Morfologie živočichů

MB170P46

Robert Černý & Pavel Němec

katedra zoologie PřF UK Praha

Viničná 7

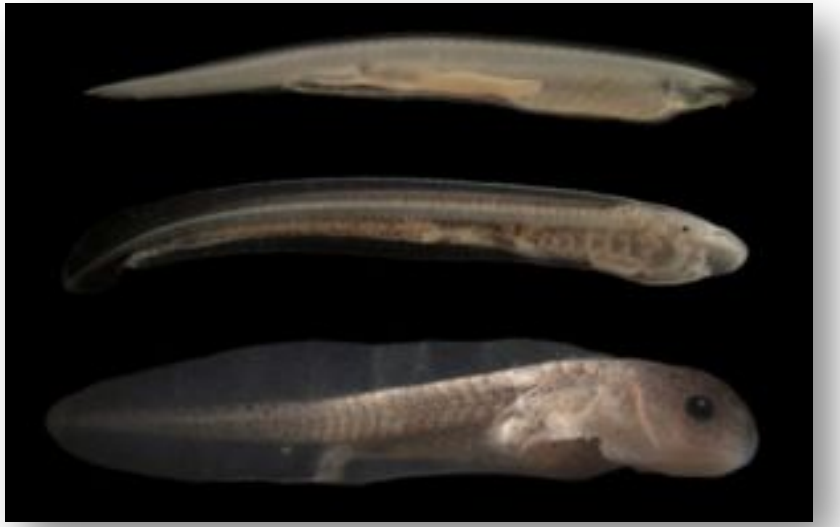
pro konzultace e-mail či na Viničné 7

místnost č. 222 (R.Č.)

místnost č. 239 (P.N.)

Náplň kursu

• Přehled vývinu, morfogeneze (=vznik tvarů) a evoluce orgánových soustav živočichů (Animalia) s důrazem na (nás) strunatce a obratlovce



• Hlavní důraz na klíčové momenty evoluce & morfogeneze živočichů

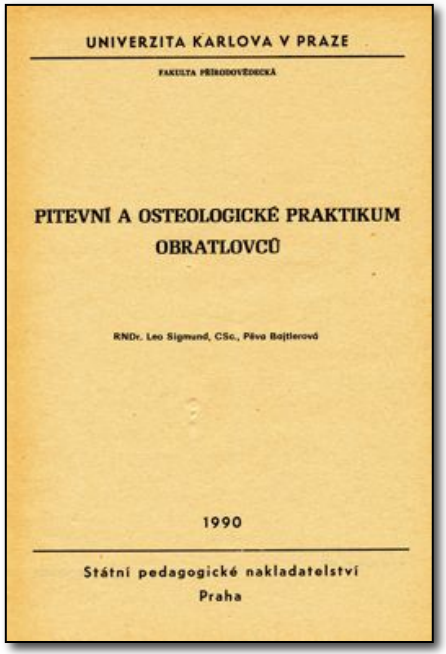
• Zdůraznění důležitých struktur, tvarů & evolučních událostí (nikoliv úplný přehled!)

• Obrázky !!

+ navazující cvičení **Praktikum z morfologie živočichů**

MB170C46 (Dr. M. Švátora)

začínáme 31.3. a zapisování přes SIS by už mělo být dnes otevřeno!!!



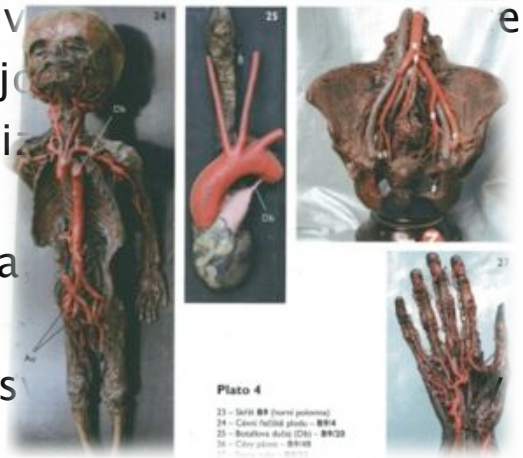
• Pitva 4 zástupců obratlovců (ryba, obojživelník, pták, ssavec)

• Demonstrace anatomických a morfologických struktur;
přísně srovnávací (komparativní) přístup, možnost porozumnění strukturám *in situ.*

Náplň kursu

- **1: Úvod, historie, význam a rozčlenění oboru:** evoluční morfologie, tělní plány, ontogenese–fylogenese, disparita.
- **2: Vývojová morfologie a larvy**: důležitost ontogenetických znaků pro pochopení adultní morfologie; ontogenese, životní cyklus; gastrulace, embryonální původ orgánových soustav, vývojové cykly, larvy.
- **3: Pokryv těla, integument, povrchy:** specializace povrchů, kůže, keratinizace, deriváty.
- **4: Od povrchů k opěrné soustavě:** chrupavka, kost, lebka; evoluce svalů a skeletu hlavy.
- **5: Opěrná soustava a skelet:** osový skelet a svalstvo; kostra a svaly končetin.
- **6: Exkurse do sbírek Anatomického ústavu 1. LF UK.**
- **7: Integrace I**: smyslové orgány.
- **8: Integrace II**: nervová soustava.
- **9: Integrace III**: humorální regulace, žlázy s vnitřní sekrecí.
- **10: Metabolismus I**: příjem potravy, trávící soustava.
- **11: Metabolismus II**: dýchání, dýchací orgány, oběhová soustava.
- **12: Osmoregulace, vylučování & reprodukce.**

Náplň kursu



- **6: Exkurse do sbírek Anatomického ústavu 1. LF UK.**
- **7: Integrace I**: smyslové orgány.
- **8: Integrace II**: nervová soustava.
- **9: Integrace III**: humorální regulace, žlázy s vnitřní sekrecí.
- **10: Metabolismus I**: příjem potravy, trávící soustava.
- **11: Metabolismus II**: dýchání, dýchací orgány, oběhová soustava.
- **12: Osmoregulace, vylučování & reprodukce.**

Návaznost na další, doporučitelné předměty (mj.!)

Praktikum z morfologie živočichů – MB170C46 (M. Švátora a kol.)

Srovnávací anatomie obratlovců – MB170P47 (T. Přikryl)

Zoologie bezobratlých – MB170P09I (J. Smrž)

Zoologie obratlovců – MB170P13A (Horáček+Zima/Vohralík a kol.)

Protistologie, Ichtyologie, Herpeto-/Ornito-/Mammaliologie, Odontologie, …

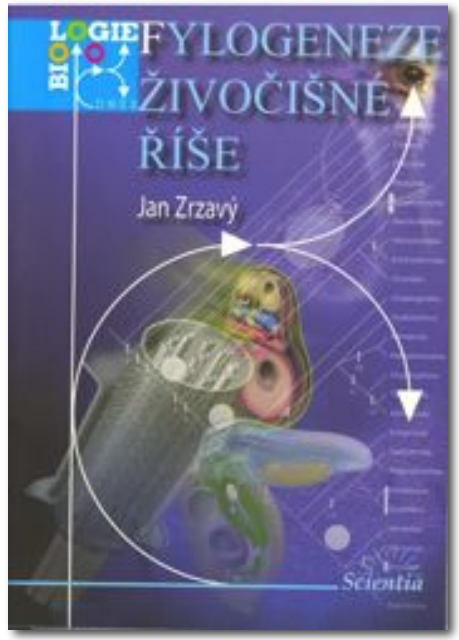
Evoluce obratlovců – MB170P43 (P. Hulva)

Evoluce živočichů – MB170P77 (J. Zrzavý)

Evoluce nervového systému – MB170P74 (P. Němec)

Evoluce fenotypu, Ekomorfologie, …

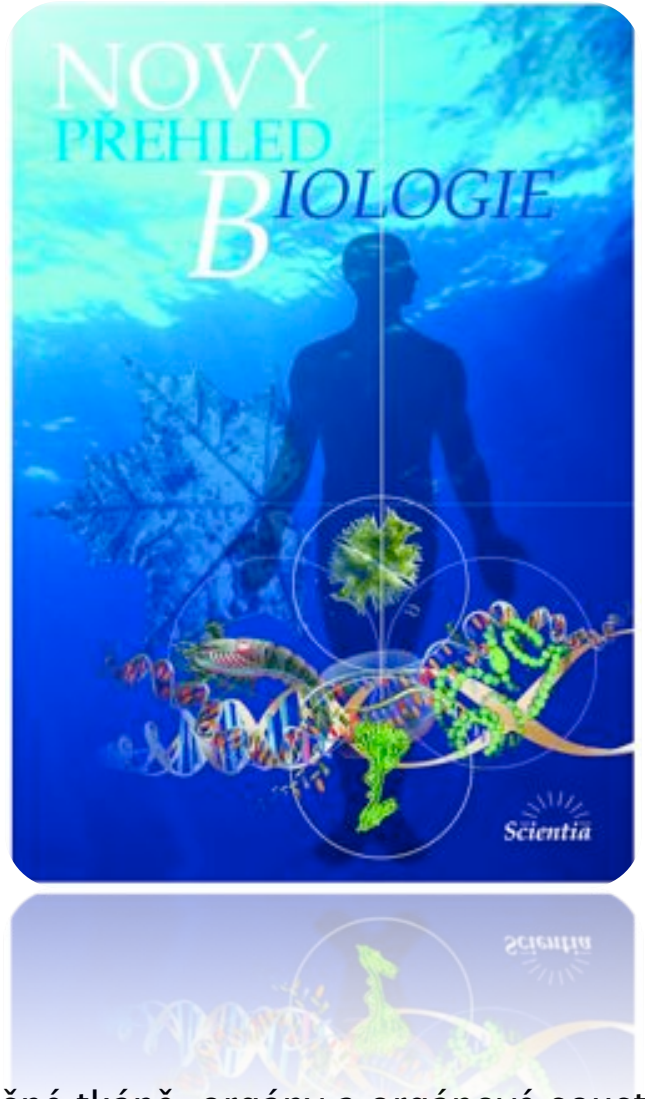
O původu přírodních věd – MS720P51 (K. Kleisner a kol.)



Naše přednášky ve formě pdf-dokumentů naleznete na:
http://web.natur.cuni.cz/zoologie/vertebrata/

google: Robert Černý UK Praha

Literatura ke studiu: prerekvizitní, *středoškolská*



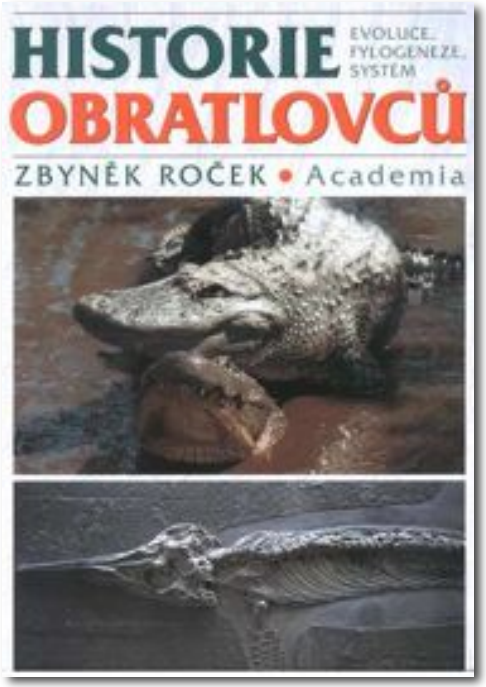
Kap. 5.5.1: Živočišné tkáně, orgány a orgánové soustavy (cca 80 stran)
+ další kapitoly jako Fyziologie, Rozmnožování a ontogeneze, Systém, ...

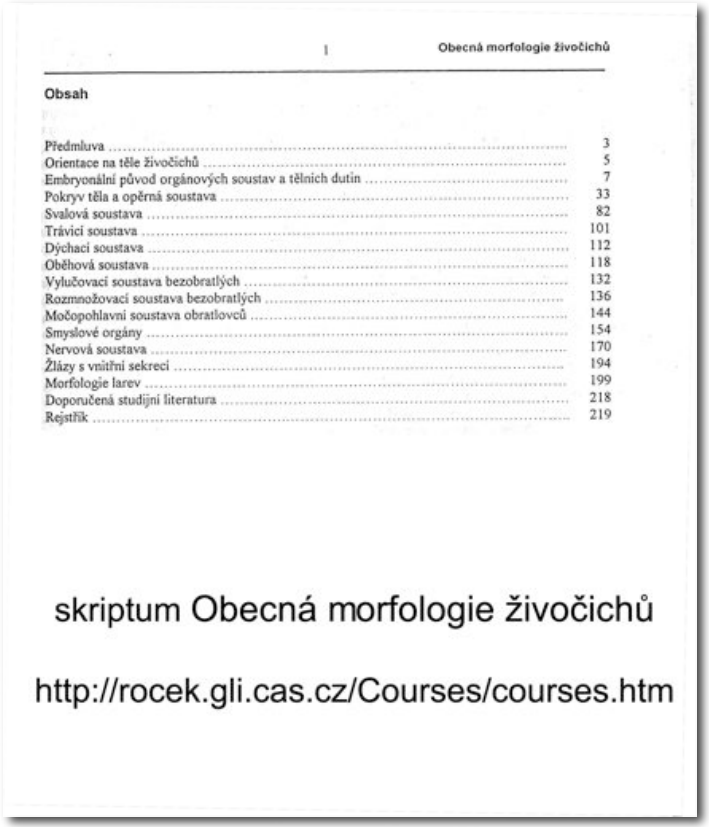
Literatura ke studiu: základní

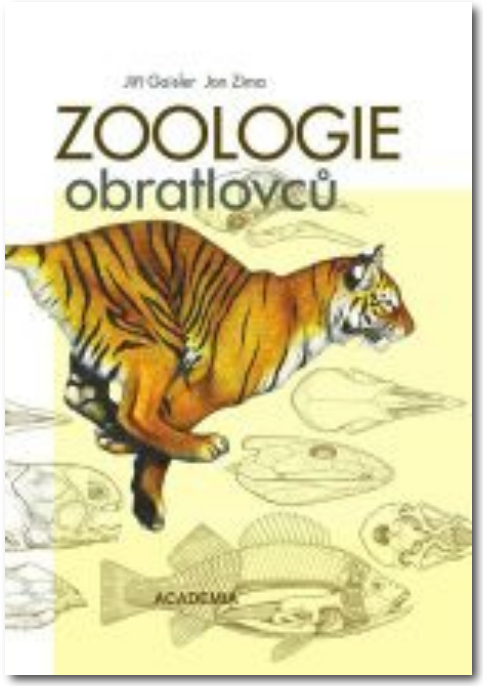
- **ROZSAH OBECNĚ DLE NAŠICH SOUČASNÝCH PŘEDNÁŠEK**
(srv. aktuelní pdf na našem webu);

- knihy **Historie obratlovců** a **Zoologie obratlovců**
(pouze obecné kapitoly, ne ty o systému)

- doporučitelná, leč detailní **skripta (prof. Zbyněk Roček)**

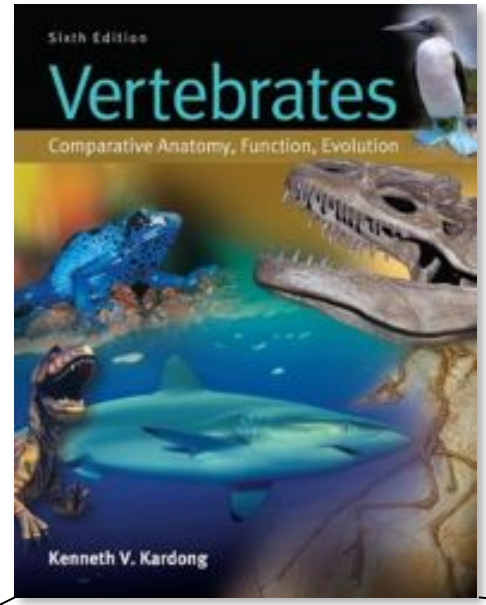


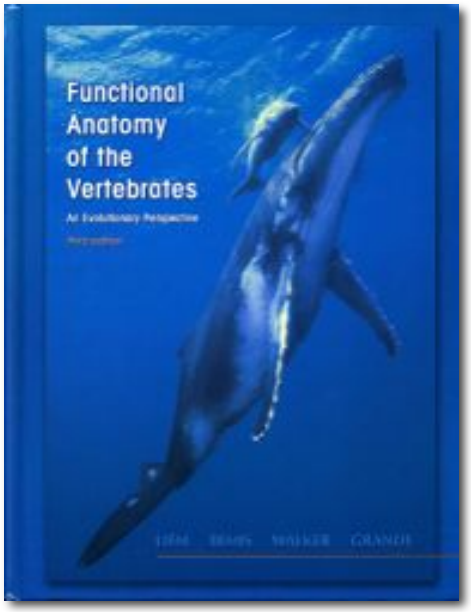


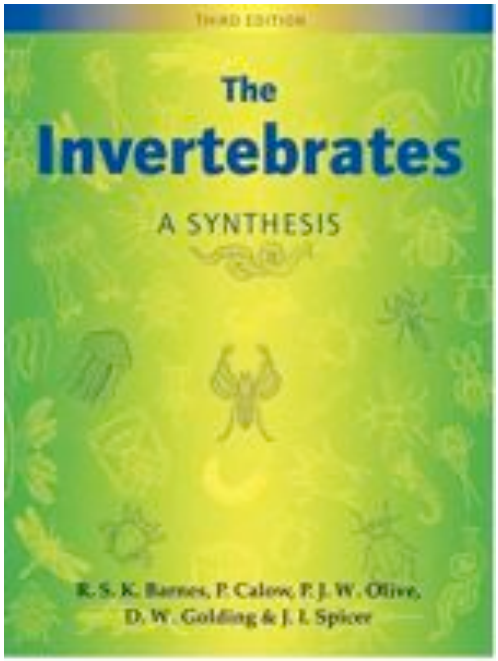


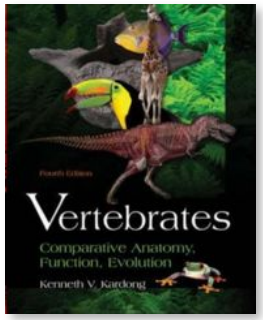
Literatura ke studiu: pro zájemce o obor

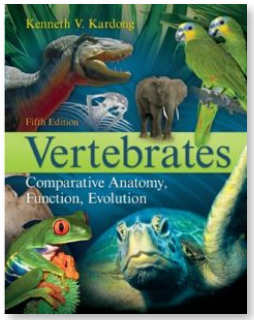
(čtěte/prohlížejte si a budete žehnat svému počínání!)

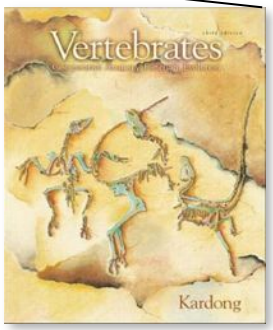








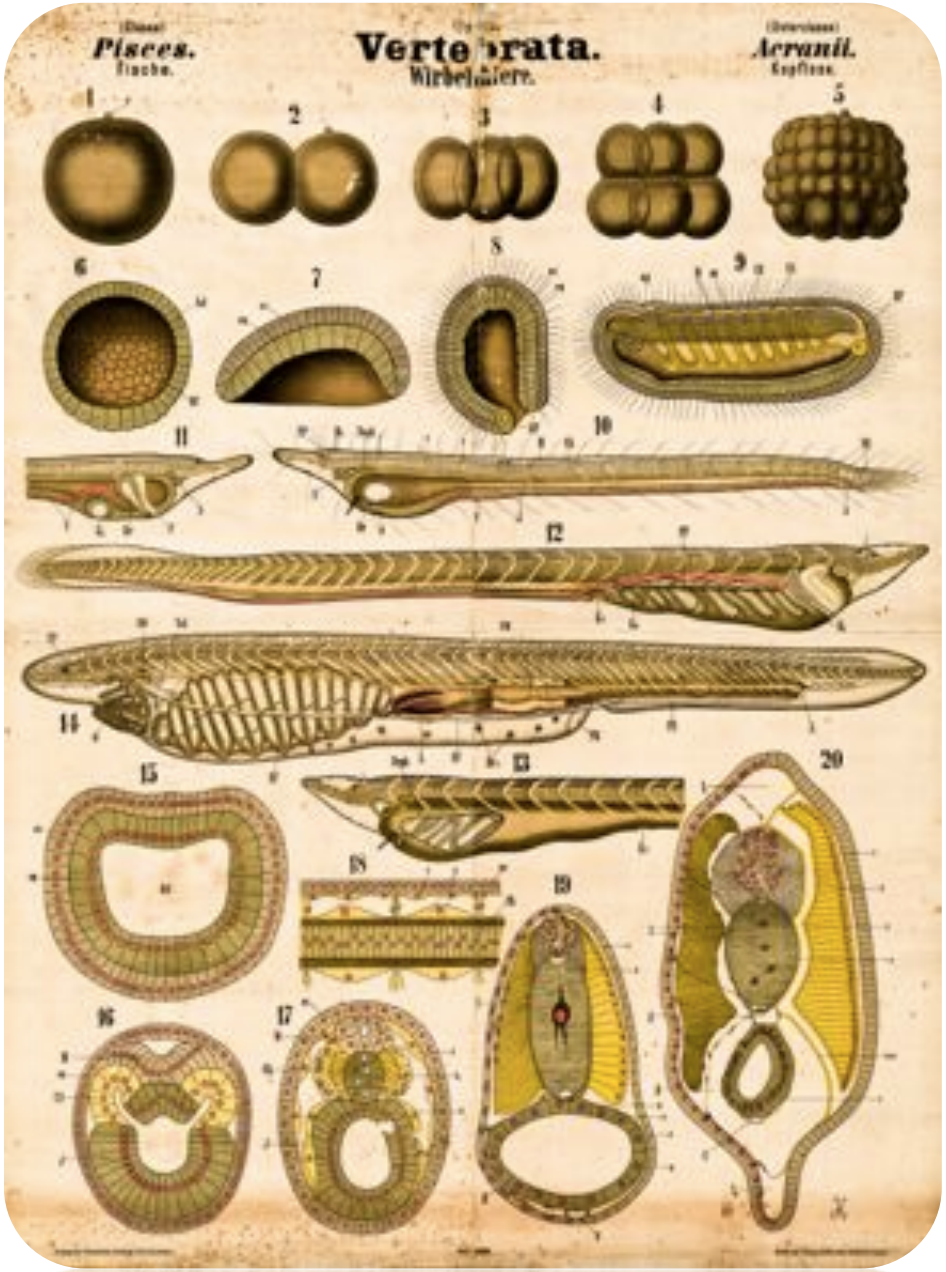




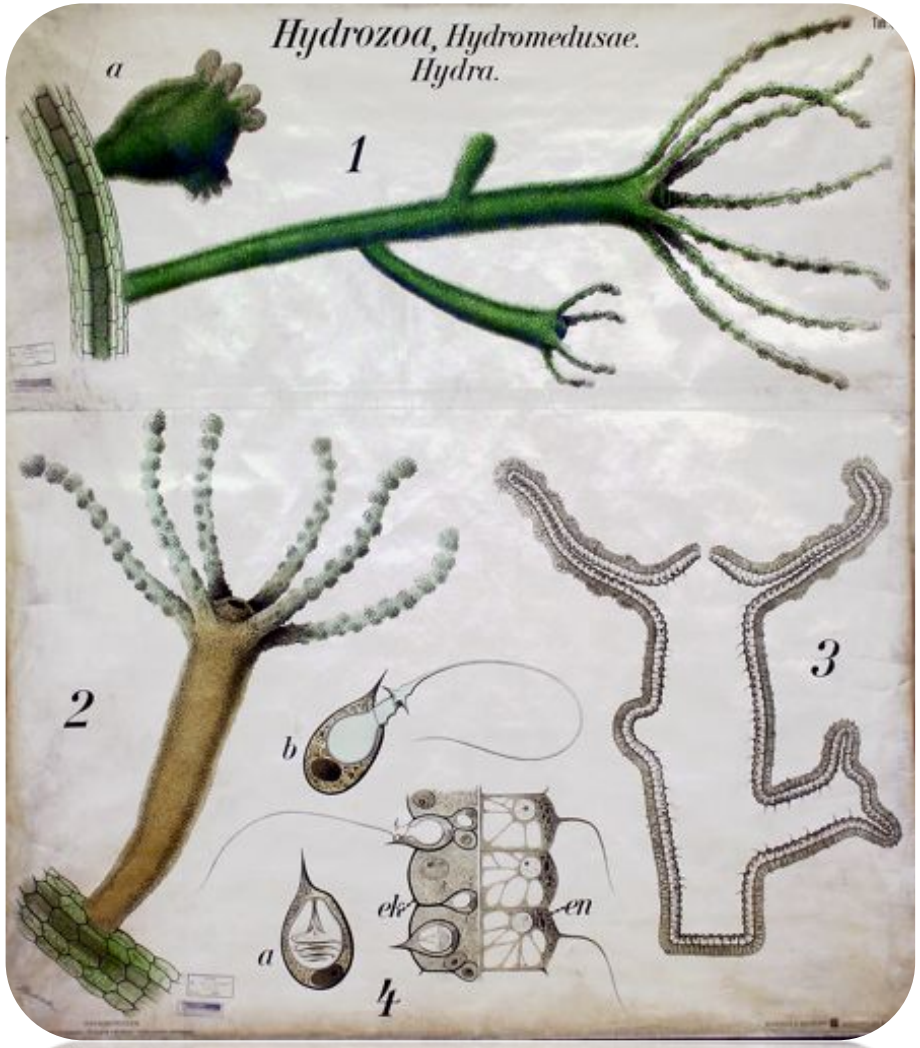
Studium dalších zdrojů...

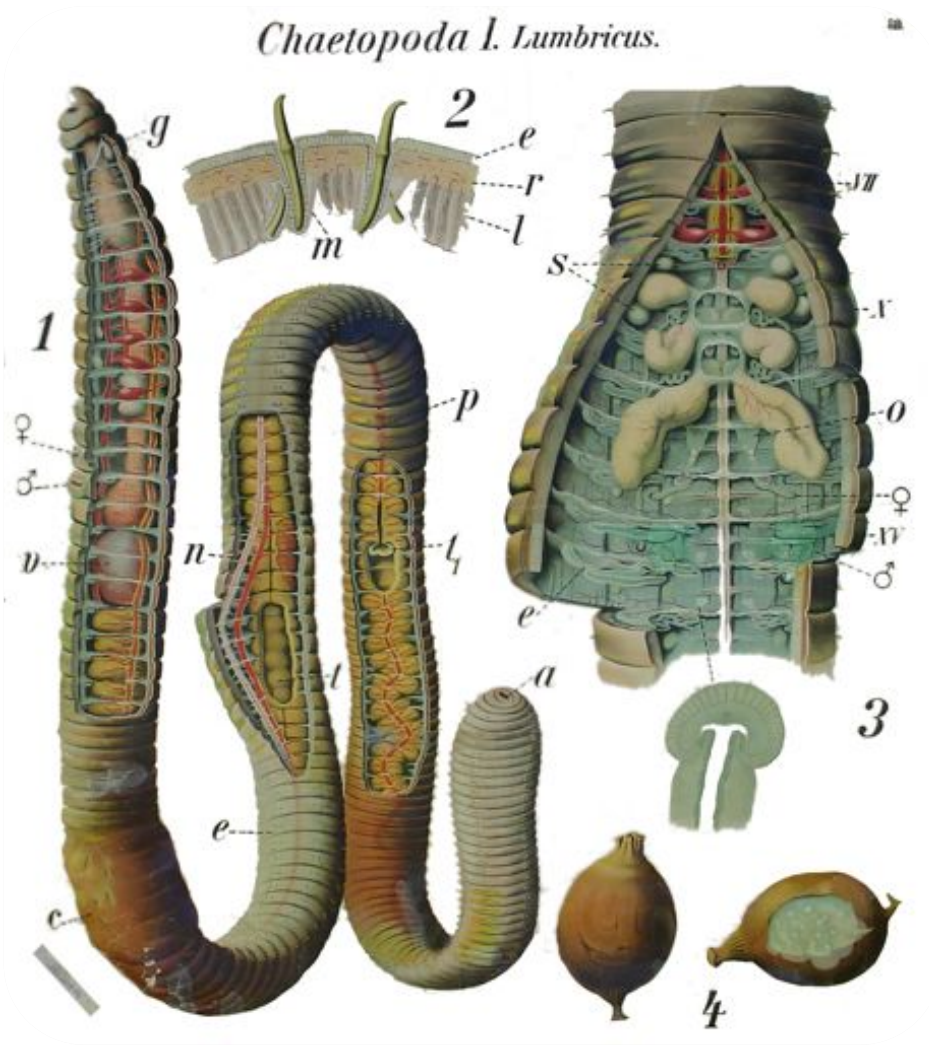
viz též (kupř.!) *www. zoology.cz*

Ascidiae.
Tunicata.
Mantelthiere.
Ascidiae simplices et sociales.


Pisces.
Vertebrata.
Wirbelthiere.
Acrania.

Studium dalších zdrojů… aneb co vše je dobré znát … ☺





Zkouška

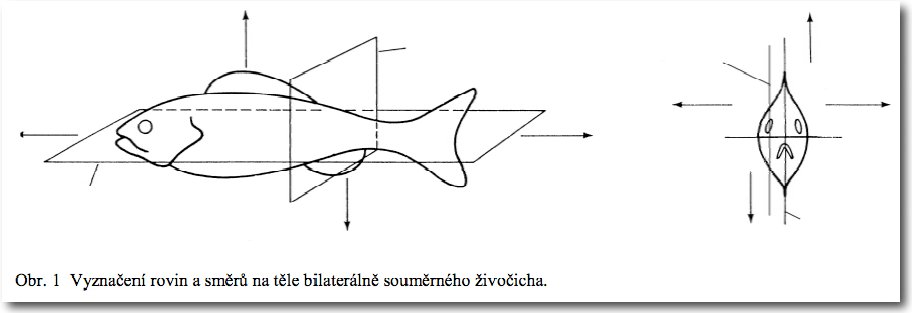
1.: písemný test

- vysvětlovací otázky, znalost termínů
  (kupř. co to je gastrulace, hypaxiální svalstvo, postranní čára, faryngotremie;
  co je, jak funguje a kde se nachází ambulakrální soustava, apod)

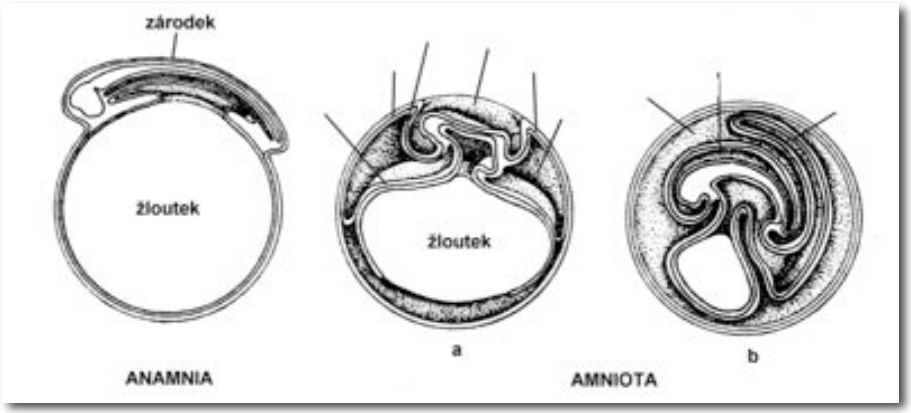
- vývojové a funkční modifikace některého orgánového systému
  (kostra obratlovci vs. bezobratlí, dýchací soustava vybrané skupiny, typy gastrulací, dýchacích či vylučovacích soustav, apod)

- popis obrázků (viz též » »)

možné obrázky v testu



Obr. 1 Vyznačení rovin a směrů na těle bilaterálně souměrného živočicha.



2.: příp. následná ústní zkouška

- u těch, kteří nesouhlasí se známkou z testu, chtějí si ji zlepšit, kteří několikráte neprojdou, či si s námi chtějí popovídat o morfologii + **ti, kdo chtějí za výborně ;-)**

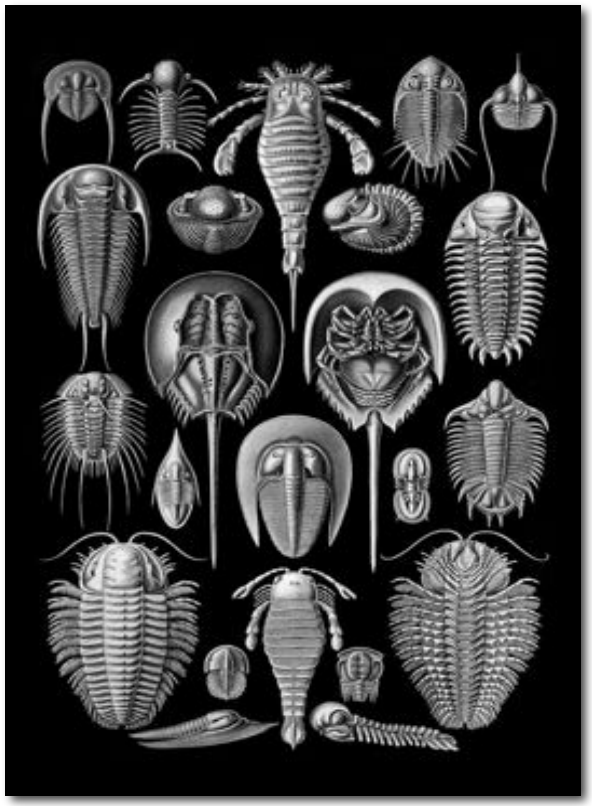
Zkouška

Nechceme, aby jste se učili seznamy termínů na zkoušku resp. test,

jde nám o pochopení morfologie a jejich srovnávacích, taxonomických, funkčních a evolučních souvztažností...

(viz též » »)

Morfologie



- Odvětví (bio)věd studující formu a strukturu organismů; „tvarová biologie“; „*morphé*“ řecky *tvar*

- Morfologie vývojová, srovnávací (komparativní), funkční (struktura–funkce), experimentální, evoluční, …

srv. máme pouze *srovnávací, vývojový a paleontologický přístup*!

- „zakladatel“: Johann Wolfgang Goethe
  (termín *Morphologie*: 1796?)

- Díky tomu, že většina „dat“ v biologických oborech měla ještě donedávna v drtivé většině pouze „tvarovou“ podobu, je to věda veledůležitá, obrovsky široká a s extémně dlouhou historií !!!

(srv. náš důraz na pochopení principů, funkčních a evolučních souvislostí; nikoliv na detailní faktografii)

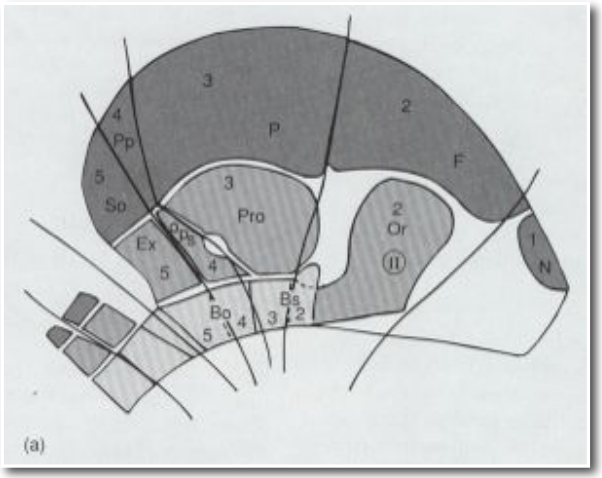
… něco z historie Morfologie: od filosofické k evoluční tradici

"otec zakladatel":
Johann W. von Goethe
(1749–1832)

básník & geniální spisovatel;
Teorie barev, Metamorfosa rostlin;
fenomenologie; …

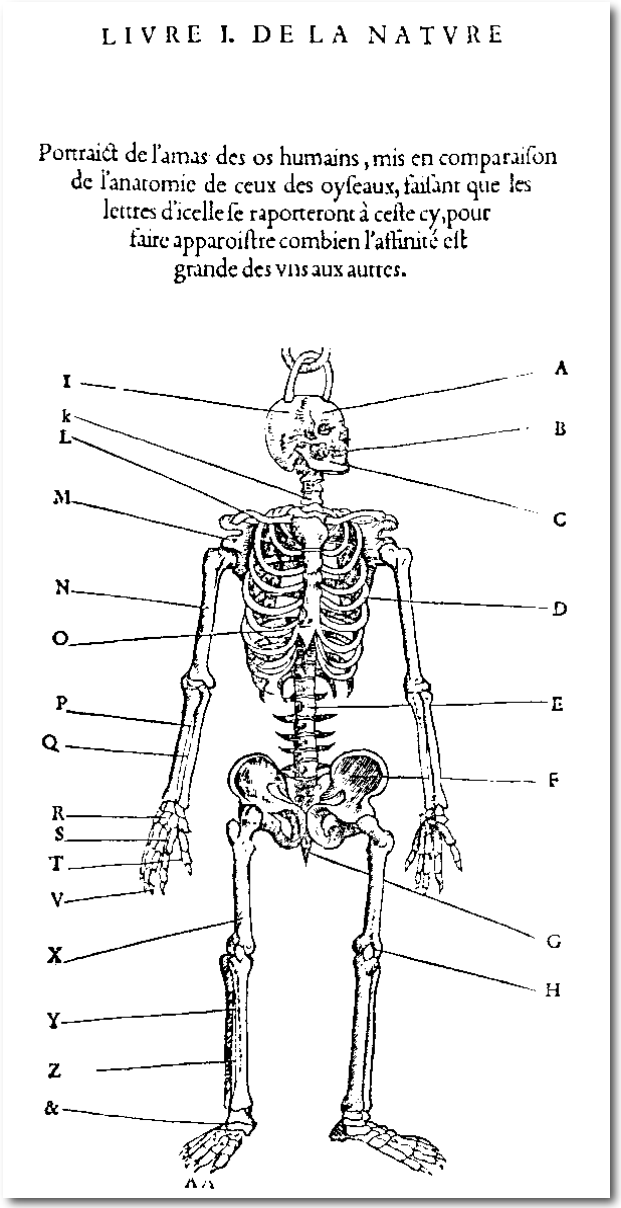
termín Morfologie,
či tzv. Obratlová teorie lebky

srv. J. Goethe (stejně však i Lorenz Oken!):
lebku vytvářejí modifikované, seriálně
uspořádané obratle (1820)



Goethe's servant picked up a dried and dislocated sheep's skull in the Jewish cementery in Venice, and held it out for his master to look at"

… něco z historie Morfologie: od filosofické k evoluční tradici


LIVRE I. DE LA NATVRE

Portraict de l'amas des os humains, mis en comparaiſon de l'anatomie de ceux des oyſeaux, faiſant que les lettres d'icelle ſe raporteront à ceſte cy, pour faire apparoiſtre combien l'affinité eſt grande des vns aux autres.

„první komparace“:
Pierre Belon
(1555)

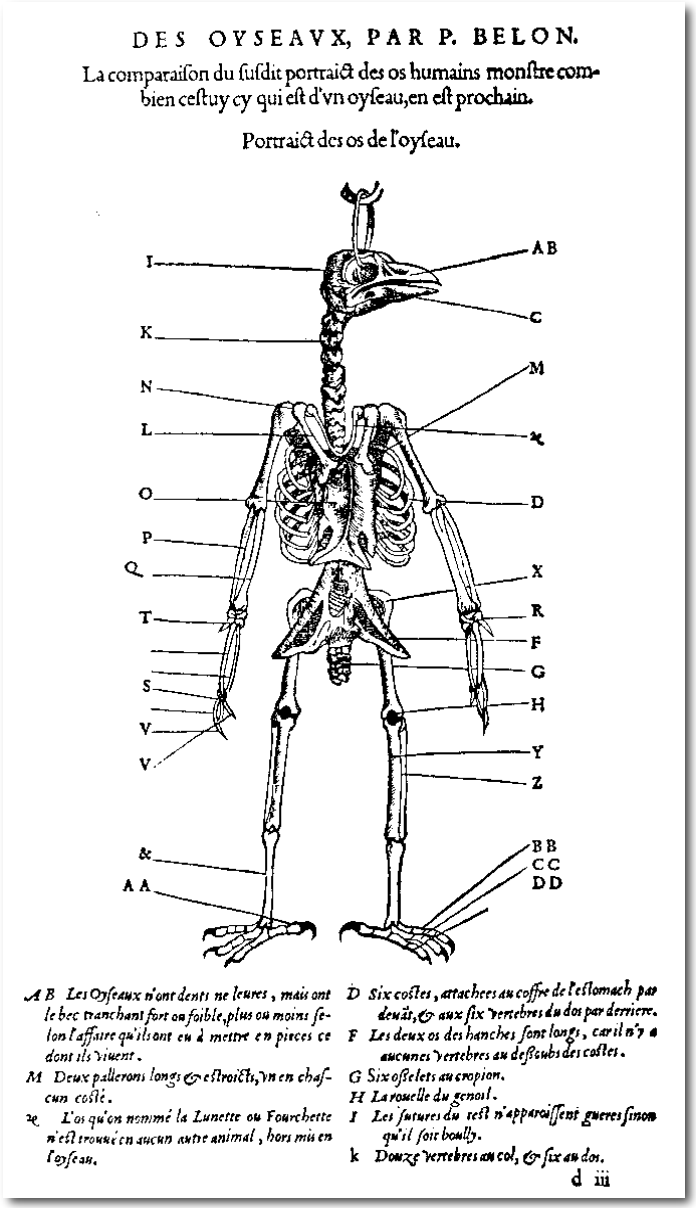
"nepřirozená" poloha zavěšení koster

↓

destrukce jednoty organismu na konečný počet částí

↓

možnost komparace jednotlivých částí díky pozičnímu kriteriu


DES OYSEAVX, PAR P. BELON.

La comparaiſon du ſuſdit portraict des os humains monſtre combien ceſtuy cy qui eſt d'vn oyſeau, en eſt prochain.

Portraict des os de l'oyſeau.

A B Les Oyſeaux n'ont dents ne leures, mais ont le bec tranchant fort ou foible, plus ou moins ſelon l'affaire qu'ils ont eu à mettre en pieces ce dont ils viuent.

M Deux pallerons longs & eſtroicts, vn en chaſcun coſté.

℞ L'os qu'on nomme la Lunette ou Fourchette n'eſt trouué en aucun autre animal, hors mis en l'oyſeau.

D Six coſtes, attachees au coffre de l'eſtomach par deuãt, & aux ſix vertebres du dos par derriere.

F Les deux os des hanches ſont longs, car il n'y a aucunes vertebres au deſſoubs des coſtes.

G Six oſſelets au cropion.

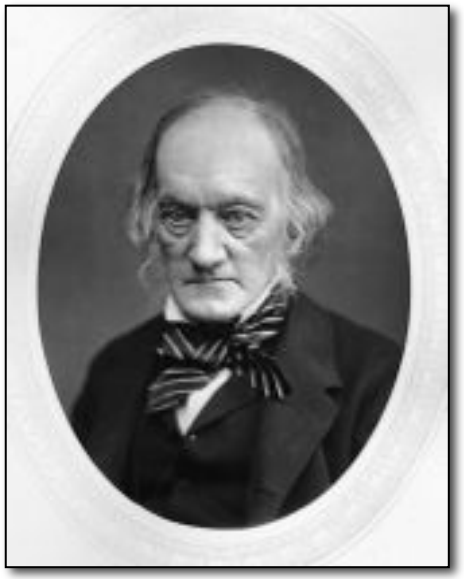
H La rouelle du genoil.

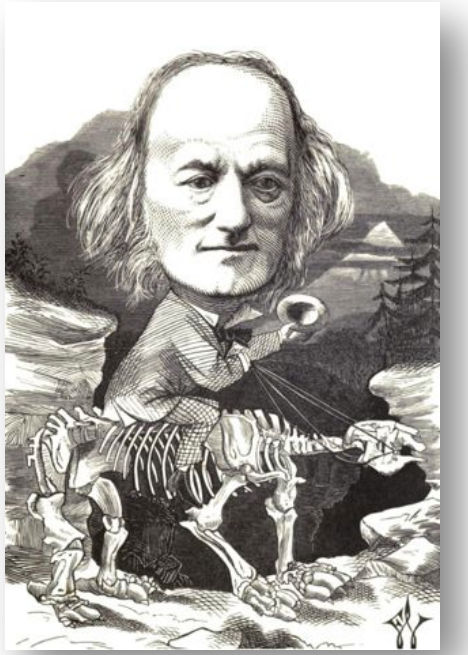
I Les ſutures du reſt n'apparoiſſent gueres ſinon qu'il ſoit bouilly.

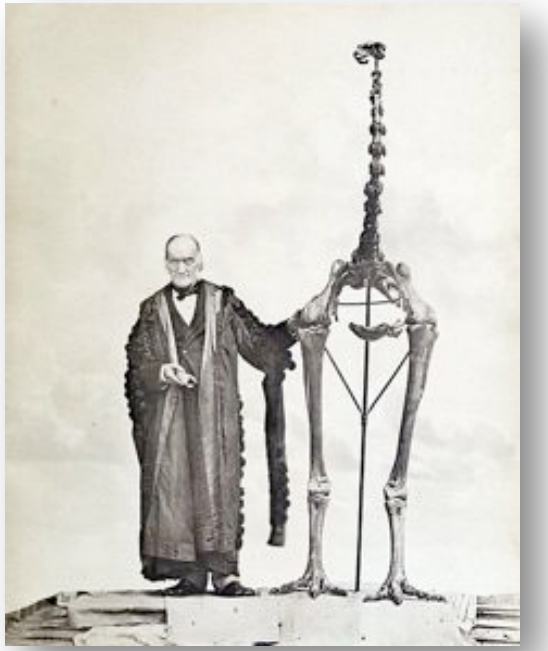
k Douze vertebres au col, & ſix au dos.

… něco z historie Morfologie: od filosofické k evoluční tradici

Typ, Archetyp, Bauplan: filosofická tradice





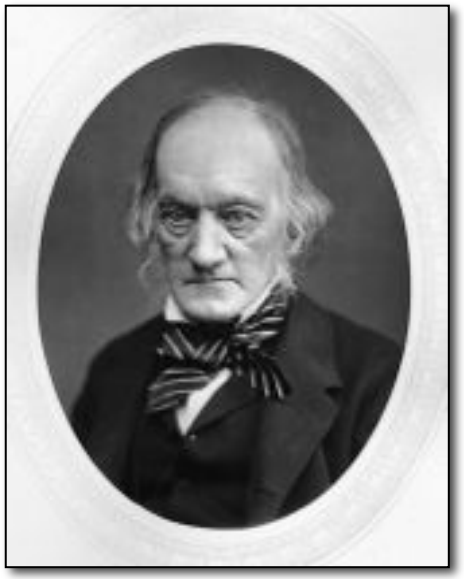


sir Richard Owen (1804–1892)

- **zakladatel moderní morfologie**
- mj. zakladatel Britského musea (Nat.Hist.); pojmenoval Dinosaury; odpůrce Darwina, …

… něco z historie Morfologie: od filosofické k evoluční tradici

Typ, Archetyp, Bauplan: filosofická tradice

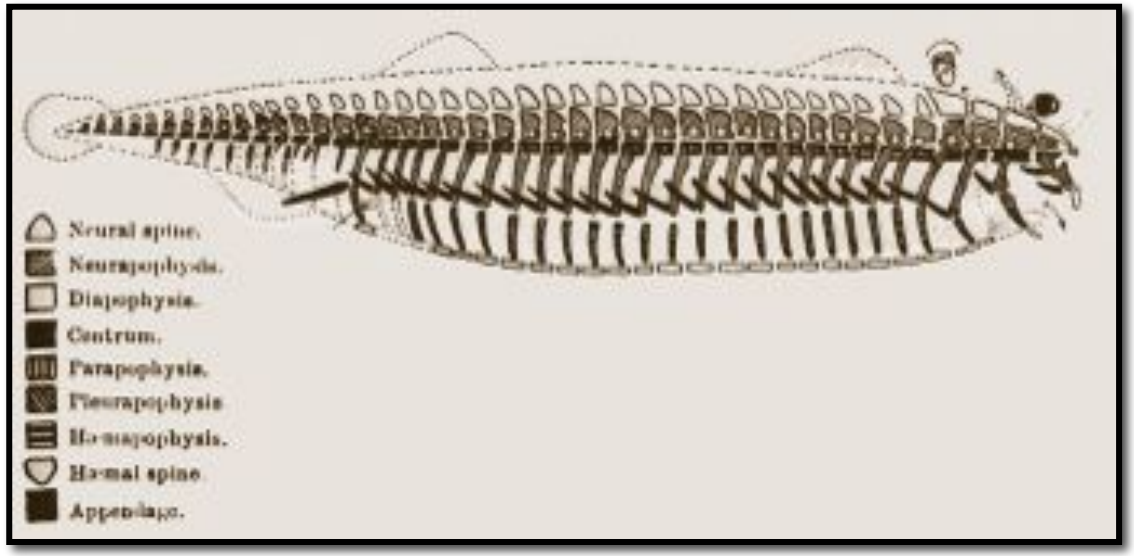


sir Richard Owen (1804–1892)

- zakladatel moderní morfologie
- **definoval poprvé homologie vs. analogie**

Archetyp:

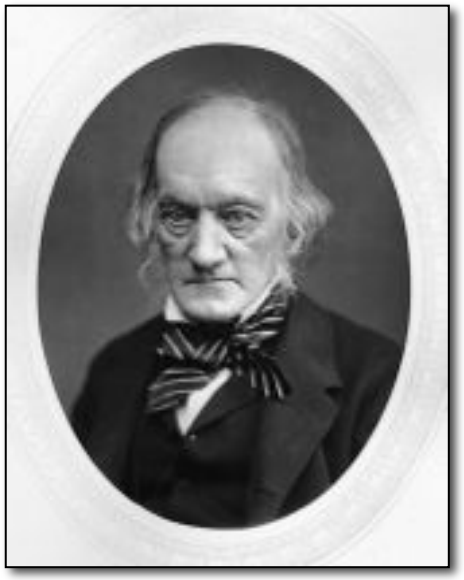
nejnižší společný určovatel dané skupiny;
principiální typ či model, dle něhož je živočich konstruován.
Archetyp – obratel – obratlovec (Owen, Oken)



"The skeleton is only a developed, ramified, repeated vertebra; …the entire man is only a vertebra."

… něco z historie Morfologie: od filosofické k evoluční tradici

Typ, Archetyp, Bauplan: filosofická tradice



sir Richard Owen (1804–1892)

- zakladatel moderní morfologie
- **definoval poprvé homologie vs. analogie**

ANALOGUE: „a part or organ in one animal which has the same ***function*** as another part or organ in different animal“.

HOMOLOGUE: „the ***same*** organ in different animals under every variety of form and function“.

Obecná, speciální a seriální homologie

… něco z historie Morfologie: od filosofické **k evoluční tradici**

ON

THE ORIGIN OF SPECIES

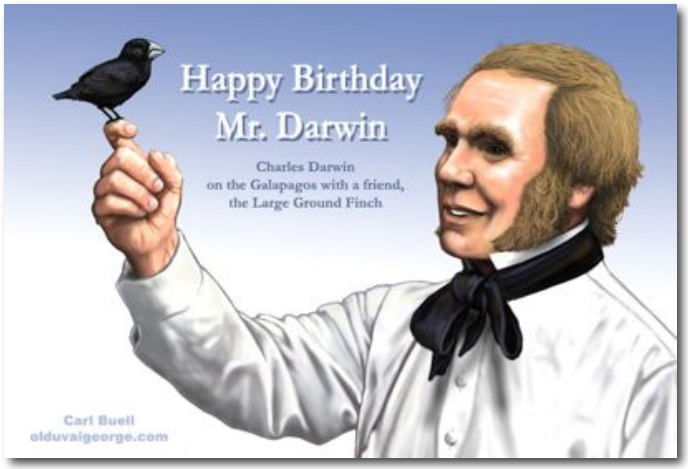
BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.



Po r. 1859 (On the origin of species…)

ARCHETYP » PŘEDEK
JEDNOTA PLÁNU » SPOLEČNÝ PŮVOD

Homologie struktura zděděná od společného předka,
který už ji měl v této formě
(společná evoluce znaků)

Analogie dána do souvislosti s adaptací prostředí
(ne-společná evoluce znaků)

Homologie je jedním z nejdůležitějších termínů srovnávací biologie *sensu lato*, tvoří nezbytný předpoklad všech srovnávacích studií od genů až po fenotyp

viz též: *O původu přírodních věd – MS720P51 (Karel Kleisner)*

- **Analogie** dána do souvislosti s adaptací prostředí (ne-společná evoluce znaků)

- **Homologie** struktura zděděná od společného předka (společná evoluce znaků)

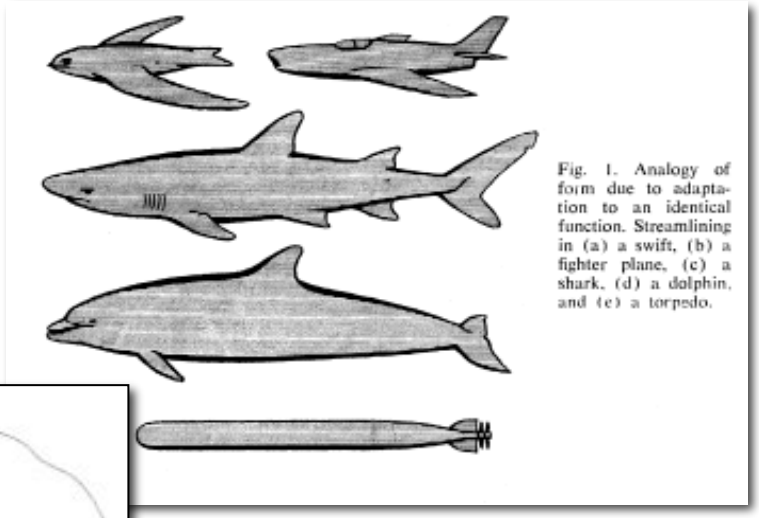


Fig. 1. Analogy of form due to adaptation to an identical function. Streamlining in (a) a swift, (b) a fighter plane, (c) a shark, (d) a dolphin, and (e) a torpedo.

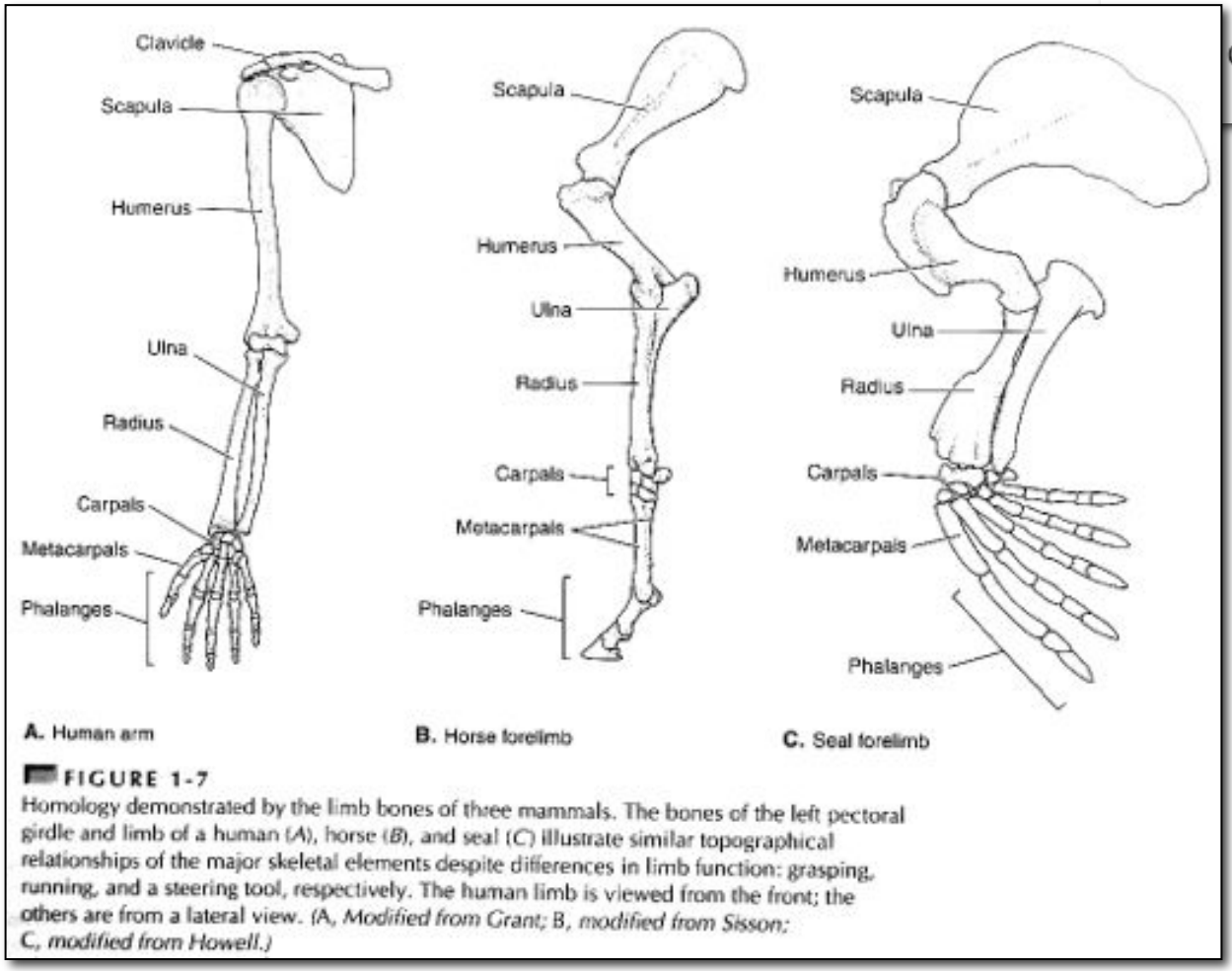
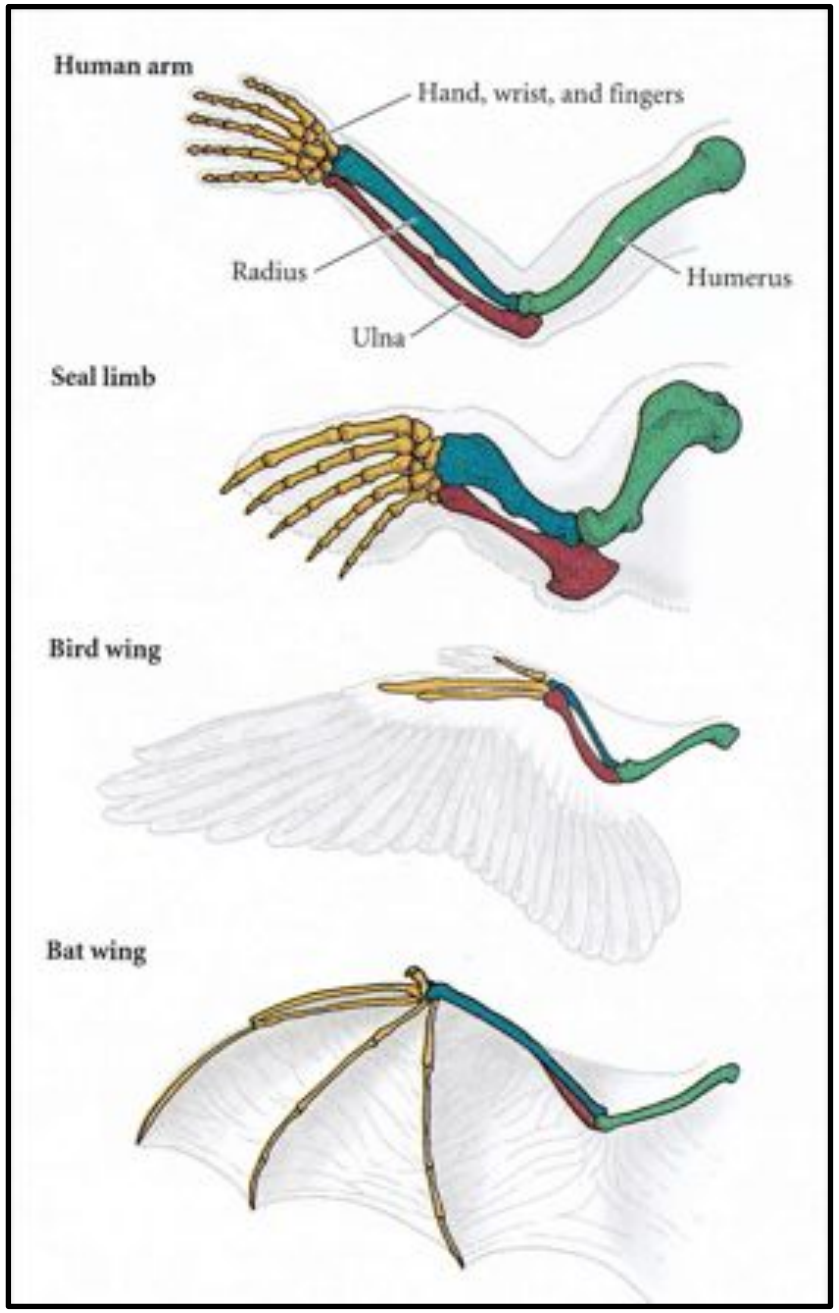


FIGURE 1-7
Homology demonstrated by the limb bones of three mammals. The bones of the left pectoral girdle and limb of a human (*A*), horse (*B*), and seal (*C*) illustrate similar topographical relationships of the major skeletal elements despite differences in limb function: grasping, running, and a steering tool, respectively. The human limb is viewed from the front; the others are from a lateral view. (A, *Modified from Grant;* B, *modified from Sisson;* C, *modified from Howell.)*

srv. Saint-Hilaire:
principe des connexions



Homologie

vs.

analogie (=homoplasie)

Křídla (na obr.) jsou homologická jakožto modifikované přední končetiny, jednotlivé elementy jsou homologické sobě navzájem, nicméně křídla jsou homoplasická jakožto létadla, neboť se vyvinula nezávisle a společný předek těchto skupin neměl přední končetiny přeměněná na křídla.

Homologie – homoplasie

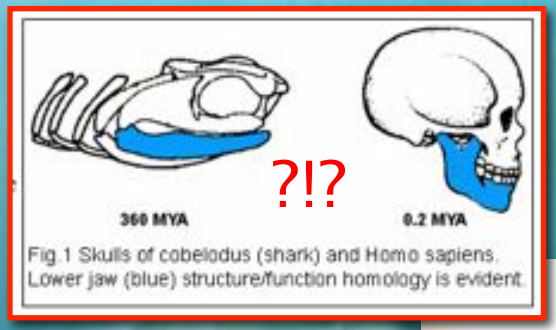


Fig.1 Skulls of cobelodus (shark) and Homo sapiens. Lower jaw (blue) structure/function homology is evident.

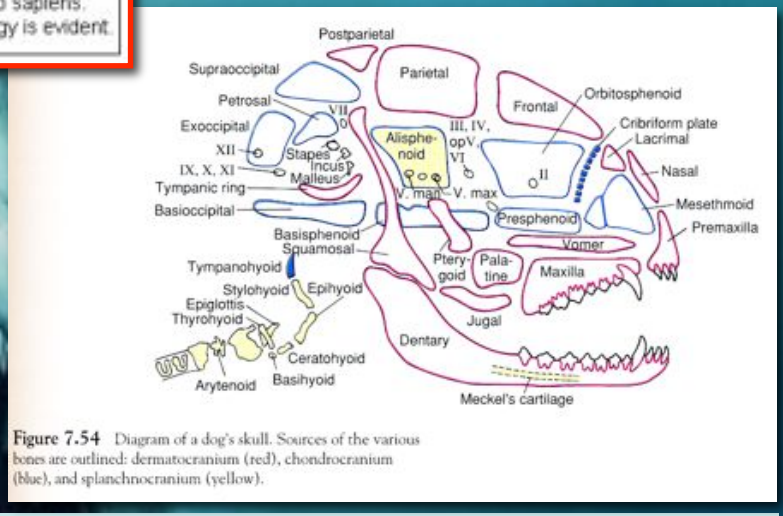
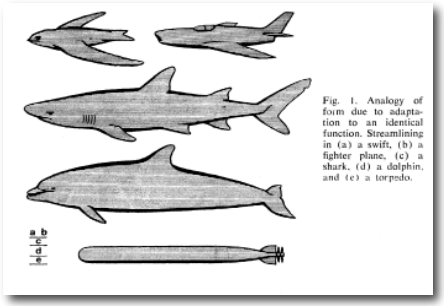


Figure 7.54 Diagram of a dog's skull. Sources of the various bones are outlined: dermatocranium (red), chondrocranium (blue), and splanchnocranium (yellow).

Spodní čelist žraloka a savce je homologická jakožto funkční jednotka (“spodní čelist” a “spodní čelist”), nicméně na úrovni strukturální mohou tyto elementy být považovány za homoplasické, neboť jeden je chrupavka spodní čelisti vznikající z chondrocytů (tzv. mandibulare resp. Meckelova chrupavka), zatímco druhý je dermální kost vznikající osifikací ve škáře (dentary).

JAWS
Copyright 1975 Universal Studios

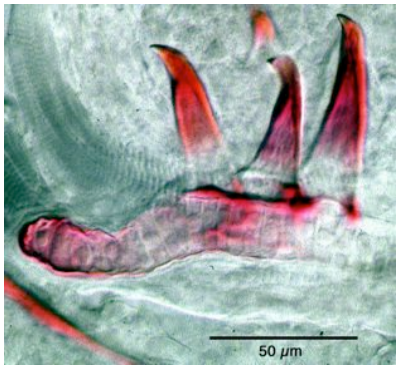


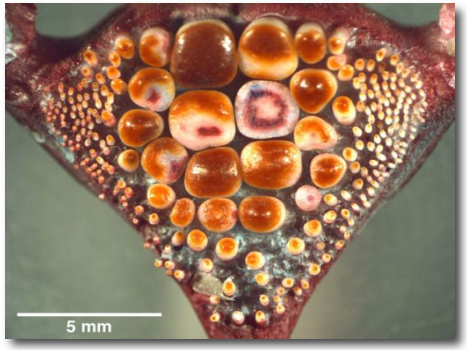
Morfologie: forma & funkce

Forma a funkce

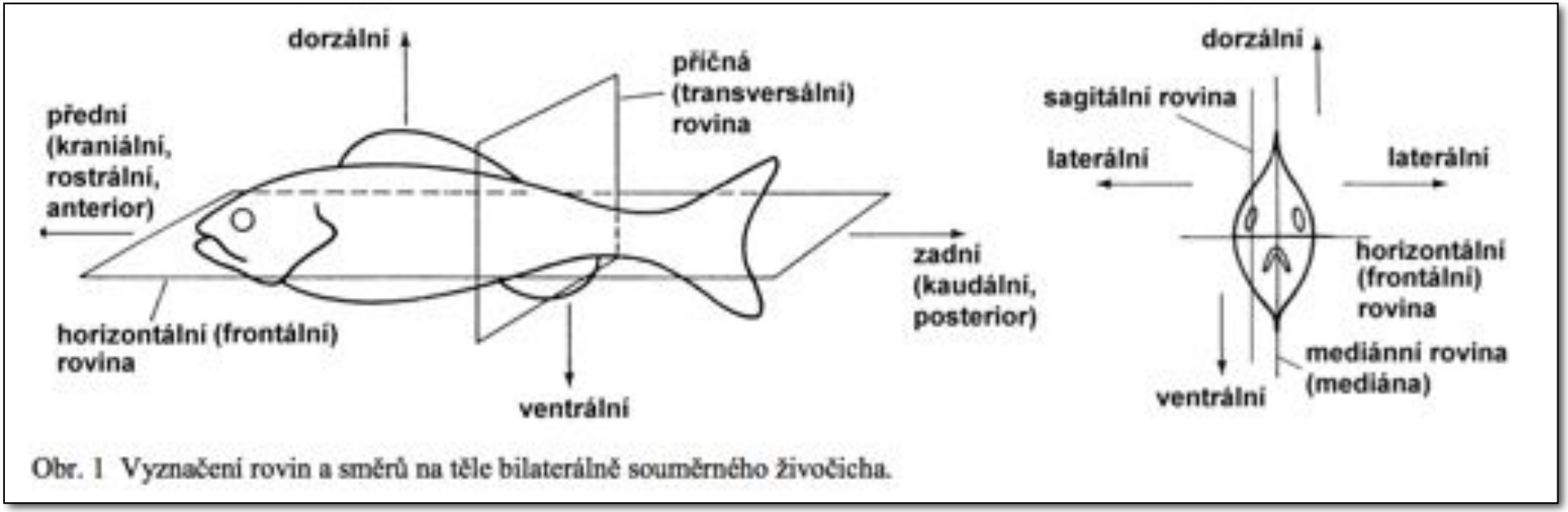
odlišná funkce vede *tvar* k odlišné formě

Tvar/forma/struktura mají pro biologa obrovskou vypovídající hodnotu: morfologické adaptace jsou hypotézami o prostředí

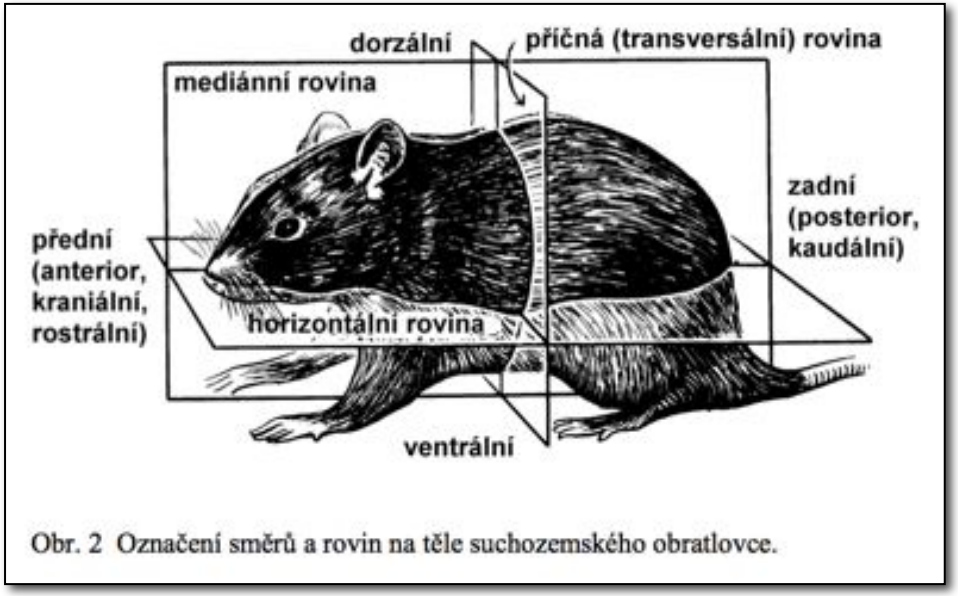




Směry a roviny

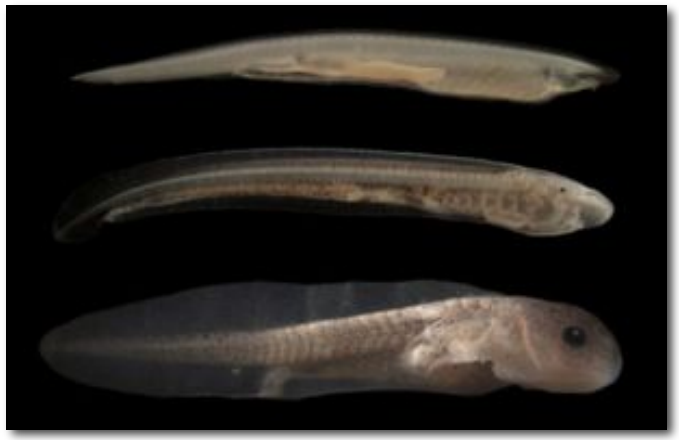


Obr. 1 Vyznačení rovin a směrů na těle bilaterálně souměrného živočicha.

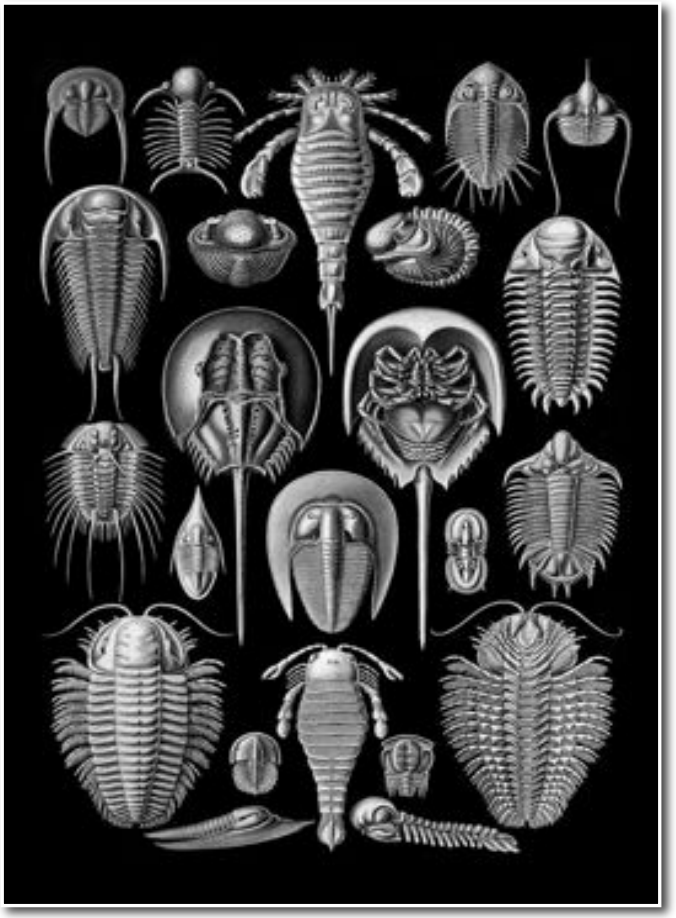


Obr. 2 Označení směrů a rovin na těle suchozemského obratlovce.

Stabilita morfologií a Tělní plány (Bauplan)



Bauplan (tělní, strukturní plán):
Bau: design, struktura, forma, konstrukční typ;
Plan: plán, design, účel.



- **Bauplan** representuje základní organisační plán (*embryologický, morfologický, na úrovni exprese základních selekčních genů* etc) pro vyšší taxon (-y) mnohobuněčných živočichů, jako je kmen či třída.
  srv. též symetrie, počet segmentů, počet končetin atp;
  srv. též ekologické niky!

- Také jinak: **představuje základní strukturální plán monofyletické jednotky**, takže můžeme mluvit o "tělním plánu"strunatců, obratlovců či kupř. pavouků.

- Je to vysoce konservativní plán či forma, dle nějž je tělo vystaveno a dle nějž je dokážeme popsat a systematicky zařadit.

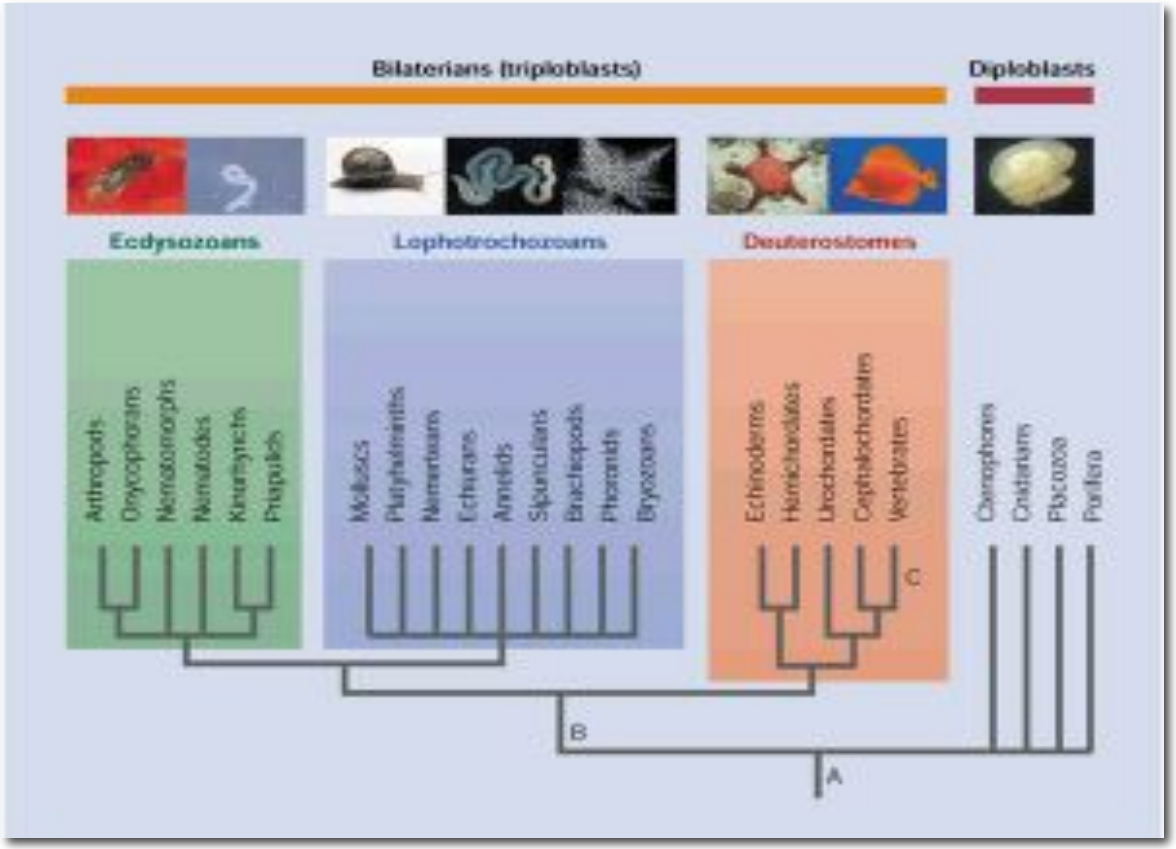
„Tělní plán“ nás obratlovců a strunatců

STRUNATCI (CHORDATA)

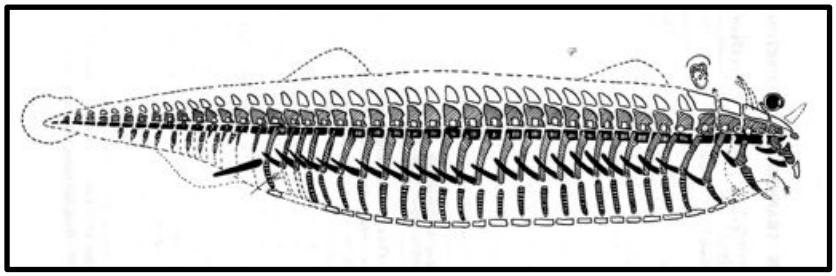
Pláštěnci (**Urochordata**) 2000 spp.

Kopinatci (**Cephalochordata**) 30 spp.

Obratlovci (**Vertebrata** syn. **Craniata**) 50 000 spp.

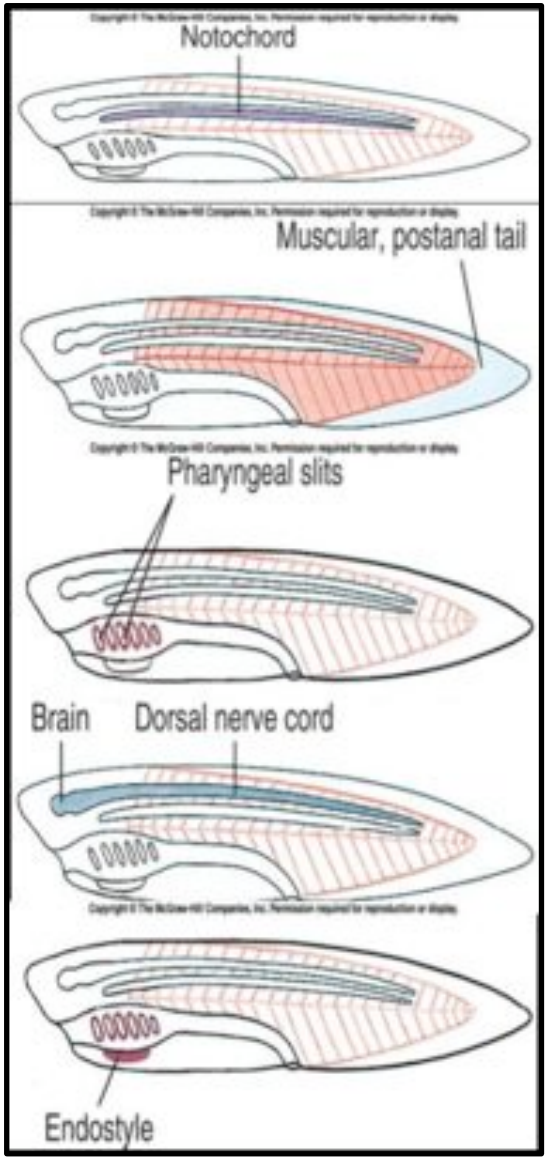


Apomorfie jako základ tělních plánů (vs. plesiomorfie)



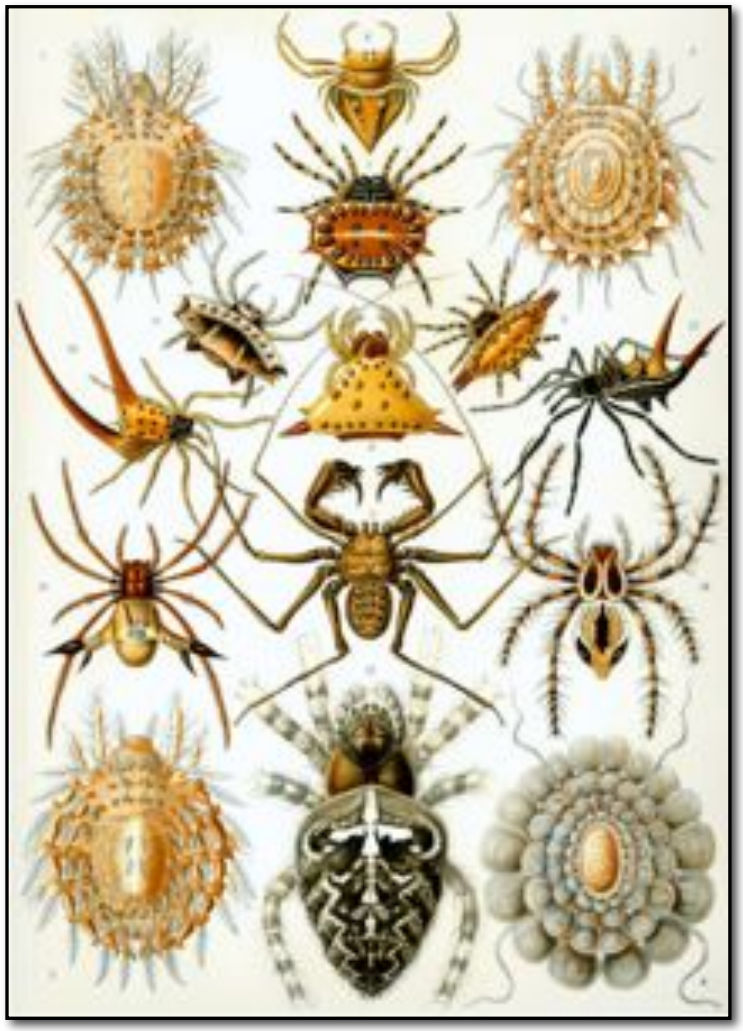
Strunatci – Chordata

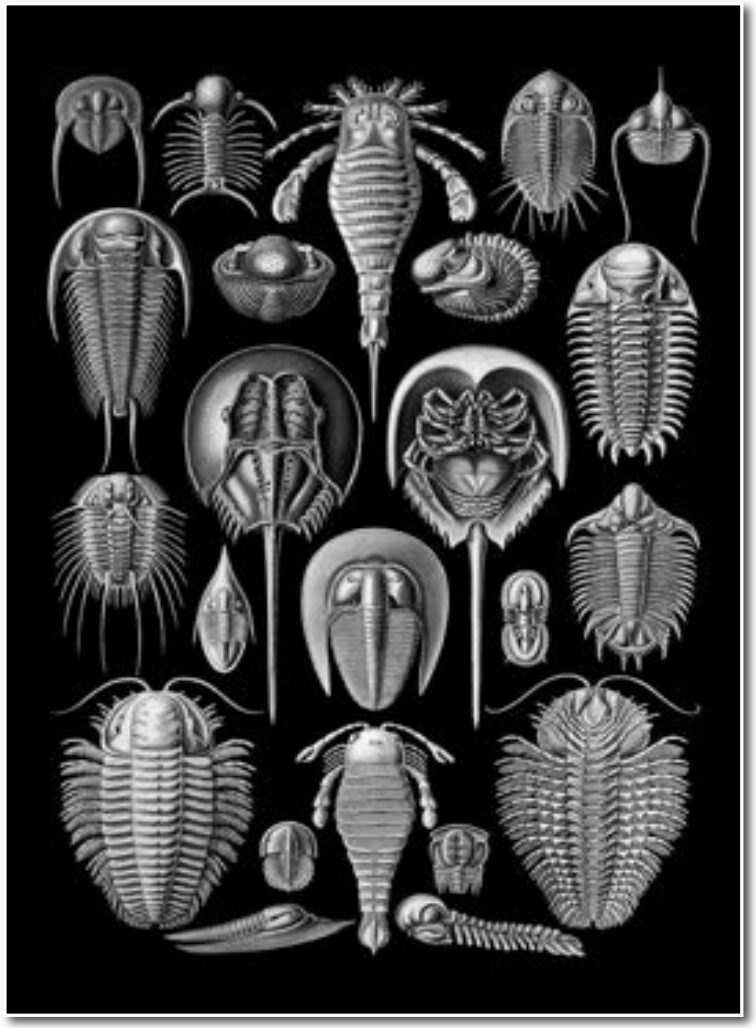
- Chorda dorsalis (struna hřbetní, notochord)
- Trubicová nervová soustava
- Faryngotremie (protržení faryngu)
- Žlaznatý úsek na ventrální straně hltanu (endostyl)
- Ventrální posice pulsujícího centra krevního oběhu
- Ocasní část těla (postanální ocas) – pohyb
- Metamerisace tělní stavby a dorsoventrální polarisace mesodermu



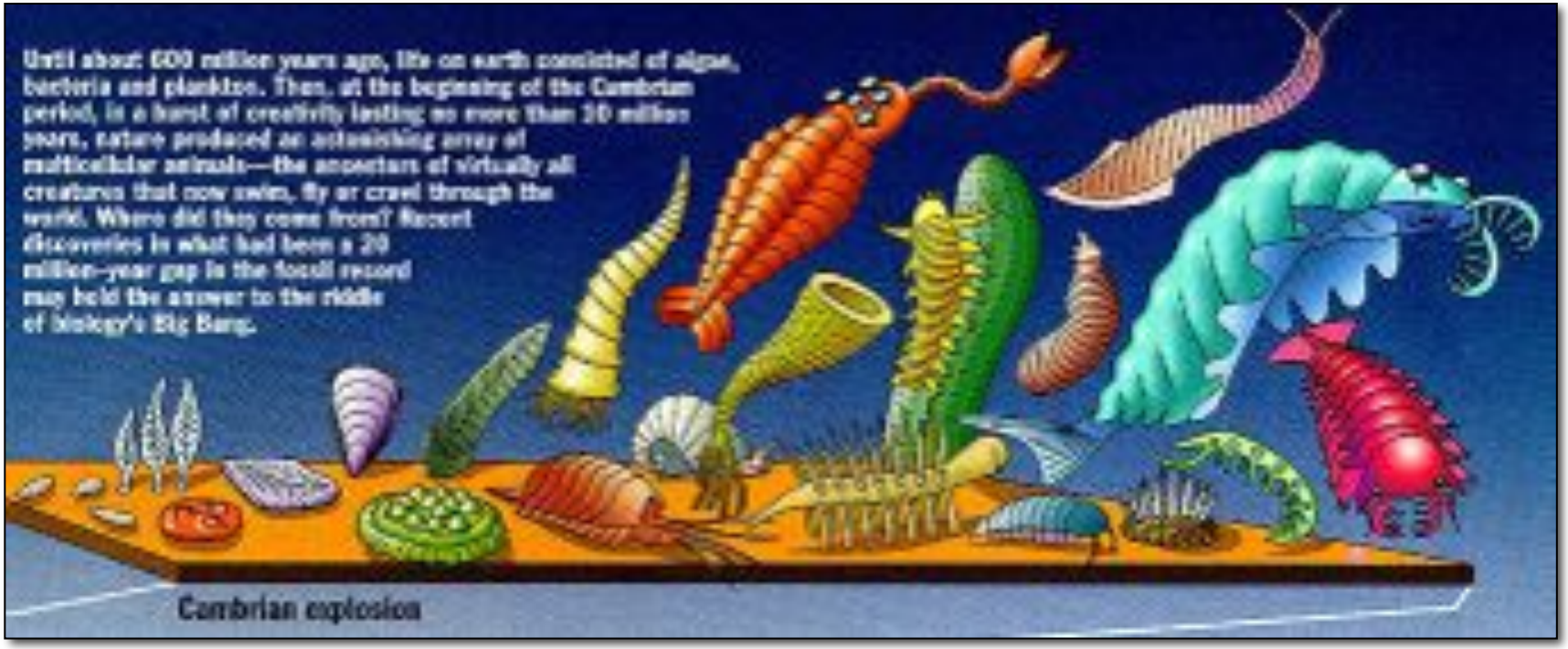
Tělní plán (*Bauplan*): variace na jedno téma

diversita vs. **disparita** (=diversita v tělních plánech)





Vznik nových tělních plánů: kambrická exploze, biologický „velký třesk“

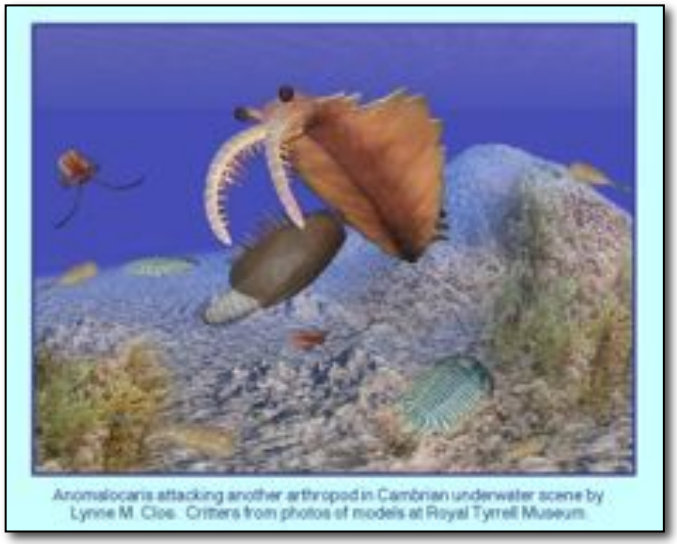


- 530 – 520 mil. let (prekambrium/kambrium)
- Vznik nových tělních plánů (*diverzita* vs. *disparita*)
- Vysvětlení: globální klimatické změny, tlak predátorů vedoucí k vytvoření pevných schránek, nové „nadrátování“ genetických komponent (srv. genové regulační sítě), …

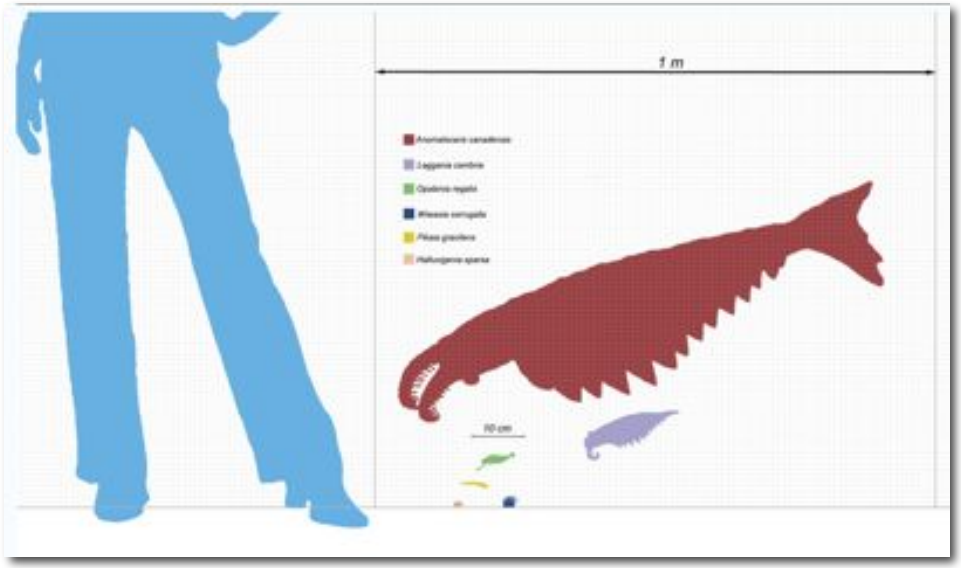
Burgesské břidlice
(Burgess Shale),

kambrická exploze: biologický „velký třesk“

Anomalocaris sp.

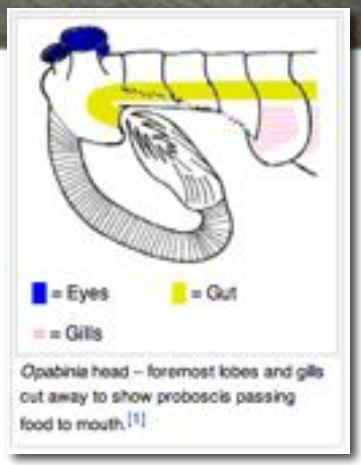


Anomalocaris attacking another arthropod in Cambrian underwater scene by Lynne M. Clos. Critters from photos of models at Royal Tyrrell Museum



kambrická exploze: biologický „velký třesk“

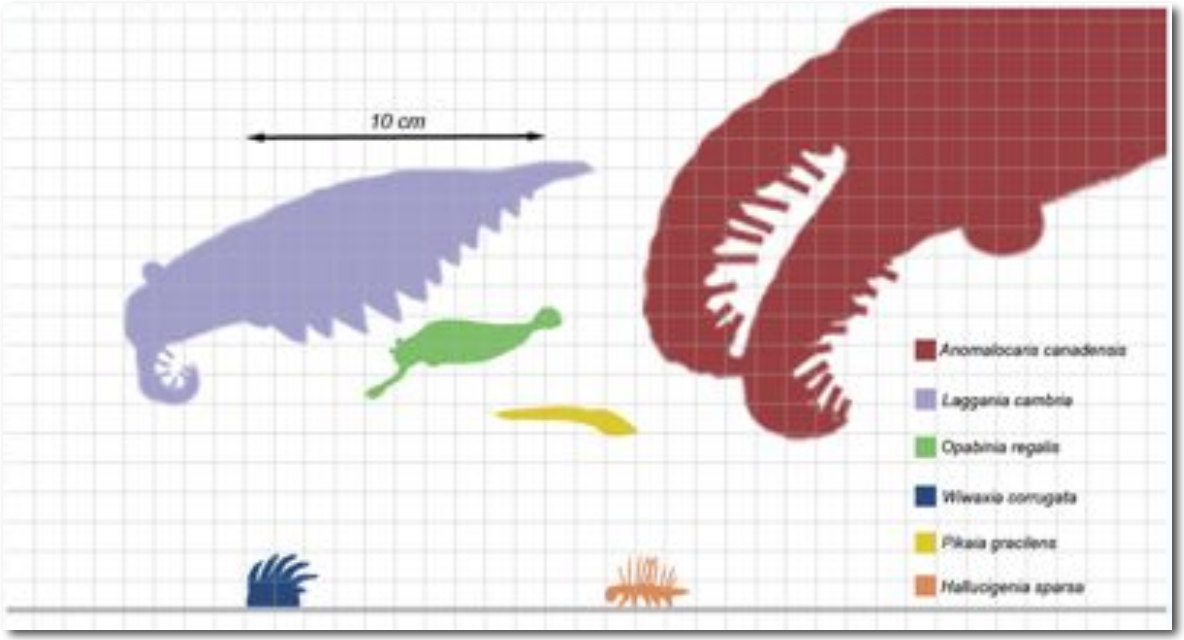
Opabinia regalis



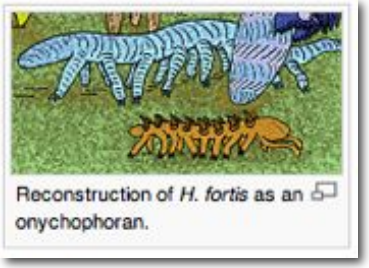
Opabinia head – foremost lobes and gills cut away to show proboscis passing food to mouth.[1]

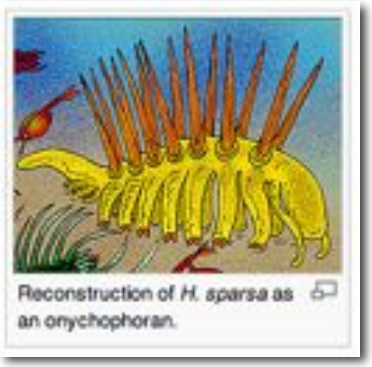
kambrická exploze: biologický „velký třesk“

Hallucinogenia sp.



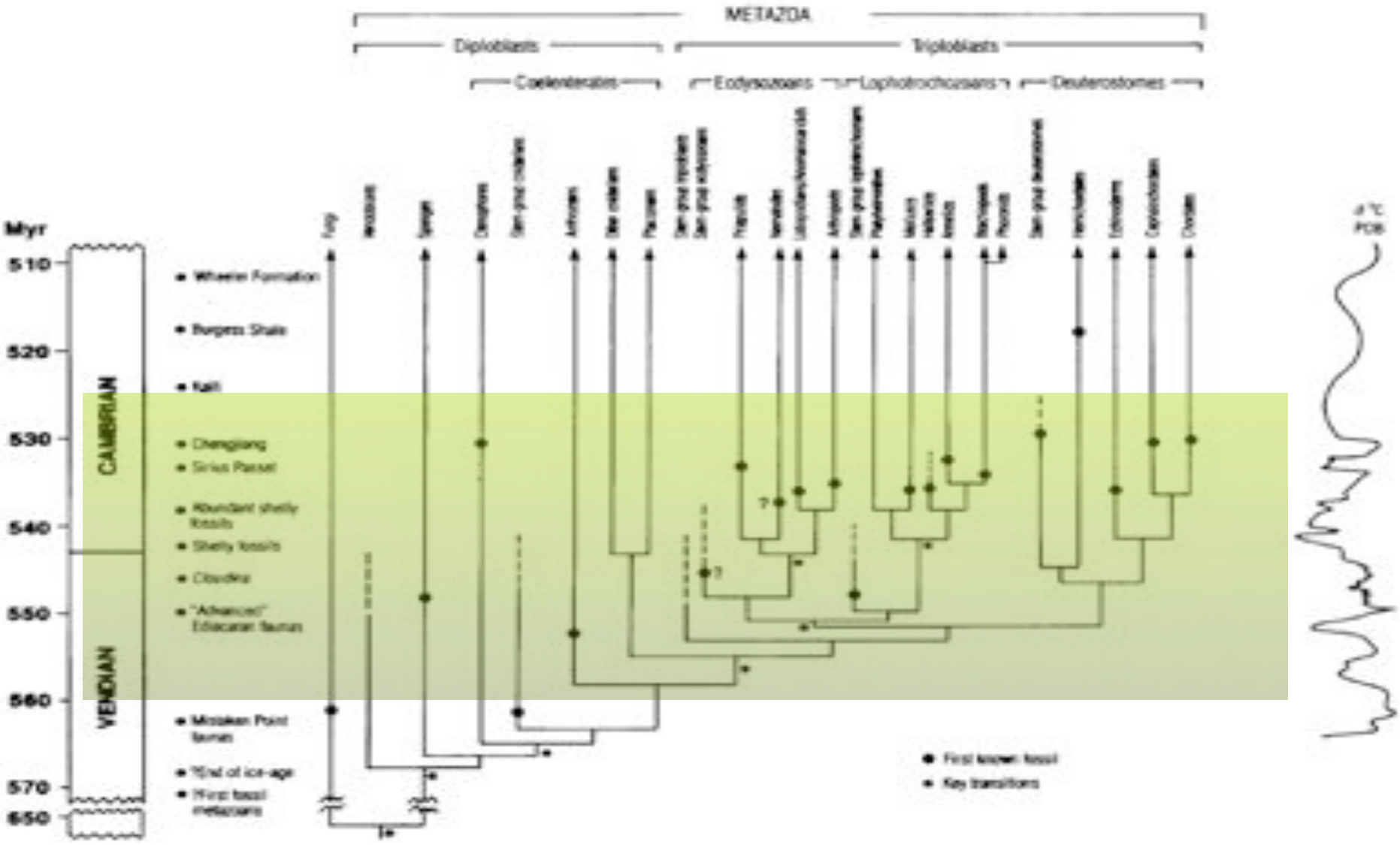
Fossil specimen on display at the Smithsonian in Washington, DC


Reconstruction of *H. fortis* as an onychophoran.


Reconstruction of *H. sparsa* as an onychophoran.

Kambrická exploze: **vše podstatné v evoluci živočichů**

(vymezení tělních plánů, ustavení hlavních kmenů včetně jejich vývojového potenciálu, atp) **se událo během 40 mil. let (cca 1% historie Země !!!)**



Každý kmen (**a tudíž každý tělní plán**) evolučně vznikl z jednoho klíčového zakládajícího eventu…

…a má nezávislou evoluční historii po více než 550 mil. let

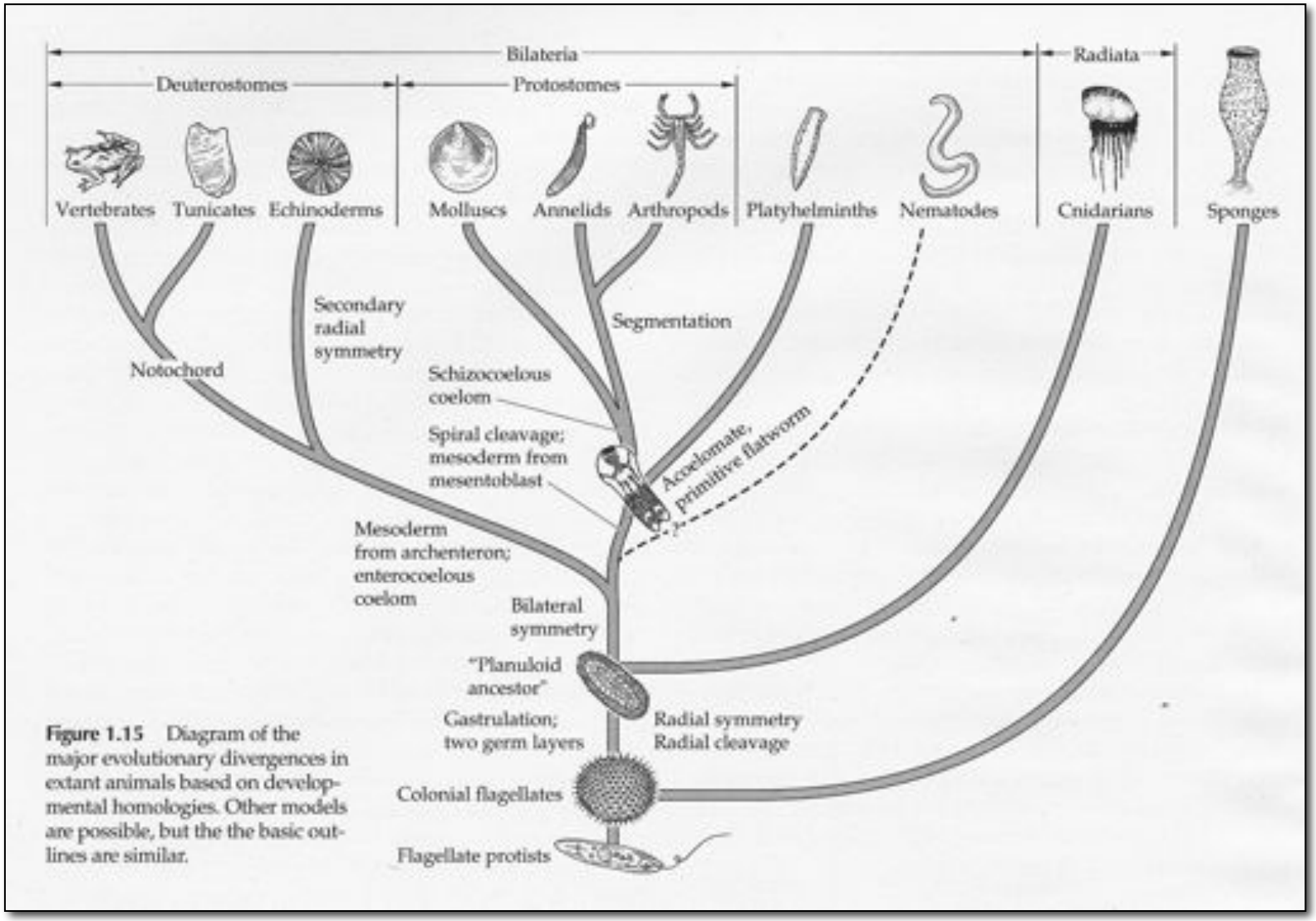


Figure 1.15 Diagram of the major evolutionary divergences in extant animals based on developmental homologies. Other models are possible, but the the basic outlines are similar.

Ontogeneze (vývin) morfologií a vztah ontogeneze a evoluce

- Jak *tvary* během ontogeneze vznikají a vyvíjejí se
- Jak změny v ontogenezi ovlivňují fylogenezi a evoluci (souslednost jedinců/ontogenezí)

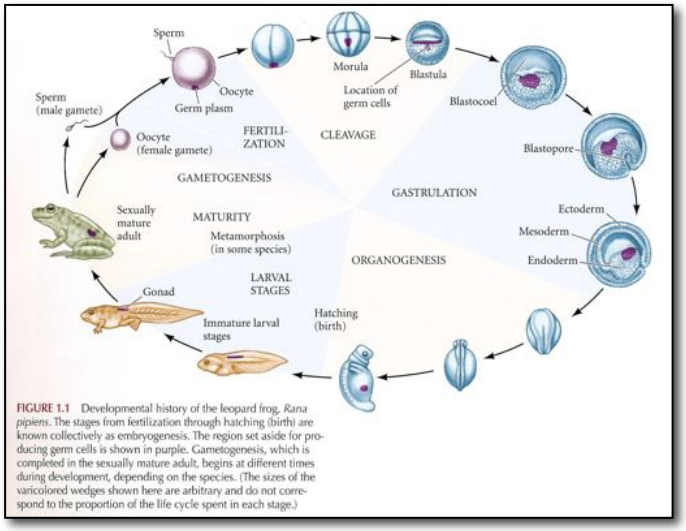


FIGURE 1.1 Developmental history of the leopard frog, *Rana pipiens*. The stages from fertilization through hatching (birth) are known collectively as embryogenesis. The region set aside for producing germ cells is shown in purple. Gametogenesis, which is completed in the sexually mature adult, begins at different times during development, depending on the species. (The sizes of the varicolored wedges shown here are arbitrary and do not correspond to the proportion of the life cycle spent in each stage.)

Abb. 1: Embryonenbilder aus Haeckels "Anthropogenie", 1. Aufl. 1874, Tafel VI und VII. Haeckel schreibt dazu: "Die beiden Tafeln VI und VII sollen die mehr oder minder bedeutende Übereinstimmung versinnlichen, welche hinsichtlich der wichtigsten Formverhältnisse zwischen dem Embryo des Menschen und dem Embryo der Wirbelthiere in frühen Perioden der individuellen Entwicklung besteht."

Evoluce (fylogeneze) je ve skutečnosti *vytvářena* sledem ontogenezí:

evoluční změny mohou jednoduše vznikat změnou časování událostí (*heterochronie*) či změnou místa/topicity (*heterotopie*) událostí u potomka vs. předka

Srv. také : ontogenese rekapituluje fylogenesi (1866 Ernst Heckel)

Ontogeneze = vývin = vývoj jedince

- Jak *tvary* během ontogenese vznikají a vyvíjejí se

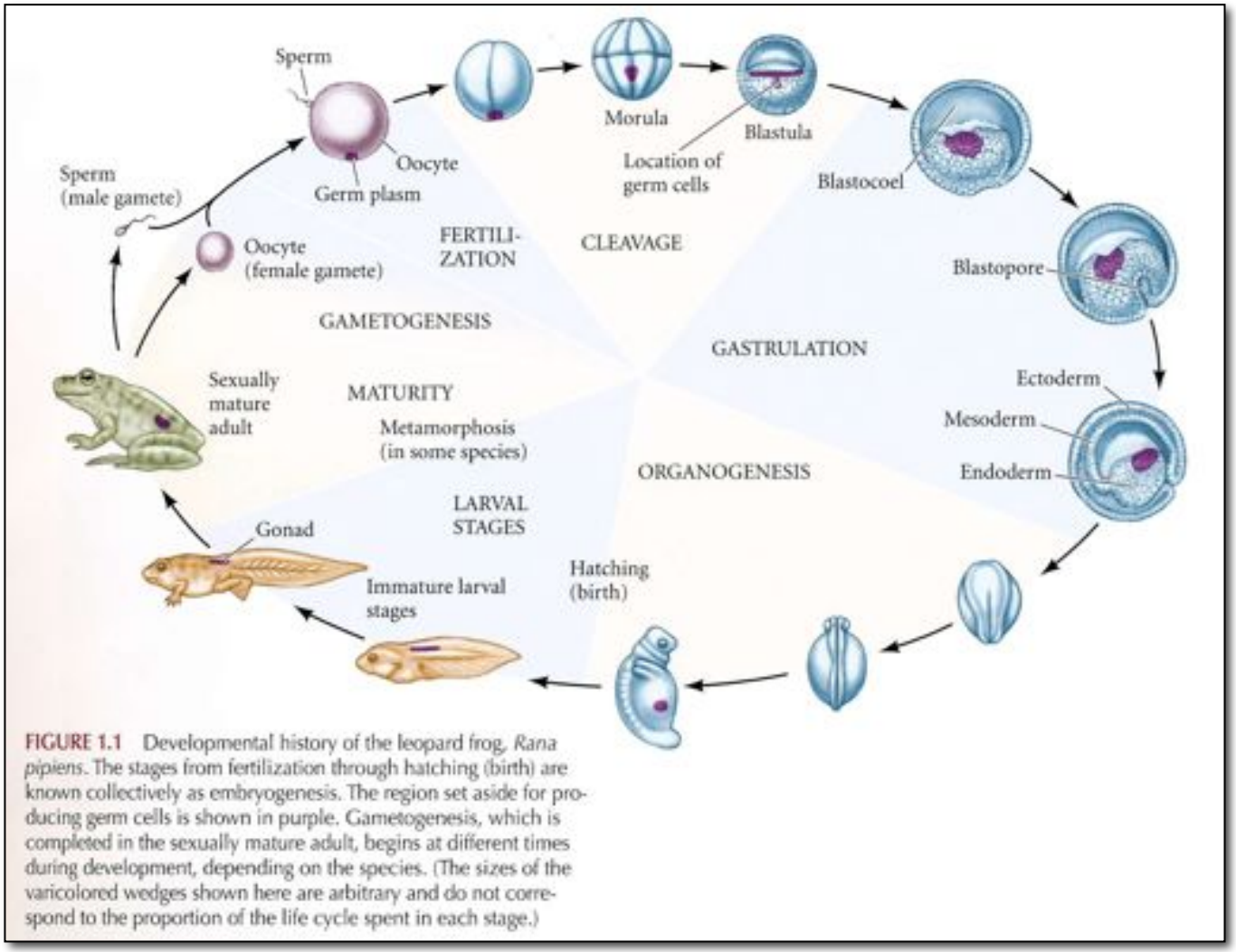


FIGURE 1.1 Developmental history of the leopard frog, *Rana pipiens*. The stages from fertilization through hatching (birth) are known collectively as embryogenesis. The region set aside for producing germ cells is shown in purple. Gametogenesis, which is completed in the sexually mature adult, begins at different times during development, depending on the species. (The sizes of the varicolored wedges shown here are arbitrary and do not correspond to the proportion of the life cycle spent in each stage.)

Životní cyklus, specializace jednotlivých stadií

Jak *tvary* během ontogenese vznikají a vyvíjejí se

[pouze] Mnohobuněčné organismy (Metazoa) vytvářejí zárodečné vrstvy (listy), poskytující materiál k další diferenciaci tkání a orgánů

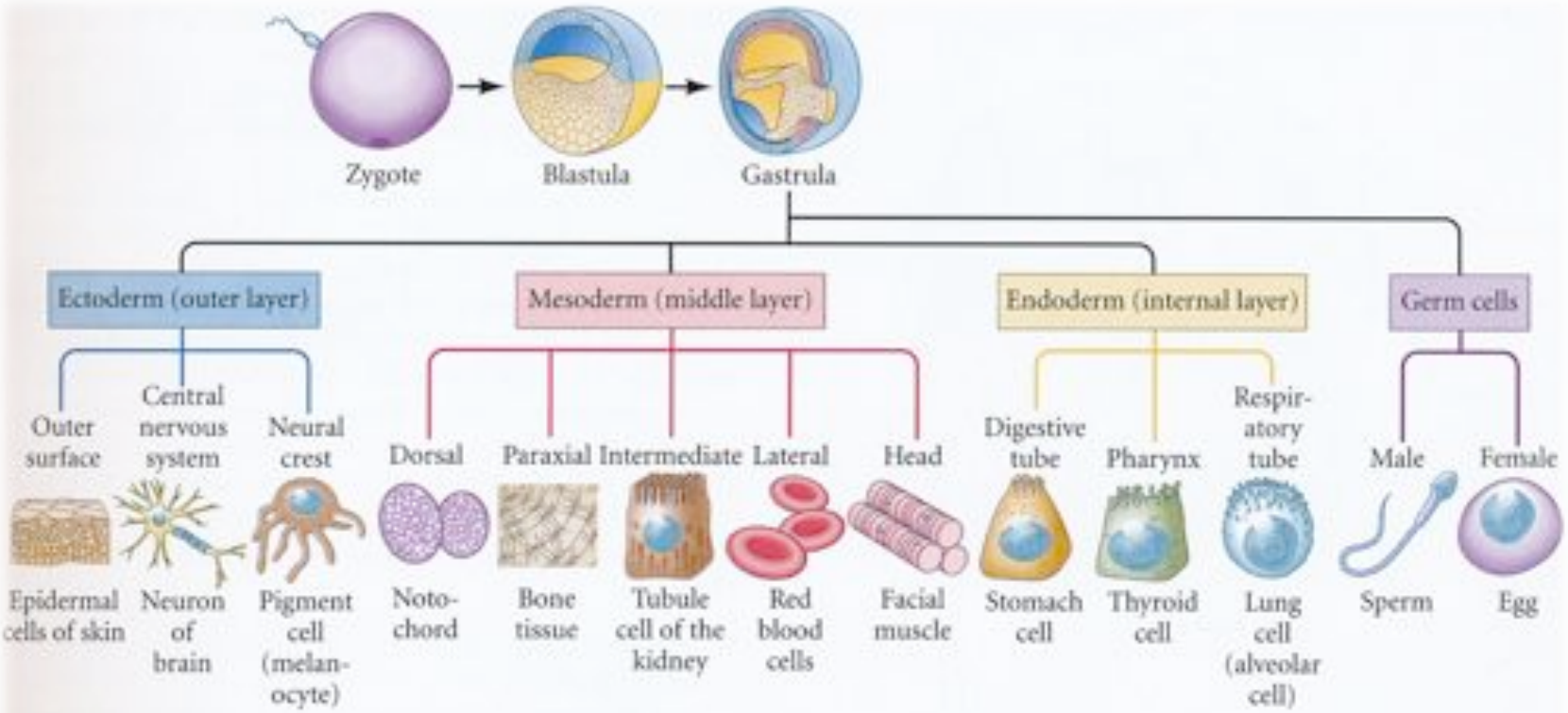


FIGURE 1.7 The dividing cells of the fertilized egg form three distinct embryonic germ layers. Each of the germ layers gives rise to myriad differentiated cell types (only a few representatives are shown here) and distinct organ systems. The germ cells (precursors of the sperm and egg) are set aside early in development and do not arise from any particular germ layer.

Jak *tvary* během ontogenese vznikají a vyvíjejí se

Gastrulace» zárodečné vrstvy» organogenese: teorie zárodečných vrstev

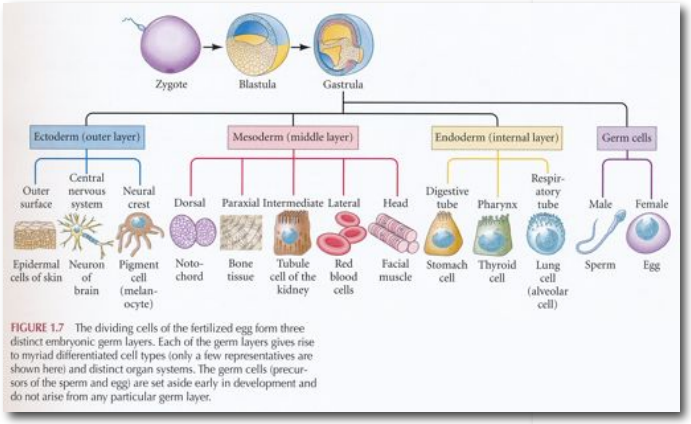
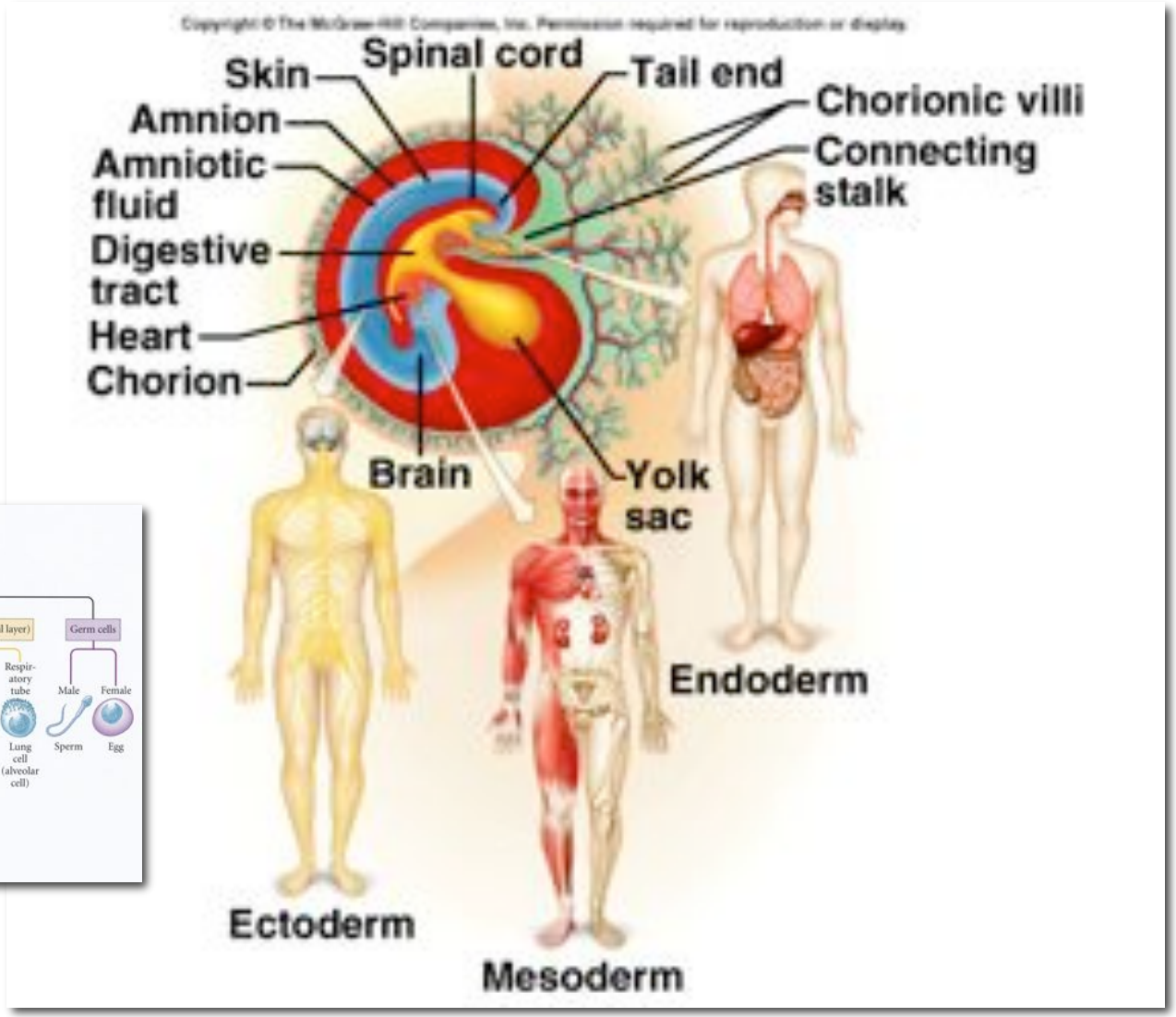


FIGURE 1.7 The dividing cells of the fertilized egg form three distinct embryonic germ layers. Each of the germ layers gives rise to myriad differentiated cell types (only a few representatives are shown here) and distinct organ systems. The germ cells (precursors of the sperm and egg) are set aside early in development and do not arise from any particular germ layer.

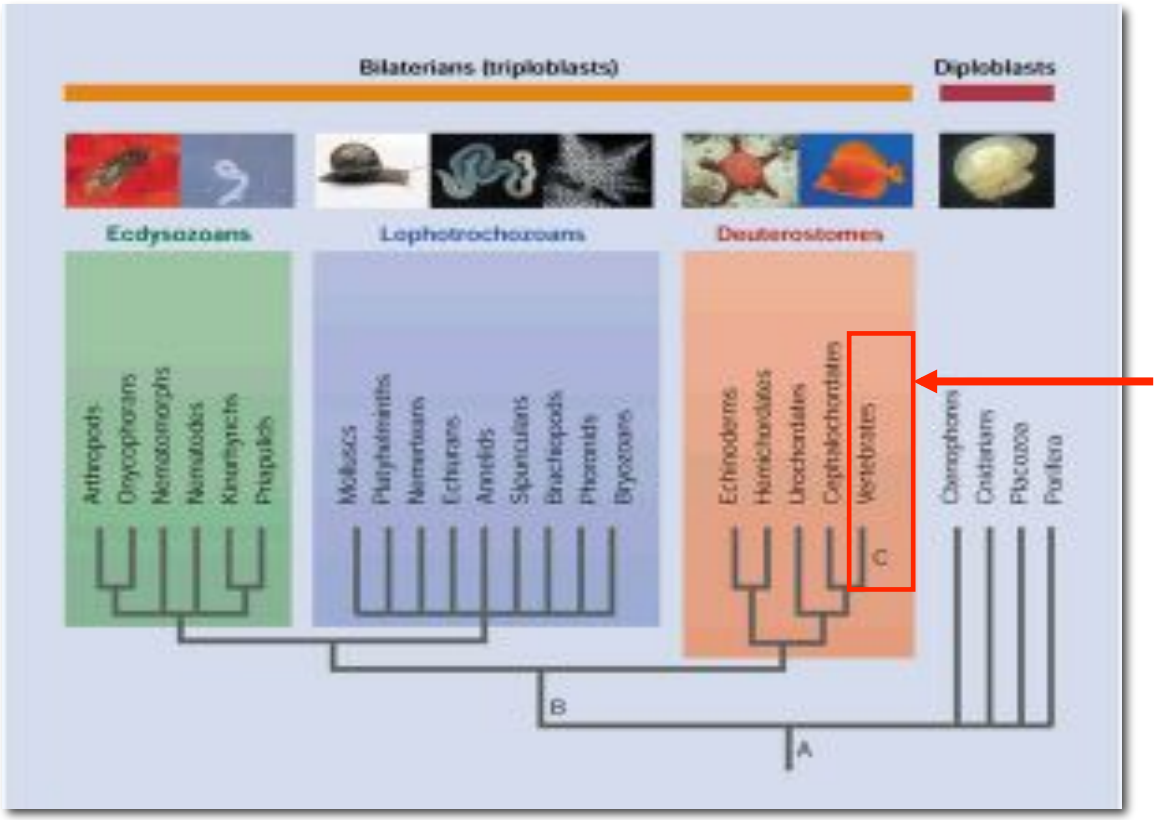


Gastrulace » zárodečné vrstvy » organogenese (vznik (*homologických*) orgánů)

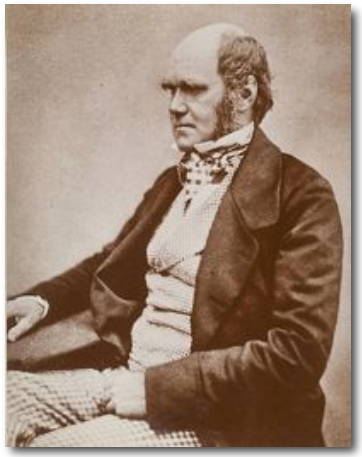
Zárodečné vrstvy

Diblastika – ektoderm + entoderm = primární zárodečné vrstvy;
organismy mající spíše epiteliální uspořádání/organizaci těl

Triblastika – mesoderm = 3. zár. vrstva; výplň mezi EKT–ENT;
organismy s výrazně více objemovou / 3D organizací těl



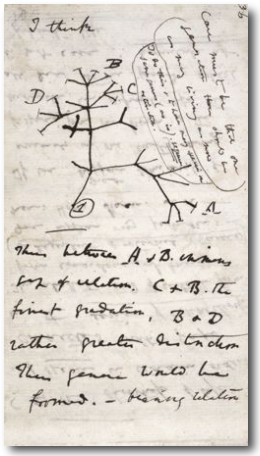
Tetrablastika – populace neurální lišty a plakod (a jejich buněčné deriváty)
představují 4. zárodečnou vrstvu (nás) obratlovců;
nadstavba díky vysoce migratorní populaci pluripotentních buněk, *metainterakce*



Vztah ontogeneze a evoluce:

ontogenese představuje svébytný

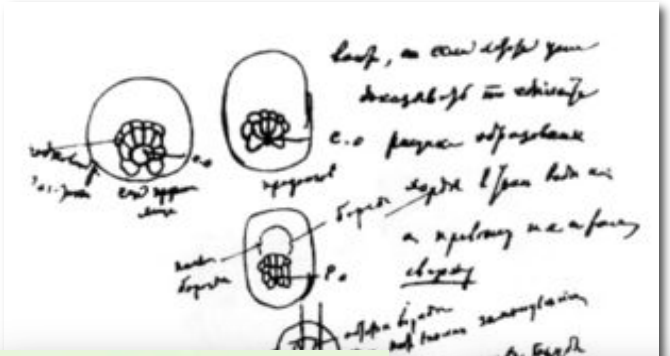
a důležitý zdroj informace



srv. Charles Darwin: embryologické důkazy evoluce

"Embryology is to me by far the strongest single class of facts in favor of change of forms."

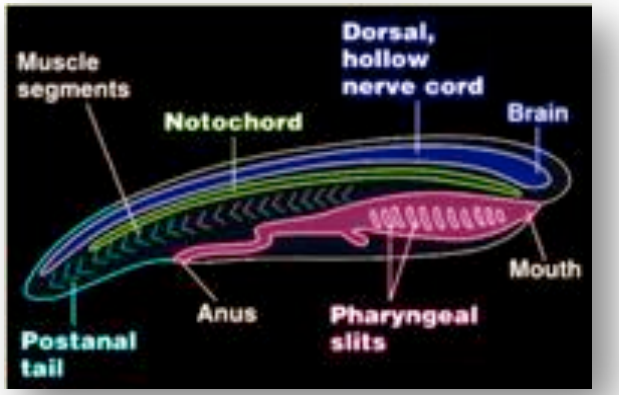
"Community of embryonic structure reveals community of descent"



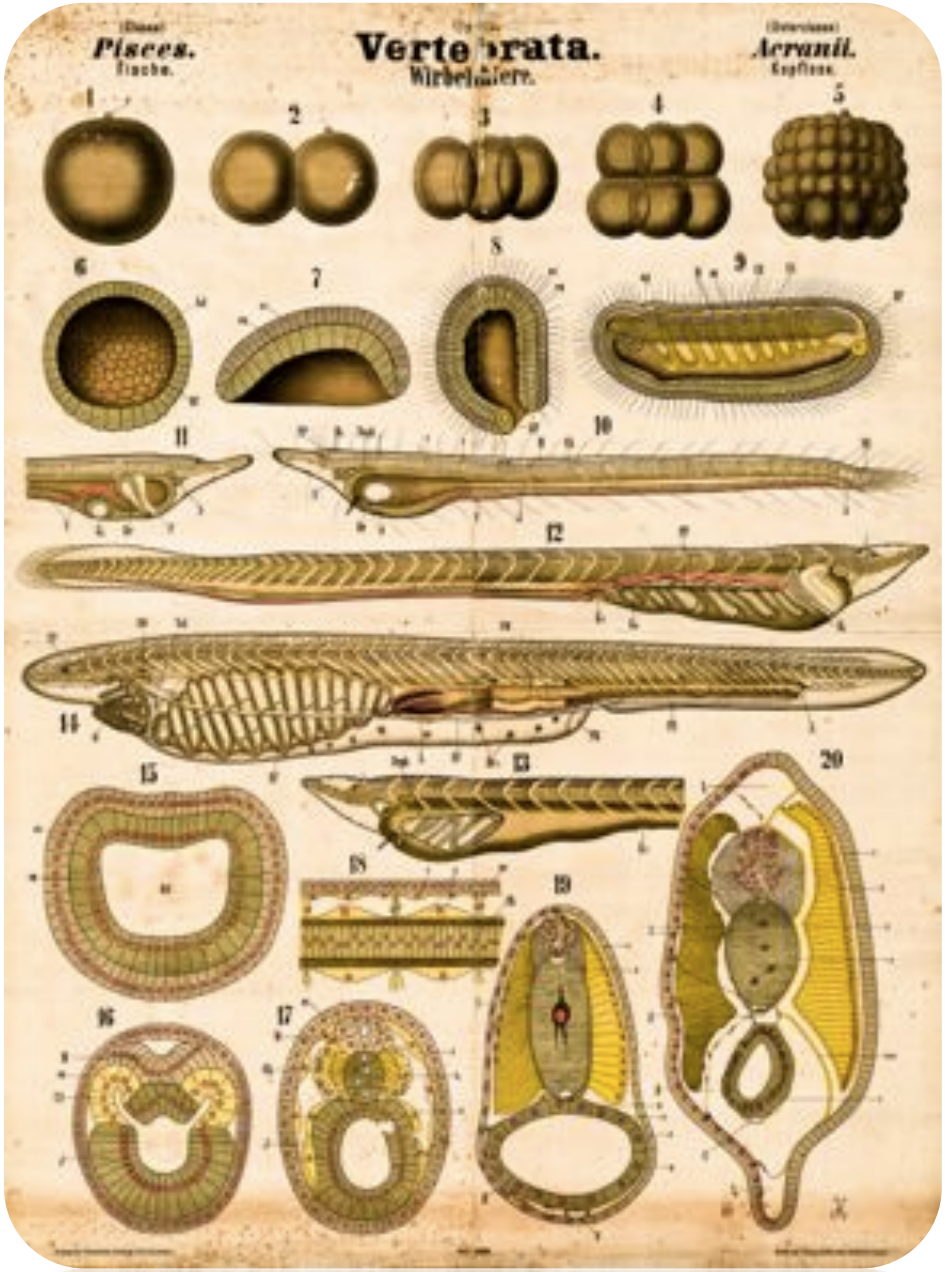
Embryonální znaky & evoluce

pláštěnci (1871) a kopinatci (1867)

náleží mezi (nás) strunatce!



Ascidiae.
Tunicata.
Mantelthiere.
Ascidiae simplices et sociales.


Pisces.
Vertebrata.
Wirbelthiere.
Acrania.

Ontogenetické, embryonální znaky představovaly “pattern of unification” organického světa i v před-evoluční době (1821 Meckel; 1828 von Baer)

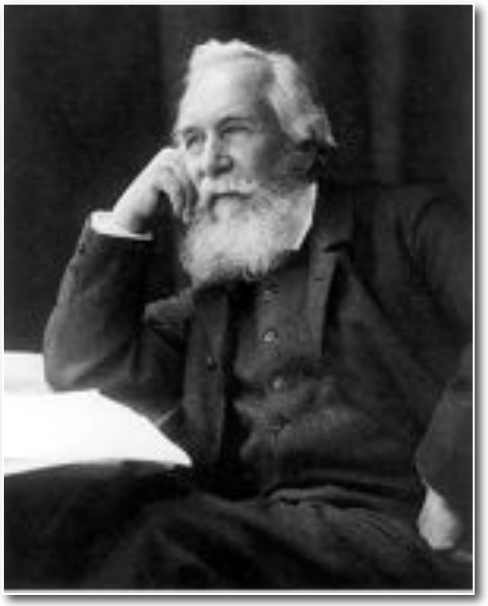
Karl von Baer (1848)

generalizace embryonálních vývojových řad
(tzv. biogenetický zákon):

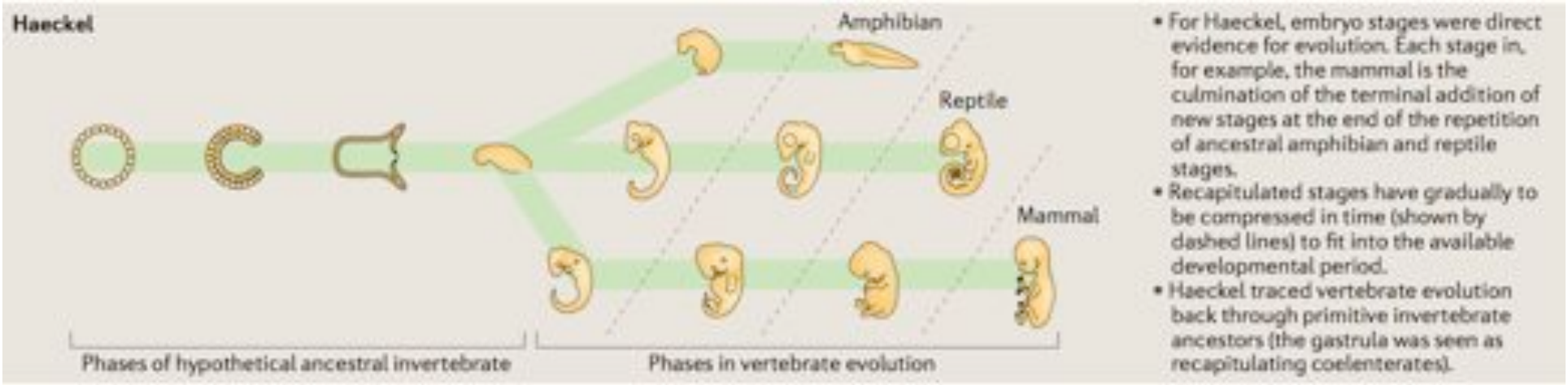
- Obecné znaky se v průběhu ontogenese objevují dříve než ty odvozené;
- Odvozené znaky se vyvíjejí ze znaků obecných a znaky obecné ze znaků ještě obecnějších v dřívějším vývoji;
- Embrya odlišných druhů se postupně odlišují jedno po druhém;
- Embrya vyšších organismů procházejí stadii, kdy jsou podobná embryím, ne však adultům nižších organismů.

Vztah ontogeneze a evoluce:
ontogeneze představuje svébytný a důležitý zdroj informace

Ernst Haeckel (1865):
pravidlo rekapitulace
(ontogenese rekapituluje fylogenesi):



- Počáteční stadia jsou universální: blastula, gastrula, neurula, faryngula
- Fylotyp (fylotypické stadium) – stadium se znaky kmene (skupiny), u strunatců pharyngula



Ernst Haeckel: fylotyp, fylotypické stadium

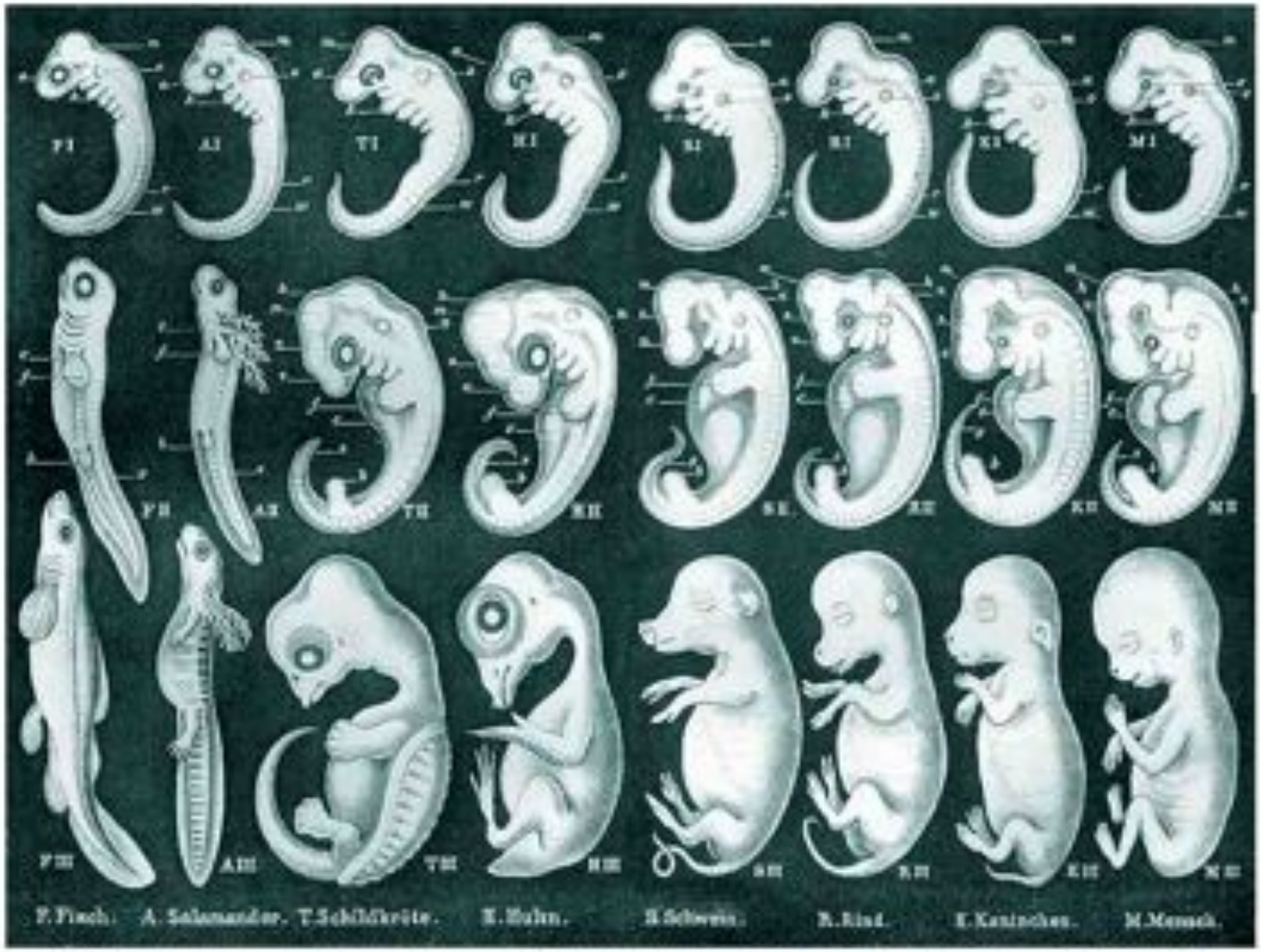
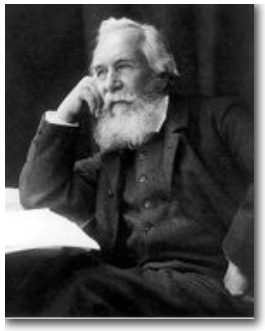
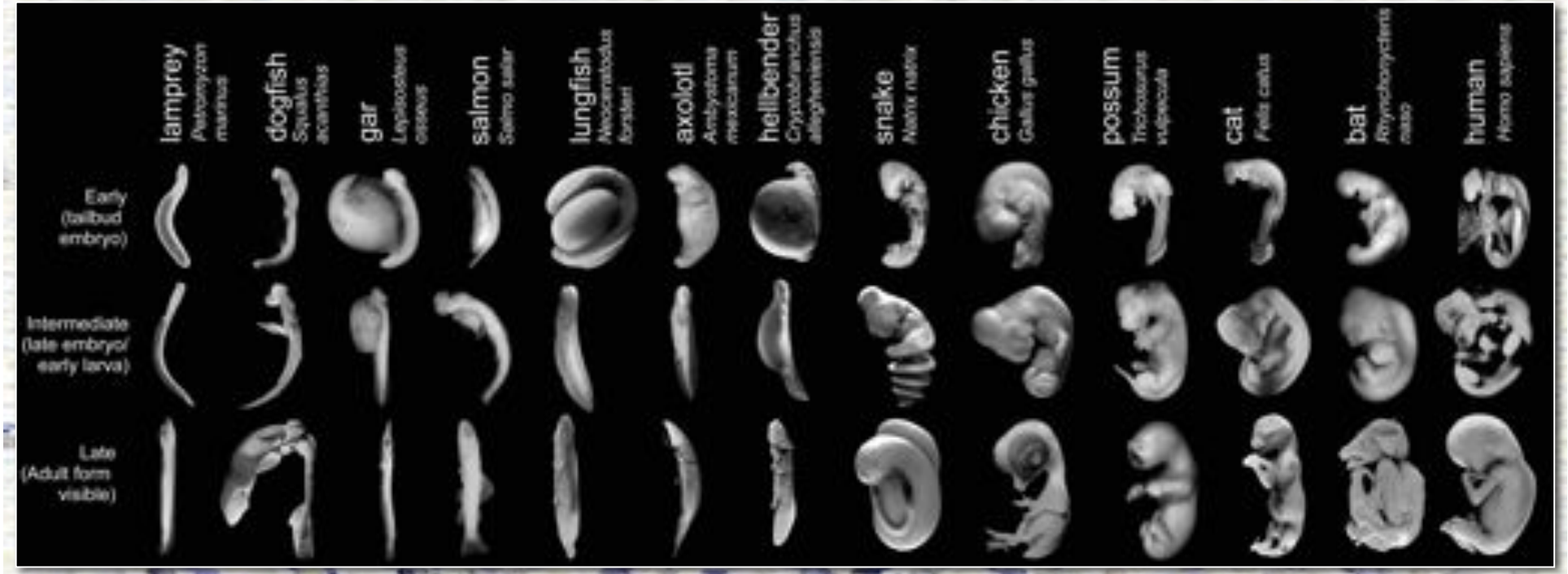


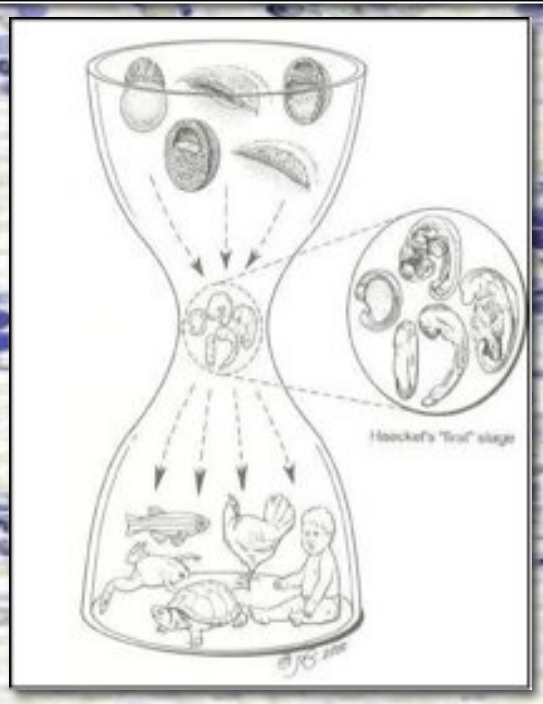
Abb. 1: Embryonenbilder aus Haeckels "Anthropogenie", 1. Aufl. 1874, Tafel VI und VII. Haeckel schreibt dazu: "Die beiden Tafeln VI und VII sollen die mehr oder minder bedeutende Übereinstimmung versinnlichen, welche hinsichtlich der wichtigsten Formverhältnisse zwischen dem Embryo des Menschen und dem Embryo der Wirbelthiere in frühen Perioden der individuellen Entwicklung besteht."



Ernst Haeckel:
heterochronie & heterotopie
jako principiální mechanismy
evolučních změn

srv. role vývoje v evoluci!



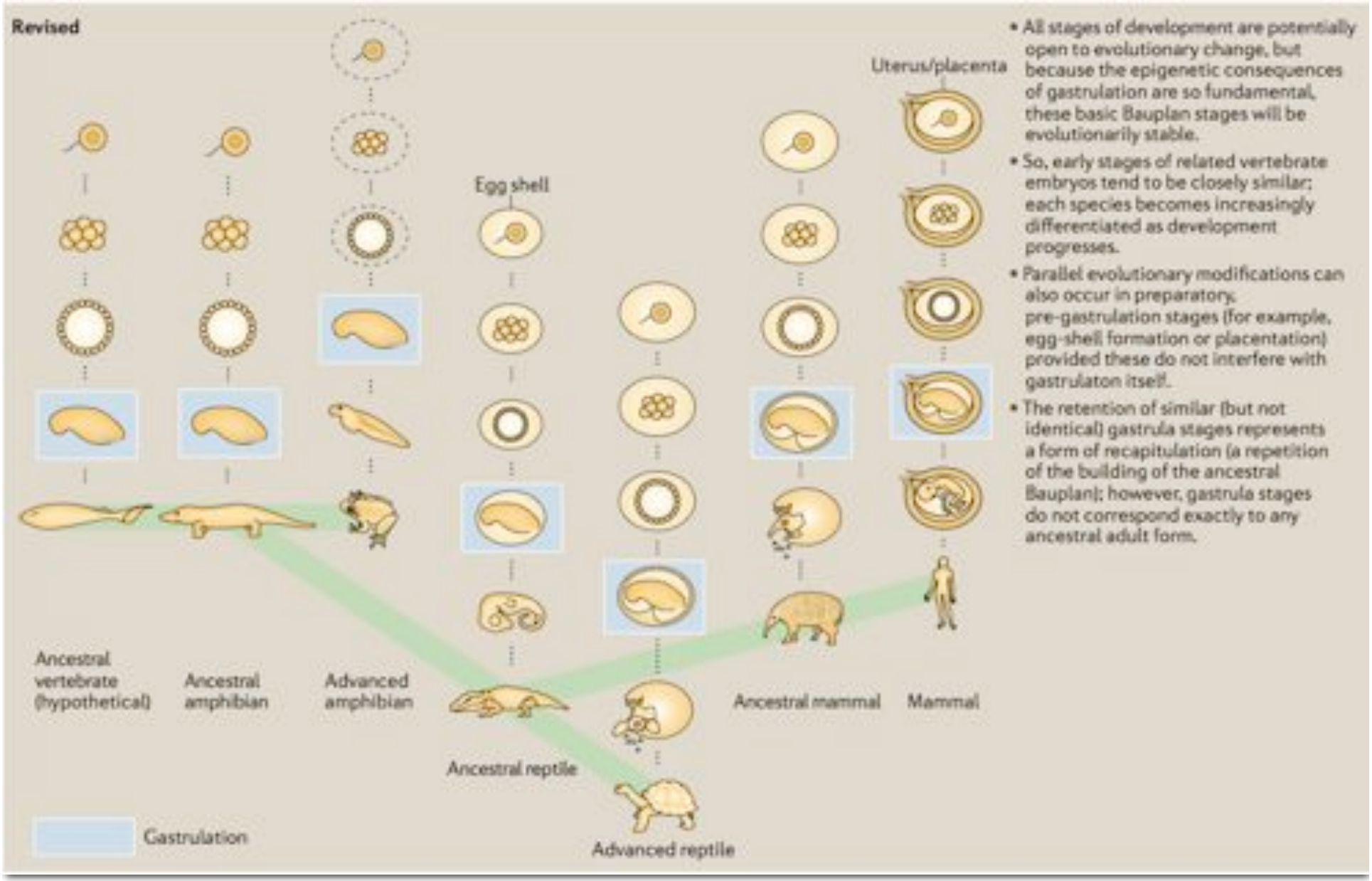


… v řadě detailů jednotlivé predikce rekapitulačního „zákona“ neplatí; **obecná platnost rekapitulace je však bezesporná;**

platí kupř., že znak, který se v ontogenesi objevuje dříve, je původnější;

„Model přesýpacích hodin“

Vztah ontogeneze a evoluce: revised ☺



Vztah ontogeneze a evoluce

NEWS & VIEWS

EVOLUTIONARY BIOLOGY

Genomic hourglass

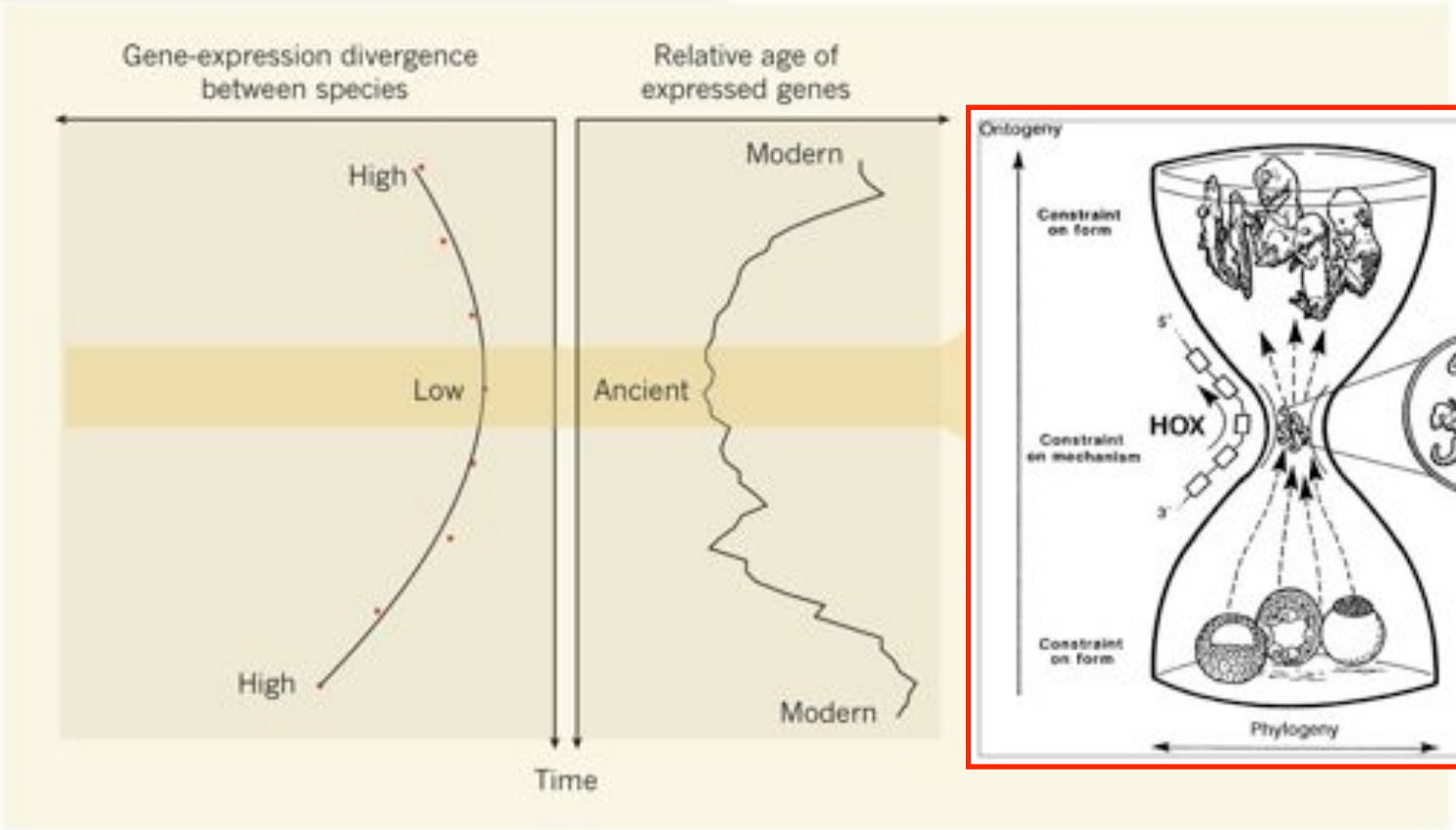
Comparative genomics studies reveal molecular signatures of the controversial 'phylotypic' stage — a time when embryos of members of an animal phylum all look more alike than at other embryonic stages. SEE LETTERS P.811 & P.815

LETTER

doi:10.1038/nature09634

Gene expression divergence recapitulates the developmental hourglass model

Alex T. Kalinka[1]*, Karolina M. Varga[1]*†, Dave T. Gerrard[2], Stephan Preibisch[3], David L. Corcoran[3], Julia Jarrells[2], Uwe Ohler[3], Casey M. Bergman[2] & Pavel Tomancak[1]



Fylotypické stadium je potvrzeno (mj.) „expresí“ a „stářím genů“: vše ukazuje na obrovská vývojová omezení (*„constraints“*) udržující stabilitu fylotypu

Proč máme tak málo „typů“ organismů?

Osvědčené morfotypy/tělní plány jsou v evoluci udržované pomocí vývojových omezení (*constraints*)

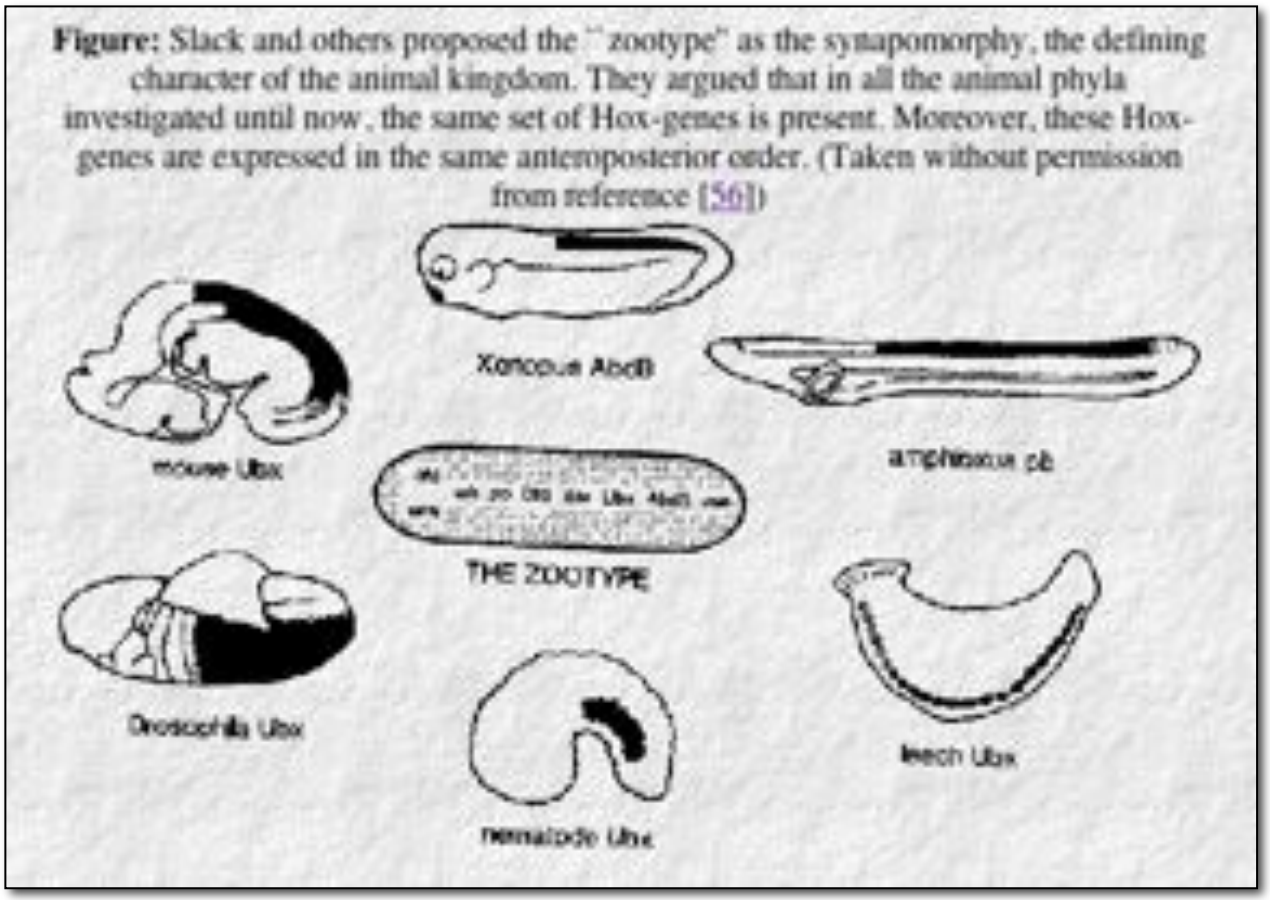
Udržení morfotypu / tělního plánu a jeho odolnost vůči změnám je jeho fundamentální charakteristikou; tato vlastnost je zřejmě výsledkem vnitřních vývojových omezení - genetických, epigenetických, či buněčných.

Embrya, která se odchylují od vysoce konservativních leč osvědčených bauplánů (díky mutacím v kontrolních genech, kupř.), jsou eliminována. Díky této stabilisující selekci jsou variace v bauplanu minimální - je tudíž striktně selektována vývojová uniformita.

Fenotypicky je toto pak ozřejmeno jako konservativní vývojová stadia (viz **fylotyp, zootyp**).

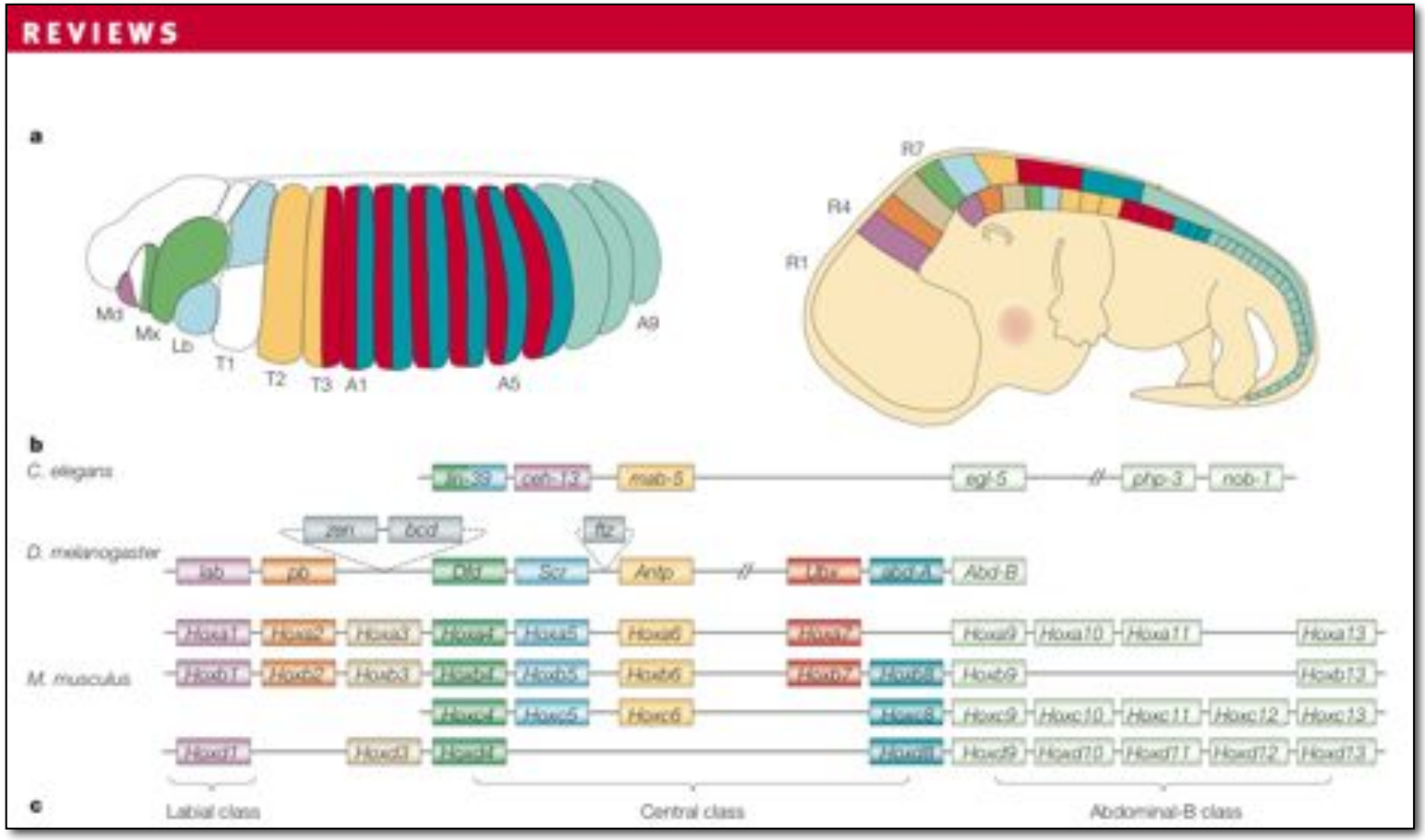
Vztah ontogeneze a evoluce

fylotyp ➔ zootyp



Zootyp: myšlený archetyp či předek živočichů s dvojstrannou symetrií těla, **definován identickou koexpresí Hox genů**

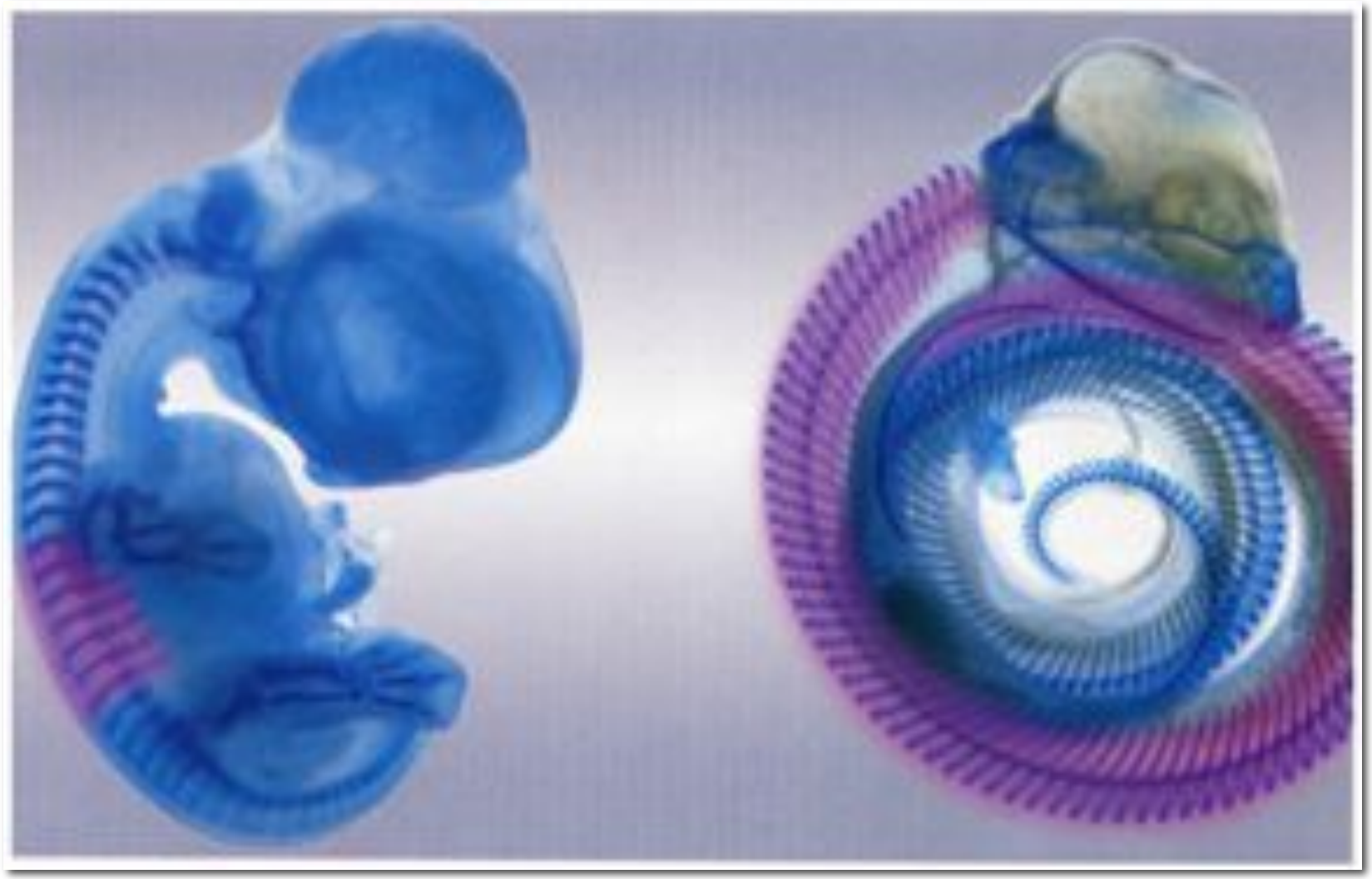
Hox geny a tělní plány



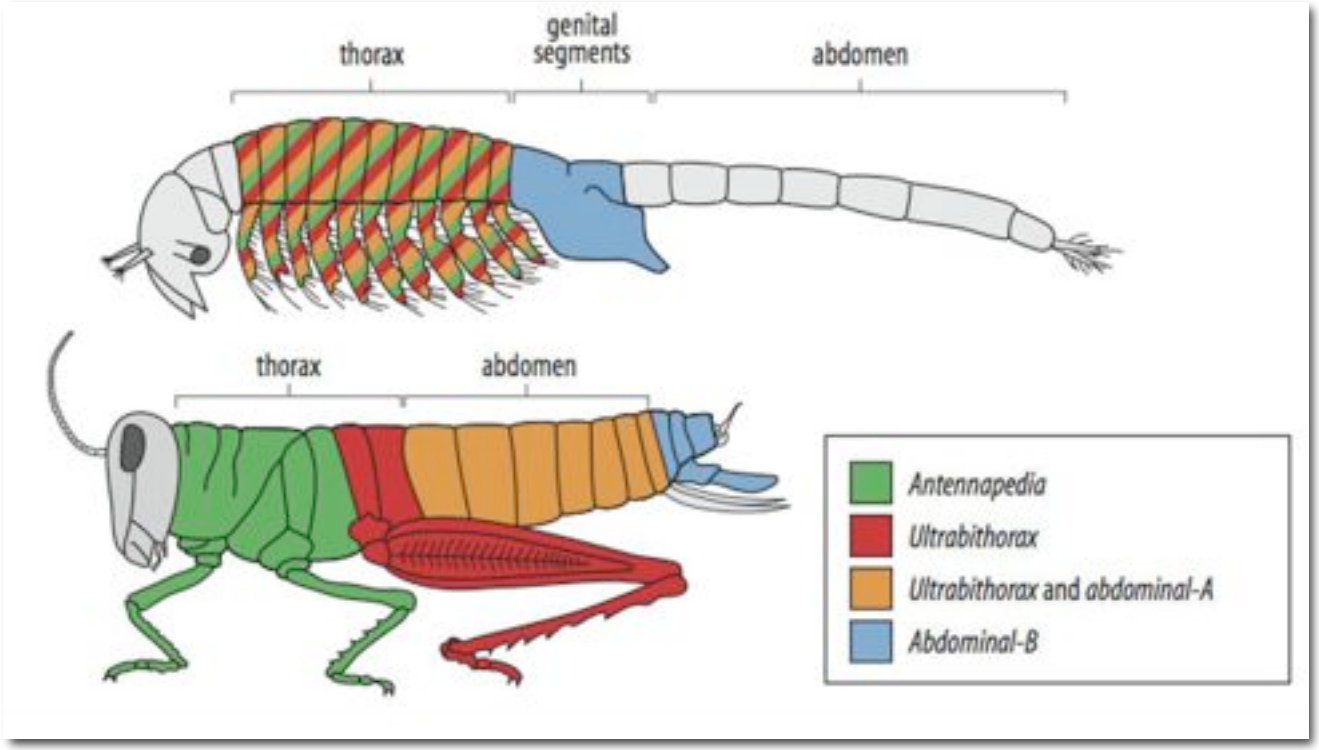
Homeobox = sekvence 183 nukleotidů kodující **homeodoménu** = doména 61 aminokyselin, která zodpovídá za napojení na DNA.

Hox geny kodují Hox proteiny = **základní transkripční/regulační faktory** Metazoa, základní složka aparátu vývojové regulace, zdroj buněčné posiční identity a předozadní osy individua

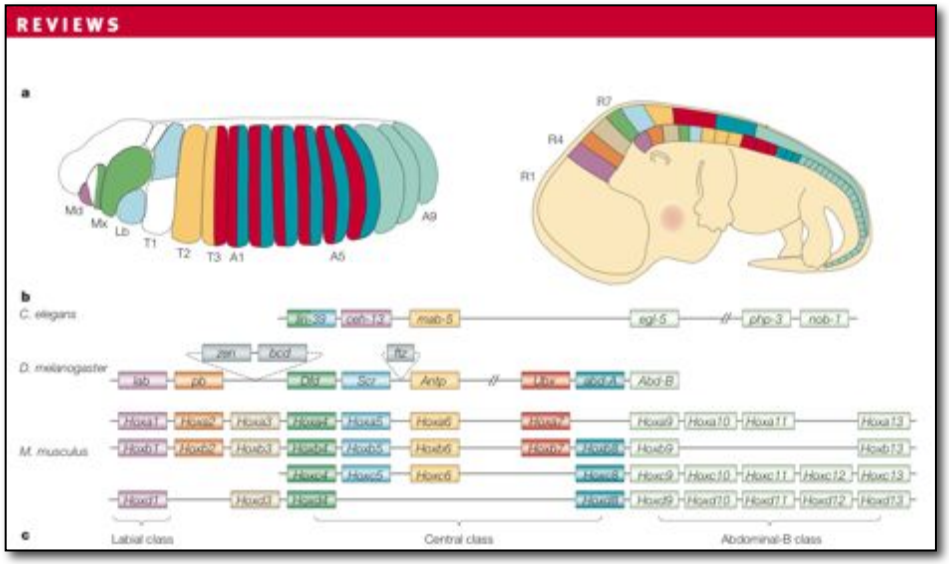
Hox geny determinují formu, počet a evoluci opakujících se částí:
kuře vs. had, exprese genu Hoxc-6 v hrudních obratlech nesoucí žebra



Hox geny kontrolují poziční identitu v rámci těla, ne konkrétní struktury!



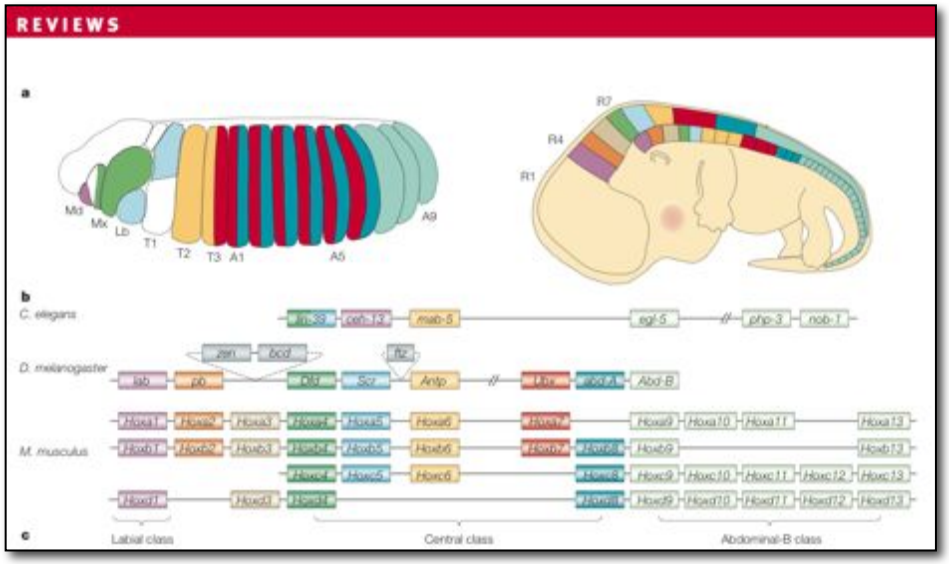
V genech není zapsán výsledný fenotyp *per se*, nýbrž "pouze" návod na výstavbu těl; a tento se vyvíjí a evolvuje; ten návod je modulární a obsahuje v sobě předešlé návody které rozvíjí a které už byly modulární a které si nesou vlastní nastavení a omezení...



Hox geny a modulace tělních plánů

"Hox geny jsou odpovědné za morfologickou diversitu na organismální i evoluční úrovni"…

… Důkaz?
Homeotické transformace!

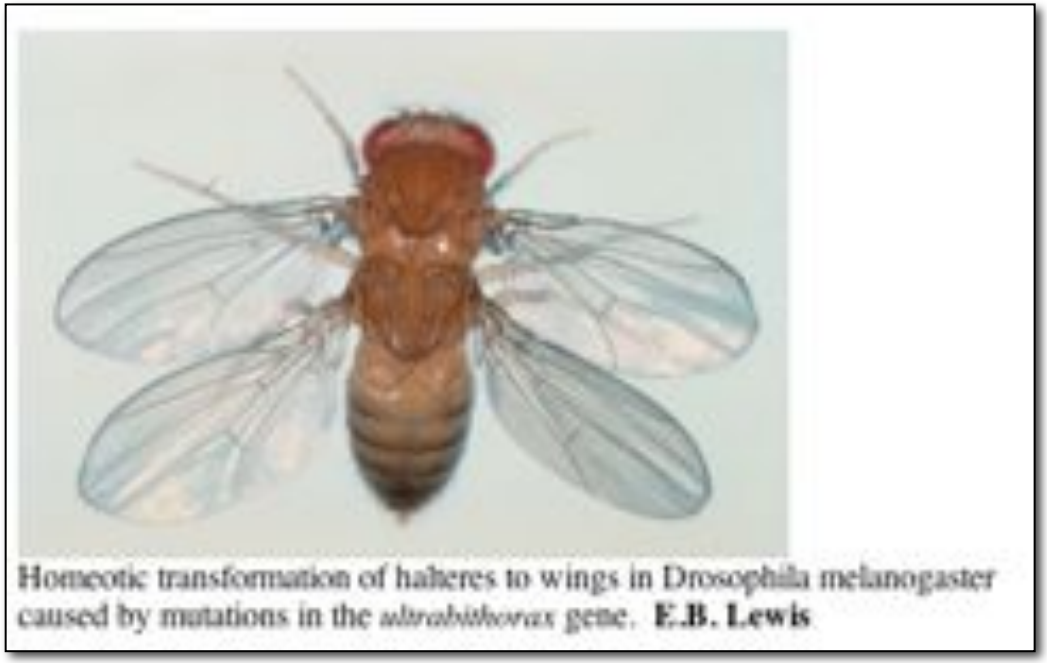


Homeotické transformace

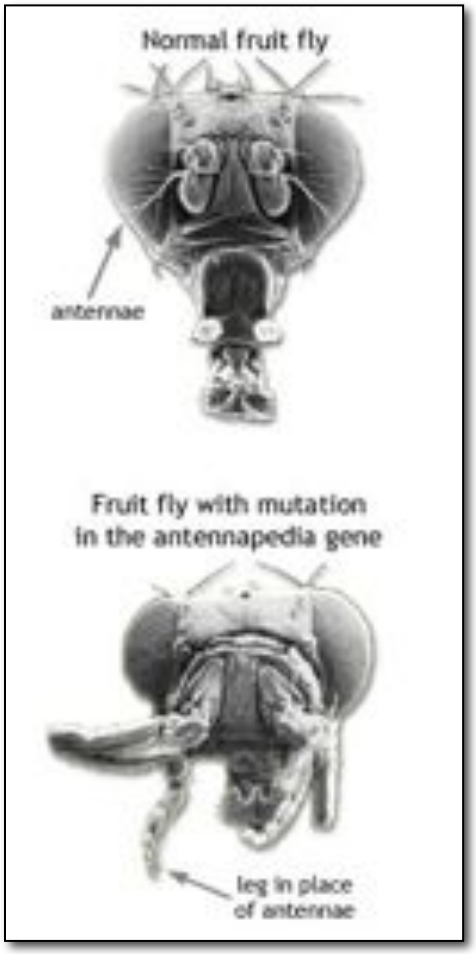
homeotická transformace (homeoze):

upomínka na práci **Williama Batesona** (1894), který popisoval přirozeně se vyskytující varianty jak u obratlovců tak u hmyzu, kdy **<u>jeden segment byl morfologicky transformován v jiný</u>.**

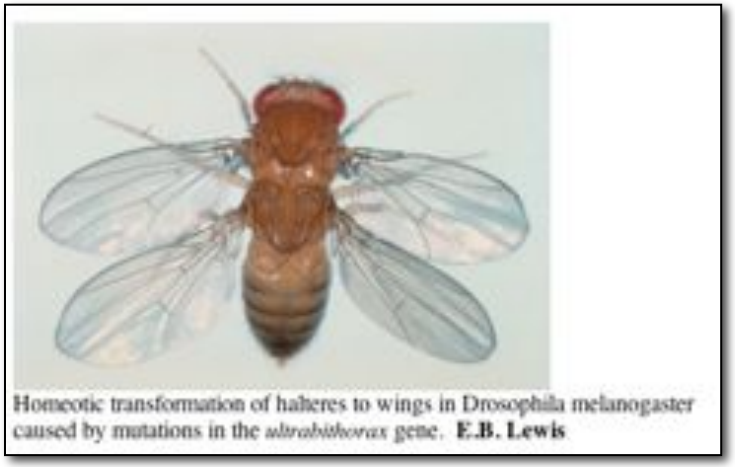
Homeotické transformace aneb nadějná monstra (opět) na scéně!



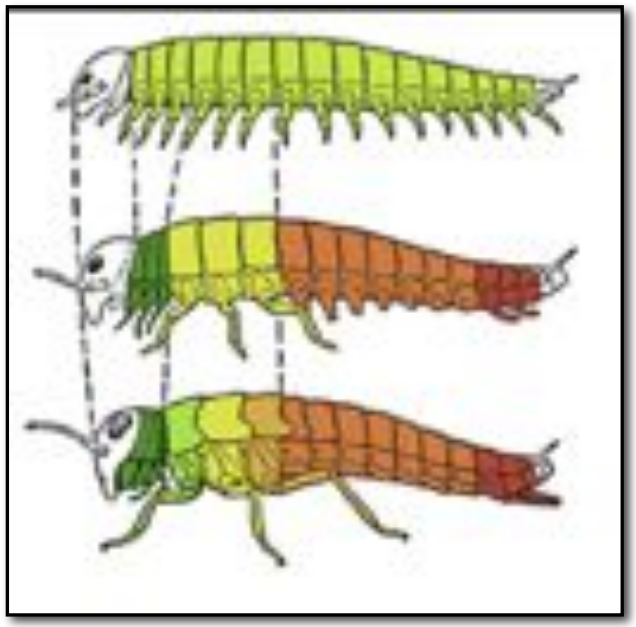
Homeotic transformation of halteres to wings in Drosophila melanogaster caused by mutations in the *ultrabithorax* gene. **E.B. Lewis**

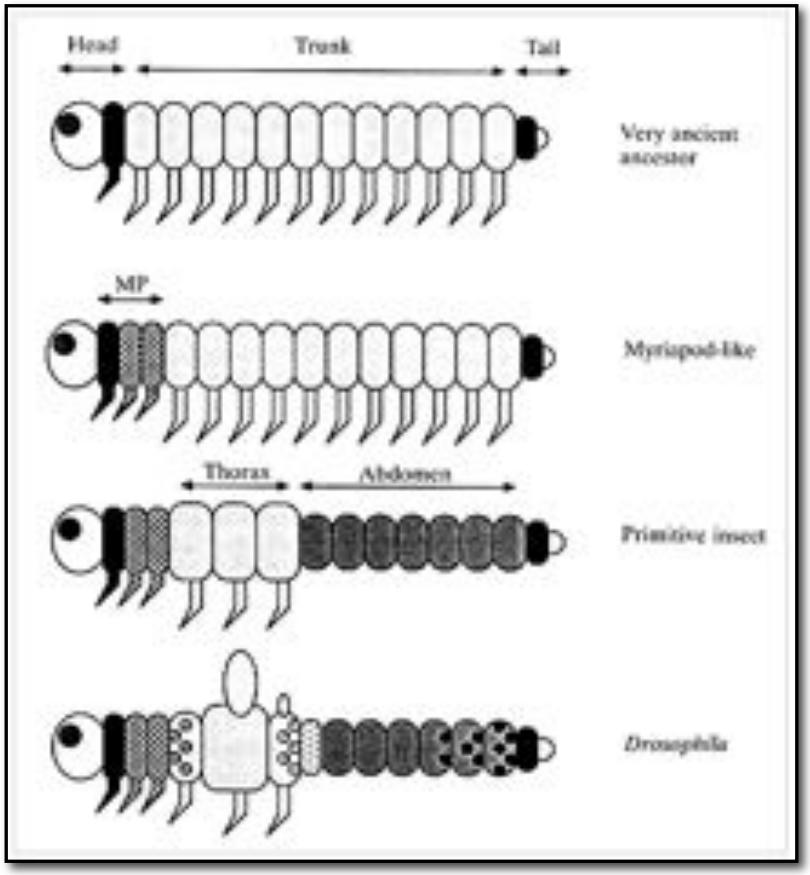


Homeotické transformace
&
evoluční novinky



Homeotic transformation of halteres to wings in Drosophila melanogaster caused by mutations in the *ultrabithorax* gene. **E.B. Lewis**





Náplň kursu

- **1: Úvod, historie, význam a rozčlenění oboru:** evoluční morfologie, tělní plány, ontogenese–fylogenese, disparita.
- **2: Vývojová morfologie a larvy**: důležitost ontogenetických znaků pro pochopení adultní morfologie; ontogenese, životní cyklus; gastrulace, embryonální původ orgánových soustav, vývojové cykly, larvy.
- **3: Pokryv těla, integument, povrchy:** specializace povrchů, kůže, keratinizace, deriváty.
- **4: Od povrchů k opěrné soustavě:** chrupavka, kost, lebka; evoluce svalů a skeletu hlavy.
- **5: Opěrná soustava a skelet:** osový skelet a svalstvo; kostra a svaly končetin.
- **6: Exkurse do sbírek Anatomického ústavu 1. LF UK.**
- **7: Integrace I**: smyslové orgány.
- **8: Integrace II**: nervová soustava.
- **9: Integrace III**: humorální regulace, žlázy s vnitřní sekrecí.
- **10: Metabolismus I**: příjem potravy, trávící soustava.
- **11: Metabolismus II**: dýchání, dýchací orgány, oběhová soustava.
- **12: Osmoregulace, vylučování & reprodukce.**