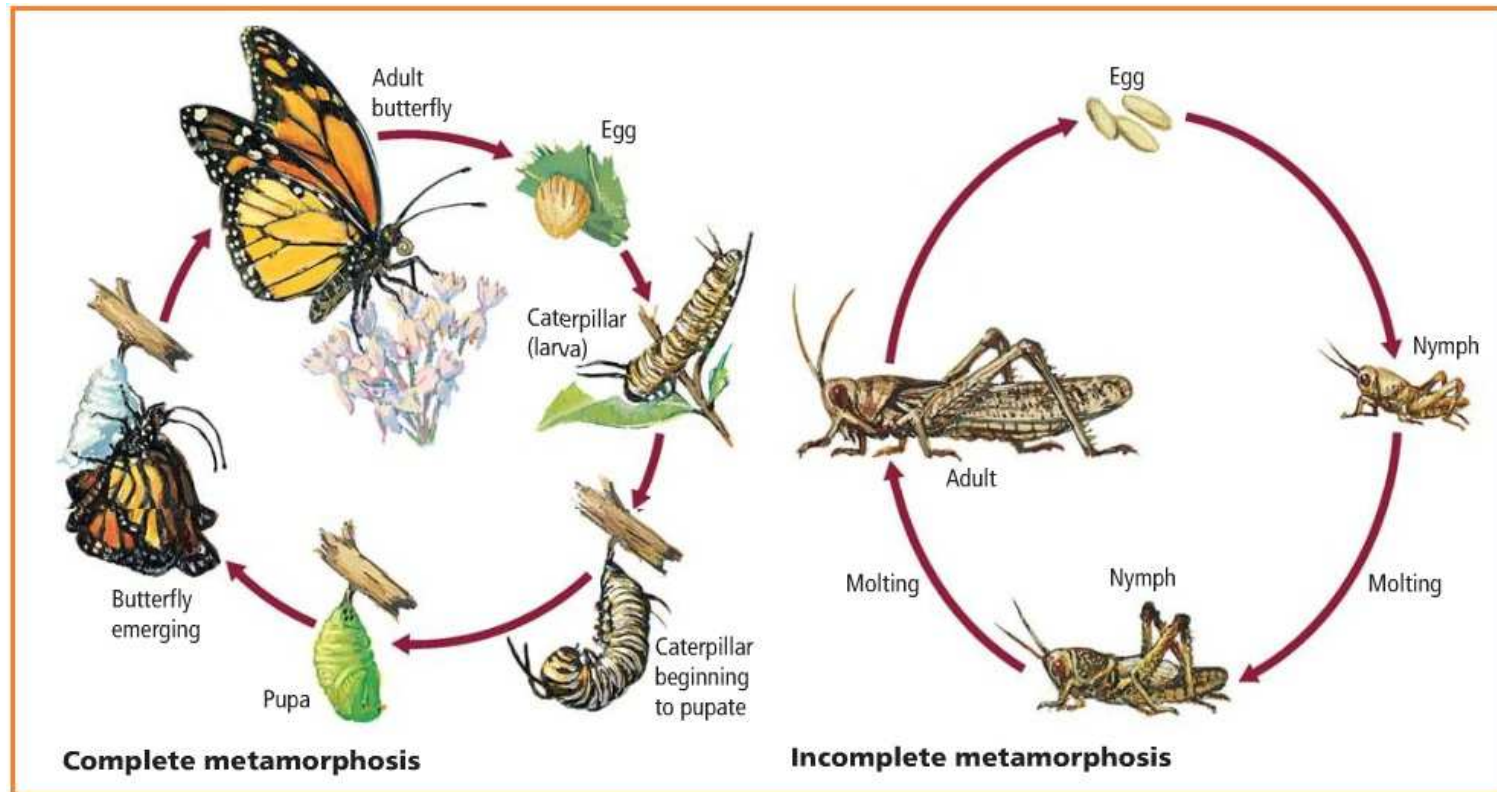


Bi6760 Základy entomologie

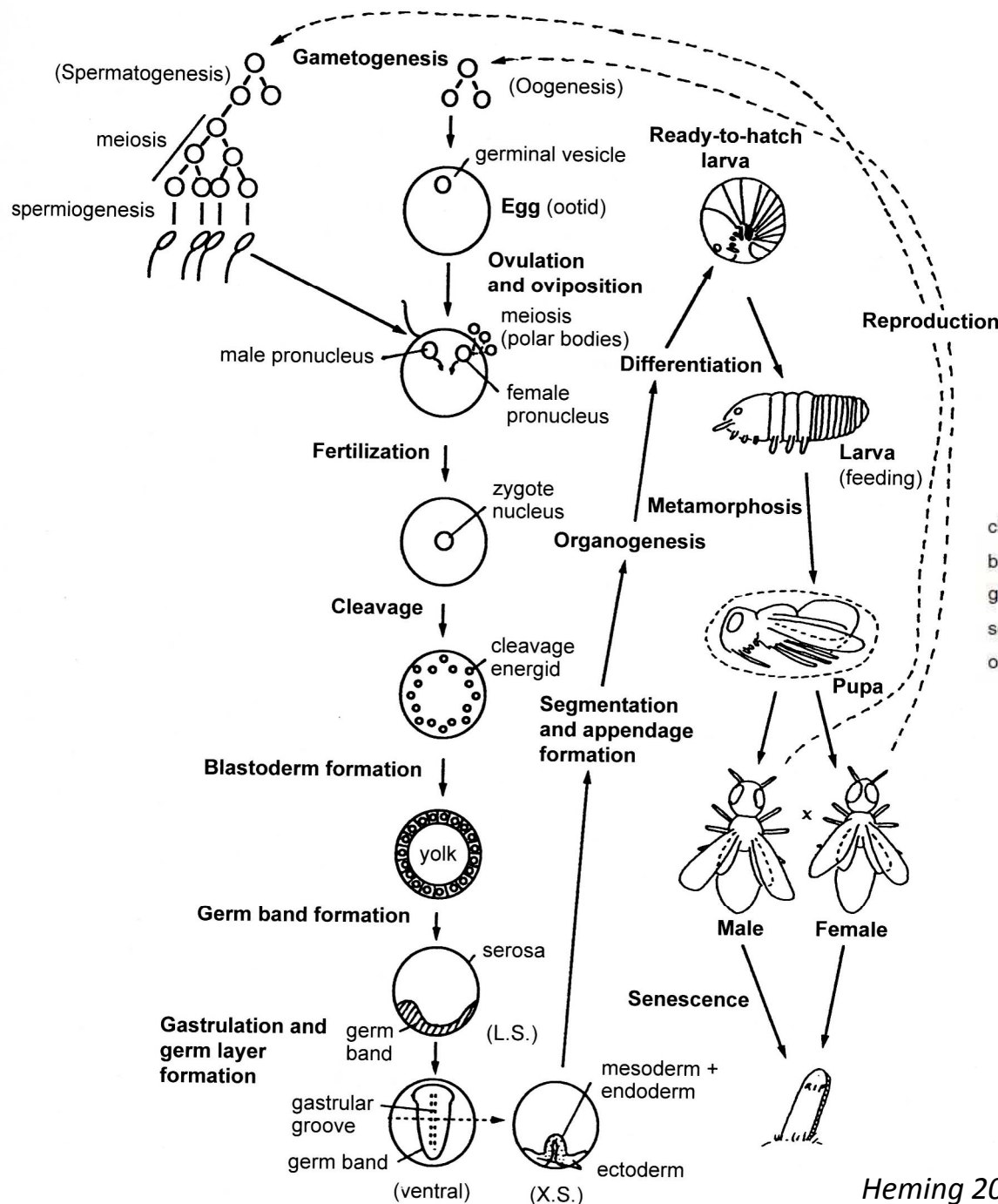
9. Rozmnožování a vývoj hmyzu



Andrea Tóthová, Igor Malenovský
A31-111, tothova@sci.muni.cz

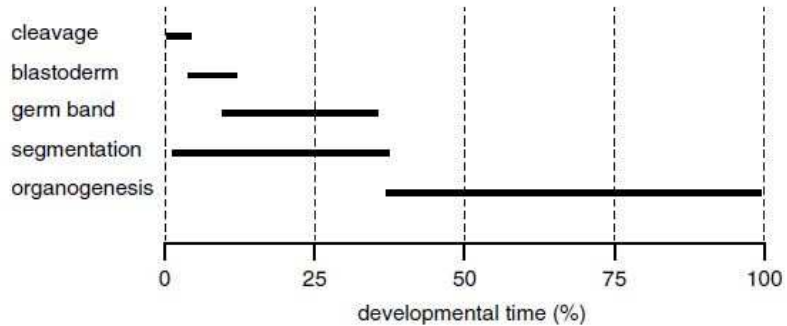
Fáze ontogenetického vývoje hmyzu

- gametogeneze
- oplození
- embryonální vývoj
 - rýhování (*cleavage*)
 - vznik blastodermu
 - vznik zárodečné pásy (*germ band*)
 - gastrulace a vznik zárodečných listů (*germ layer*)
 - segmentace a vznik přívěsků
 - organogeneze
- postembryonální vývoj
 - líhnutí z vajíčka (*hatching*)
 - postembryogeneze (nymfa nebo larva)
 - (metamorfóza)
- dospělost, rozmnožování, senescence



Fáze ontogenetického vývoje hmyzu

Načasování etap embryogeneze u *Drosophila* (celkem 24 h)



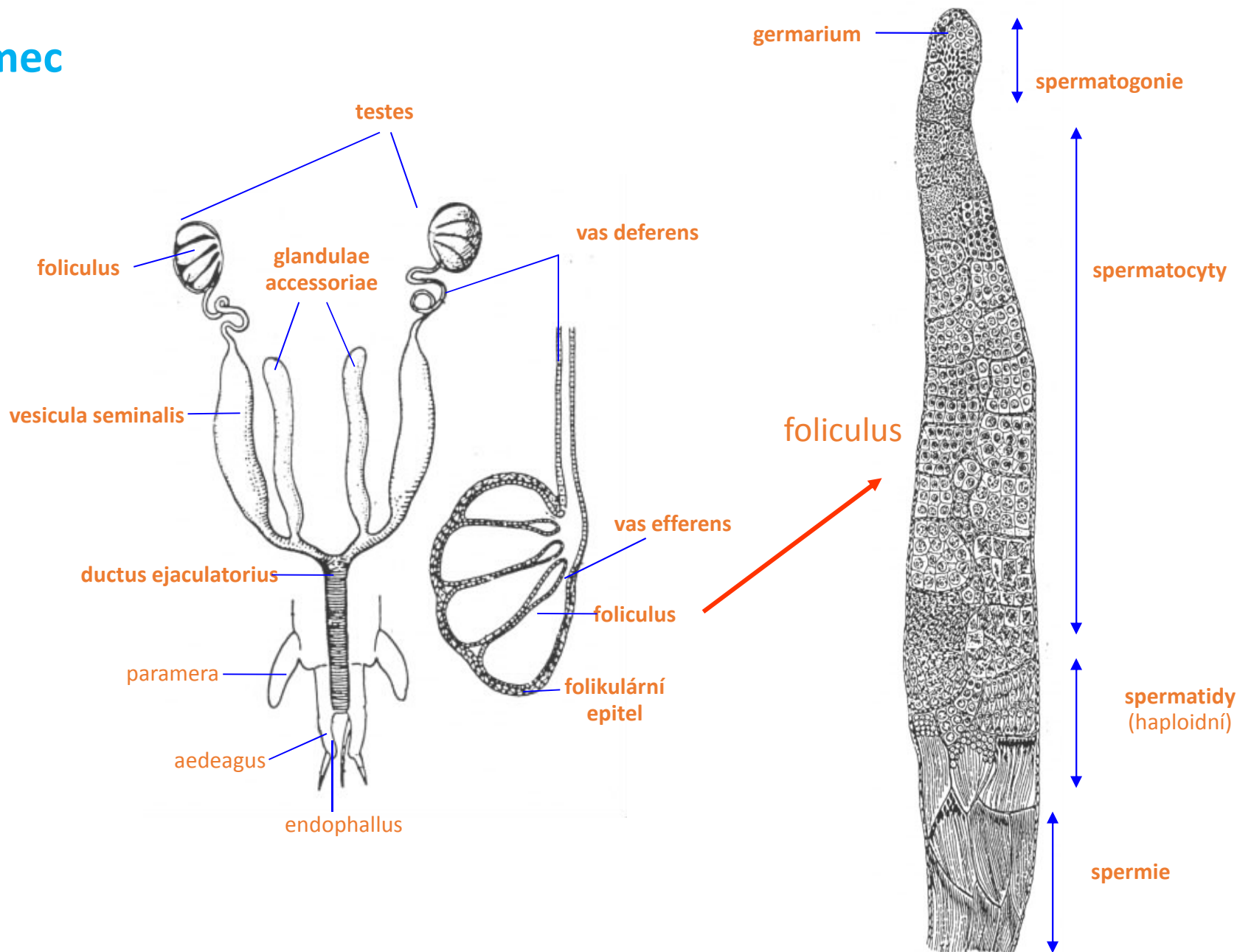
kladení líhnutí

Chapman 2013

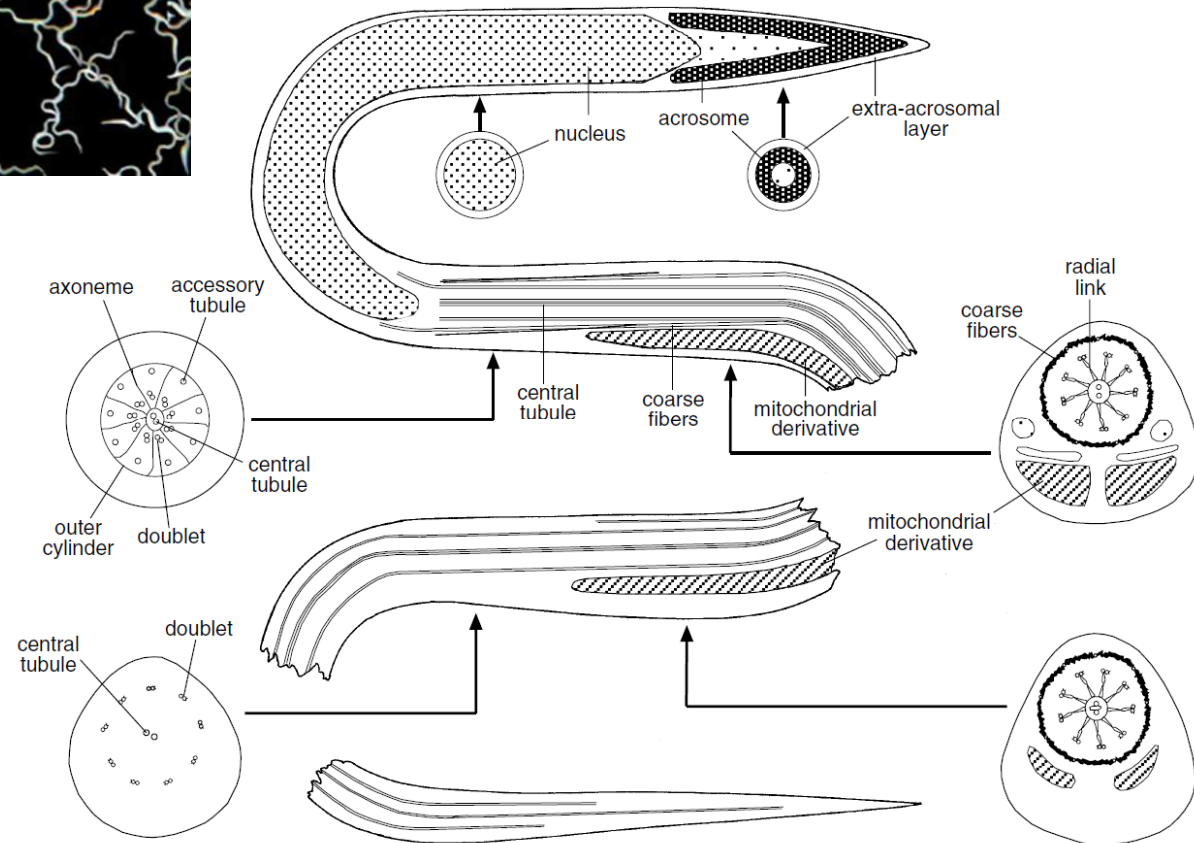
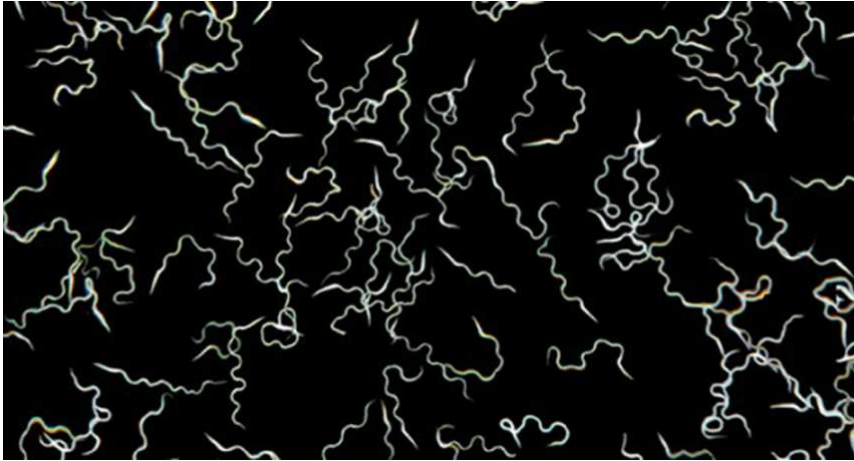
Heming 2003

Vnitřní pohlavní orgány a anatomie gonád

Samec



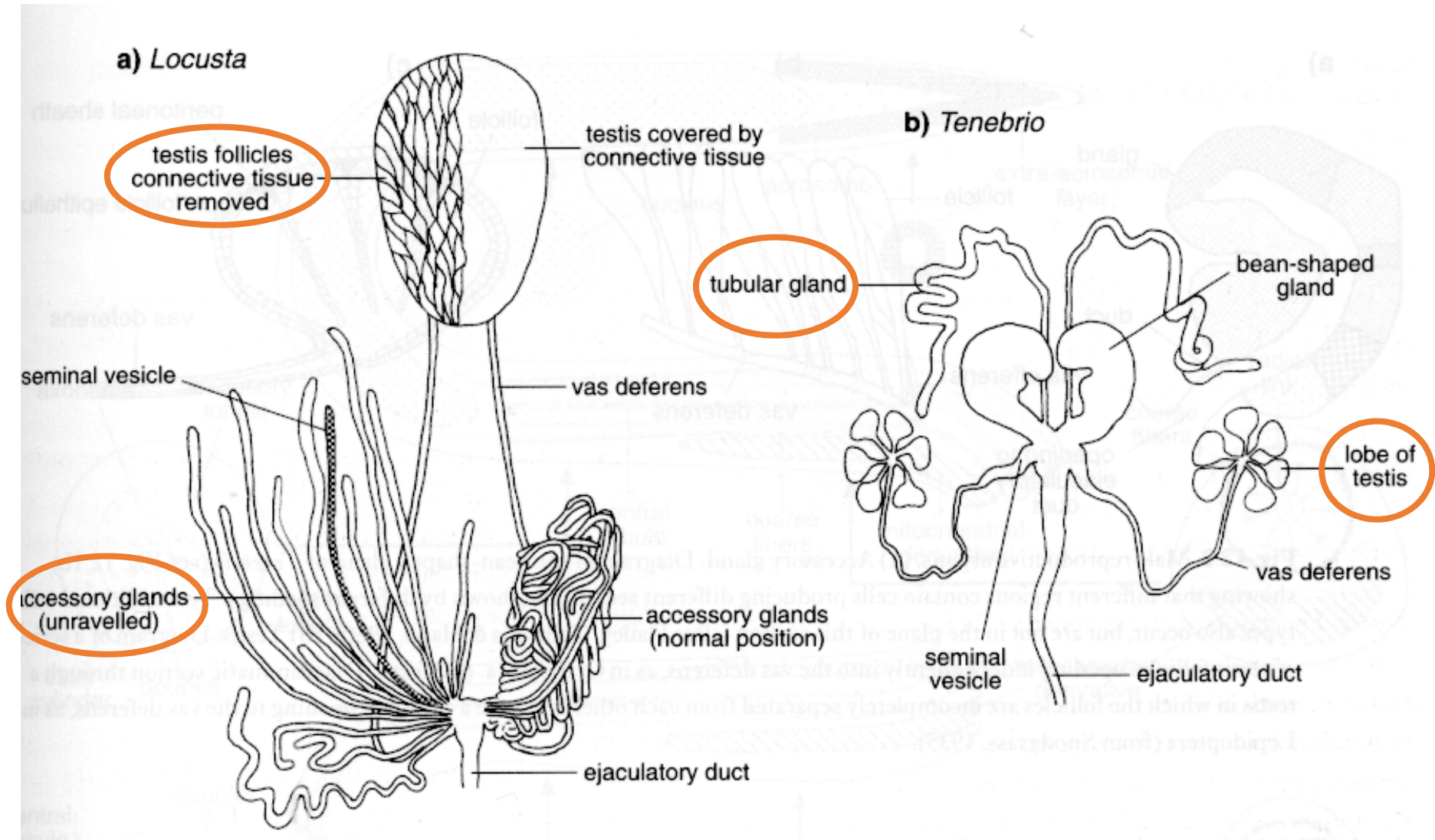
- spermie hmyzu: většinou s bičíkem, ca. 300 μm dlouhé a méně než 1 μm v průměru
- ale např. i kruhové bez bičíku (Protura), dlouhé až 6 cm (*Drosophila bifurca*) nebo se dvěma filamenty (Psocodea, Thysanoptera, Hemiptera)
- Nepohyblivé u Psychodidae a r. *Eosentomon*



Příklad modifikací vnitřních pohlavních orgánů - samci

Příklad s velkým množstvím folikulů a
přidatných žláz (Ensifera)

Příklad s členitými testes a 2 páry
přidatných žláz (Coleoptera)



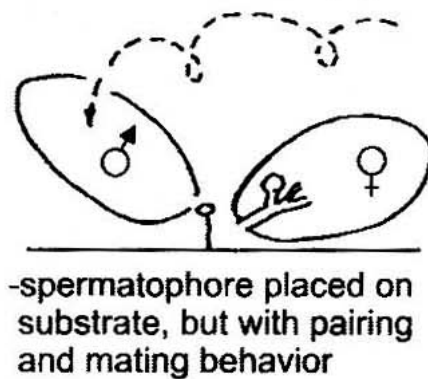
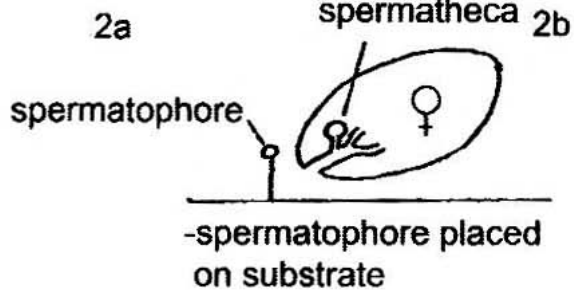
Vnitřní oplození

- souvisí s přechodem na souš
- u suchozemských členovců možné jen vnitřní oplození: **nepřímý nebo přímý přenos spermatu**

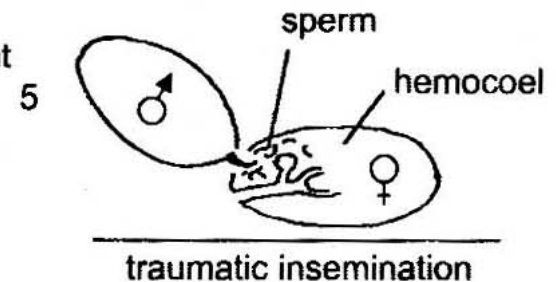
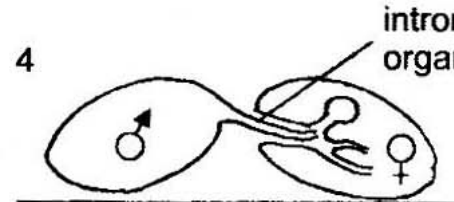
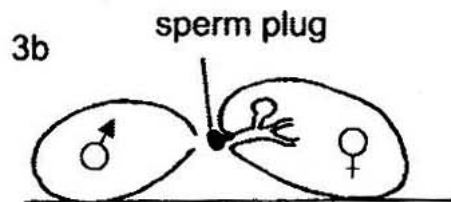
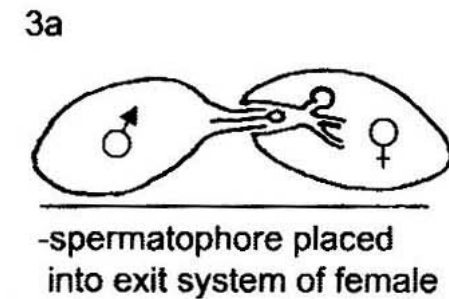
Terrestrial (danger of sperm desiccation)

Internal fertilization

Indirect

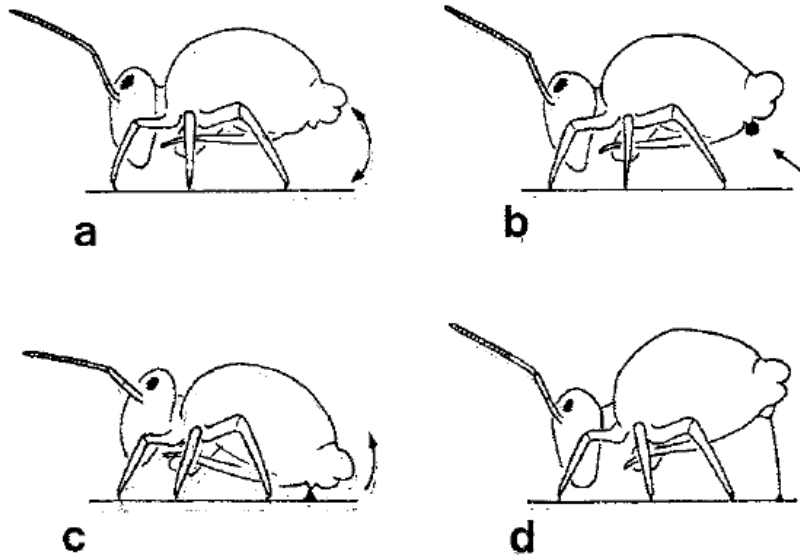
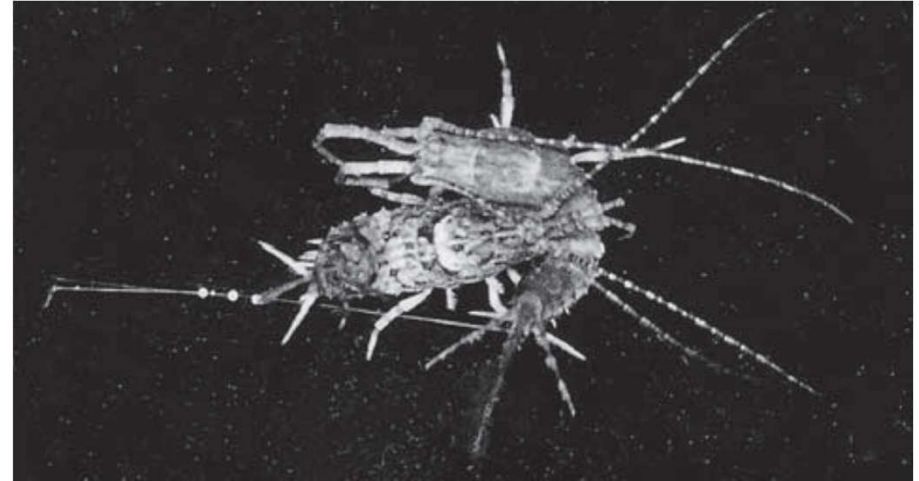


Direct



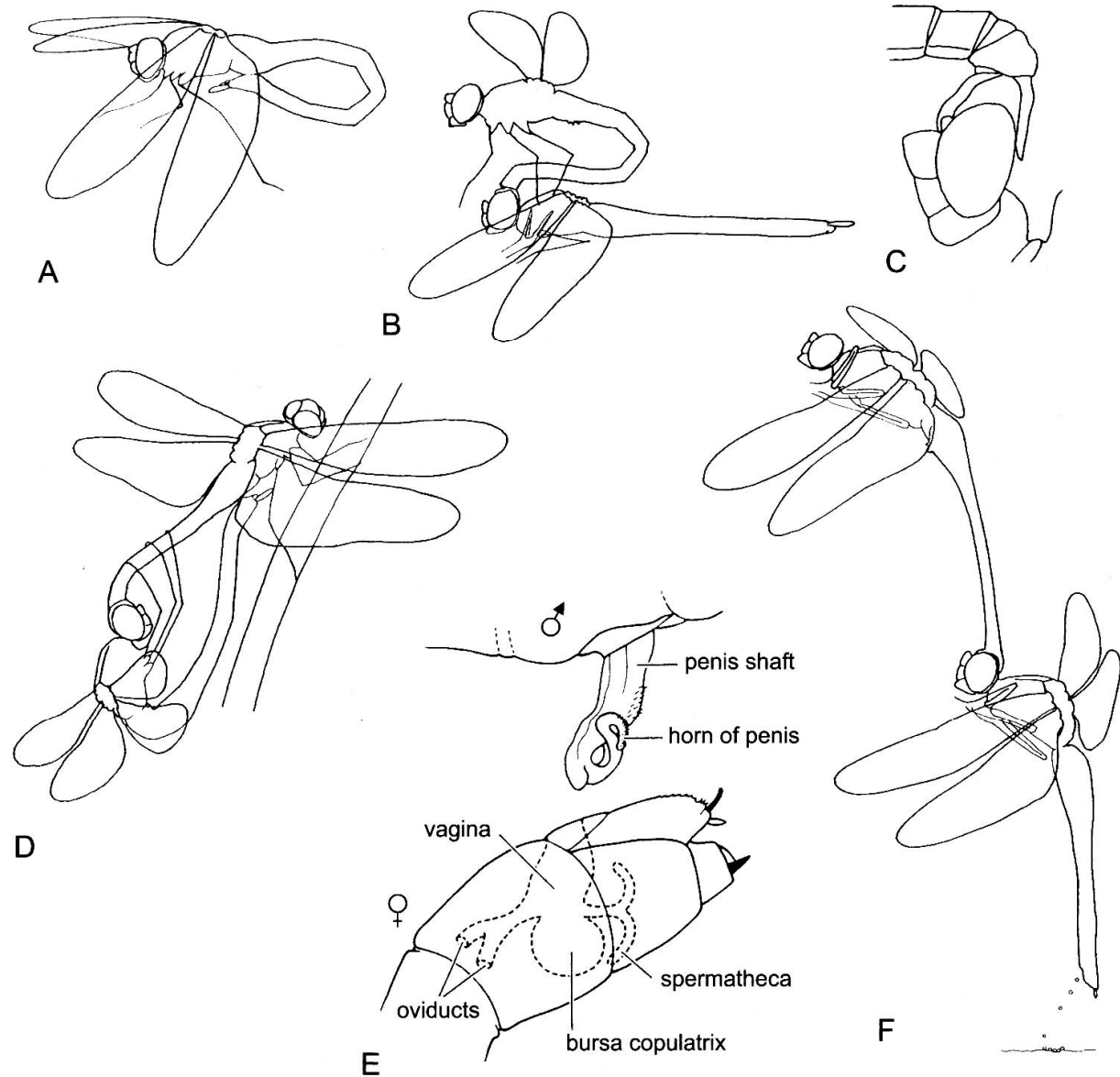
a) nepřímý přenos spermatu

- prostřednictvím spermatoforu kladeného na substrát nebo vlákno
- jen u Collembola, Diplura, Archaeognatha a Zygentoma (= u skupin se skrytým způsobem života v relativně vlhkém prostředí, aktivních v noci/ za soumraku/ za vlhkých dní)
- někdy spojeno s charakteristickým chováním (Collembola: Sminthuridae, Archaeognatha, Zygentoma)



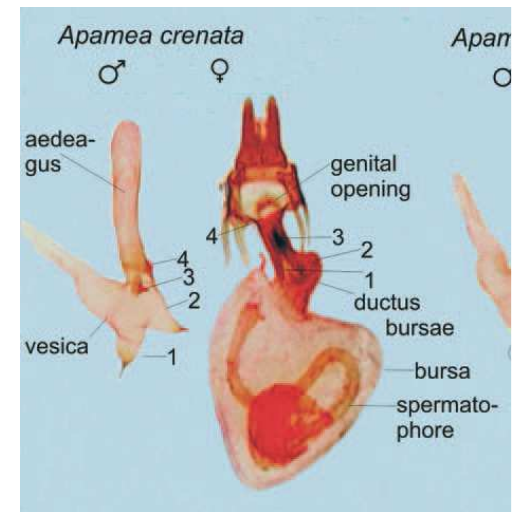
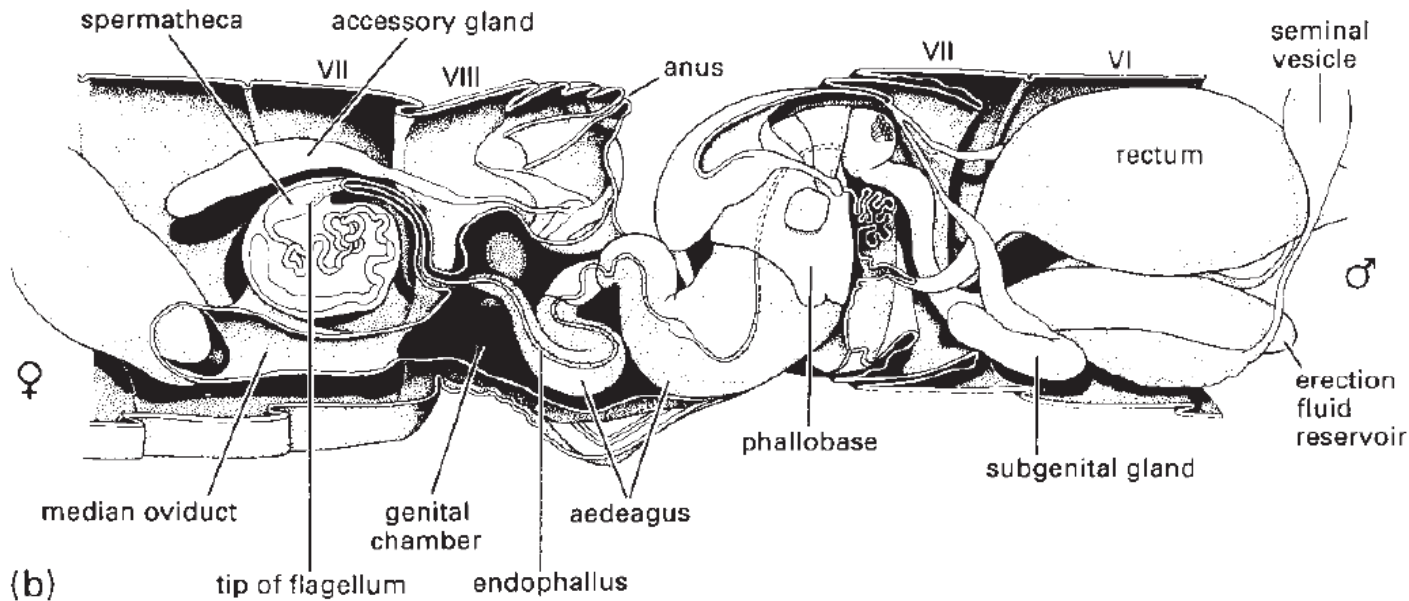
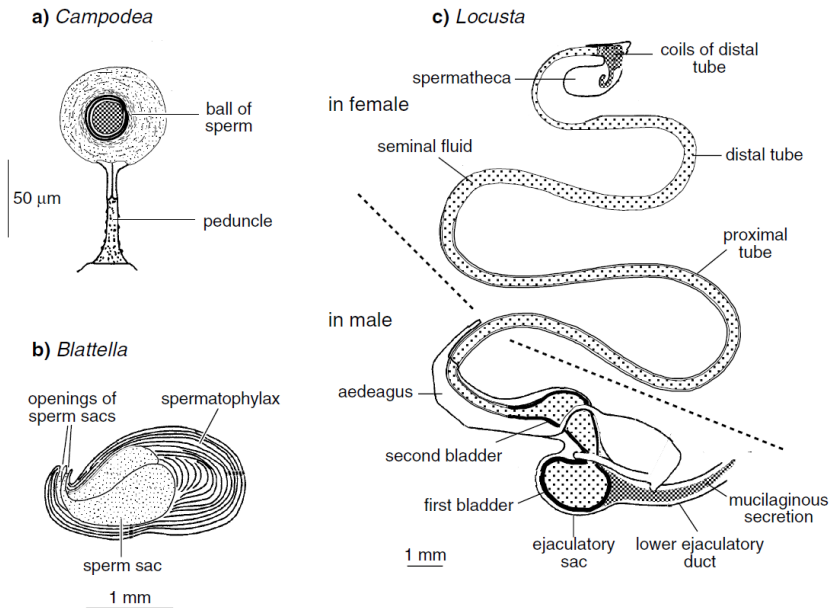
b) přímý přenos spermatu

- přechodný případ: kopulace prostřednictvím sekundárního pohlavního orgánu u Odonata



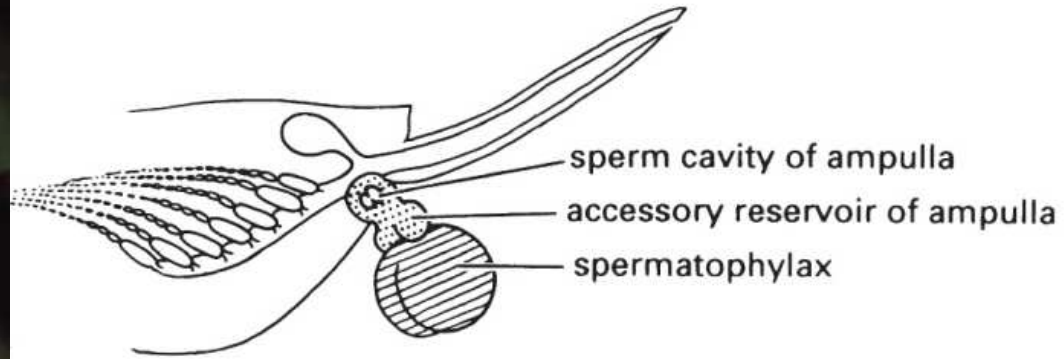
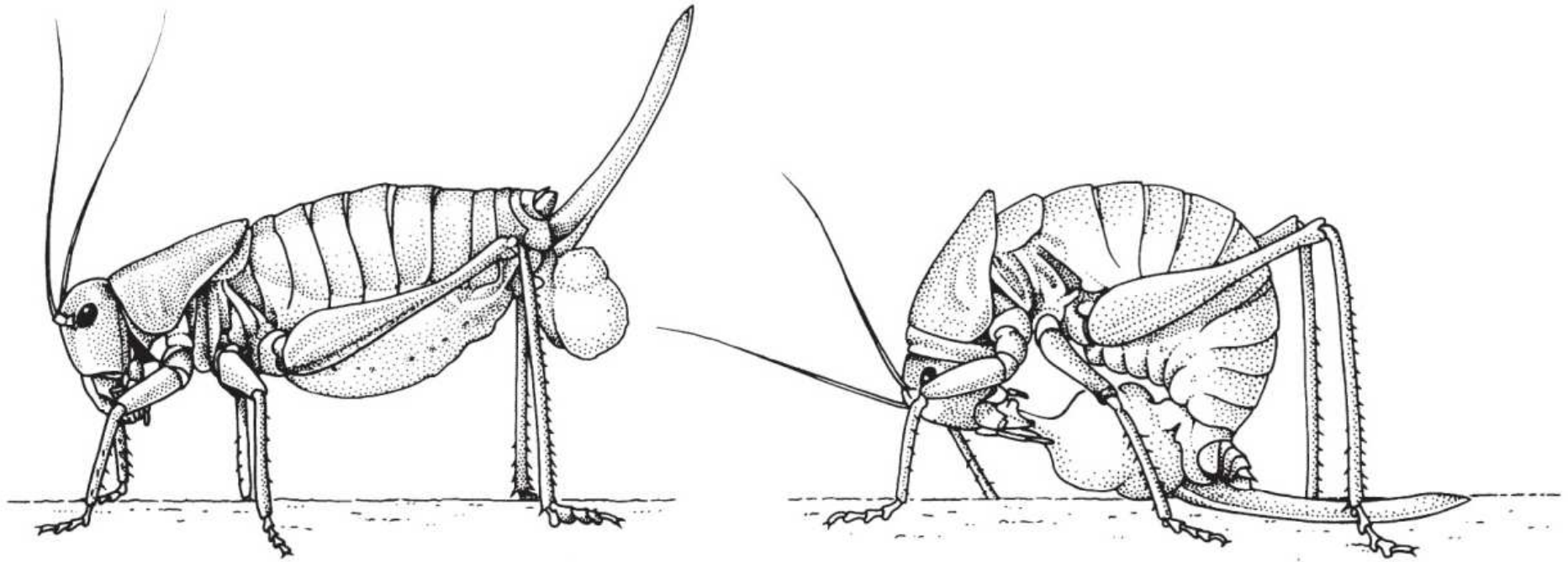
b) přímé vnitřní oplození

- spermie většinou ve spermatoforu
- u některých Heteroptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Mecoptera, Trichoptera přenos neobalených spermií



traumatická inseminace- samec štěnice vniká do
haemocoelu samice

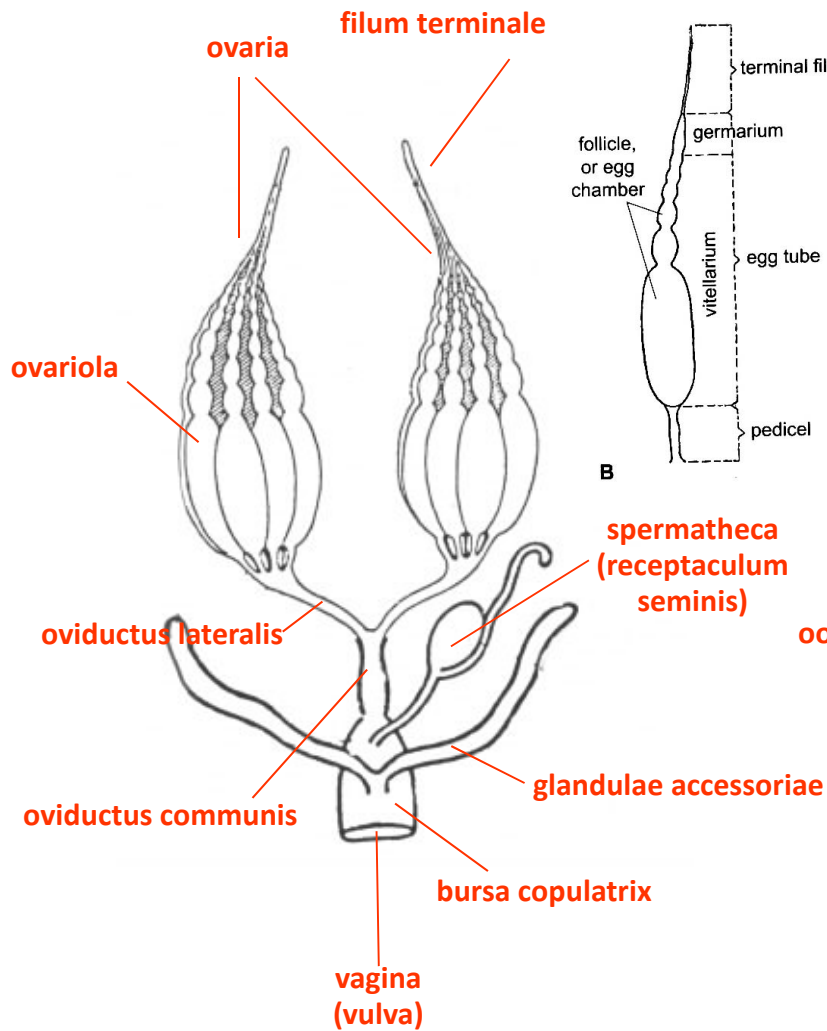




Box 5.2 Mating in katydids and crickets

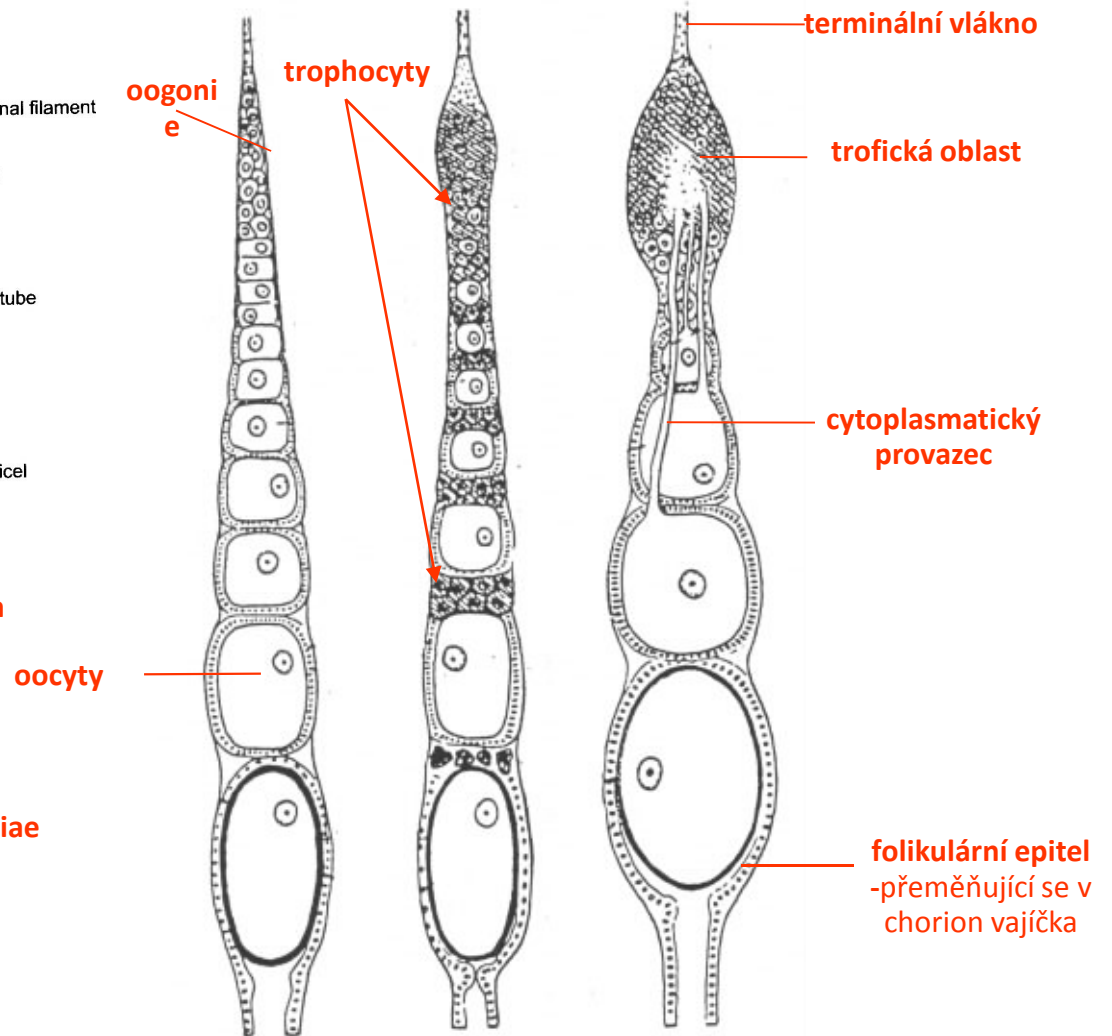
Vnitřní pohlavní orgány a anatomie gonád

Samice



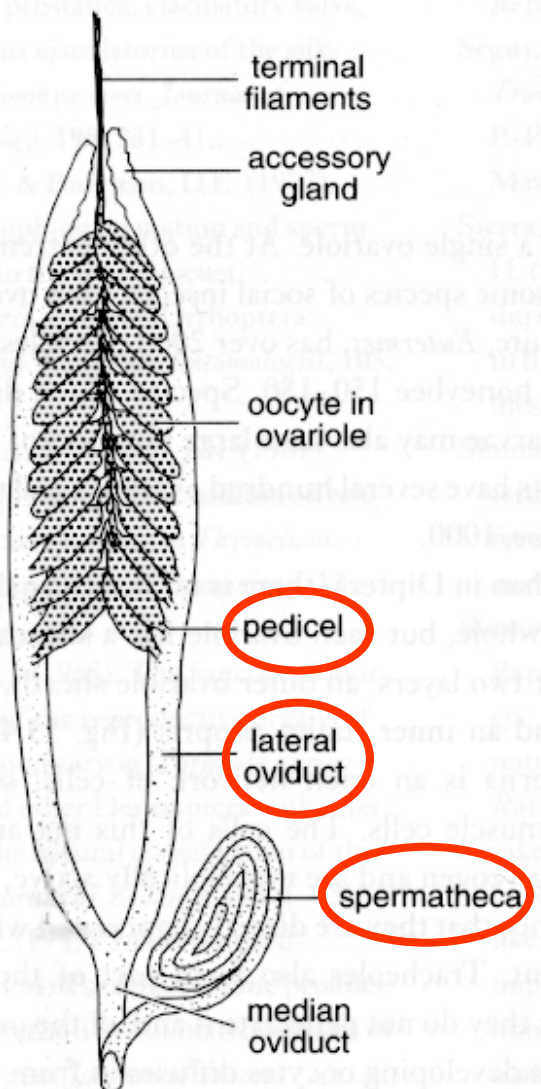
Typy ovariol

panoistický polytrofní telotrofní

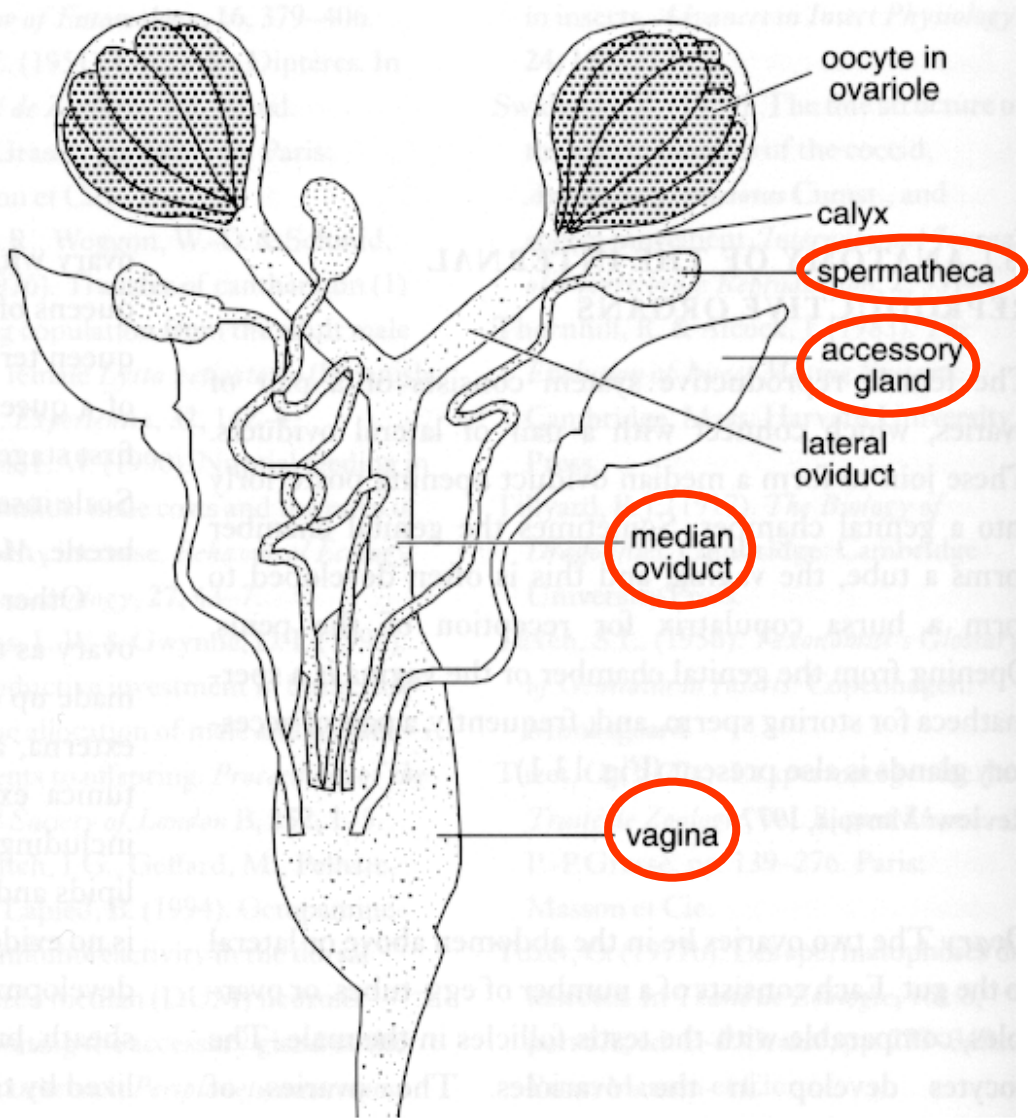


Příklad modifikací vnitřních pohlavních orgánů - samice

Příklad s velkým množstvím ovariol a se samostatnými vývody všech částí (*Schistocerca*, Orthoptera)

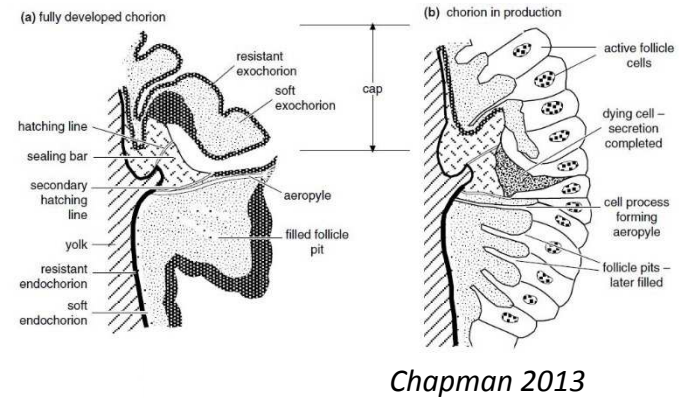
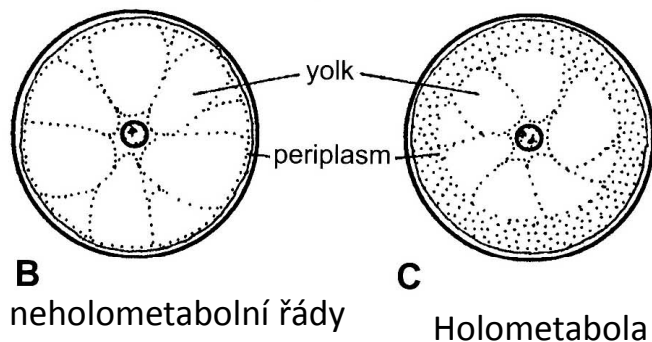
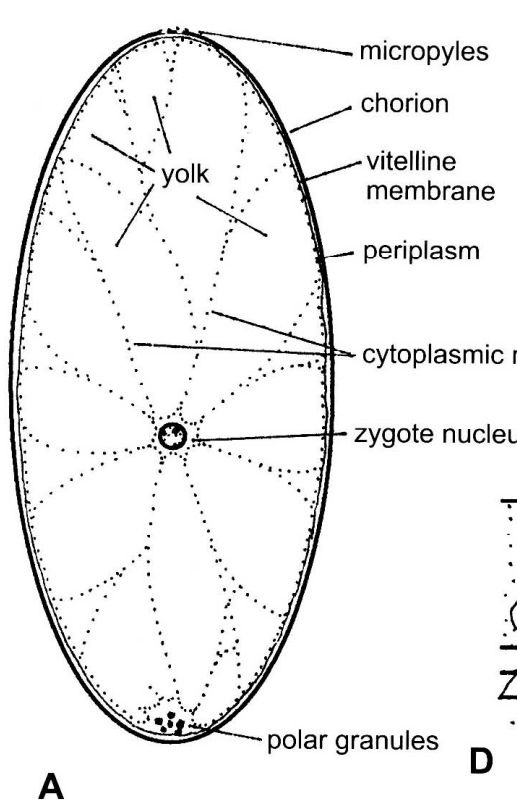


Příklad se zaústěním všech částí společně do vaginy (*Rhagoletis*, Diptera)

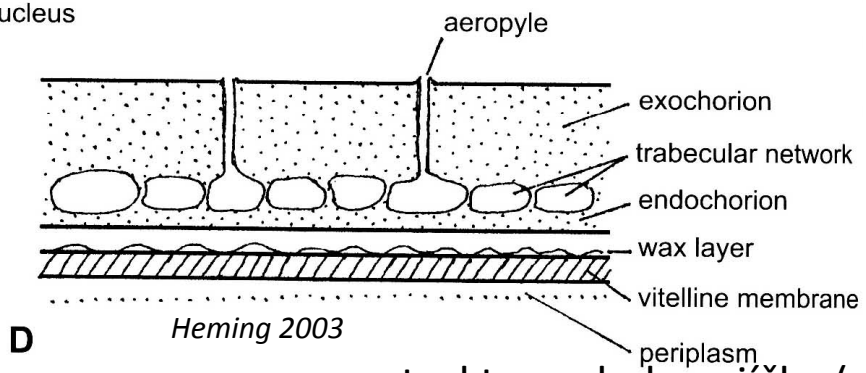


Struktura hmyzího vajíčka

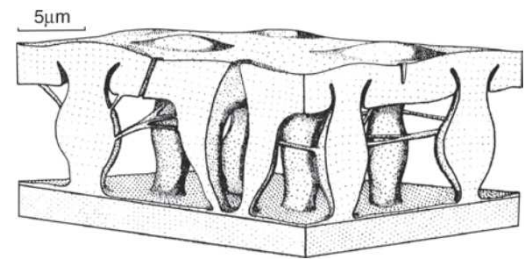
- většina skupin hmyzu má vajíčka **centrolecitální** = velká a s velkým obsahem žloutku: až 90% obsahu vajíčka (lipidy: triacylglycerol a proteiny: vitelliny = deriváty vitellogeninů – glykolipofosfoproteinů vyprodukovaných v tukovém tělese matky/folikulových buňkách – regulováno juvenilním hormonem)
- výjimky: malá vajíčka parazitoidů jiných členovců (např. parazitičtí Hymenoptera), živorodých skupin (např. mšice, Strepsiptera, někteří švábi) a chvostoskoků



Chapman 2013

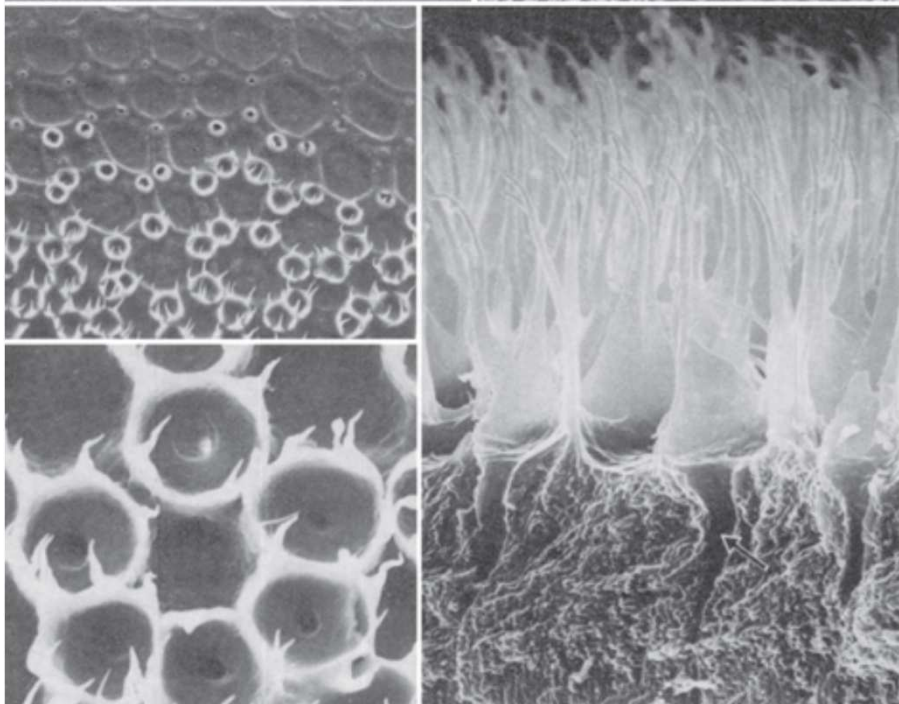
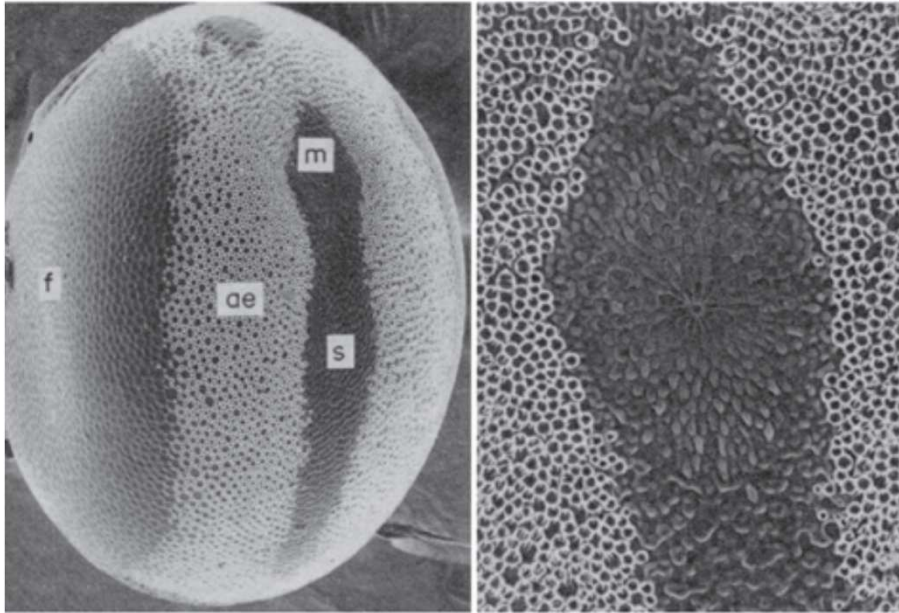


Heming 2003



Capinera 2008

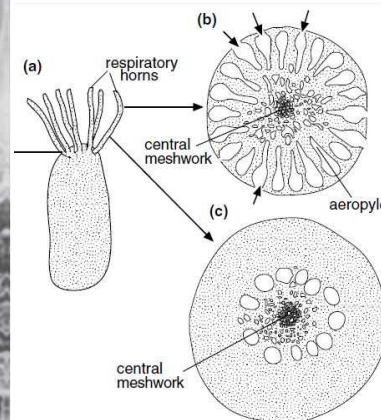
struktura obalu vajíčka (chorionu)



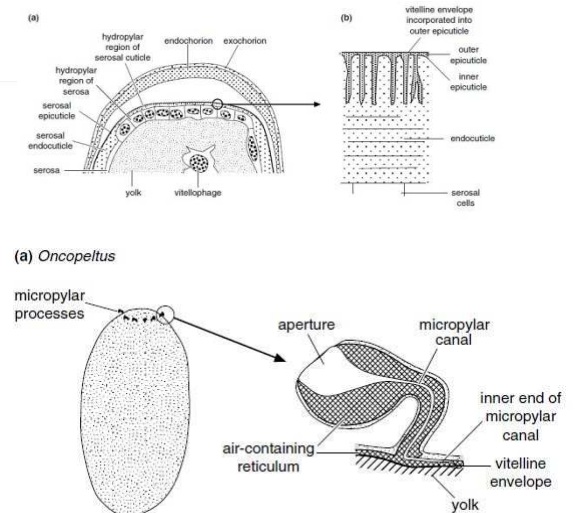
struktura chorionu vajíčka můry *Antheraea polyphemus*

Funkce vaječných obalů

- vosková vrstva: ochrana před vyschnutím (do kritické teploty ca. 38-58°C)
- dýchání: ve vodě/vlhkém/organicky znečištěném prostředí chorion funguje jako plastron – fyzikální žábry; dýchací výběžky u Hemiptera
- příjem vody (někdy skrz speciální hydropyle)
- ochrana před vnějšími vlivy, predátory a parazitoidy

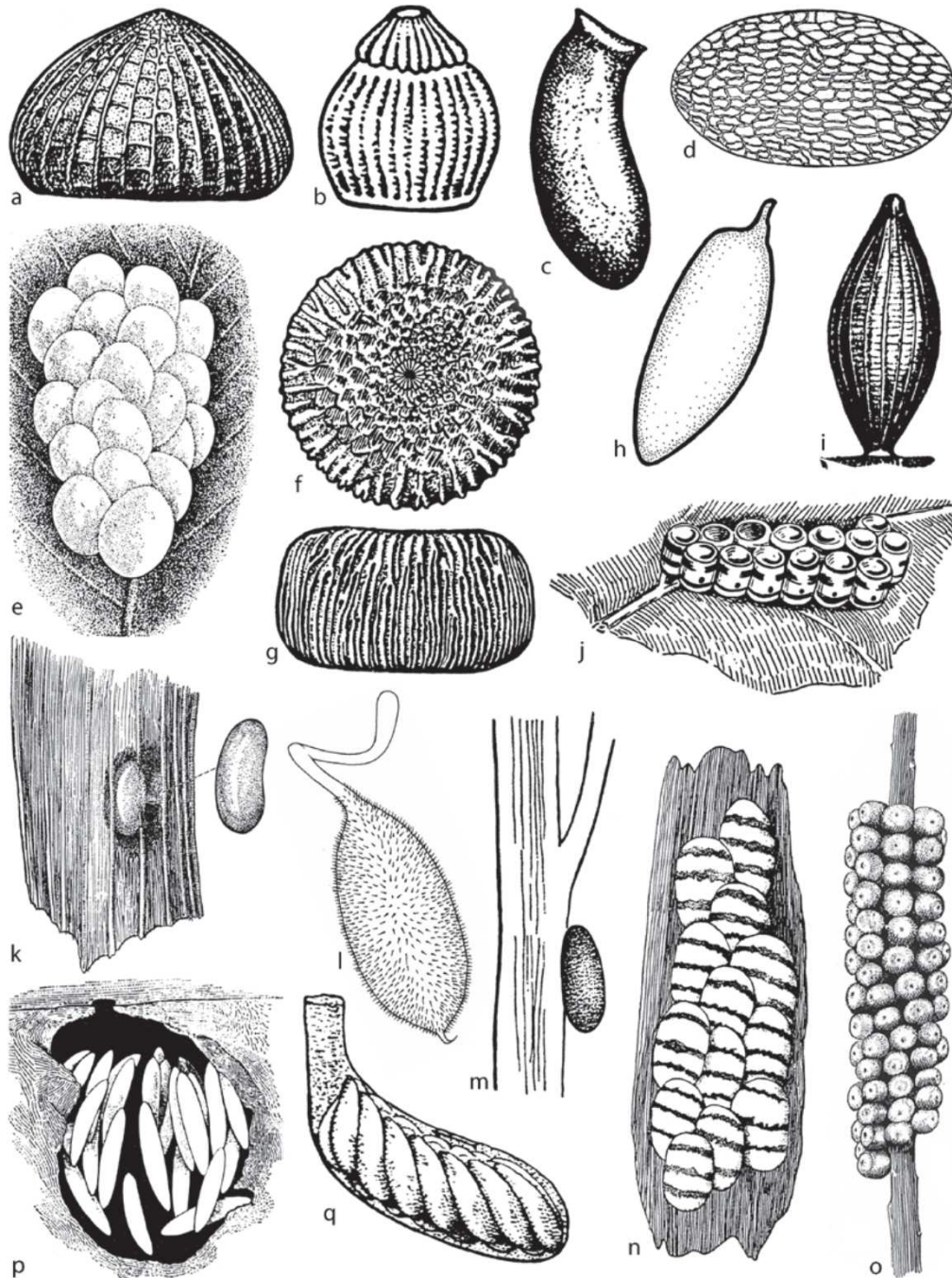


Margaritis 1985



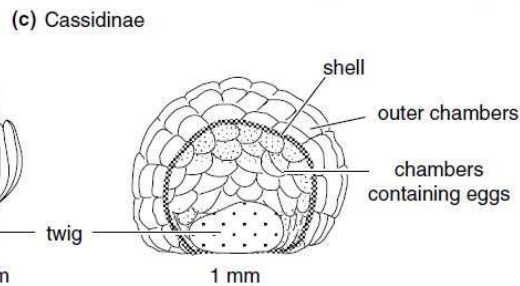
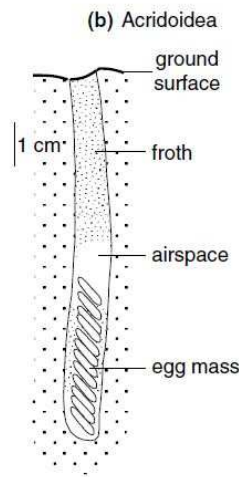
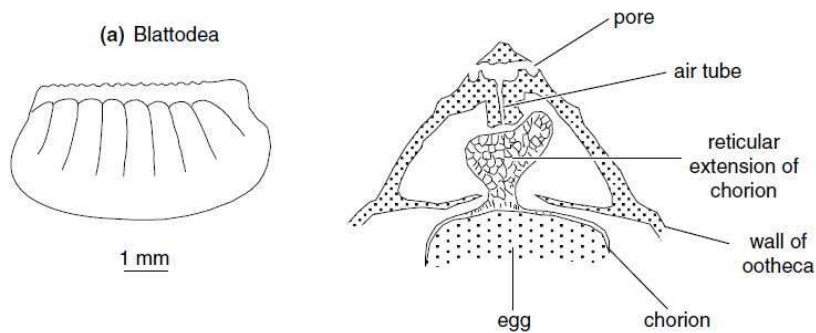
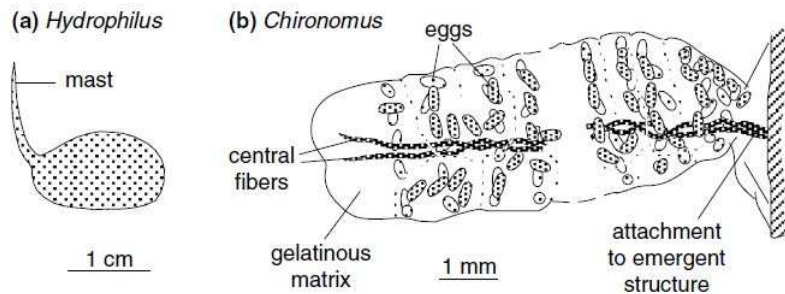
Chapman 2013

Rozmanitost tvarů a povrchových struktur hmyžích vajíček



- a) *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)
- b) *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)
- c) *Halticus brachtatus* (Hemiptera: Miridae)
- d) *Pegomya betae* (Diptera: Anthomyiidae)
- e) *Achyra rantalis* (Lepidoptera: Crambidae)
- f) *Hydraecia immanis* (Lepidoptera: Noctuidae)
dorzální pohled
- g) laterální pohled
- h) *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)
- i) *Colias eurytheme* (Lepidoptera: Pieridae)
- j) *Murgantia histrionica* (Hemiptera: Pentatomidae)
- k) *Sphenophorus callosus* (Coleoptera: Curculionidae)
- l) *Eurytoma* sp (Hymenoptera: Eurytomidae)
- m) *Crioceris duodecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomelidae)
- n) *Diatraea grandiosella* (Lepidoptera: Crambidae)
- o) *Hemileuca oliviae* (Lepidoptera: Saturniidae)
- p) *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)
- q) *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae).

- někdy další obaly vzniklé sekrecí lepících (*colleterial glands*) nebo přídatných žláz matky – **ootéky** (Blattodea, Mantodea, Orthoptera, Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae, Hydrophilidae), z trusu nebo ulomených štětin a šupinek (Lepidoptera), vosku nebo brochosomů (křísi)



Velikost hmyzích vajíček

- nejmenší známá vajíčka: kuklice *Zenilla pullata* (Diptera: Tachinidae): 0.027 x 0.020 mm (ca. 1 % délky těla dospělé)
- absolutně největší vajíčka: drvodělky *Xylocopa auripennis* a *X. latipes* (Hymenoptera: Apidae): 3.0 x 16.5 mm
- relativně největší vajíčka: mšice (ca. 13% délky těla dospělé)
- zčásti korelována s/ovlivněna:
 - typem ovariol (polytrofní: menší vajíčka než panoistické a telotrofní)
 - velikostí těla rodičů
 - průměrnou teplotou prostředí (v relativně chladnějších oblastech jsou u příbuzných druhů vajíčka větší než v tropech, s výjimkou extrémně chladných zón; přezimující vajíčka motýlů v mírném pásu jsou větší)
 - kvalitou a množstvím potravy a stářím matky (starší matka-menší vajíčka)
 - genetickou variabilitou



Počet vajíček produkovaných jednou samicí (*fecundity*)

- nejvíce u sociálního hmyzu: včela medonosná (2.000 vajíček/den, 220.000/rok, celkem 600.000 za život), termiti (30.000/ den, žijí 15-20 let), mravenci (6.000/ život)
- většina ostatního hmyzu 50 až několik set
- závisí na způsobu života a riziku mortality (velké rozdíly např. u různých Coleoptera: Meloidae)

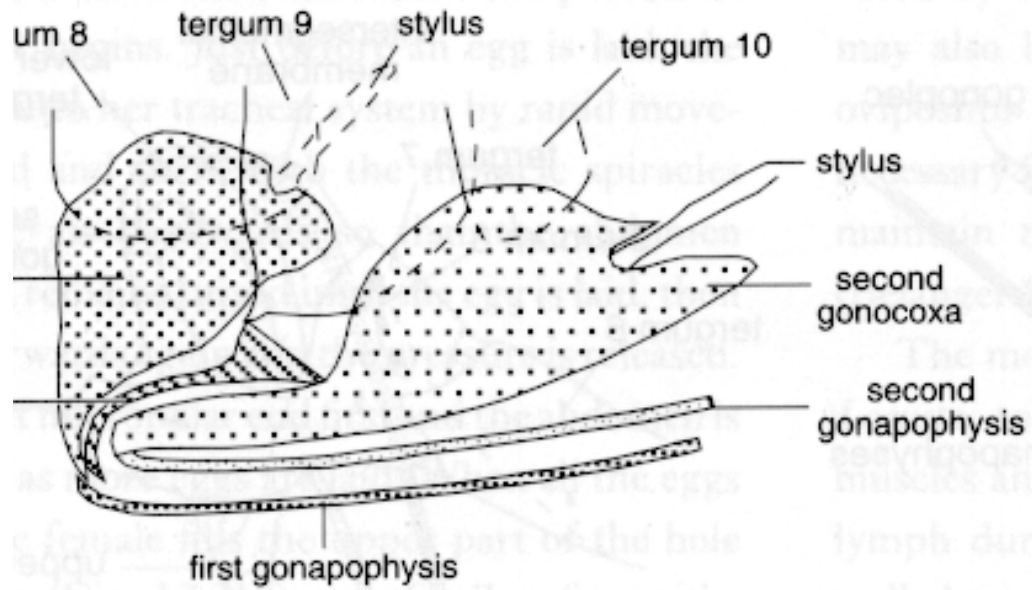
	Number of eggs
<i>Aeropus sibericus</i> (Orthoptera: Acrididae)	30
<i>Schistocerca gregaria</i> (Orthoptera: Acrididae)	317
<i>Locusta migratorioides</i> (Orthoptera: Acrididae)	1000
<i>Anechura bipunctata</i> (Dermaptera: Forficulidae)	55
<i>Pediculus pubis</i> (Phthiraptera: Pthiridae)	26
<i>Rhodococcus bulgariensis</i> (Hemiptera: Coccidae)	1135
<i>Geocoris punctipes</i> (Hemiptera: Geocoridae)	178
<i>Chrysopa oculata</i> (Neuroptera: Chrysopidae)	185
<i>Oryctes rhinoceros</i> (Coleoptera: Scarabaeidae)	90
<i>Lyctus linearis</i> (Coleoptera: Bostrichidae)	20
<i>Carpophilus hemipterus</i> (Coleoptera: Nitidulidae)	1071
<i>Coccinella septempunctata</i> (Coleoptera: Coccinellidae)	750
<i>Leptintarsa decemlineata</i> (Coleoptera: Chrysomelidae)	1300
<i>Pediobius foveolatus</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	30
<i>Ooencyrtus kuwanai</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	224
<i>Diatraea saccharalis</i> (Lepidoptera: Crambidae)	300
<i>Trichoplusia ni</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	500
<i>Aedes aegypti</i> (Diptera: Culicidae)	1360
<i>Delia antiqua</i> (Diptera: Anthomyiidae)	123



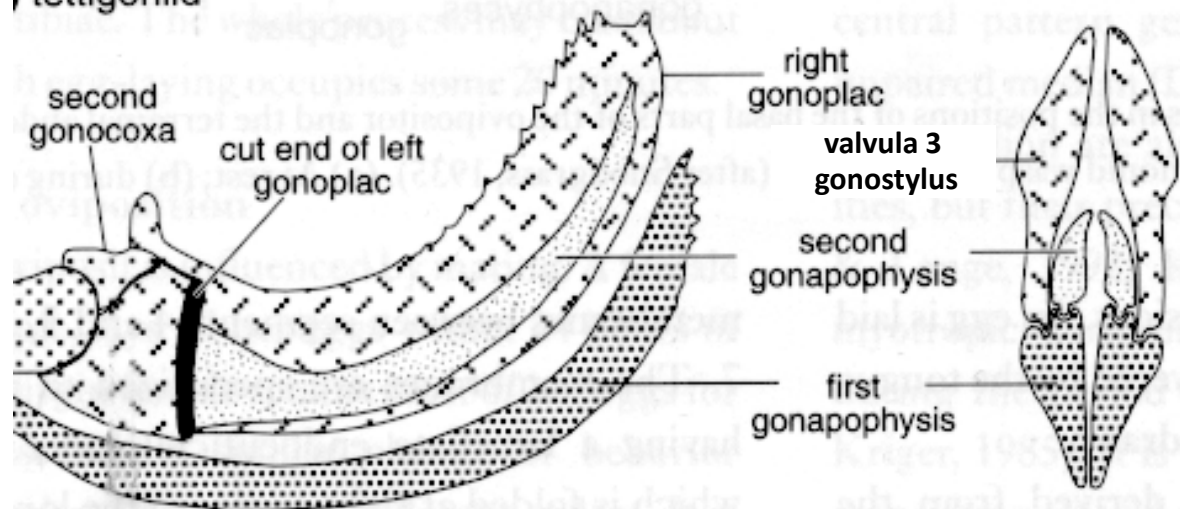
Meloe violacea
(Coleoptera, samice)

Kladení vajíček

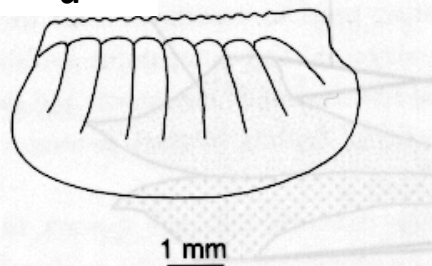
Thysanura



tettigoniid



oothéca Blattodea

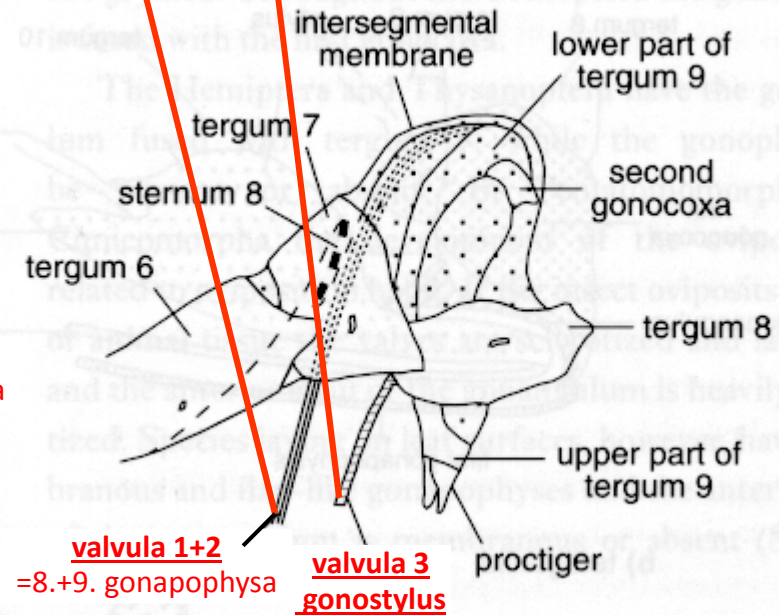
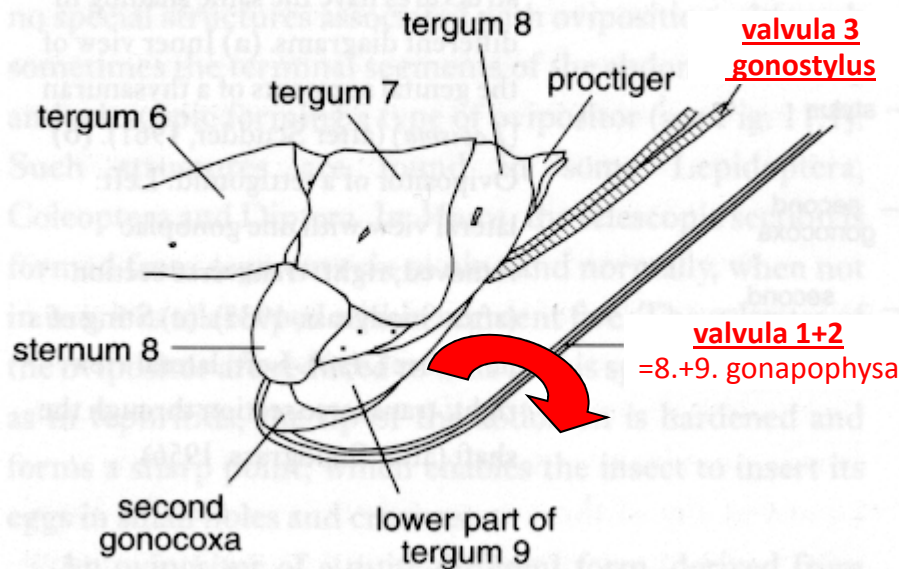


Kladení vajíček

- lumek *Megarhyssa* provrtá 3 cm dřeva za 20 minut (točivým pohybem tam a sem)



at rest



Umístění vajíček



Cinara pini na
jehlicích

Murgantia histrionica,
ve dvou řadách

Anasa tristis, na spodní
straně listu



ootéka švábů

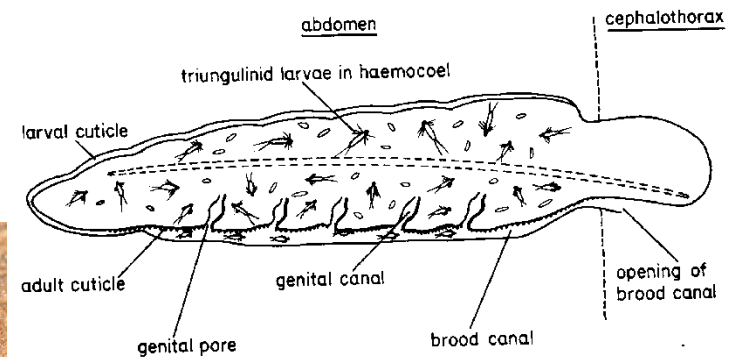
Callosobruchus maculatus

ootéka kudlanky

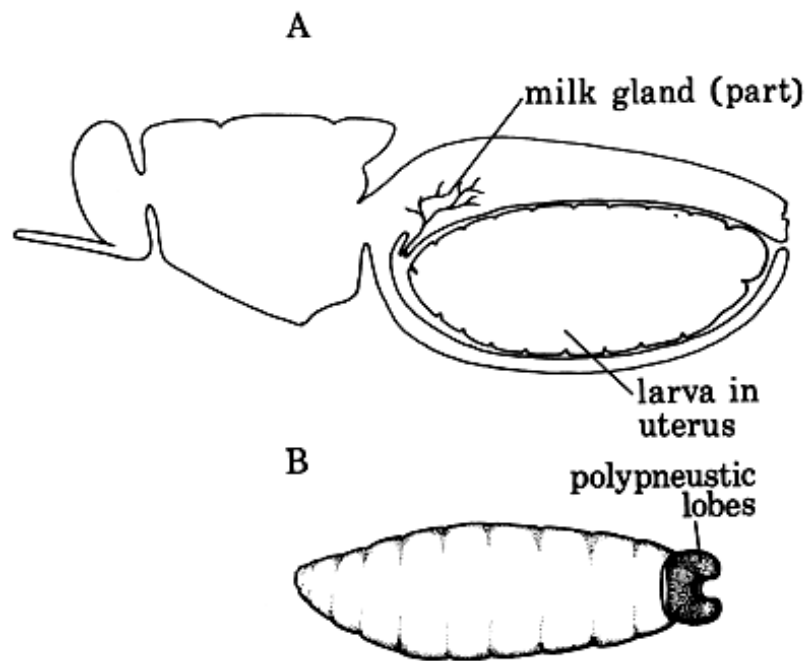
*Nymphalis
antiopa*

Živorodost u hmyzu

- **vejcoživorodost (*ovoviviparity*)** – oplodněná vajíčka obsahující žloutek jsou inkubována v reprodukčních cestách samice, kladena jsou až těsně před vylíhnutím (švábi – Blattidae, některé druhy mšic, červců, třásněnek, brouků, dvoukřídlých – Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Tachinidae)
- **pseudoplacentální živorodost** – vajíčka s minimálním obsahem žloutku jsou vyživována uvnitř reprodukčního traktu samice přes speciální tkáň analogickou placentě (*trophamnion*), larvy jsou kladeny těsně po vylíhnutí (mšice, někteří škvoři – Hemimerus a pisivky, ploštice – Polycetenidae)
- **hemocoelní živorodost** – embrya se vyvíjejí volně v tělní dutině pedogenetické samice, živiny do nich pronikají osmoticky z hemolymfy (Strepsiptera, některá Diptera: Cecidomyidae)



- **adenotrofní živorodost** - nedokonale vyvinutá larva se vylíhne uvnitř reprodukčního traktu samice a orálně se živí sekretem zvláštní přídavné („mléčné“) žlázy, kladeny jsou až larvy 3. instaru, které se záhy kuklí (Diptera: Glossinidae, Hippoboscidae, Nycteribidae, Streblidae)



Glossina morsitans

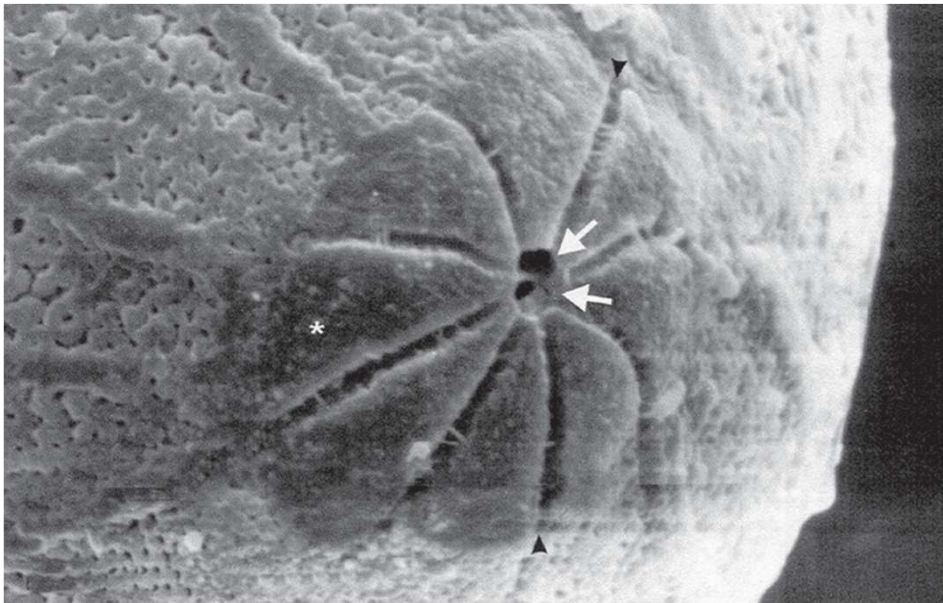
<http://www.raywilsonbirdphotography.co.uk>

Živorodost u hmyzu

- **evoluční výhody:** zkrácený životní cyklus – rychlé využití časově omezeně dostupných zdrojů (rozkládající se substráty, hostitelská rostlina/živočich), odpadá investice do žloutku, ochrana vajíček/larev, jejich snížená mortalita umožňuje samicám tvořit méně potomstva
- v rámci hmyzu vznikla mnohokrát nezávisle na sobě, např. v rámci Diptera 61-krát (Meier et al. 1999)
- přesto v globálu poměrně vzácný jev - např. u pavoukoců je živorodost relativně častější (Scorpionida, Uropygi, Schizomida, Amblypygi, Pseudoscorpionida) a možná omezila vývoj odolných obalů vajíčka, který rovněž přispěl k proliferaci diverzity hmyzu

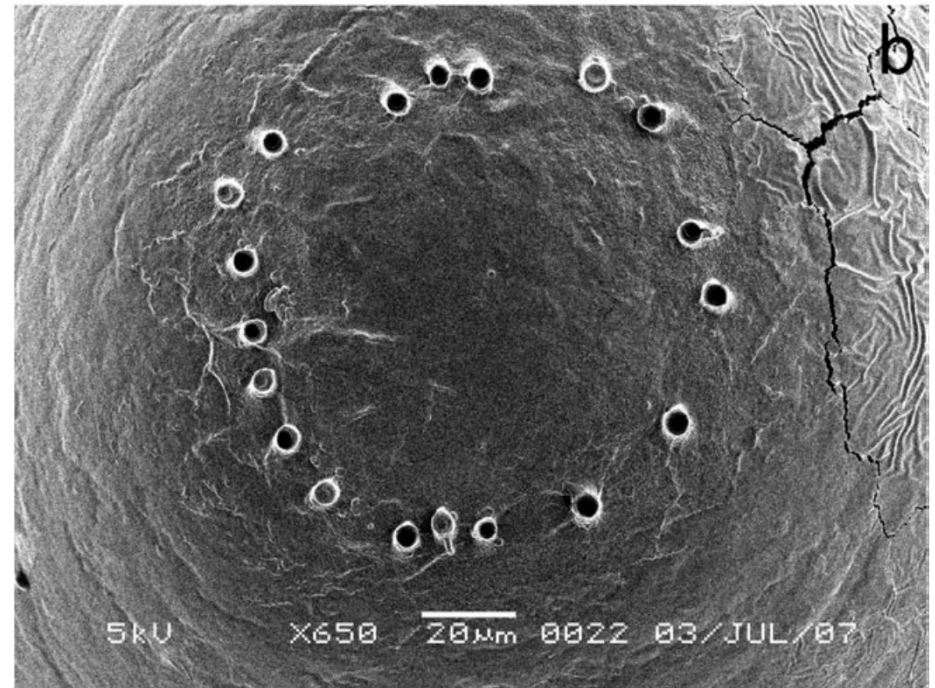
Oplození

- spermie proniká do vajíčka skrz mikropyle



mikropyle u koutule *Telmatoscopus albipunctatus*

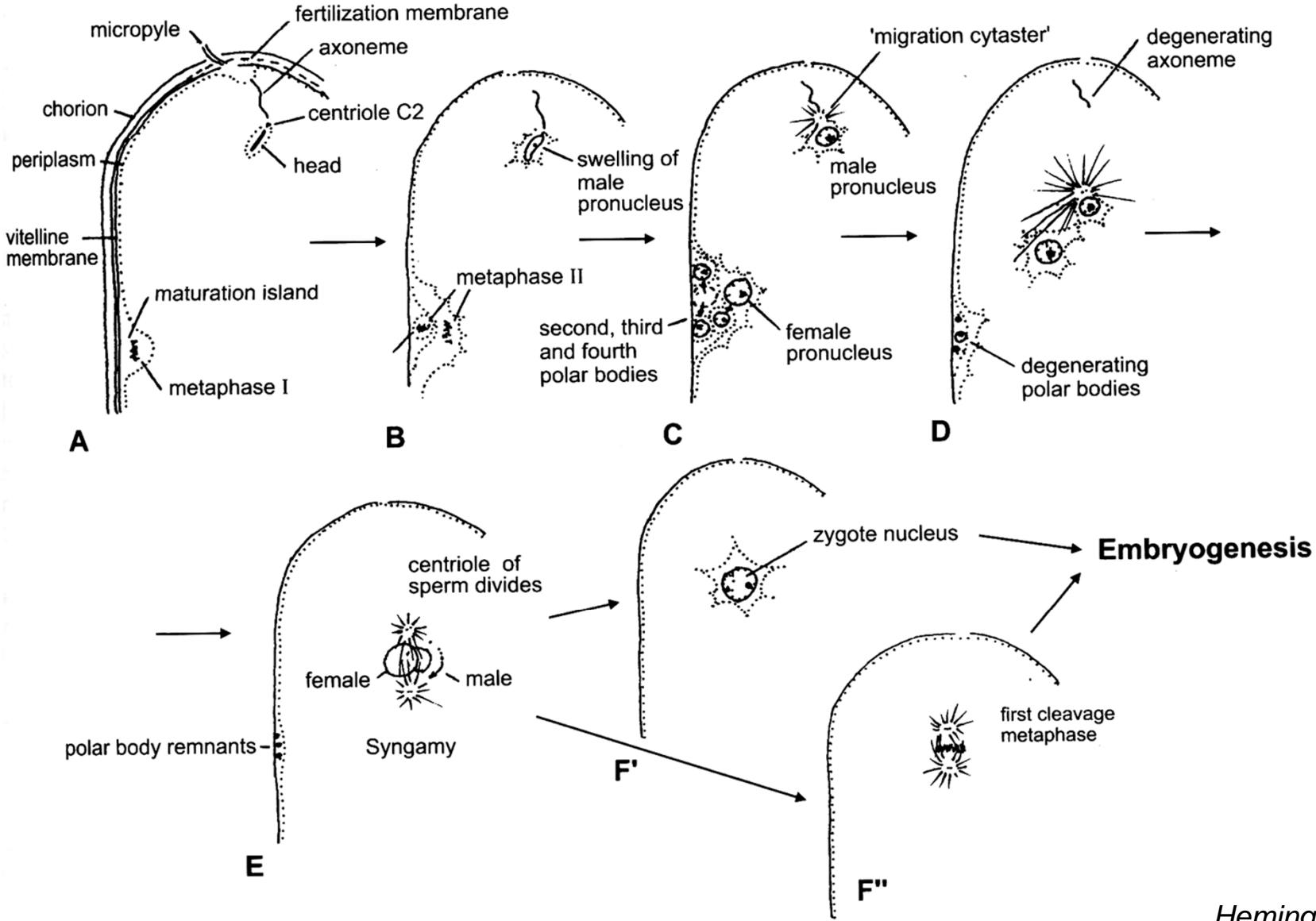
Rocha et al. 2011



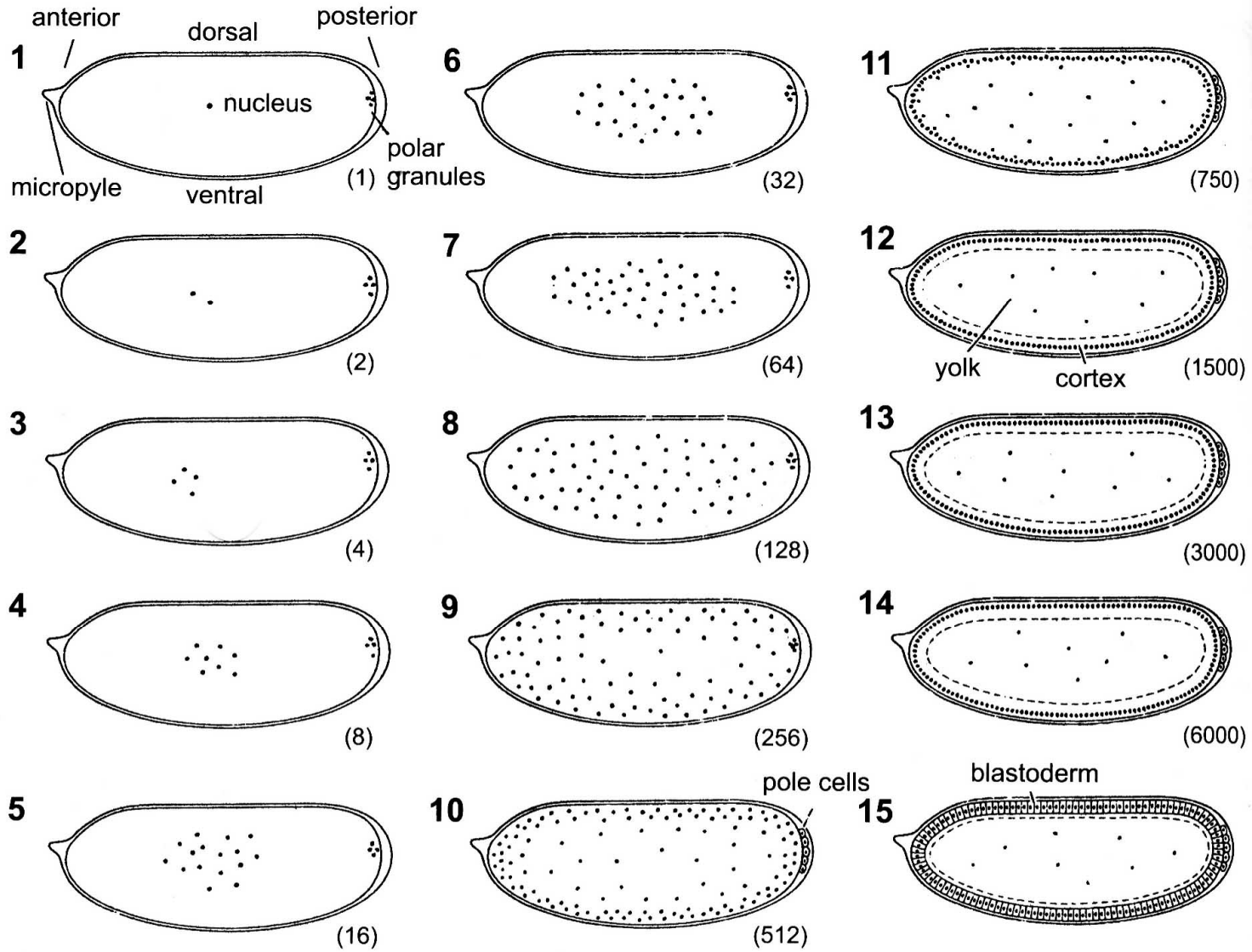
mnohočetná mikropyle u slunéčka
Harmonia axyridis

Osawa & Yoshinaga 2009

Oplození



Rýhování (*cleavage*)



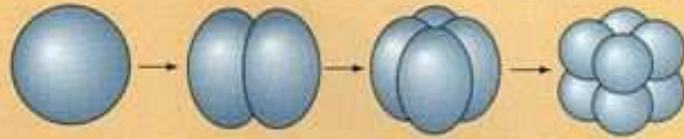
Rýhování (*cleavage*)

- mnohonásobným dělením jádra zygoty vzniká nejprve multinukleární syncytium (karyokineze není doprovázena cytokinezí)
- dělení je zpočátku velmi rychlé (např. u *Drosophila melanogaster* prvních 9 cyklů po 8 min: RNA, ribosomy a centrosomy jsou ve vajíčku obsaženy již od oogeneze (díky výživným buňkám - trophocytům), první transkripce zygotických genů (*midblastula transition*) až od 11.-13. cyklu)
- každé jádro je obklopeno ostrůvkem cytoplasmy s mikrofilamenty a mikrotubuly napojenými na cytoplasmatické retikulum, cytoplasmu okolo jiných jader a periplasmu – vytváří rýhovací energidu (*cleavage energid*)
- energidy se posléze přesunují na periferii vajíčka (malá část zůstává ve žloutku a vzniknou z nich vitelofágy)
- u některých skupin (Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera) se již teď separují na zadním pólu vajíčka zárodečné buňky (*germ cells*) jakožto základ budoucích pohlavních buněk

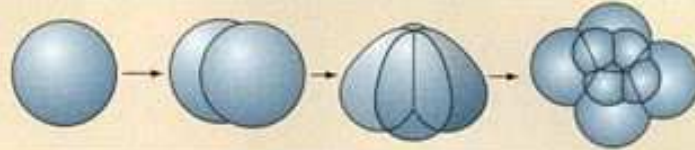
I. HOLOBLASTIC (COMPLETE CLEAVAGE)

A. Isolecithal (Sparse, evenly distributed yolk)

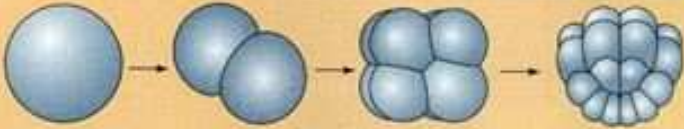
1. Radial
Echinoderms, amphioxus



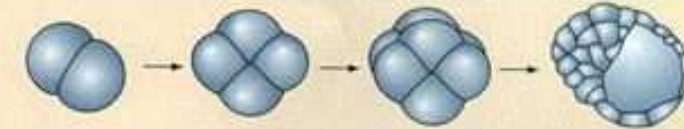
2. Spiral
Annelids, molluscs,
flatworms



3. Bilateral
Tunicates

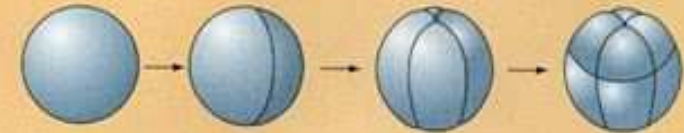


4. Rotational
Mammals, nematodes



B. Mesolecithal (Moderate vegetal yolk disposition)

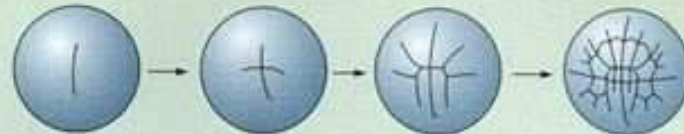
Radial
Amphibians



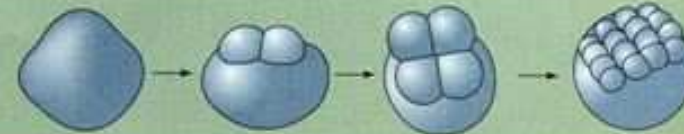
II. MEROBLASTIC (INCOMPLETE CLEAVAGE)

A. Telolecithal (Dense yolk throughout most of cell)

1. Bilateral
Cephalopod molluscs



2. Discoidal
Fish, reptiles, birds



B. Centrolecithal (Yolk in center of egg)

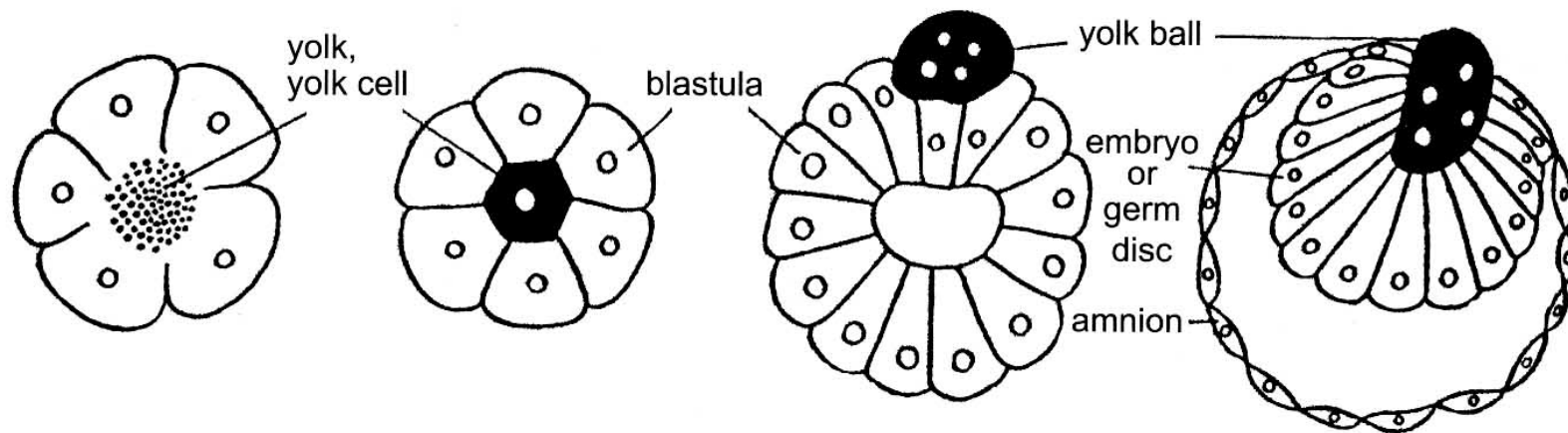
Superficial
Most insects



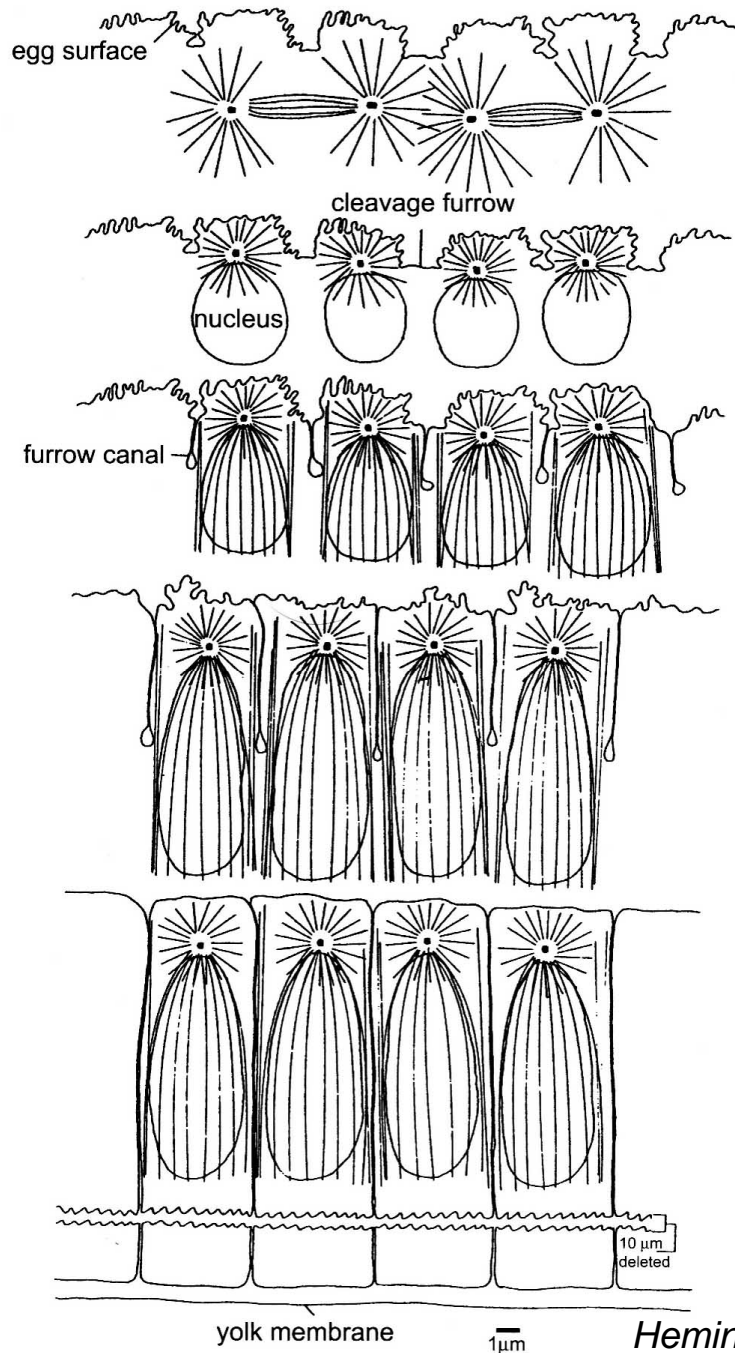
Typy rýhování u živočichů

- u většiny Ectognatha a Diplura je rýhování meroblastické (intralecitální)
- u skupin s malými vajíčky (parazitická Hymenoptera, mšice apod.) a Collembola je rýhování holoblastické (totální)
- u Chelicerata a Onychophora oba typy

Holoblastické rýhování

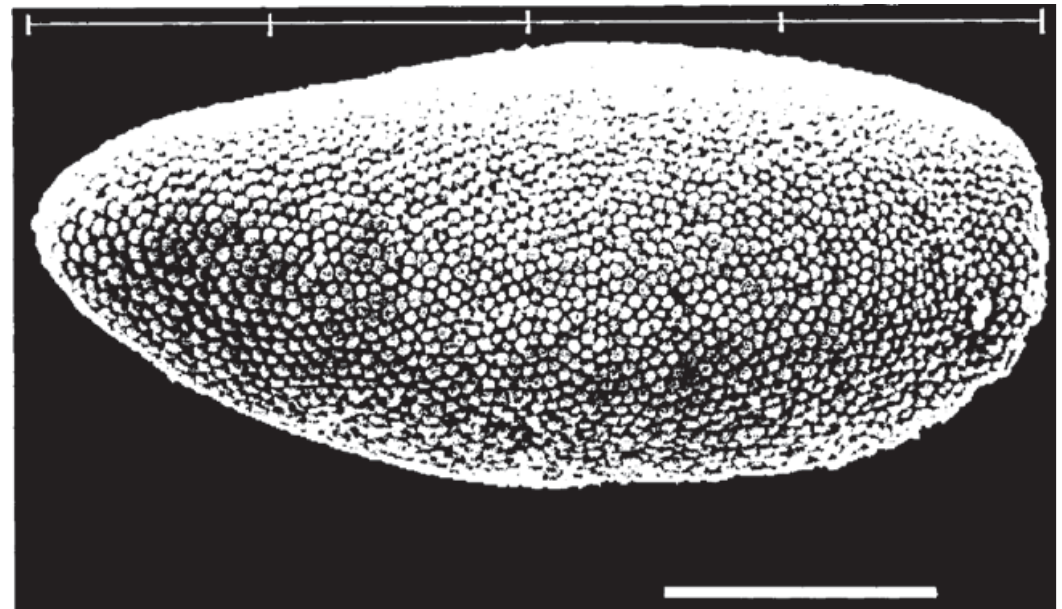


raná embryogeneze u řasníka rodu *Stylops* (Strepsiptera)



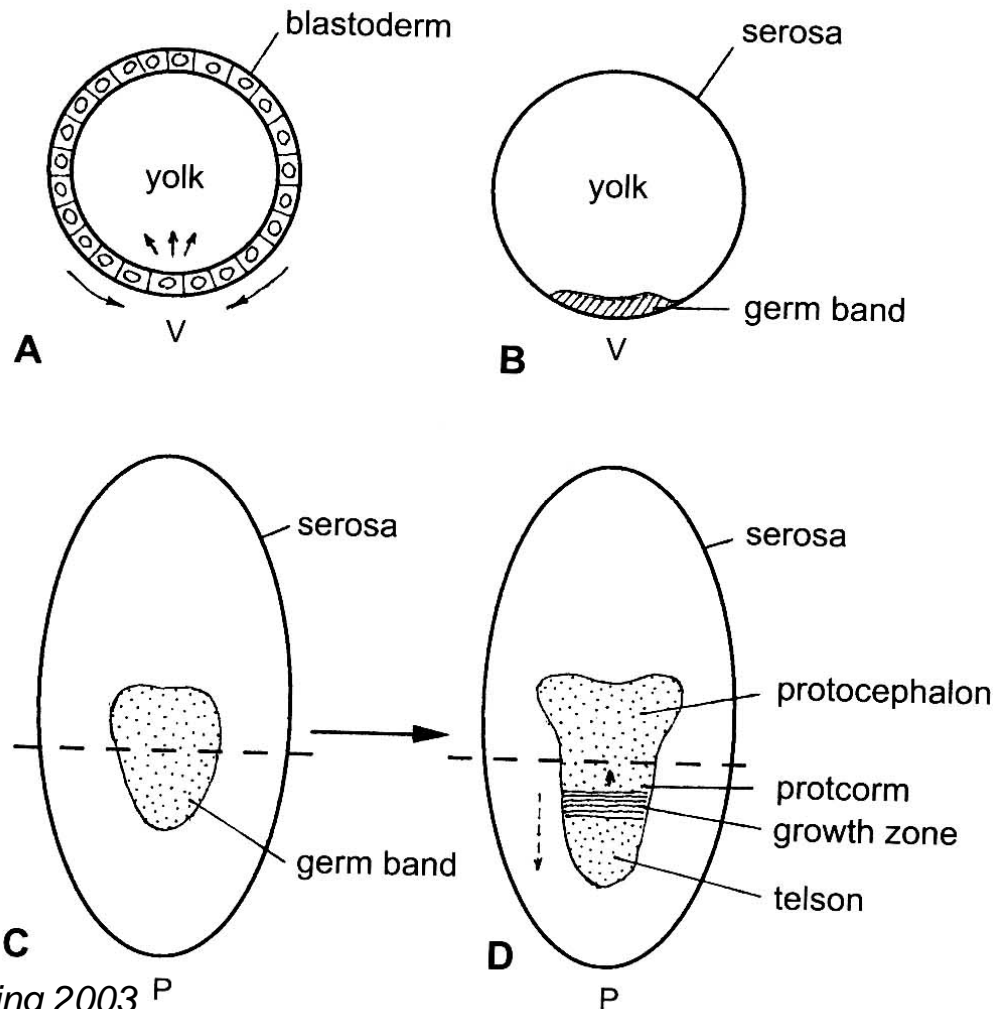
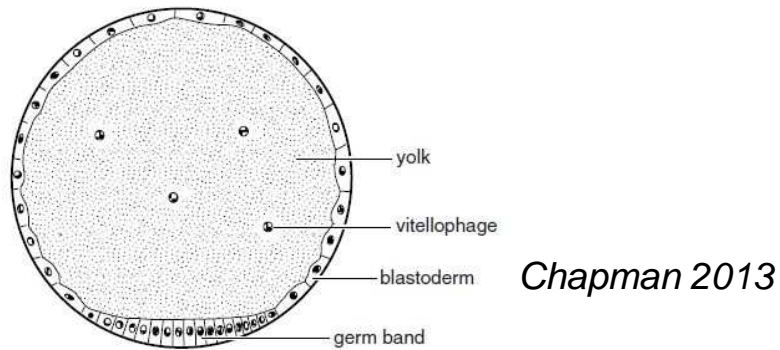
Vznik blastodermu

- vchlípením membrány vajíčka mezi jádra v periplasmě vzniká první vrstva buněk - **blastoderm**



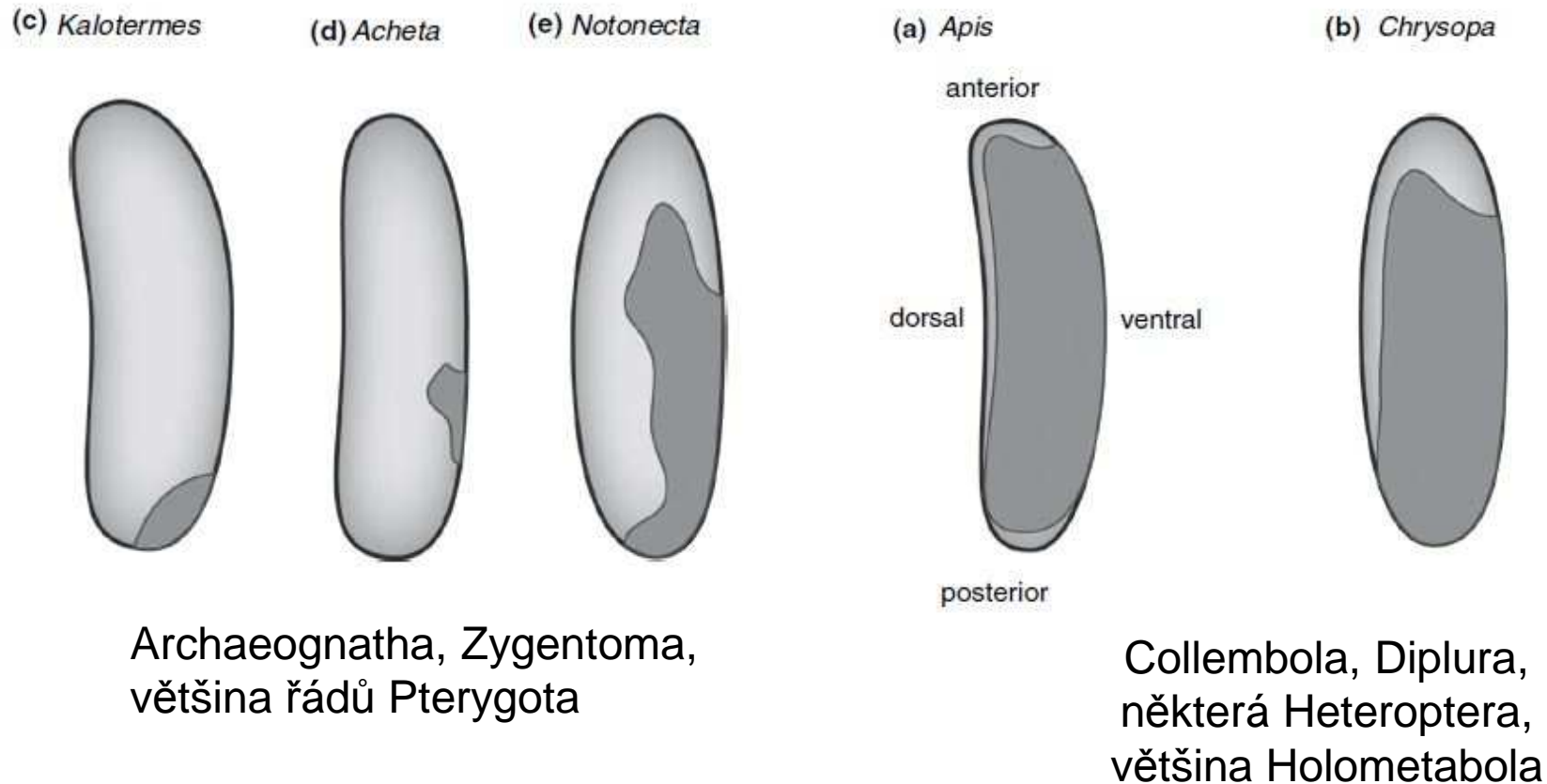
Vajíčko *Drosophila melanogaster* s blastodermem

Vznik zárodečné pásky



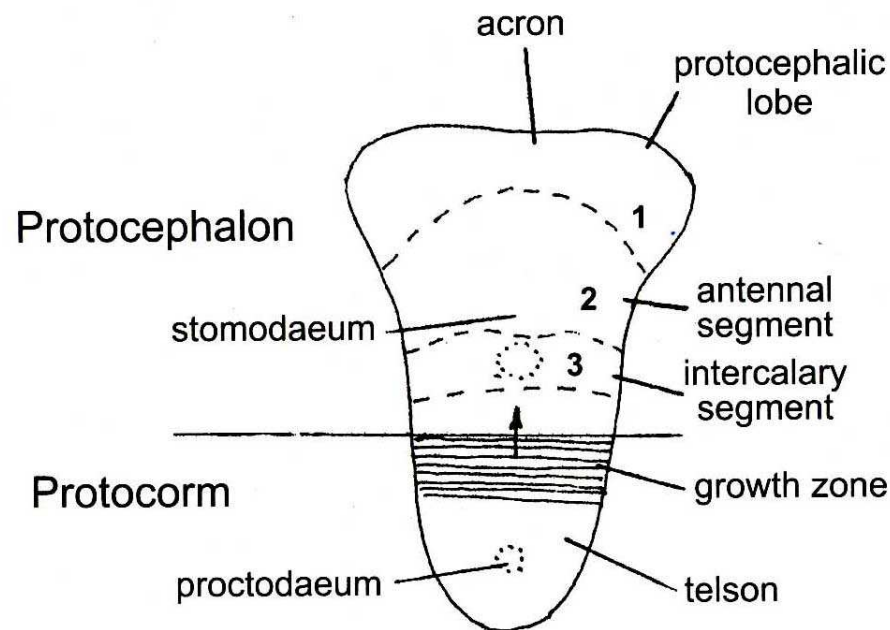
- ventrálně a laterálně umístěné buňky blastodermu se prodlouží/shluknou a vytvoří tlustou destičku: **zárodečnou pásku** - (*germ band*, *germ anlage*), která se dále vyvíjí v embryo
- zbylé buňky se přestanou dělit, ztenčí se a zmnoží svá jádra: vytvoří serosu
- zárodečná páska je synapomorfii členovců

- velikost zárodečné pásky v poměru k vajíčku je charakteristická na úrovni vyšších taxonů (krátká/ dlouhá/ prostřední)

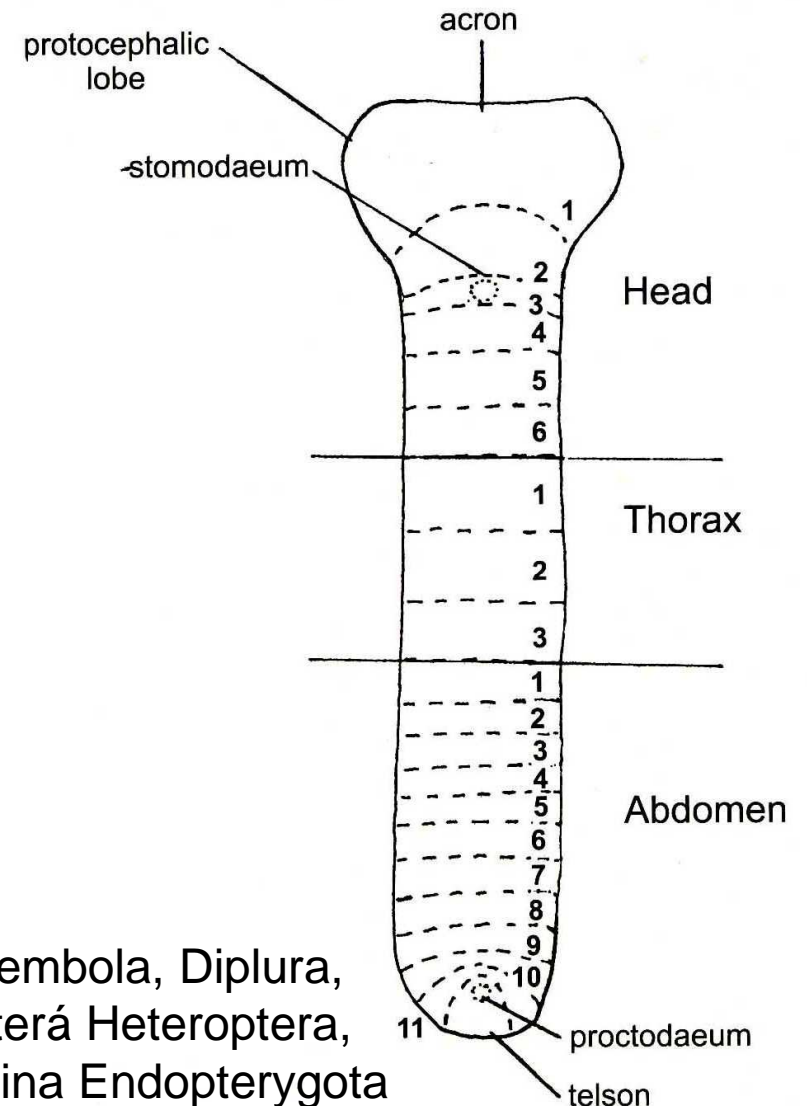


Vznik zárodečné pásky

- krátké a dlouhé zárodečné pásky se liší poměrnou velikostí jednotlivých tělních částí



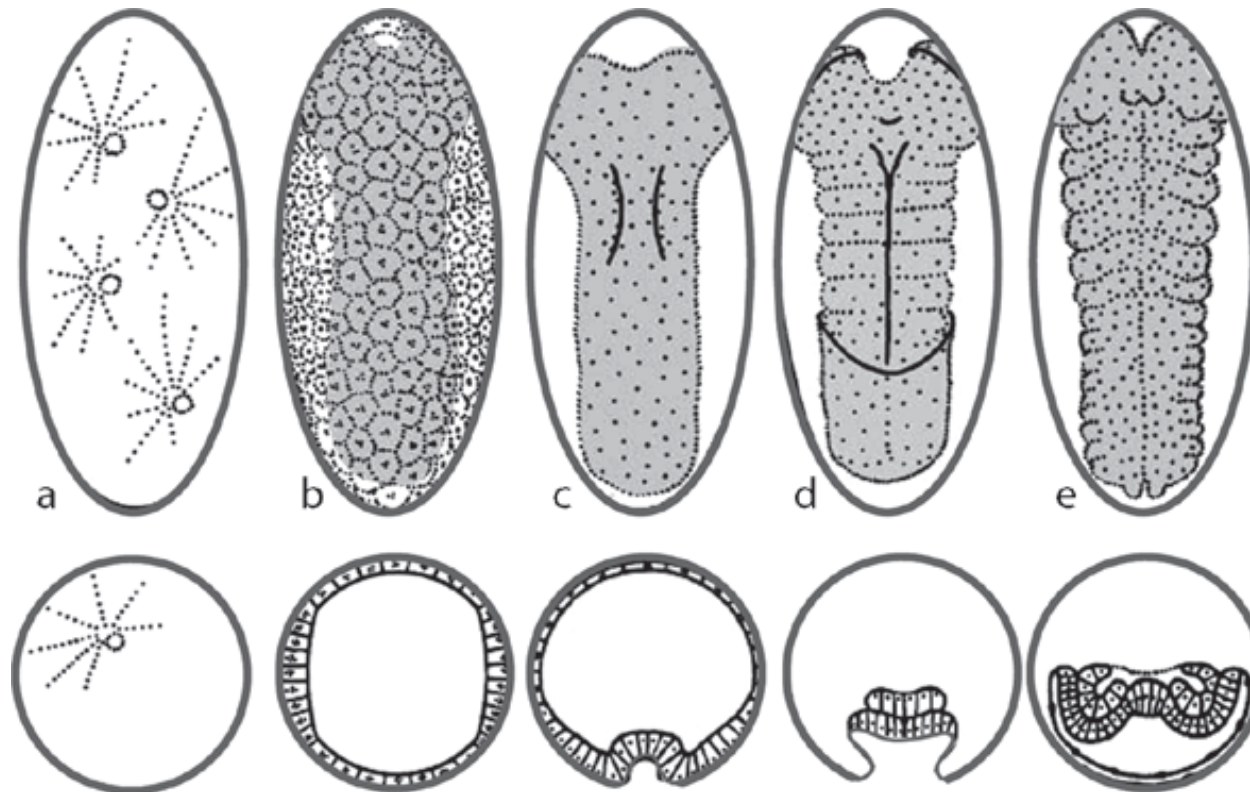
Archaeognatha, Zygentoma,
většina řádů Pterygota



Collembola, Diplura,
některá Heteroptera,
většina Endopterygota

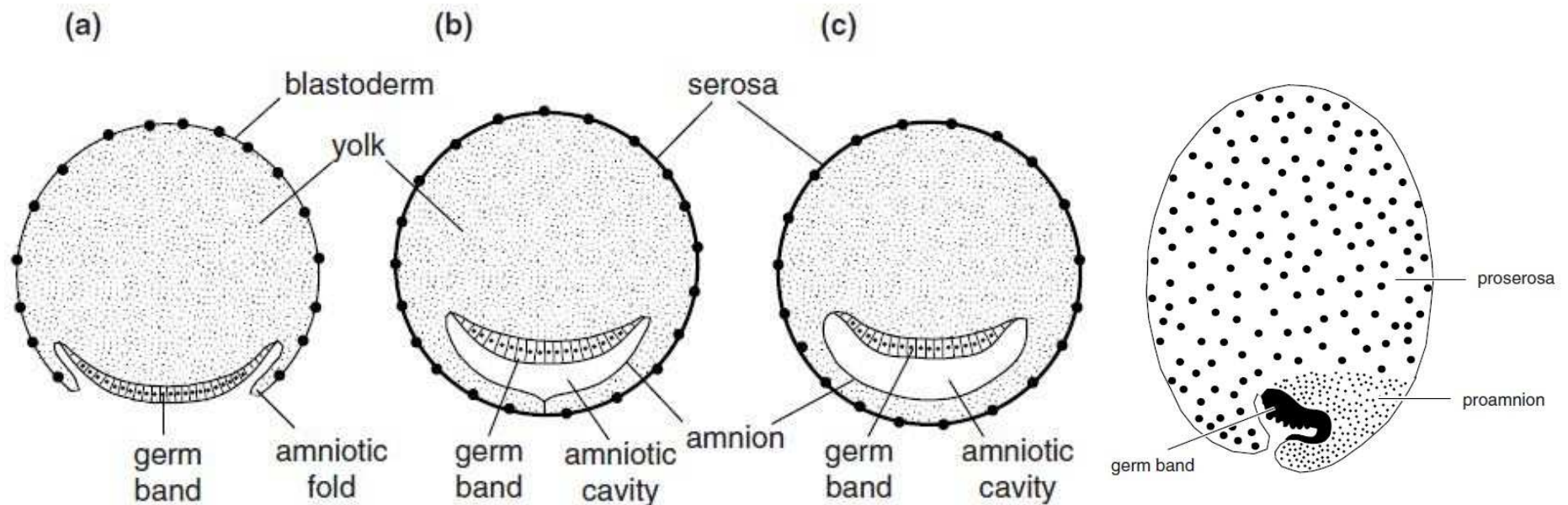
Gastrulace – vznik mezodermu

- invaginací blastodermu (nejčastěji v podélné ose zárodečné pásky) nebo vcestováním jednotlivých buněk vzniká druhá vrstva buněk – mezoderm
- povrchová vrstva buněk vytváří ektoderm
- ventrální část embrya je posléze překryta laloky serózy, které vytváří amnion uzavírající amniotickou dutinu



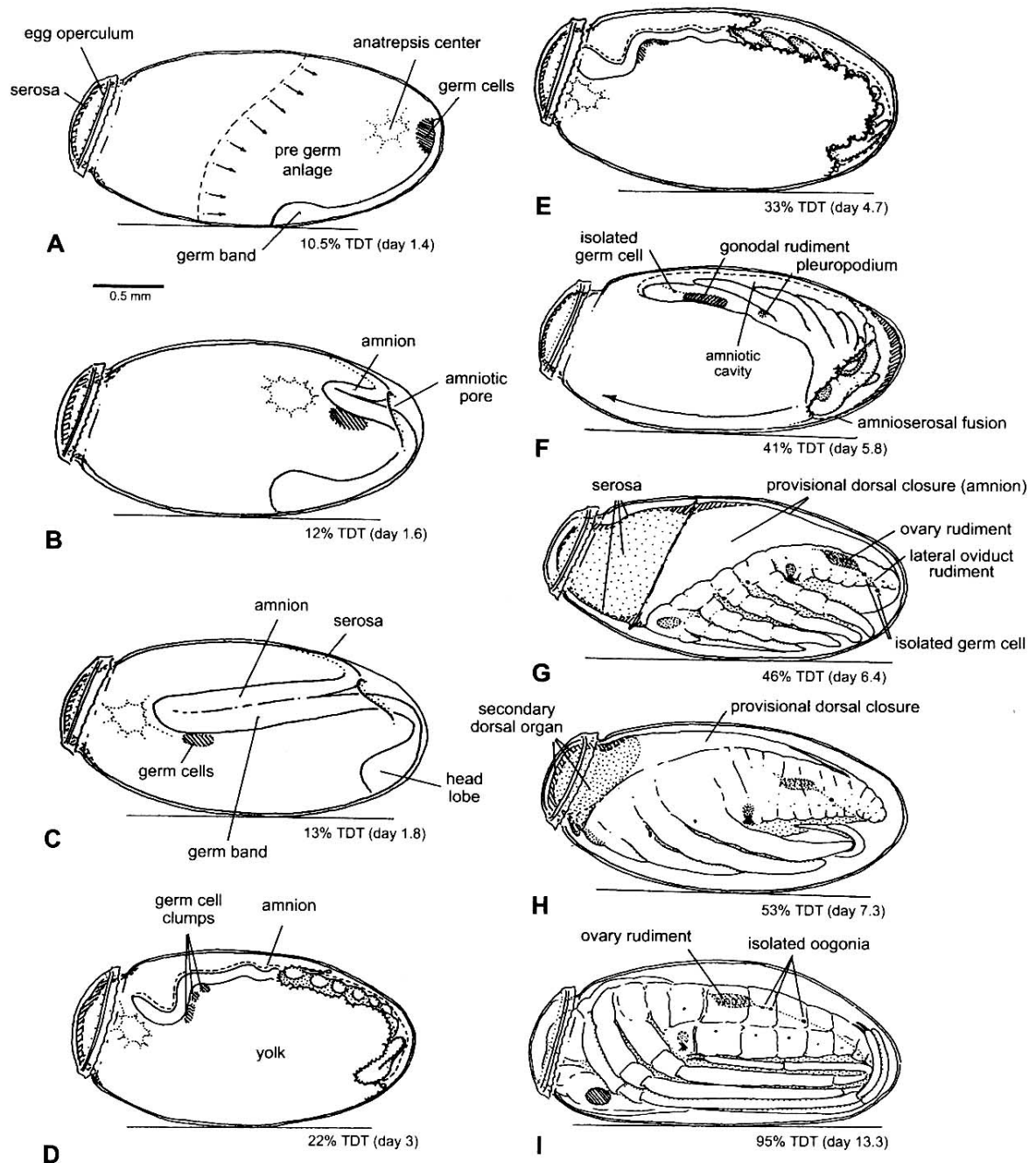
Gastrulace – vznik mezodermu

- invaginací blastodermu (nejčastěji v podélné ose zárodečné pásky) nebo vcestováním jednotlivých buněk vzniká druhá vrstva buněk – mezoderm
- povrchová vrstva buněk vytváří ektoderm
- ventrální část embrya je posléze překryta laloky serózy, které vytváří amnion uzavírající amniotickou dutinu (u Dicondylia)



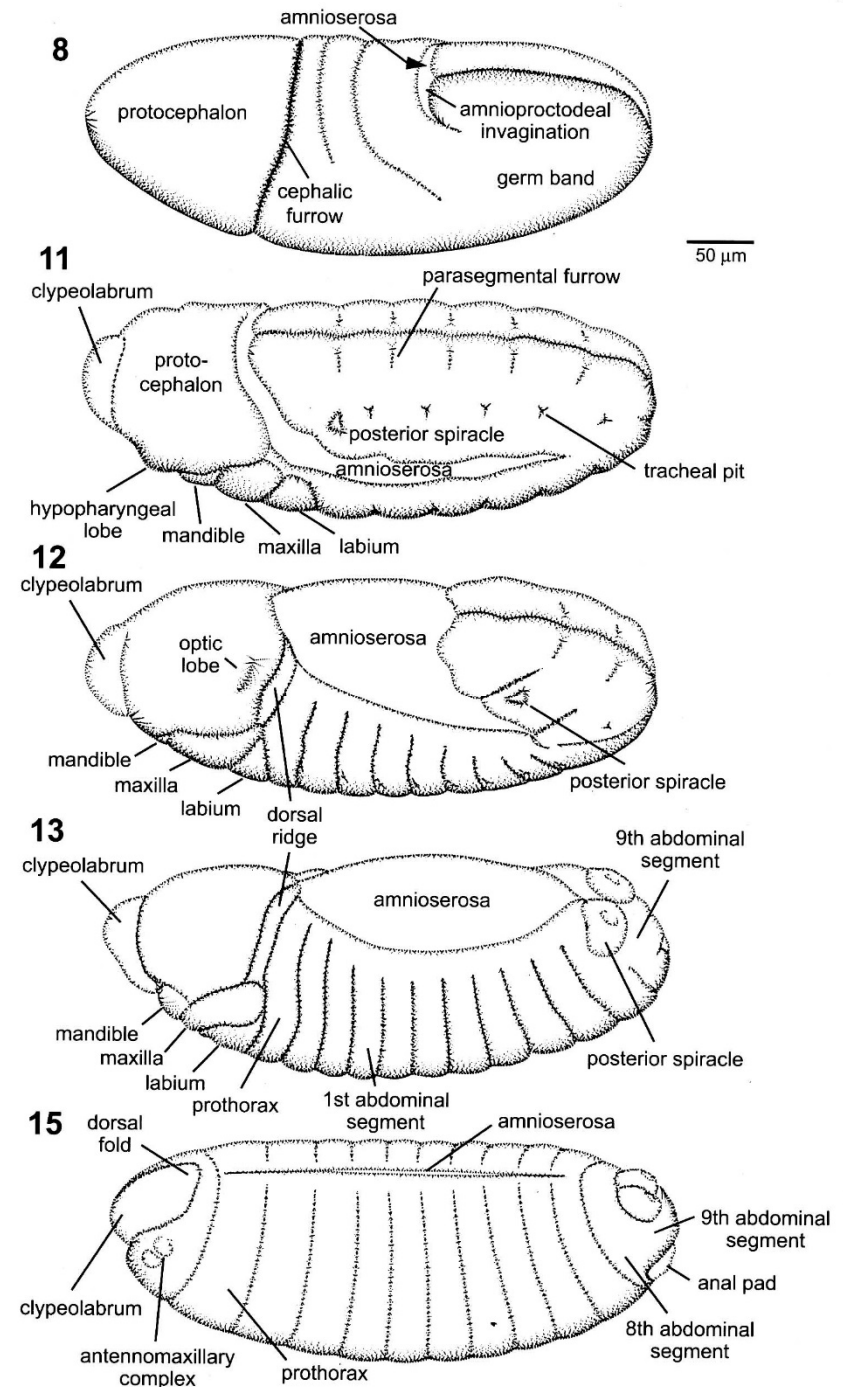
Blastokineze

- u skupin s krátkou zárodečnou páskou dochází při vzniku amnionu ke změně polohy embrya
- nejprve se embryo zadním koncem zanoří do žloutku a překlopí o 180° - *anatrepsis* (B–C)
- později (asi v půli embryogeneze) se vrátí na původní polohu ve vajíčku – *katatrepsis* (F–I)
- význam blastokineze: snad lepší využití žloutku a možnost vývoje dlouhých končetin



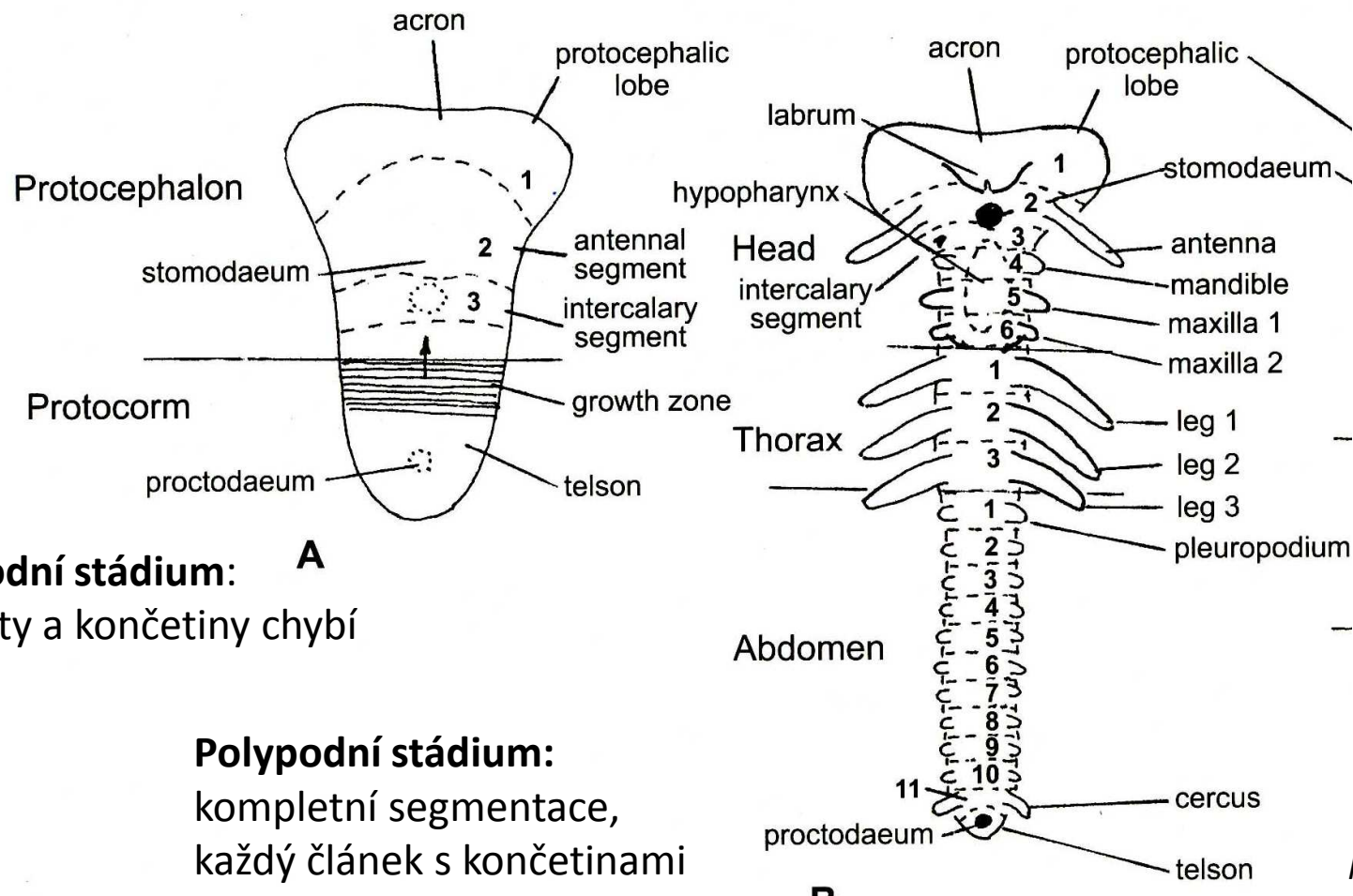
Blastokineze

- u skupin s dlouhou zárodečnou páskou je blastokineze omezena na postupné prodlužování a zkracování embrya
- embryo zůstává stále na ventrální straně vajíčka
- např. *Drosophila*
- výjimka: velmi komplexní embryogeneze u některých Lepidoptera



Segmentace a vytvoření končetin

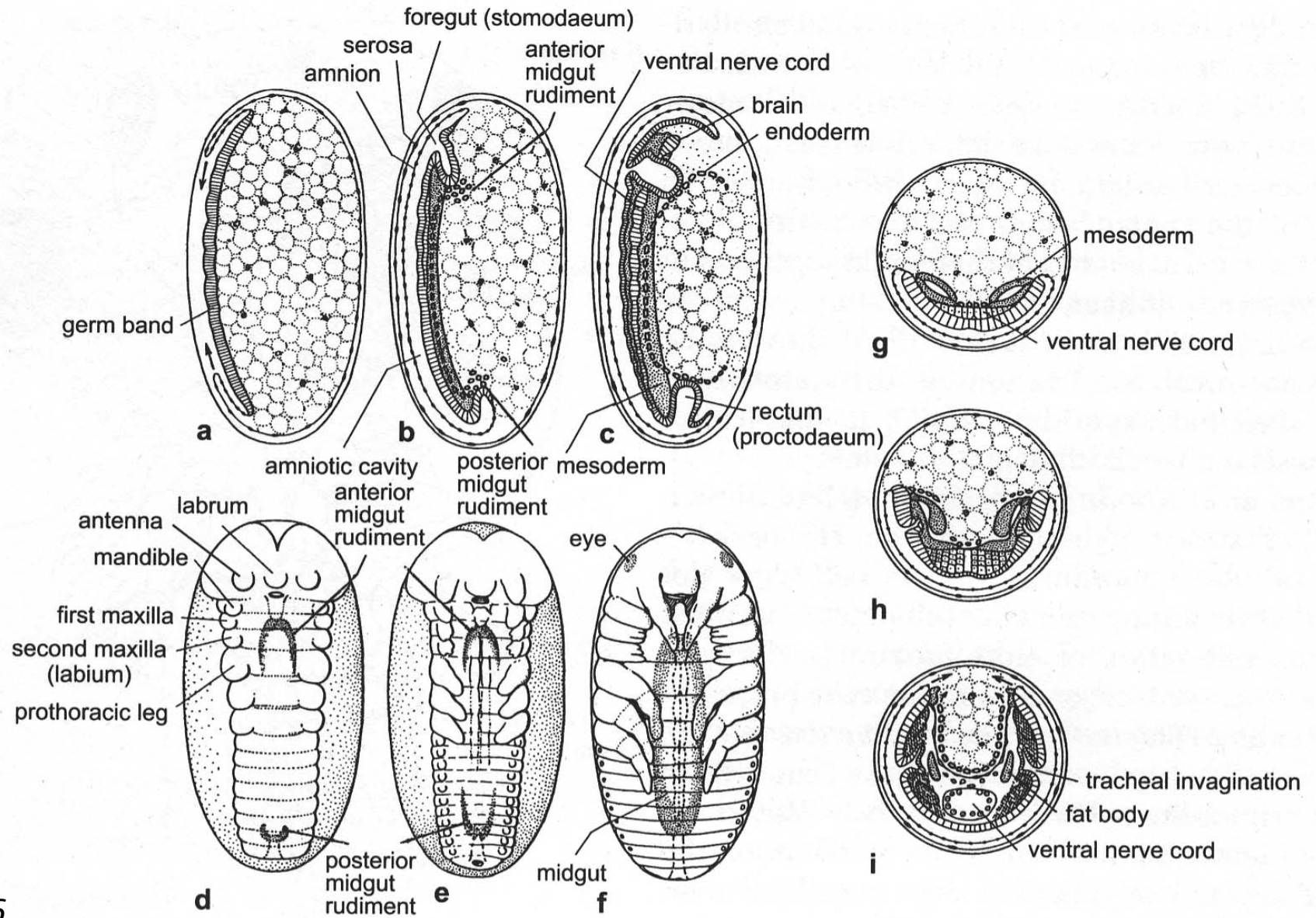
- po vytvoření druhé vrstvy buněk se embryo rozdělí příčnými rýhami na segmenty
- na každém článku se vytváří pár končetin (na zadečku malé, u většiny skupin posléze mizí, kromě cerků a žláznatých pleuropodií), které se dále diferencují



Protopodní stádium: A
segmenty a končetiny chybí

Polypodní stádium:
kompletní segmentace,
každý článek s končetinami

Organogeneze

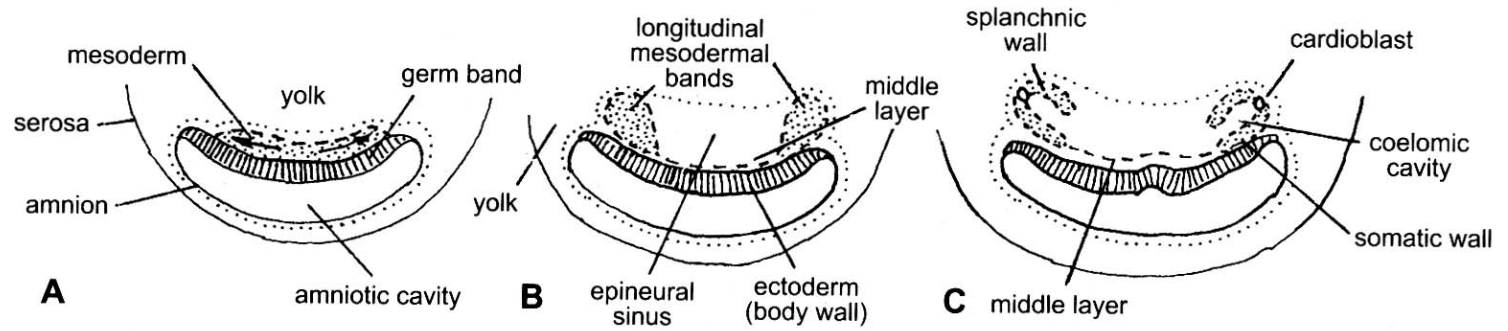


Organogeneze

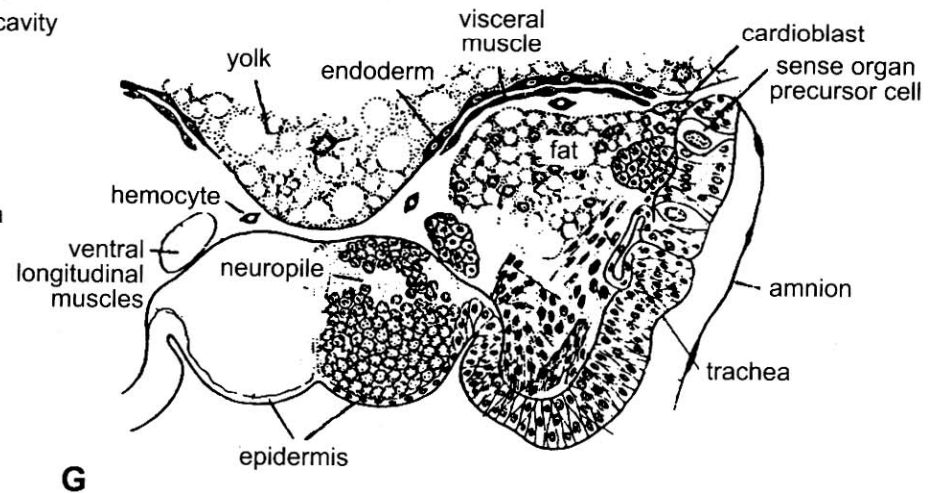
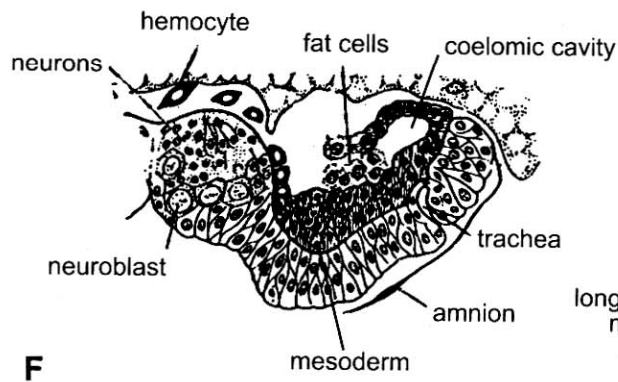
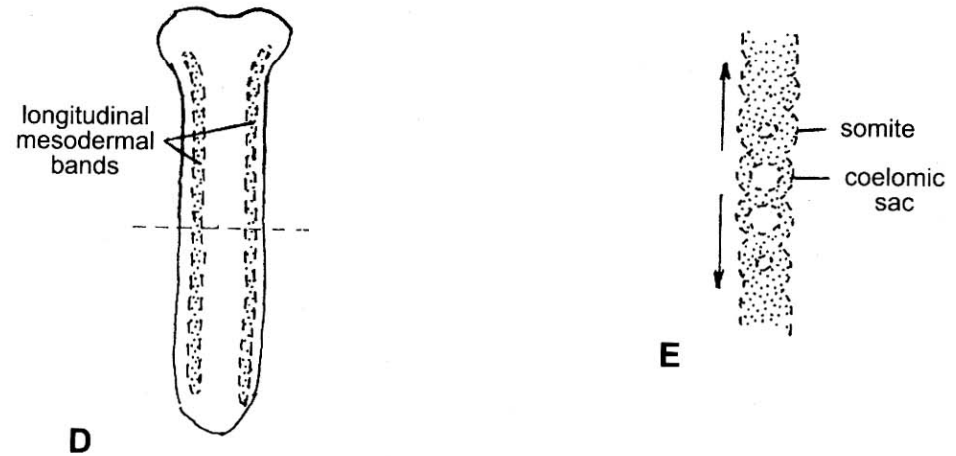
- diferenciace orgánových systémů larvy/juvenila
- cípy zárodečné pásky (ektodermu i mezodermu) přerostou na dorzální stranu, spojí se a uzavřou zbytek žloutku
- z ektodermu vzniká:
 - pokožka larvy včetně set
 - nervový systém (z ventrální části - neuroblasty)
 - tracheální systém (vchlípením z laterální části v každém segmentu)
 - ocelli, slinné žlázy, endokrinní žlázy (prothorakální, svlékací, oenocyty) a snovací žlázy
 - část trávicí trubice: stomodaeum a proctodaeum
 - Malpighiho trubice (invaginací z proctodaea)

Organogeneze

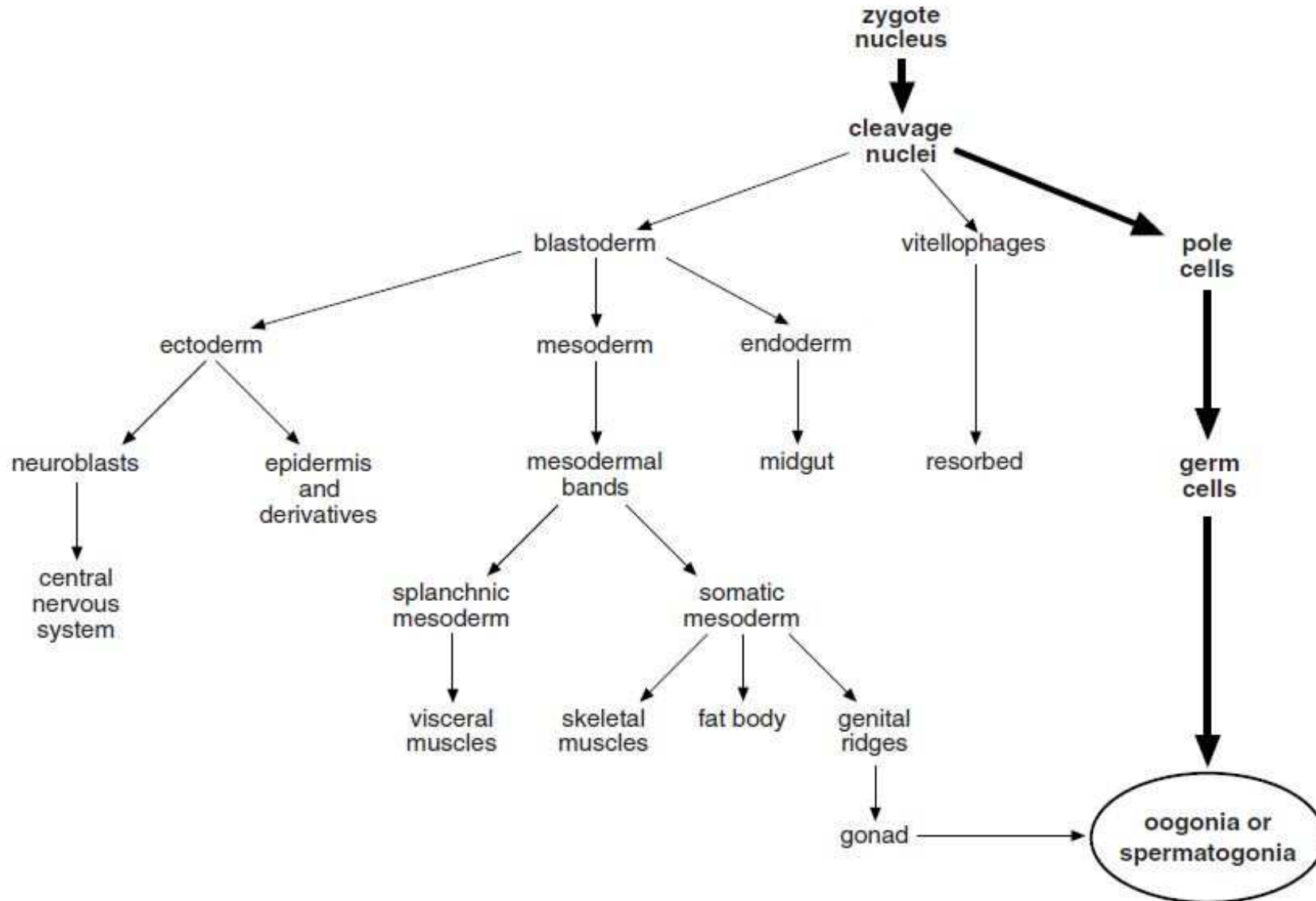
- endoderm se vytváří na koncích vchlípenin stomodaea a proctodaea:
 - střední část střeva (mesenteron)
- z mezodermu (párovité coelomové váčky v každém segmentu, ale např. u Diptera téměř nesegmentováno) vzniká:
 - dorsální céva (srdce)
 - vnitřní pohlavní orgány
 - svaly
 - tukové těleso
 - suboesophagální žláza
 - hemocyty



- vývoj mezodermu u embrya *Chrysopa perla*



Shrnutí embryogeneze hmyzu



Partenogeneze u hmyzu

- partenogeneze: rozmnožování neoplozenými vajíčky:
 - **arrhenotokie** – haplodiploidní určení pohlaví, samice se líhnou z oplozených, samci z neoplozených vajíček
 - **deuterotokie** – obě pohlaví se líhnou z neoplozených vajíček
 - **pseudogamie (*gynogeneze*)**– vznikají pouze samičky z oplozených vajíček, předávají se ale jen samičí geny (spermie slouží jen k aktivaci) – u různých skupin, ale jen vzácně
 - **pseudogamie (*androgeneze*)** – v části oplodněných vajíček se uplatňuje jen samčí genom (mravenec *Wasmannia auropunctata*, v kombinaci s gynogenezí)
 - **hybridogeneze** – páření samic s jiným druhem (Phasmatodea: *Bacillus*)
 - **thelytokie** – vznikají pouze samičky z neoplozených vajíček

Thelytokie

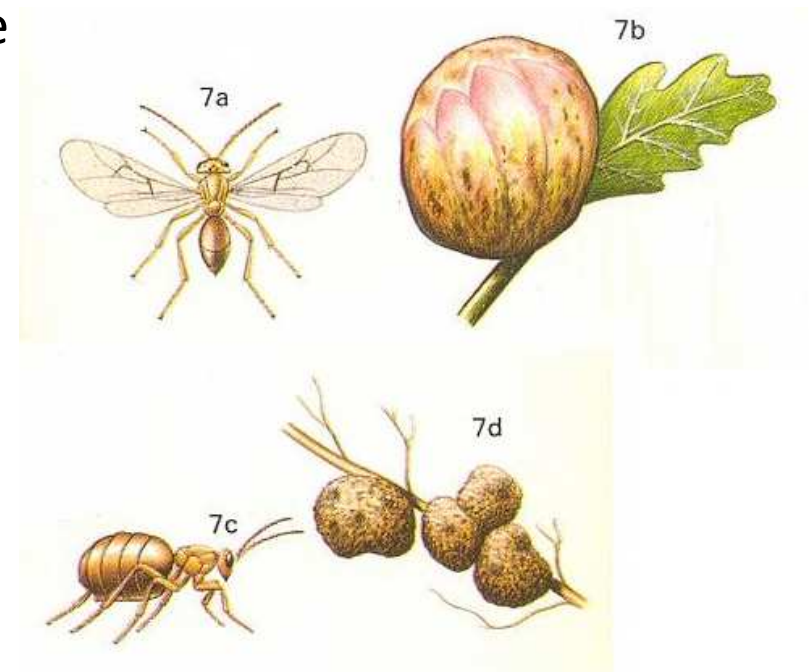
- důsledky thelytokie:
 - samice předávají úspěšný genotyp 100 % potomkům
 - produkovány pouze samice (maximalizace nárůstu populace)
 - ušetření energie a času na hledání samce a páření
- výskyt thelytokie u Hexapoda: relativně vzácně, ale přesto u mnoha skupin (80 čeledí)
- zejména časté u Thysanoptera, Psocodea, Hemiptera: Sternorrhyncha, Phasmatodea
- méně časté u Coleoptera (Curculionidae), Lepidoptera (Psychidae), Diptera (Chironomidae)
- mechanismy:
 - apomixe (chybí meióza)
 - automixe (meióza proběhne, diploidní stav je obnoven duplikací sady chromosomů nebo splynutím 2 buněk)

Thelytokie

- fakultativní:
 - tychopartenogeneze: malý počet (4-8 %) neoplozených vajíček se po nějaké době vyvine v samice: u jinak pohlavních druhů Ephemeroptera, Polyneoptera, Psocodea, Lepidoptera, Diptera)
 - geografická (pouze některé populace v horách, na okraji areálu apod.)
- cyklická (Hemiptera: Aphidoidea, Hymenoptera: Cynipoidea)
- obligátní
- vznik thelytokie:
 - hybridizací
 - nezávislý na hybridizaci
 - indukce endosymbiotickými bakteriemi



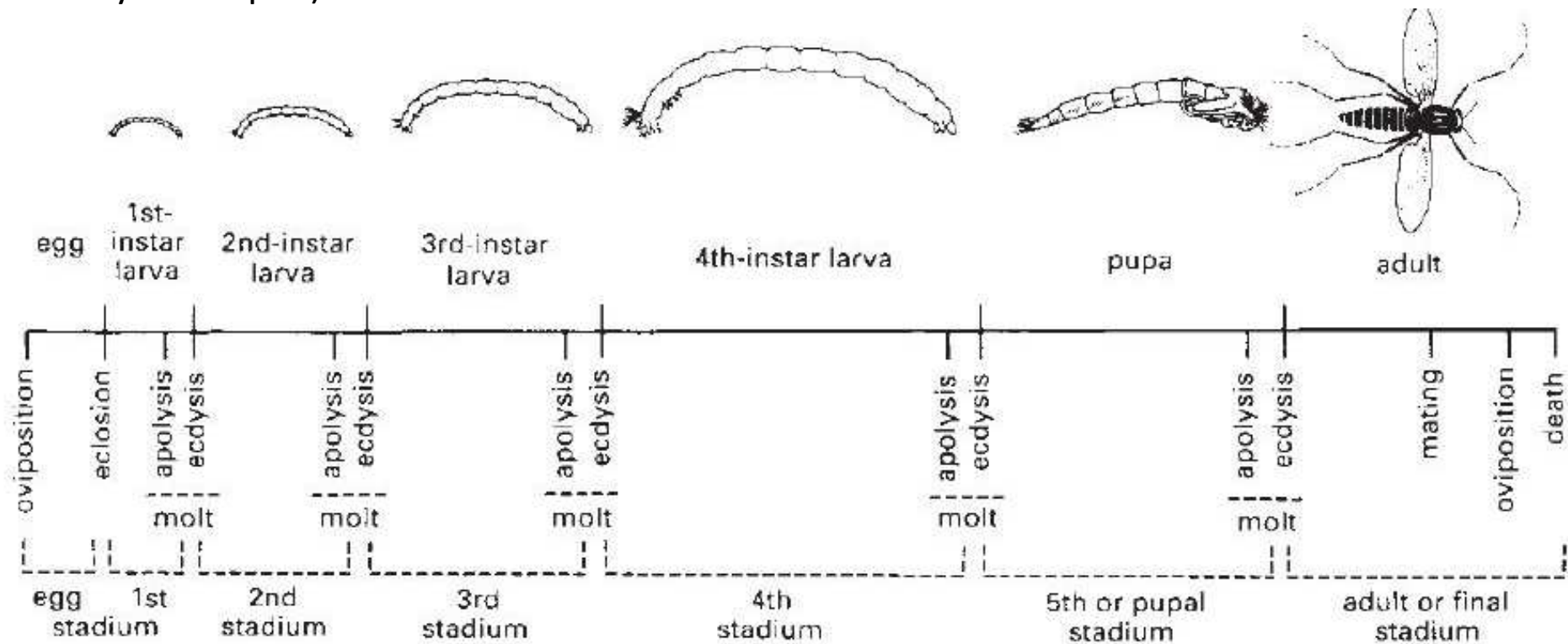
Saga pedo



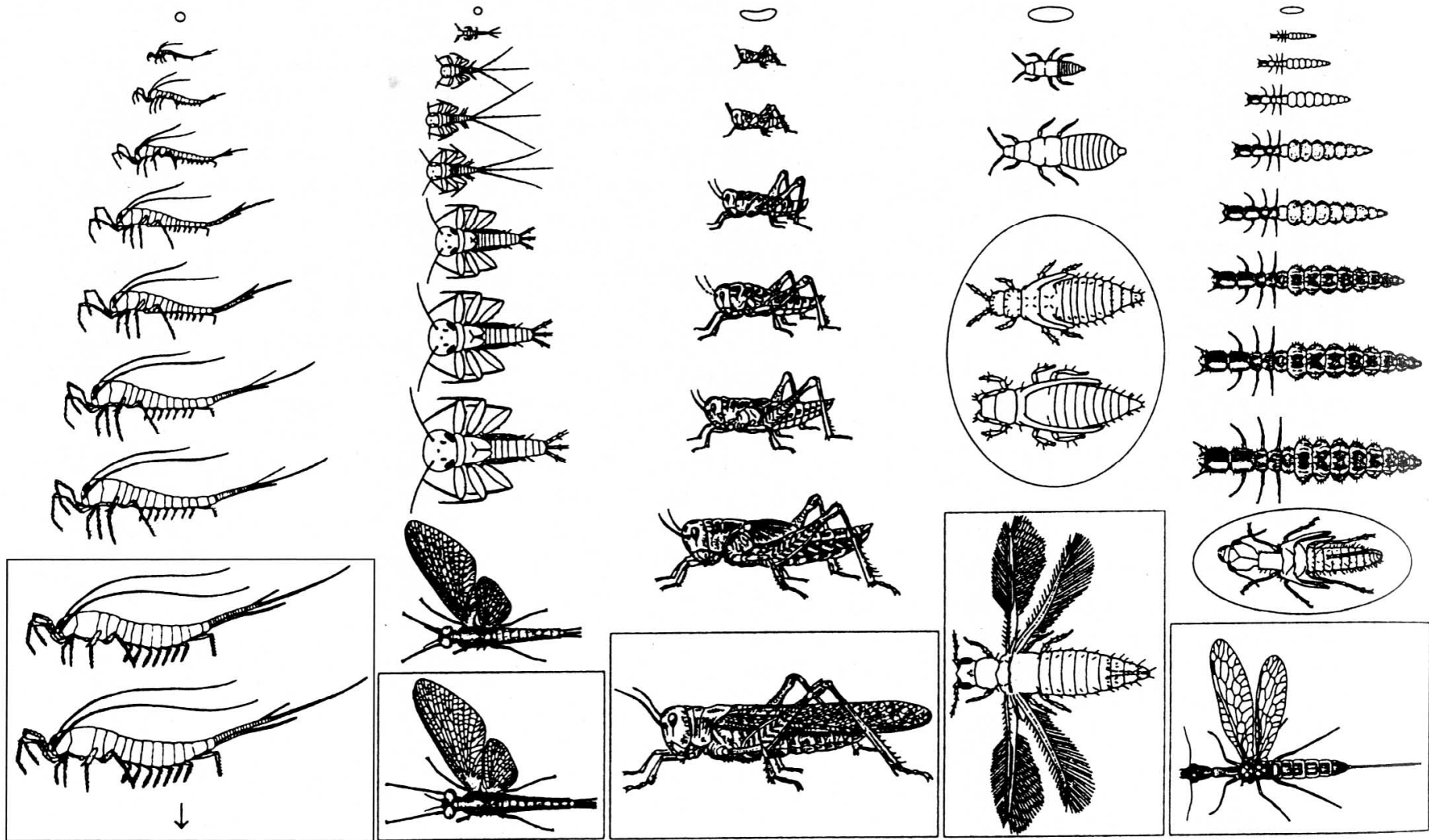
Biorhiza pallida

Postembryonální vývoj

- líhnutí z vajíčka (*hatching, eclosion*)
- sled vývojových stádií (instarů) oddělených svlékáním kutikuly
- počet instarů různý (např. jepice až 40, Hemiptera, Holometabola 5 a méně), někdy variabilní i v rámci druhu (např. Lepidoptera: *Tinea*, Caelifera)
- mezi apolýzí a ekdyzí tzv. pharální stádium (extrém: puparium Diptera: Cyclorrhapha)



Typy metamorfózy



AMETABOLY
(Archaeognatha)

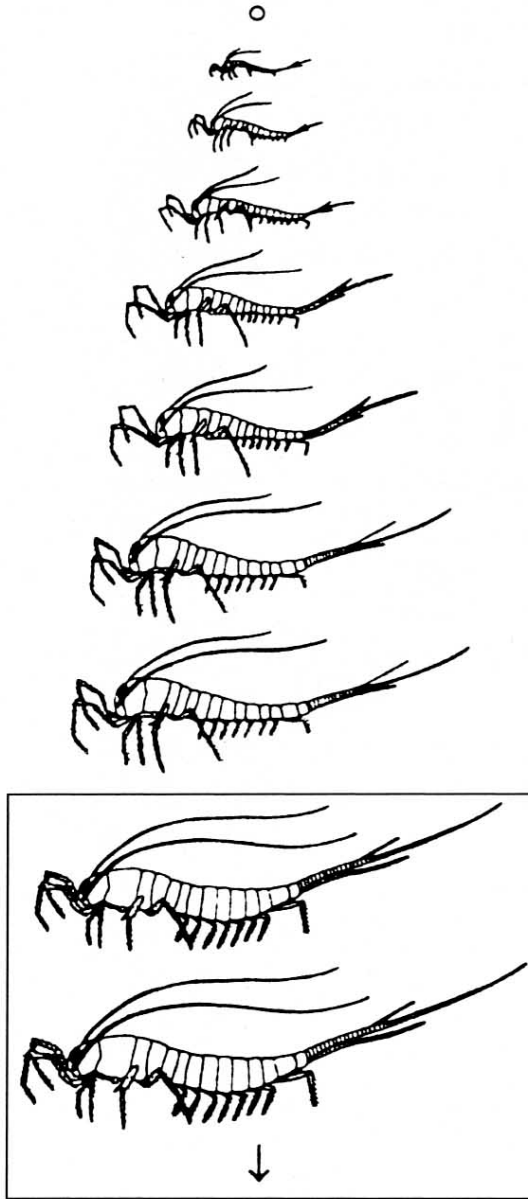
PROMETABOLY
(Ephemeroptera)

HEMIMETABOLY
(Orthoptera)

NEOMETABOLY
(Thysanoptera part)

HOLOMETABOLY
(Raphidioptera)

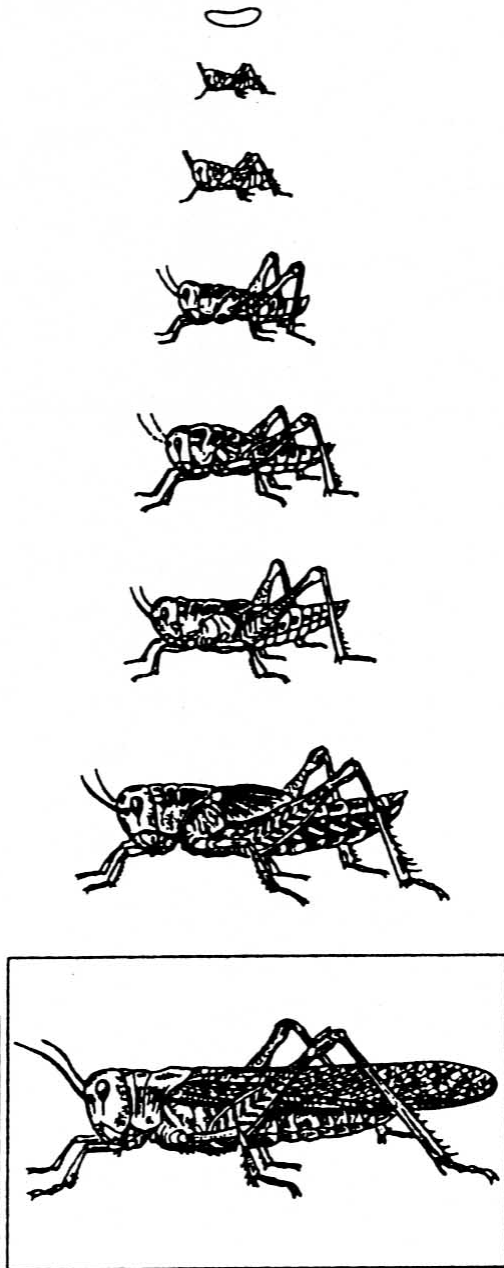
Ametabolie



AMETABOLY
(Archaeognatha)

- Entognatha, Archaeognatha, Zygentoma: celkem ca. 8000 druhů
- dospělci apterní
- Larvy i imága - podobný tvar těla, ústní ústrojí, potrava, mikrohabitat a částečně i chování a složené oči (Archaeognatha, Zygentoma, některá Collembola)
- proměna je malá nebo žádná
- svlékání pokračuje i v dospělosti (dospělé instary kopulují)

Hemimetabolie s.l.



HEMIMETABOLY

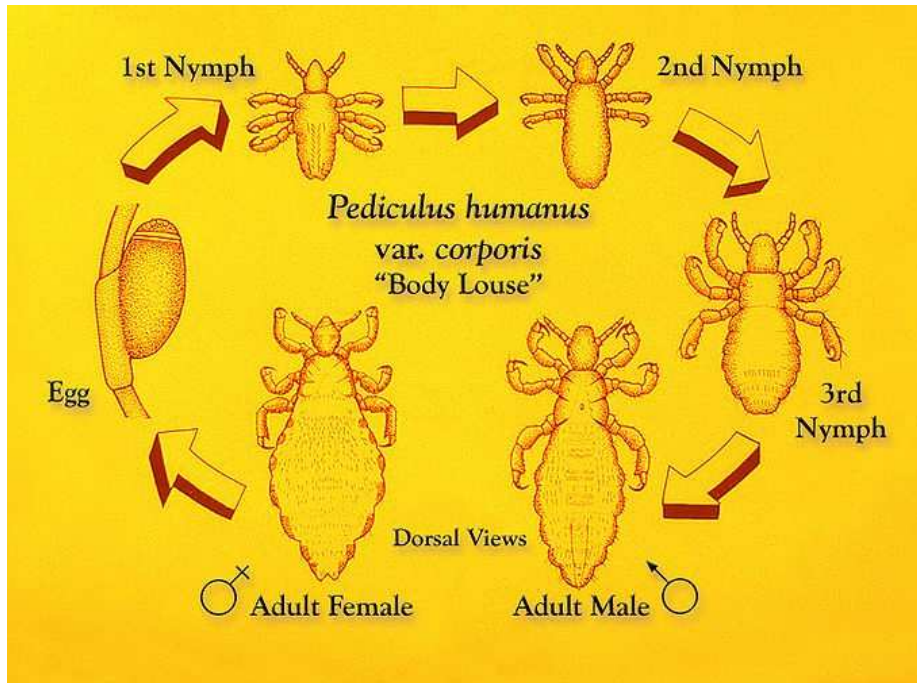
(Orthoptera)

(

- proměna je malá („nedokonalá“)
- Pterygota (kromě Endopterygota): celkem ca. 110 000 druhů
- dvě vývojové formy: larva (=nymfa) a dospělec
- Larvy a imága - podobný tvar těla, ústní ústrojí, potravu, mikrohabitat, chování, složené oči, někdy i ocelli
- u larev/nymf se postupně vyvíjejí křídelní pochvy, dospělci jsou obvykle makropterní, a pohlavní orgány
- dospělci se nesvlékají
- typicky (**paurometabolie**) u většiny řádů Polyneoptera, pisivek a většiny Hemiptera

Heming 2003

Varianty hemimetabolie: Pseudometabolie

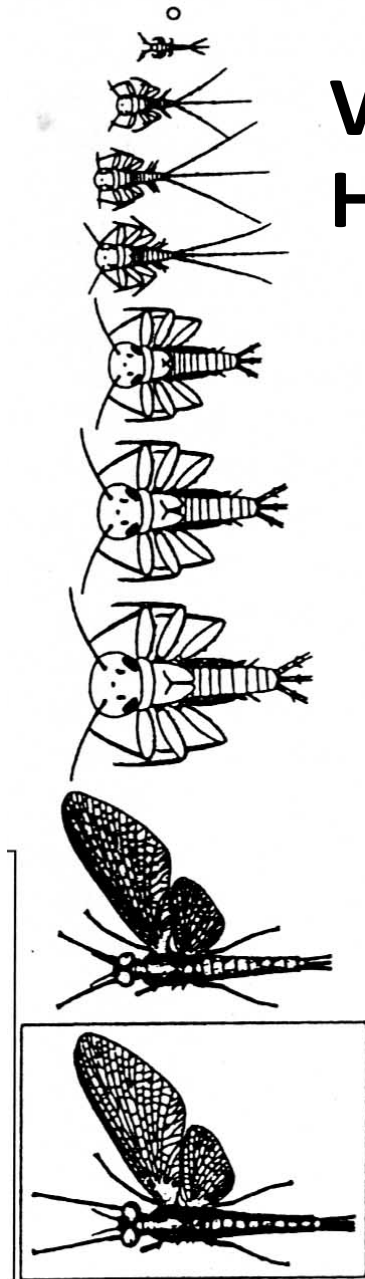


- některé skupiny, které sekundárně ztratily křídla (adaptace k ektoparazitickému způsobu života)
- část Psocodea (luptouši, péřovky, vši apod.), Hemiptera: Cimicidae
- vývoj je konvergentní k ametabolii, má ale méně instarů a dospělci se nesvlékají

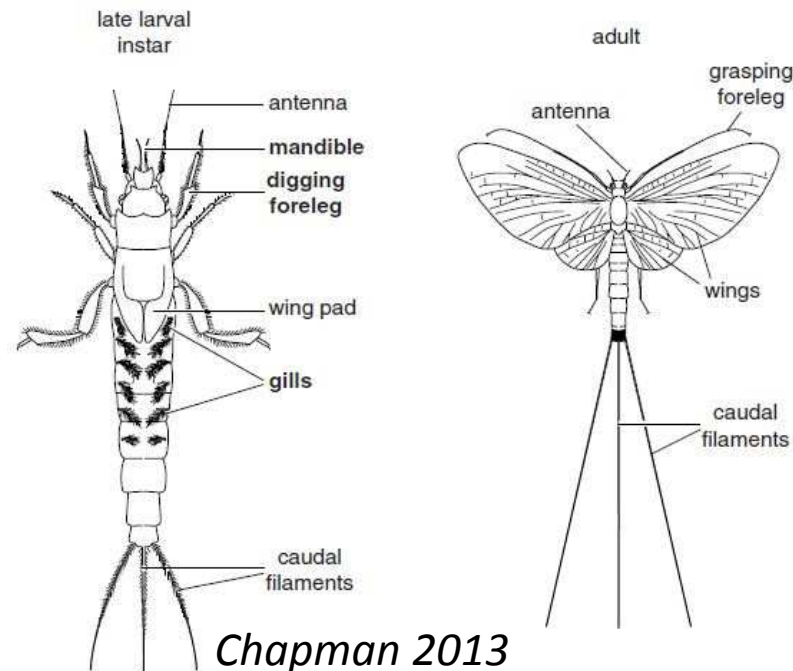
Varianty hemimetabolie:

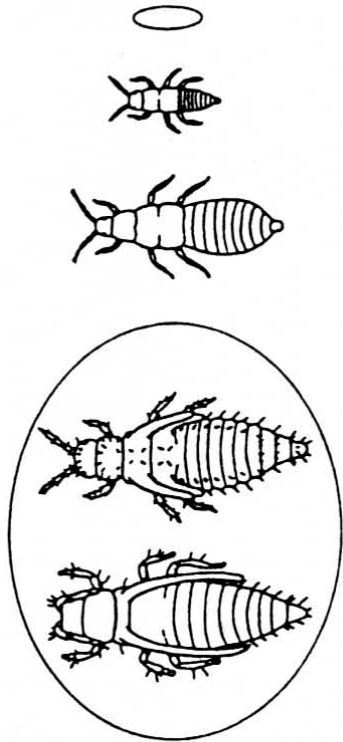
Hemimetabolie s. str./Prometabolie

- skupiny s vodními larvami (např. žábry, ústní ústrojí, hrabavé nohy apod.) – proměna je výraznější než u suchozemských skupin
- Odonata, Plecoptera (hemimetabolie s.str.)
- Ephemeroptera mají navíc juvenilní stádium s funkčními křídly – **subimago** (prometabolie)



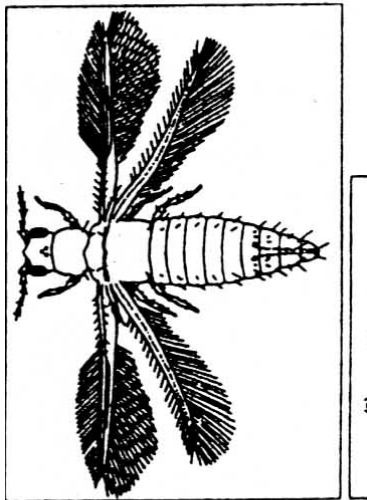
PROMETABOLY
(Ephemeroptera)



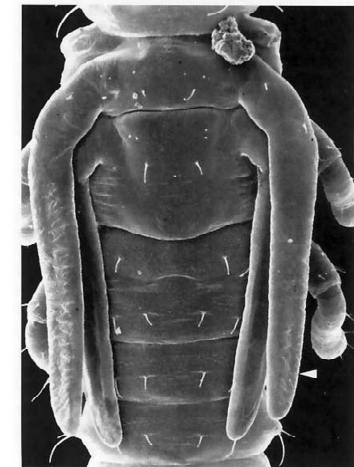
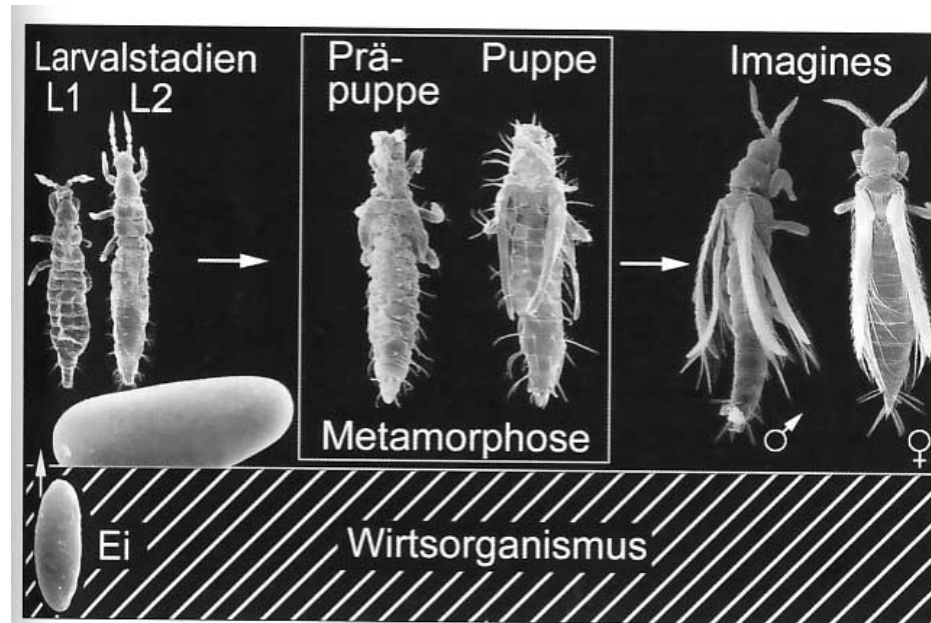


Varianty hemimetabolie: Neometabolie

- vznikla 3-krát nezávisle na sobě v rámci Paraneoptera konvergentní evolucí k přisedlému/kryptickému způsobu příjmu potravy nymf
- remetabolie (třásněnky, Thysanoptera): 2–3 klidová stádia bez funkčního ústního ústrojí, ale s křídelnými pochvami – praepupa a pupa

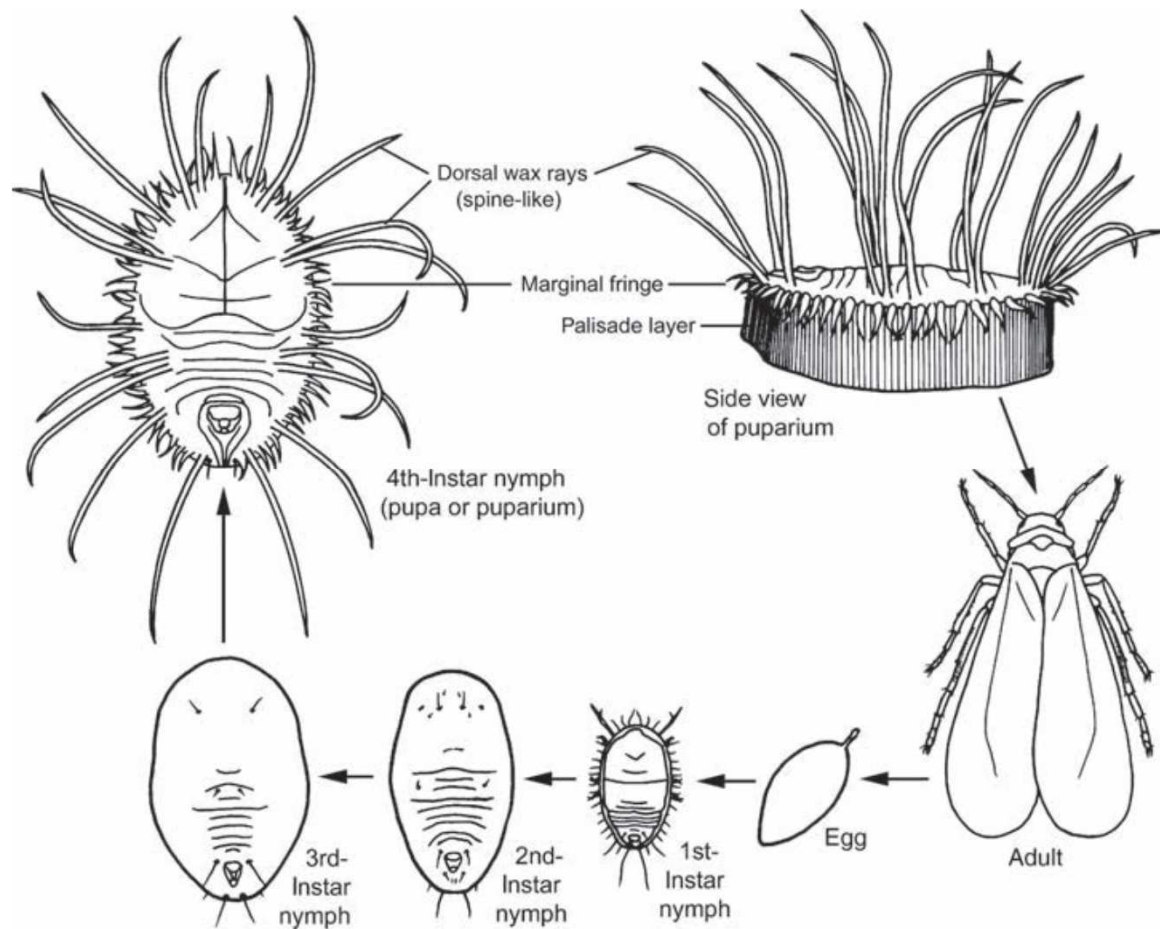


NEOMETABOLY
Thysanoptera part)



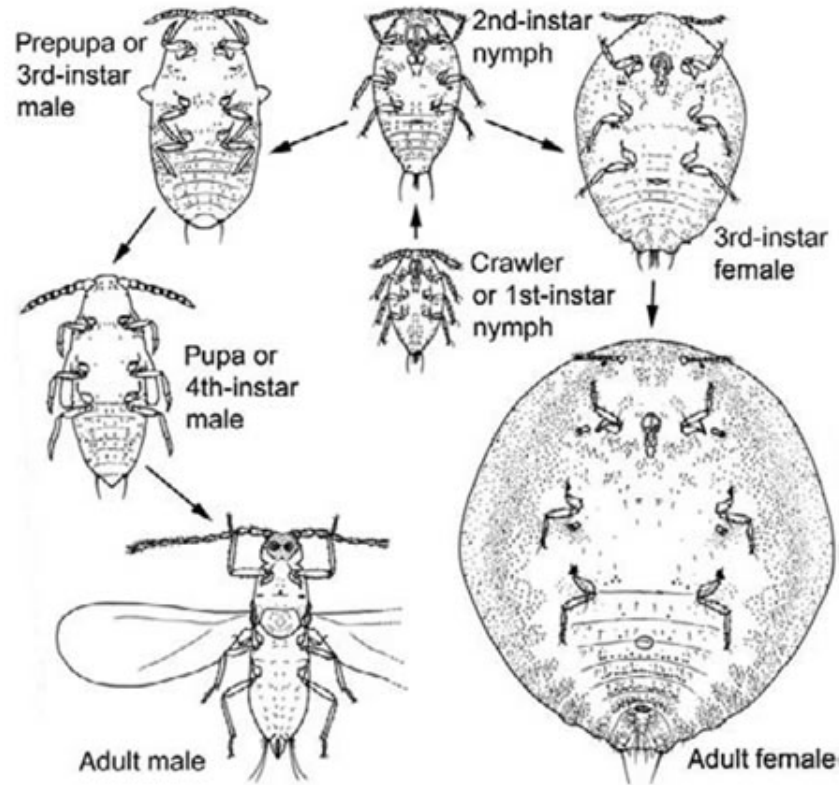
Varianty hemimetabolie: Neometabolie

- allometabolie (molice, Hemiptera: Aleyrodoidea): jen 1. nymfální instar je pohyblivý („crawler“), zbylé přisedlé a bez základů křídel (puparium)

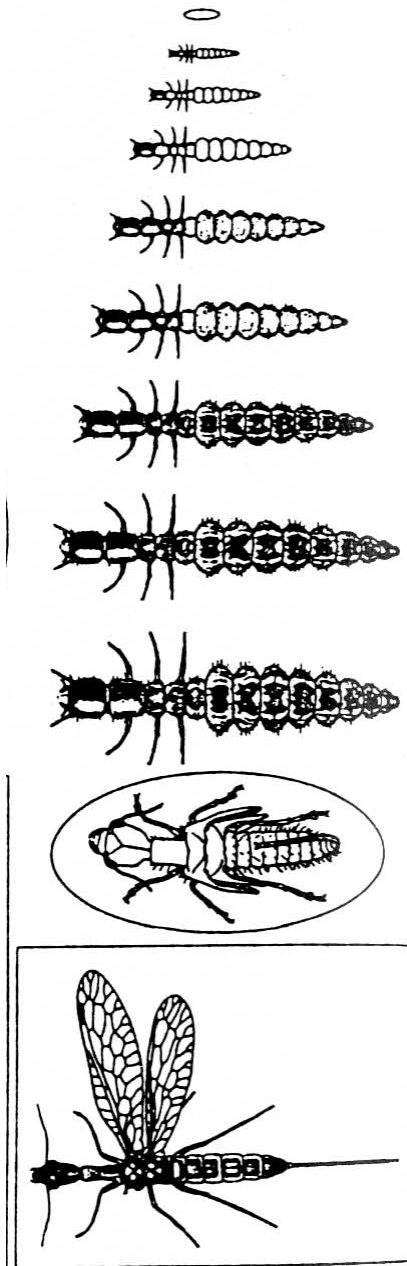


Varianty hemimetabolie: Neometabolie

- parametabolie (Hemiptera: Coccoidea): u samců je 3. a 4. instar klidový bez funkčního ústního ústrojí (praepupa, pupa)



Holometabolie



- Endopterygota: celkem ca. 800 000 druhů
- tři vývojové formy: larva, kukla a dospělec
- larvy a imága mají odlišnou stavbu těla, ústní ústrojí, potravu, mikrohabitat, chování, larvám chybí složené oči (místo nich stemmata, která degenerují během metamorfózy) a většinou i ocelli
- přechodné stádium kukly – přeměna/nahrazení larválních struktur strukturami dospělého (z imaginálních disků – kutikula, z myoblastů – svaly, z neuroblastů – CNS a smyslové orgány)
- křídla se vyvíjejí nejprve uvnitř těla jako křídelní disky, na povrchu se objevují až u kukly

HOLOMETABOLY

) (Raphidioptera)

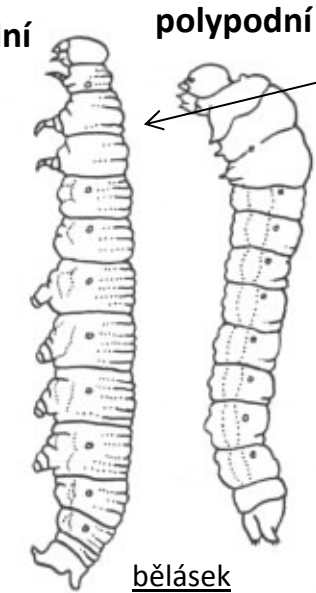
Heming 2003

Larvy hmyzu

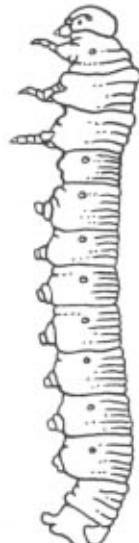
Oligomerní larvy - protopodní



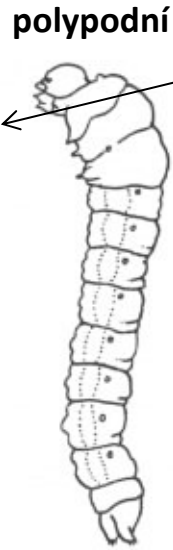
lumci



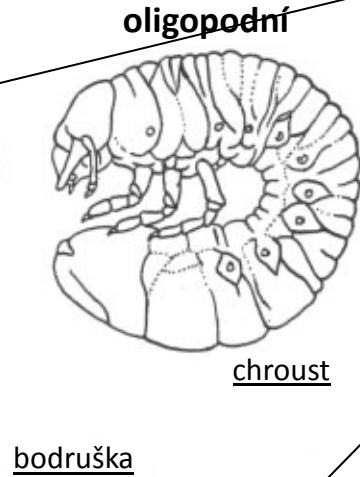
bělásek



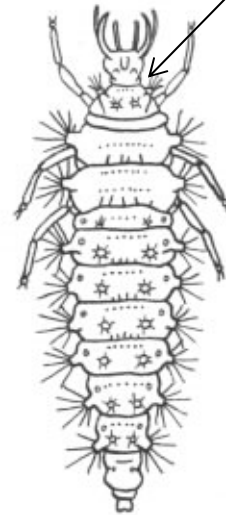
pílatka



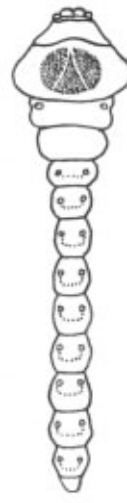
pilořitka



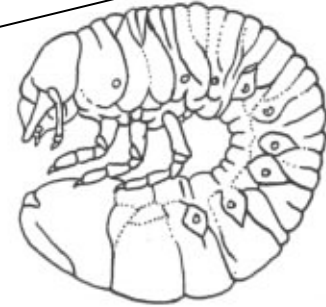
bodruška



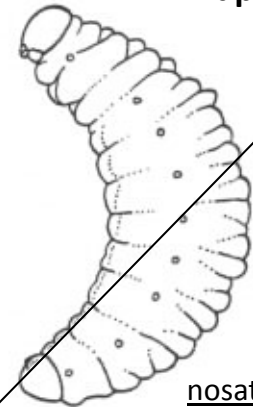
zlatoočka



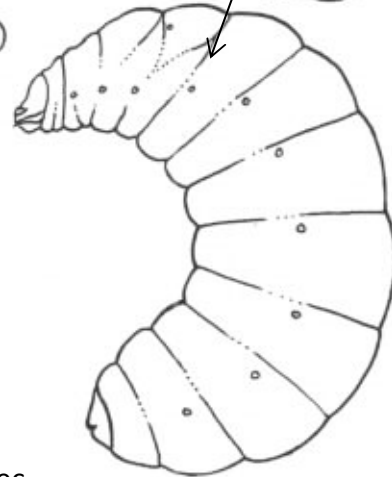
krasec



chroust



nosatec



včela

Eumerní larvy

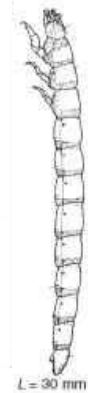
polypodní

oligopodní

apodní

- Eruciformní
- Campodeiformní
- Scarabaeiformní
- Elateriformní
- Vermiformní

moucha domácí



L = 30 mm

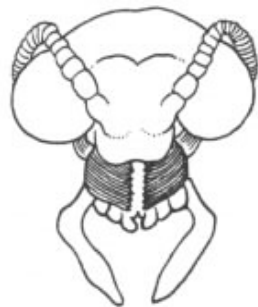
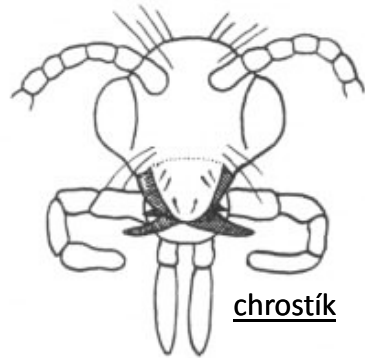


L = 11 mm

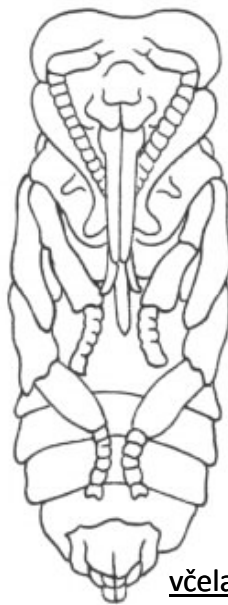
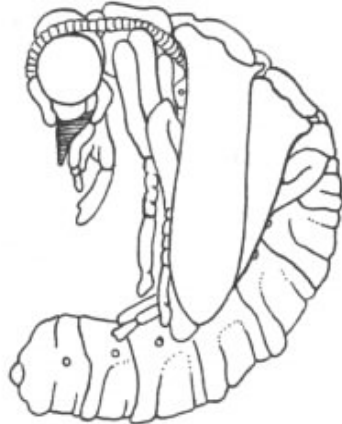
Kukly hmyzu

Pupa dectica – volné Md

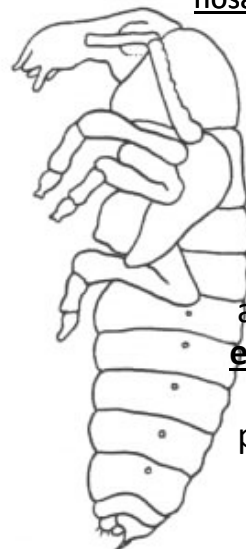
Pupa adectica – Md nepohyblivé



mravkolev



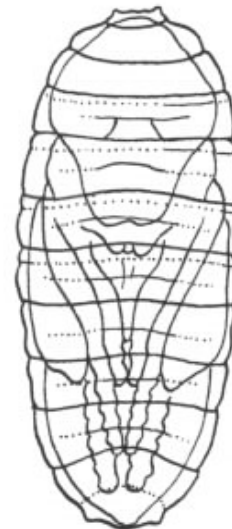
nosatec



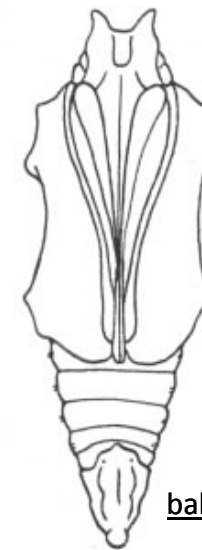
libera

Pupa adectica exarata – volné přívěsky

Pupa adectica exarata + puparium



bzučivka



babočka



roupec

Pupa adectica obtecta – tělní přívěsky nejsou volné



Raphidioptera



Diptera (Calliphoridae): puparium

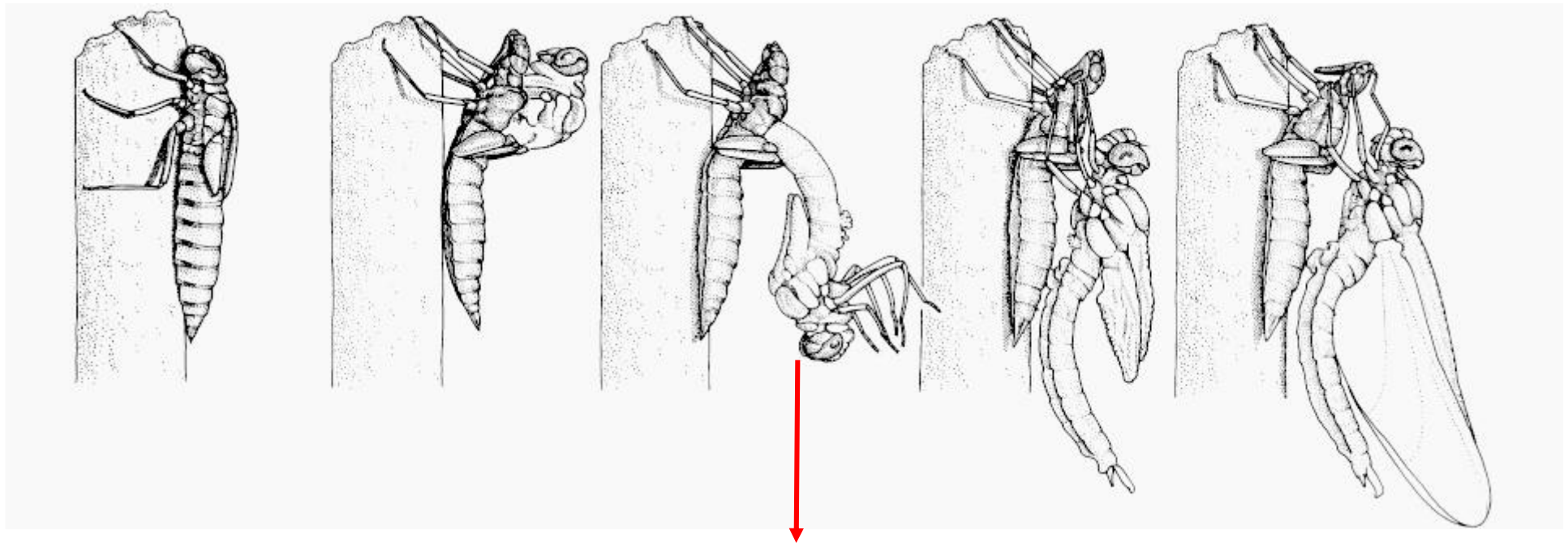


Coleoptera (Lucanidae)



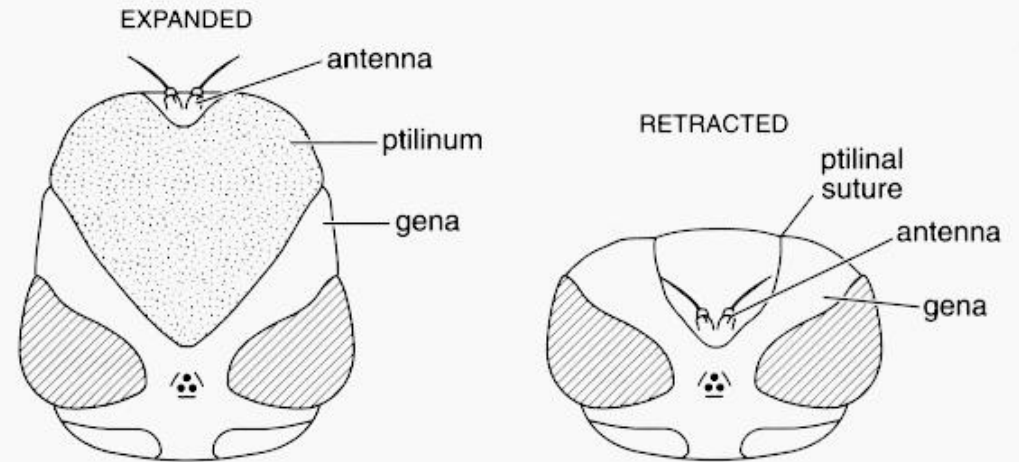
Lepidoptera (Noctuidae)

Líhnutí vážek rodu *Aeschna* (Odonata)



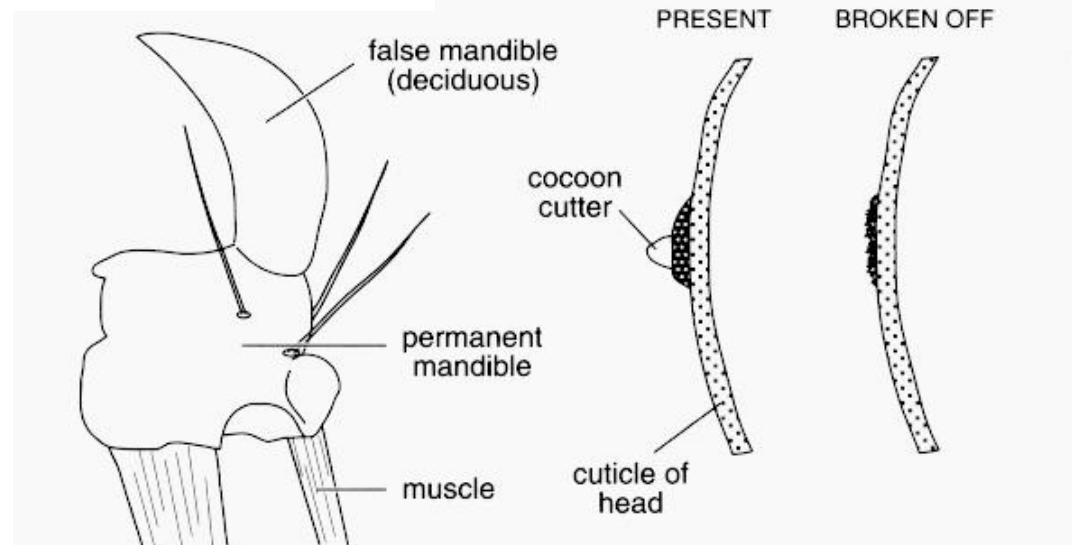
Líhnutí dospělců hmyzu

a) **ptilinum** na hlavě dvoukřídlých Cyclorrhapha (Diptera), po zatažení jen ptilinální šev



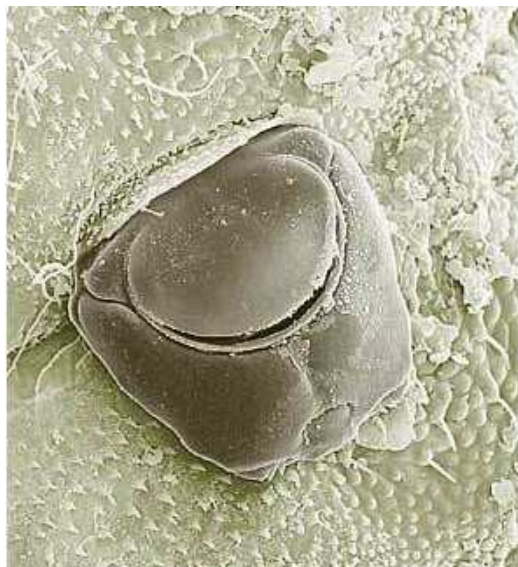
b) **nepravá mandibula** u brouků rodu *Polydrosus*

c) **frontální zub** u blech



Neotenie: např. morfologie dospělých samic Strepsiptera

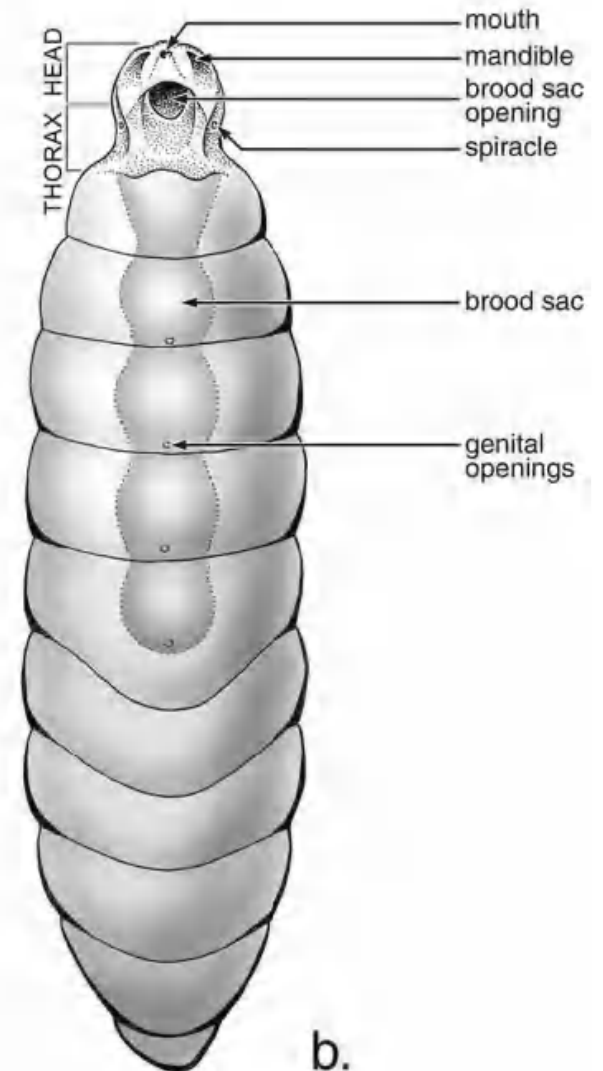
- neotenické, larviformní, celý život zůstávají v hostiteli
- z těla vyčnívá pouze hlavohrud' – *cephalothorax* (chybí tykadla i oči)



Halictophagus silwoodensis

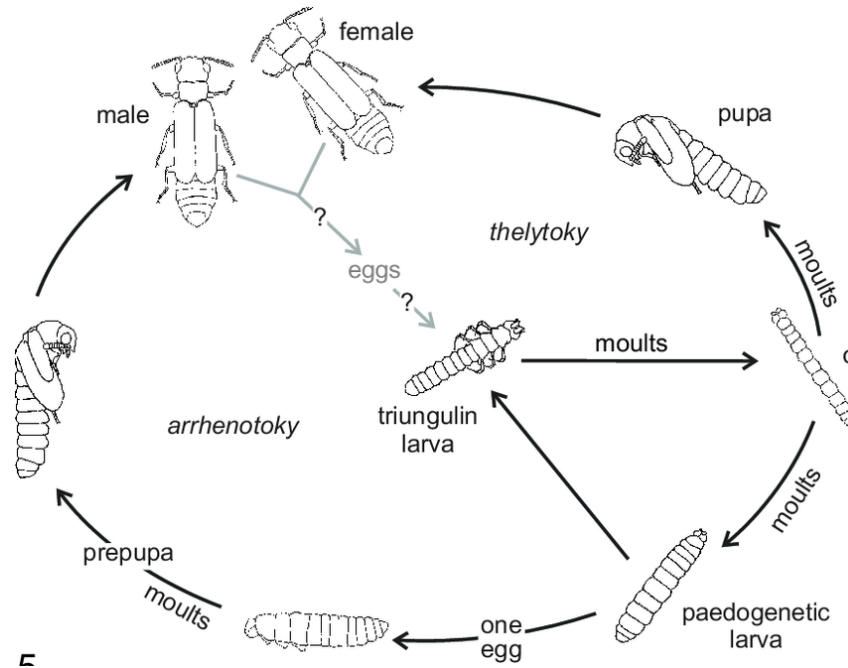


Stylops melittae



b.

Pedogeneze – nedospělé stádia schopné rozmnožování – larvy kladou vajíčka, příp. “rodí” další larvy



Heteromorfóza – larvální vývoj má několik odlišných forem

(endoparazity, Strepsiptera) – campodeif. larva aktivně vyhledává a vniká do hostitele, kde se mění na apodní I. a pokračuje endoparazitním způsobem života

