 min	12–24 h	Reid and Lehane (1984)
<i>Simulium lineatum</i>	2–10 min	12–24 h	Reid and Lehane (1984)
<i>Simulium vitattum</i>	20 min	6 h	Ramos <i>et al.</i> (1994)
<i>Phlebotomus longipes</i>	<24 h	48 h	Gemetchu (1974)
<i>Phlebotomus perniciosus</i>	30 min	36 h	Walters <i>et al.</i> (1993)
<i>Lutzomyia spimicrassa</i>	1–3 h	12–36 h	Walters <i>et al.</i> (1995)

The times of peritrophic matrix type 1 formation in mosquitoes (*Aedes*, *Anopheles*), black flies (*Simulium*) and sand flies (*Phlebotomus*, *Lutzomyia*) are listed. It should be emphasized that “first detection” and “maturation” are based on highly subjective criteria and that in most cases an exhaustive time course of PM formation has not been attempted. Moreover, in any given experiment the parameters measured vary largely from individual to individual. Thus, the listed values serve only as guidelines.

BEFORE A BLOOD MEAL



AFTER A BLOOD MEAL

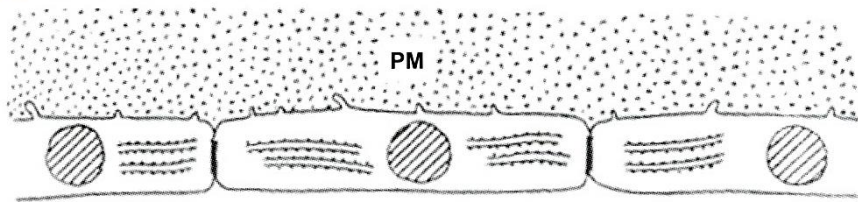
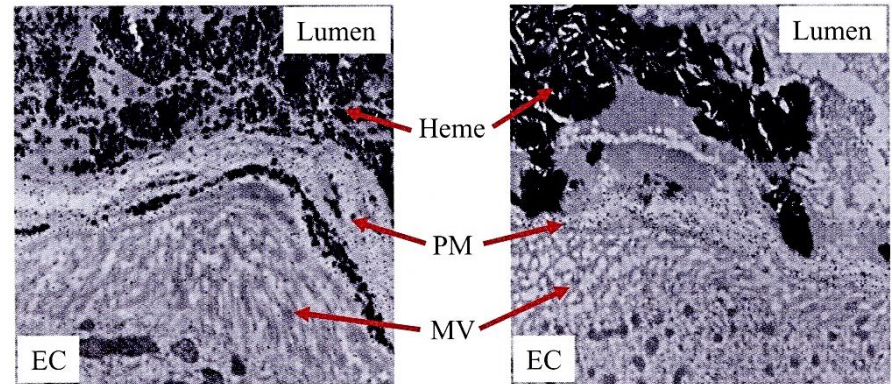


FIGURE 22.2 Schematic diagram of ultrastructural changes in PM1-secreting cells after blood feeding. Apical microvilli and basal labyrinth largely disappear to accommodate the flattening of the epithelial cells that accompanies the dramatic distention of the midgut. As the PM1 forms, secretory vesicles disappear and the RER whorls unfold. Not all of these changes occur in all insects.



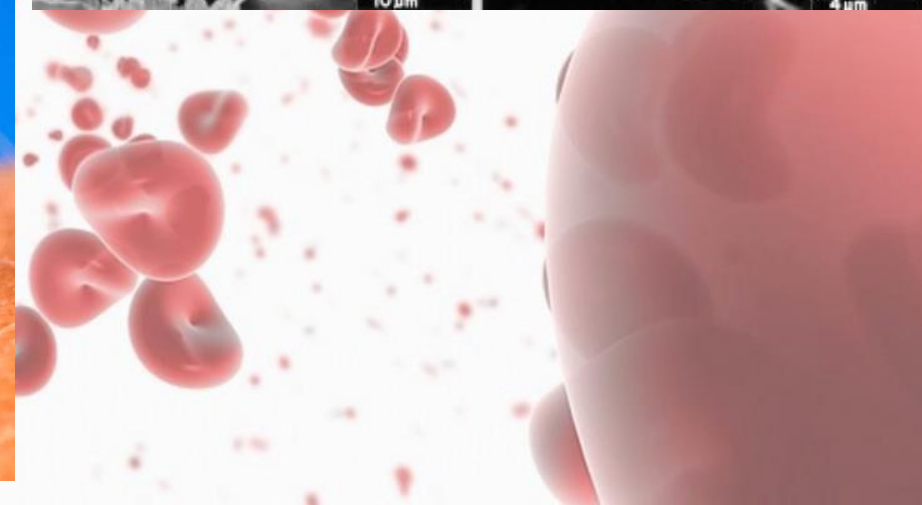
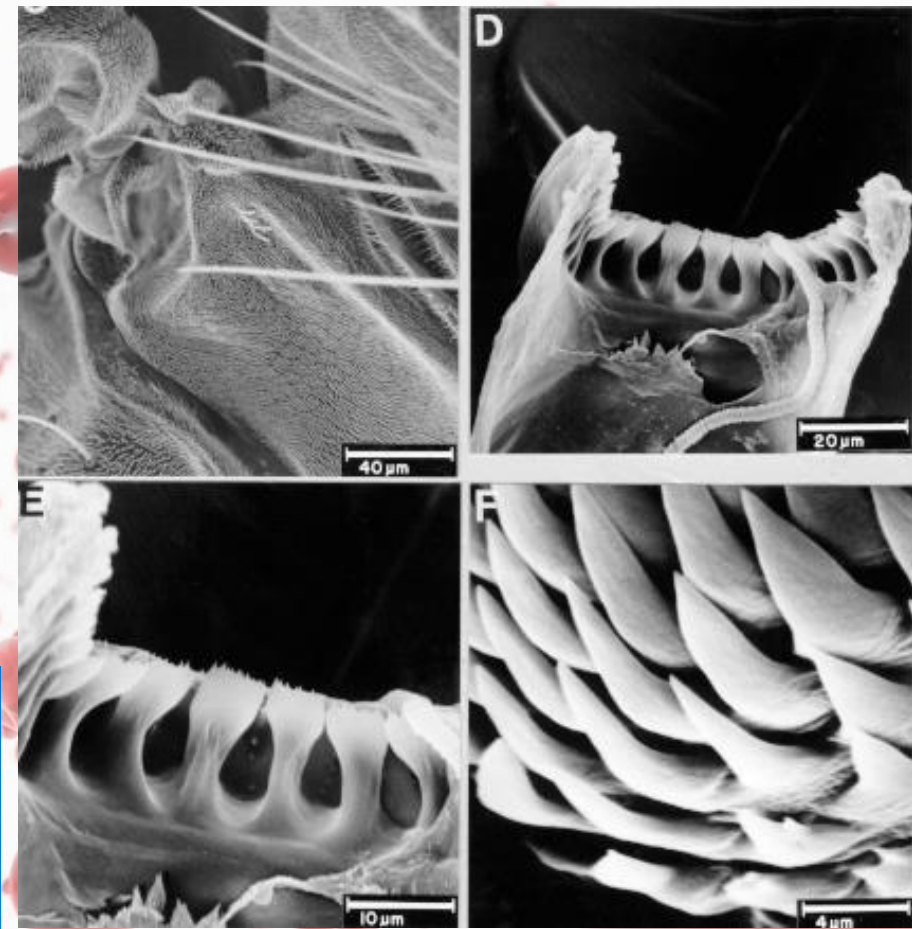
Aedes aegypti

Anopheles gambiae

FIGURE 22.3 Electron micrographs showing the PM1 from *Aedes aegypti* and *Anopheles gambiae*. The gut lumen is at the top and the epithelial cell (EC) is at the bottom. The PM appears as a layered electron-lucent structure, and in both cases it is labeled with immunogold particles that react specifically with the PM proteins AEIMUC1 (*Ae. aegypti*) and Ag-Aper1 (*An. gambiae*) (see text). Some labeling over the microvilli also occurs, which represents newly secreted protein. Black electron-dense heme aggregates are indicated. In *Ae. aegypti* the aggregates are small and are also seen within the PM, whereas in *An. gambiae* the heme aggregates are very large and are observed only on the luminal side of the PM. Magnification is $\times 7000$. Pictures kindly provided by Dr. Hisashi Fujioka; Case Western Reserve University.

Trávení krve

- hemolýza
- koncentrace
- trávení



Hematofág saje pomocí pump:

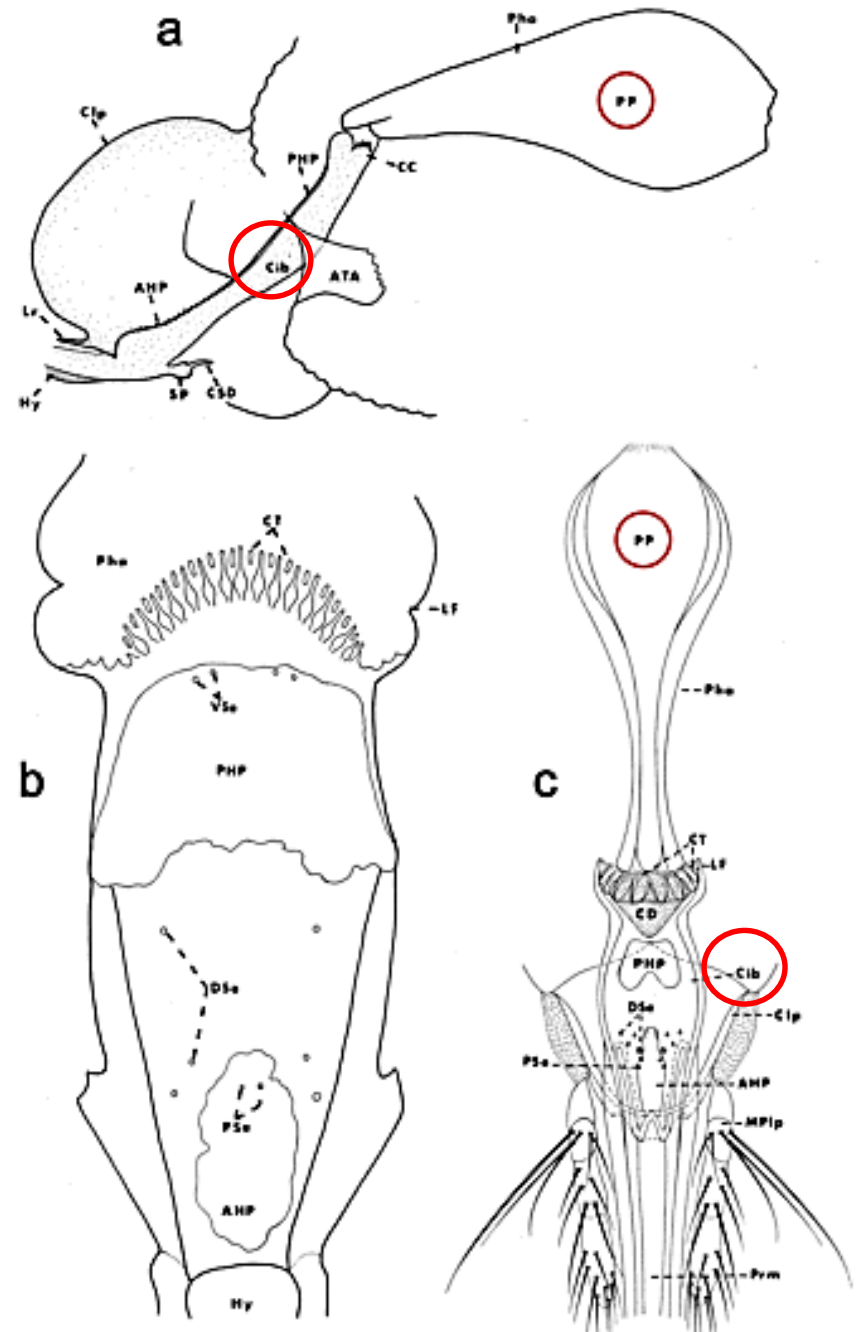
A) cibariální pumpa (v hlavě)

B) pharyngeální pumpa

Zároveň musí rozbit erytrocyty:

1. fáze ⇒ mechanická pomocí cibariálních armatur (trubice se sklerotizovanými zuby před kardiakální vulvou)
2. fáze ⇒ chemická (hemolýze, štěpení rozbitých erytrocytů pomocí hemolyzinů v zažívacím traktu)

(a) Laterální aspekt hlavy samice *Anopheles* - cibarium a pharynx; (b) dorzální aspekt cibaria u rodu *Anophles*; (c) dorzální aspekt hlavy samice rodu *Culex* - cibárium a pharynx.

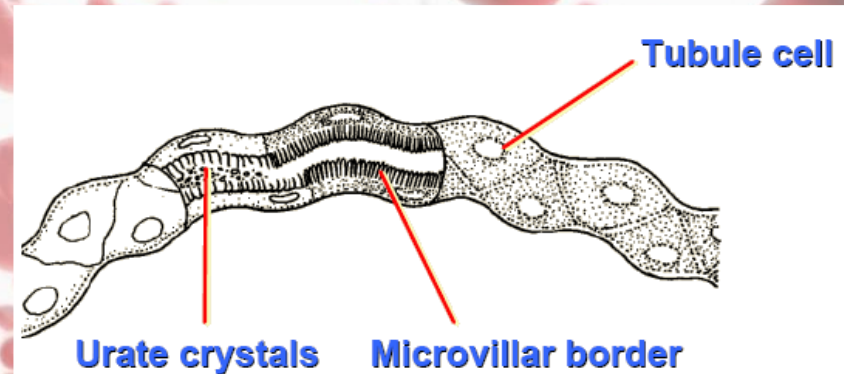
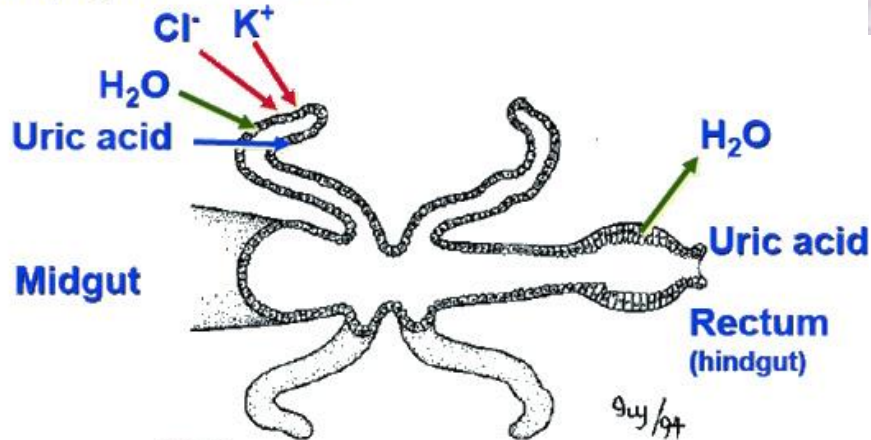


Trávení krve

- hemolýza
- koncentrace
- trávení



Malpighian tubules



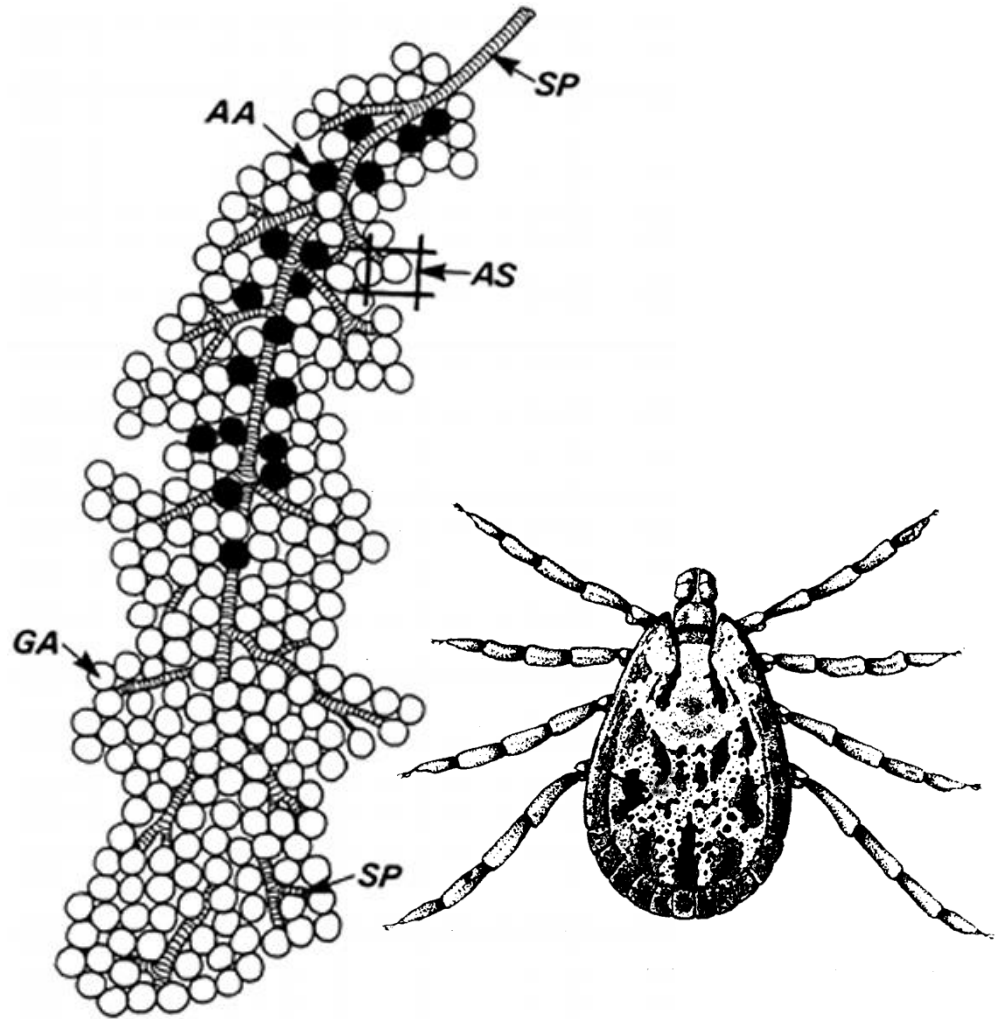
Zbarvení vody

- voda je odváděna z mezenteronu do hemolymfy
- je to řízeno diuretickým hormonem, který způsobuje aktivní pumpování iontů
- z hemolymfy je dále odváděna do Malpigických trubic, pak dále do proctodea a ven z těla
- u Argasidů je voda pumpována z mezenteronu do koxálních žláz
- u Ixodidů do slinných žláz a pak zpět do hostitele (regurgitace)

AA- agranulární acinus
GA - granulární acinus
SP – ductus



koxální žlázy



regurgitace

Trávení krve

- hemolýza
- koncentrace
- trávení

dávkovací („batch“) systém vs. kontinuální systém

- 2 dominantní enzymy – trypsin a chymotrypsin
- syntéza enzymů musí být kontrolovatelná
 - syntéza enzymů a přímé pouštění do střeva
 - RNA syntéza pro daný enzym a až v případě potřeby nastává samotná syntéza enzymu

A) dávkovací systém (Culicinae)

- celé střevo je naplněno krví a do trávení je zapojena celá jeho plocha
- jsou tam speciální buňky produkující enzymy
- zároveň tam probíhá absorpce

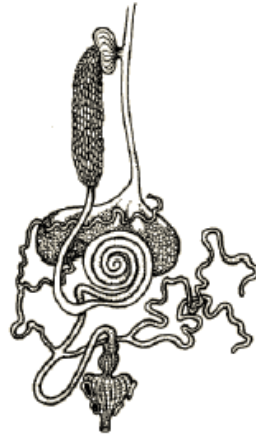
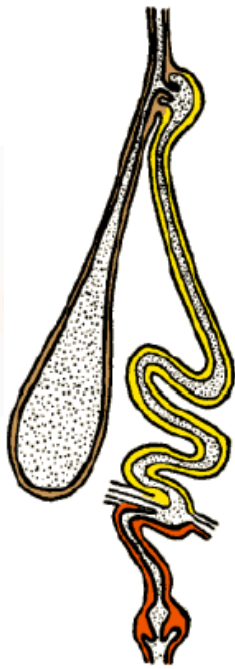
B) kontinuální systém (Triatominae)

- přední část střeva (vole) funguje jako zásobárna krve a jeho zadní část slouží na trávení
- krev se pomalu uvolňuje a tráví

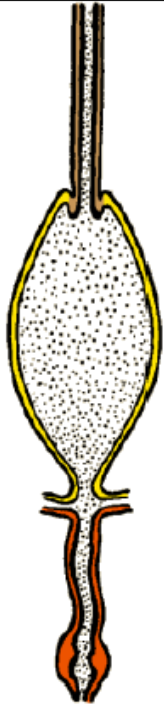
Systém 2 trypsinů (skorý a pozdní trypsin):

- komár nasaje něco do střeva
- skorý trypsin se pustí do střeva, kde rozloží proteiny na aminokyseliny ⇒ do hemolymfy
- komár si okalibruje pozdní trypsin (kolik ho potřebuje) ⇒ pustí ho do střeva (skutečný trávicí enzym)
- na metabolických procesech se podílí juvenilní hormon a ekdyson

House fly



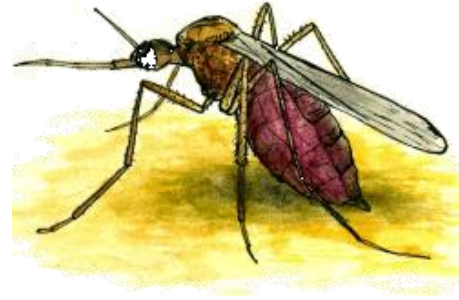
Fleas - adults



Hemiptera



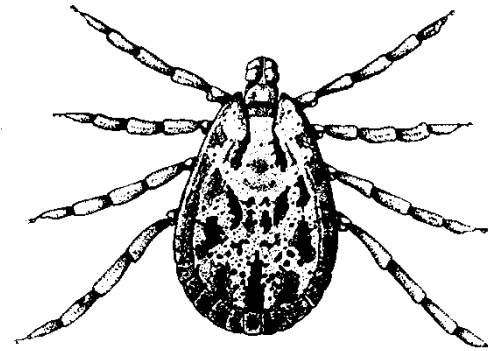
trypsin



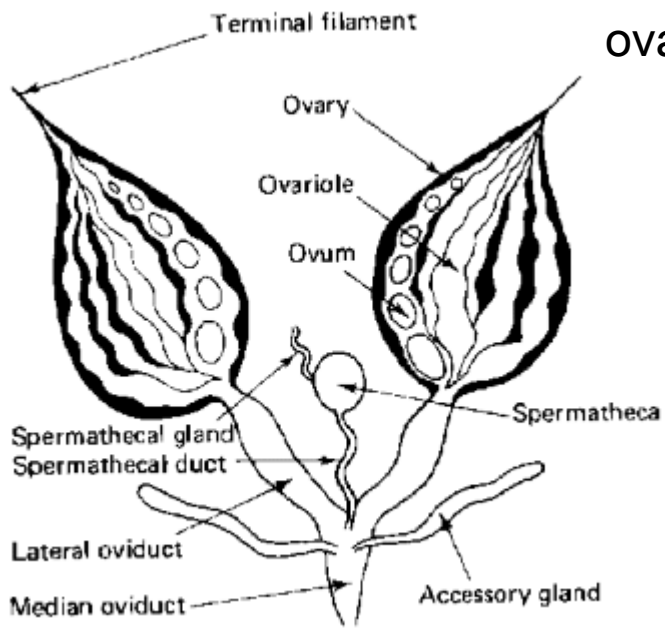
cathepsin



vnitrobuněčné trávení



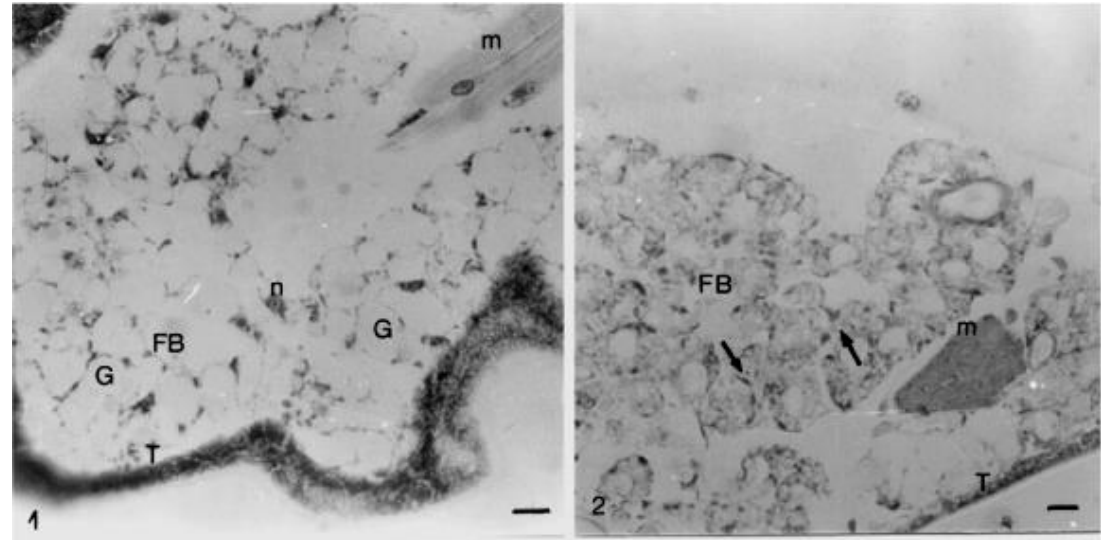
ovária



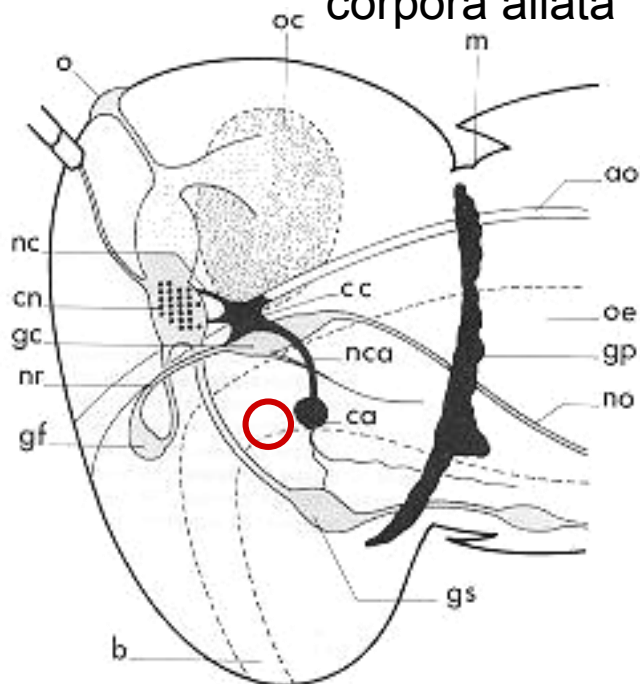
mezenteron



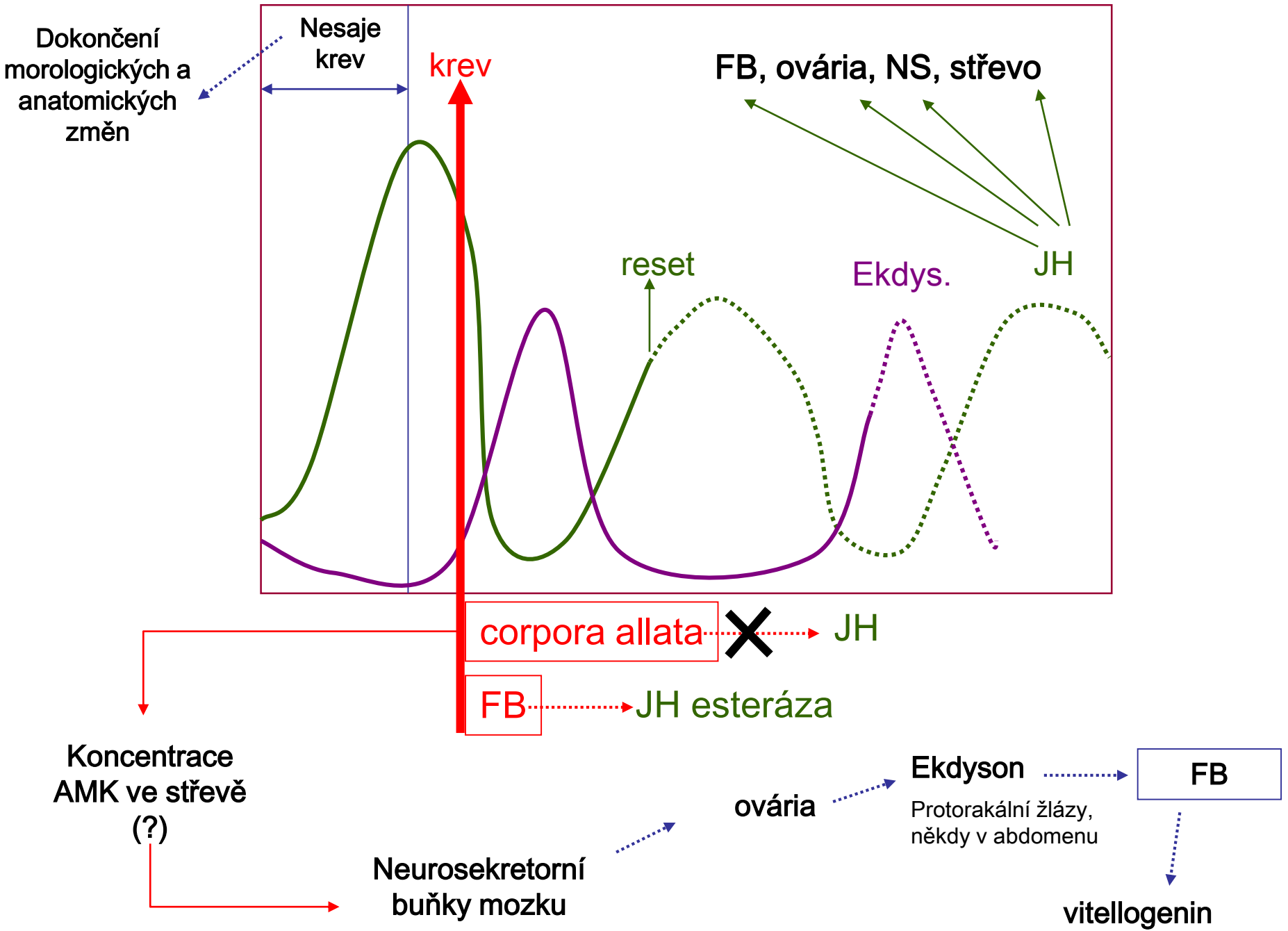
tukové těleso



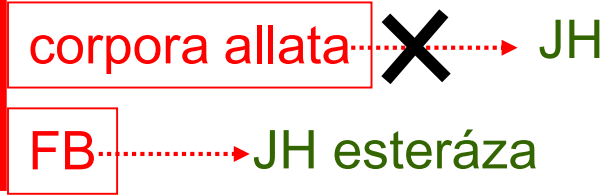
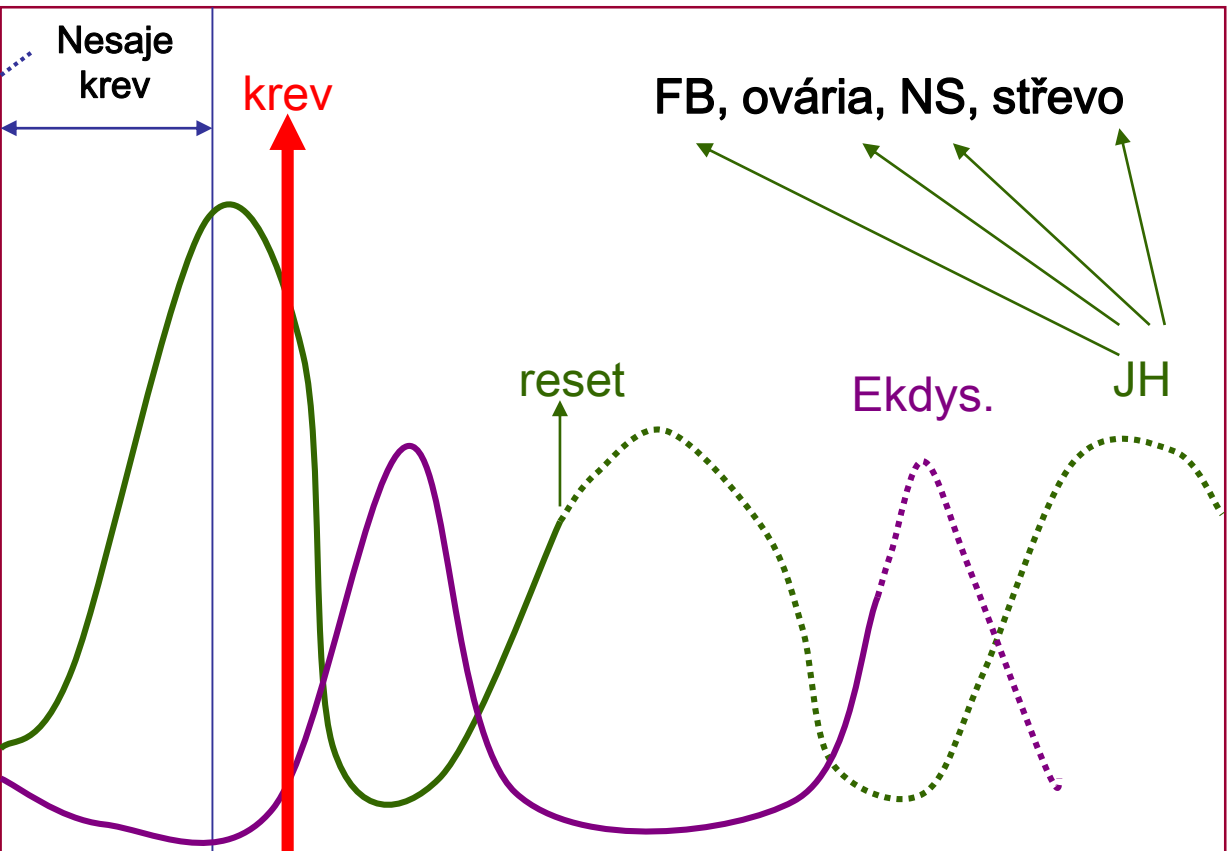
corpora allata



- obvykle viscerální a periferní
- pokryté basální membránou
- syntéza + skladování (lipidy, cukry, proteiny)
- energetický motor
- produkce vitelogeninu (výživní látka pro ovaria)



Dokončení morologických a anatomických změn



Koncentrace AMK ve střevě (?)

Neurosekretorní buňky mozku

ovária

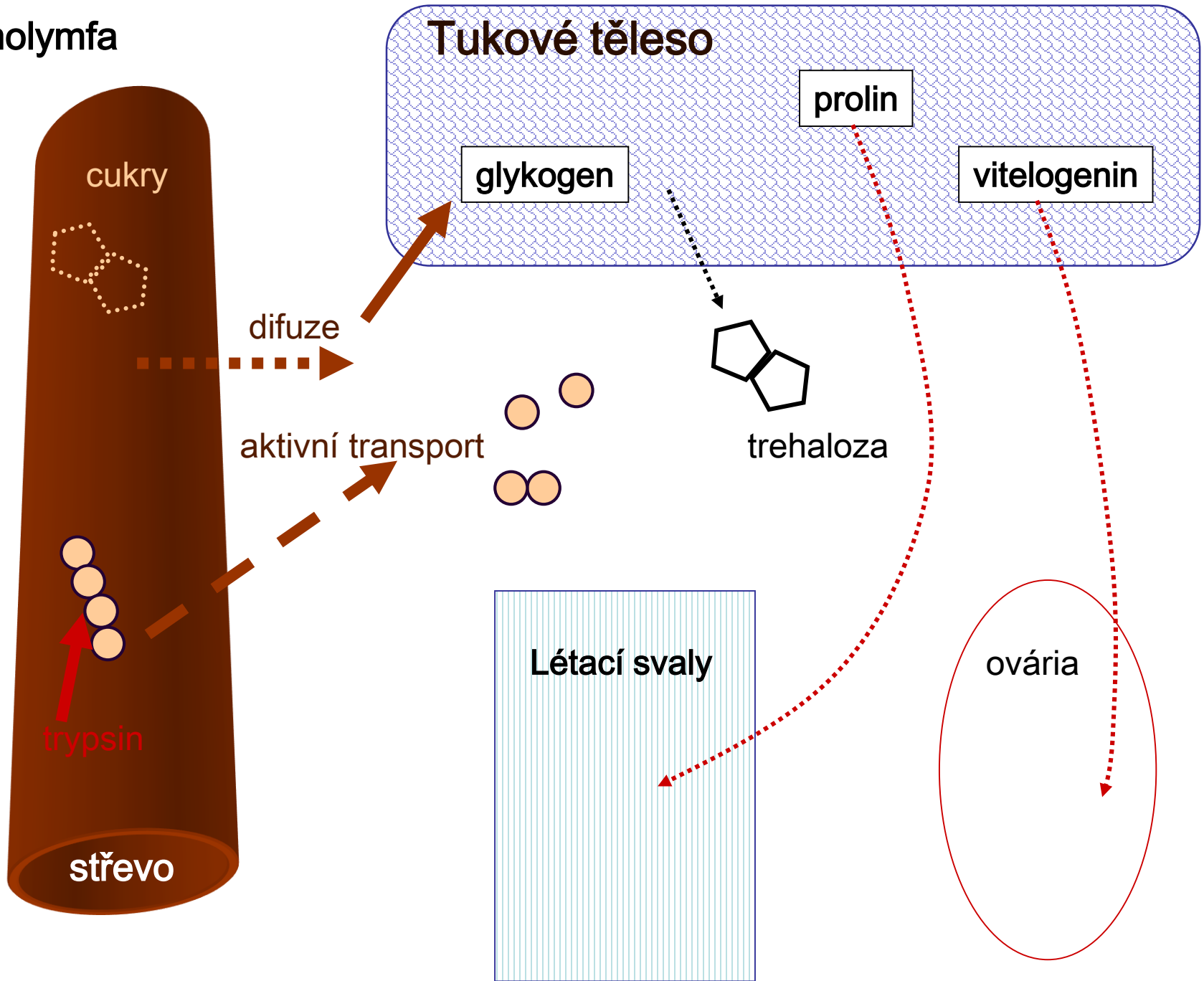
Ekdyson

Protorakální žlázy, někdy v abdomenu

FB

vitellogenin

hemolymfa



Tukové těleso

prolin

vitelogenin

glykogen

cukry

difuze

aktivní transport

trehaloza

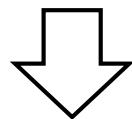
Létací svaly

ovária

trypsin

střevo

Krev obratlovců není plnohodnotným zdrojem potravy pro hematofágy, hlavně není zdrojem všech vitaminů (obzvláště B vitaminů).



primární symbionti

doplnění vitaminů B u hematofágů živících se výhradně krví



Nejužší vztah se symbionty u Triatominae; volně v lumenu střeva mají Nocardie (přenos přes vnější prostředí)



Cimicidae - mycetomy jsou kompaktní samostatné útvary.



Glossinidae - mycetomy jsou jako ztluštěniny ve střevě.

Hyppoboscidae
Nycteribiidae



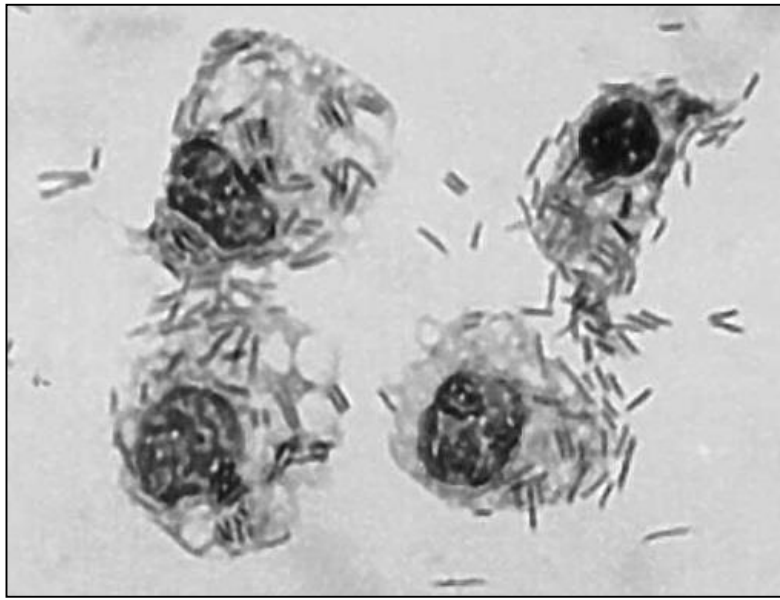
Anoplura - variabilní uspořádání mycetomů, morfologická variabilita symbiontů.

Komplikovaný, hormonálně řízený přenos symbiontů z mycetomů do ovárií.

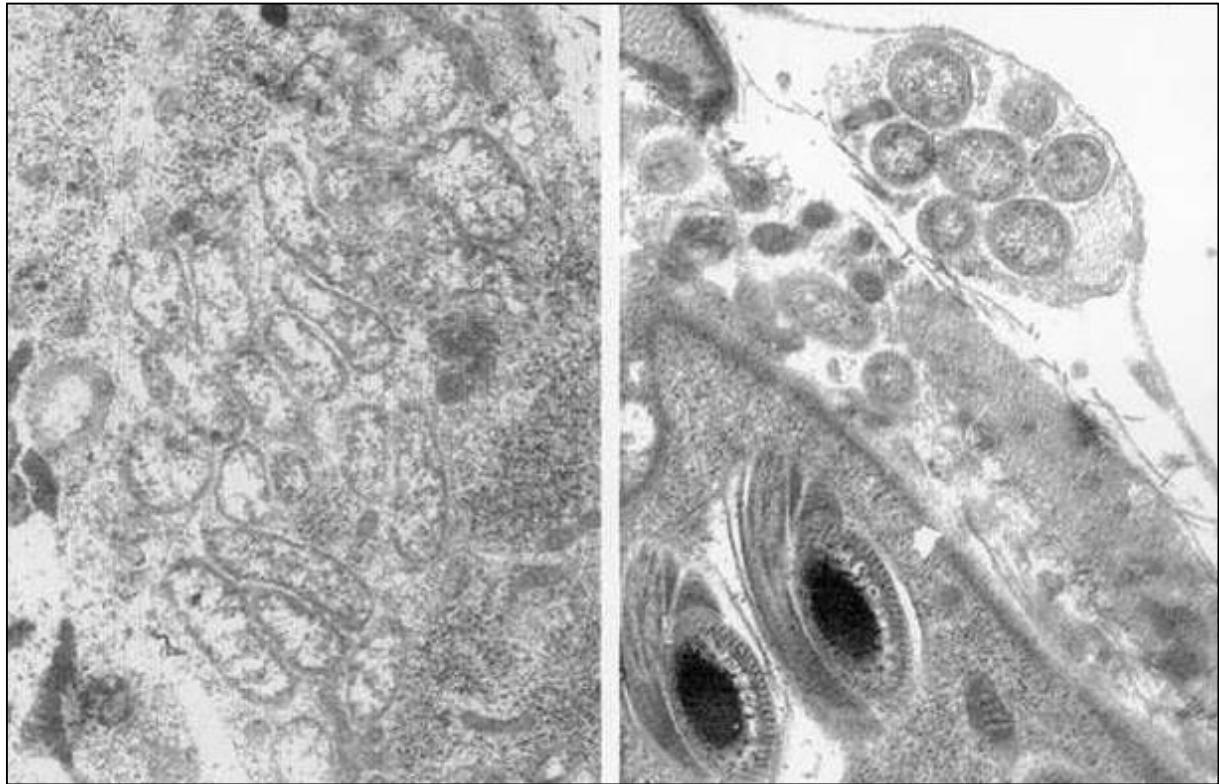
Buňky obsahující symbiotické bakterie se nazývají mycetocyty. Vyskytují se hlavně v tukovém tělese, střevě a gonádách a jejich agregací vznikají mycetomy.

Nejsou tam, kde se larvy živí neparaziticky.



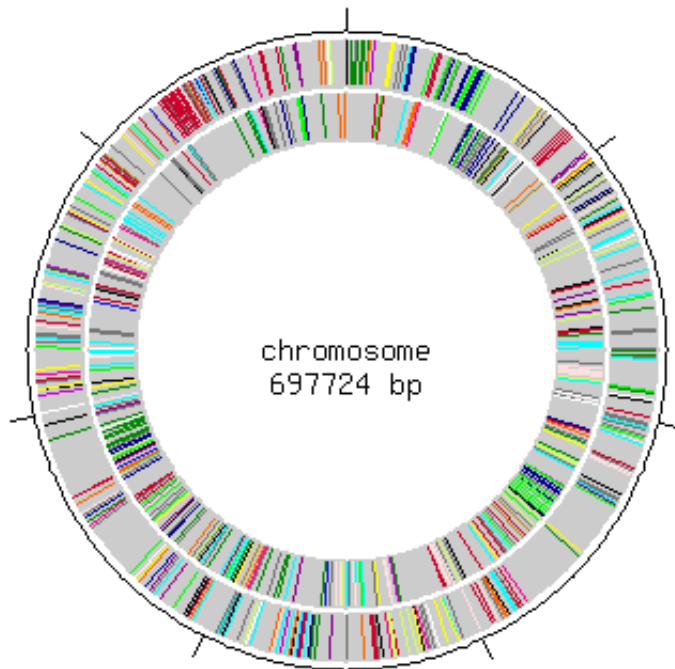
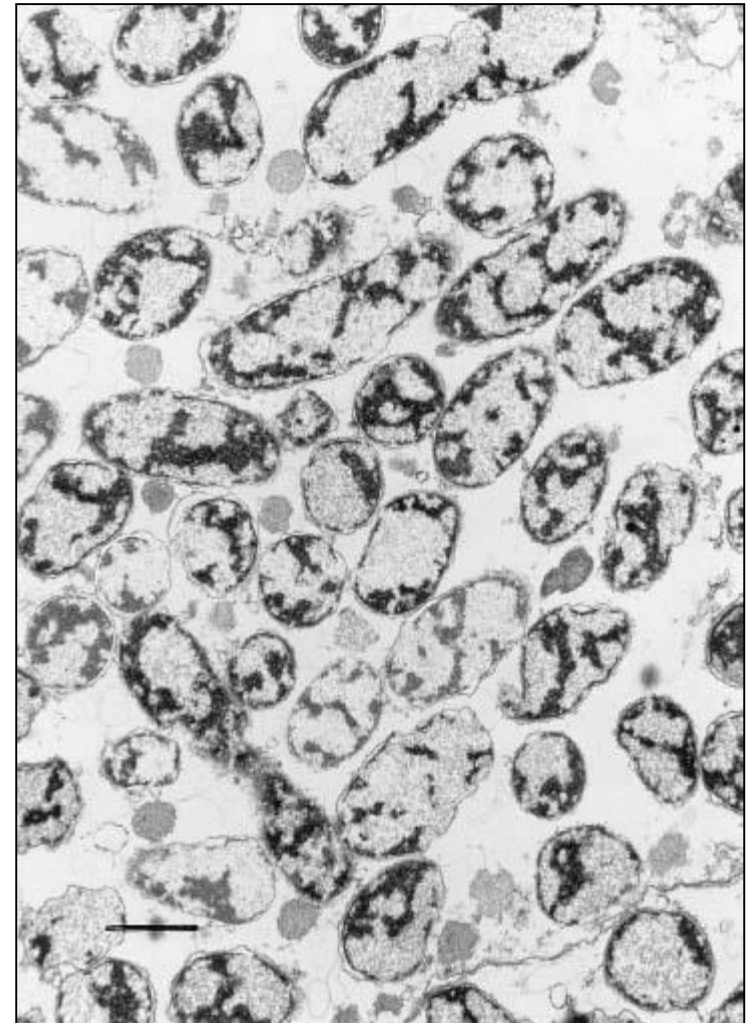


U většiny ostatních jde o
vnitrobuněčné symbionty s
transovariálním přenosem



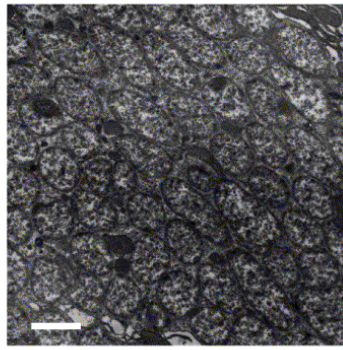


Wigglesworthia glossinidia

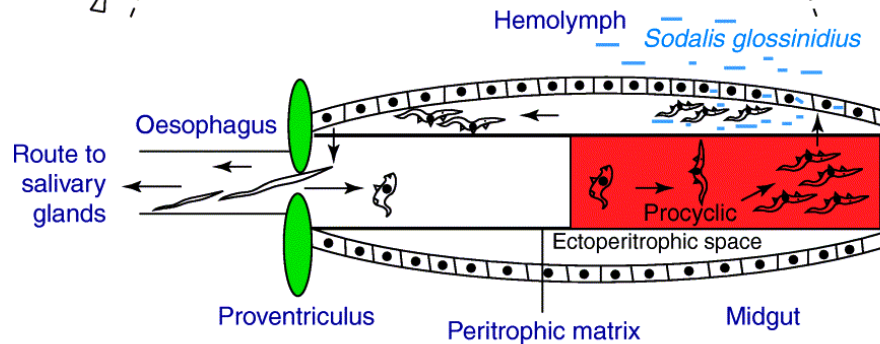
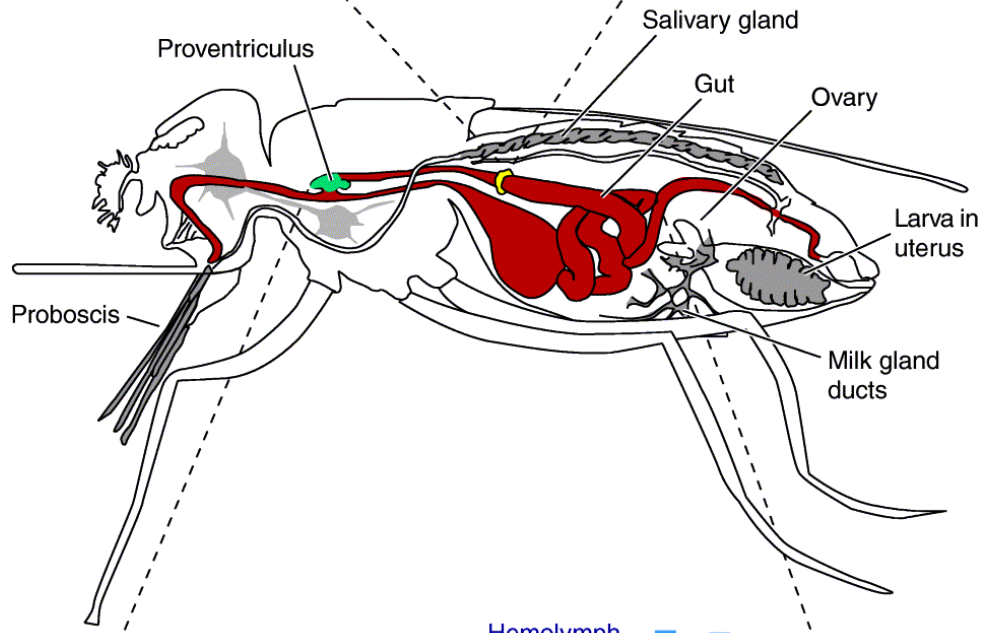


- bakterie žijící ve střevě tse-tse mouchy
- mutualistický vztah, díky kterému ztratila část genomu (jeden z nejmenších známých genomů živých organismů)

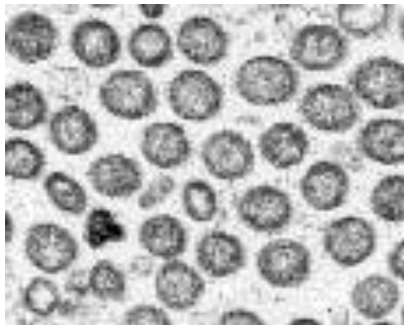
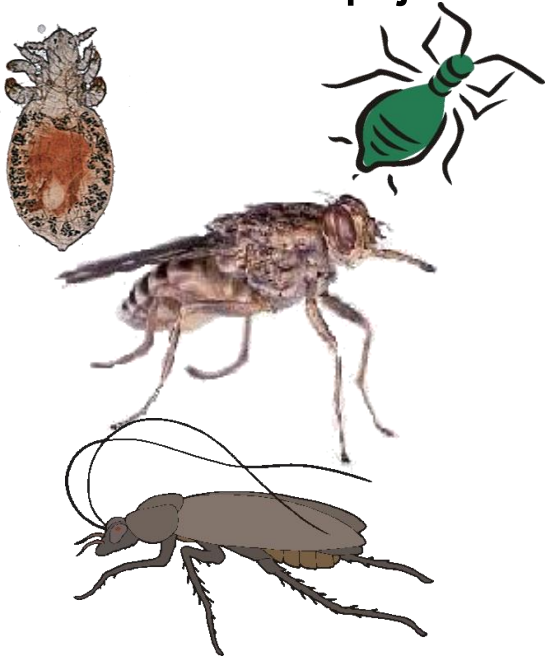
Bacteriome



Wigglesworthia glossinidia

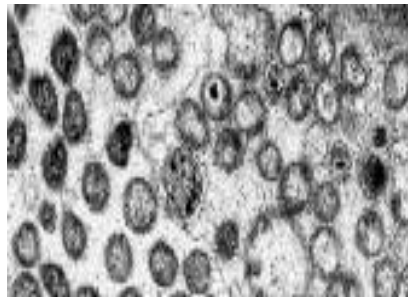


Permanentní mutualistické spojení

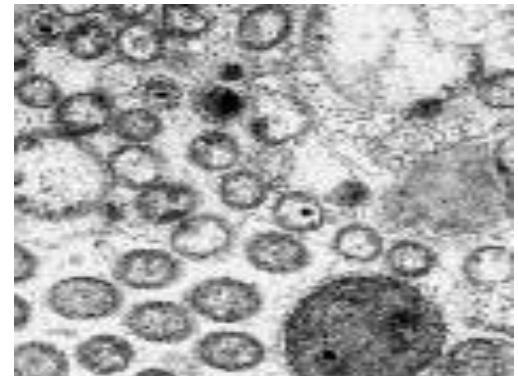
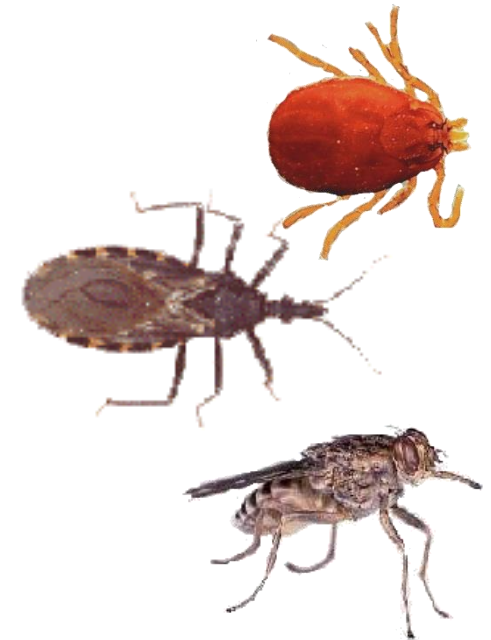


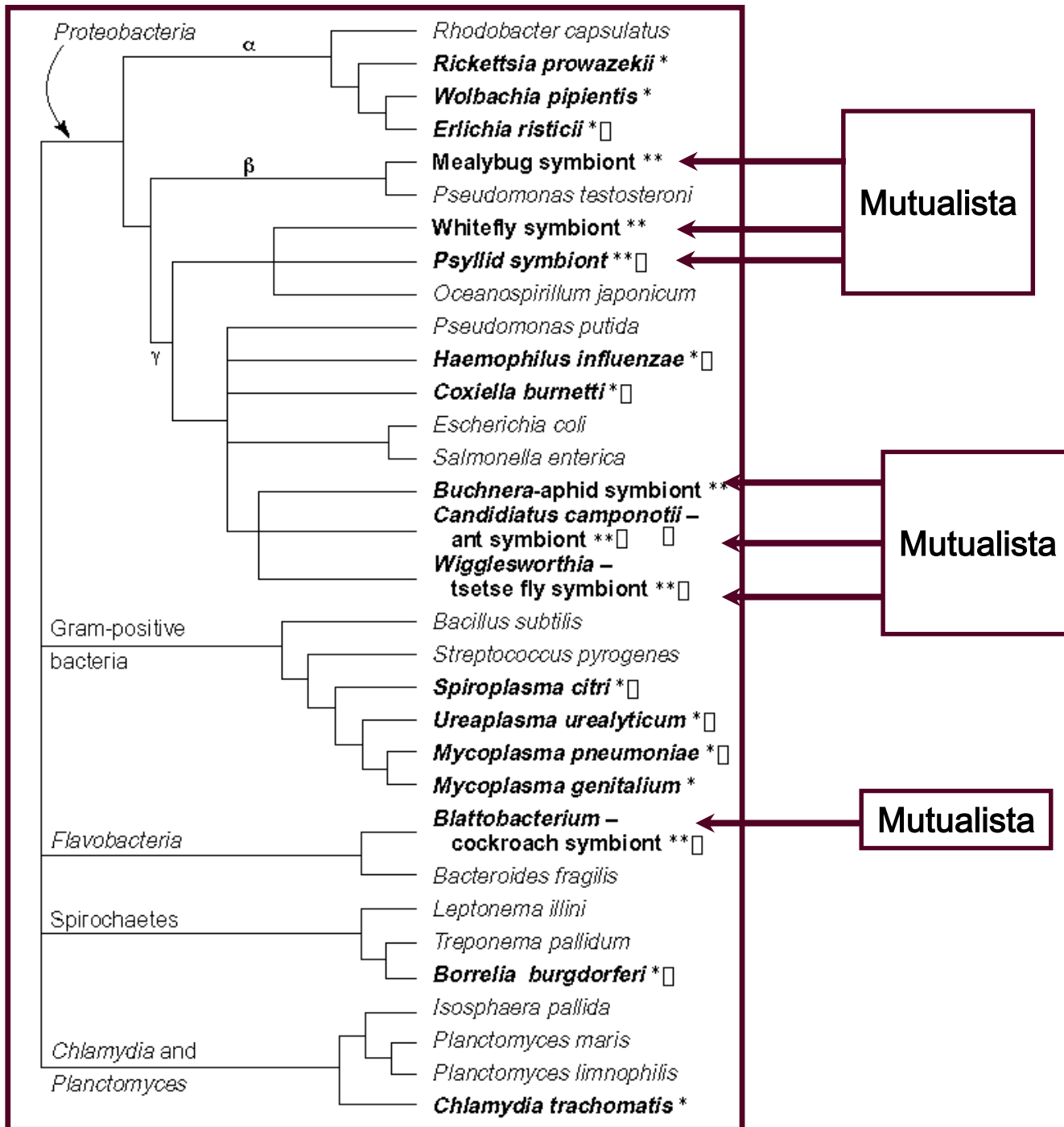
Vztahy mezi členovci a intracelulárními bakteriemi

„Arthropod-borne“ patogeny

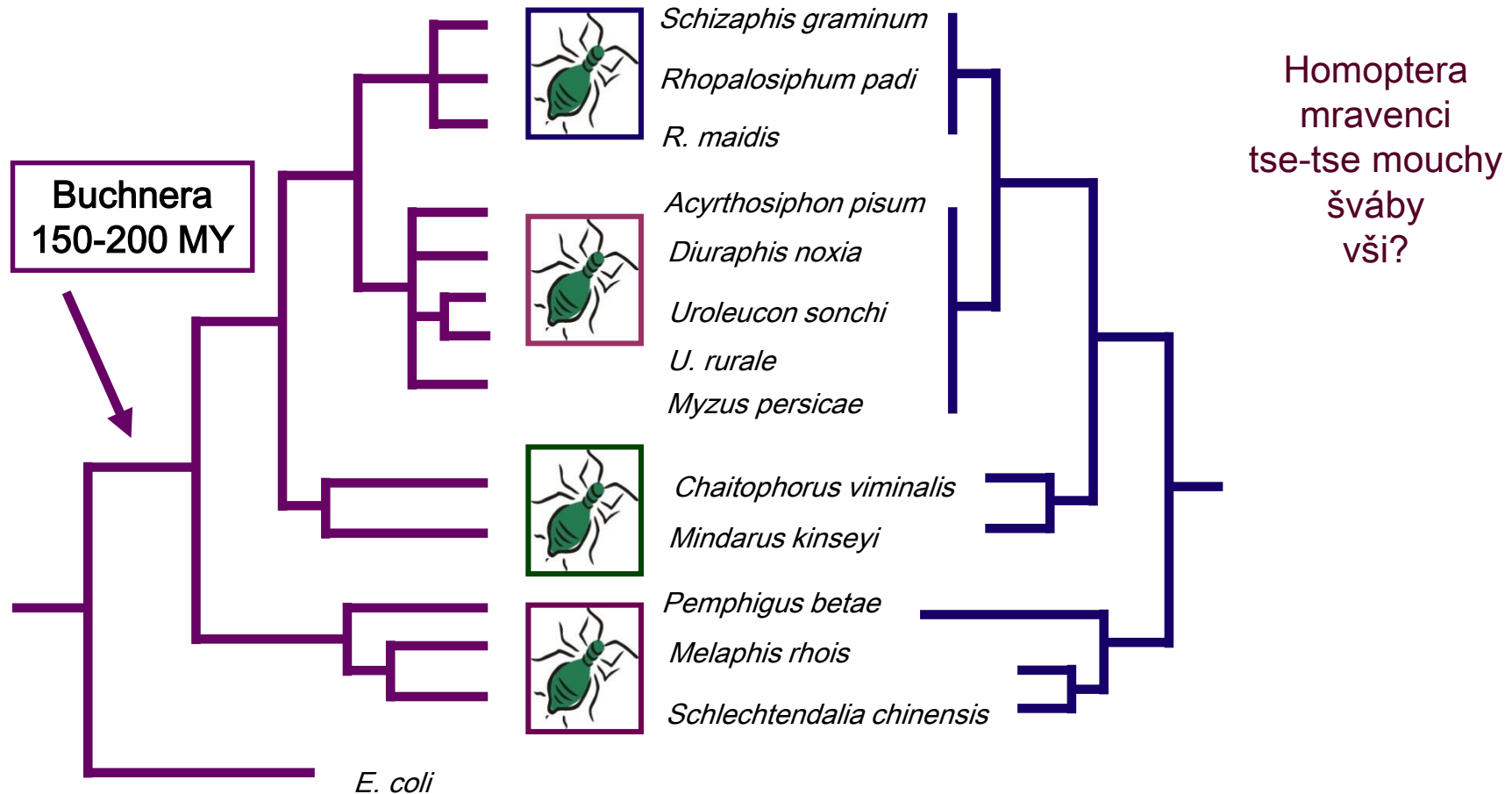


Patogeny a komezály





Primární endosymbionti: kospeciace hostitel-symbiont

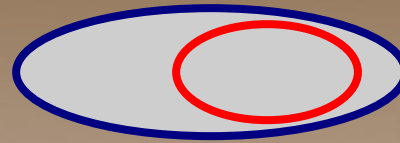


podobné schema *Glossina* + *Wigglesworthia*

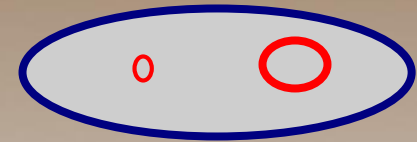
- nejprostudovanější P-symbiont u hematofágního hmyzu
- uložen v mycetomech vytvořených ve střešní stěně
- přenos přes mléčné žlázy

Redukce genomu

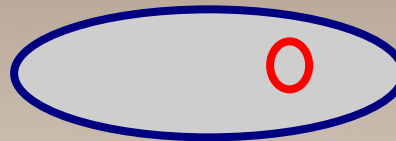
Escherichia - 4,5 Mb



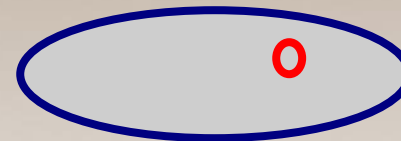
Sodalis - 2 Mb, plasmid - 134 kb



Wolbachia - 1.6 Mb



Wigglesworthia - 740 kb



Buchnera - 640 kb



Mycoplasma genitalium - 500 kb



1. Rychlá redukce



E. coli
4.5 -5.5 Mb

Buchnera 1
630 kb

Buchnera 2
643 kb

Buchnera 3
643 kb

Buchnera 4
643 kb

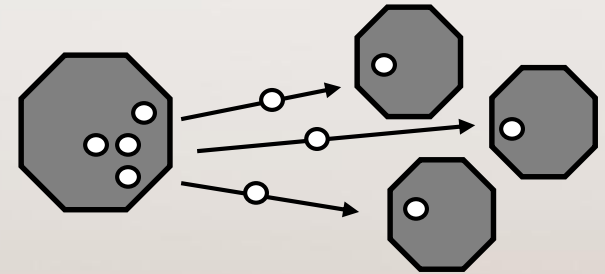
5 Mb

Vznik
symbiozy

100-200 Mya

50-70 Mya

2. Stabilní velikost genomu



Geneticky homogenní populace;
žádní příjem nových genů

- linie jednoho hostitele
- konstantní mutualistický životní styl



Stály soubor fyziologických
vlastností