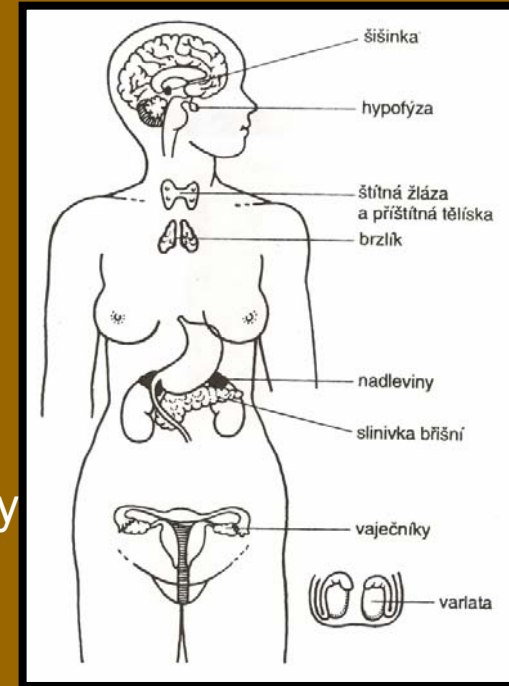


# 7. Endokrinologie

## Endokrinní systém

- hormonální řízení funkcí a udržování homeostáze

Buňky produkující hormony ->->-> buňky reagující na hormony  
(původně snad vedlejší produkty metabolismu) (obecná chemorecepční schopnost buněk)



**Neuroendokrinní systém** – neurohormony – zejména endokrinní působení

**Tkáně a orgány** – tkáňové hormony – endo-, para-, autokrinní působení

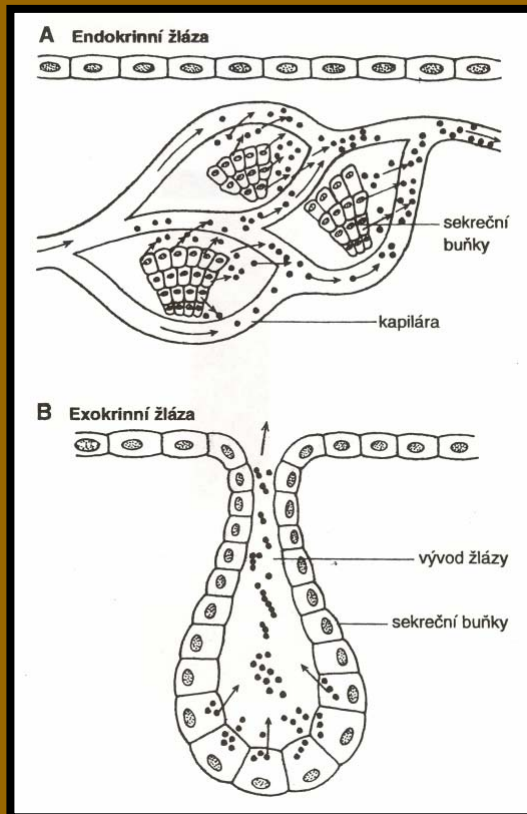
**Žlázy s vnitřní sekrecí** (endokrinní žlázy) – specifické struktury, jasně odlišitelné sekreční buňky

**Tkáně** – ne příliš specifické buněčné populace, celé tkáně,

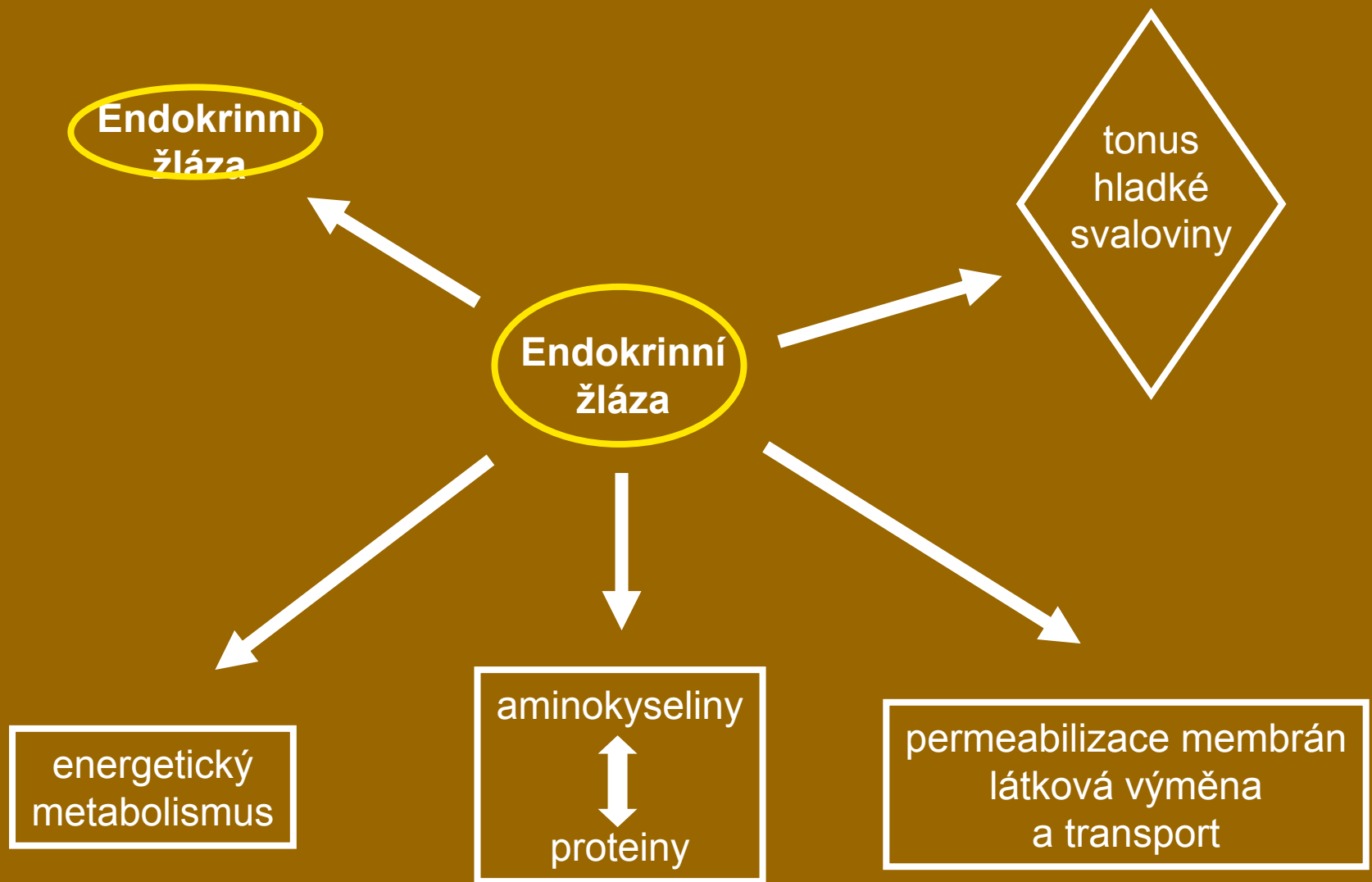
Všichni obratlovci mají prakticky všechny vlastní typy endokrinních “tkání” / žláz a všechny typy hormonů. Rozdíly jsou hlavně kvantitativní, v závislosti na funkci.

### Výjimky:

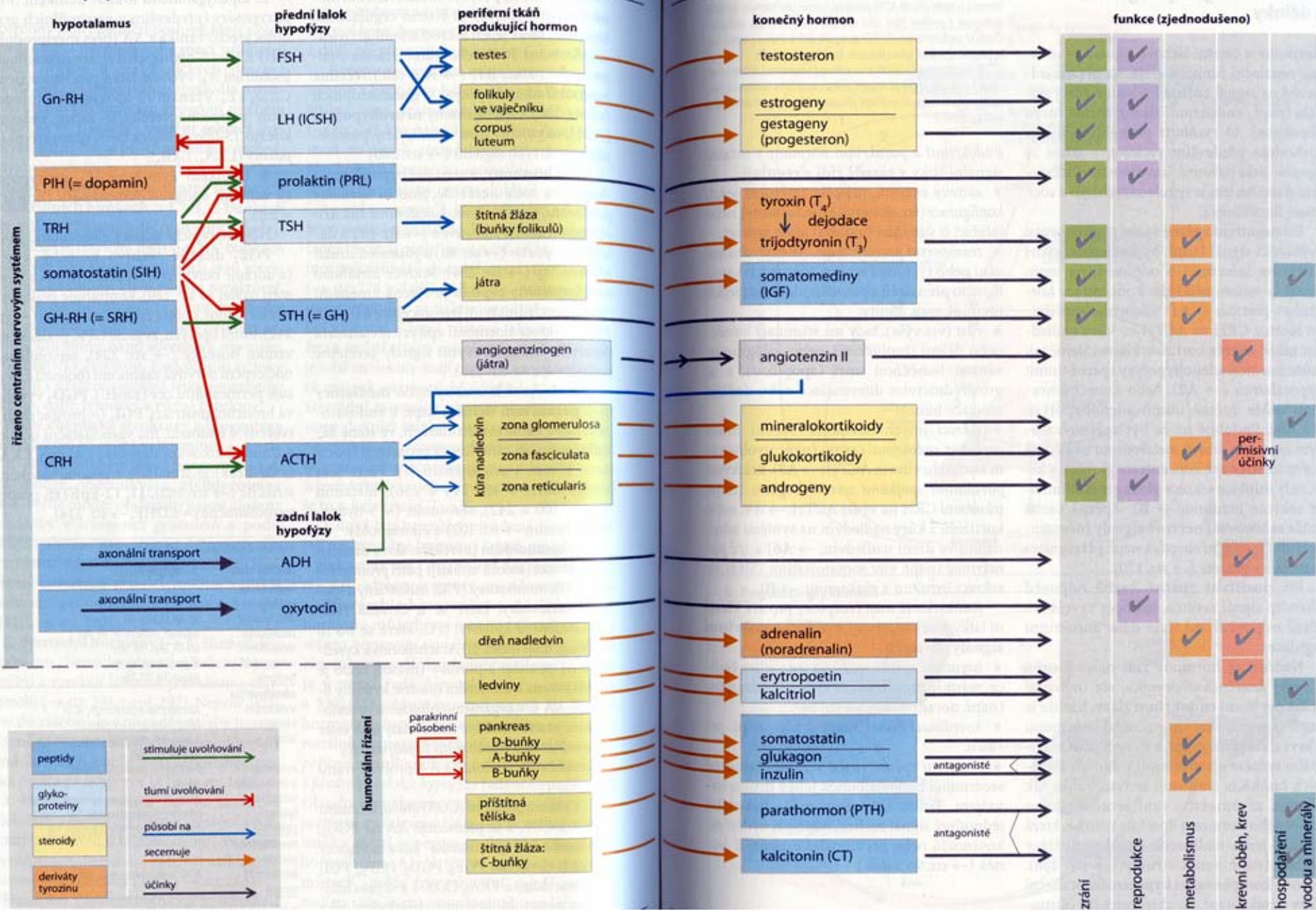
- ryby nemají příštitná tělíska (parathyroidní žlázy)
- kruhoústí nemají C-buňky thyroidei ani jejich homolog ultimobranchiální tělíska
- urofýza je jen u kostnatých ryb, podobný orgán i u žraloků a rejnoků jinak ne



# Souhrn základních úloh hormonů u obratlovců



# A. Hormony (zjednodušený přehled bez tkáňových hormonů)



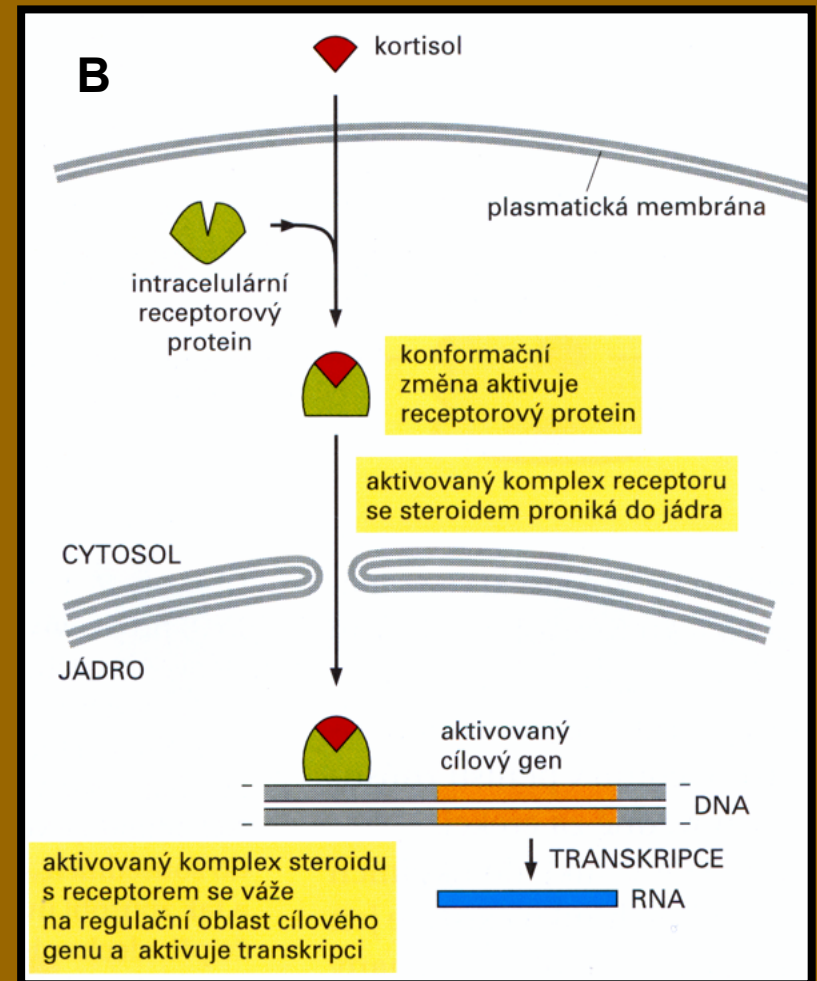
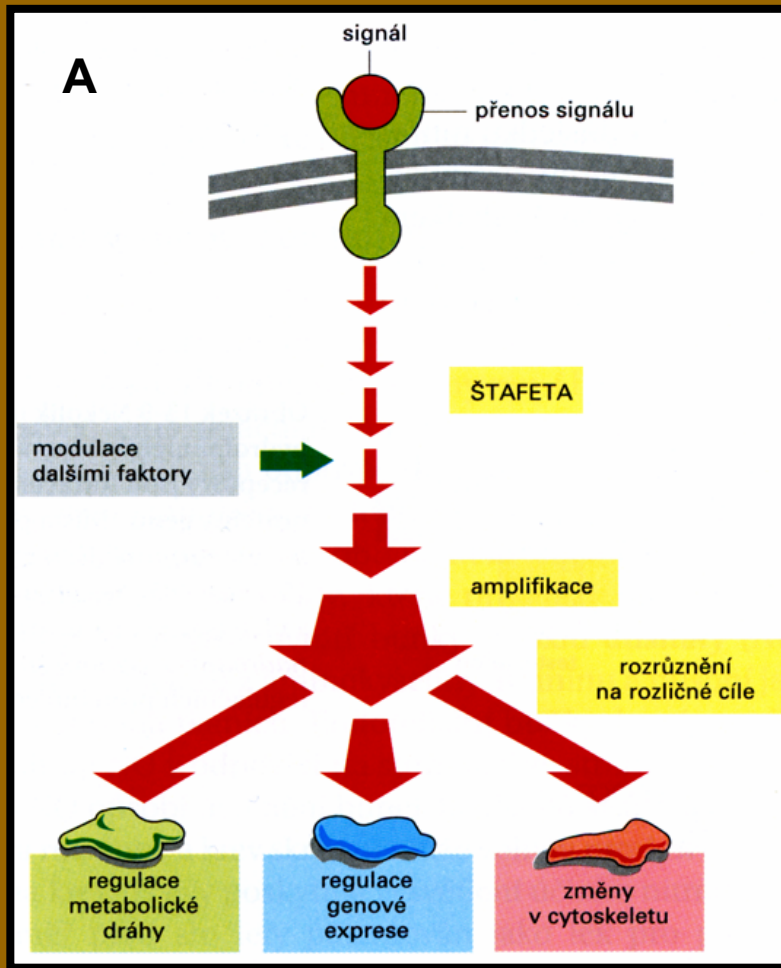
Hypotalamus		Adenohypofýza		Neurohypofýza	
Kortikoliberin	CRH	Kortikotropin	ACTH	Oxytocin	
Gonadoliberin	Gn-RH	Folitropin	FSH	Adiuretin	ADH
Melanoliberin	MRH	Lutropin	LH		
Melanostatin	MIH	Melanotropin	MSH		
Prolaktostatin=Dopamin	PIH	Somatotropin	STH		
Somatoliberin	SRH	Tyrotropin	TSH		
Somatostatin	SIH	Prolaktin	PRL		
Tyreoliberin	TRH				

# Hormony, primární signální poslové, přenášení tělními tekutinami

A - látky peptidové povahy – obecně hydrofilní / lipofobní

B - látky steroidní povahy – obecně hydrofobní / lipofilní

(přenos ve vodním prostředí často vázán na nosiče)

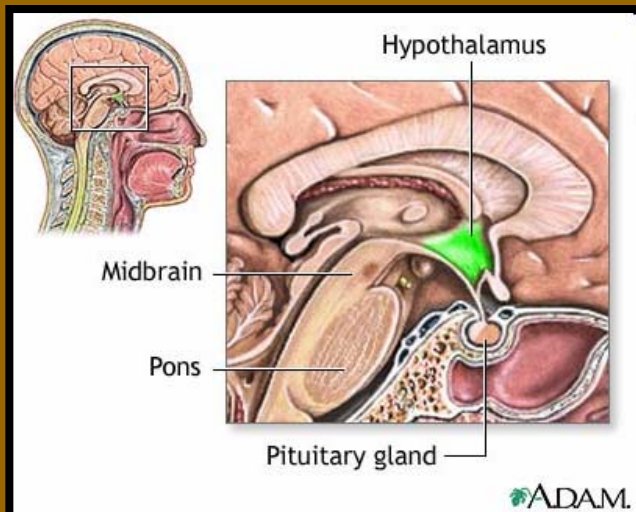


# Hypothalamus – hypofýza (základ neuroendokrinní osa)

## Hypothalamus

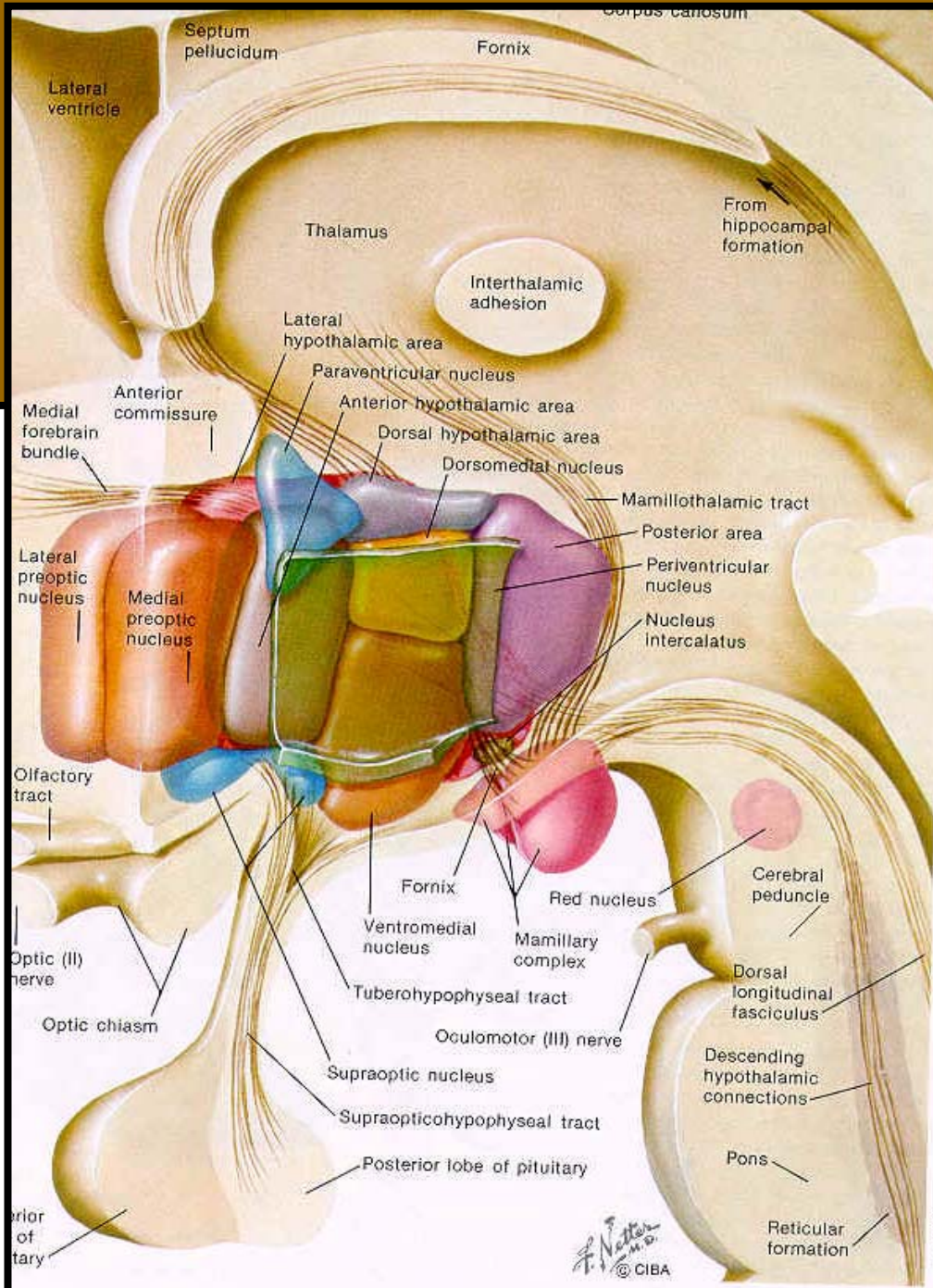
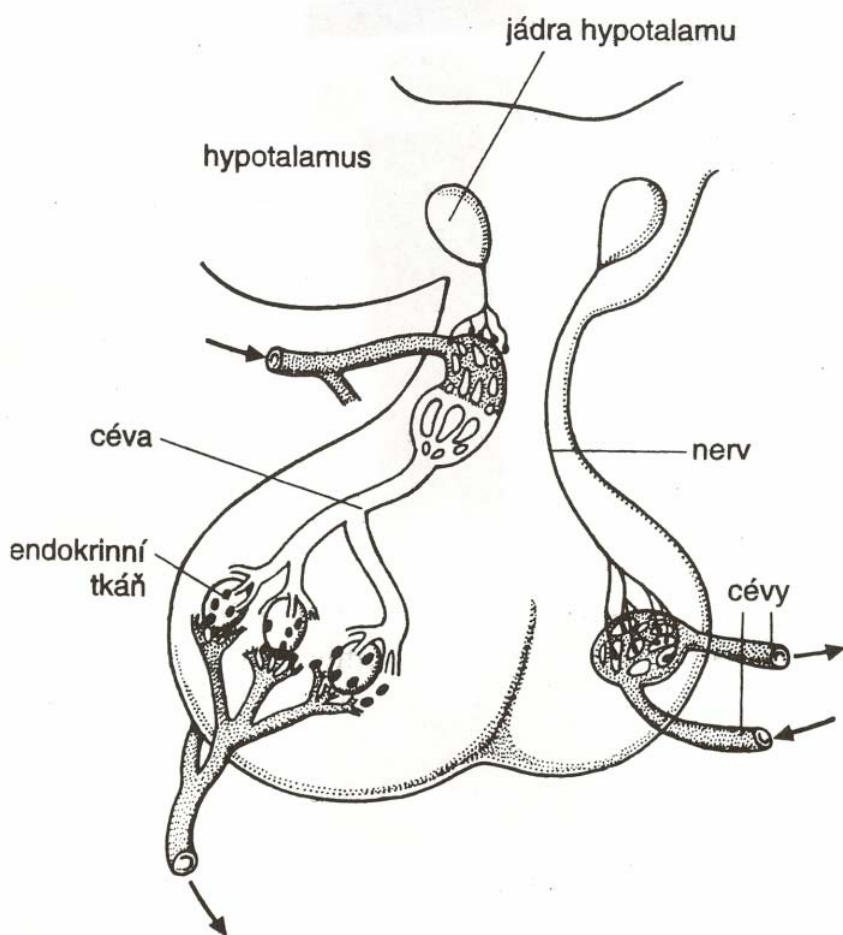
- obecně složen z nervových jader se specifickou funkcí (lidský 2,5 cm, 4g)
- zejména z nervů majících původ ve vyšších částech mozku a autonomního nervového systému
- ale i vlastní nervová síť
- neurotransmitery: *acetylcholin, dopamin, norepinephrin, 5-hydroxytryptamin (5-HT), histamin, GABA*
- magnocelulární neurony (ze supraoptického a paraventriculárního jádra)
  - > produkce ADH a oxytocinu
- parvicelulární neurony (malé neurony hypotalamu) – **liberiny a statiny**

-> produkce *somatostatinu, thyrotropin-releasing hormonu, gonadotropin-releasing hormonu* do portálního systému hypofýzy (portální systém hypofýzy chybí u kruhoústých a kostnatých ryb)



# Hypofýza

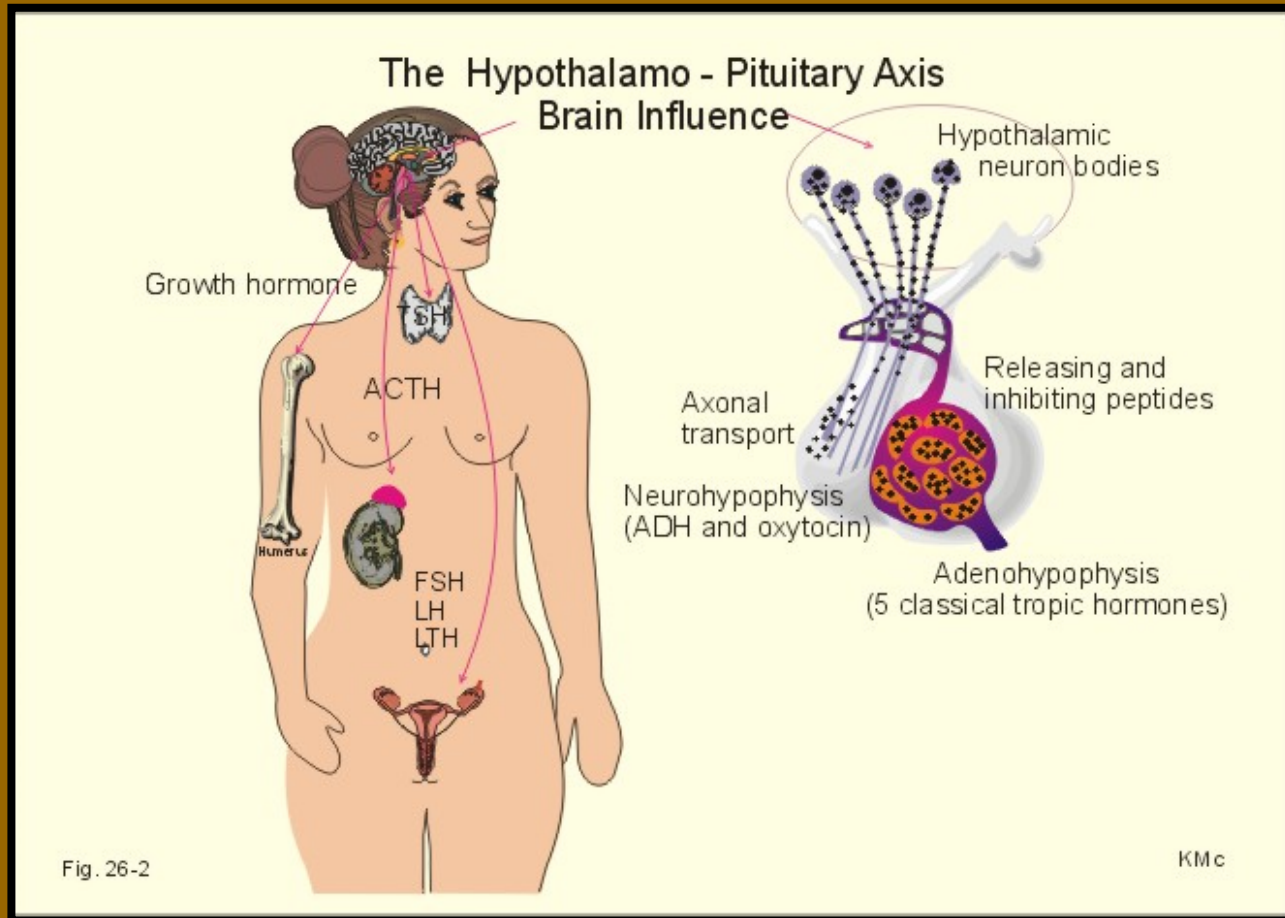
- Adenohypofýza (*Pars distalis*)
  - *Pars tuberalis*
- Neurohypofýza (*Pars nervosa*)
- *Pars intermedia* (*melanotropin, endorfiny*)





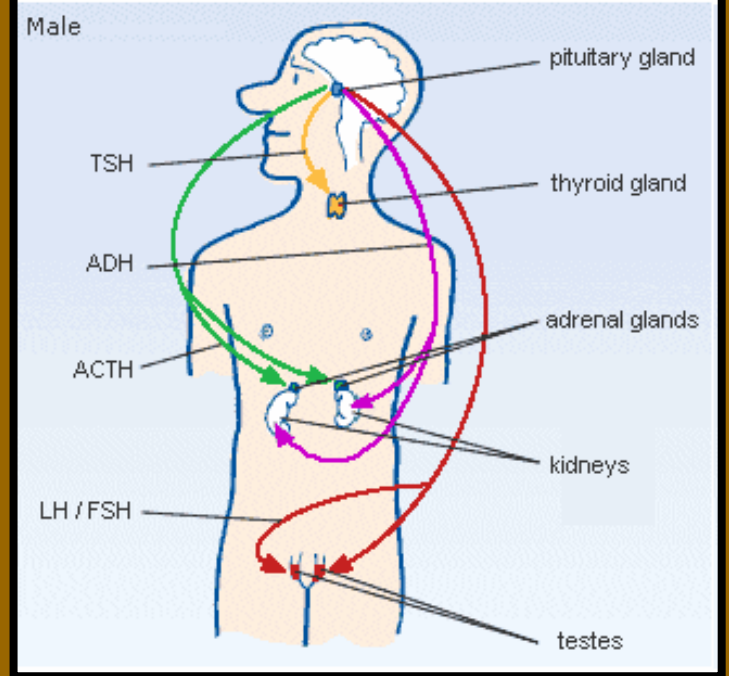
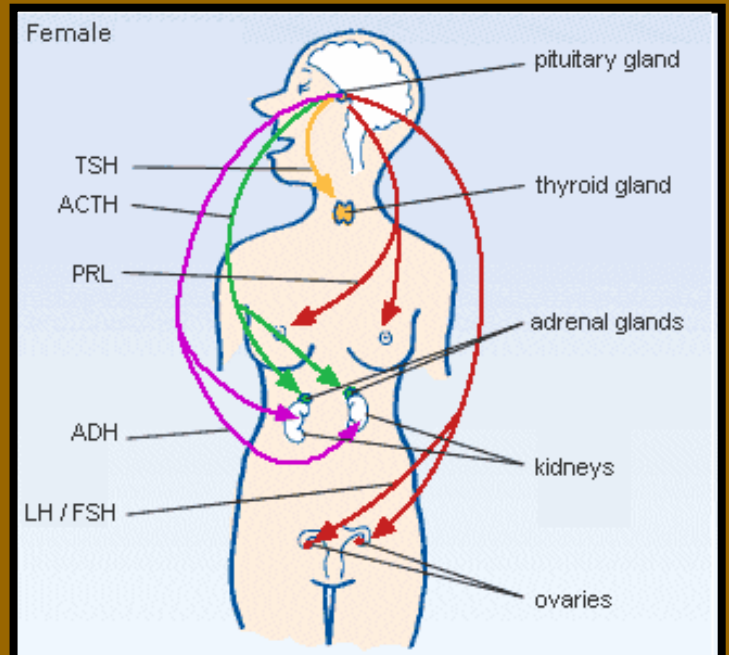
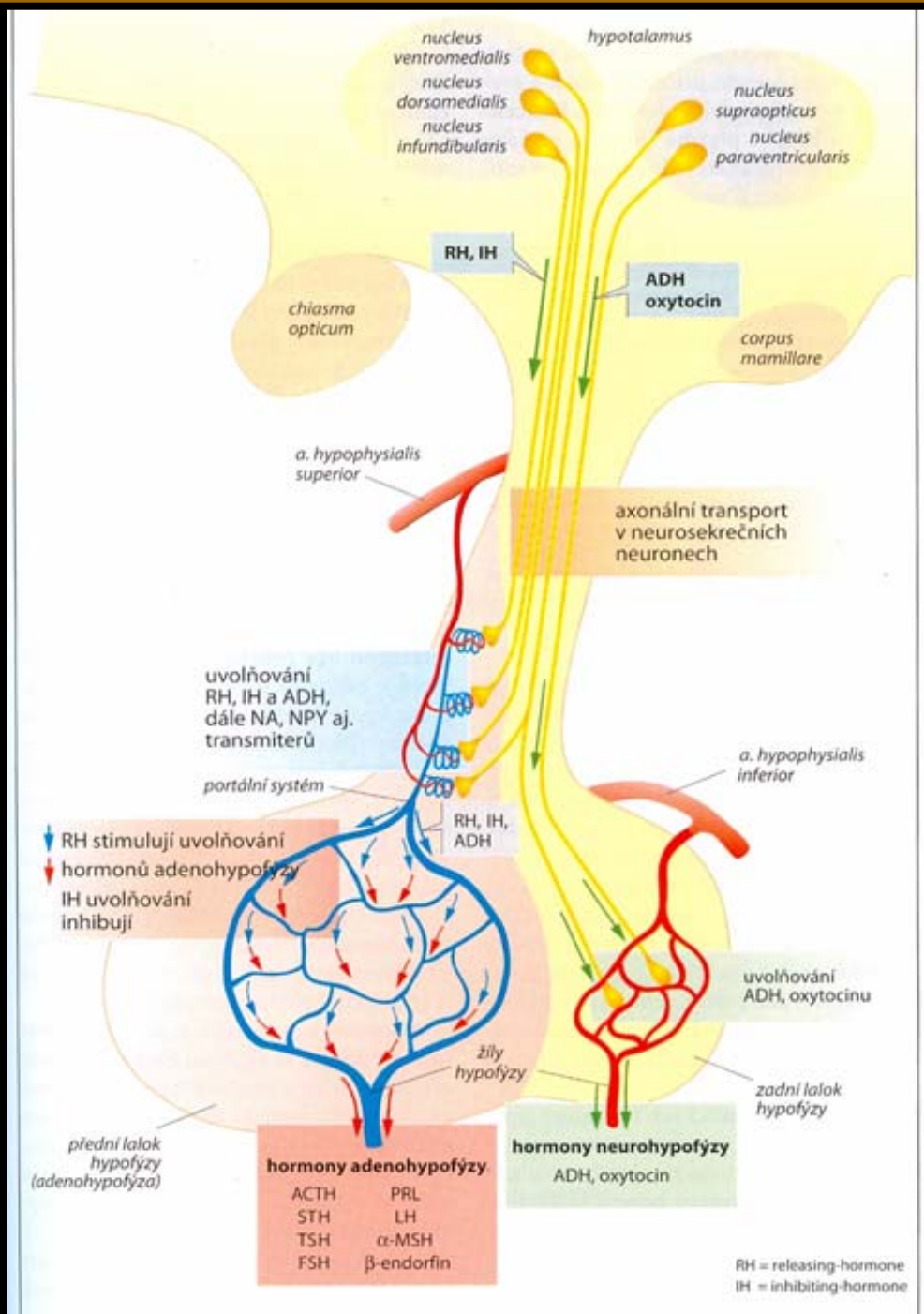
## Základní schéma endokrinní úlohy osy hypothalamus -> hypofýzy

- produkce více jak 10 hlavních hormonů
- regulace obratu vody a solí, růstu, laktace, gravidity a porodu, pigmentace

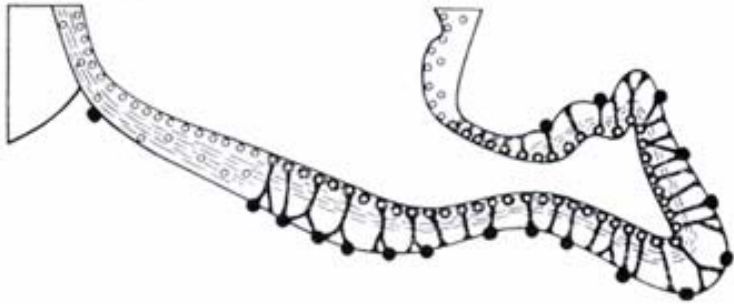


### Hypofýza má ontogenetický původ

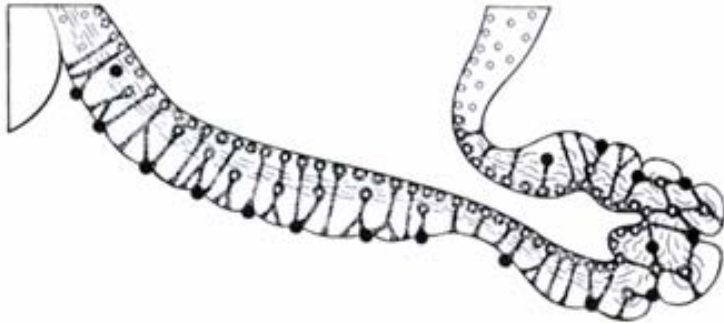
- v přední části střeva (pharyngeal epithelium) – adenohypofýza (p. distalis, p. tuberalis, p. intermedia)
- ve spodní části mozku (diencephalon) – neurohypofýza (pars neurosa)



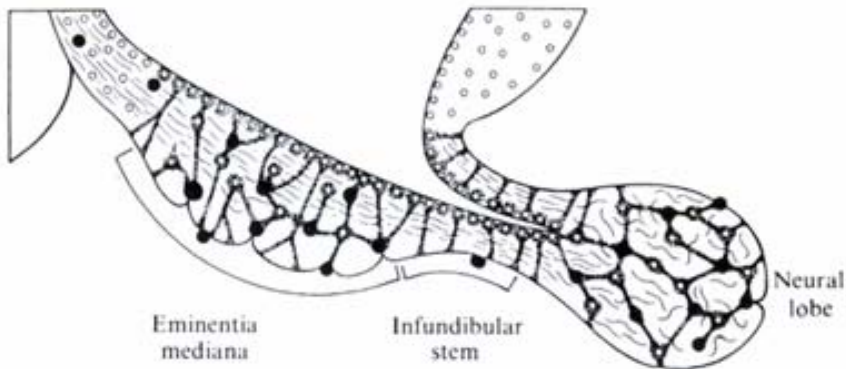
Primitive type as in some reptiles



Birds and reptiles



Mammals



Podobně jako u ostatní části CNS i na hypofýze je možno jasně rozlišit odlišnosti ve stavbě mezi fylogenetickými skupinami v souvislosti s jejich vývojem.



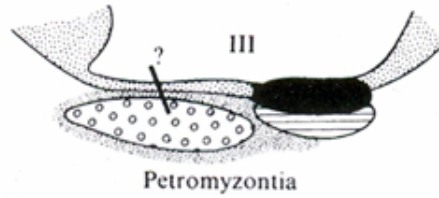
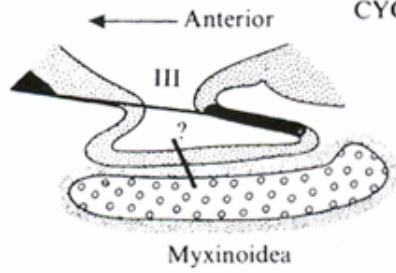
*Rhynchocephalia*



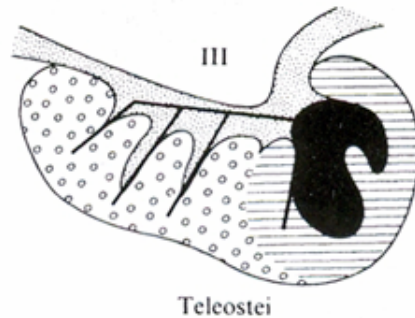
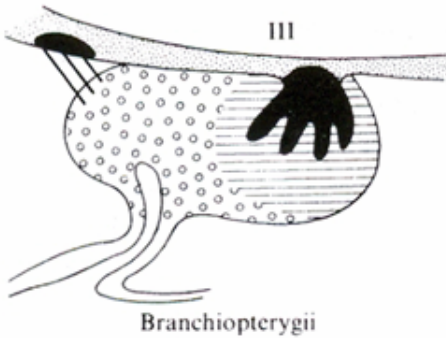
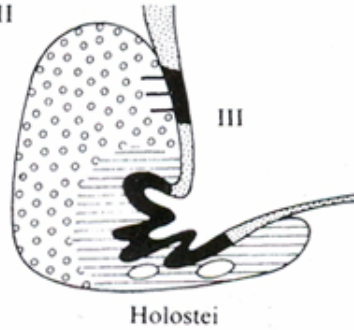
*Chelonia*

Srovnání stavby neurohypofýzy u primitivních plazů, plazů & ptáků, a savců. Silné černé linky představují cévy

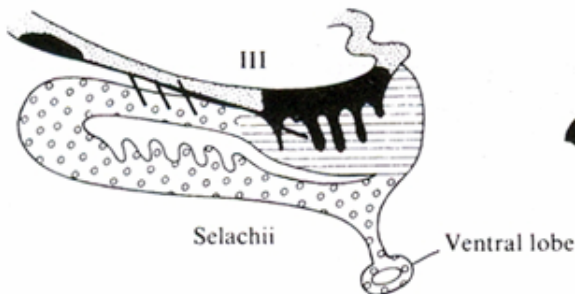
CYCLOSTOMATA



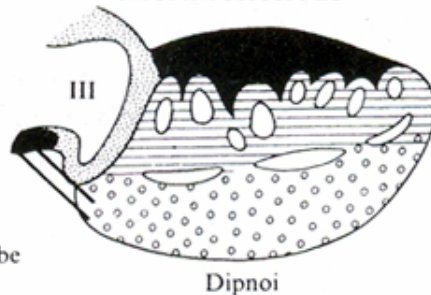
ACTINOPTERYGII



CHONDRICHTHYES



CHOANICHTHYES

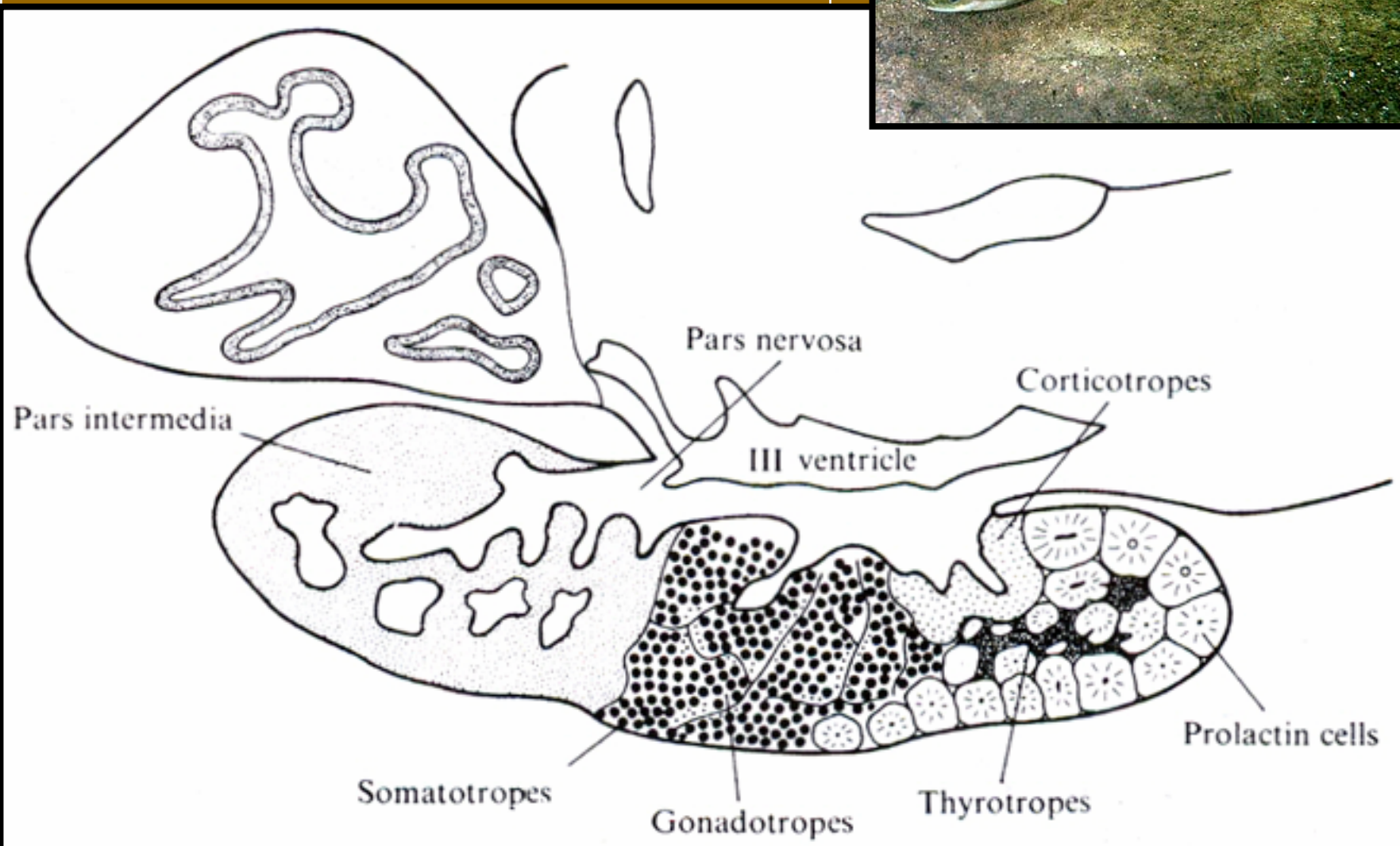


- Zvyšující se kompaktizace a integrace oblasti hypofýzy u různých skupin ryb
- Tvorba struktury odpovídající *pars distalis* a *pars intermedia* u vyšších obratlovců
  - Nárůst propojenosti jednotlivých kompartmentů



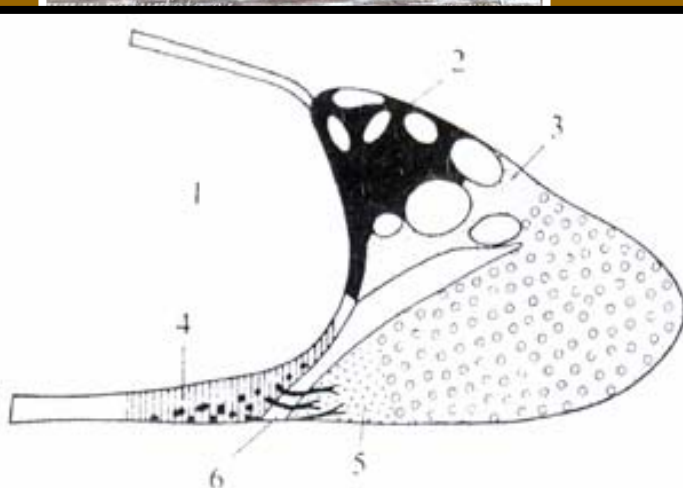
tečky – nervová tkáň  
 černá masa – neurohypofýza,  
 kolečka – *pars distalis*  
 horizontální linie - *pars intermedia*  
 černé linie - cévy

Distribuce jednotlivých populací tropních buněk  
v hypofýze úhoře (*Anguilla anguilla*, teleostei)



# Srovnání hypofýzy u třech hlavních skupin obojživelníků a plicnaté ryby

1. *Saccus infundibuli*
2. Neurální lalok
3. *Pars intermedia*
4. *Media eminence*
5. *Zona tuberalis*
6. Portální krevní oběh



Anura (*Bufo*)



Urodela (*Ambystoma*)



Gymnophiona (*Hypogeophis*)

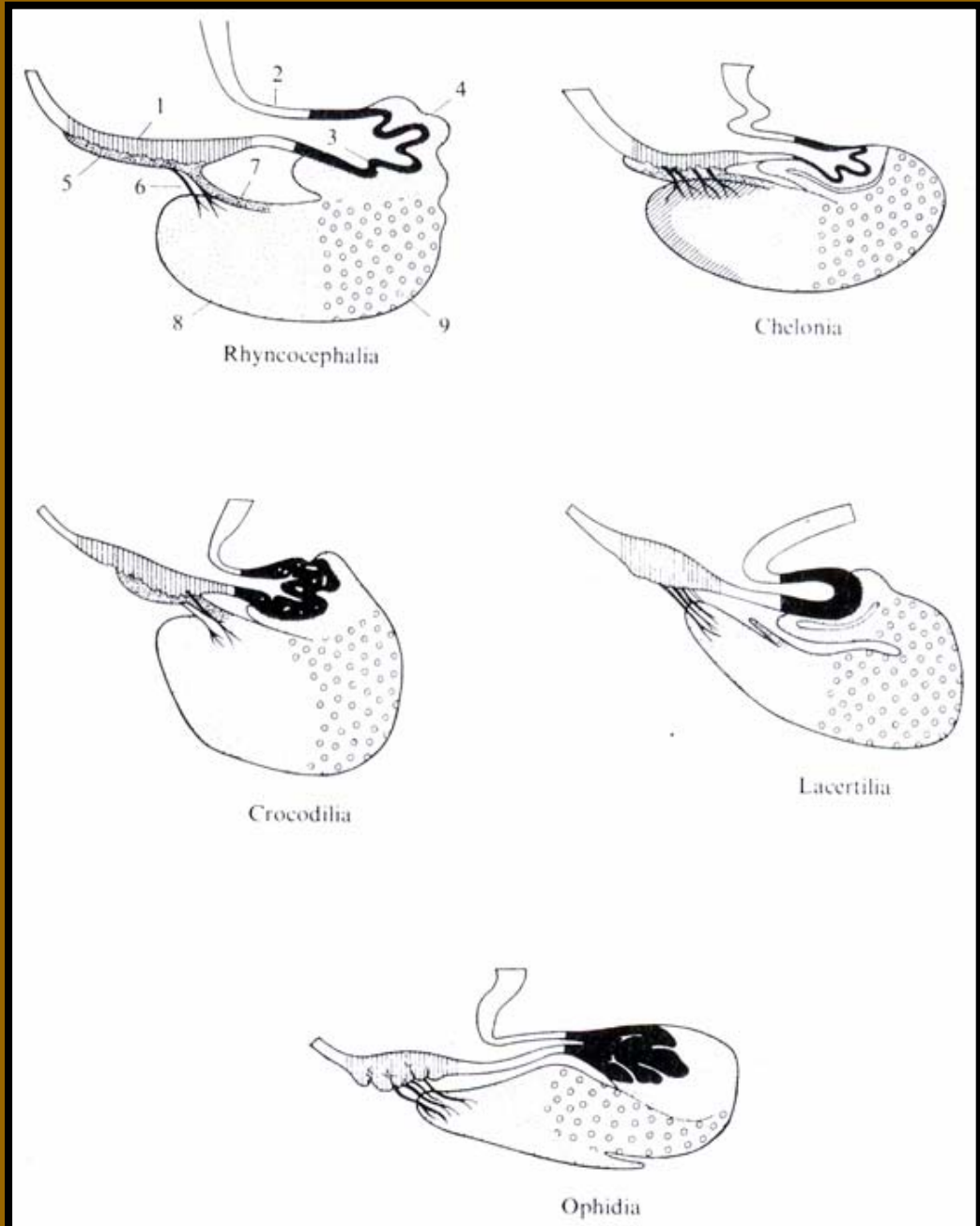


Dipnoi (*Protopterus*)



# Srovnání hypofýzy u pěti hlavních skupin plazů

1. median eminence
2. infundibulární kmen
3. pars nervosa
4. pars intermedia
5. pars tuberalis
6. portální krevní oběh
7. pars tubularis interna
8. přední lalok pars distalis
9. zadní lalok pars distalis



## Hypofýza ptáků a plazů



### Ptáci

- podobné plazům
- nemají *pars intermedia*
  - produkce melanocyty stimulujícího hormonu (MSH) = melanotropinu
- produkují ptáci MSH ? U kura domácího nedetekováno.

### Savci

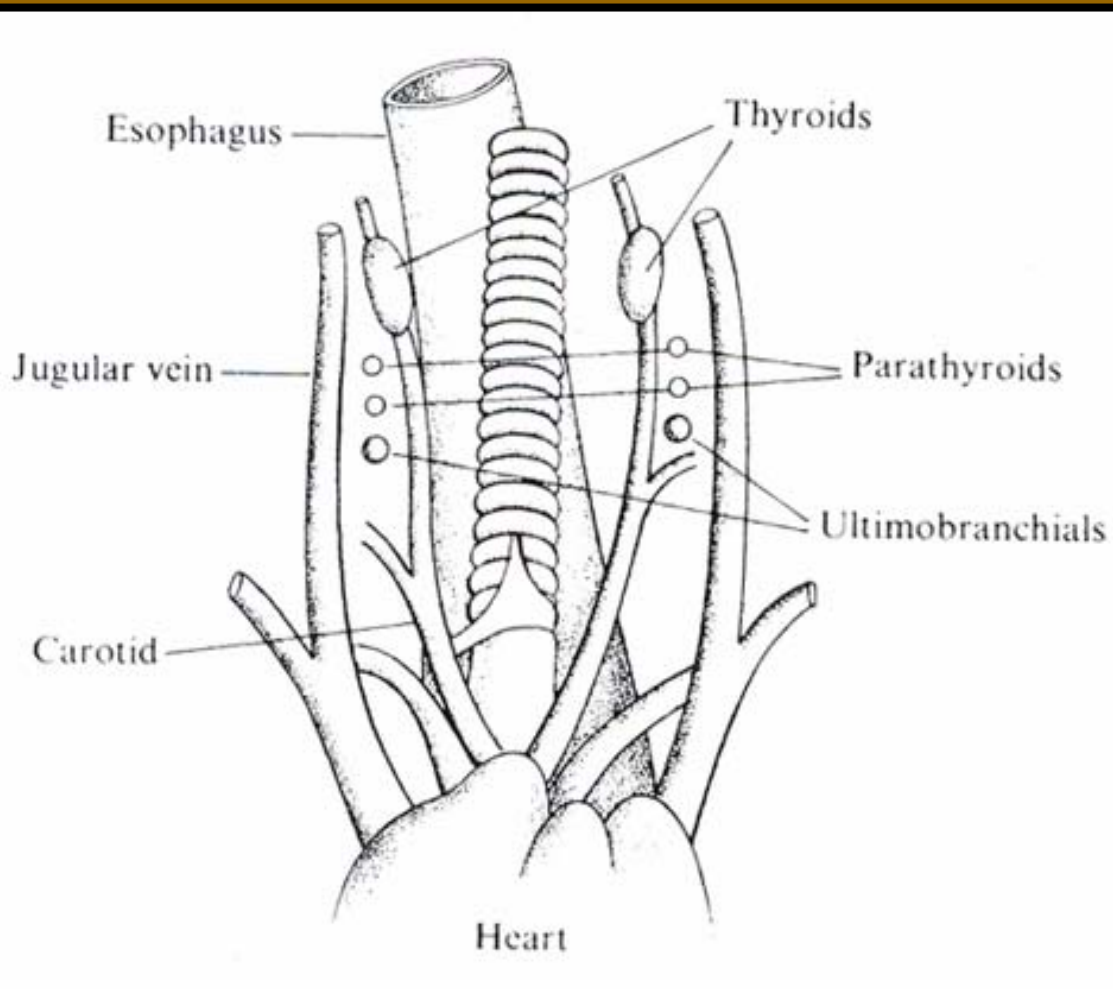
- relativně velké rozdíly
- velryby a sloni nemají *pars intermedia*, u primátů je silně redukována
- nejjednodušší u hlodavců a hmyzožravců
- u ježury portotuberální kanál (*prominent portotuberal tract*), typické pro ptáky a plazy





# Thyroides, parathyroides a ultimobranchiální tělíska

- podobně jako adenohypofýza z pharyngeální tkáně
  - thyroides – spodní část hltanu
  - parathyroidní tělíska – II, III, a IV žaberní oblouk
  - ultimobranchiální tělíska – VI žaberní oblouk

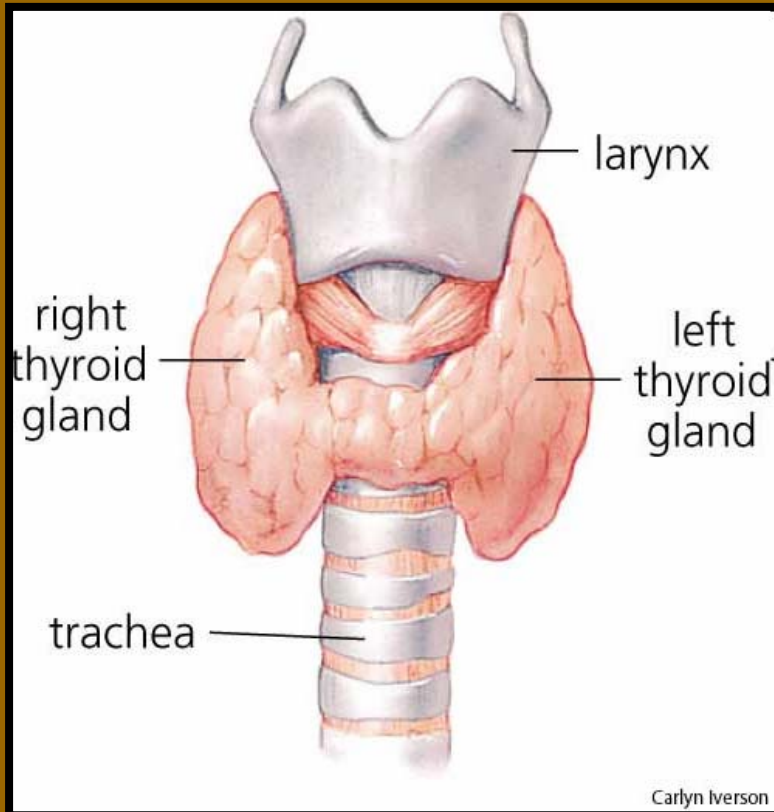


Gallus domesticus



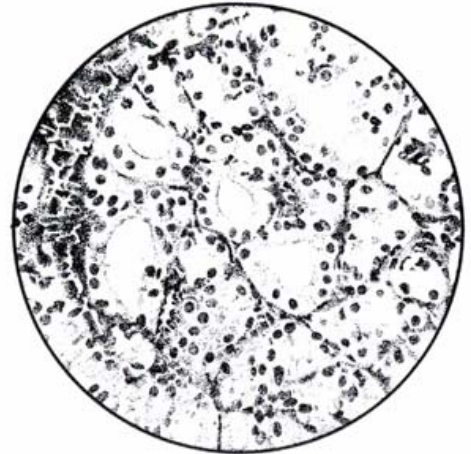
# Thyroidea

- u všech obratlovců
- její hormony u všech obratlovců
- regulace růstu, diferenciace, metamorfózy, reprodukce, hibernace, termogeneze
- pravděpodobně jediná endokrinní žláza s vnějším ukládáním svých produktů
- tyroxin (tetrajodtyronin, T4) a trijodtyronin (T3)
- C-buňky – kalcitonin (ne vždy asociováno s thyroideou)



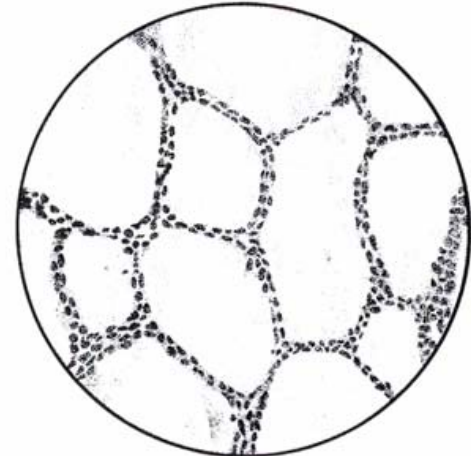
## aktivní stav

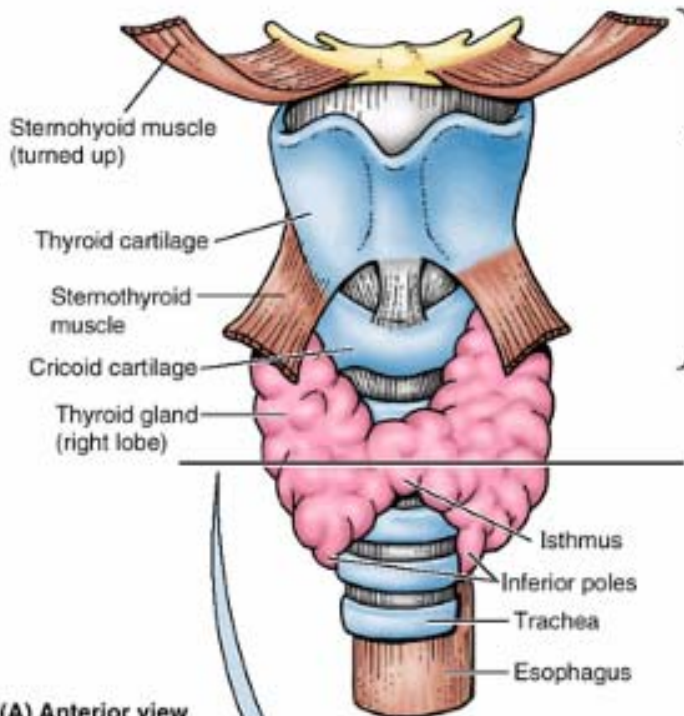
- kubické buňky
- minimum koloidu



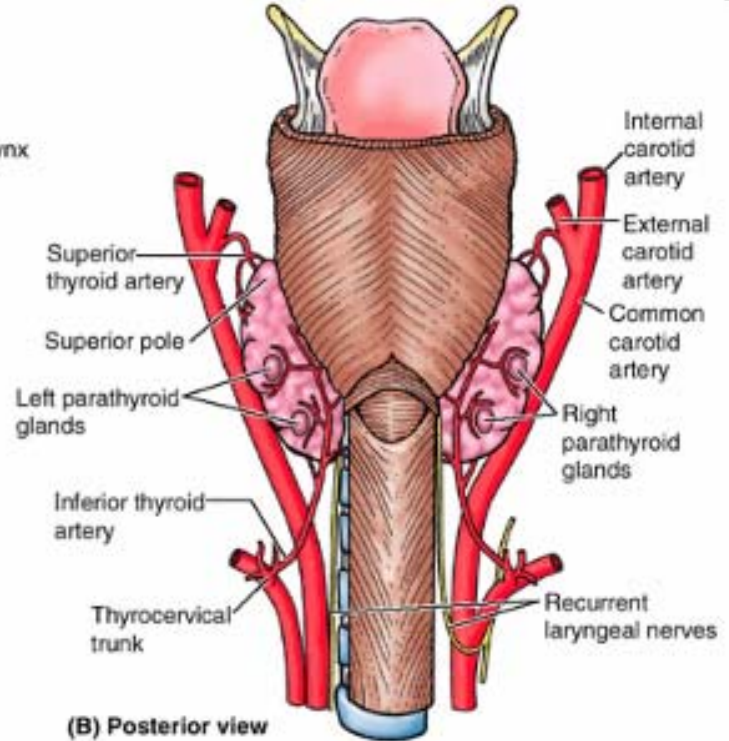
## inaktivní stav

- dlaždicovité buňky
- velké množství koloidu s thyroglobulinem

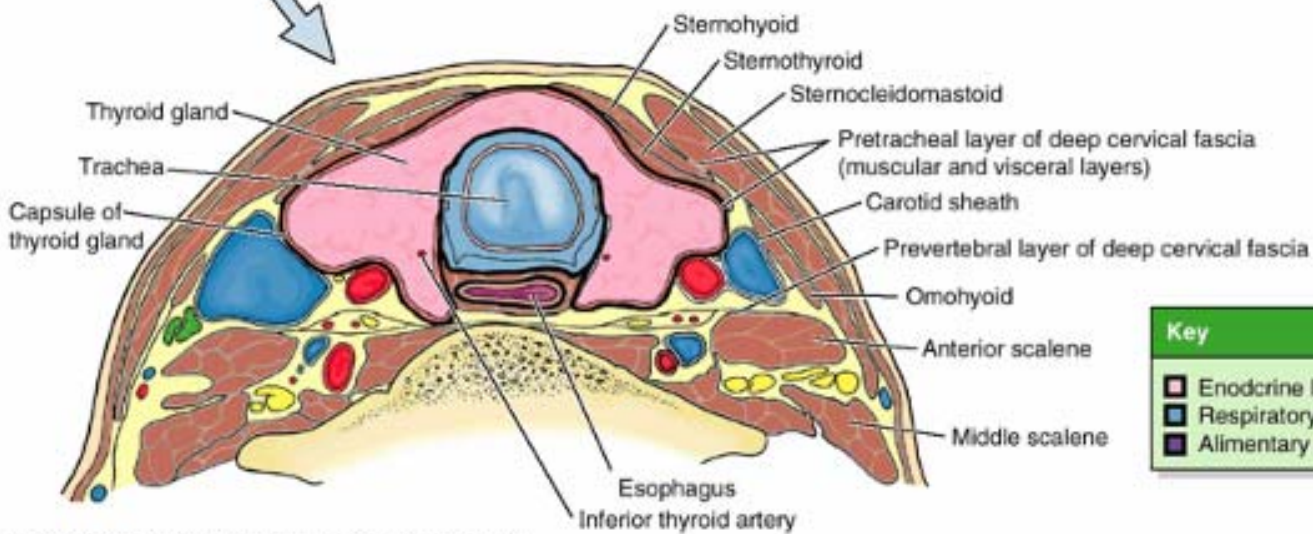




(A) Anterior view



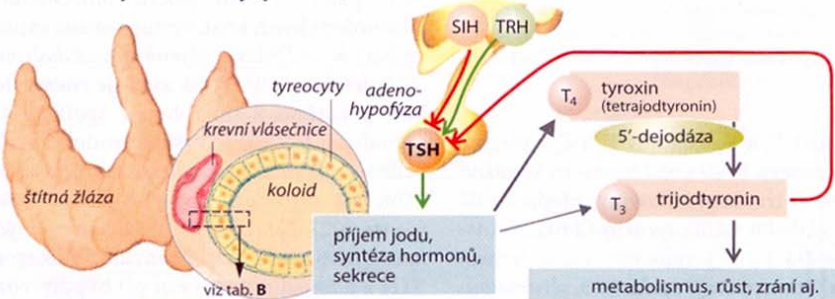
(B) Posterior view



(C) Transverse section at level indicated in part A

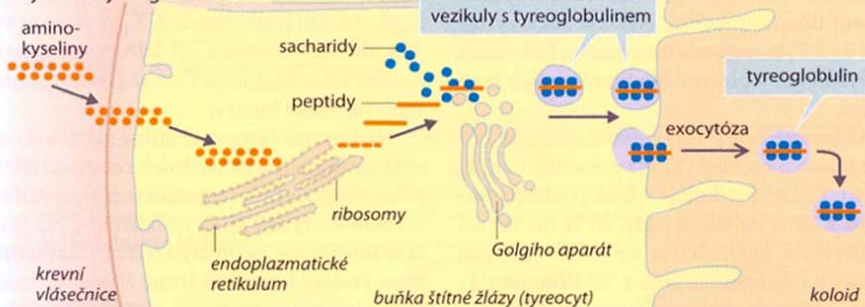
Key	
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color: #f08080; border: 1px solid black;"></span>	Endocrine layer
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color: #add8e6; border: 1px solid black;"></span>	Respiratory layer
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color: #800080; border: 1px solid black;"></span>	Alimentary layer

### A. Hormony štítné žlázy (přehled)

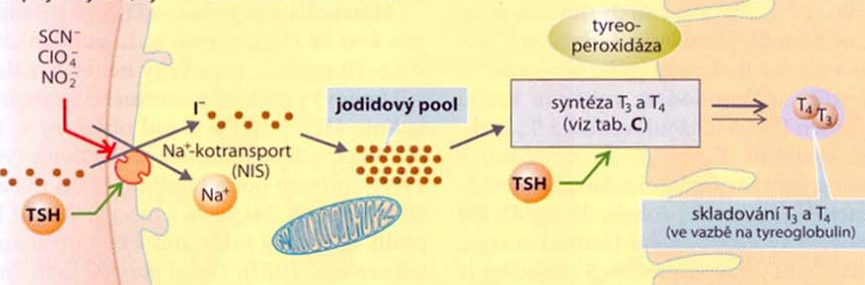


### B. Syntéza a sekrece hormonů

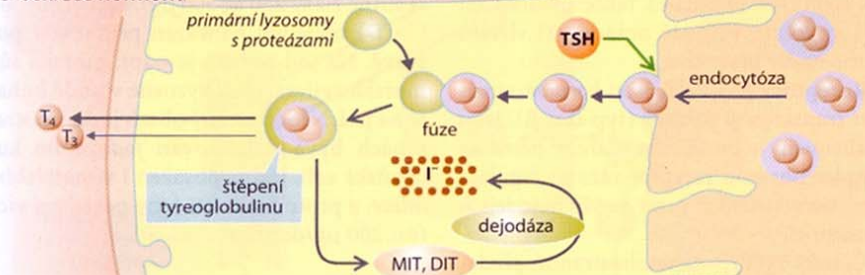
#### 1 syntéza tyreoglobulinu



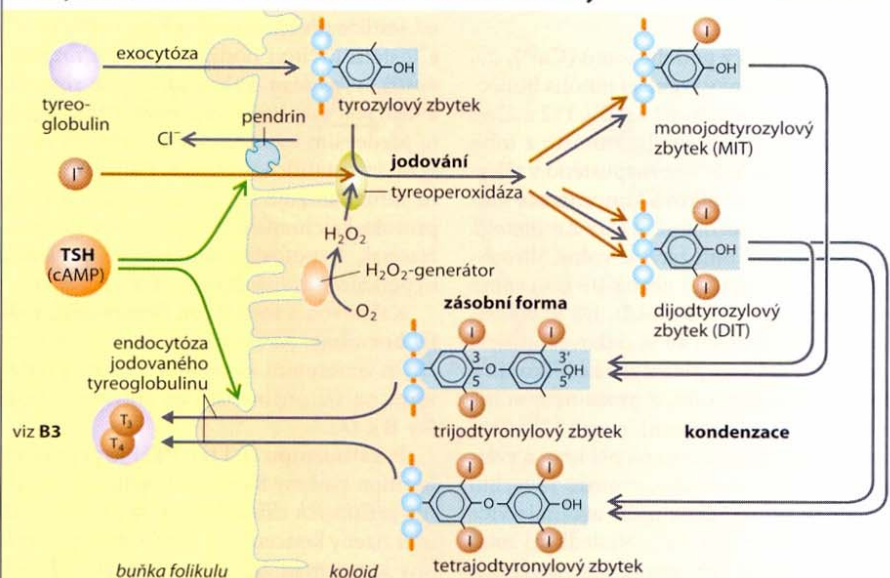
#### 2 příjem jodu, syntéza a skladování hormonů



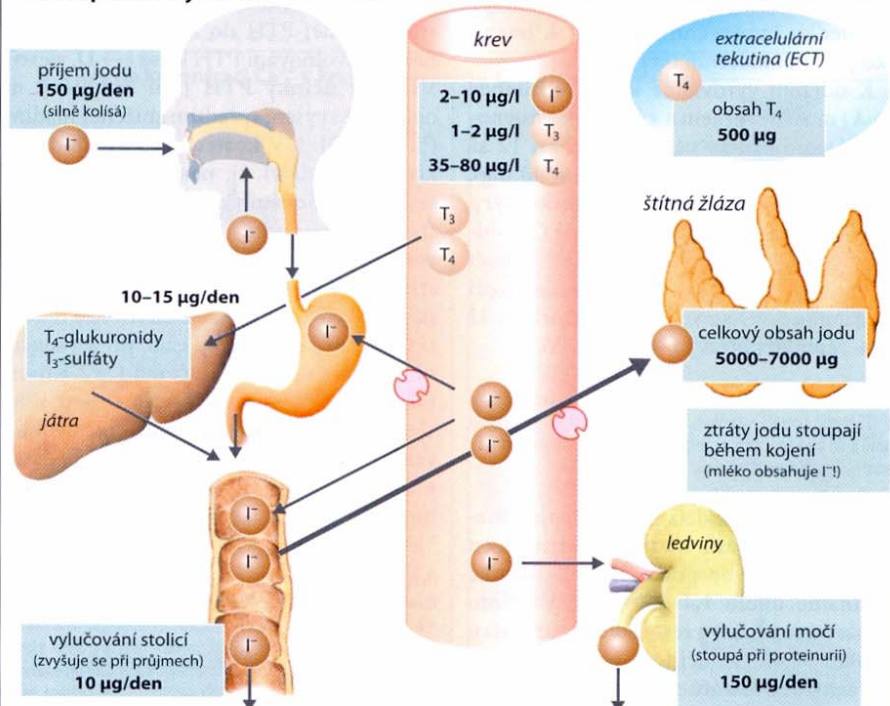
#### 3 sekrece hormonů



### C. Syntéza, ukládání a mobilizování hormonů štítné žlázy



### D. Hospodaření jodem



podkmen	třída	druh	thyroidní žláza	thyroidní aktivita, syntéza iodothyroninů
<i>Hemichordata</i>		<i>G. minutus</i>	-	-
Protochordata	Ascideacea	<i>C. intestinalis</i>	-	+
		<i>C. lepadiformis</i>	-	+
	Larvacea		-	+
	Thaliacea	<i>Salpa maxima</i>	-	+
Cephalo-chordata	Amphioxi	<i>B. lanceolatum</i>	-	+
<b>Vertebrata</b>	Agnatha	mihule larva	-	+
		dospělec	-	+
		sliznatka	+	+
	Chondrichthyes	žralok	+	+
		rejnok	+	+
	Osteichthyes		+	+
	obojživelníci		+	+
	plazi		+	+
	ptáci		+	+
	savci		+	+

## Parathyroidea a ultimobrachyální tělíska

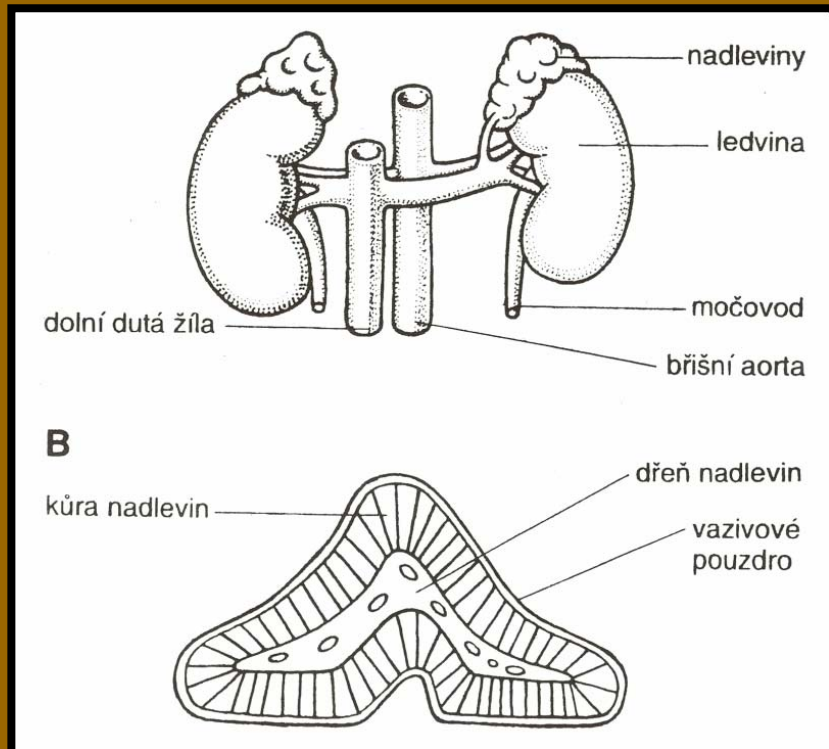
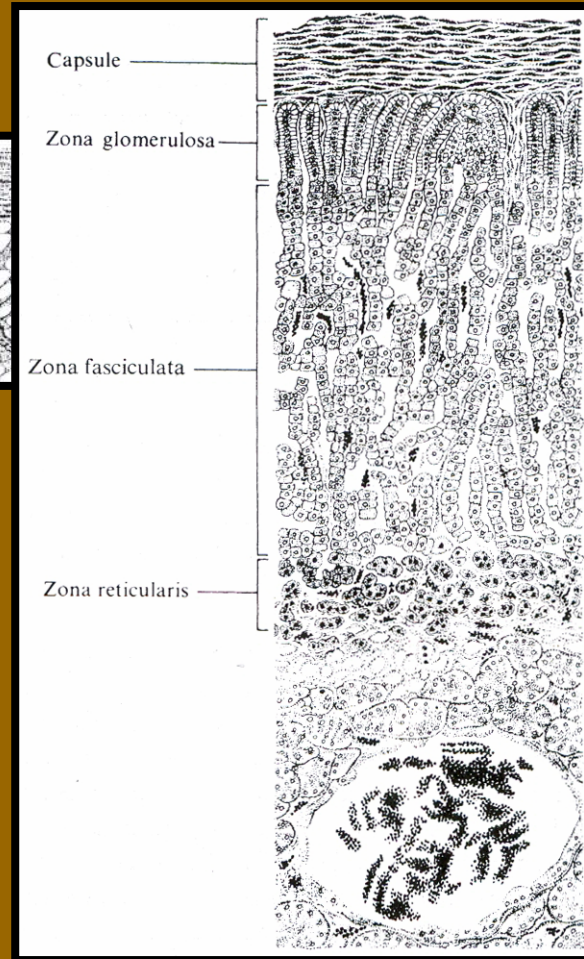
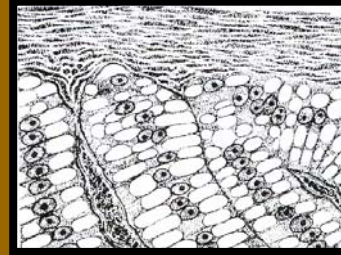
- objevují u obojživelníků a dále jsou přítomna u plazů, ptáků a savců
- buď samostatné struktury nebo spojené s thyroideou
- vyskytují se v 1-3 párech
  - krokodýli 1 pár, želvy a hadi 2 páry, ještěři 1-3 páry
  - ptáci a savci 1-2 páry
- původ z žaberních oblouků -> ryby a vodní larvy obojživelníků je nemají



# Nadledviny, adrenální žlázy

**kůra nadledvin** – adrenokortikální tkáň

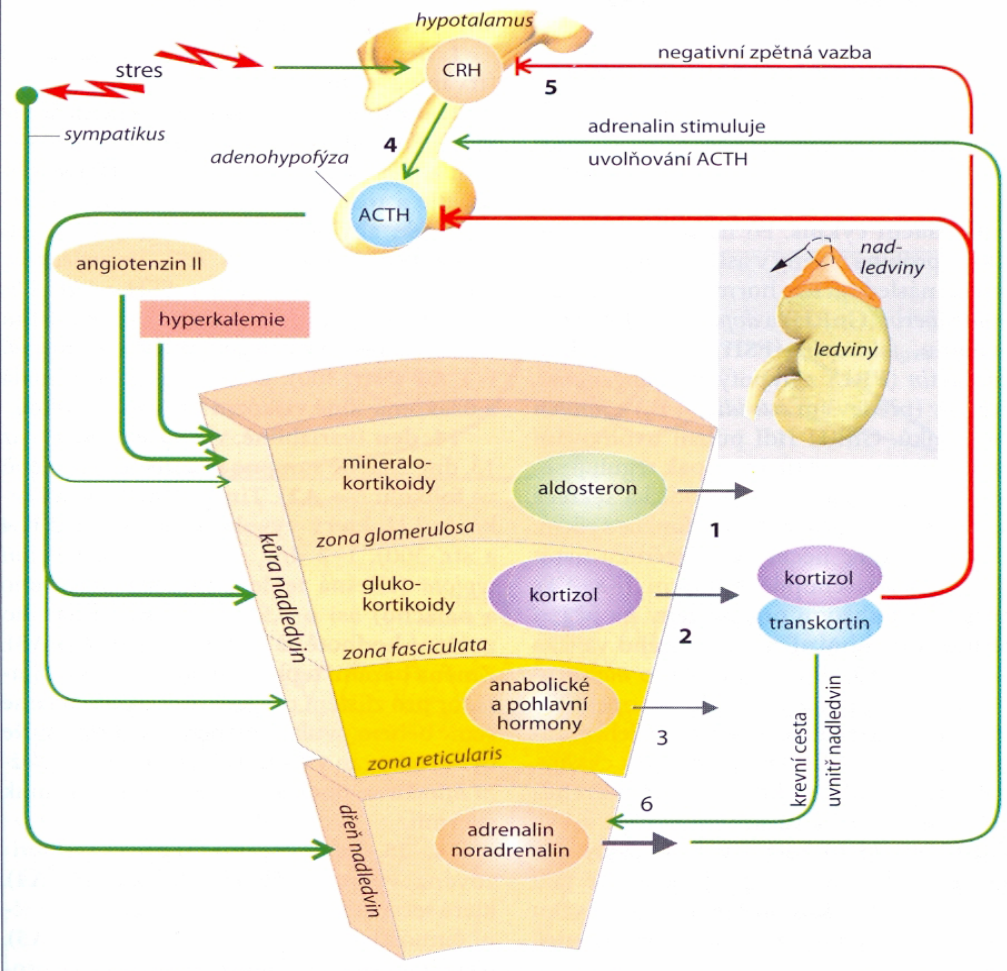
- mezodermální původ
- produkce steroidních hormonů
- mineralokortikoidy (zg), glukokortikoidy (zf), androgeny(zr)



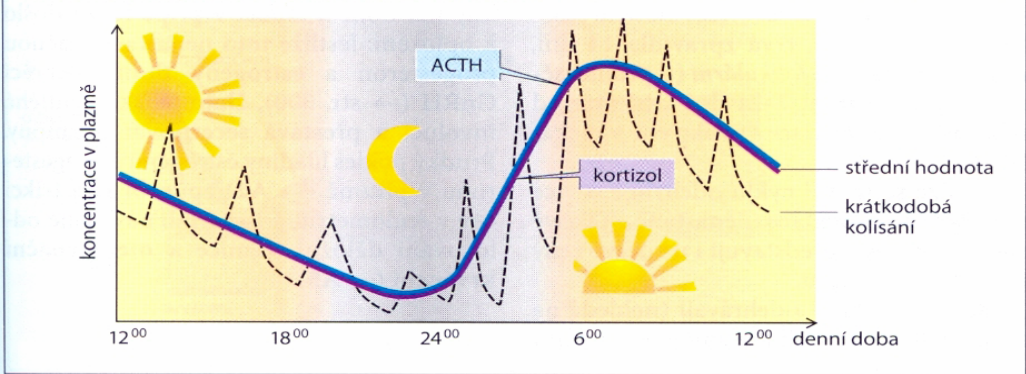
**dřeň nadledvin** (chromafinní tkáň)

- neurální tkáň, homolog ganglií sympatiku
- A buňky – adrenalin (epinephrin)
- NA buňky – noradrenalin (norepinephrin)

### A. Hormony kůry nadledvin



### B. Diurnální rytmus sekrece ACTH a kortizolu



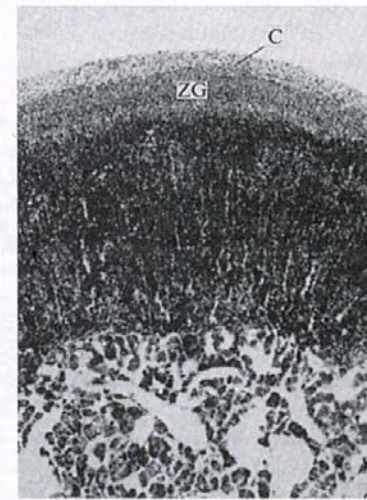
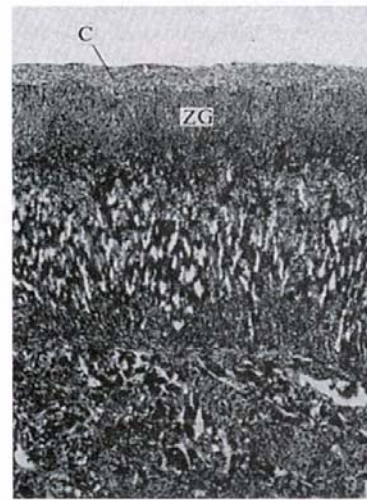
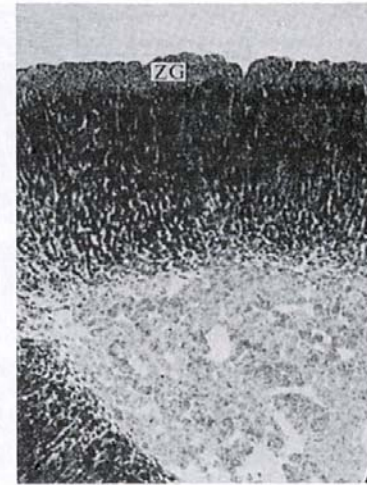


# Dopad dostupnosti „Na“ na strukturu kůry nadledvin



nedostatek Na

dostatek Na



## Srovnání velikosti nadledvin u různých druhů

	hmotnost (kg)	podíl na celku (10E3)	dreň (mg)	kůra (mg)	poměr
kur	2	0,1	100	100	1:1
pes	15	0,1	250	1250	1:5
kočka	3	0,123	20	350	1:17,5
potkan	0,2	0,21	2	40	1:20
králík	3	0,137	10	400	1:40
morče	0,5	1	8	500	1:62,5

Primáti během embryogeneze „fetalní zóna“ mezi dření a kůrou

- produkce dehydroepiandrosterone sulfate (DHEAS),  
v placentě je přeměňován na estrogen – regulace gravidity

Někteří hlodavci během dospívání (samci) a během gravidity tzv.

X-zonu / přechodnou zónu (pod kontrolou LH), produkce steroidů ale neznámá

Obecně u mnoha druhů změny ve struktuře a aktivitě v závislosti na stadiu embryogeneze, pohlavním dospívání, graviditě

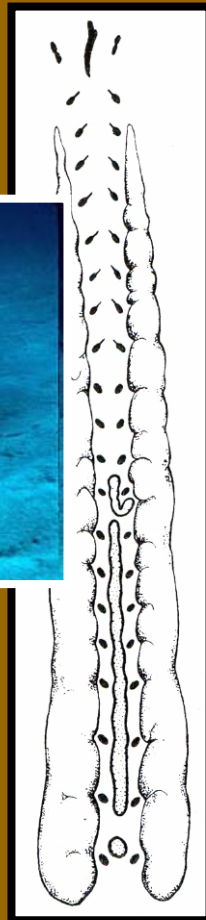
- často úloha LH nebo FSH
- přeměna NA buněk na A buňky
- vysoké hladiny steroidů indukují přeměnu NA na A

(phenylethanolamine-N-methyltransferase)



# Fylogeneze nadledvin

- vždy v zadní části těla v blízkosti ledvin
- s fylogenezí integrace chromafinní tkáně (dřeň) se steroidogenní tkání (kůra)



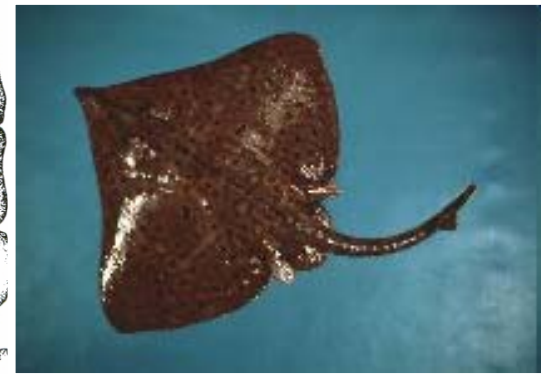
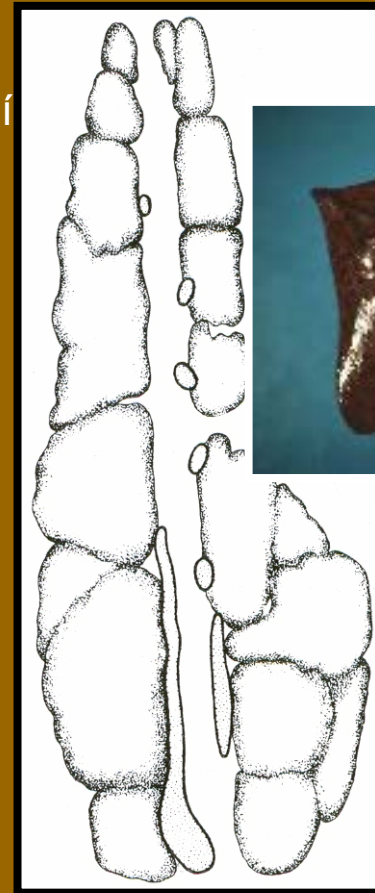
chromafinní  
catecholaminogenní  
tkáň



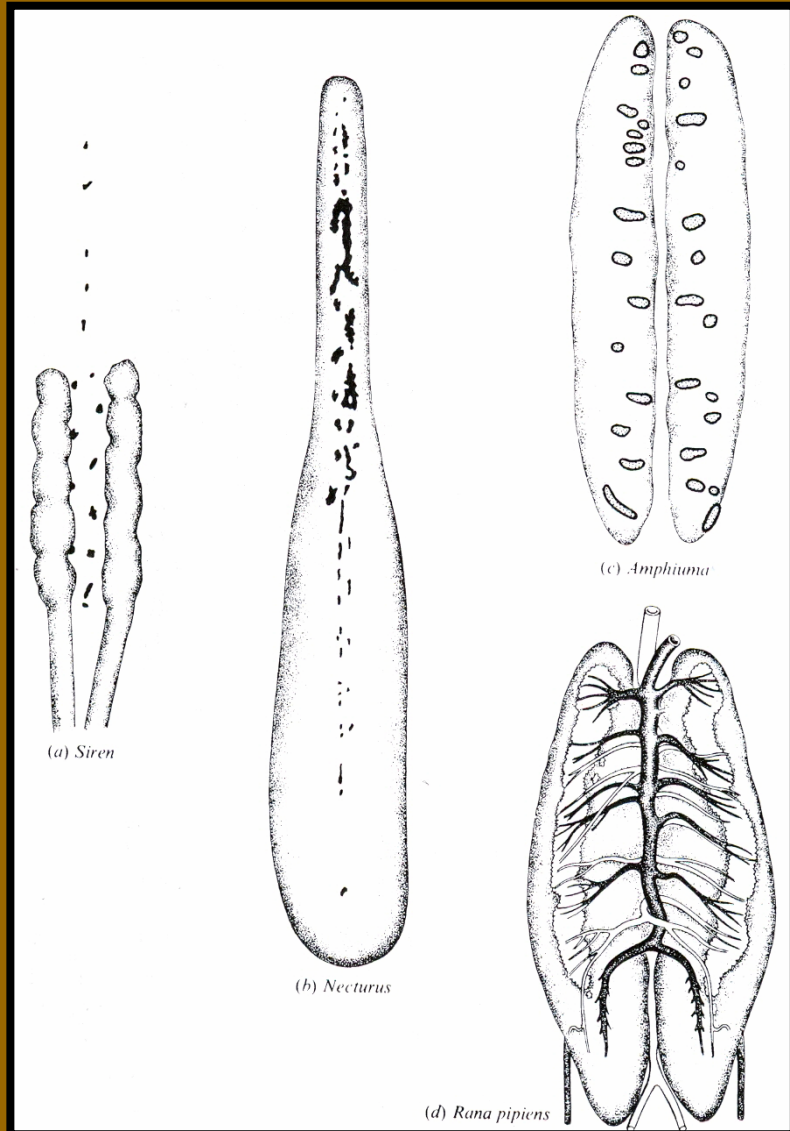
steroidogenní  
tkáň



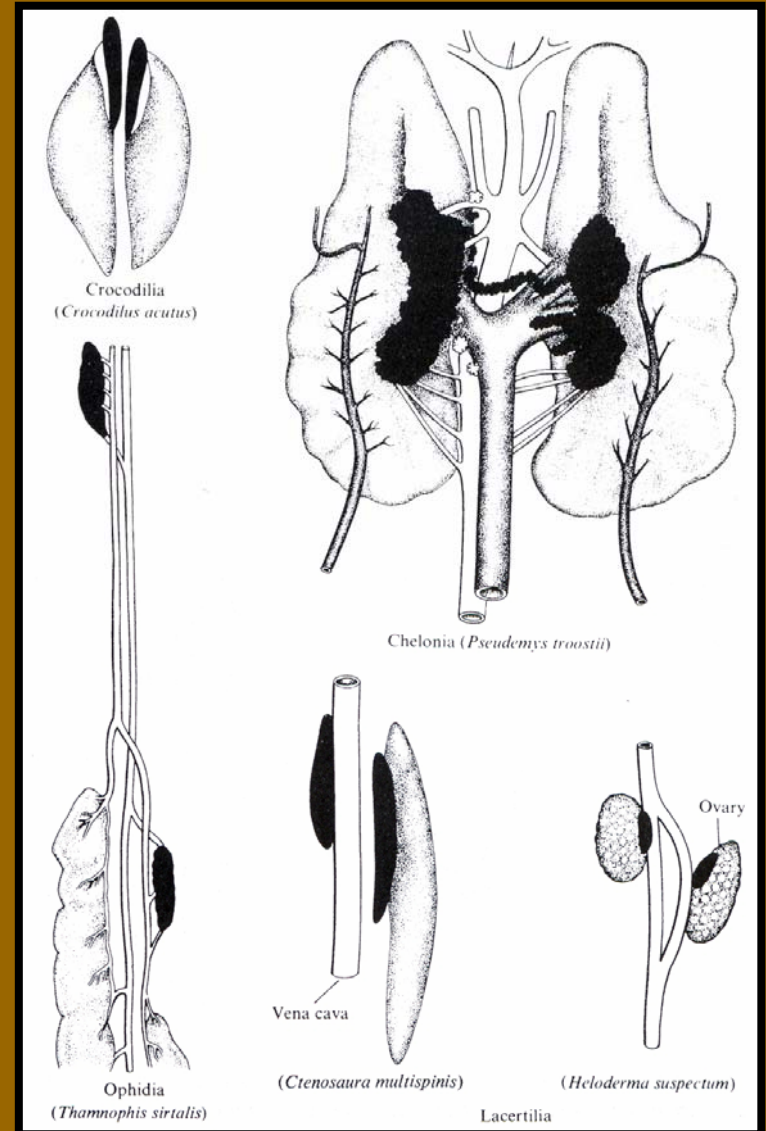
ledviny



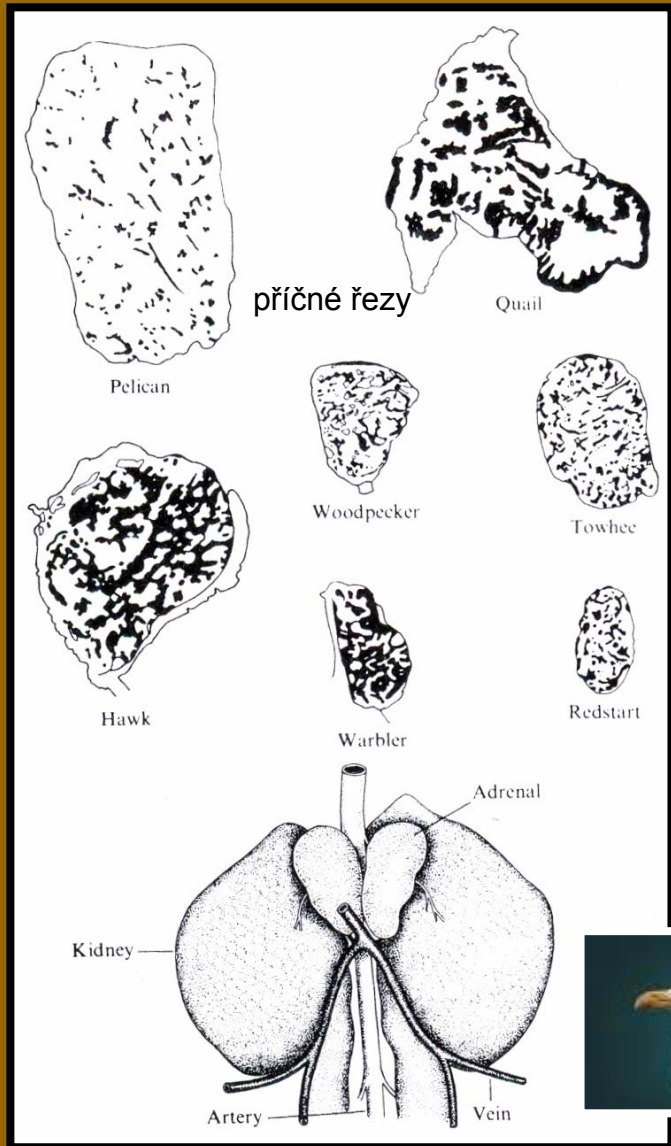
# obojživelníci



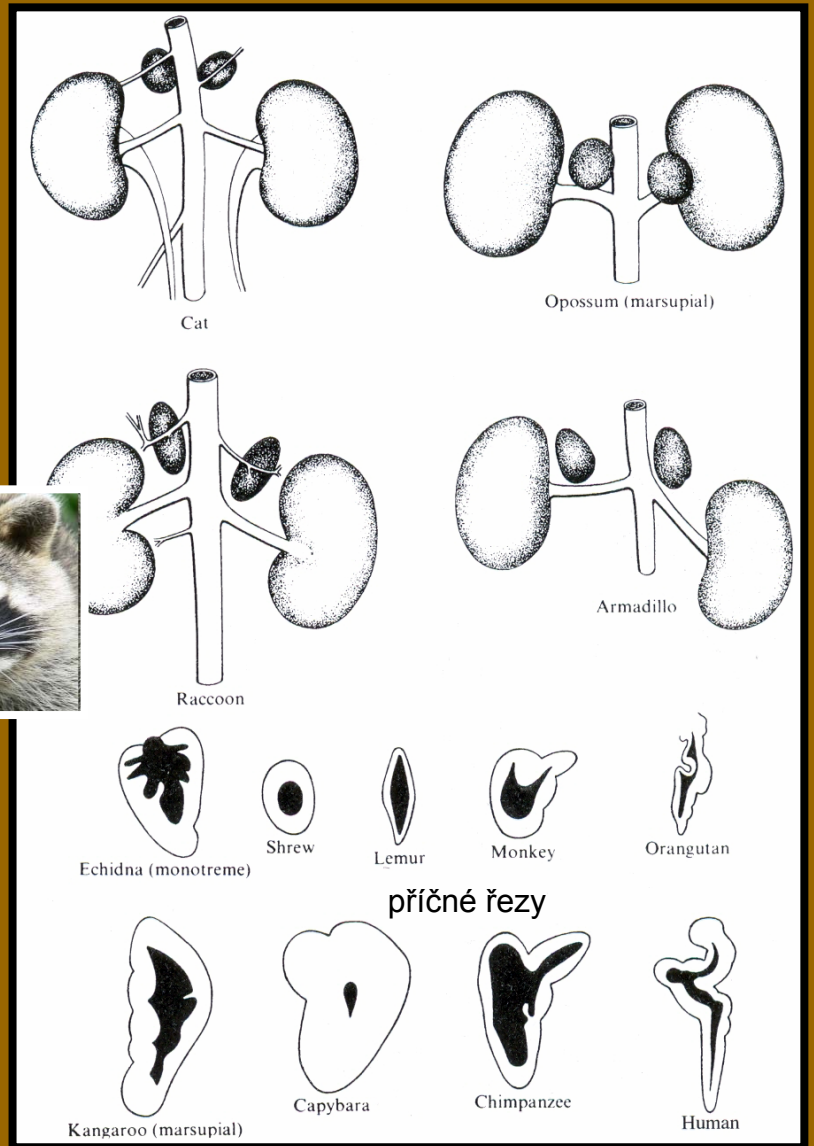
# plazi



# ptáci



# savci



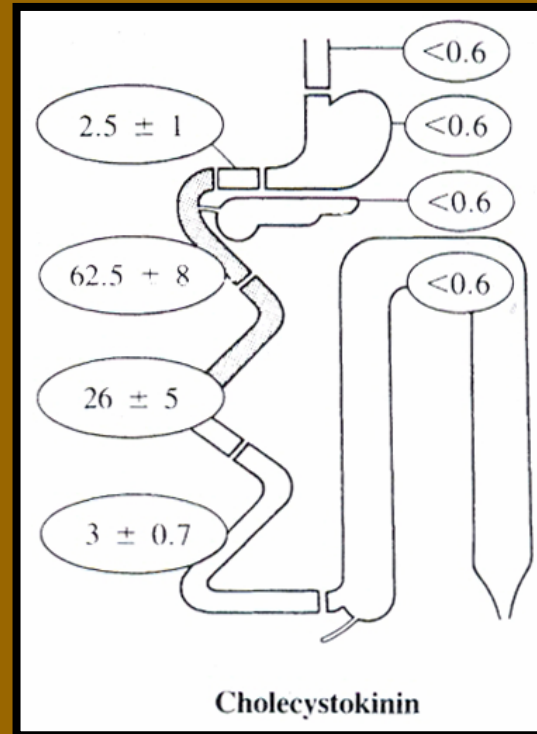
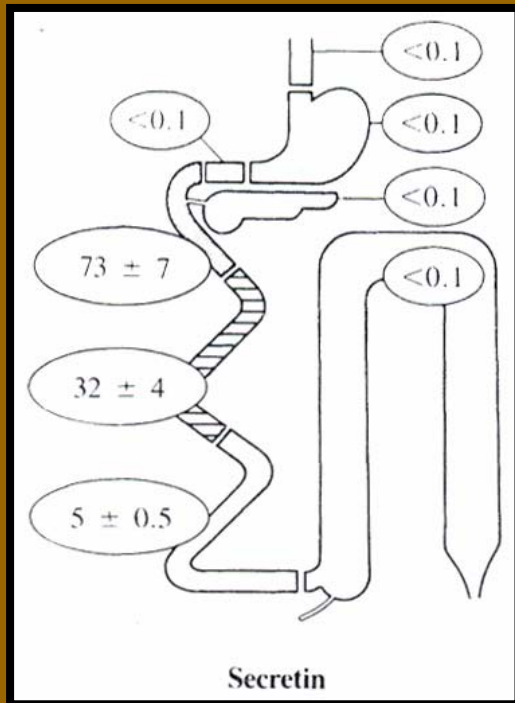
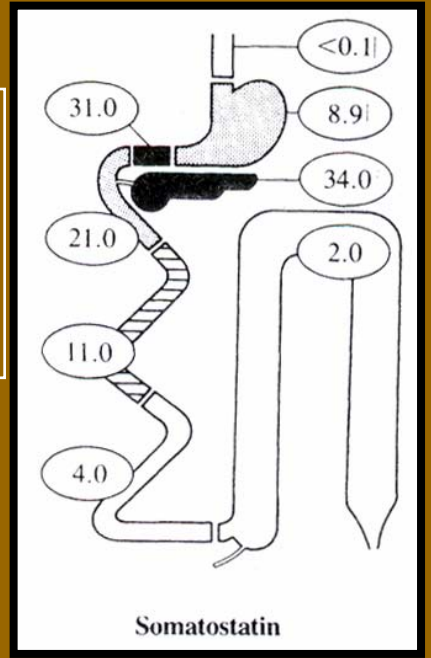
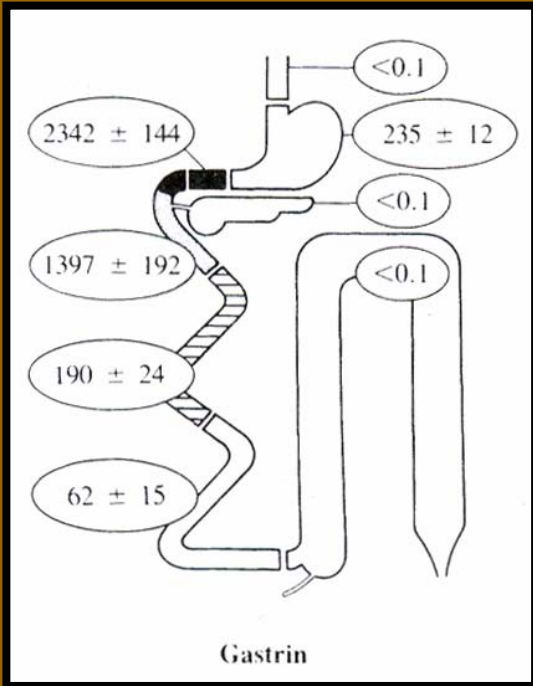
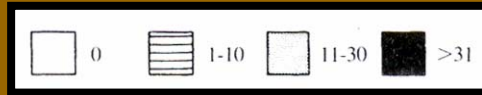
# Trávicí trakt, jako endokrinní žláza

(gastroenteropankreatický systém)

## Střevo

- střevo je největší endokrinní orgán
- vlastní endokrinní buňky jsou difusně rozšířeny => difúzní neuroendokrinní systém (DNES)
- sekretin (S-buňky), gastrin (D-buňky), glukagonu podobný peptid (L-buňky), cholecystokinin-pankreatozymín (M-, I-, CCK-buňky), gastrin (G-buňky), pankreatický peptid (PP-buňky), trávení inhibující peptid (gastričtí IP, GIP), vasoaktivní střevní peptid (vasoactive intestinal peptide, VIP)
- tyto endokrinní buňky mají možná původ v neurálních buňkách
  - (neuroektoderm, neurální lišta)
    - některé z těchto hormonů se vyskytují i v mozku
      - (cholecystokinin, gastrin, VIP, somatostatin)

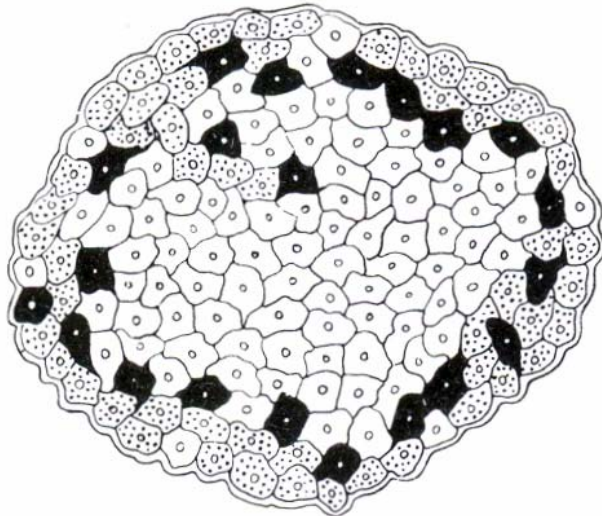
Koncentrace vybraných hormonů (pmol/g v oválech) a hustota příslušných endokrinních buněk (počet buněk na mm<sup>2</sup>) v daném regionu v trávicím traktu člověka



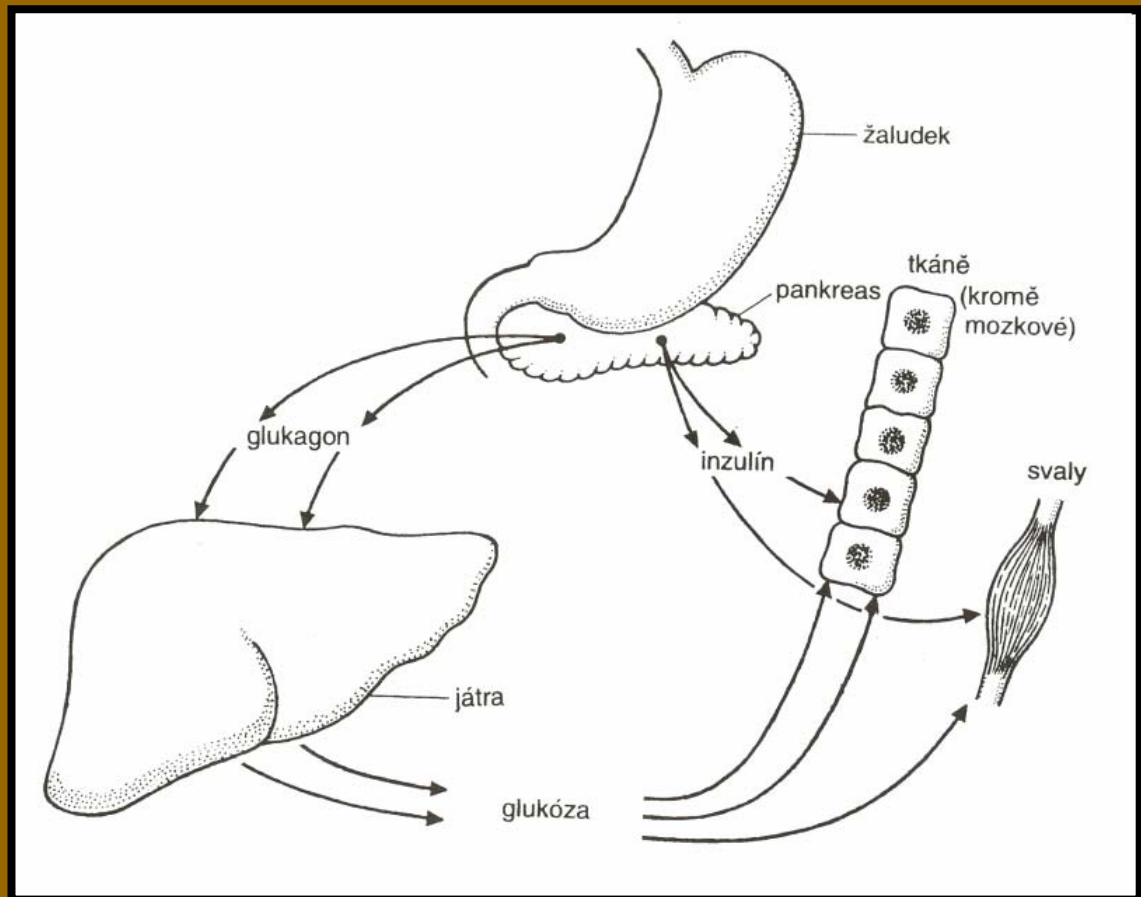
# Pankreas – endokrinní část

- endokrinní buňky A (glukagon), B (insulin), D (somatostatin)
- buňky A a B asociovány vždy s tkání odpovídající exokrinní sekreci pankreatu
- A a B buňky tvoří ostrůvky: Langerhansovy (spolu s D buňkami, savci), obecně pankreatické ostrůvky, Brockmannova tělíska u ryb

## Langerhansův ostrůvek savců (člověk)

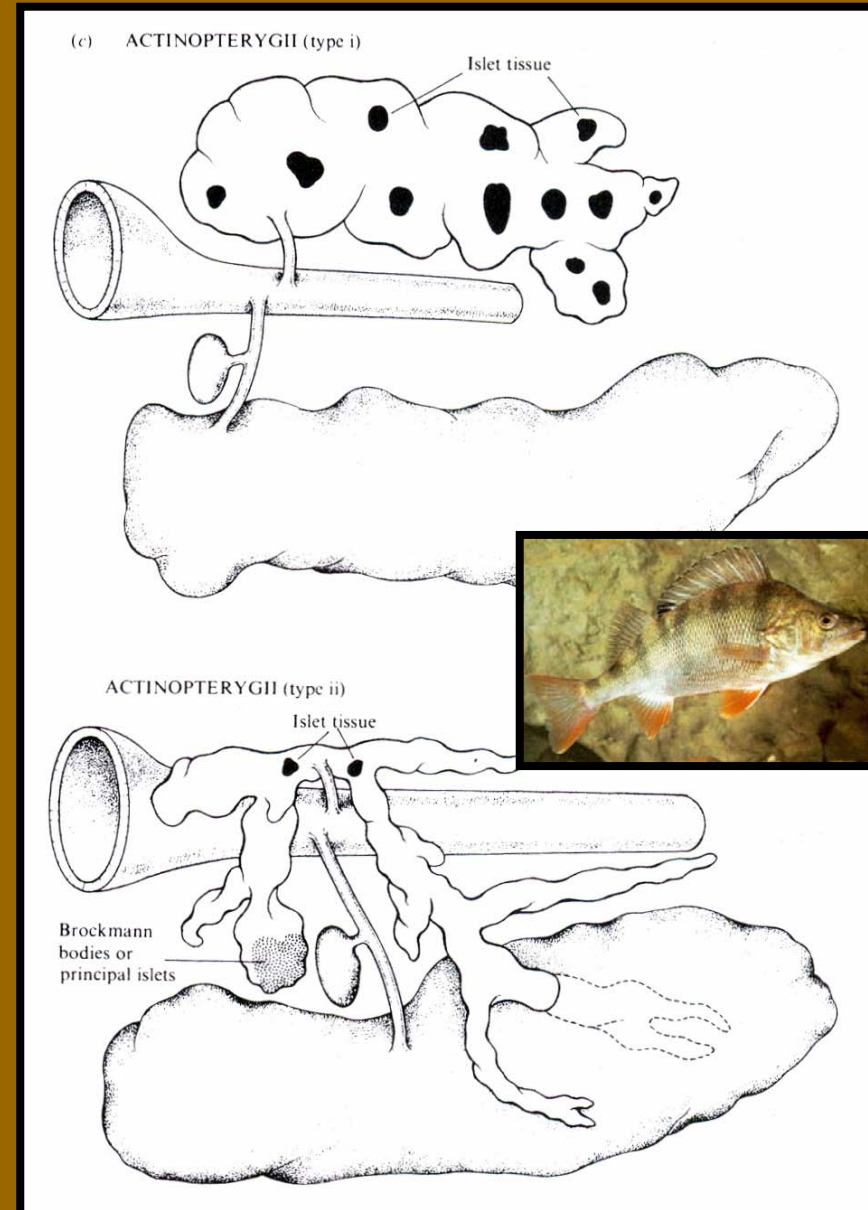
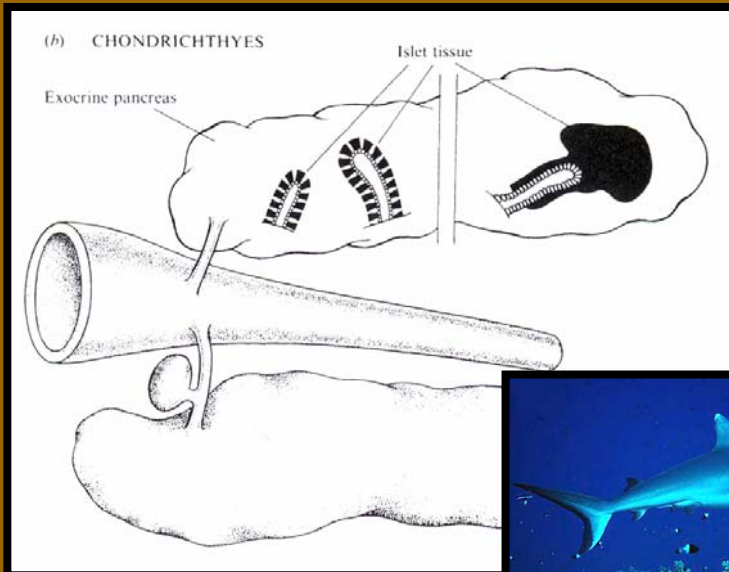
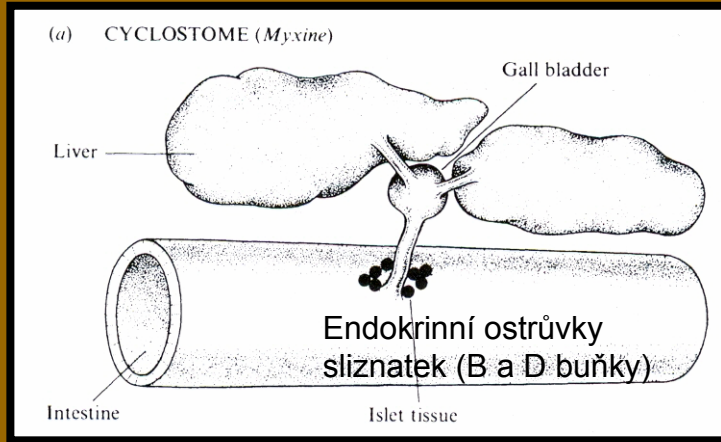


- |         |   |              |
|---------|---|--------------|
| A-cells | ⊙ | Glucagon     |
| D-cells | ● | Somatostatin |
| B-cells | ○ | Insulin      |





# Endokrinní ostrůvky oankreatu u bezčelistnatých (sliznatky), paryb a ryb (typ II je běžnější)



**sliznatky** endokrinní pankreas odvozený od žlučovodu a oddělený od exokrinního  
*Agnatha*

**mihule** endokrinní pankreas samostatný orgán odvozený od duodea

**ryby** *Chondrichtyes* **Elasmobranchii** endokrinní pankreas v podobě buněk lokalizovaných podél pankreatického kanálu, exokrinní pankreat je plně separovaný od jater

**Holocephali** endokrinní buňky v nevaskularizovaných shlucích integrovaných do exokrinní tkáně

**Latimerie** podobné žralokům, poprvé tvorba ostrůvků, B-buňky kolem kapilár mezi aciny, exokrinní pankreas je oddělen od jater

*Osteichyes* **Teleostei** endokrinní pankreas je samostatný orgán „principal“ ostrůvky, Brockmannova tělíska nebo je integrován do exokrinního

**Dipnoi** separátní orgán, tzv. „principal“ ostrůvky

**obojživelníci** **mloci** endokrinní buňky roztroušené v exokrinní tkáni, případně asociované do ostrůvků, někteří nemají A-buňky

**žáby** endokrinní buňky z pankreatických kanálků během larválního stadia, asociují do ostrůvků a ty již zůstávají

**plazi** endokrinní buňky v ostrůvcích lokalizovaných kolem střeva

**ptáci / savci** endokrinní pankreas v podobě vaskularizovaných ostrůvků, oddělených od exokrinní tkáně

# Gonády

- vznik z epitelu dorzálního celómu
- produkce steroidních hormonů
- párové i nepárové (redukce) orgány

## Testes

- Leydigovi (intersticiální / vmezeřené) buňky, nejsou u všech obratlovců (steroidy)
- Sertoliho buňky (steroidy, inhibin, anti-mullerian

