

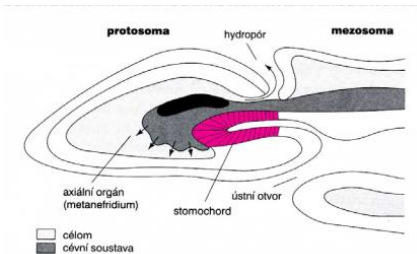
Fylogeneze a diverzita obratlovců

2. Chordata

Deuterostomia – druhoústí

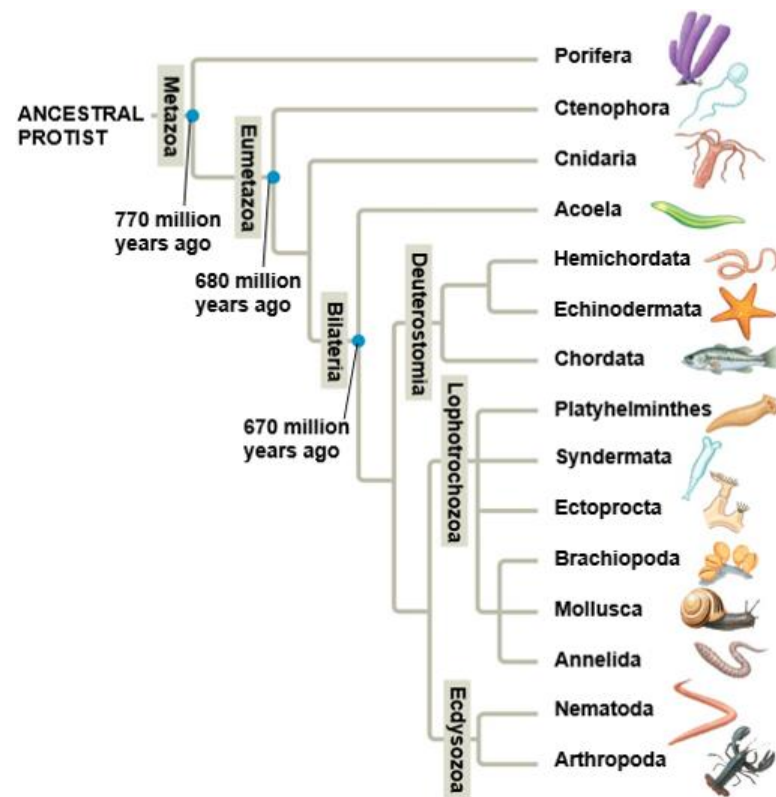
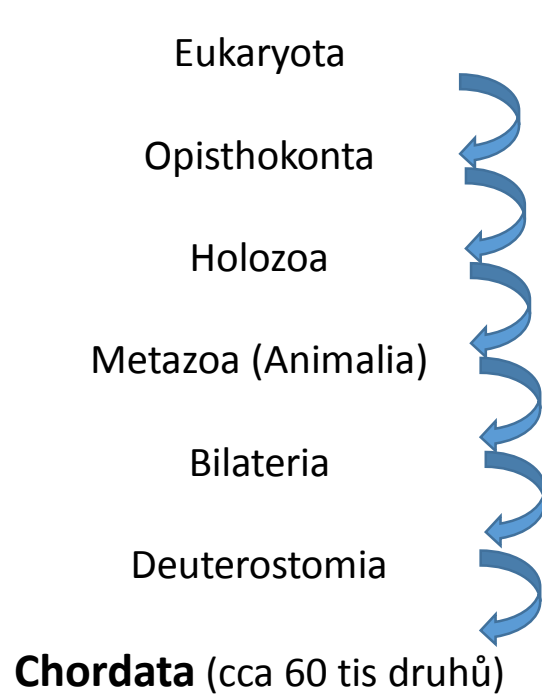
- **blastopór** se mění v řitní otvor, ústní otvor se prolamuje nezávisle na dně archentera (ovšem u strunatců se i řitní otvor prolamuje nezávisle)
- rýhování vajíčka začíná jako **pravolevé** (bilaterální), nikdy není spirální (u pláštěnců a zejm. prvoústých)
- **archimerie**: dělení těla a célomu do 3 oddílů: přední oddíl protosoma s protocelem, střední mezosoma s mezocelem patrným dobře u polostrunatců a metasoma s metacelem, hlavní část těla druhoústých
- jako vylučovací orgán u Ambulacraria slouží **axiální orgán**=srdce, osrdečník a buňky podocyty, z cévy do protocelu je filtrována primární moč a je odváděna z těla ven hydropórem

schéma
žaludovce:



- pohlavní žlázy mají **vlastní gonodukty** (teprve u čelistnatých obratlovců vývody vylučovacích a pohlavních orgánů druhotně splývají)
- planktonní primární larvy typu **dipleurula** s protiproudovým sběracím systémem

Postavení v systému



Druhoústí, troujvrstevní s pravou tělní dutinou a dvoustranně symetriční živočichové

Řada paradigmat: souměrnost, tělní dutiny, poloha úst, segmentace versus EVO-DEVO

System živočichů (Holozoa=Animalia)

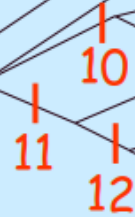
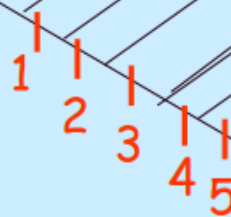
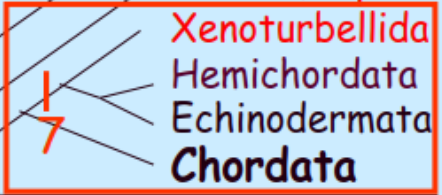
Opisthokonta=?+Fungi+Holozoa

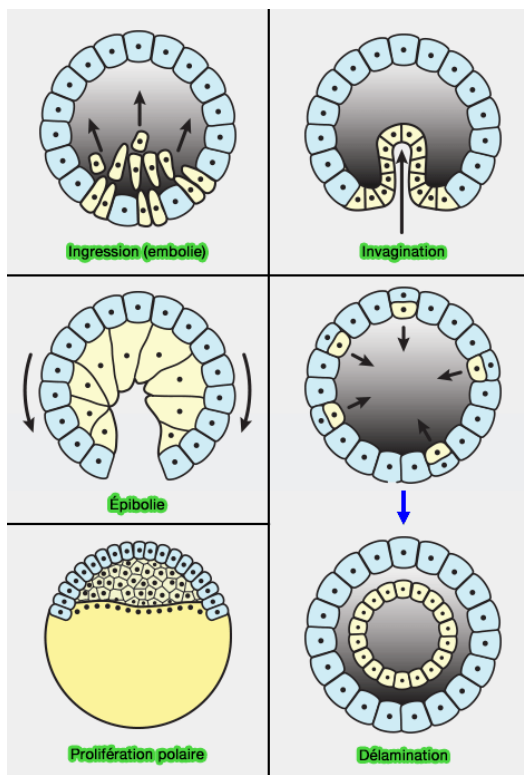
- 1 - Metazoa
- 2 - Eumetazoa
- 3 - Planulozoa
- 4 - Bilateria - 18S rRNA (SSU), Hox
- 5 - Eubilateria
- 6 - Deuterostomia
- 7 - Ambulacraria
- 8 - Protostomia
- 9 - Ecdysozoa

- 10 - Nematoida
- 11 - Panarthropoda
- 12 - Tactopoda
- 13 - Lophotrochozoa
- 14 - Platyzoa
- 15 - Pulvinifera

Podle Zrzavého (2006)

„Choanozoa”	truběnký aj.
Porifera	houbovci
Ctenophora	žebertatky
Cnidaria	žahavci
Placozoa	vložkovci
Myxozoa	výtrusenky
Acoelomorpha	praploštěnci
Xenoturbellida	mlžojedi
Hemichordata	polostrunatci
Echinodermata	ostnokožci
Chordata	strunatci
Chaetognatha	ploutvenky
Scalidophora	chobotovci
Nematoda	hlístice
Nematomorpha	strunovci
Onychophora	drápkovci
Tardigrada	želvušky
Arthropoda	členovci
Ectoprocta	mechovci
Gastrotricha	břichobrvky
Platyhelminthes	ploštěnci
Kamptozoa	mechovnatci
Gnathifera	čelistovci
Nemertea	pásnice
Sipuncula	sumýšovci
Annelida	kroužkovci
Mollusca	měkkýši
Brachiozoa	ramenonožci ai.





Ambulacraria=
Echinodermata
+
Hemichordata

Chordata
Obratlovci, kopinatci
+
plášťenci

trimerní (archimerní)
proto-, meso-, metacoel

metamerní
množství somitů,
oddělených váčků

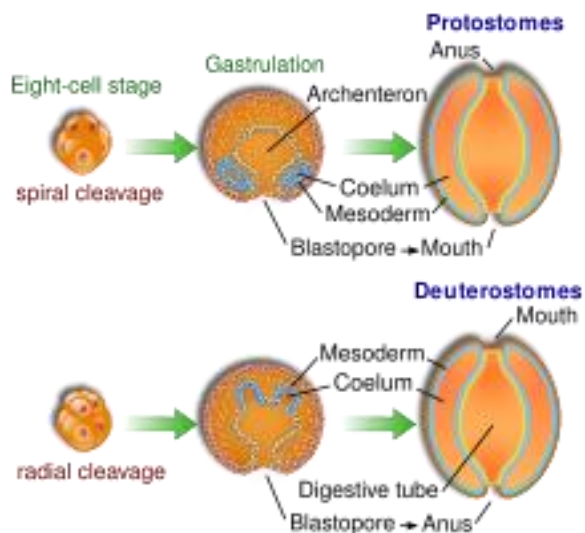
Gastrulace
invaginací
(vchlipováním)
(obrůstáním)

epibolicky

jednoduchá planktonní larva

ano

ne

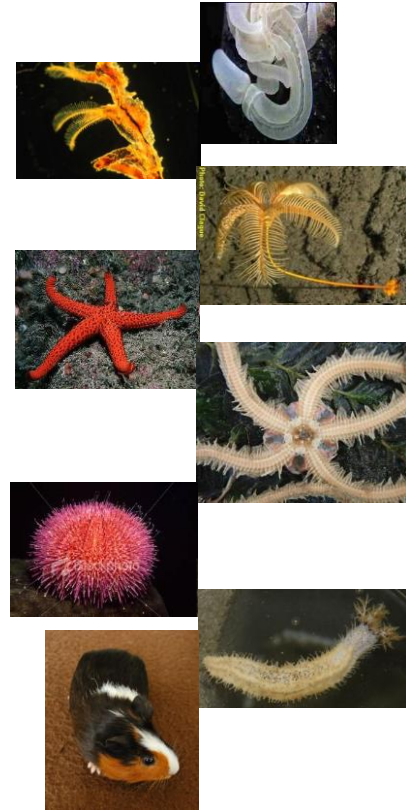
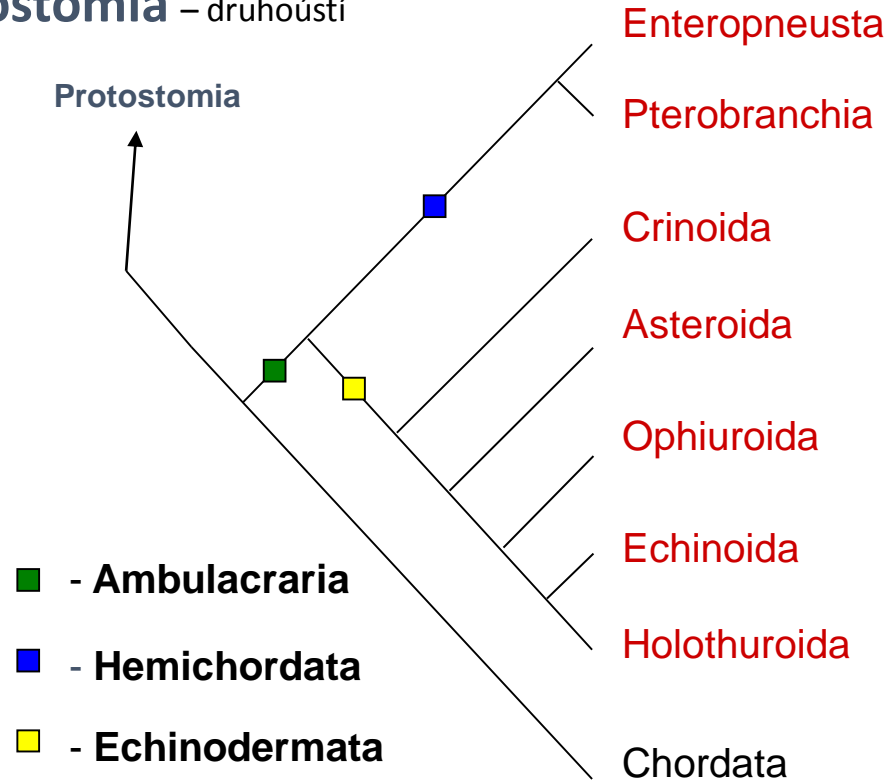


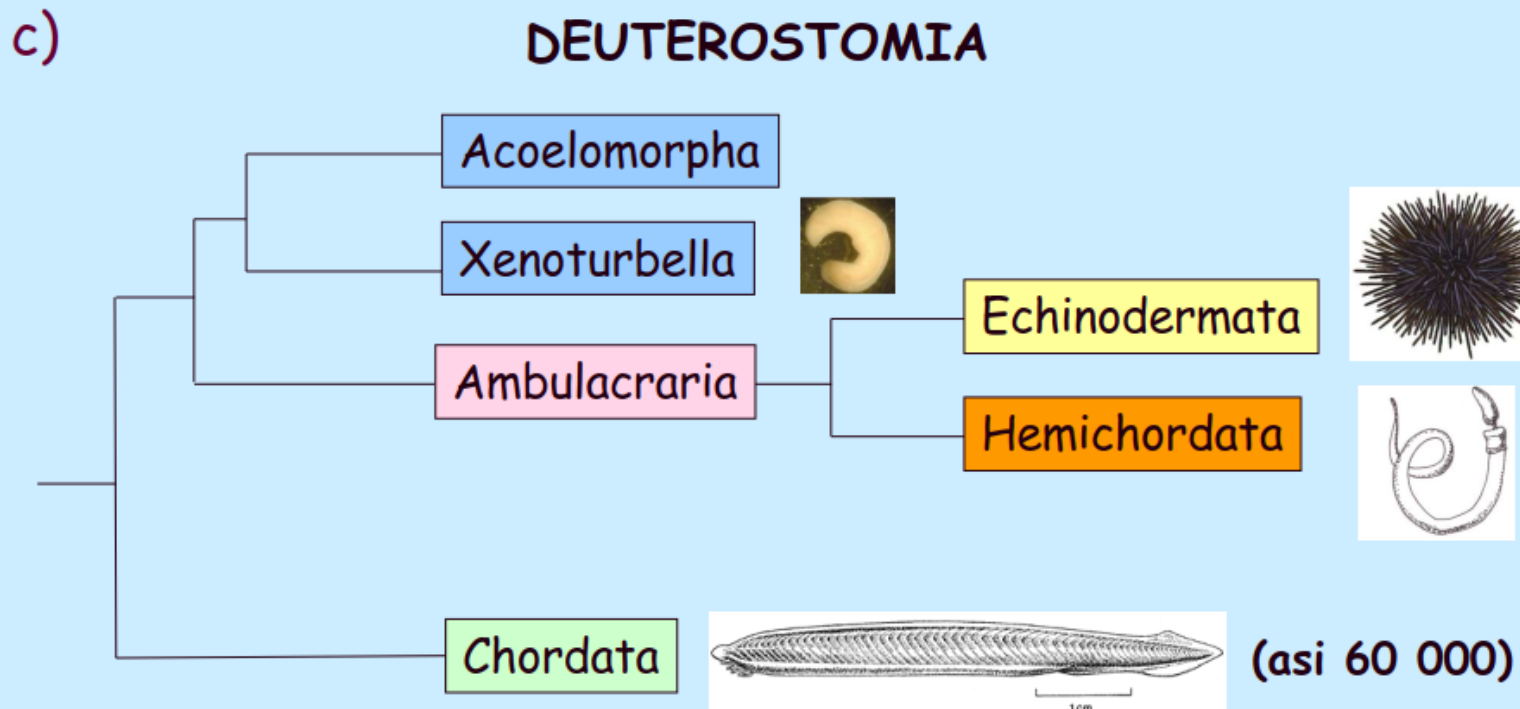
Molekulární data!!!

mtDNA - RGM – rare genomic mutations

Ambulacraria a Chordata jsou sesterské skupiny!!

Deuterostomia – druhoústí





spodní kambrium - před 525 miliony lety

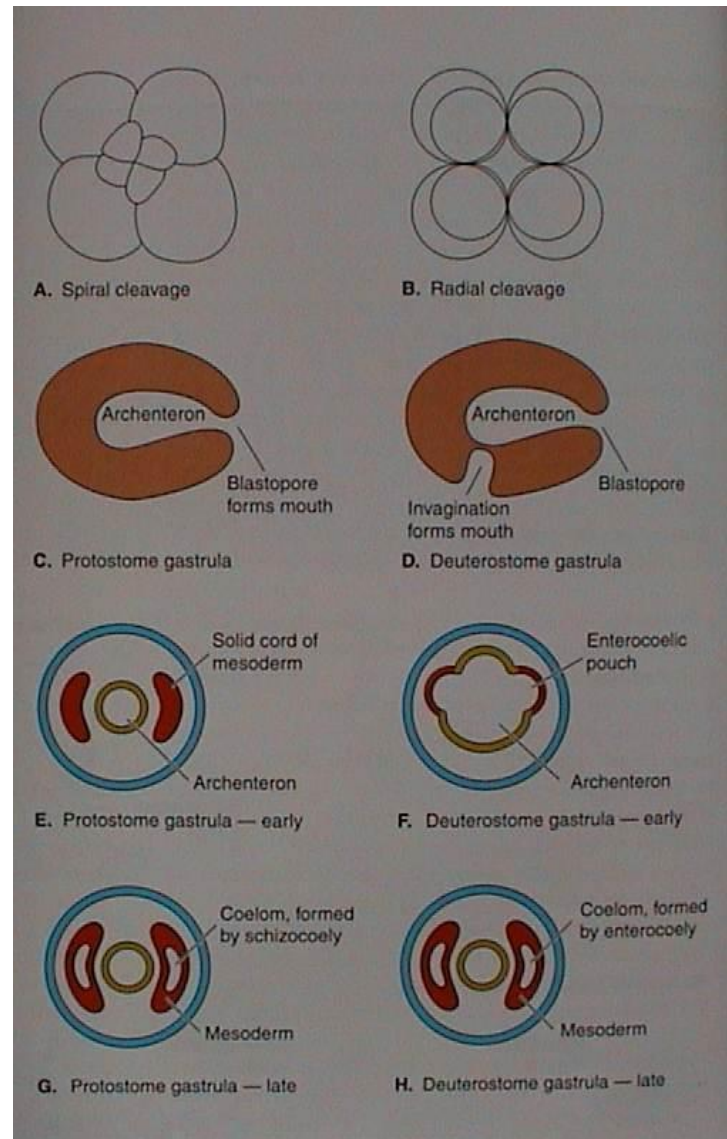
Apomorfie Deuterostomia

coelom enterocélně
 druhotný ústní otvor
 pharyngotremie
 endogenní sialové kyseliny – N-acetylneuraminová kys NANA (slina) součást mukoproteinů a glykolipidů (v sekretech, plazmě a membránách)
 pravolevá asymetrie těla

Chordata k ostatním Deuterostomia
 dle podobných struktur

Protostomia

Deuterostomia



Vznik mesodermu



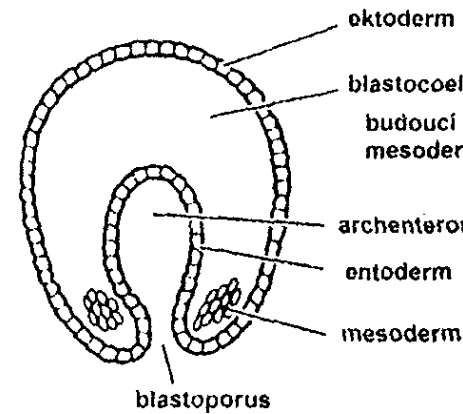
schizocoelie

Vlastnosti mesodermu:

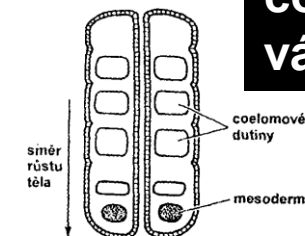
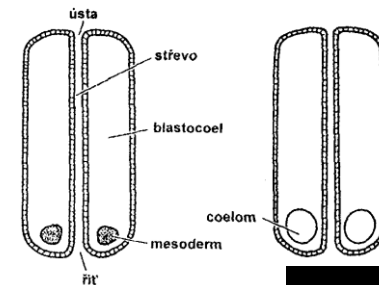
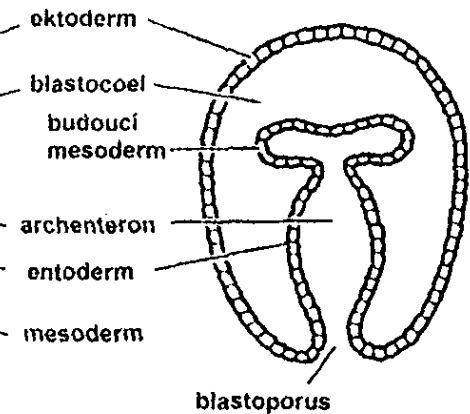
- postupná diferenciacie od rostrálního konce těla ke kaudálnímu;
- není to souvislý zárodečný list - je to z velké části série váček zvaných souborně druhotná dutina tělní (coelom).

blastula

schizocoelie



enterocoelie



**coelomové
váčky**

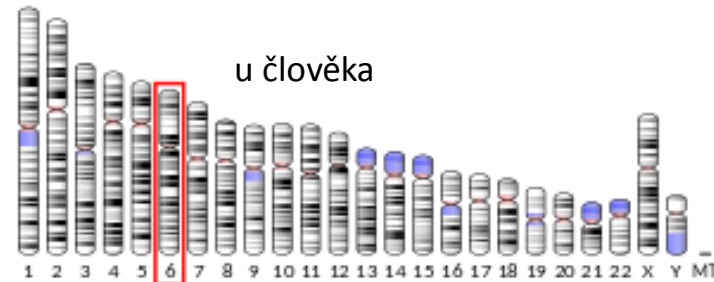
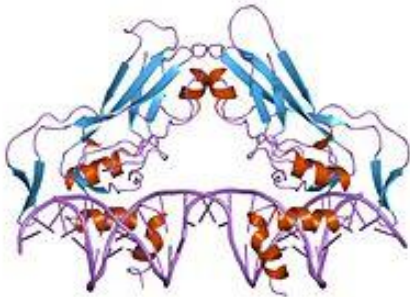
Pozor, strikní enterocoelie pouze u Cephalochordata a Urochordata

- absenci enterocoelie u Vertebrata lze chápat jako sekundární znak, od společného předka
- vznik coelomu z mesodermu rozšířením buněk jako důsledek zvětšení žloutkového vaku
- schizocoelie 2x nezávislý vznik! U Protostomia i Deuterostomia

Hemichordata (Pterobranchia)

pharyngotremie

stomochord (neaktivní gen *TBXT* – protein Brachyury –
diferenciace mezodermu a notochordu, mutací nevzniká ocas



nervová páska na hřbetní straně

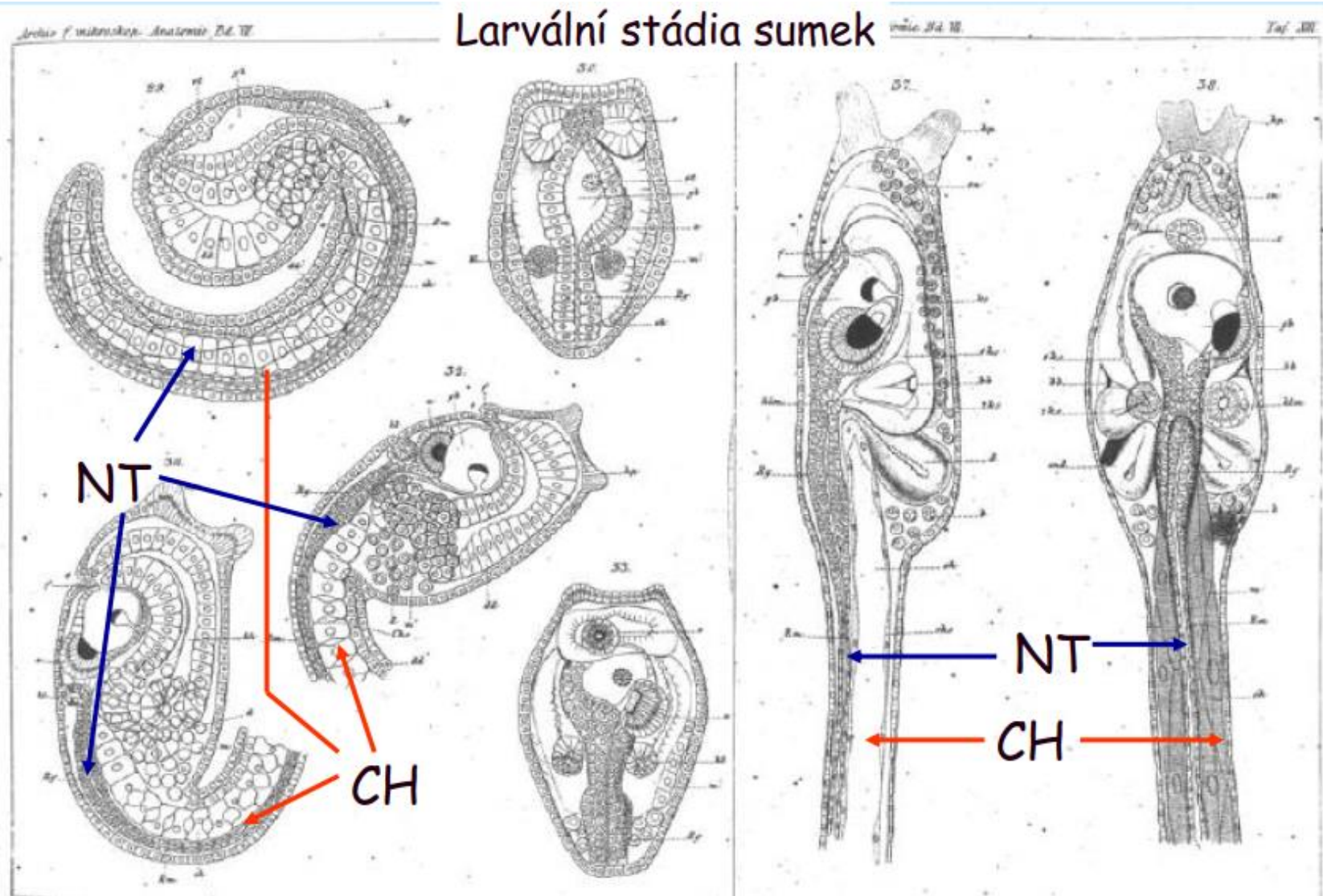
podobnost stádií (přisedlý dospělec – teorie Romer, Bone),

pohlavní zralost larev, neotenie - tornariová larva žaludovce –
Garstang, Remane

Echinodermata

- Paralelní vývoj se strunatci (od kambria), nepatří sem jejich předek!
- Současné sumky – pohyblivá larva s notochordem, hltanovými štěrbinami a post-análním ocasem.
- **Garstangova hypotéza**, **vývoj pohlavní zralosti u larev** linie pláštěnců by mohly poskytnout mezičlánek k dalším skupinám více typických strunatců jako kopínatec, nebo dokonce některý z fosilních obratlovců (Ostracodermi). Vývoj pohlavní dospělosti ve formě larev je příkladem **neotenie**.





NT = neurální trubice

CH = notochord

u všech Chordat

z jednobuněčné zygoty na vícebuněčnou blastulu

TABLE 5.1 Comparison of Cleavage Patterns and Yolk Accumulation in Representative Vertebrates

Cleavage Pattern	Yolk Accumulation	Representative Animals
Holoblastic	Microlecithal	Amphioxus, eutherian mammals
	Mesolecithal	Lampreys, bowfins, gars, amphibians
Meroblastic	Macrolecithal	Elasmobranchs, teleost fishes
Discoidal ^a	Macrolecithal	Reptiles, birds, monotremes

^a*Discoidal cleavage is an extreme case of meroblastic cleavage.*

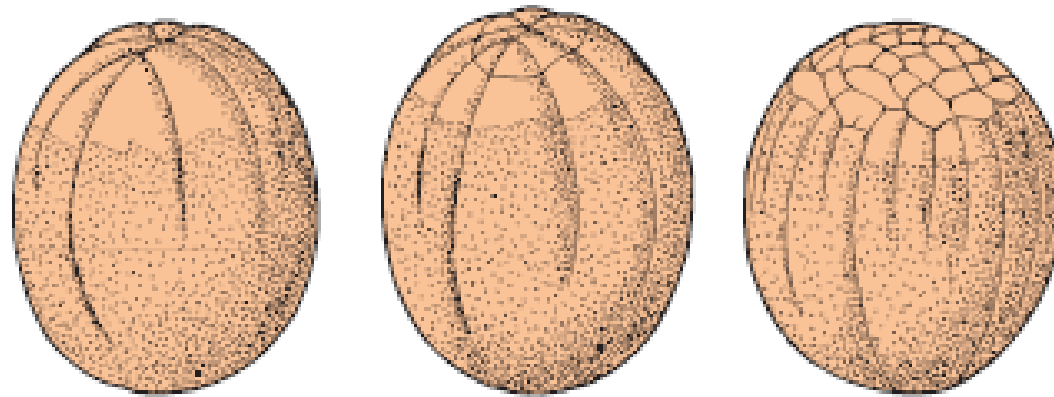


FIGURE 5.3 Holoblastic cleavage in the bowfin, *Amia*.

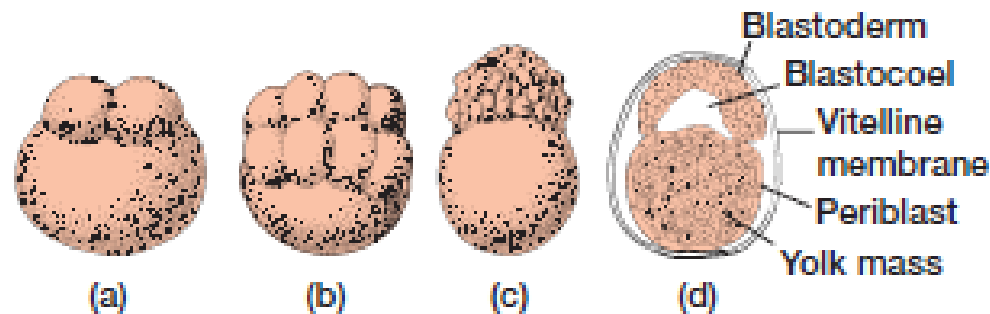


FIGURE 5.4 Discoidal cleavage in a teleost (zebra fish). (a) Cleavage begins with the appearance of the first mitotic furrow. After successive mitotic divisions (b), the blastula (c) results. (d) Cross section of the blastula. A cap of blastoderm rests on the uncleaved yolk mass, and a vitelline membrane is still present around the entire blastula.

After Beams and Kessel in Gilbert.

Strunatci (Chordata)

Plesiomorfní znaky:

- 3 zárodečné listy (ento, ekto, mesoderm), coelom = druhotná tělní dutina, dvoustranná souměrnost, segmentace struktur vzniklých z coelomu,
- druhotné prolomení úst na opačném konci těla, prvoústa uzavřeny – na jejich místě nově řiť,
- hltan proděravělý žaberními štěrbinami – pharyngotremie
- postanální ocas (zadní část Hox komplexu – i u Hemichordata)

Apomorfní znaky:

- notochord – z endomezodermu
- trubicová nervová soustava
- canalis neurentericus (spojení žloutkového vaku a amnionu)
- inverze dorzoventrální osy těla (srdce na ventrální straně pod trávicí trubicí, nervová trubice na dorzální straně nad chordou)
- endostyl (hypobranchiální rýha) – štítná žláza
- peribranchiální prostor s atrioporem

Embryonální determinace vs. vývojová flexibilita (indukční procesy v ontogenezi)

* Hox komplex - lineárně uspořádané geny podél všech chromozómů řídící předozadní uspořádání těla. Hox = homeobox: od 1982, kruciólní význam při embryogenezi, sekvence 180 párů bází kódujících 60 proteinů (homeodoména)

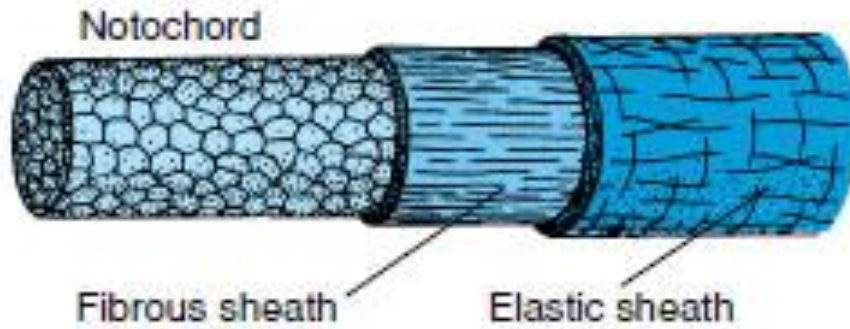
Strunatci a jejich vymezení

- zvláštní kombinace morfologických a embryologických znaků
- restrukturalizace genomu, především duplikací HOX genů. Výsledkem je **maximální disparita**
- navíc **epigenetické procesy** – nelze předem definovat funkci embryonálních buněk – **indukční proces** – vzájemné ovlivňování sousedních tkání (i nepříbuzných)

notochord indukuje neurulaci

– vchlípení ektodermu – vznik nervové trubice

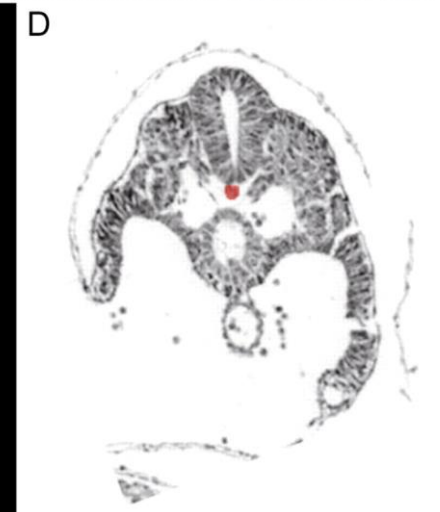
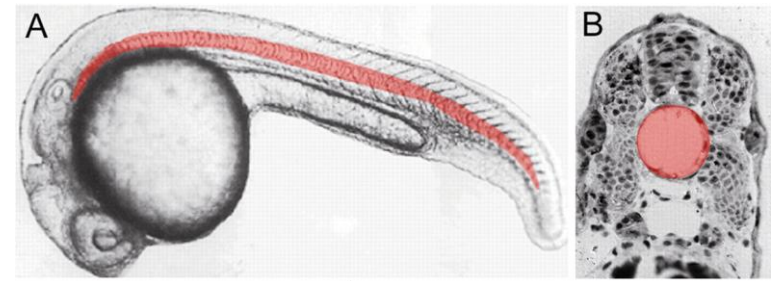
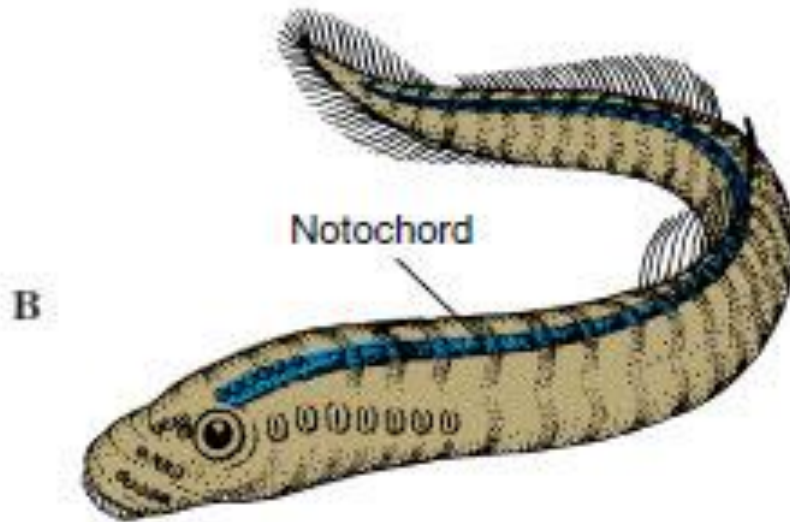
Vazivové pouzdro

**Notochord**

=chorda dorsalis
=struna hřbetní

Biomechanická, organizační a
strukturní osa těla

A U obratlovců v dospělosti
zatlačována obratli



Tekutina pod velkým tlakem

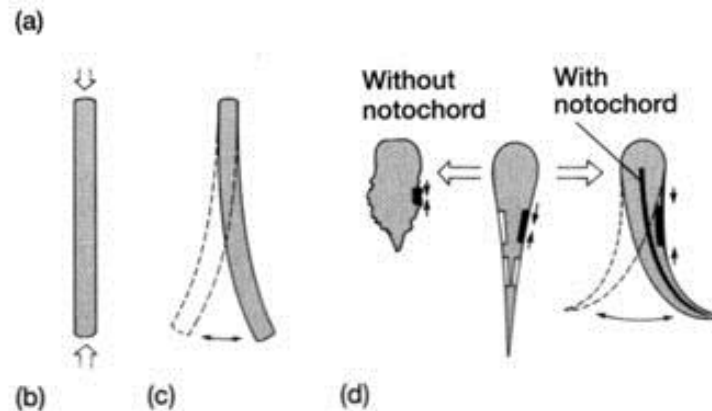
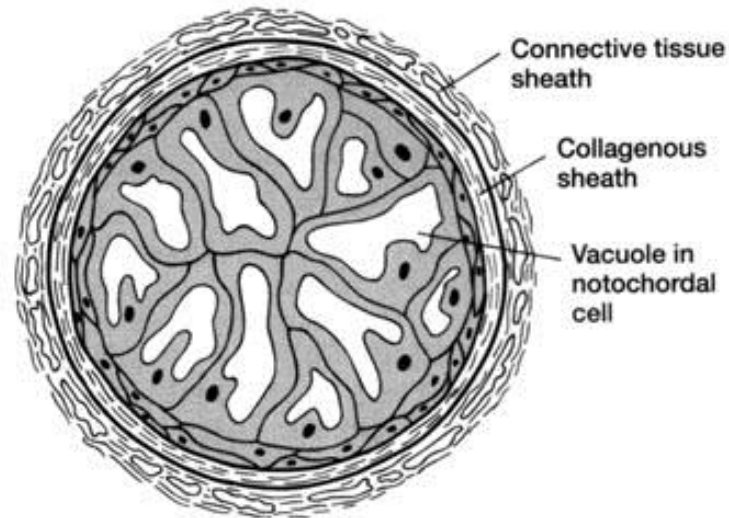
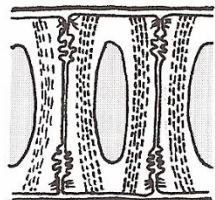


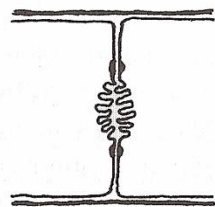
FIGURE 2.5 Notochord. (a) Cross section of the notochord of a frog tadpole. (b) The notochord lies above the body cavity and is axially incompressible; that is, it resists shortening in length. (c) The notochord is flexible laterally, however. (d) As seen from above, the consequences of muscle contraction in a body with and without a notochord. Without a notochord, lateral muscle contraction telescopes the body. A notochord prevents collapse of the body, and muscle contractions on alternating sides efficiently flex the body in swimming strokes.

notochord (NT)

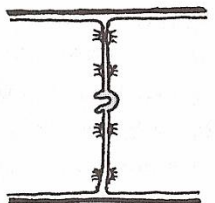
- pláštěnci, kopinatci, obratlovci – stejné umístění i základní stavba – indukce neurulace
- terčovité buňky **jsou na sebe naskládány do sloupce a tlaky vaziva pevně stlačeny (synapomorfie strunatců)**
- **kopinatci** kolem svalová vlákna, v podstatě jde o svalové destičky
- **pláštěnci a obratlovci** – zpevnění, mezibuněčné prostory mezi svalovými disky, na kontaktu buněk NT, u **obratlovců později zanikají a notochord je tvořen buňkami s vakuolami**



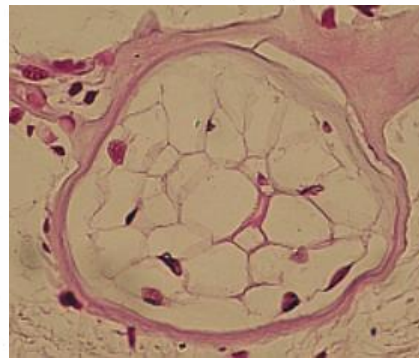
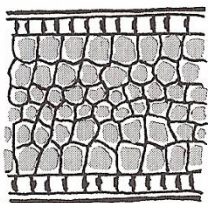
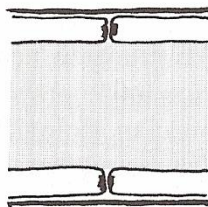
Cephalochordata



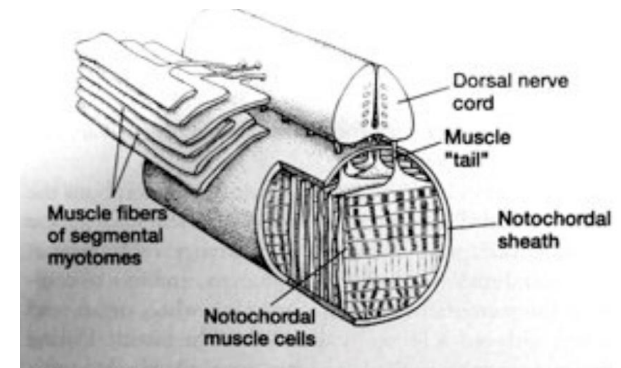
Urochordata



Craniata

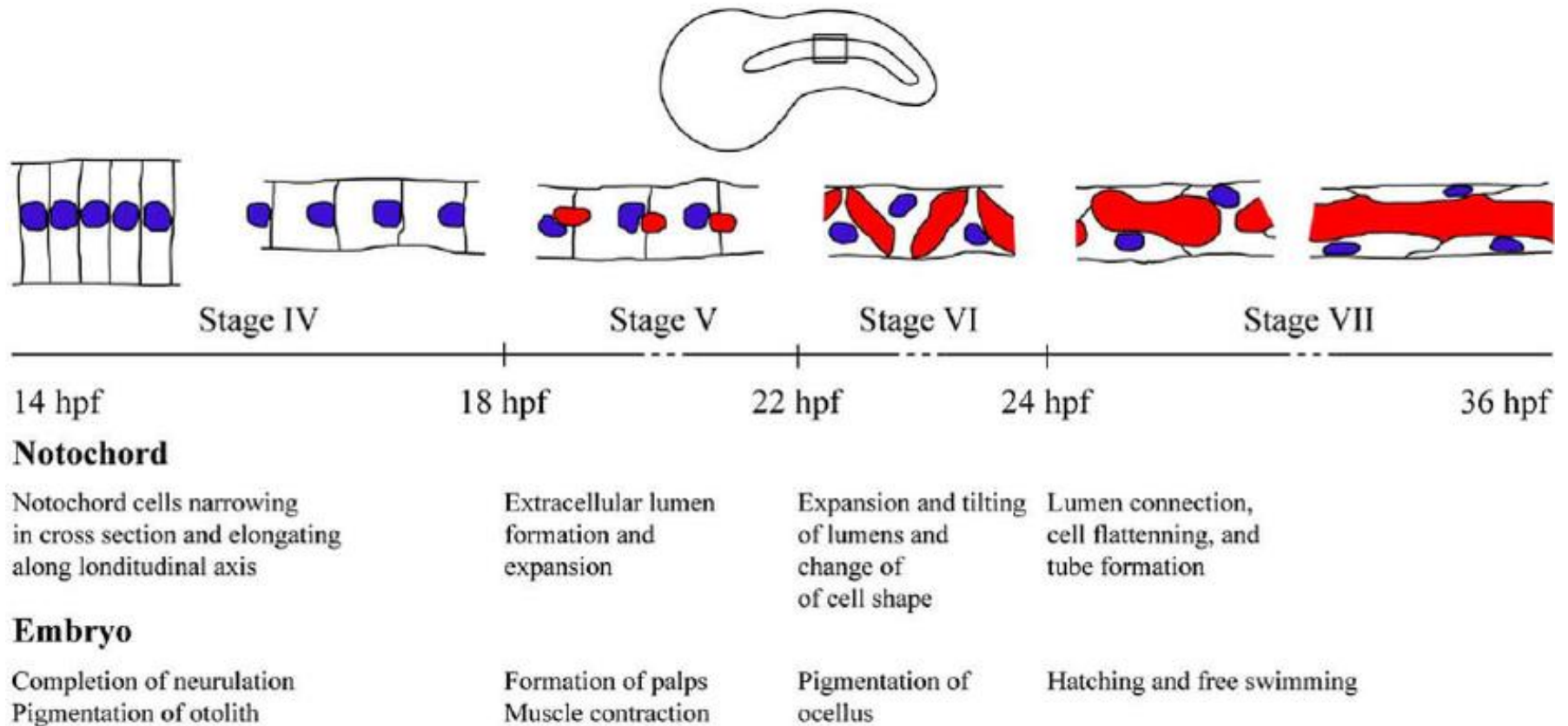


78. Struktura a ontogeneze notochordu kopinatců (Cephalochordata), pláštěnců (Urochordata) a obratlovců (Craniata).

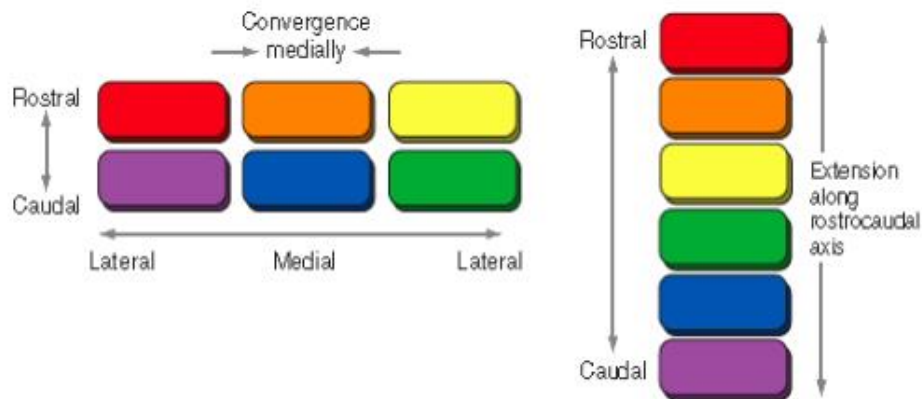


**Postupný zánik
mezibuněčných
prostorů a NT
tvořen buňkami s
vakuolami**

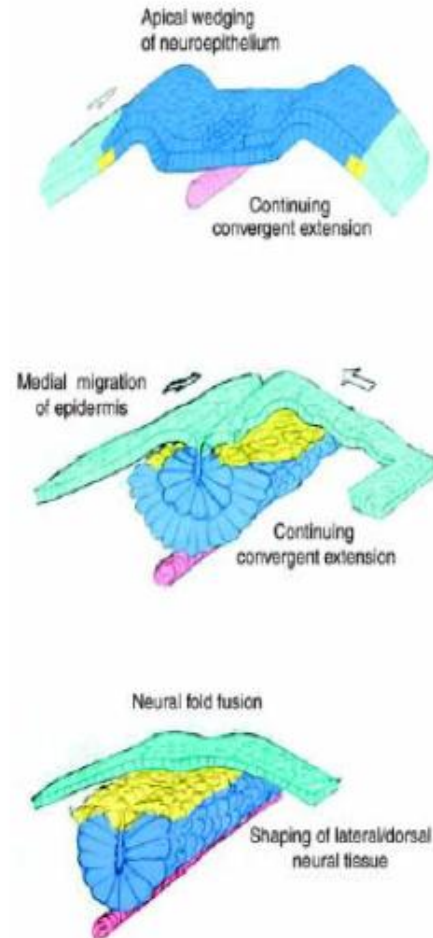
Ciona – ontogeneze notochordu, 14 hod po oplození



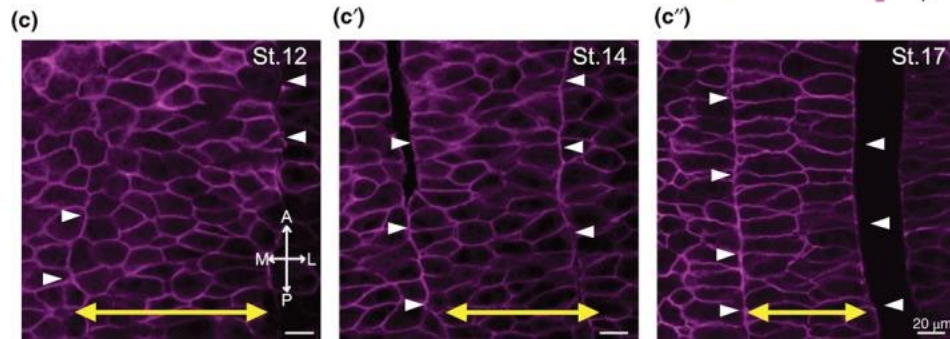
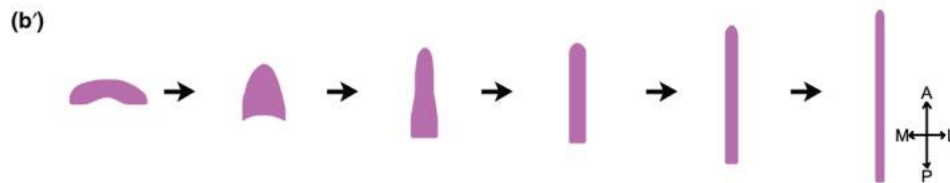
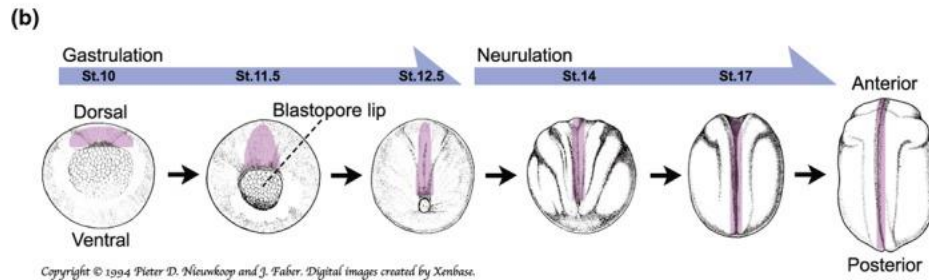
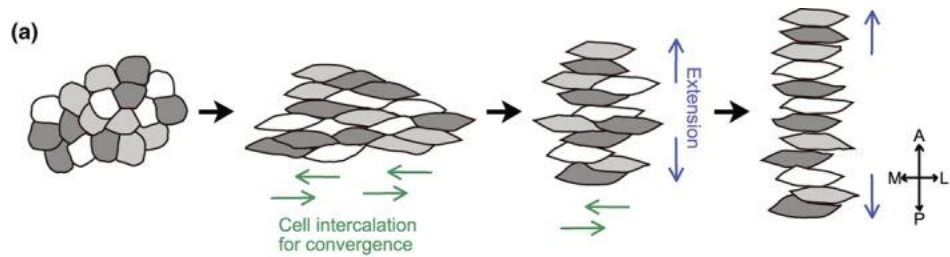
Konvergentní extenze (convergent extension) při neurulaci



Konvergentní extenze – migrace buněk směrem ke středu těla – vede k prodlužování tělní osy



Shindo A. Models of convergent extension during morphogenesis. Wiley Interdiscip Rev Dev Biol. 2017;7(1):e293.



Notochord

Postupné formování buněk za sebe
Gastrulace – neurulace
Elongace – univerzální mechanismus

Morfogen látka rozhodující o diferenciaci buněk jednotlivých tkání, jde o **signální molekulu**, která působí na buňky přímo (nikoliv prostřednictvím krevního oběhu), důležitá je její koncentrace.

- transformující růstový faktor β , Sonic Hedgehog, epidermální růstový faktor nebo retinová kyselina.

- účinnost závisí na koncentraci jejich produktů, vytvářejí **gradient koncentrace**, kdy k účinku dochází až od míst, kde koncentrace dosáhne určité prahové úrovně.

- kaskáda aktivní již před oplodněním.

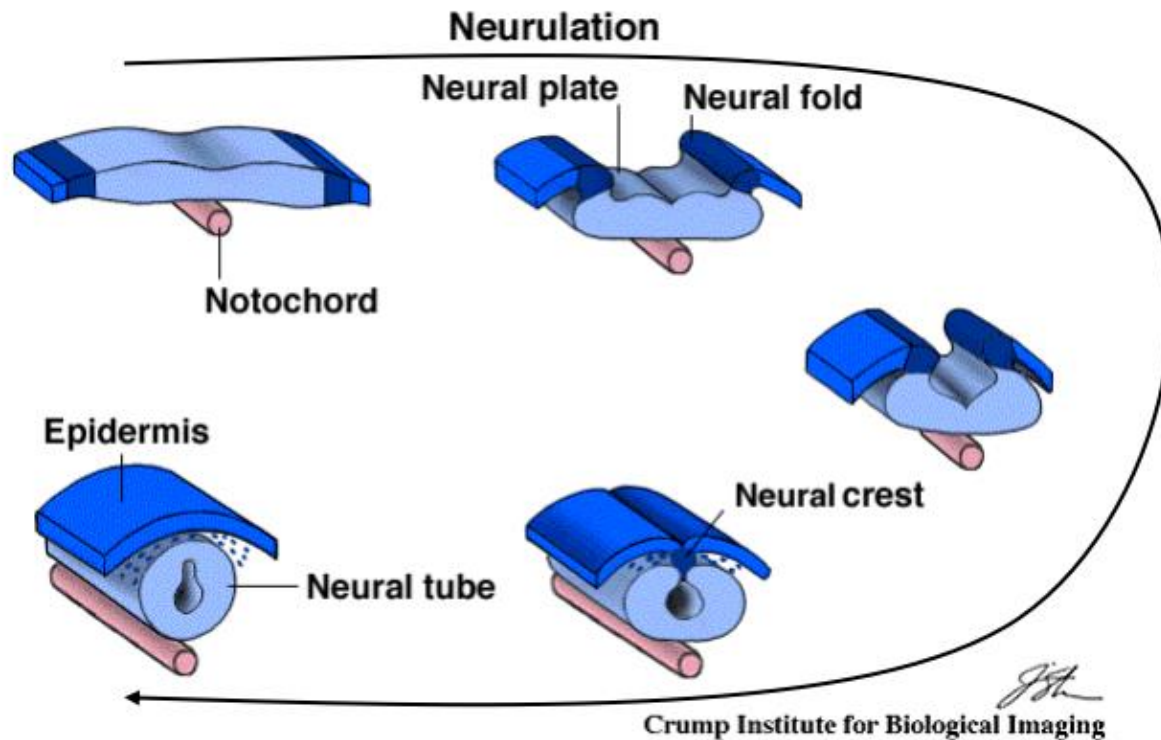
Vznik složitých orgánů a tkání z nediferencované zárodečné masy buněk

- princip zrušení symetrie prostor, ve kterém se zárodek či jeho část vyvíjí, se stává nehomogenním
- morfogenetické pole určuje buňkám jejich pozici v prostoru i čase, nadbuněčné vztahy.
- pole bývá vnuceno vnějšími faktory, difuze morfogenu z omezené oblasti do okolí. Okolní buňky dle koncentrace nastaví odpovídající diferenciační program.

Prodlužování buněk ektodermu, segregace

Bone morphogenetic proteins (*BMPs*) = cytokiny

Klíčová role notochordu při indukci neurulace



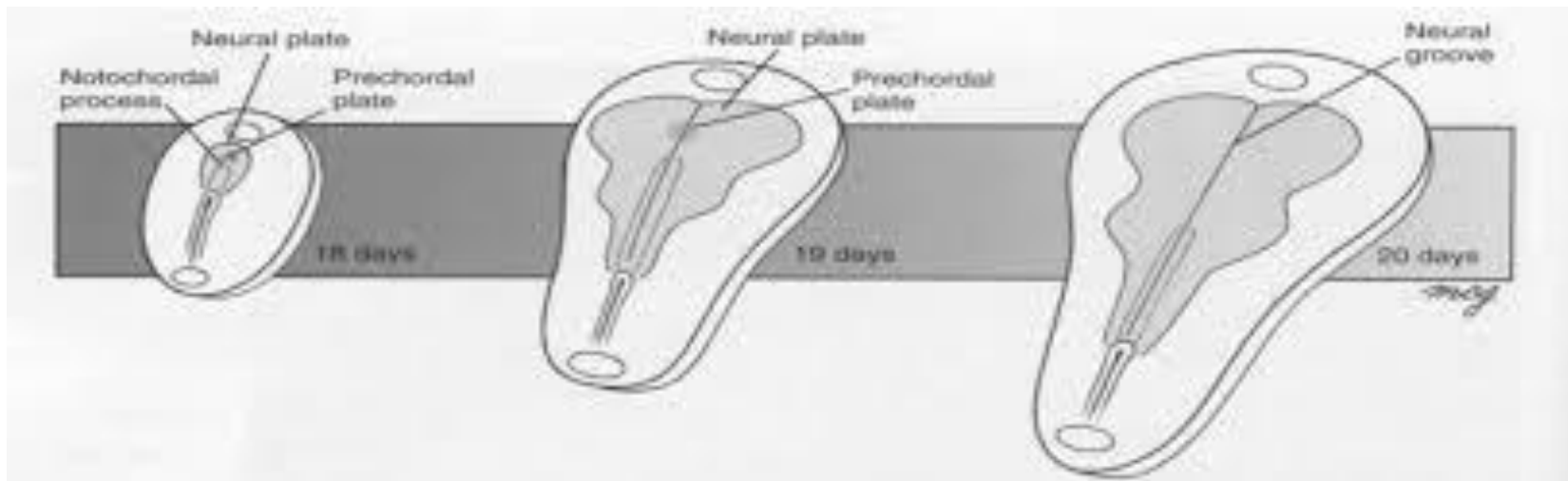
notochord (= chorda) produkuje faktory, které specifikují ektoderm a vedou ke tvorbě nervové ploténky (neural plate). Jde zejména o následující faktory: **noggin**, **chordin** a **follistatin** (inhibitory BMP a aktivinu). Samotná produkce těchto BMP inhibitorů specifikuje anteriorní (přední) nervovou trubici, v kombinaci s FGF specifikuje posteriorní (zadní) nervovou trubici.

Nervová trubice

Inhibice BMP a Wnt → Otx/Emx geny, určují identitu hlavové část

BMP inhibitory

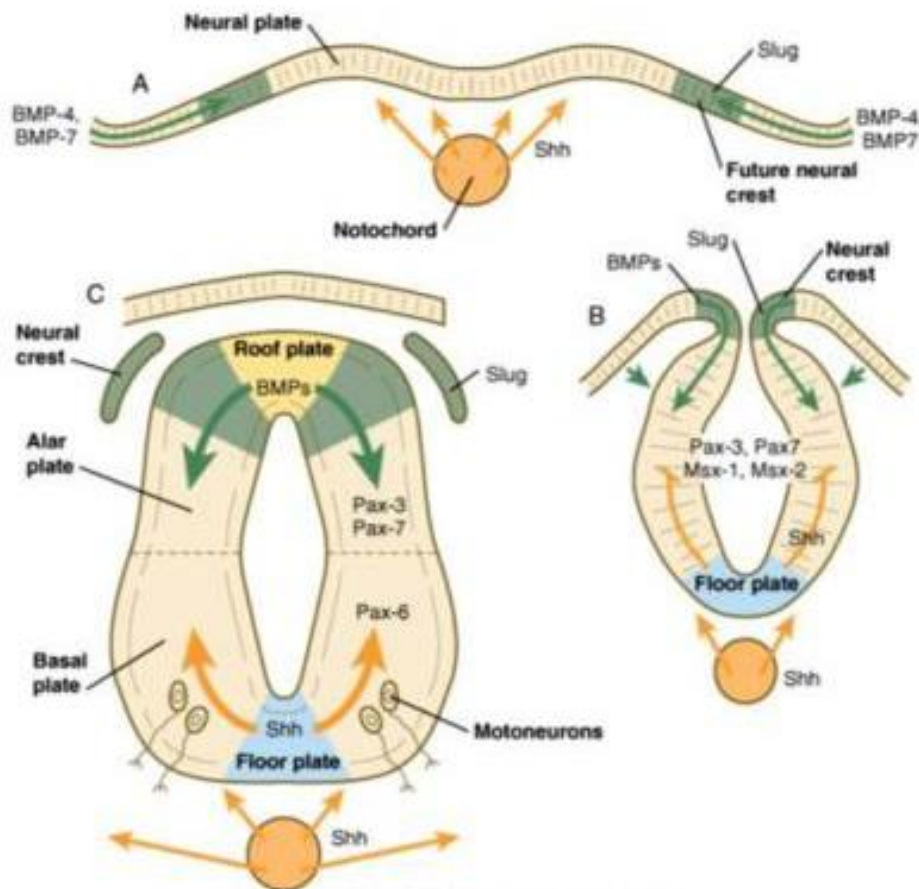
- hlavová (anteriorní) část
- zadní (posteriovní) část



Dorzoventrální stratifikace

Nervová trubice v zóně mezi Shh z notochordu a BMP z epidermis

Po uzavření nervové trubice, vznik hřbetní desky z BMPs a bazální desky z Shh



Carlson: Human Embryology and Developmental Biology, 4th Edition.
Copyright © 2009 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

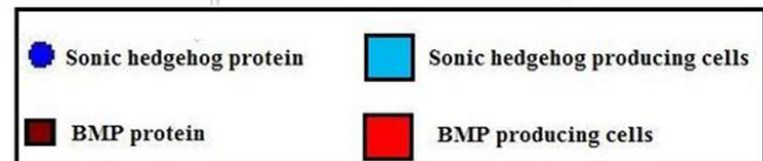
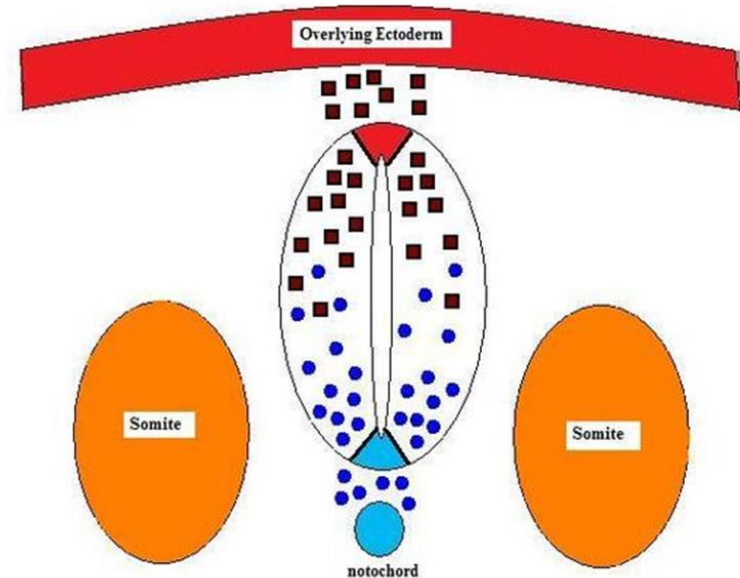
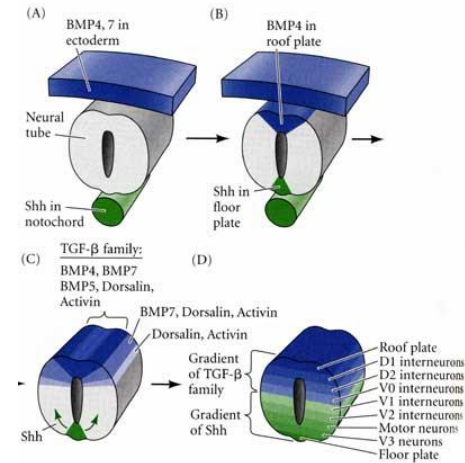
Sonic hedgehog (Shh gen) -
 produkce
 proteinového signálního ligandu
 centrální nervový systém
 indukuje divergenci ventrálních
 buněčných typů (vnitřní struktura
 mozku, prsty...)

-**primární indukční centrum ventrální**–
notochord (morfofen SHH)
sekundární signální centrum –**ventrální ploténka** (floor plate)→**motorická dráha**

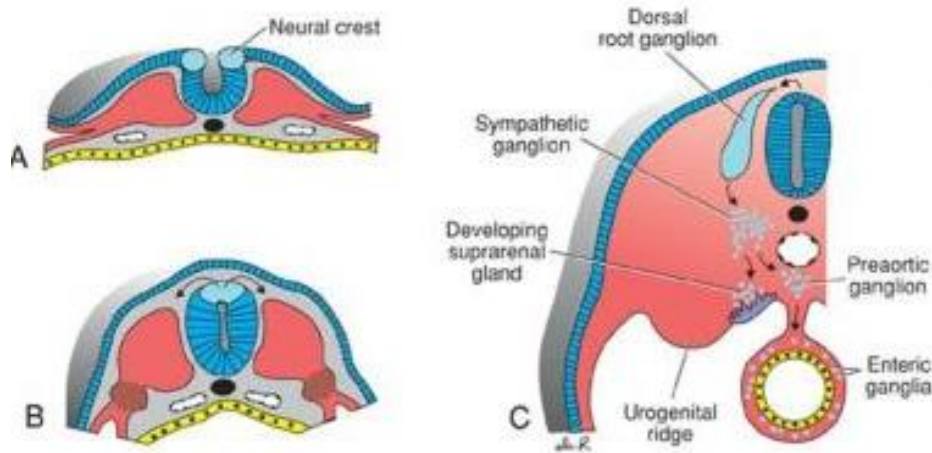
-**primární indukční centrum dorzální**–
epidermis (morfofeny BMPs) sekundární
signální centrum –**dorzální ploténka** (roof
plate)→**sensorická dráha**

Dorso-ventrální gradient BMP a SHH určuje identitu motoneuronů (Pax6/Nkx6.1),
ventrálních (Pax6) a dorzálních (Pax7)
interneuronů-gradient morfofenů také určuje
raný nástup neurogeneze (SHH→Ngn+Olig)
oproti pozdější gliogenezi (BMP→Nkx+Olig)-
Kombinací gradientů morfofenů z ant-post
(HoxC) a dorz-vent osy specifikace neuronů
(např. motoneurony pro přední a zadní
končetiny).

Řízení morfogeneze (dorzo-ventrální) Pax7,
Pax6, Nkx6



Neurální lišta – 4 zárodečný list



Neurální lišta (starším názvem gangliová lišta) je pás neuroektodermálních buněk nacházející se na okrajích nervové ploténky embryí obratlovců.

Buňky neurální lišty následně migrují po celém těle zárodku a dávají vzniknout mnoha významných strukturám v těle.



Neurální lišta a evoluce lebky

Neurální lišta (BNL) je populace buněk, která vzniká při utváření nervové trubice u embryí obratlovců.

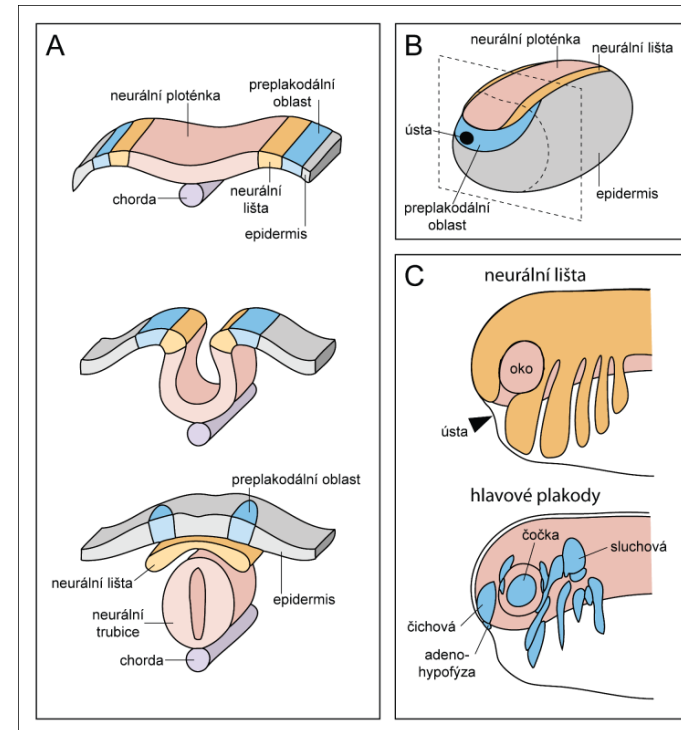
V hlavě z BNL chrupavky, lebeční kosti, zuby (kromě skloviny), pojivové tkáně a škáru. BNL je tedy zásadní embryonální strukturou, neboť hlavu utváří.

Kopinatci nemají lebku ani neurální lištu.

Kde se ale vzala neurální lišta?

pláštěnci - přítomnost buněk, podobných neurální liště obratlovců. nervová trubice sumky, vznikají periferní nervy podobné spinálním gangliím obratlovců.

Sesterská linie obratlovců, předek již tvořil buňky neurální lišty.



A) Hlavové plakody a neurální lišta na rozhraní neurální ploténky a epidermis

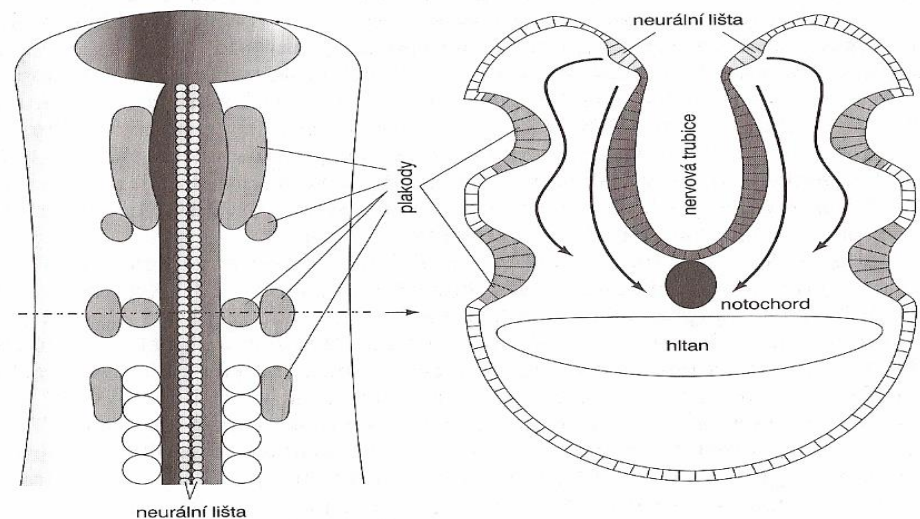
B) Schéma žabího embrya zobrazující oblasti dávající vznik hlavové plakody (z preplakodální oblasti) a neurální liště.

Evoluce smyslových orgánů

hlavové epidermální plakody - spoluutváří hlavu obratlovců z společného základu (preplakodální oblast), z nervové trubice a migrují, interagují s okolními tkáněmi a diferencují do mnoha buněčných typů.

vznik smyslovým orgánům - vnitřnímu uchu, čichovým vakům, oční čočce či postranní čáře, gangliím hlavových nervů či přednímu laloku podvěsku mozkového (tzv. adenohypofýze). Sdílejí evoluční původ s neurální lištou.

Důležitým milníkem v evoluci obratlovců přitom bylo spuštění exprese transkripčních faktorů, které se staly zodpovědnými za **vývoj preplakodální oblasti** a za diferenciaci této oblasti do jednotlivých plakod.



1. Uspořádání plakod a buněk neurální lišty v hlavové části embrya obratlovce (vlevo shora,ravo na příčném průřezu).

hřbetní nervová trubice

neurulací, vchlípením hřbetního pruhu ektodermu

pouze u pláštěnců jen v přední části těla

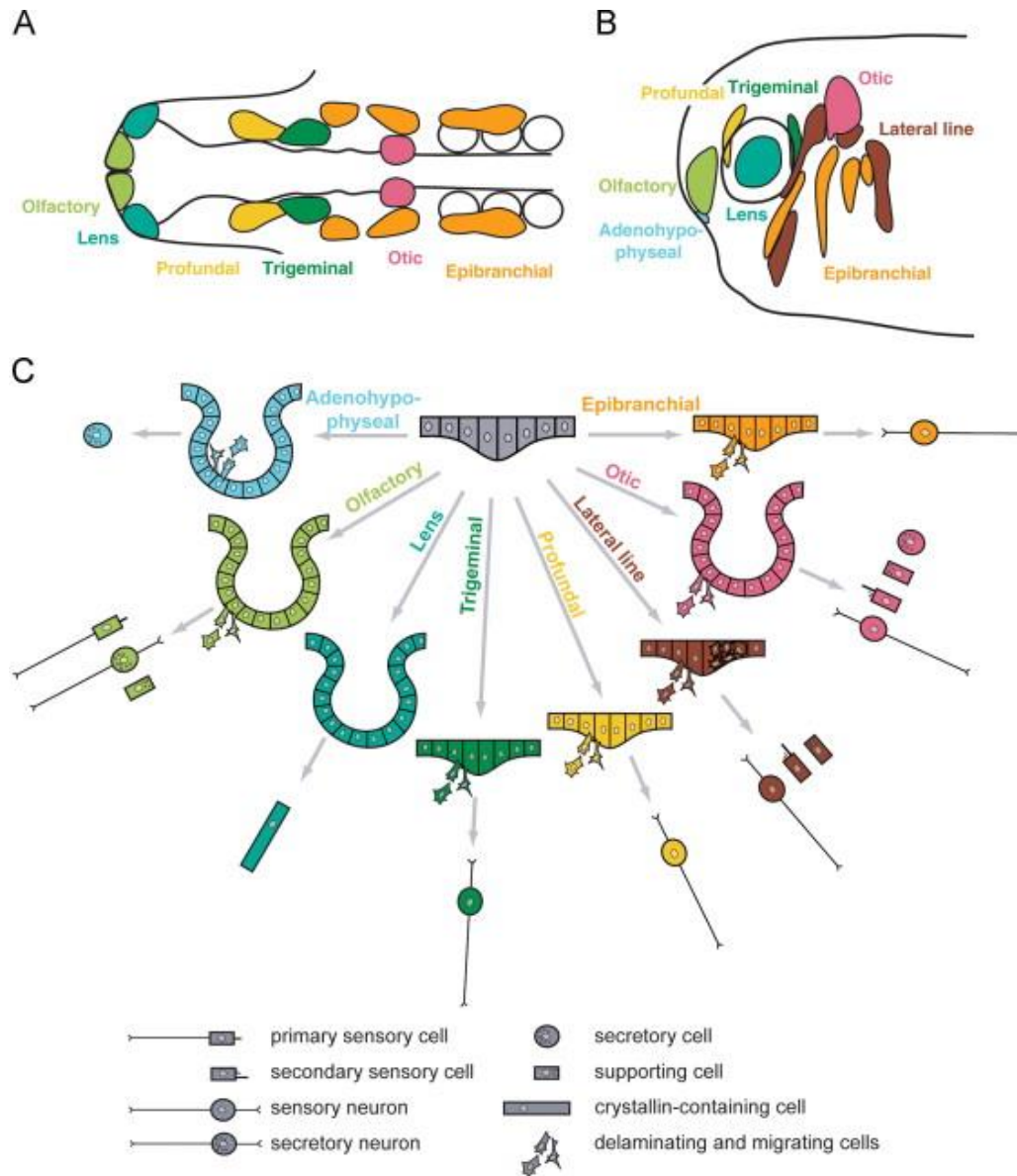
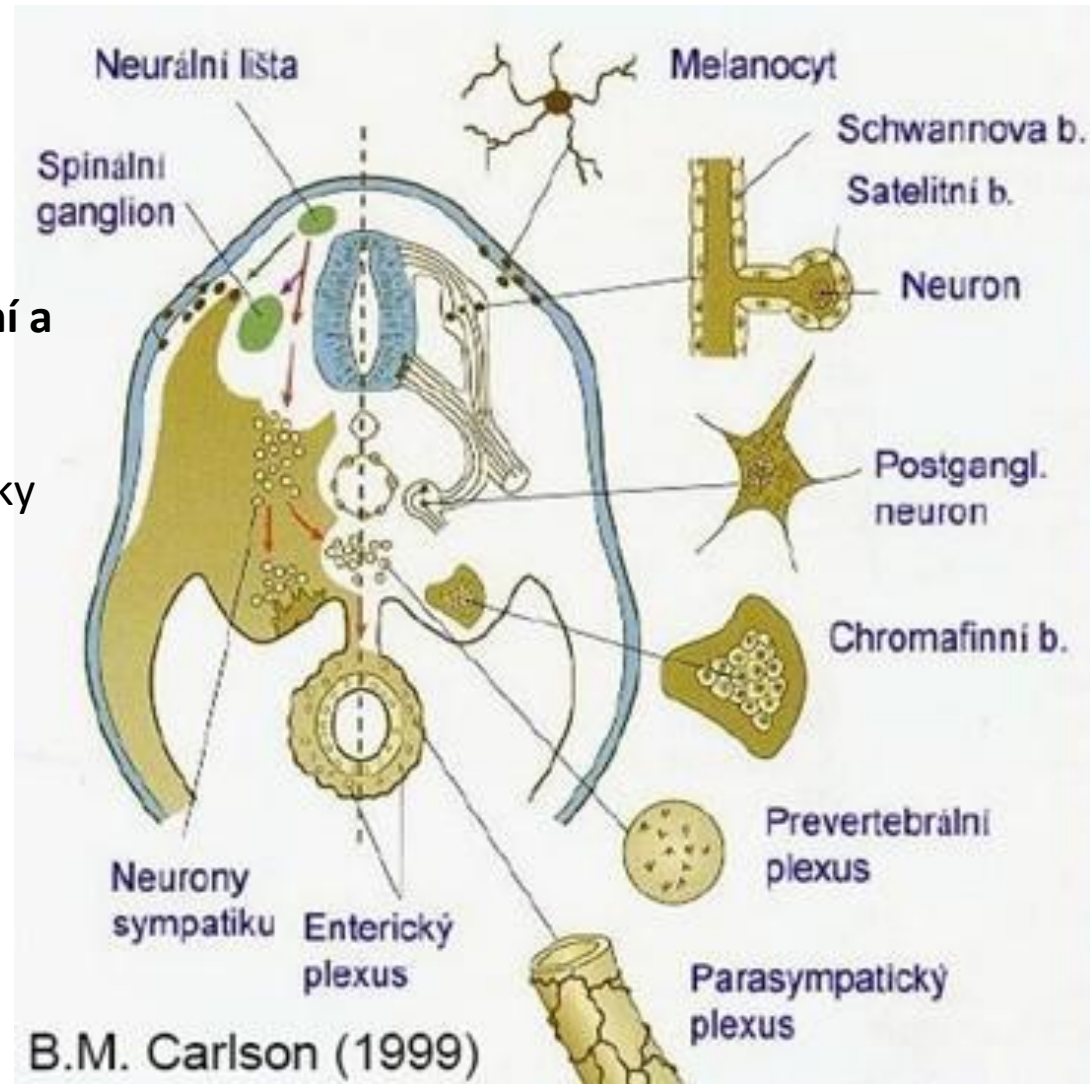


Fig. 1. Vertebrate cranial placodes. (A) Chick embryo (modified from Streit, (2004)). (B) *Xenopus* embryo (modified from Schlosser and Northcutt, (2000)). (C) Developmental fates and derivative cell types of different cranial placodes (modified from Schlosser, (2005)).

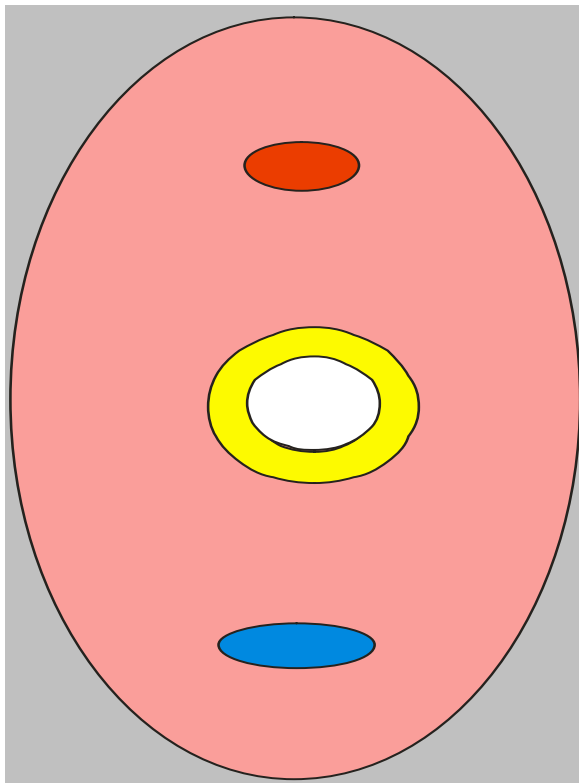
Buňky neurální lišty

- podíl na vzniku cca 40 různých tkání a orgánů
- Oblast trupu: Neurony a gliální buňky sensorického, sympatického a parasympatického systému
- Buňky dřeně nadledvin
- Pigmentové buňky epidermis
- Svalové buňky některých cév



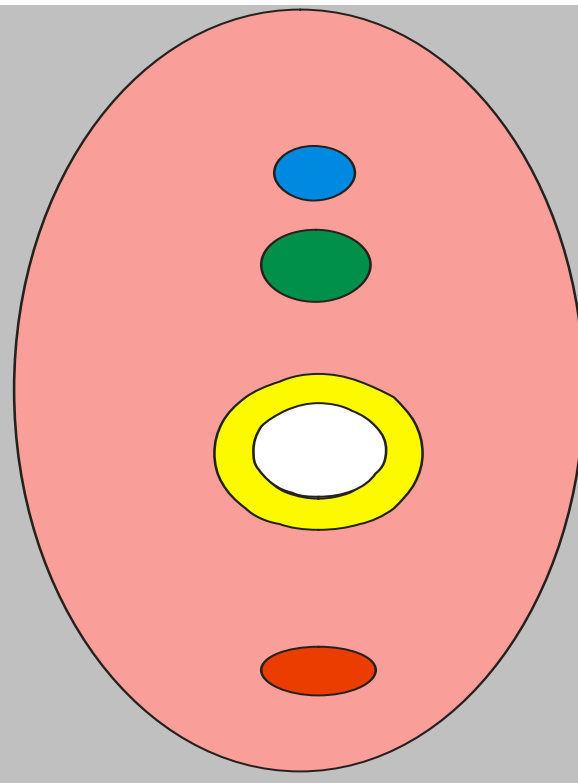
Inverze dorzoventrální organizace

Protostomia



hřbetní céva
trávicí trubice
nervová trubice

Chordata,
Deuterostomia



nervová trubice
notochord
trávicí trubice
břišní céva

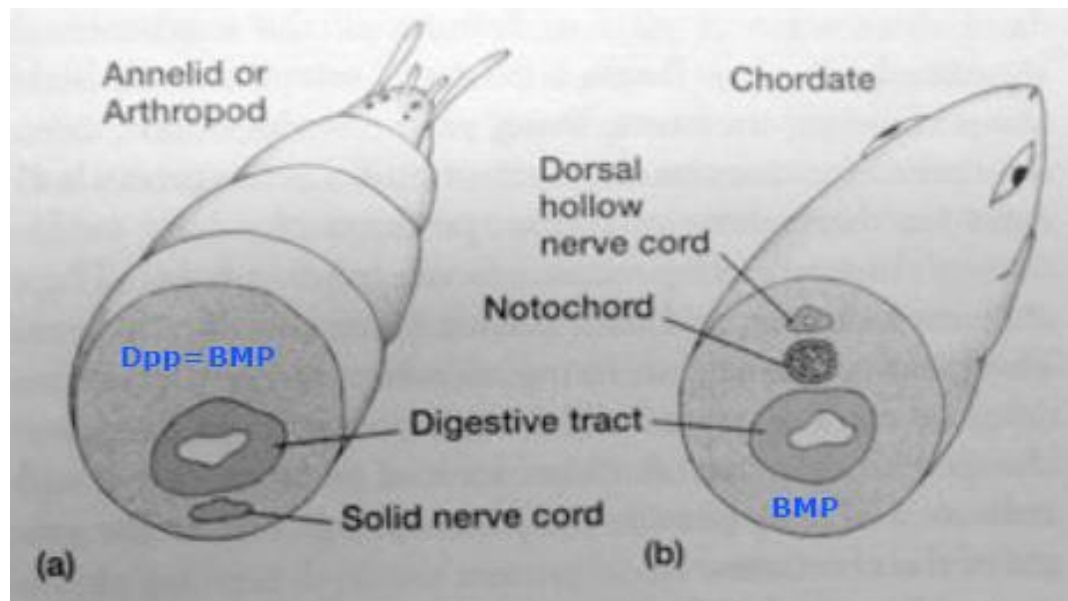
Dorzoventrální inverze těla

největší novinkou strunatců (chybí u polostrunatců) je hřbetní umístění nervové trubice (jinde na břiše), centrální céva zase na břiše (jinde na hřbetě)

i v genech!

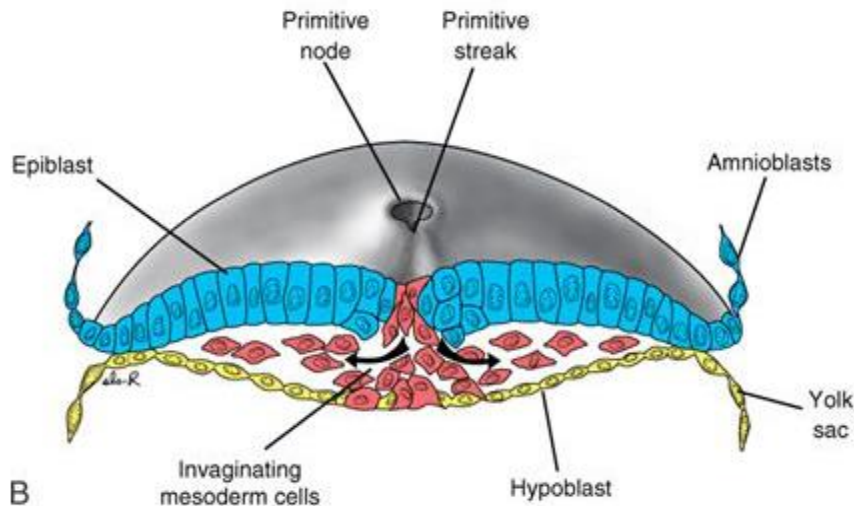
Důkazem pro inverzní hypotézu je např. exprese genu BMP – u prvoústých se uplatňuje na hřbetě, u druhoústých na břišní straně.

buňky signálního systému **BMP** (bone morphogenetic protein) u strunatců jen v břišních buňkách, u hmyzu homologické proteiny jen na hřbetě



canalis neurentericus

formování mezodermu



- Hypoblast v místech, kde se vytvořil mesoderm a endoderm postupně zaniká.
- Dočasné spojení mezi amniovou dutinou a žloutkovým váčkem přes primitivní uzel – canalis neurentericus

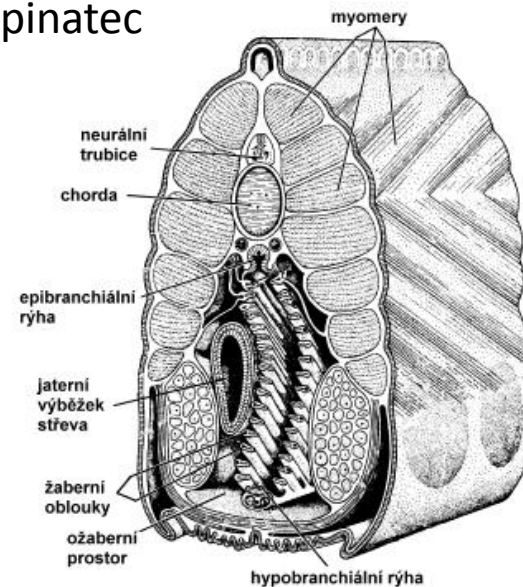
Endostyl

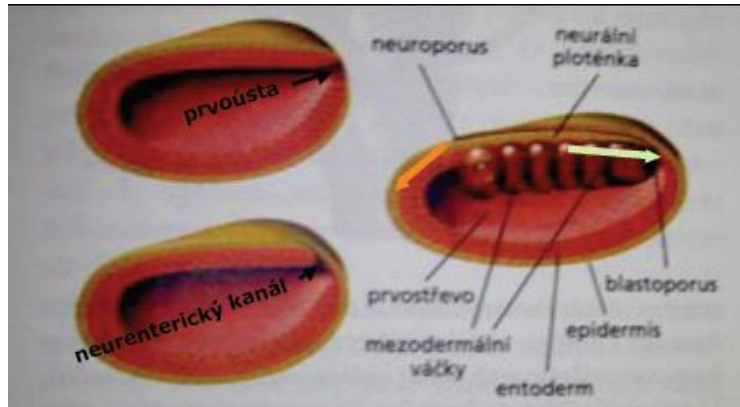
- stavba hltanu - k transportu potravy, ale i k dýchání
- hltan vnitřní trubice se zvláštními bočními perforacemi, do obžaberního prostoru (**PERIBRANCHIÁLNÍ PROSTOR**).
- produkce jodových hormonů (thyroxin)
- u obratlovců se postupně ztrácí funkce filtrační a rozvíjí se endokrinní (štítná žláza), peribranchiální prostor, žaberní štěrby dýchací funkce

Endostyl (hypobranchiální rýha) - žlábek, jehož stěny jsou vystlány epitelem produkujícím sliz a slepujícím potravní částice. Žlábek na ventrální straně hltanu vpředu, na dvě větve, které přecházejí po stranách hltanu na jeho dorzální stranu, kde se opět spojují v mediánní žlábek epibranchiální rýha).

Epibranchiální rýha odvádí potravní částice do dalších oddílů trávicí trubice.

kopinatce





Metamerizace –

výchozí plán morfogeneze strunatců



Chordata – *mesoderm* ve formě oddělených váček **somitů**, enterocoelně odštěpovaných dozadu

Přes 200 buněčných typů

3D (prostorový), roste rychlostí n^3

Mezenchym

2D (plošný), roste rychlostí n^2

Epitely

1D (dlouhý), neurony, krevní

buňky

Metamerizace tělní stavby
speciální typ celkové regulace
Hox geny

Fylogenetický význam ontogenetických znaků

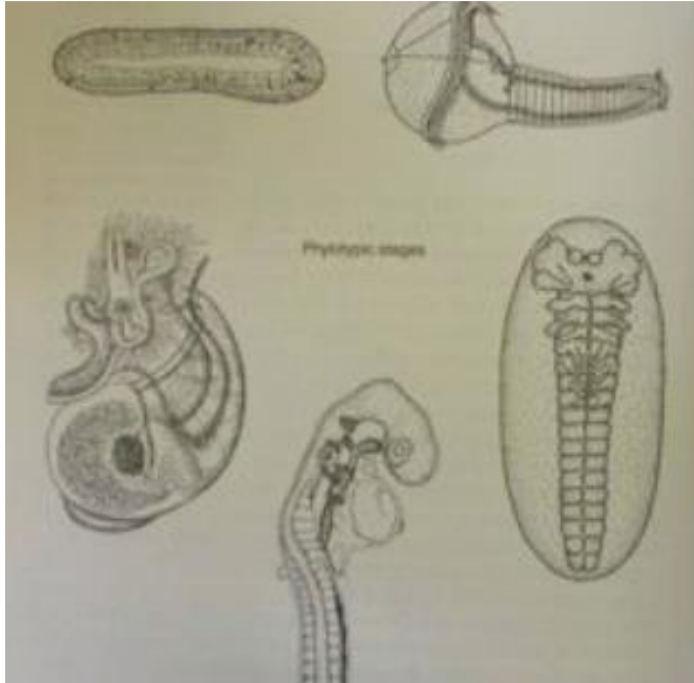
ontogenetická transformace - fixace apomorfie

von Baer, Haeckel

fylogenetický význam ontogenetických znaků

pravidlo rekapitulace (během ontogeneze)

fylotyp - faryngula – velmi konzervativní vývojové stádium
(univerzální model - blastula, gastrula, neurula, **faryngula**)



Příklady
fylogenetických
stadií (srv.: larvy s
rozvinutým
přestavbovým
modem):

*planula diff.

*trochofora diff

*veliger

*zárodek hmyzu

*časná faryngula

Rekapitulace neplatí obecně, ontogenetické znaky obecně však nejdůležitější u fylogenetických vztahů alespoň u vysokých taxonů a jejich rané ontogeneze - **znak, který je v ontogenezi dříve, je původnější**

nově: EVO-DEVO sled regulačních kroků, exprese specifických morfogenu, signálních faktorů.

GEOLOGICKÁ OBDOBÍ ZEMĚ

Stratigrafická tabulka / přehled geologické historie Země

Éon	Éra	Útvar	Oddělení	Časové rozpětí v mil. let	
Phanerozoikum	Kenozoikum	kvartér	holocén	současnost - 0,0118	
			pleistocén	0,0118 - 1,8	
		neogén	pliocén	1,8 - 5,3	
			miocén	5,3 - 23	
		paleogén	oligocén	23 - 34	
			eocén	34 - 56	
			paleocén	56 - 65,5	
		Mesozoikum	křída	svrchní	65,5 - 100
				spodní	100 - 145,5
	jura		svrchní	145,5 - 161	
			střední	161 - 176	
			spodní	176 - 200	
	trías		svrchní	200 - 228	
			střední	228 - 245	
			spodní	245 - 251	
	Paleozoikum		perm	svrchní loping	251 - 260
		střední guadalup		260 - 271	
		spodní cisural		271 - 299	
		karbon	svrchní pennsylvan	299 - 318	
			spodní missisip	318 - 359	
		devon	svrchní	359 - 385	
			střední	385,3 - 397,5	
			spodní	397,5 - 416	
		silur	svrchní	přídolí	416 - 419
				ludlow	419 - 423
			střední	wenlock	423 - 428
			spodní	llandovery	428 - 444
ordovik		svrchní	444 - 461		
		střední	461 - 472		
		spodní	472 - 488		
kambrium	svrchní furong	488 - 501			
	střední serie3	501 - 510			
	spodní	serie2	510 - 521		
		terreneuv	521 - 542		
Proterozoikum	Neoproterozoikum	ediacara	542 - 630		
		criogen	630 - 850		
		ton	850 - 1000		
	Mesoproterozoikum	sten	1000 - 1200		
		ectas	1200 - 1400		
		calym	1400 - 1600		
	Paleoproterozoikum	stather	1600 - 1800		
		orosir	1800 - 2050		
		rhyac	2050 - 2300		
		sliderian	2300 - 2500		
Archaikum	Neoarchaikum	2500 - 2800			
	Mesoarchaikum	2800 - 3200			
	Paleoarchaikum	3200 - 3600			
	Eoarchaikum	3600 - vznik Země			

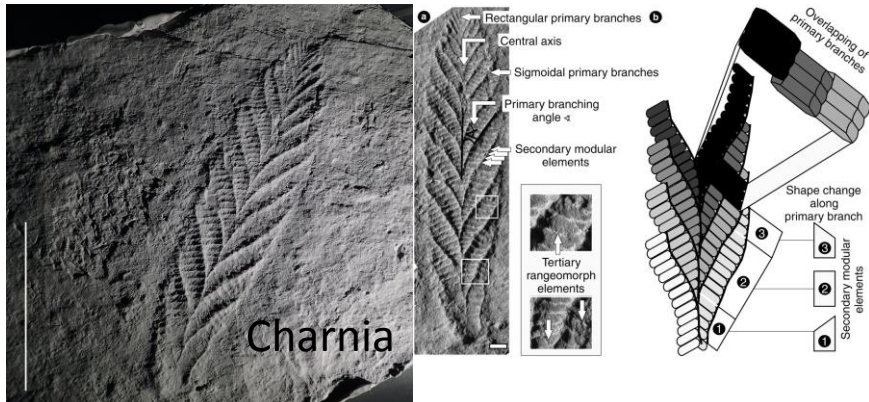
Historický vývoj strunatců

Prekambrium – Ediakarská „fauna“ (635-541 Mya)

Venobionta (Aus – Ediakara, Rusko – Vendem, Namibie, UK, Am)

Roger Mason – Charnia (kosmopolitní, Rusko, Anglie, Kanada, Austrálie)

nejstarší velké organismy, na přelomu kambria extinkce



635 MYA ————— EDIACARAN BIOTA ————— 541 MYA

- 1. Alburnares · 2. Rugoconites · 3. Haootia · 4. Inaria · 5. Swartpuntia · 6. Charnia · 7. Kimberella · 8. Rangea
- 9. Ventogyrus · 10. Corumbella · 11. Pteridinium · 12. Namacalathus · 13. Ernietta · 14. Parvancorina · 15. Cloudina
- 16. Arkarua · 17. Praecambridium · 18. Yorgia · 19. Spriggina · 20. Dickinsonia · 21. Tribrachidium

<https://www.youtube.com/watch?v=B8GT9mH-Mm4>

Kambrium

541-485 Mya (56 Mya, 10%)

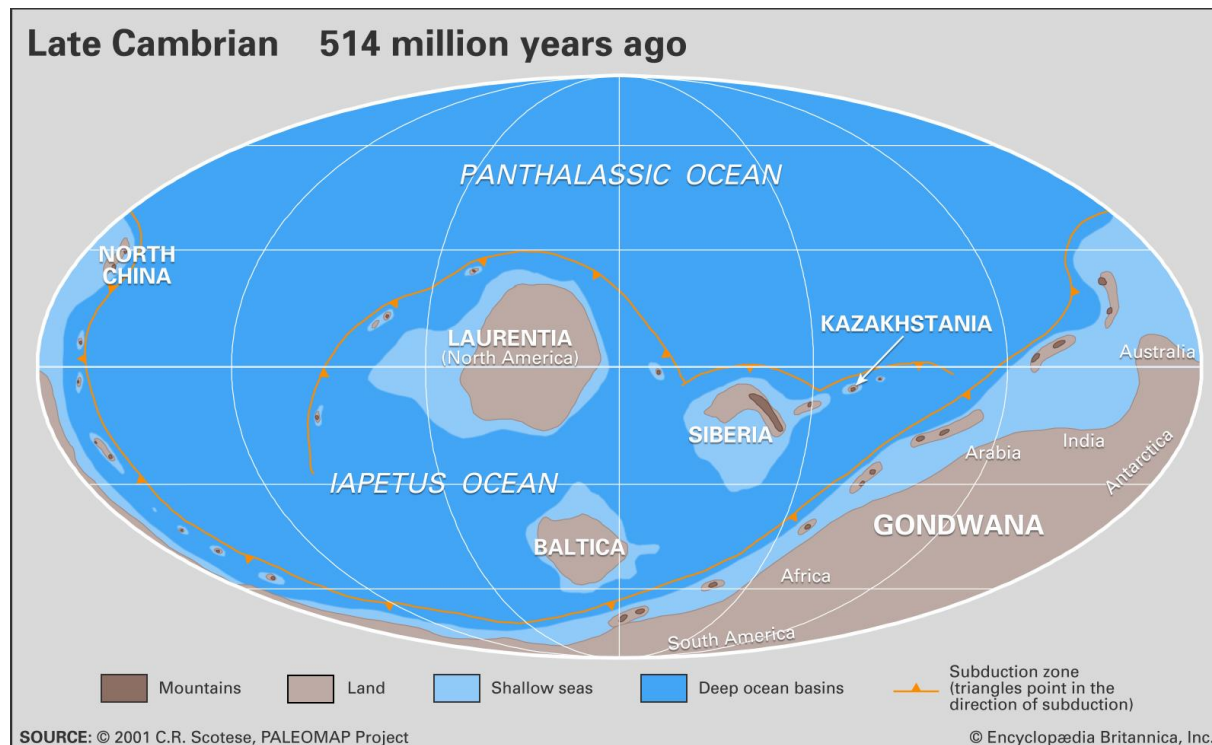
Rozpad Pannotie = Gondwana a Laurentia (Sam, Severoamerický kratón)
a Baltica (Seu) a Siberia

Oceány Panthalassa a Iapetus

Mělká a teplá moře, tropické podnebí, až 60°C!, vysoký obsah CO₂ (10-15x více než dnes!)

Zásadní geochemické změny, vulkanická činnost, více O₂, fosforu a vápníku

Divergence biotopů, schránky (vnější i vnitřní struktury), kolagen!, **interakce - predace**



- video kontinenty

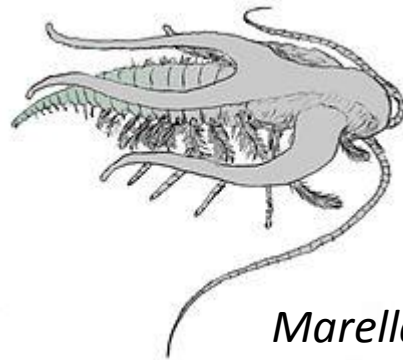
Kambrium, *kambrijská exploze*

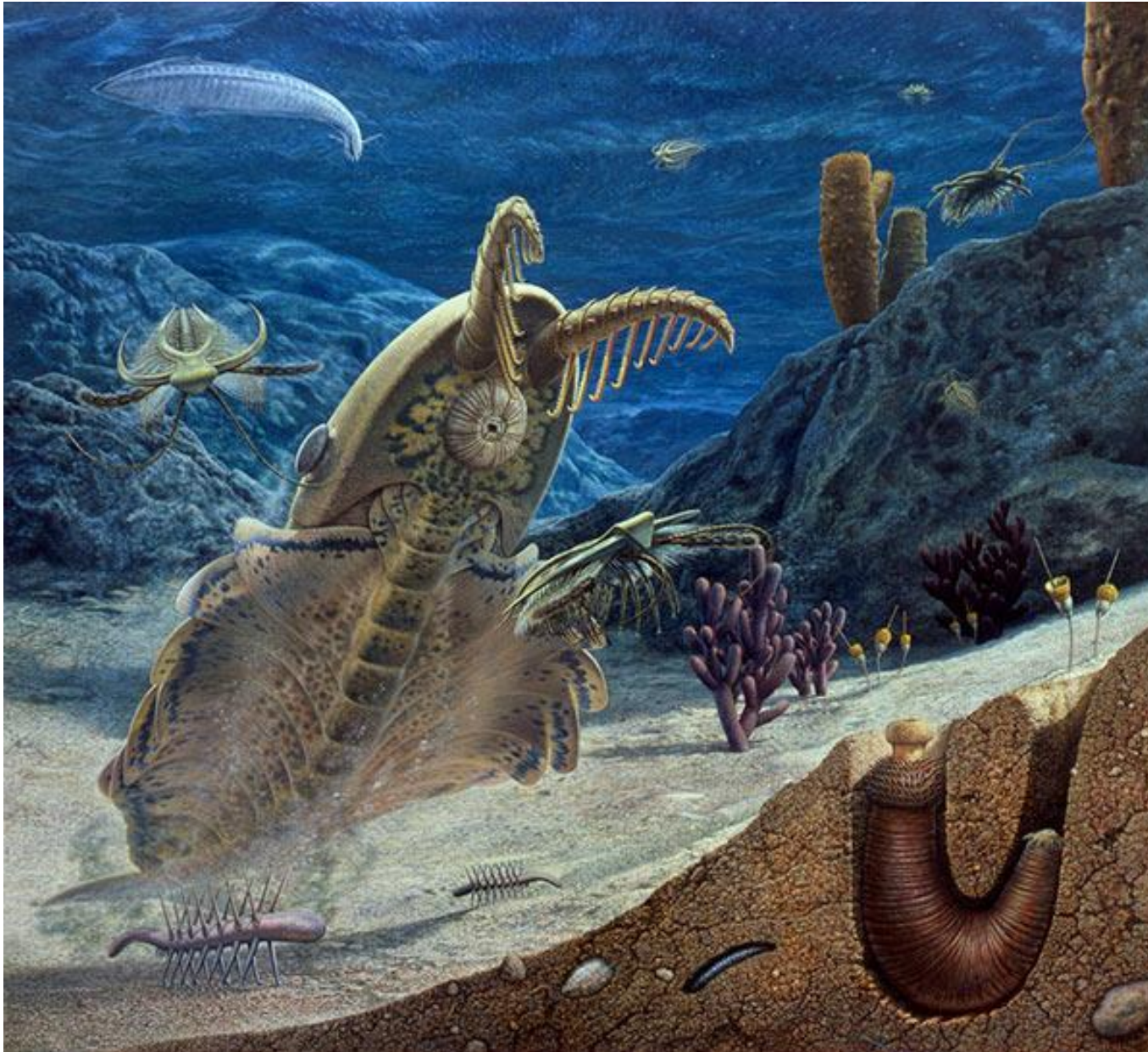
(540-490 Mya)

kompletně nové stavební plány,

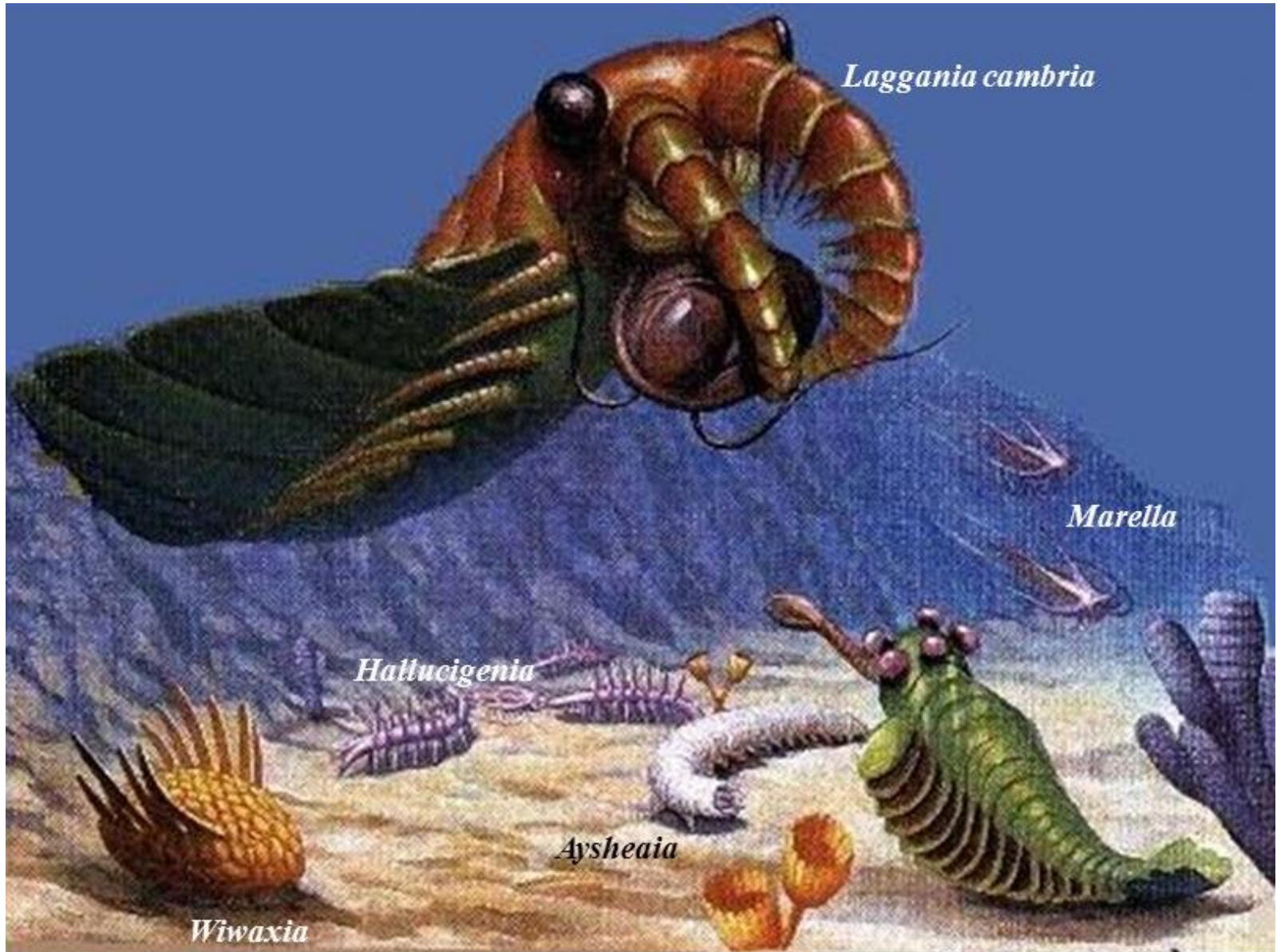
spíše adaptivní radiace než prvopočátek

Vše během cca 10 mil let!!!

**Burgesské břidlice, Kanada
Britská Kolumbie****Charles Walcott 1909****Chengjiang (Jün-nan)
530-520 mil.let****Další naleziště „burgesského typu“ - Kangaroo
Island u Austrálie, Sinsk na Sibiři, Buen v
Grónsku, ale i barrandién**2010 - nevyhynula na konci kambria, nýbrž
přežila ještě (přinejmenším) do ordoviku<https://www.youtube.com/watch?v=SEGOPusKy3Y>*Marella*



Hallucigenia
Marella
Anomalocaris
Wiwaxia
Opabinia



Laggania cambria

Marella

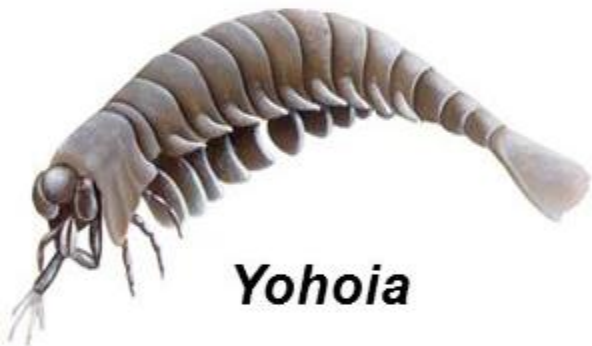
Hallucigenia

Aysheaia

Wiwaxia

Dinomischus

Opabinia

Členovci**Canadaspis****Marrella****Sanctacaris****Yohoia****Opabinia****Hurdia****Anomalocaris**

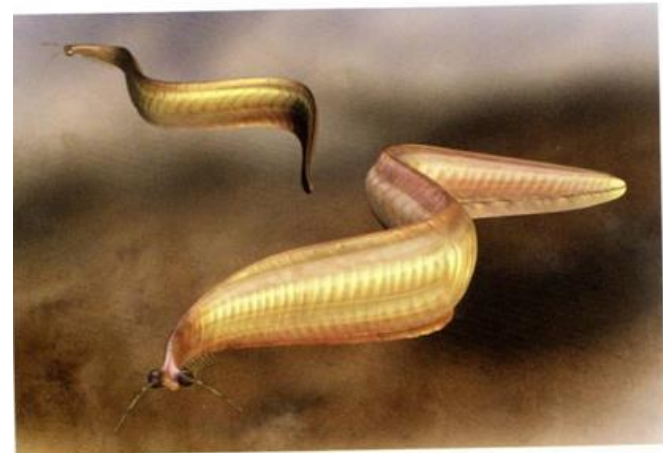
První bezlebeční strunatci***Pikaia gracilens***

- 4 cm, pohyb při mořském dně, příbuznost s kopinatci
- střední kambrium (570 mil. let)
- Burgesské břidlice v Britské Kolumbii (Kanada)

- ***Cathaymyrus diadexus*** - jako kopinatec
- 2,2 cm, pohyb při mořském dně, příbuznost s kopinatci
- spodní kambrium (580 mil. let)
- Chengjiang (Čína)

vršenky - střední kambrium (570 mil. let), USA
 obratlovci - *Myllokunmingia*, *Haikouichthis*,
Zhongjianichthis

**chorda s těly obratlů, hlava s párovými
 smyslovými orgány**



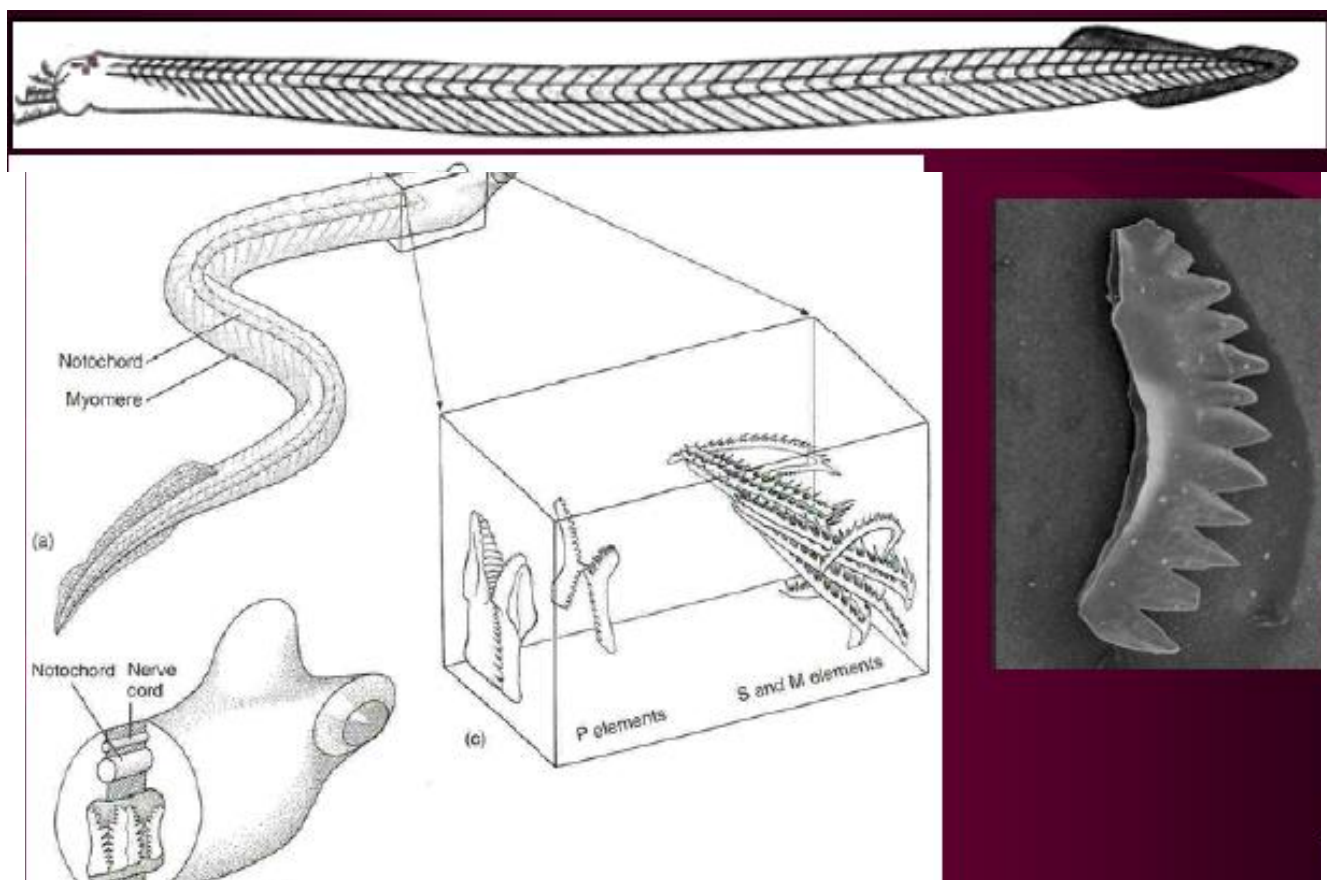
B
 Figure 6.17 *Pikaia*, a cephalochordate from the Burgess Shale. (A) Photo of USNM 57628. Notice the chevron-shaped muscle blocks and faint notochord just above the chevron's V. (B) Reconstruction. Photograph by J. B. Caron, courtesy of the Smithsonian Institution. Reconstruction by Quade Paul.



Figure 6.19 *Myllokunmingia*, a probable agnathan vertebrate from Haikou, Yunnan, China. Reconstruction by Quade Paul.

Konodonti - fosilní chronometr, příbuzní se sliznatkami nebo mihulemi, a nebo primitivní čelistnatci(?) – draví, ústní aparát se **zoubky z dentinu a skloviny**, chorda, kost, myomery, velké oči, encefalizace, makrofágní predátoři, prvohory

svrchní kambrium (500 mil. let) až trias (220 mil. let)



495-200 Ma

hojně v marinních sedimentech

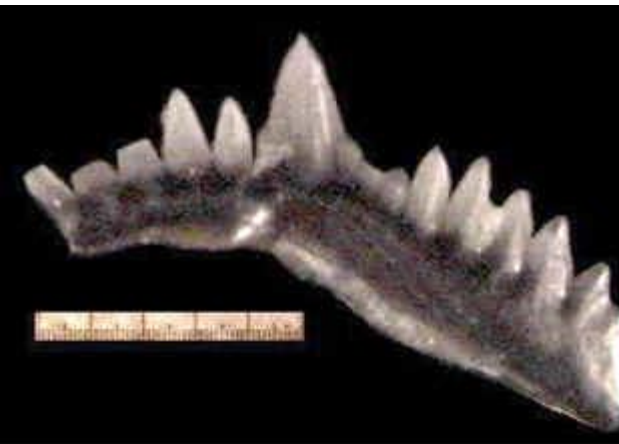
Velká Británie, Jižní Afrika

význam ve stratigrafii (datování hornin)

dlouho nacházeny drobné (do 1 mm) jehličky a hřebínky z apatitu (dentin a sklovina)

poprvé popsány 1856

od 80. let 20. století – celá těla



Examples of compound (left) and coniform (right) conodont

