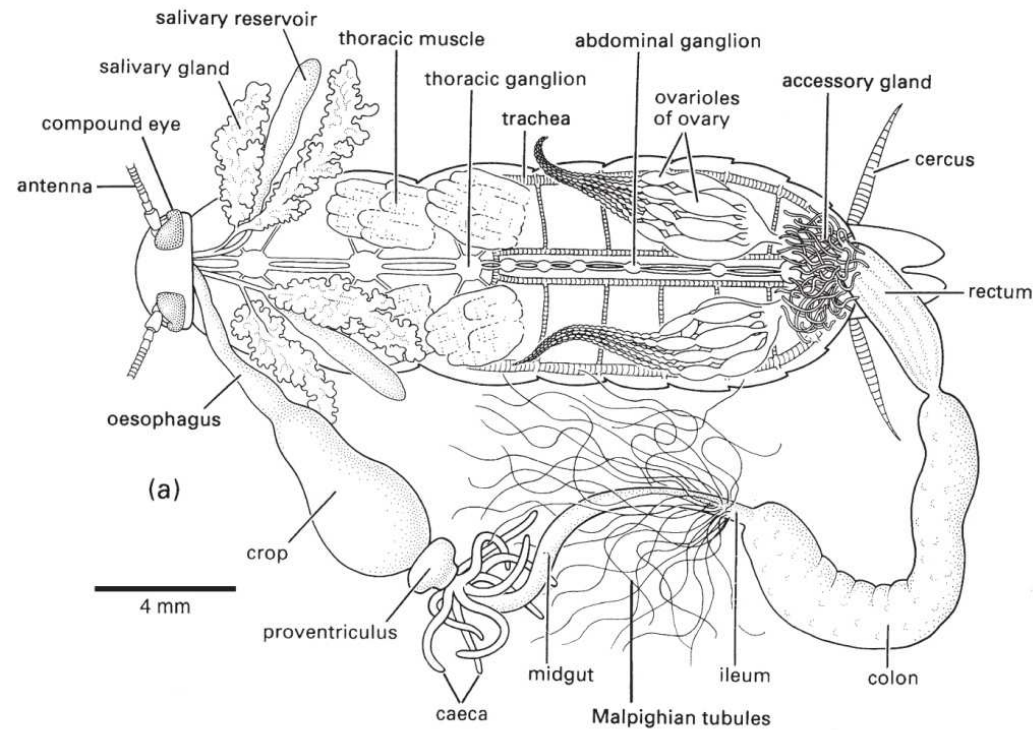


Bi6760 Základy entomologie

1. Úvod



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

Související předměty

Bi8780 Systém a fylogeneze hmyzu (jaro sudých let)

Bi9790 Entomologie pro pokročilé (podzim lichých let)

Bi7980 Aplikovaná entomologie (podzim sudých let)

Bi7451 Biologie vodních bezobratlých (jaro, každoročně)

Bi0055 Terénní cvičení z entomologie (jaro, každoročně)

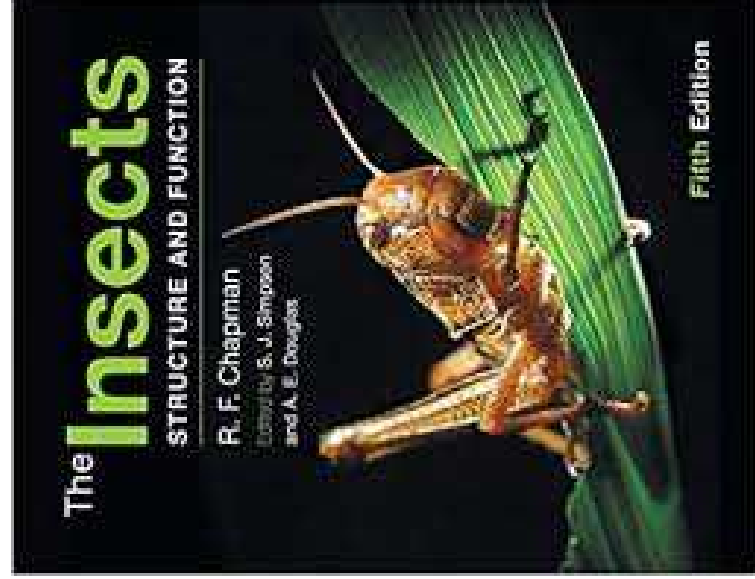
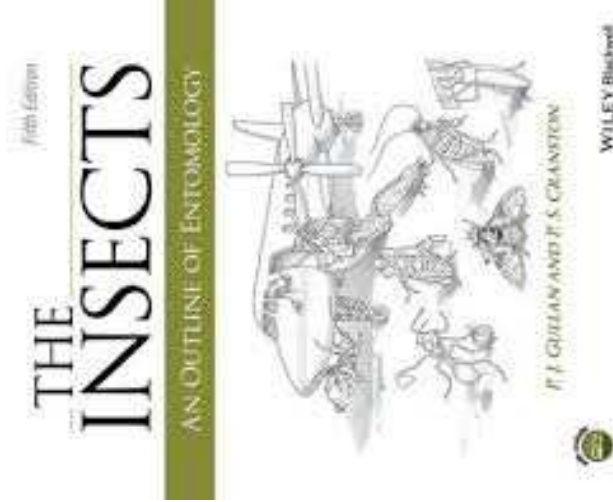
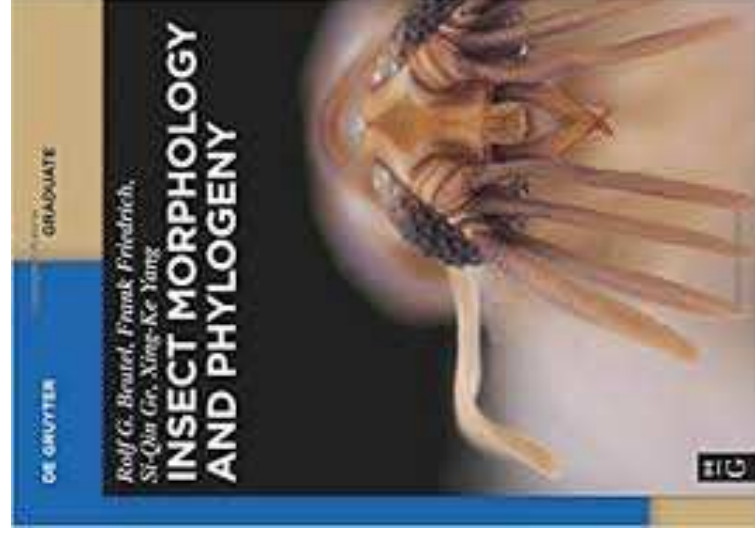
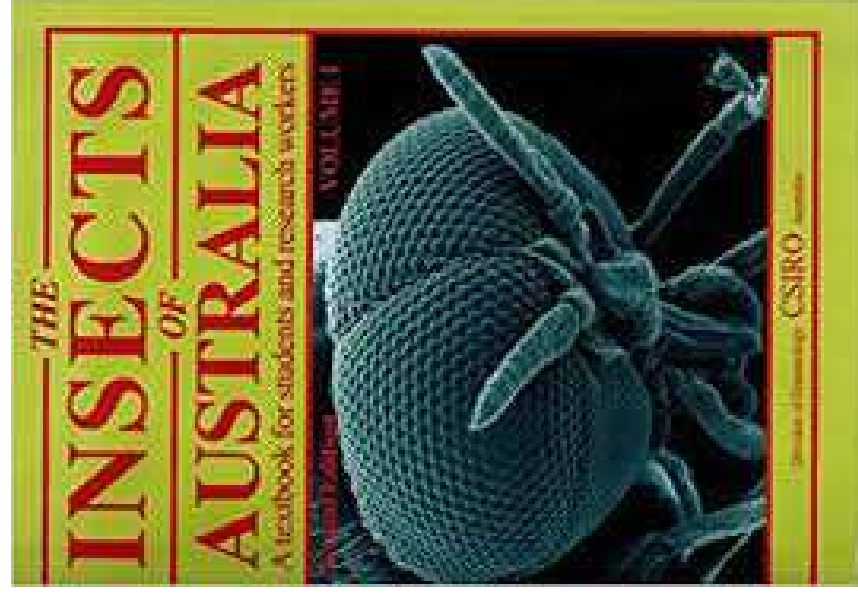
Bi8160 Speciální botanicko-zoologické cvičení v terénu (léto, každoročně)

Bi8761 Úvod do terénní zoologie bezobratlých (jednorázová přednáška, jaro, každoročně)

Bi7770 Metodologie molekulární taxonomie a fylogeneze hmyzu (podzim, každoročně, omezená kapacita <5)

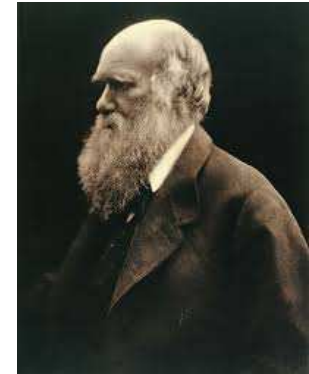
Doporučená studijní literatura

- GULLAN P. J. & CRANSTON P. S. 2014: *The Insects. An Outline of Entomology*. 5th edition. Wiley-Blackwell, Chichester, 595 pp.
- CHAPMAN R. F. 2013: *The Insects: Structure and Function*. 5th edition, edited by Simpson S. J. & Douglas A. E. Cambridge University Press, Cambridge, 929 pp.
- BEUTEL R. G., FRIEDRICH F., GE S.-G. & YANG X.-K. 2014: *Insect Morphology and Phylogeny*. De Gruyter, Berlin/Boston, 516 pp.
- LAWRENCE J.F., NIELSEN E.S. & MACKERRAS I.M., 1992: 1st chapter: Skeletal Anatomy and Key to Orders. In: NAUMANN I.D., *The Insects of Australia. A textbook for students and research workers*. Vol. 1. Melbourne Univ. Press., pp. 3-23.
- CHAPMAN R. F., 1992: 2nd chapter: General Anatomy and Function. In: NAUMANN I.D. (Ed.), *The Insects of Australia. A textbook for students and research workers*. Vol. 1. Melbourne Univ. Press., pp. 33-67.
- MCGAVIN G.C., 2001: *Essential Entomology*. University Press, Oxford, 318 pp.
- MEYER J. R. 2013: *General Entomology Course*. North Carolina State University <https://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/course/modules/index.html>



Začátky entomologie

– 18. st. – s rozvojem základních optických nástrojů, věnovali se jí převážně „amatéři“ (Charles Darwin - brouci)



Hmyz v kultuře a komerci

Skarabeus – vrchol slávy hmyzu bez ekonomického či jiného významu

Cikáda – v Číně symbol znovuzrození a nesmrtelnosti

Kudlanka – stvoření, trpělivost v zenu – čekání na San

Cvrčci, koníci, roháči, cikády atd. – mazlíčci v JPN

Chov hmyzu – obrovská komerce např. v Malajsii

Entomofágie – cca 1000 druhů jedlých po celém světě

- larvy motýlů, termitů, nosatců
- potrava pro domácí zvířata (ryby, drůbež, prasata, norci)
- kulturní bariéry

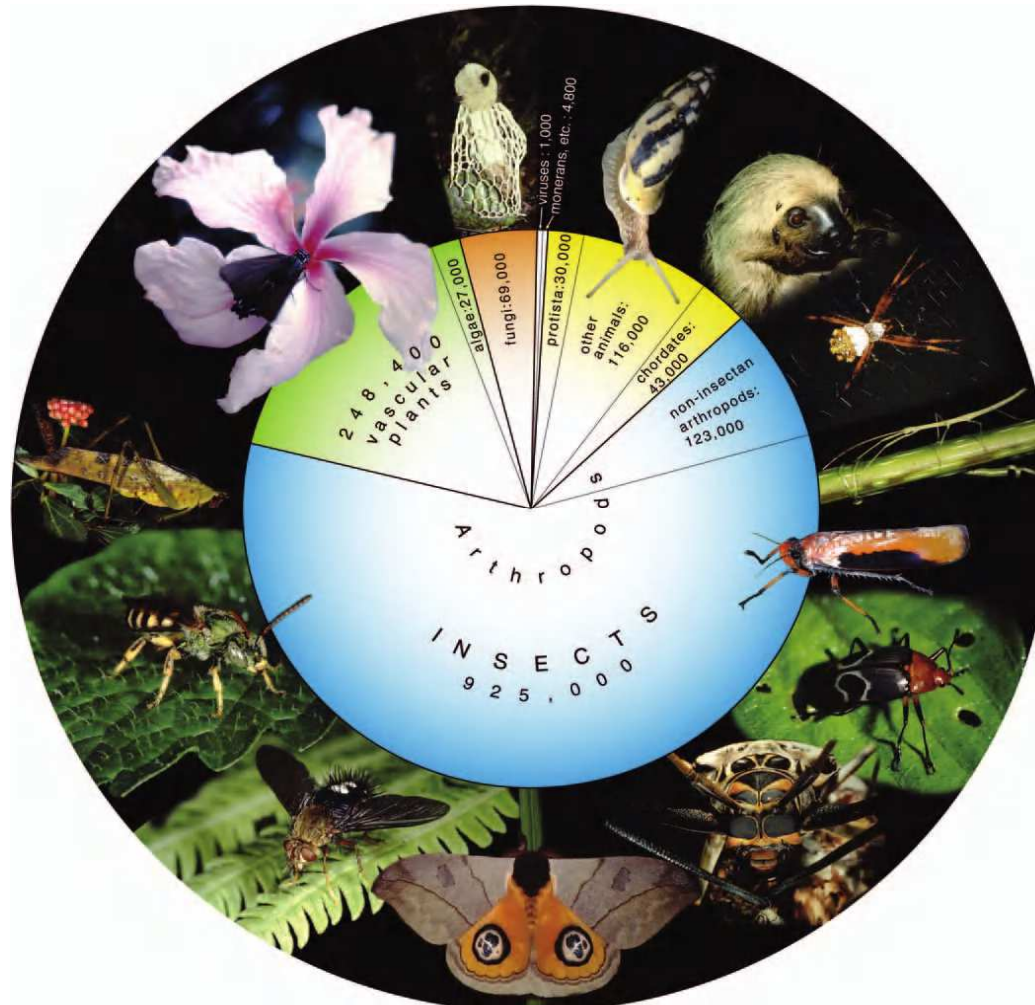


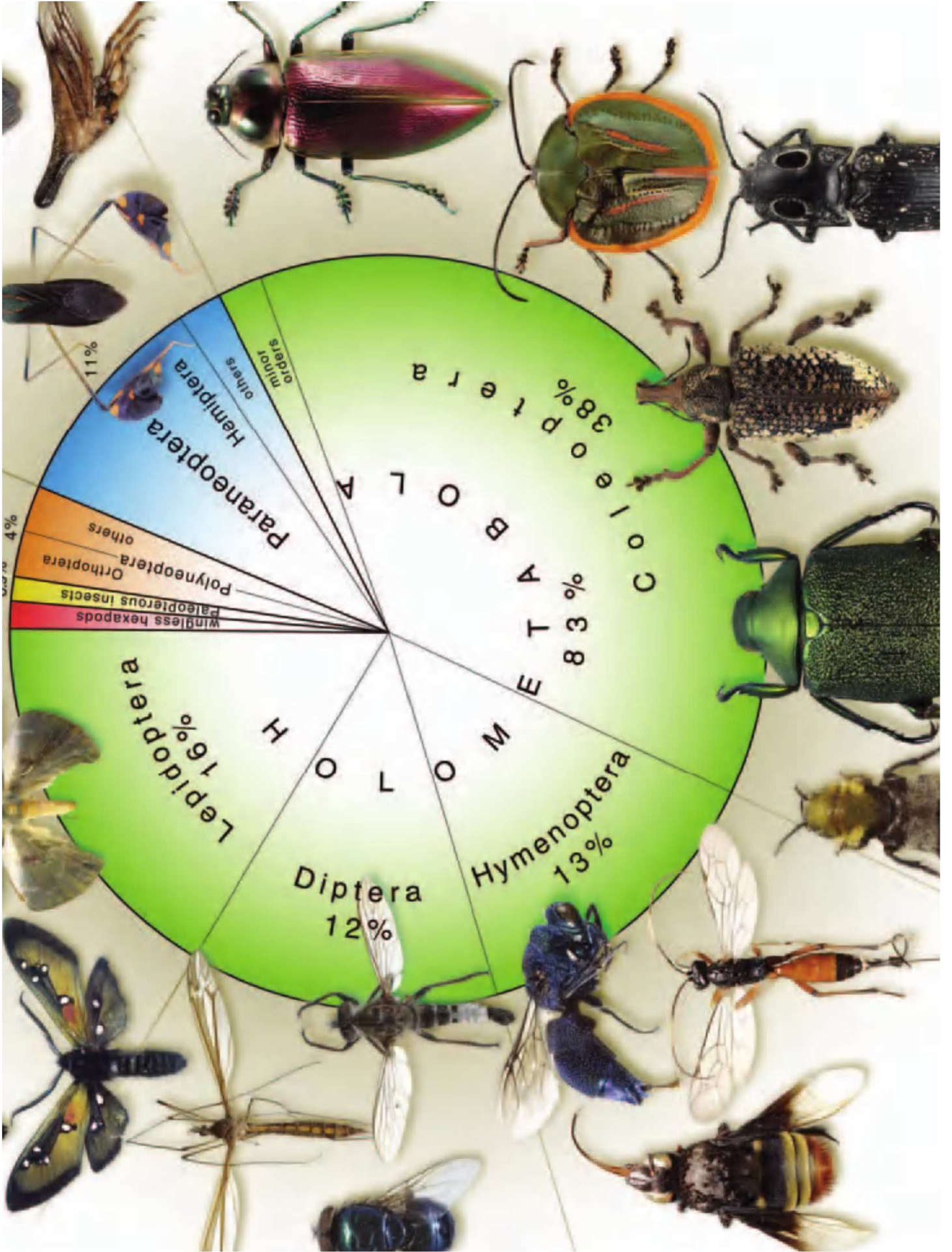
Význam hmyzu

- dominuje potravním sítím v suchozemských a sladkovodních biotopech (v každém okamžiku je na Zemi ca. 10^{19} jedinců hmyzu) – udržuje strukturu rostlinných společenstev, představuje potravu pro obratlovce, predátory, parazity a vektory chorob
- opyluje většinu kvetoucích rostlin (2/3 krytosemenných)
- recykluje živiny, rozkládá dřevo, mršiny a výkaly, obohacuje a kypří půdu, šíří houby (řada klíčových druhů: *keystone species*)
- zkonzumuje v průměru 15–20% veškeré úrody + škody na dřevěných stavbách
- přenáší patogenní mikroorganismy (1/6 lidí trpí nemocemi přenášenými hmyzem – malárie, žlutá zimnice, dengue, Chagasova nemoc, spavá nemoc, říční slepota, filarióza, leishmanióza,...)
- zdroj medu, hedvábí, barviv, chemických látek
- základní laboratorní modely: *Drosophila melanogaster*, *Periplaneta americana*, *Schistocerca gregaria*, *Phormia regina*, *Rhodnius prolixus*, *Tribolium* spp., *Manduca sexta*, *Galleria mellonella*...

Diverzita hmyzu

- popsáno něco málo přes 1 milion druhů (Adler & Footitt 2009: 1,004,898 spp.) = 58–67 % veškerých druhů na Zemi)





Proč je hmyz celosvětově rozšířený a druhově bohatý?

- malá velikost těla (limitace dýcháním vzdušnicemi a váhou kutikuly) – schopnost využít různé mikrohabitaty a potravní zdroje
- krátký generační čas a vysoká plodnost – genetická rozrůzněnost v rámci druhu, přizpůsobivost ke změnám na gen. úrovni
- dobře vyvinuté smyslové orgány a neuromotorický systém
- významná role pohlavního výběru a vnitrodruhové komunikace
- koevoluční vztahy s jinými organizmy, zejména rostlinami, jinými živočichy (u parazitů a parazitoidů), houbami a mikroorganismy
- druhová rozmanitost jednotlivých vývojových linií je ale značně odlišná: většina druhů patří jen do 5 řádů!

Rozměry hmyzu

Délka 0,21-330 mm, hranice velikosti dány mechanickými a funkčními vlastnostmi těla; kolísání velikosti uvnitř druhů - podmínky vývoje, potrava, mikroklimatické faktory



Pharnacia serratipes



Titanus giganteus



Goliathus giganteus



Dynastes hercules



Megasoma elephas



Belostoma grande



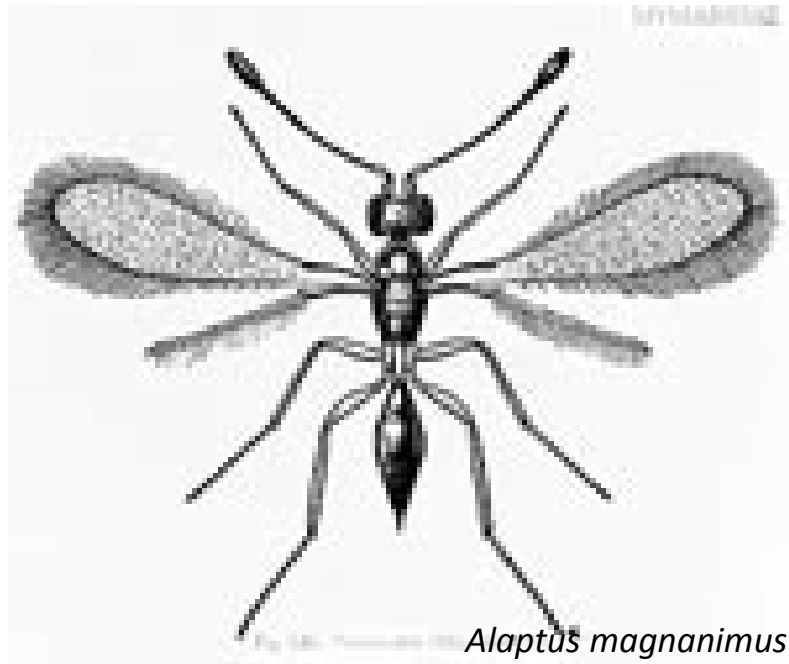
Acanthocorydalus kolbei



Erebus agrippina



Mydas heros



Alaptus magnanimus



Ptiliidae

Tvar těla hmyzu

Tyčinkovitý



Polokulovitý

Plochý



Laterálně zploštěný

Válcovitý



Mravencovitý

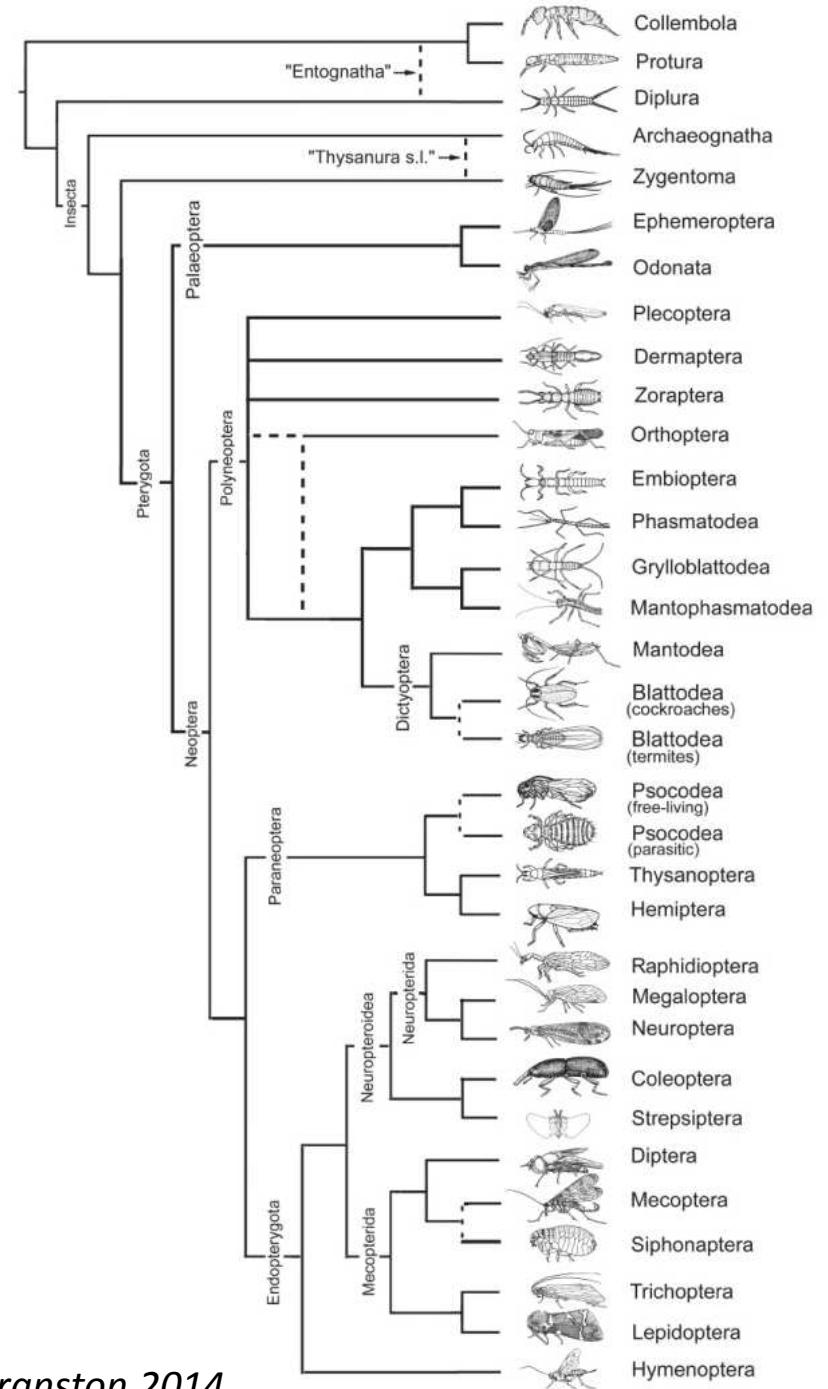
Jeskynné formy

Hypertelické útvary,
polymorfie



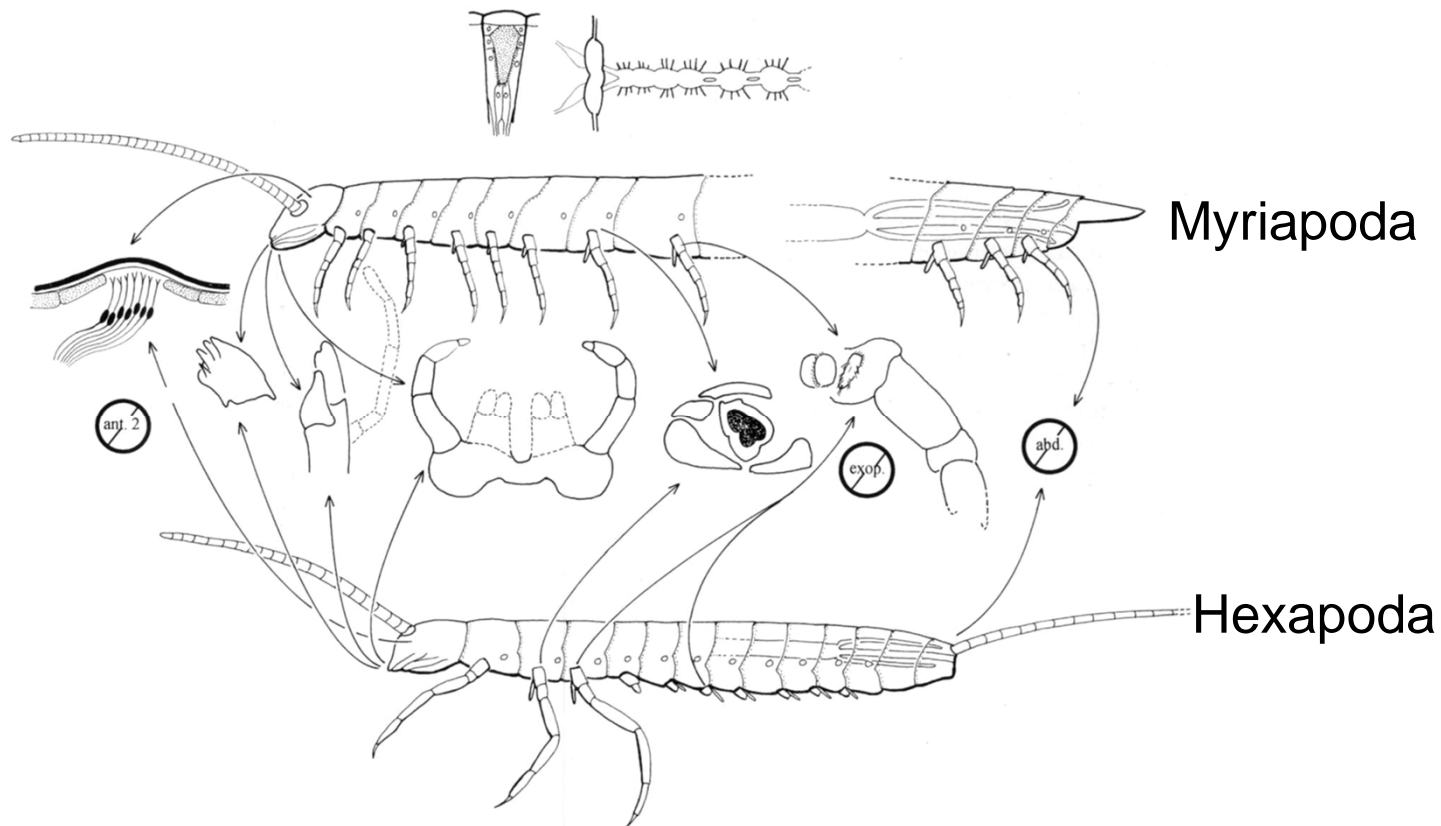
System a fylogeneze hmyzu (Hexapoda)

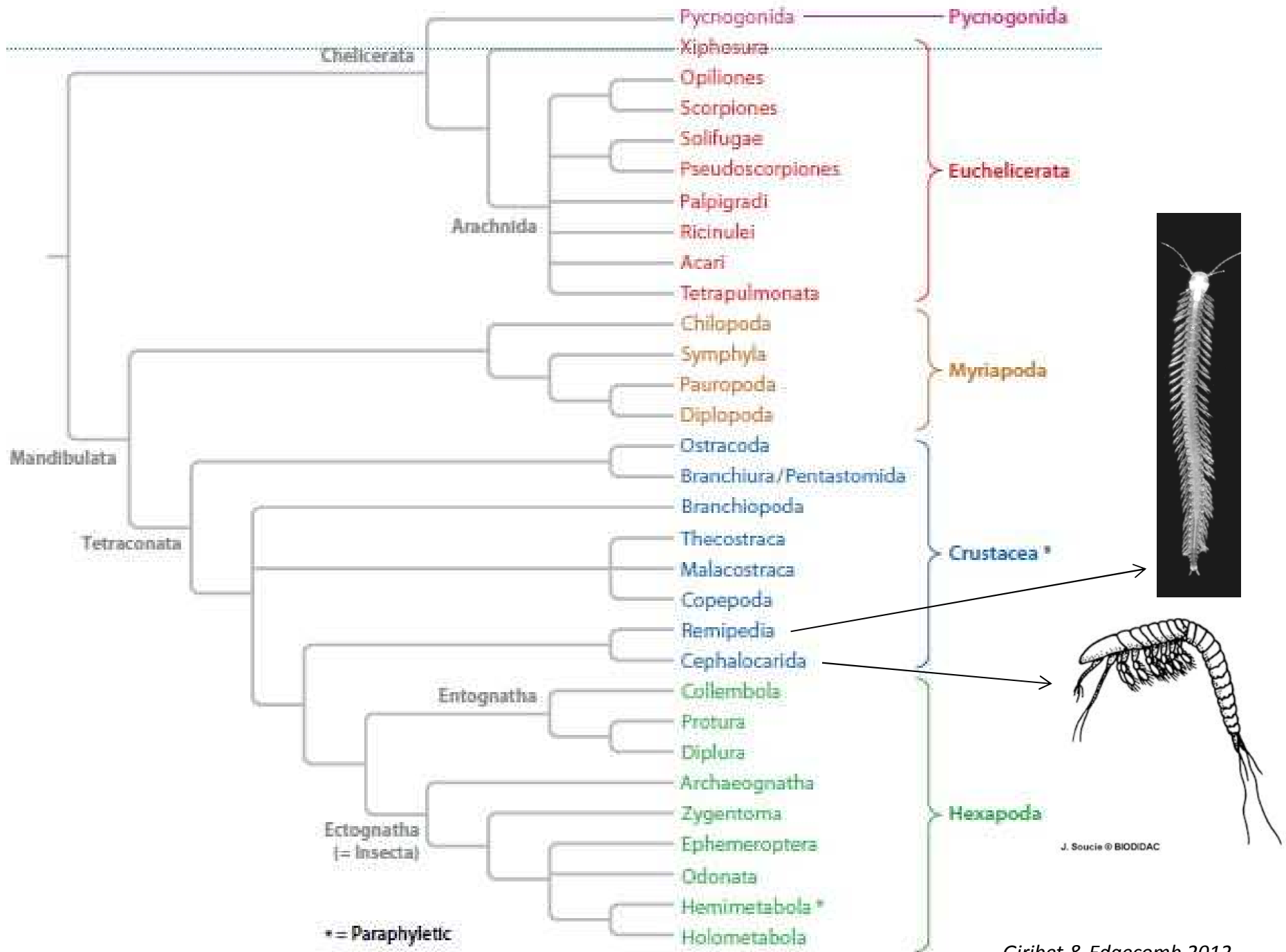
- současné pojetí recentních řádů:
- 3 řády Entognatha
- 28 řádů Ectognatha



Příbuzní hmyzu (šestinohých)

- hypotéza Atelocerata=Tracheata (vzdušnicovci): např. Snodgrass (1938)
- většina morfologických podobností se stonožkovci (Myriapoda) je dnes považována za konvergence

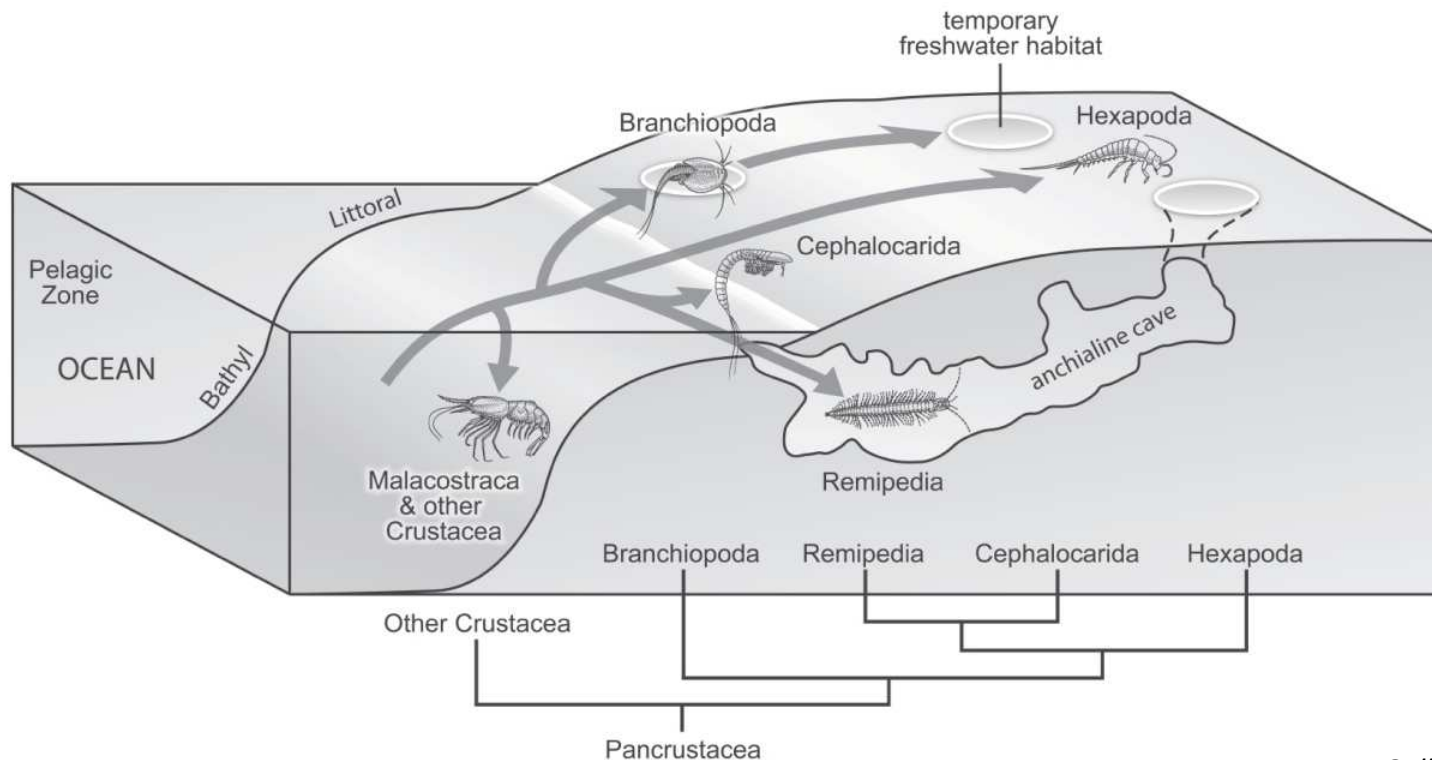




Giribet & Edgecomb 2012

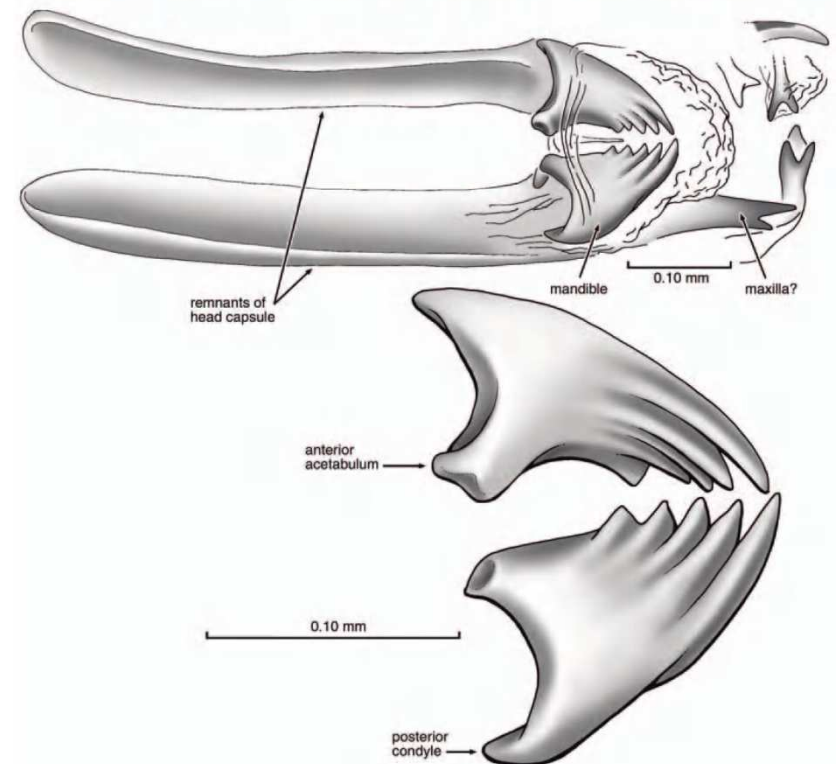
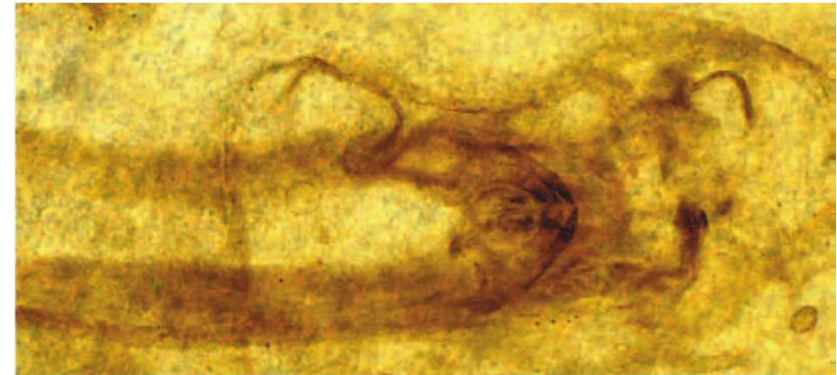
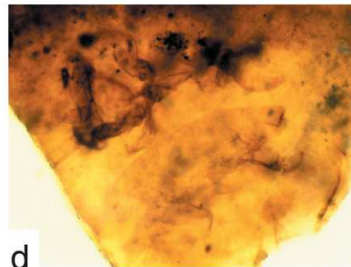
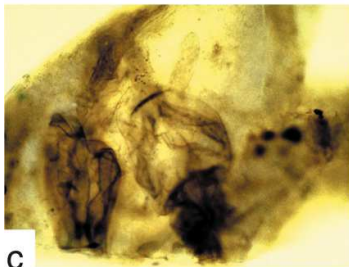
Příbuzní hmyzu (šestinohých)

- hypotéza Pancrustacea (=Tetraconata):
- hmyz pravděpodobně sdílí společného předka s některou skupinou korýšů, snad s Xenocarida (Cephalocarida+Remipedia) nebo Branchiopoda
- ommatidia složených očí tvořena 4 buňkami, podobnosti v embryonálním vývoji nervové soustavy a sekvencích a funkci Hox-genů

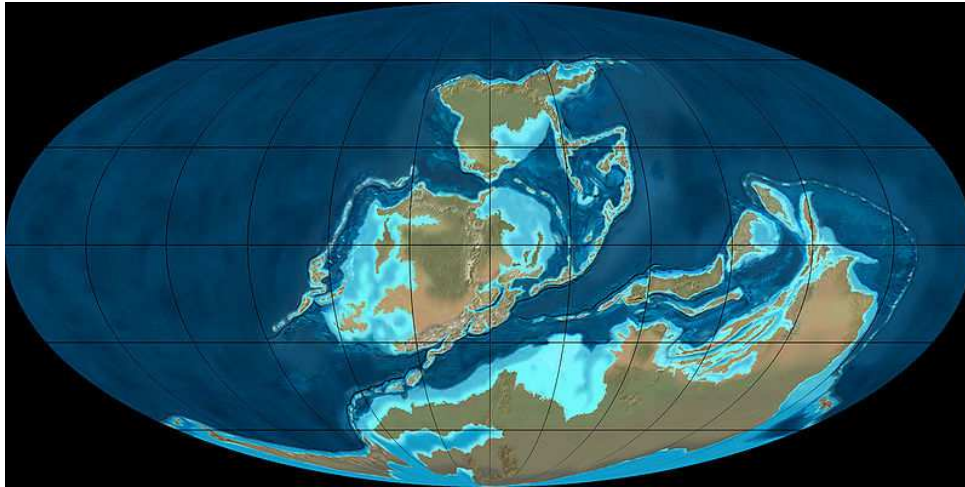


Nejstarší dochované fosílie hmyzu

- spodní devon – 400 milionů let, Skotsko
- *Rhyniognatha hirsti*: zachováno jen ústní ústrojí – náleželo již zástupci okřídleného hmyzu?
- *Rhyniella praecursor* – chvostoskok podobný dnešním



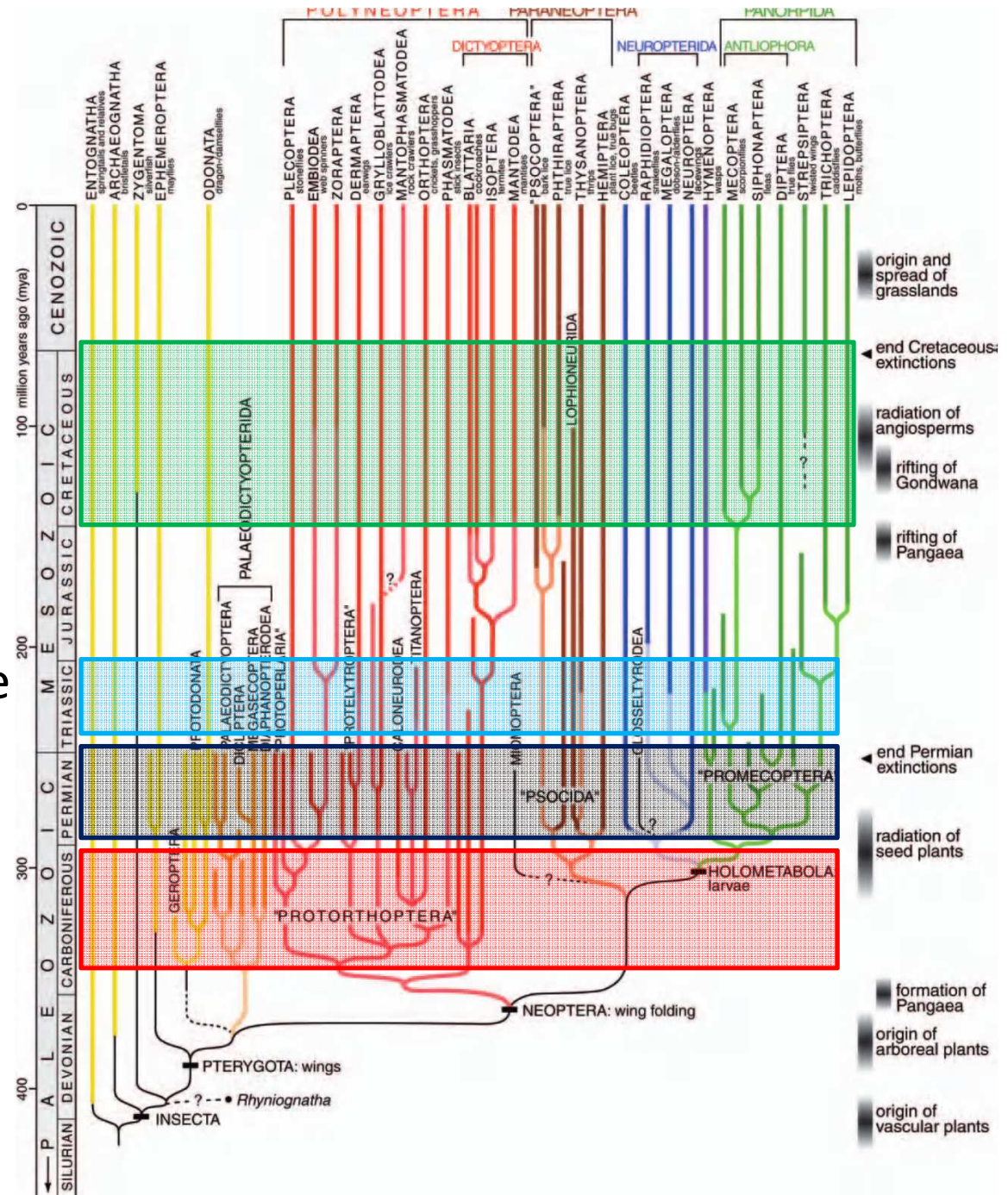
Devon (416 – 360 milionu let B.P.)



Rozvoj života na souši:

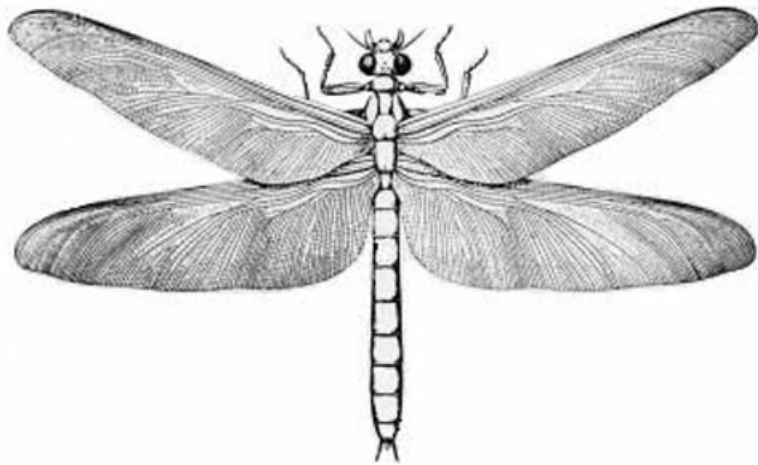
- lesy plavuní, přesliček a kapradin, první nahosemenné rostliny – stabilizace prostředí (vlhkost), vznik půd
- rozvoj suchozemských členovců, první obojživelníci

- mohutná radiace ve **svrchním karbonu**
- v **permu** již 30 řádů, některé na konci vymřely
- v **triasu** již zástupci některých dnešních čeledí
- **křída** – masivní radiace fytofágních skupin, objevují se některé dnešní rody
- **kvartér** – zcela současná fauna



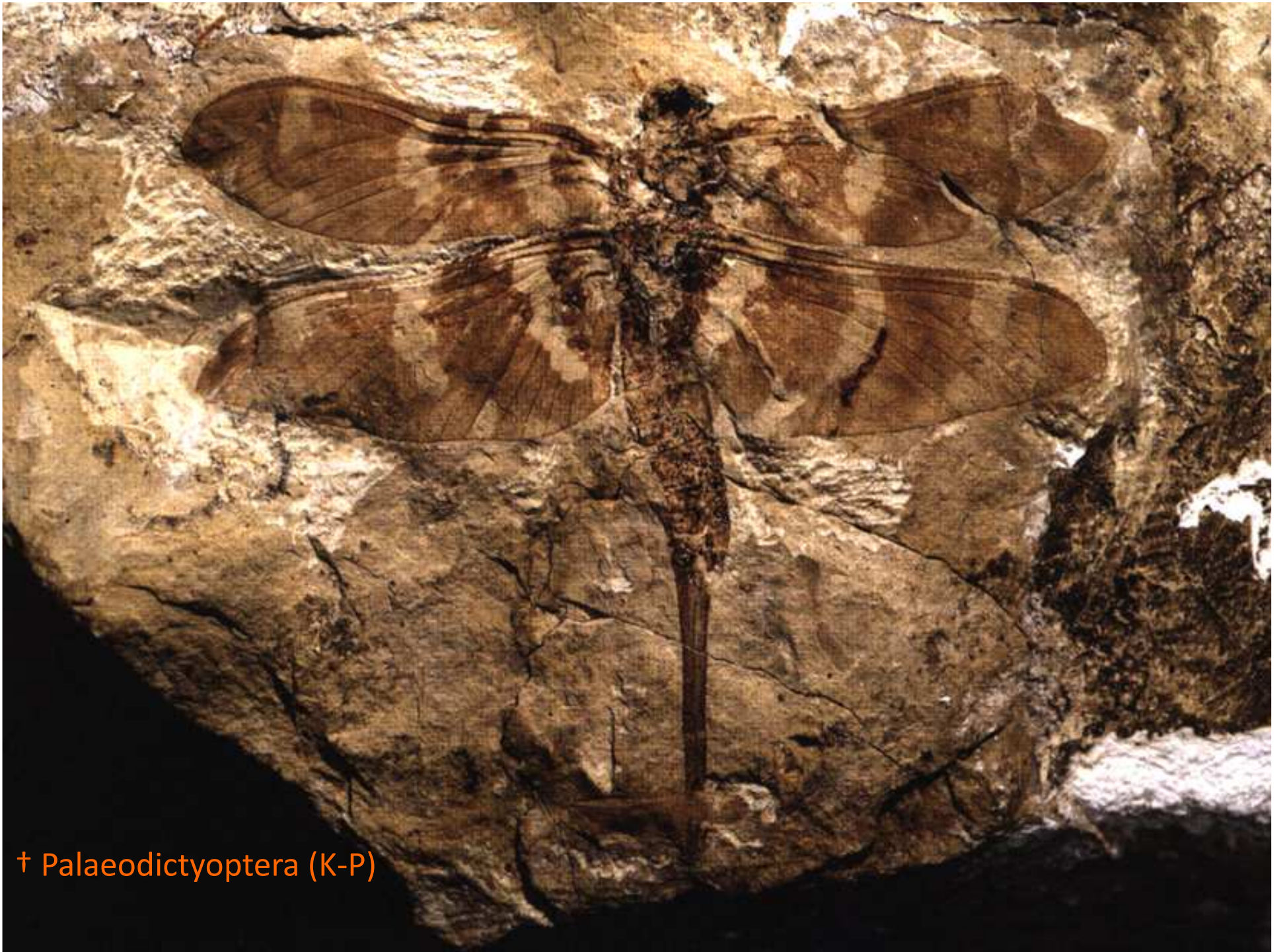
Řád PROTODONATA: „praváčky“

- největší hmyz všech dob: *Meganeuropsis permiana* (rozpětí 71 cm) – svrchní perm (Kansas, Oklahoma)
- příčina gigantismu: vysoký obsah kyslíku v atmosféře (velikost hmyzu je jinak limitována možnostmi pasivní difúze kyslíku do tracheálního systému)
- pravděpodobně vrcholoví predátoři lovcí ve vzduchu (velká kusadla, oči a otrněné nohy)
- nymfy neznámé
- vymřely na konci permu



Meganeuropsis permiana

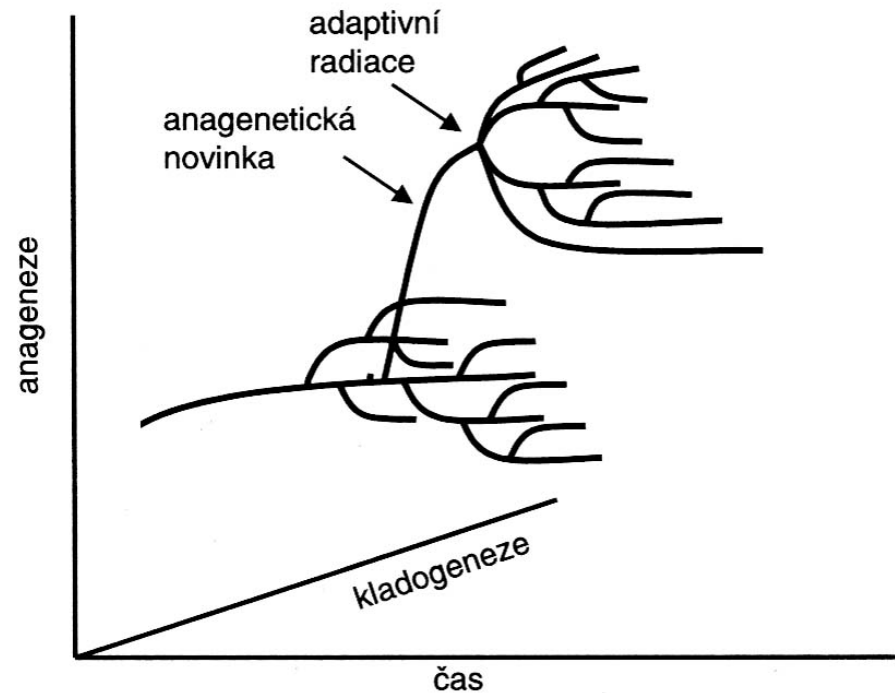




† Palaeodictyoptera (K-P)

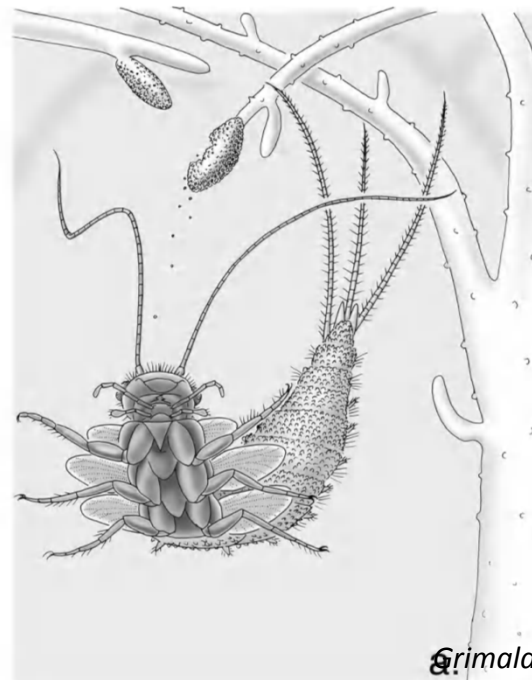
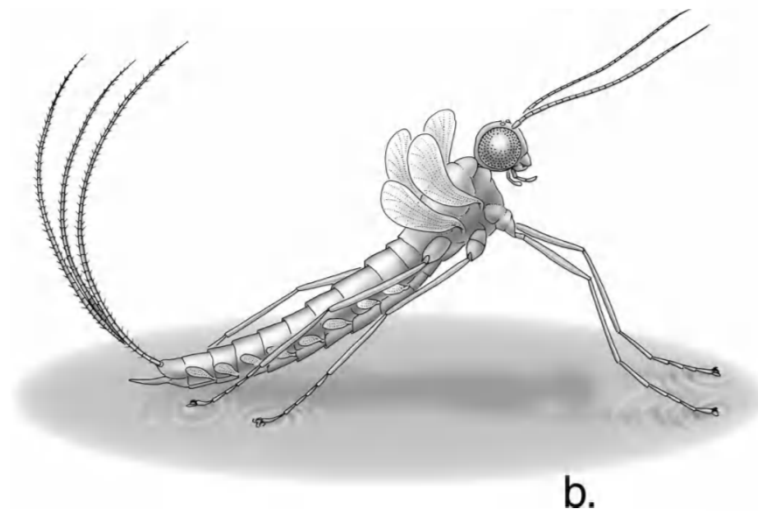
Adaptivní radiace

- rychlé rozštěpení na velké množství druhů, z nichž každý může dát vznik samostatným vývojovým liniím v důsledku:
 - vzniku klíčové evoluční inovace, která svým nositelům umožní obsadit novou adaptivní zónu (využívat dříve nepřístupný soubor nik nebo podstatně lépe využít dostupné zdroje)
 - proniknutí na území neobsazené jinými druhy (např. ostrovy)



Zásadní evoluční novinky

- vznik křídla (silur-devon?)



Grimaldi & Engel 2005

Zásadní evoluční novinky

- **proměna dokonalá**
(metamorfóza, spodní karbon?):
 - využití dalších mikrohabitatů (vnitřek rostlin, dřevo, půda, tekutiny)
 - snížení vnitrodruhové kompetice mezi larvami a dospělci
 - dokonalejší kontrola vývoje a přizpůsobení změně podmínek (např. přezimování)
 - zkrácení vývoje (lepší využití zdrojů a energie, menší náročnost růstu, např. syntézy kutikuly)



Orientace těla a jeho částí

Roviny

Sagitální (mediální) rovina

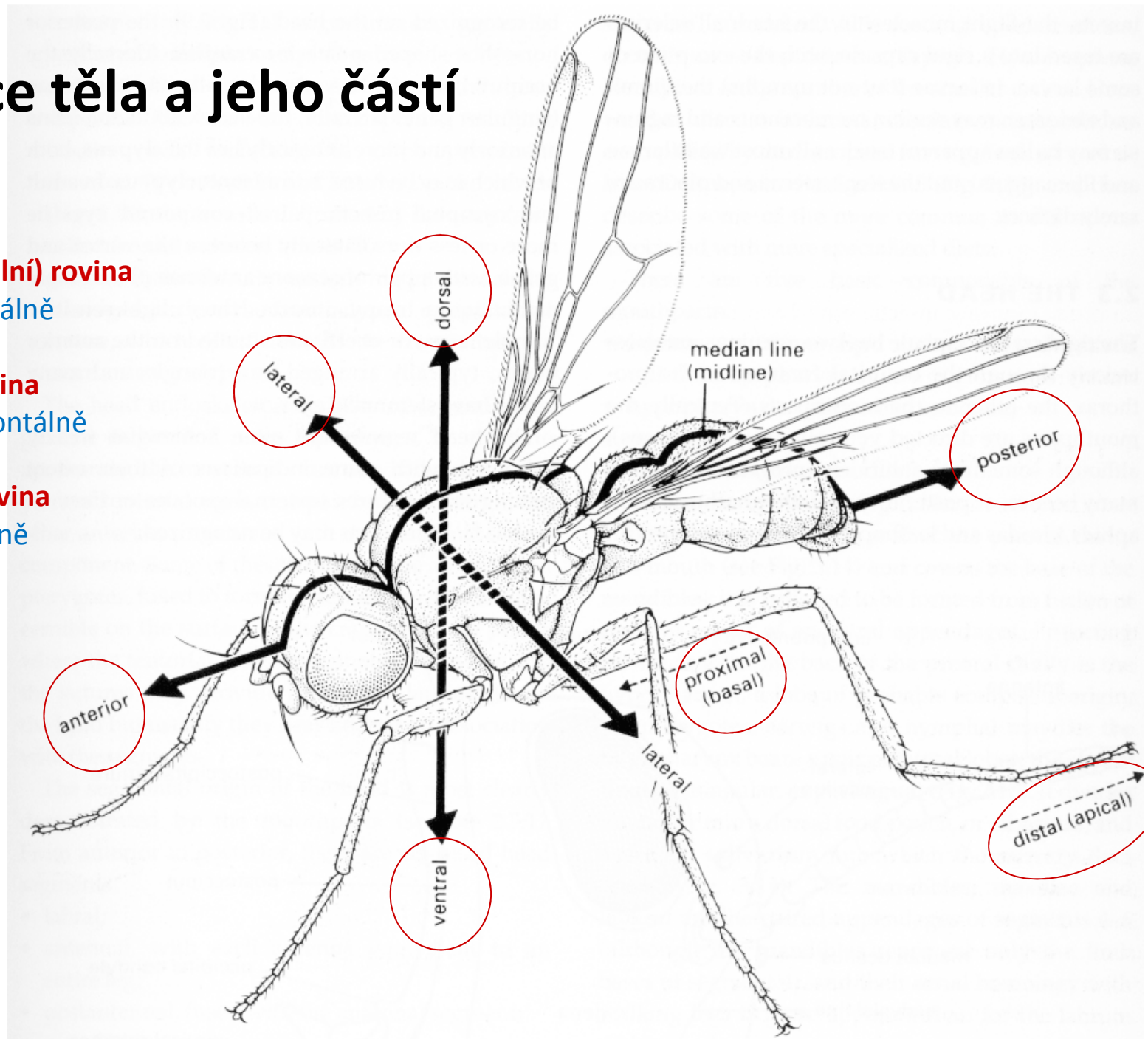
- podélně, vertikálně

Horizontální rovina

- podélně, horizontálně

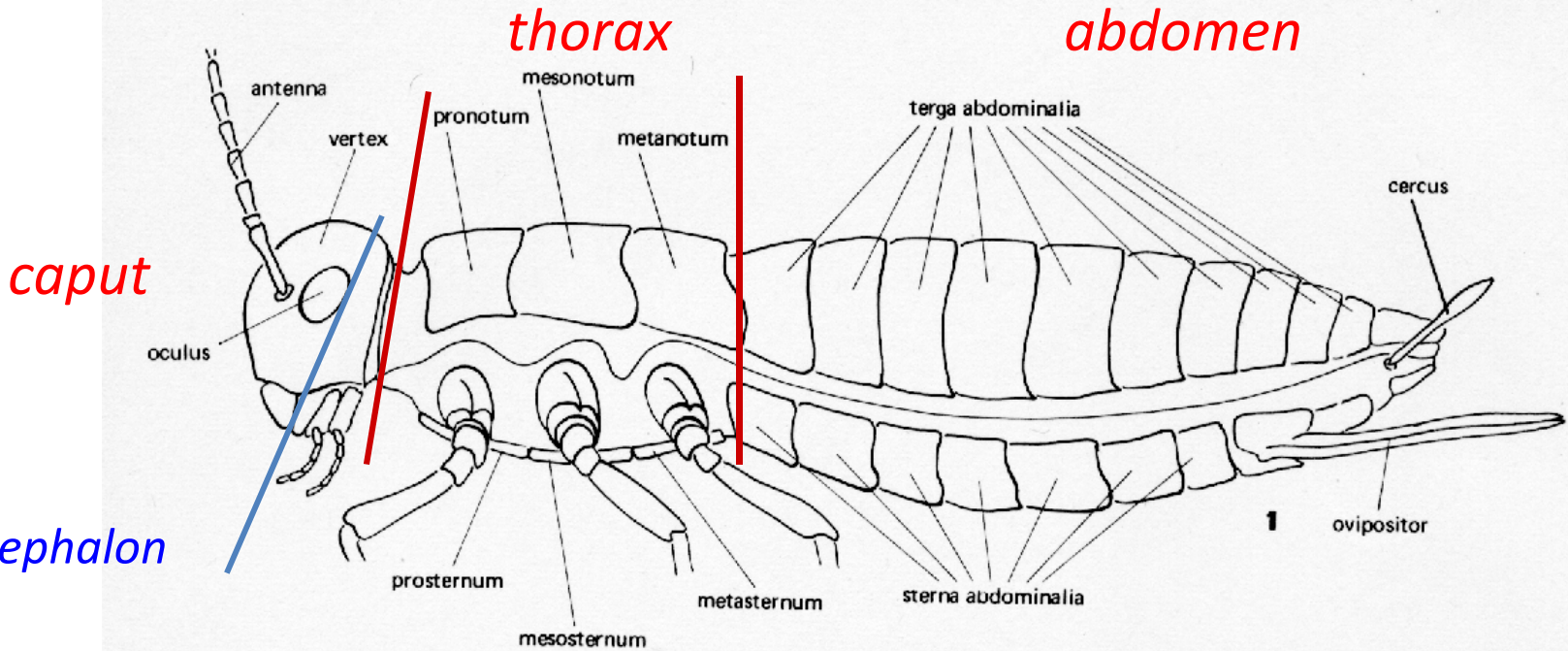
Transversální rovina

- příčně, vertikálně



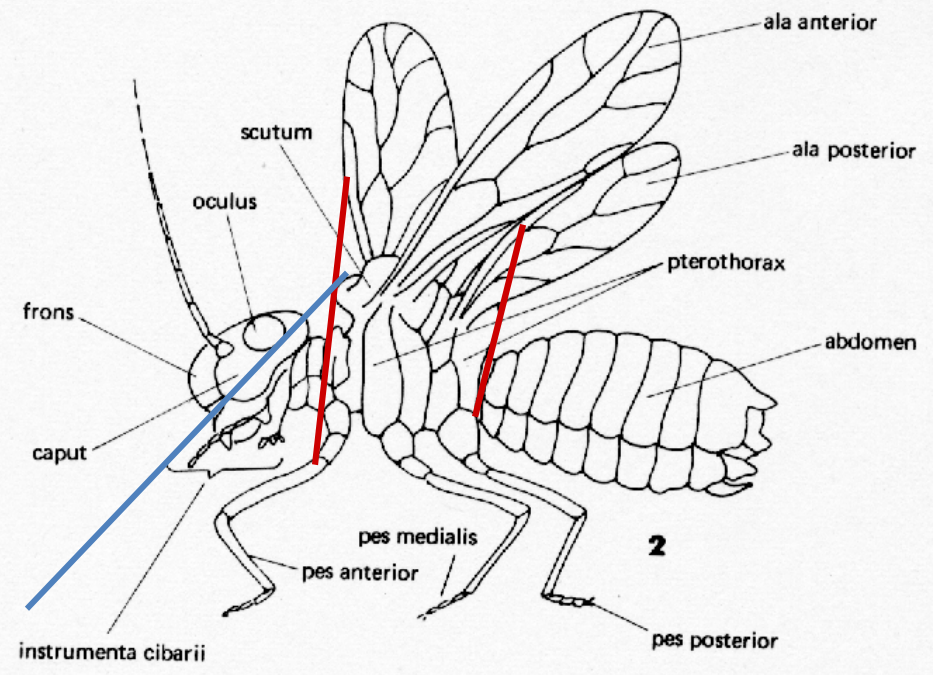
Základní stavební plán těla hmyzu

- kmen ARTHROPODA, nadtřída HEXAPODA (šestinožci, šestinozí)
- Ideální schéma představující soubor plesiomorfních znaků - **PROTENTOMON**
- jedinečná tagmatizace těla: hlava (původně 6 článků), hrud' (3 články), zadeček (původně 11 článků a telson)
- ústní ústrojí: mandibuly (bez přívěšků), maxilly, 2. pár čelistí srostl ve spodní pysk (*labium*)
- jediný pár tykadel (2. pár přetvořený v labrum)
- hrud' se 3 páry 6-článkovaných končetin sloužícími k pohybu (drápky, pleura s trochantinem, redukce pately)
- redukce/změna končetin na zadečku, ztráta artikulace



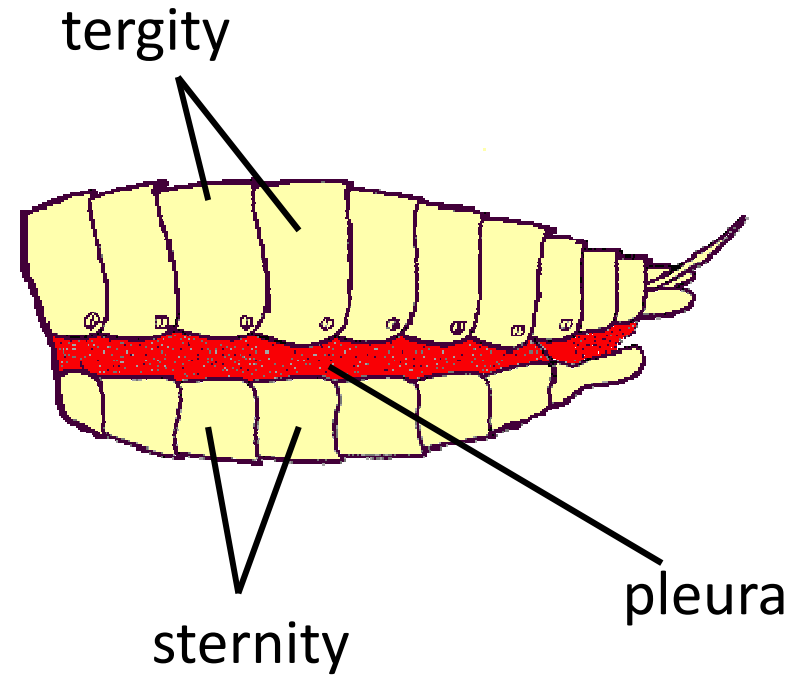
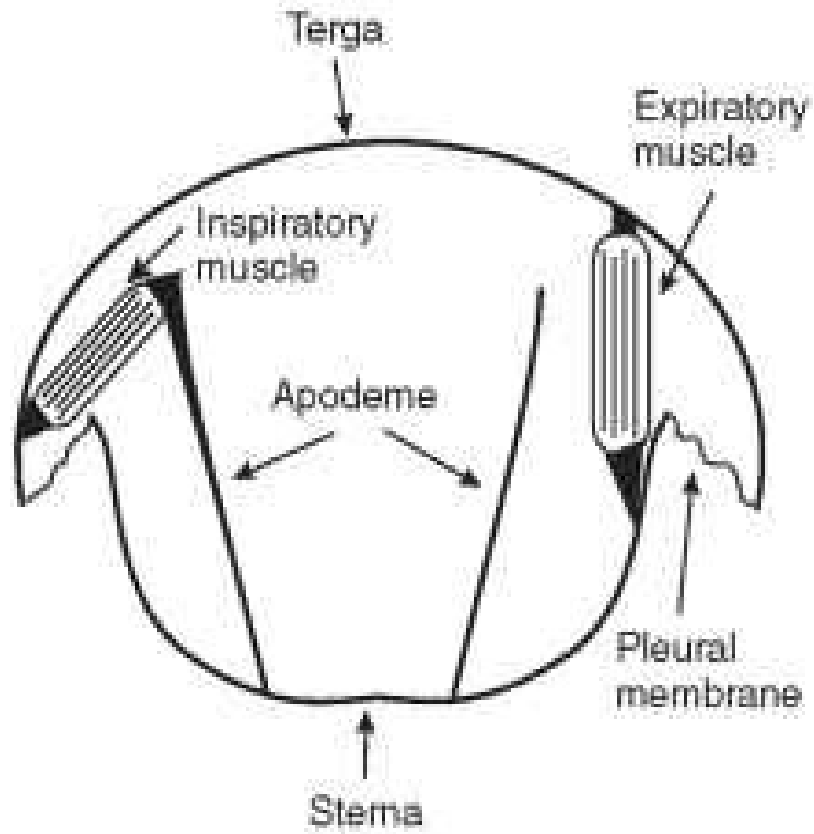
procephalon

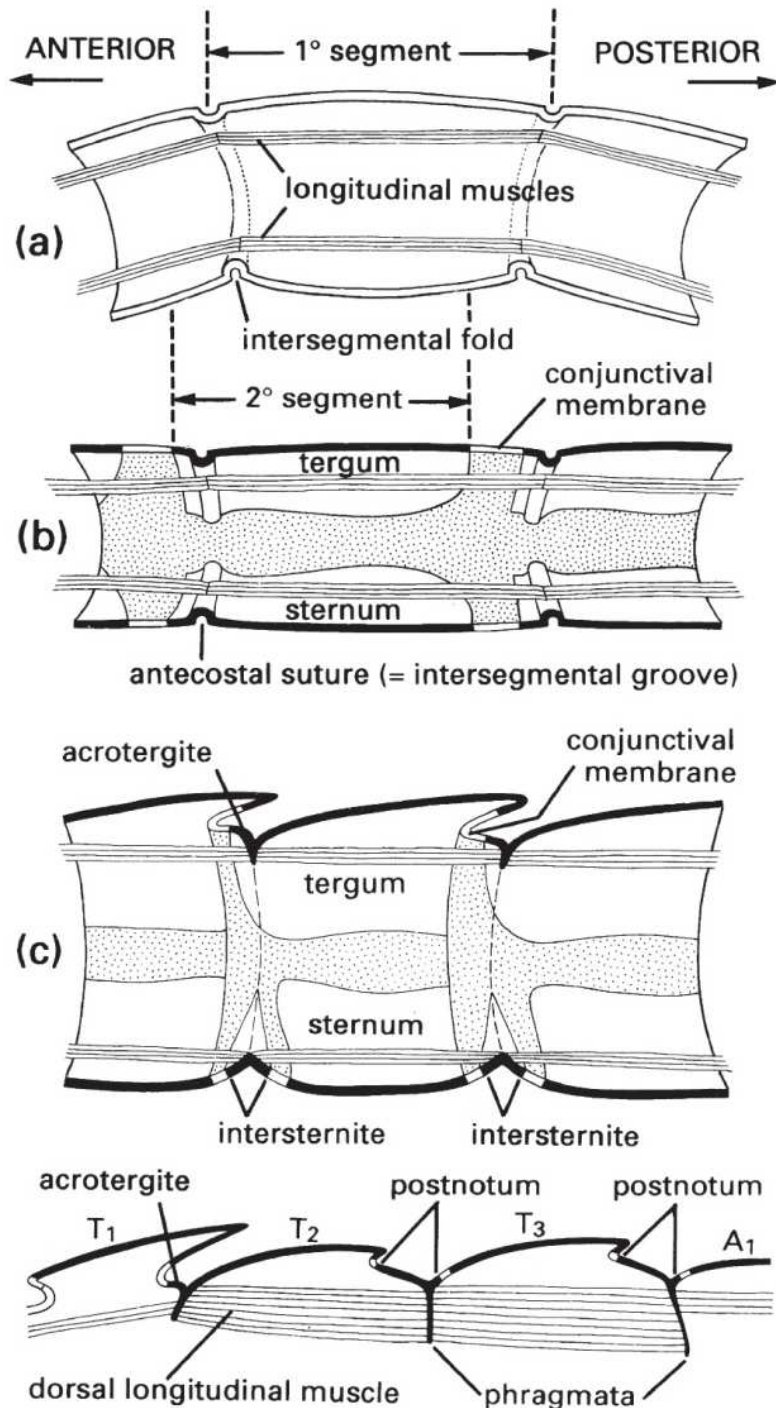
gnathocephalon



**Obecné schéma
těla hmyzu**

Sklerity





Primární (metamerická) segmentace

- patrná u larev s nesklerotizovanou kutikulou

Sekundární segmentace

- každý viditelný segment začíná PŘED hranicí primárního segmentu, naopak konec primárního segmentu NENÍ sklerotizován a vytváří intersegmentální membránu

- antekostální švy, akrotergity a intersternity vytvářejí pevná místa pro upnutí svalů

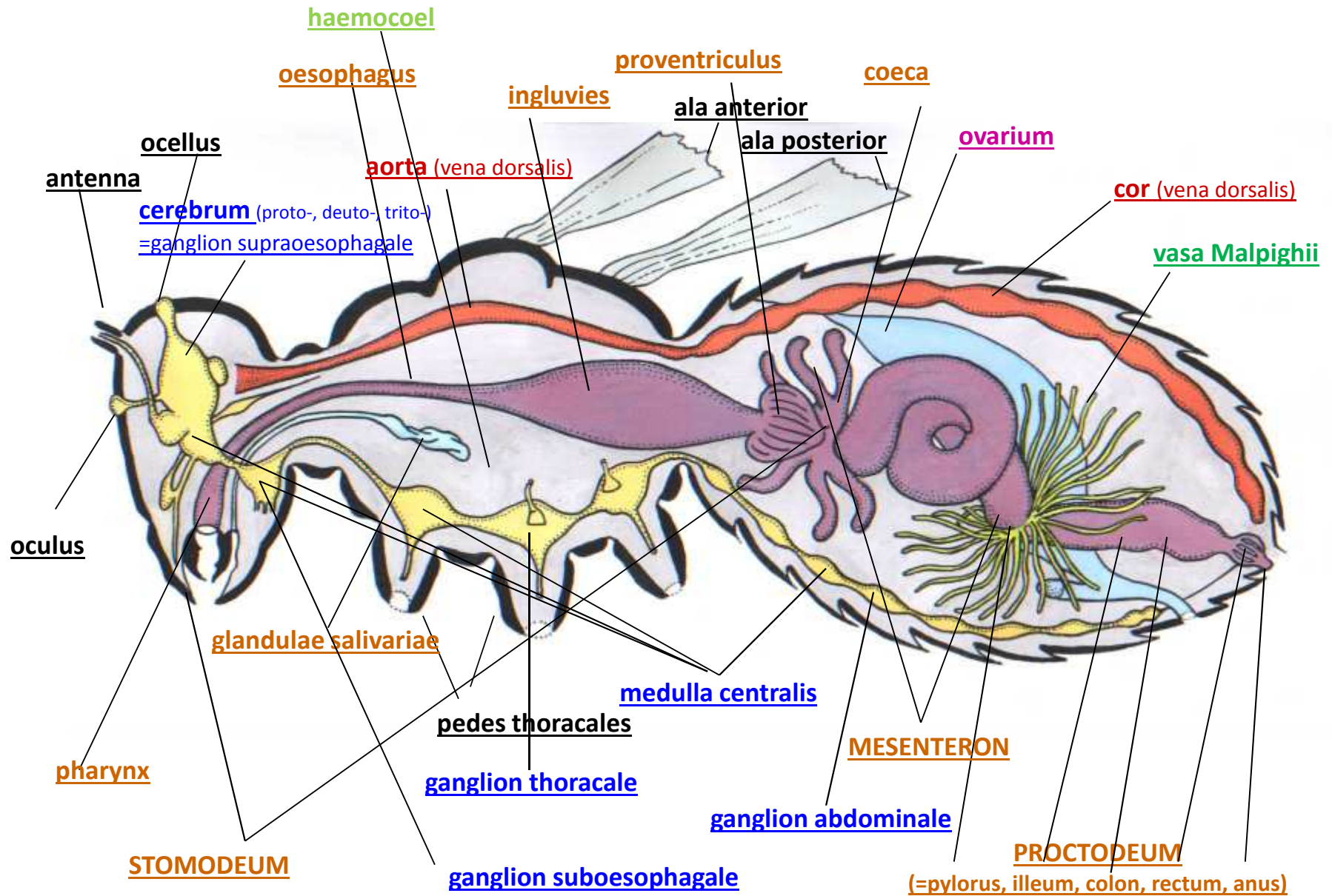
Hruď okřídleného hmyzu

- akrotergity jsou zvětšené a vytváří postnota

Základní anatomické schéma protentomonu

- **TS** - 3 oddíly – stomodeum (EKT), mezenteron (END), proktodeum (EKT)
- **NS** - mozek (proto-, deuto-, tritocerebrum = g. supraoesophagale), břišní nervová páska (g. Suboesophagale, 3 thorakální + 9 abdominálních ganglií)
- **OS** – dorzální céva (srdce + aorta)
- **DS** - tracheální systém s laterálními stigmaty (spirakuly 2+8)
- **ES** - Malpighiho žlázy (původně 6)
- **PS** – Párové testes/ovaria, tvorba vesiculae seminales/spermathecae

Obecné schéma anatomie hmyzu



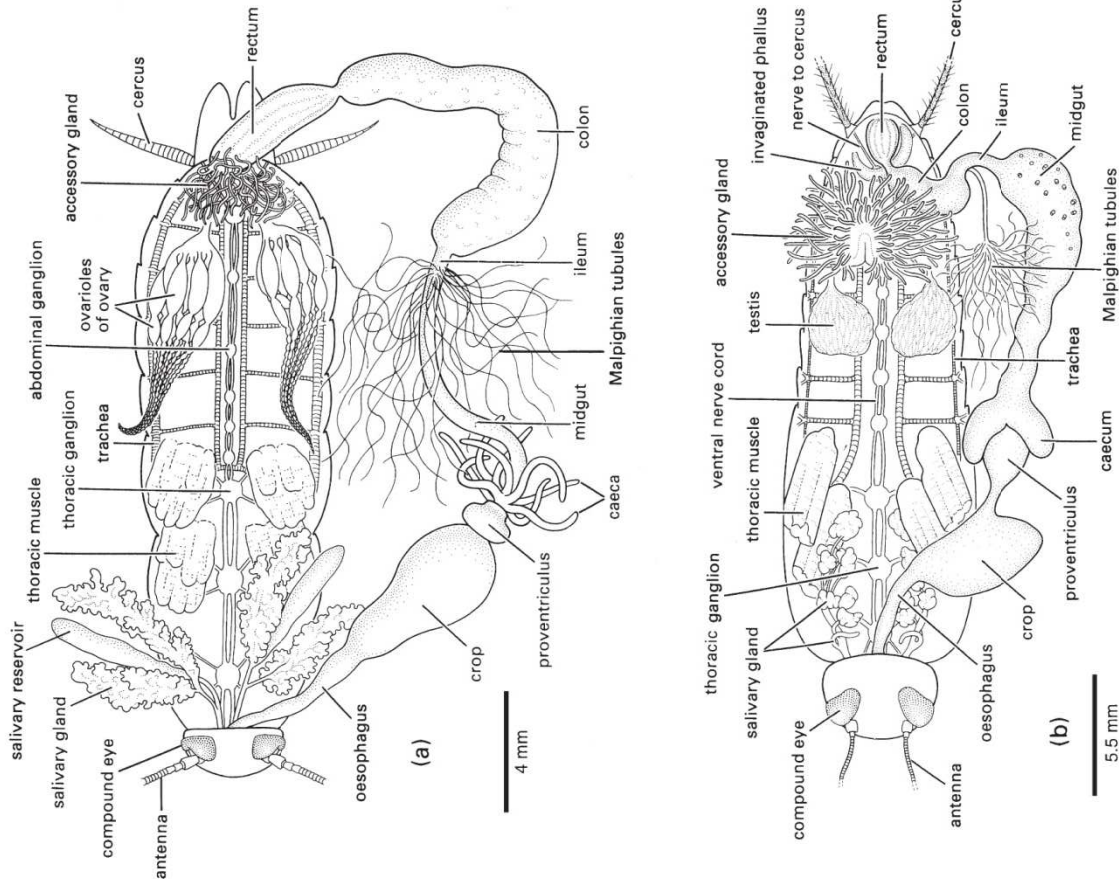


Fig. 3.1 Dissections of: (a) a female American cockroach, *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattellidae); and (b) a male black field cricket, *Teleogryllus commodus* (Orthoptera: Gryllidae). The fat body and most of the tracheae have been removed; most details of the nervous system are not shown.