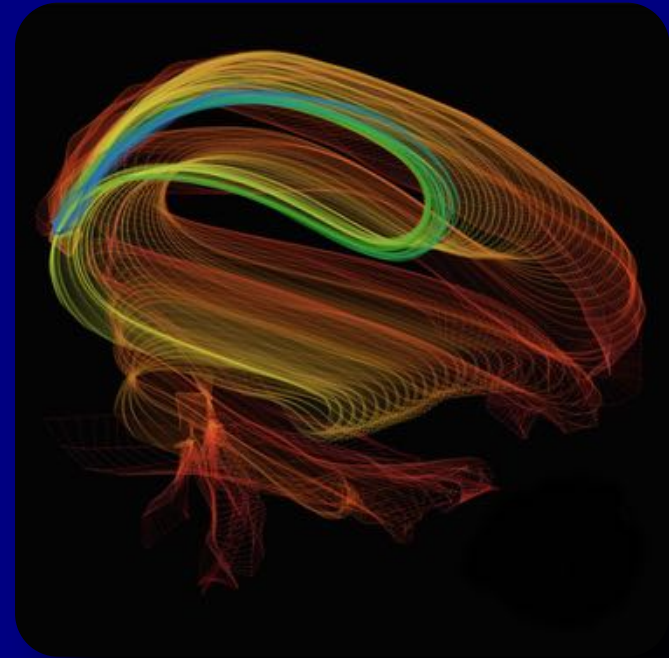
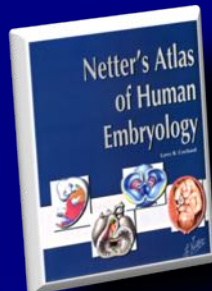
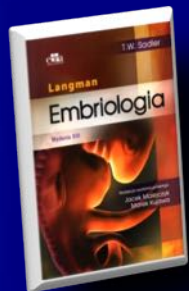


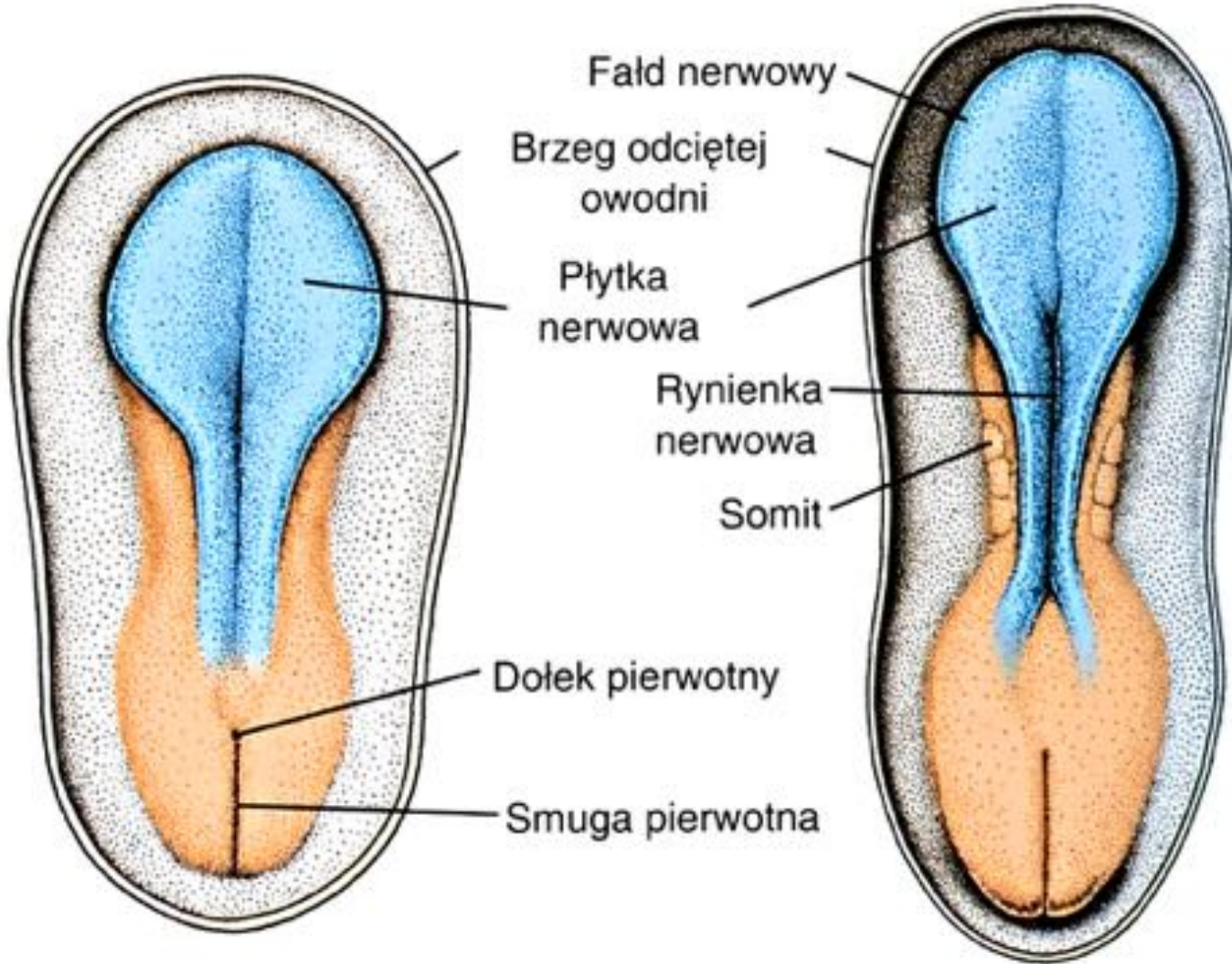


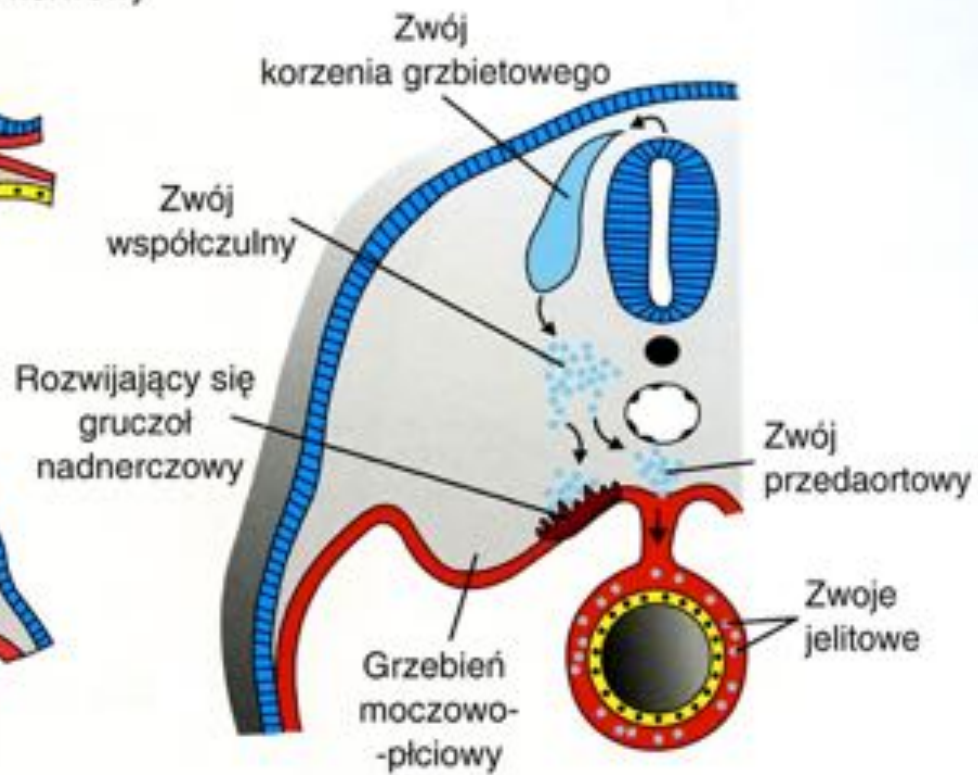
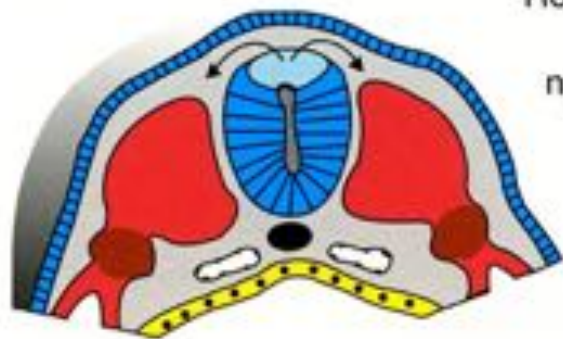
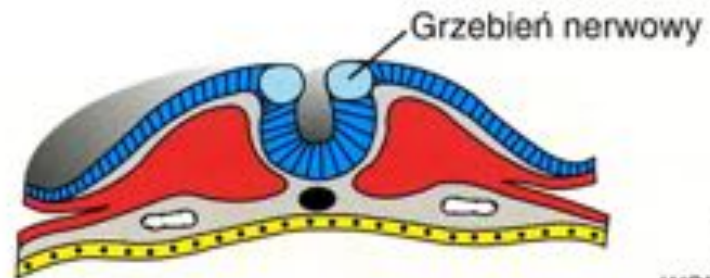
# Rozwój ośrodkowego układu nerwowego



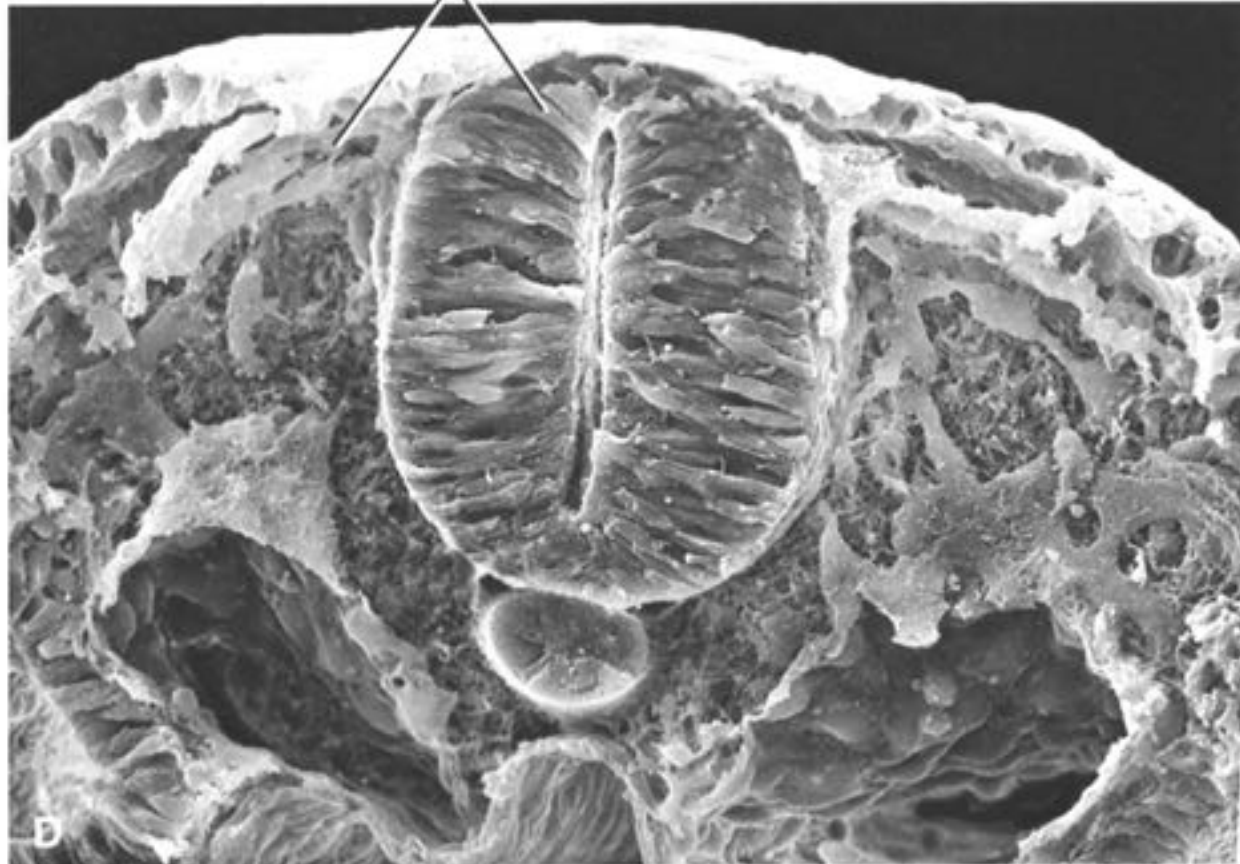
Ośrodkowy układ nerwowy zaczyna się rozwijać na początku 3. tygodnia w postaci płytki nerwowej, położonej w pośrodkowo-grzbietowej okolicy, ku przodowi od węzła pierwotnego.

Struna grzbietowa oraz mezoderma przyosiowa indukują przykrywającą je ektodermę do różnicowania się w płytkę nerwową. Prawdopodobnie w procesie biorą udział cząstki sygnałowe z grupy TGF-beta (aktywina i TGF).





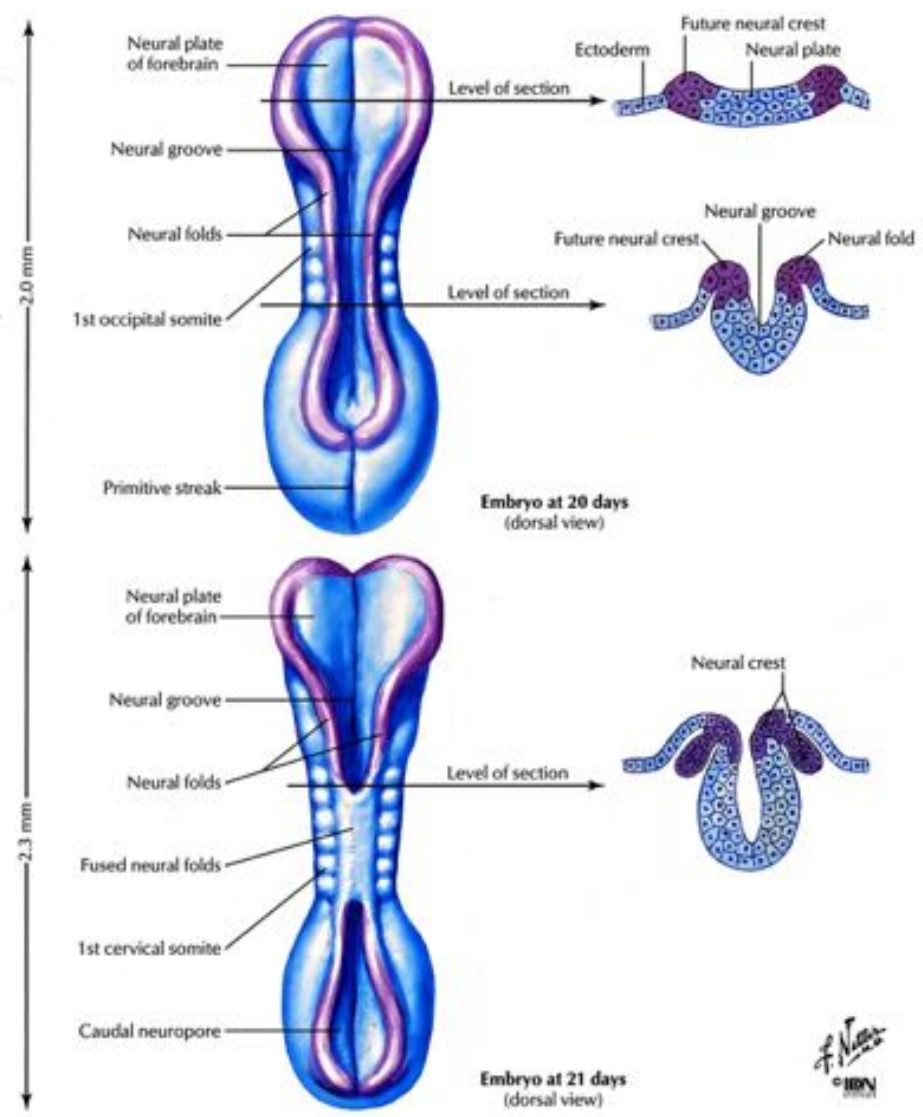
Grzebień nerwowy



Komórki grzebieni nerwowych są multipotencjalne i zachowują zdolność migracji.

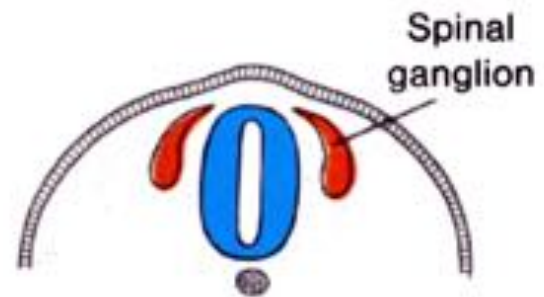
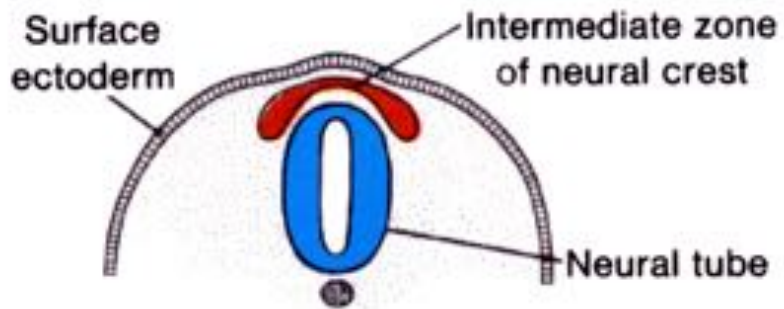
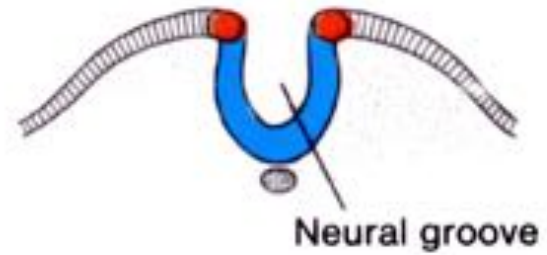
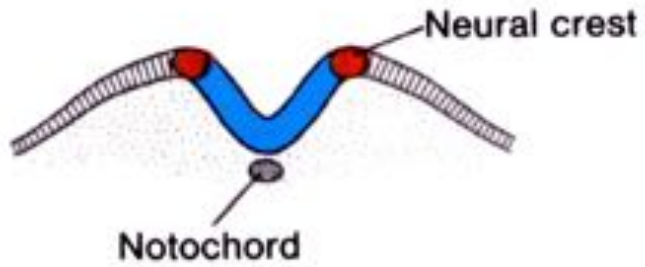
Cewa nerwowa różnicuje się w kierunku struktur ośrodkowego układu nerwowego (mózgowie oraz rdzeń kręgowy).

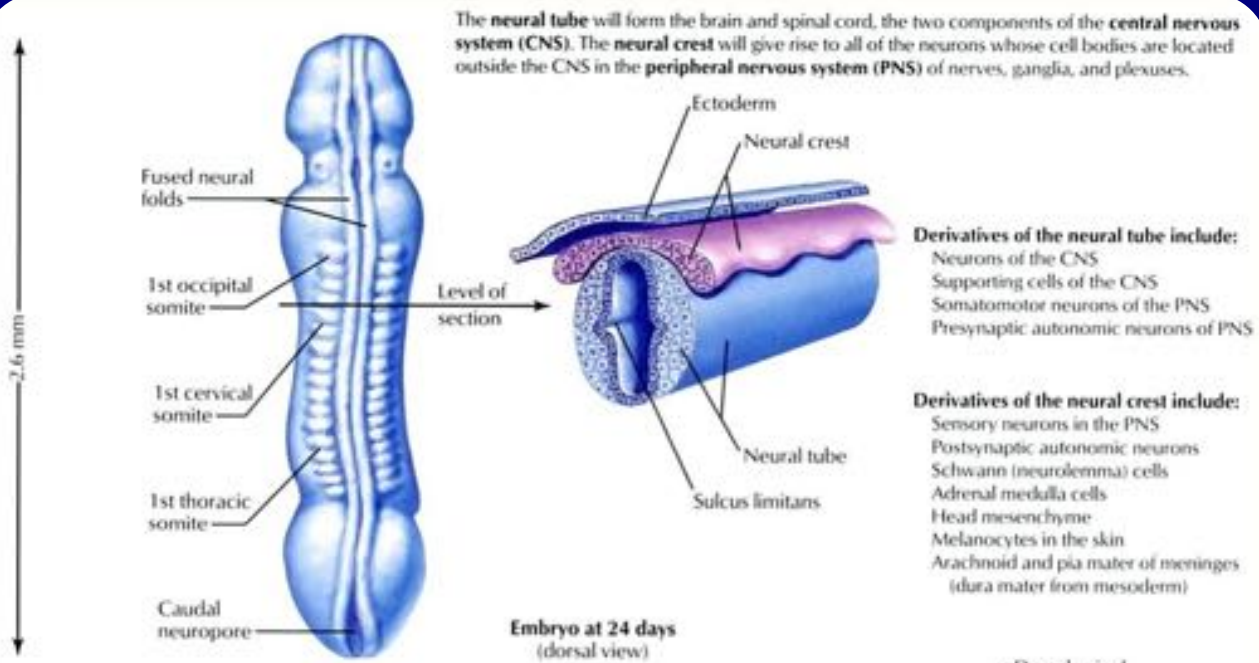
Grzebienie nerwowe przekształcają się w większość komórek obwodowego układu nerwowego (w tym także struktur układu autonomicznego) – zwoje nerwów czaszkowych, zwoje rdzeniowe oraz wszelkie zwoje autonomiczne.



*F. Netter*  
© IBN





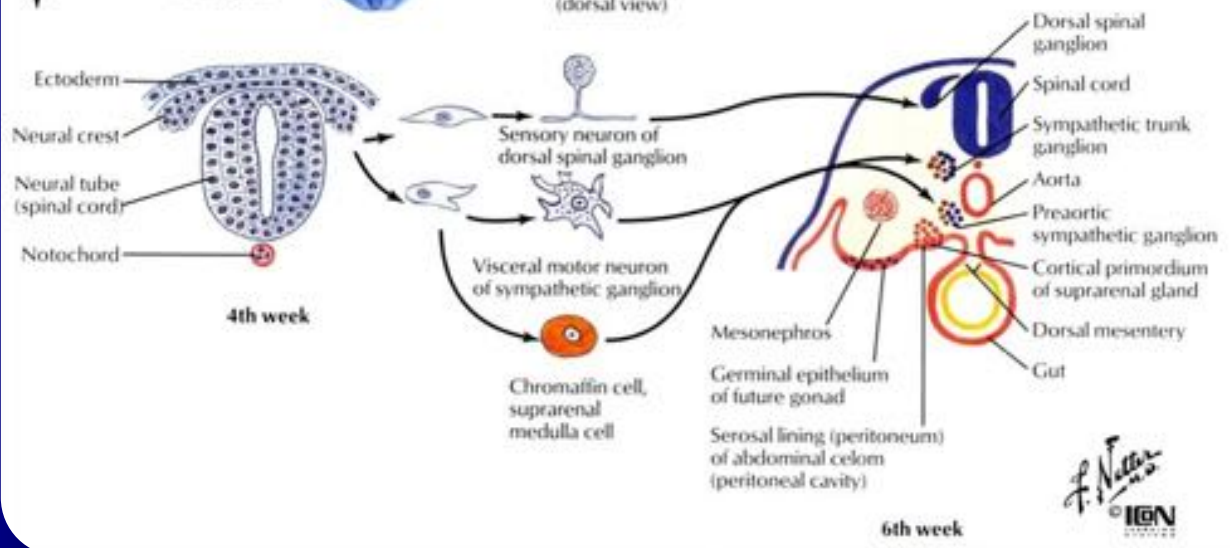


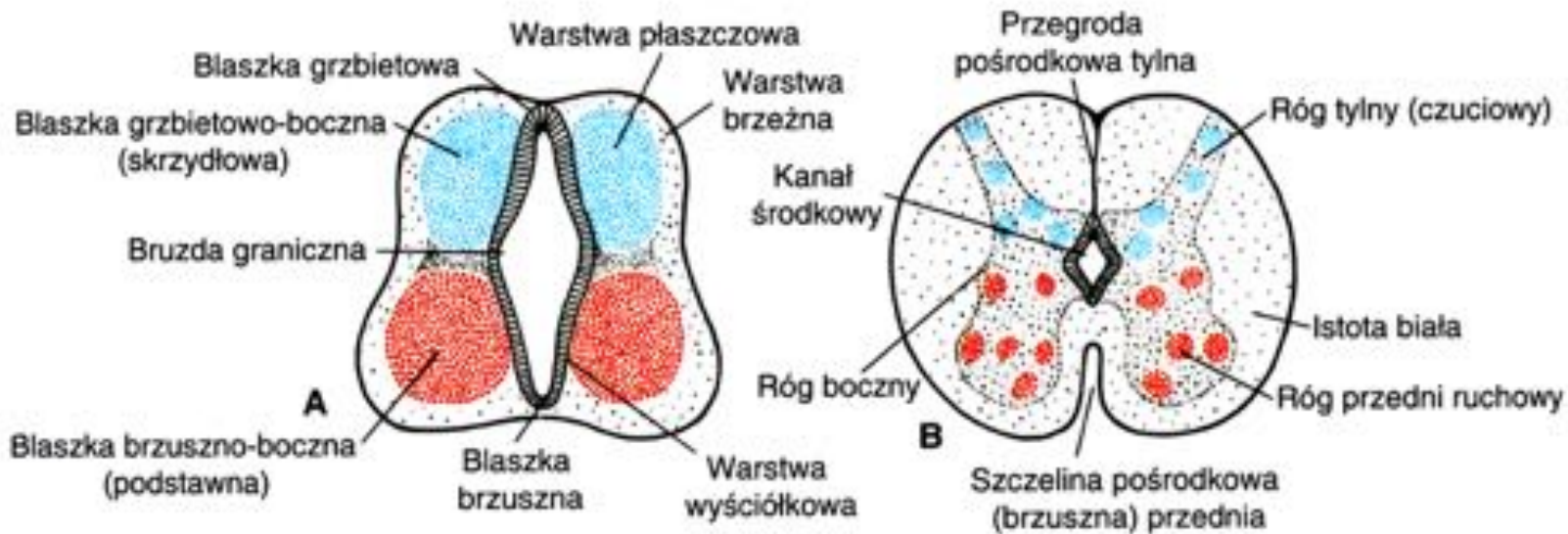
**Derivatives of the neural tube include:**

- Neurons of the CNS
- Supporting cells of the CNS
- Somatomotor neurons of the PNS
- Presynaptic autonomic neurons of PNS

**Derivatives of the neural crest include:**

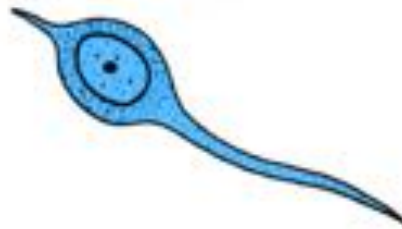
- Sensory neurons in the PNS
- Postsynaptic autonomic neurons
- Schwann (neurolemma) cells
- Adrenal medulla cells
- Head mesenchyme
- Melanocytes in the skin
- Arachnoid and pia mater of meninges (dura mater from mesoderm)



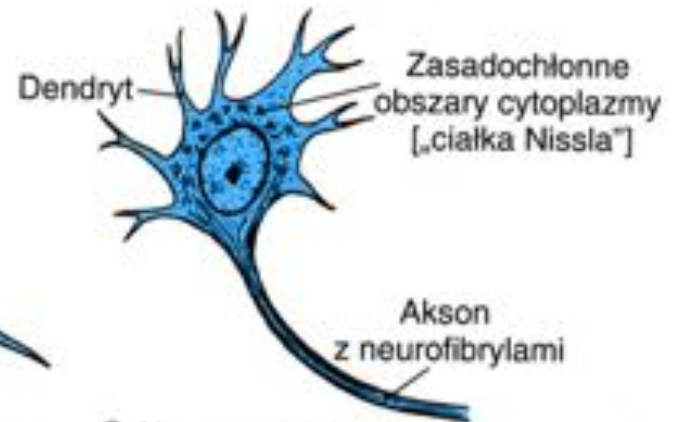




**A** Neuroblast bezbiegunowy

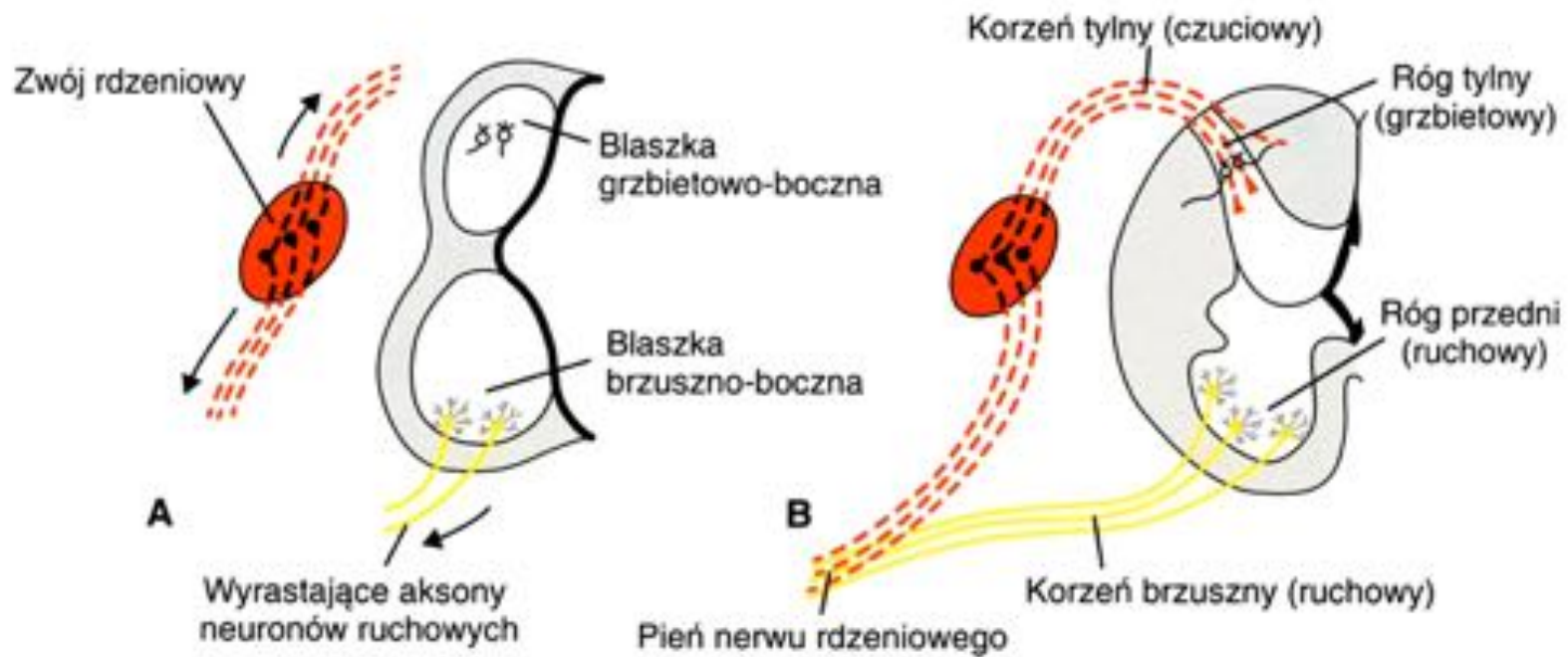


**B** Neuroblast dwubiegunowy

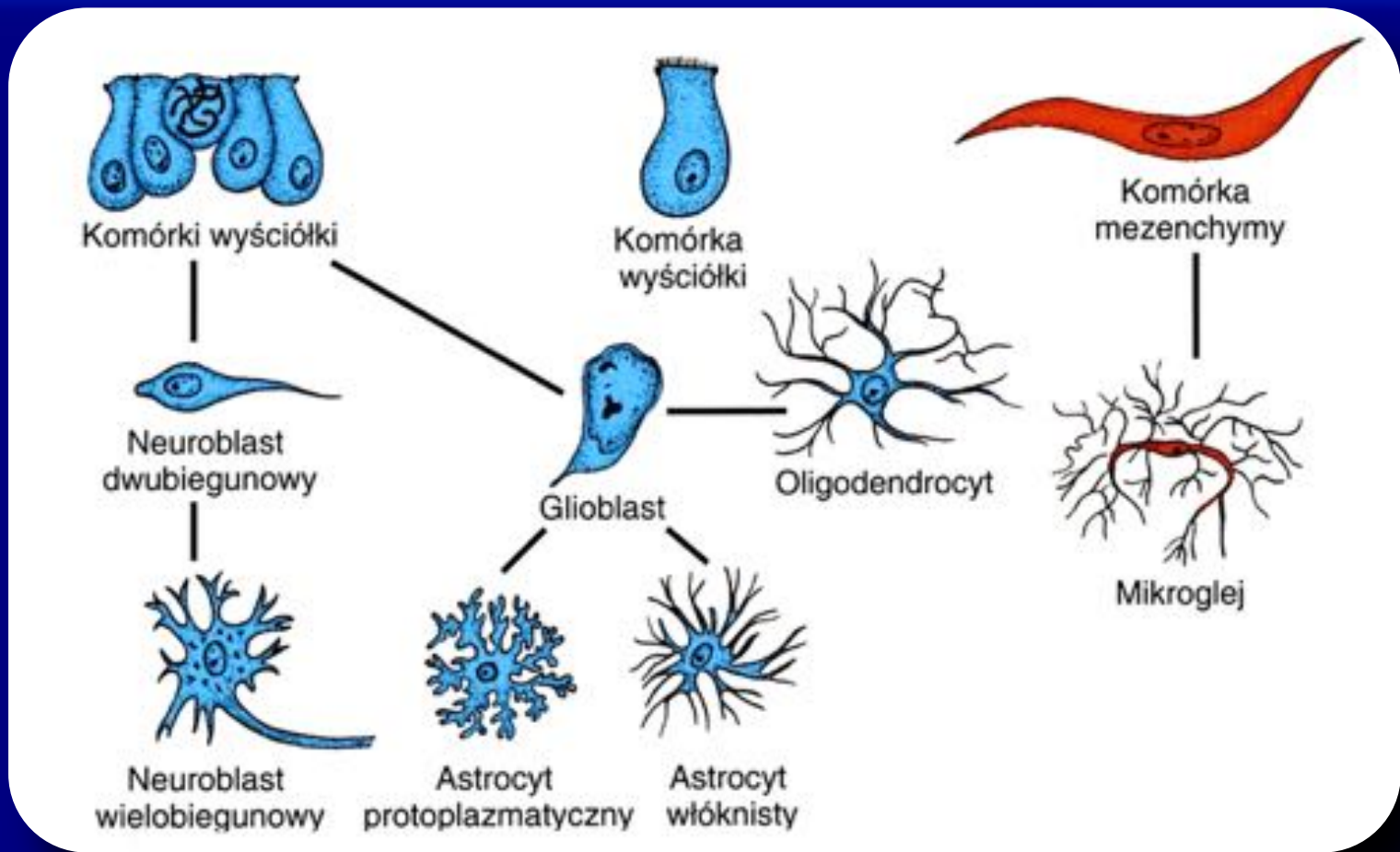


**C** Neuron wielobiegunowy

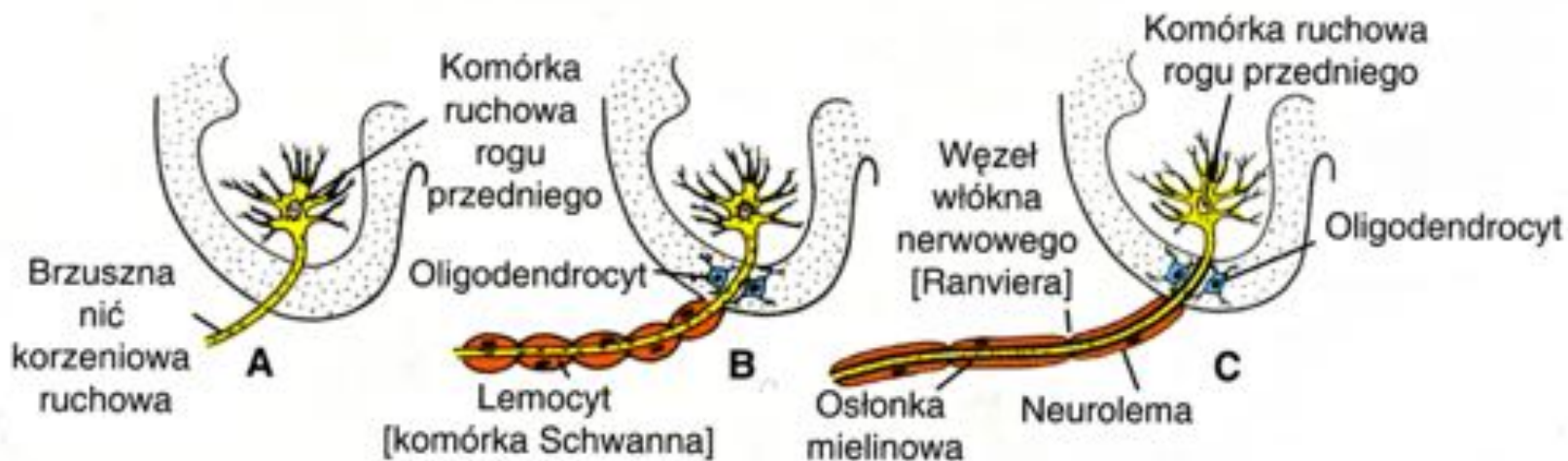
Różne etapy rozwoju komórek nerwowych (neuronów). Neuron jest jednostką strukturalną i czynnościową, składającą się z ciała komórki nerwowej i jego wypustek.



- A. Aksony neuronów ruchowych wyrastające z komórek położonych w blaszce brzuszno-bocznej [podstawnej] oraz włókna wychodzące z komórek nerwowych zwoju rdzeniowego, kierujące się dośrodkowo lub obwodowo.
- B. Włókna nerwowe korzeni przednich [ruchowe] i korzeni tylnych [czuciowe] łączą się w pień nerwu rdzeniowego.



Schemat ukazujący pochodzenie komórek nerwowych i różnych typów komórek glejowych. Neuroblasty, astrocyty włókniste i protoplazmatyczne oraz komórki ependymalne powstają z komórek wyściółki (neuroepitelialnych). Komórki mikrogleju powstają z komórek mezenchymy naczyń krwionośnych podczas waskularyzacji OUN.

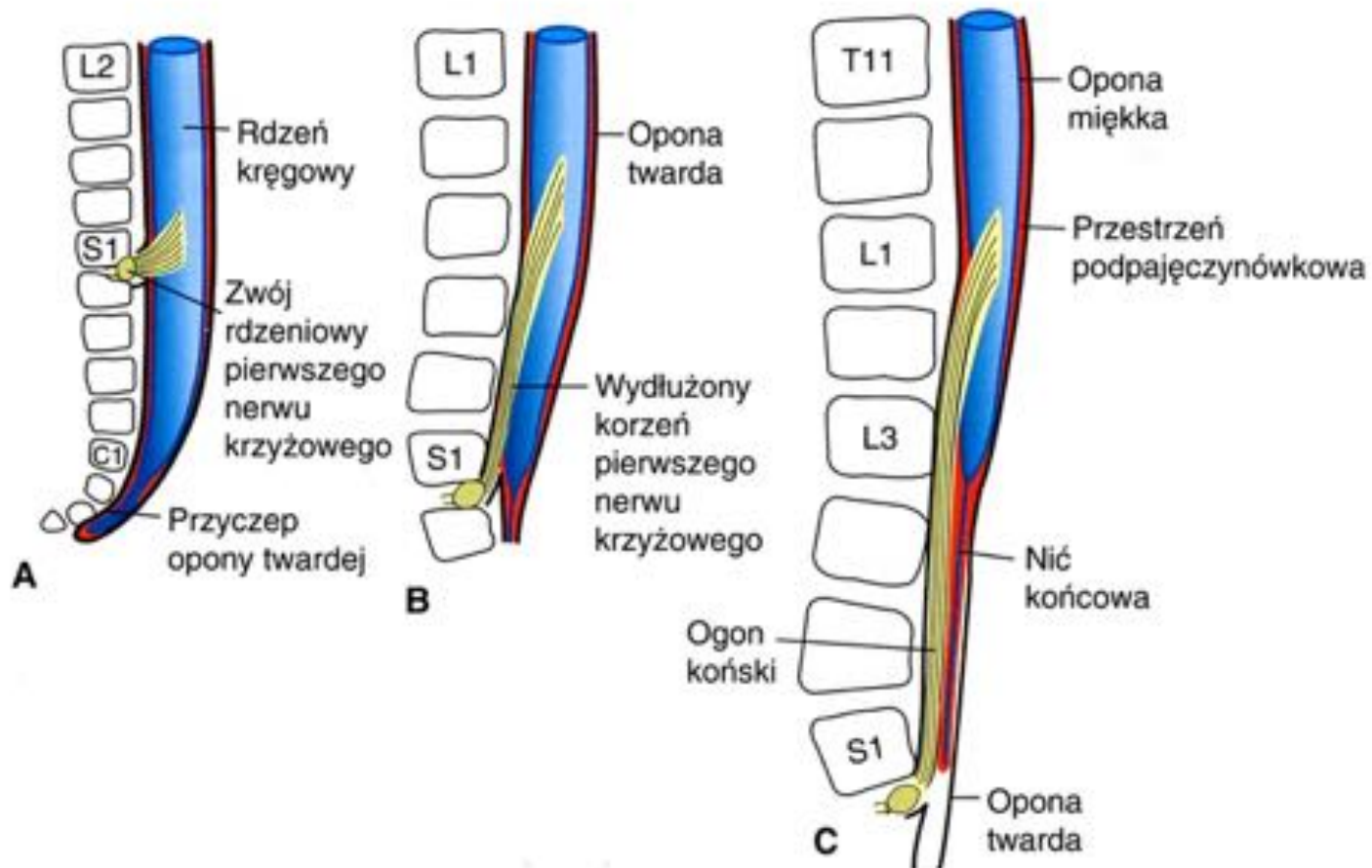


- Komórka ruchowa rogu przedniego z nagą [bezosłonkową] nicią korzeniową [włókmem korzeniowym].
- W rdzeniu kręgowym oligodendrocyty otaczają brzuszną nić korzeniową, a poza rdzeniem komórki Schwanna [lemocyty] zaczynają otaczać nić korzeniową.
- W rdzeniu kręgowym osłonkę mielinową wytwarzają oligodendrocyty, zaś poza rdzeniem osłonkę tę wytwarzają komórki Schwanna.

# **Wady rozwojowe**

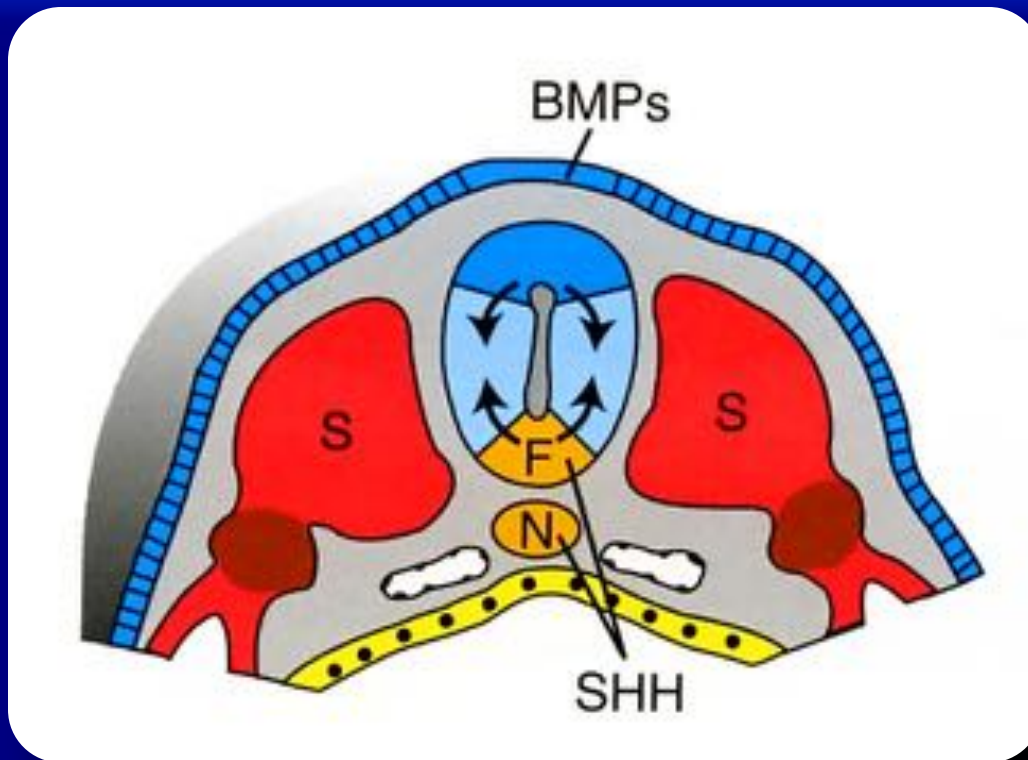


Spina bifida occulta – około 10% populacji



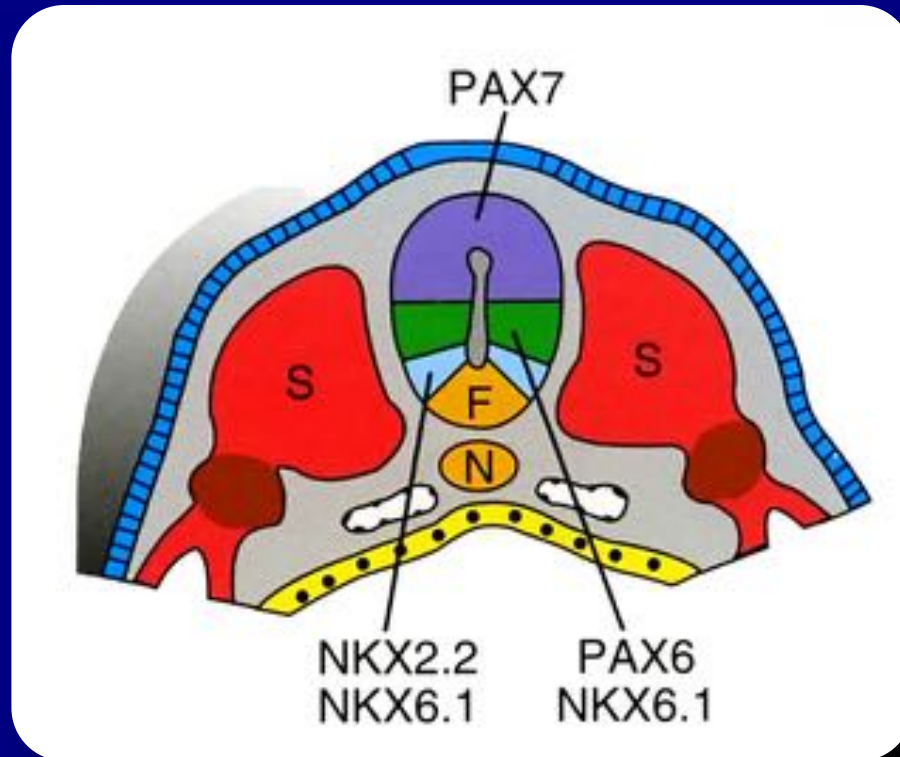
Schemat ukazujący stosunek zakończenia rdzenia kręgowego do kręgosłupa na różnych etapach rozwoju.

A. Około 3. miesiąca. B. Około 5. miesiąca. C. U noworodka.

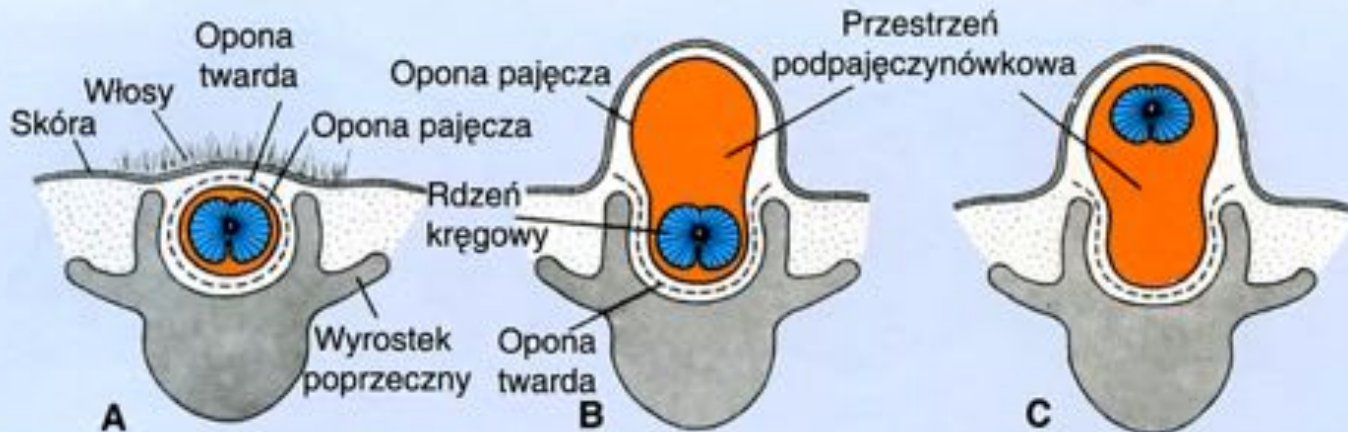


Na początku białka morfogenetyczne kości [BMP4 i BMP7], wydzielane przez ektodermę leżącą powyżej cewy nerwowej, tworzą ośrodek sygnalizacji w blaszce grzbietowej. Następnie w blaszce tej białko BMP4 uruchamia kaskadę sygnalizacji białek rodziny TGF-p, w tym BMP5 i 7, aktywinę i dorsalinę.

Podobnie, wydzielany przez strunę grzbietową sonie hedgehog [SHH], ustala dodatkową sygnalizację w blaszce brzusznej, zależną od SHH. Przez nakładanie się tych sygnalizacji w cewie nerwowej zostaje ustalony gradient czynników grzbietowych i brzusznych.



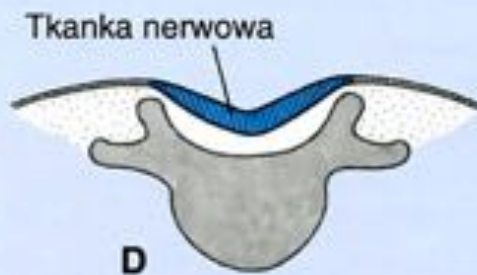
Gradient ustalony ekspresją białek TGF- $\beta$  oraz SHH aktywuje czynniki transkrypcyjne regulujące różnicowanie neuronalne. Na przykład, wysokie stężenie TGF- $\beta$  w części grzbietowej cewy nerwowej aktywuje PAX3 i 7, które kontrolują różnicowanie neuronów czuciowych. Wysokie stężenie SHH i bardzo niskie TGF- $\beta$  w okolicy blaszki brzusznej aktywuje NKX2.2 i NKX6.1 i powstawanie neuronów brzusznych. Nieco wyższe stężenie TGF- $\beta$  i nieco niższe stężenie SHH aktywuje NKX6.1 i PAX6 i różnicowanie brzusznych neuronów ruchowych. S, somit; N, struna grzbietowa; F, blaszka brzuszna.



**A**  
Rozszczep kręgosłupa zamknięty

**B**  
Przepuklina oponowa

**C**  
Przepuklina oponowo-rdzeniowa

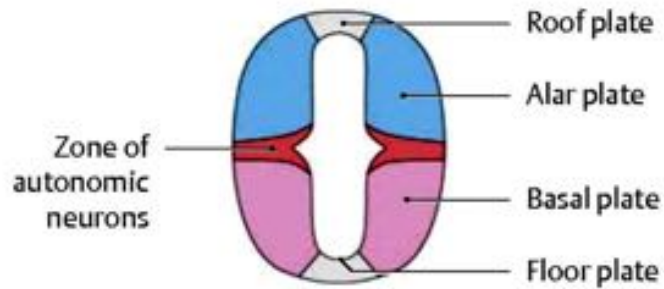


**D**  
Przepuklina rdzeniowa

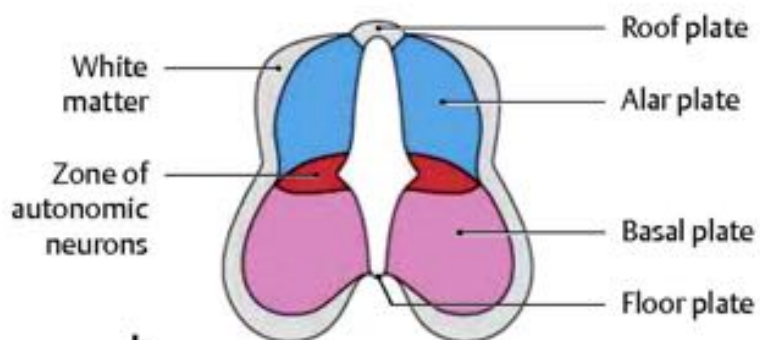


**E**  
Przepuklina rdzeniowa

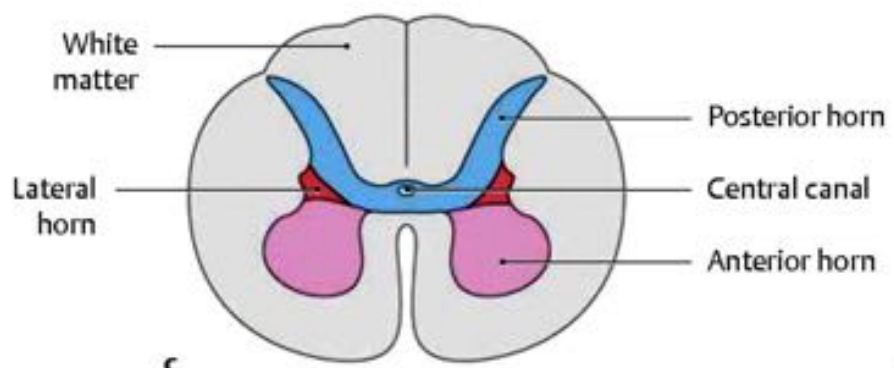




**a**

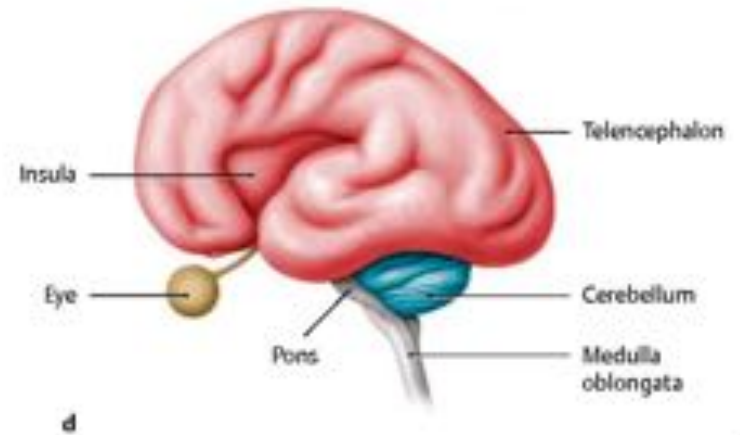
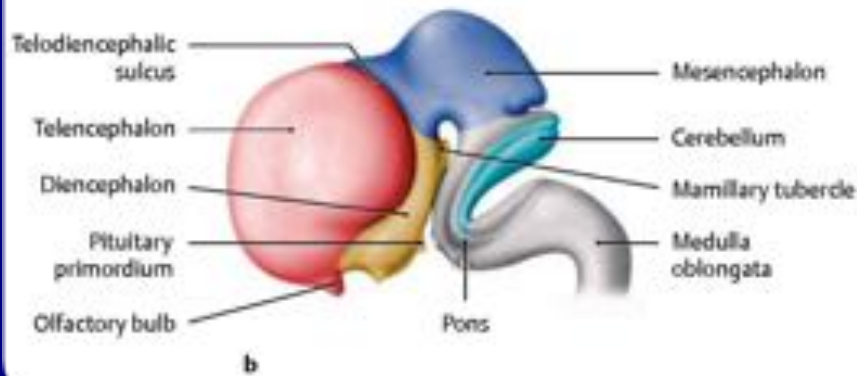
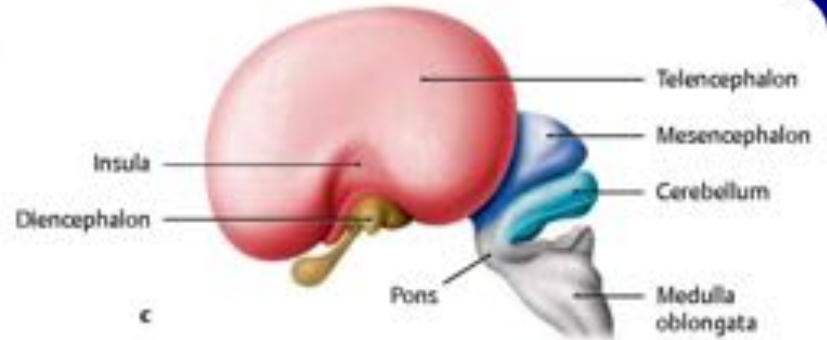
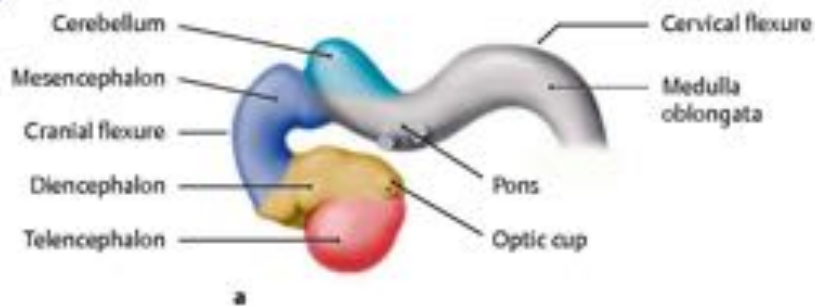


**b**



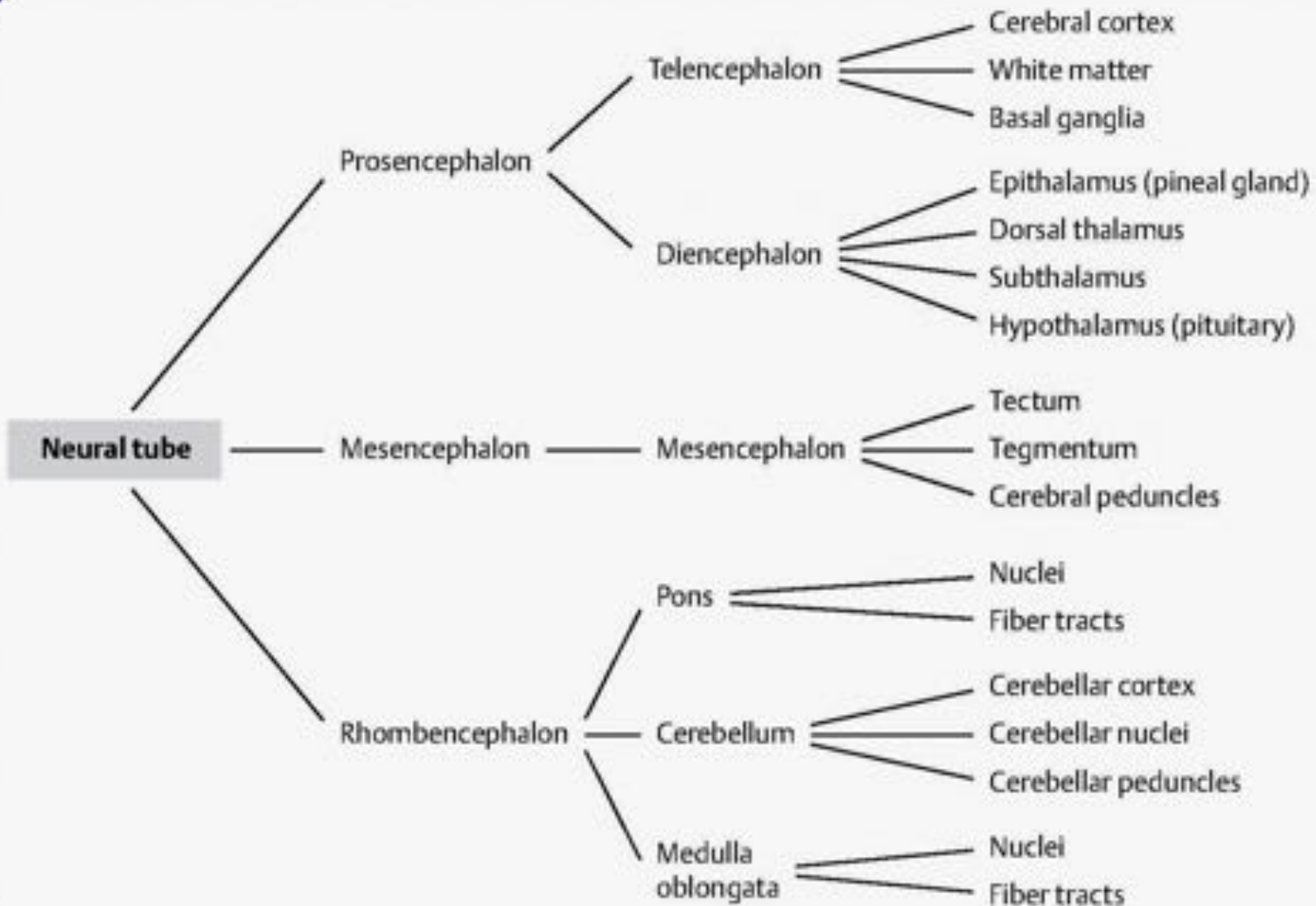
**c**

Differentiation of the neural tube in the spinal cord during development



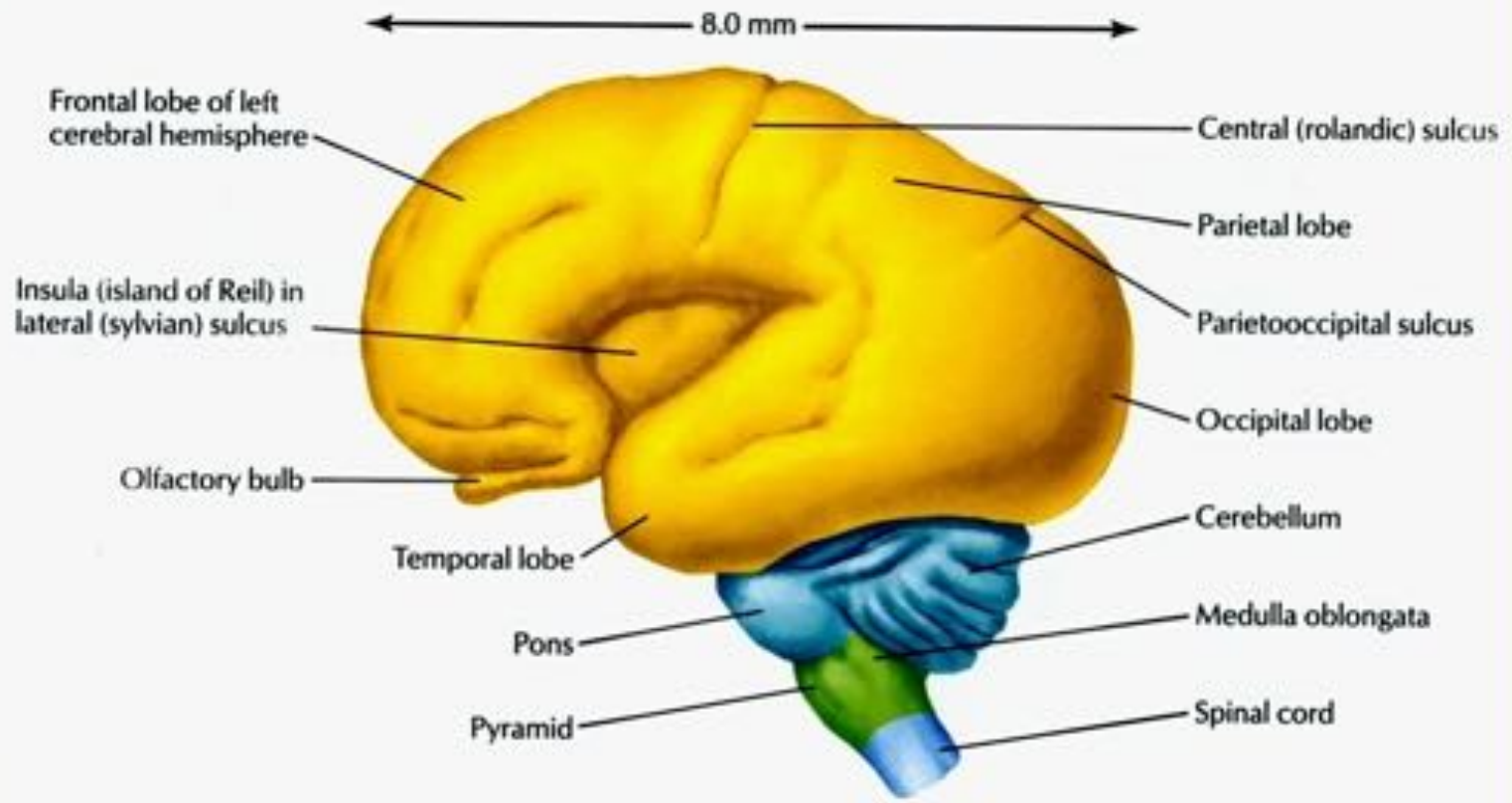
Development of the brain





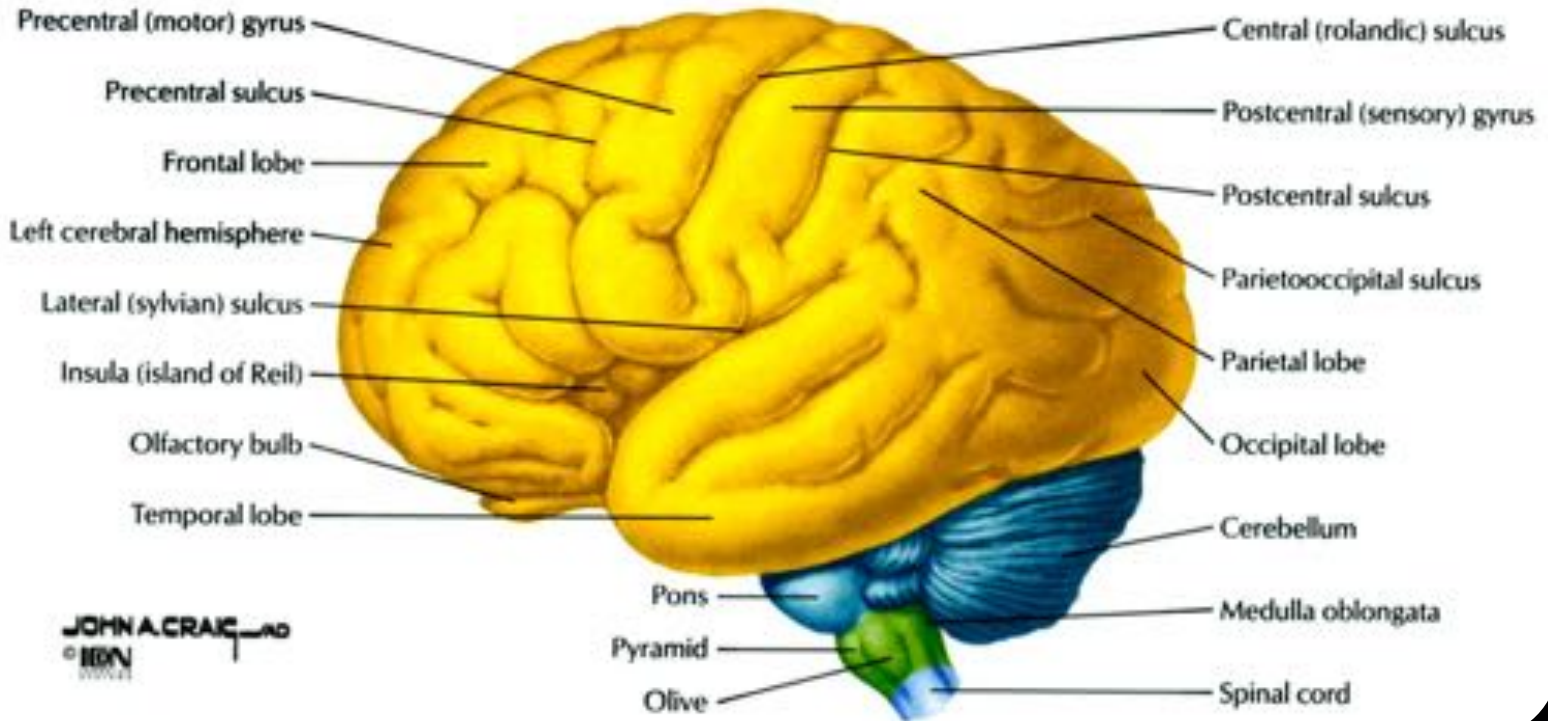
Brain vesicles and their derivatives

### Brain at 6 months



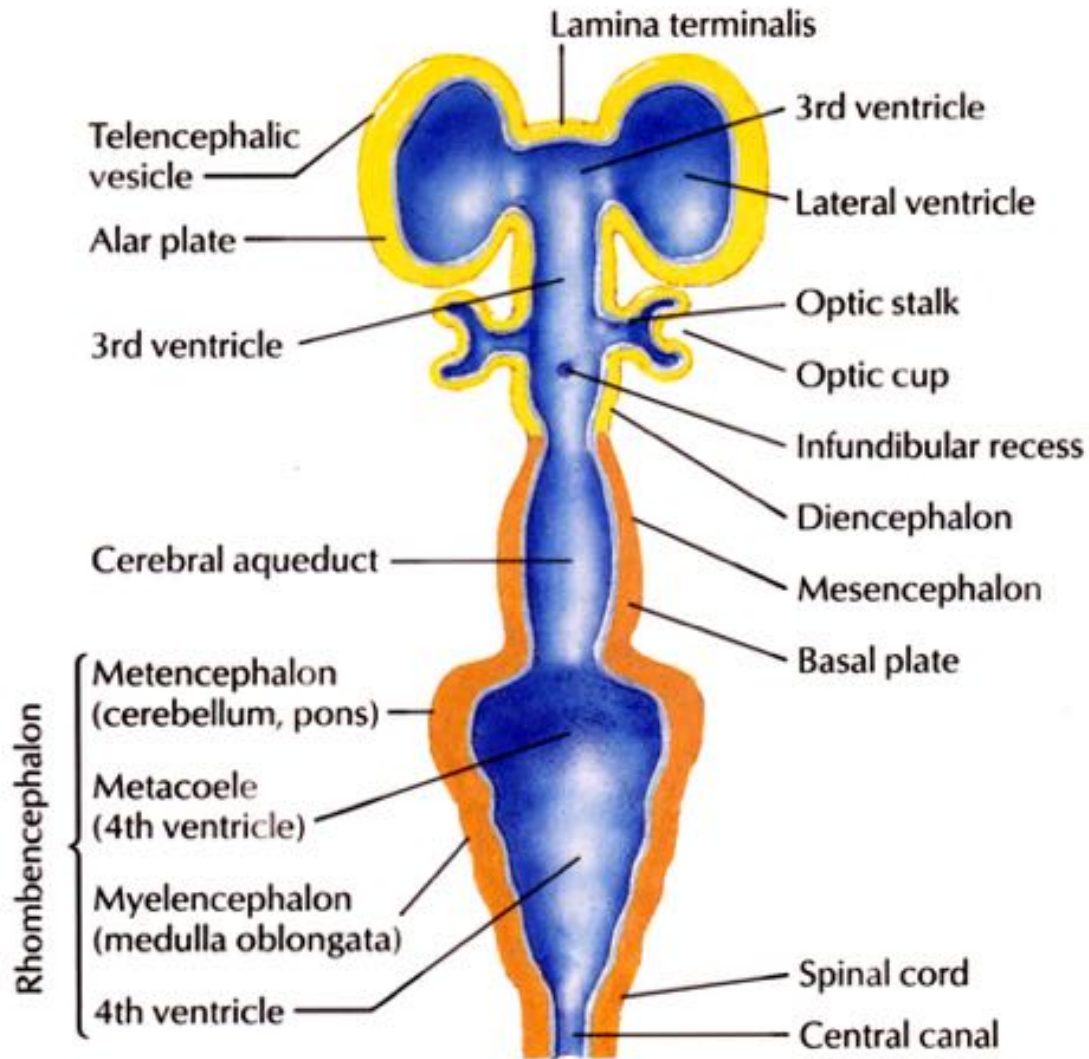
Brain at 9 months (birth)

10.5 mm

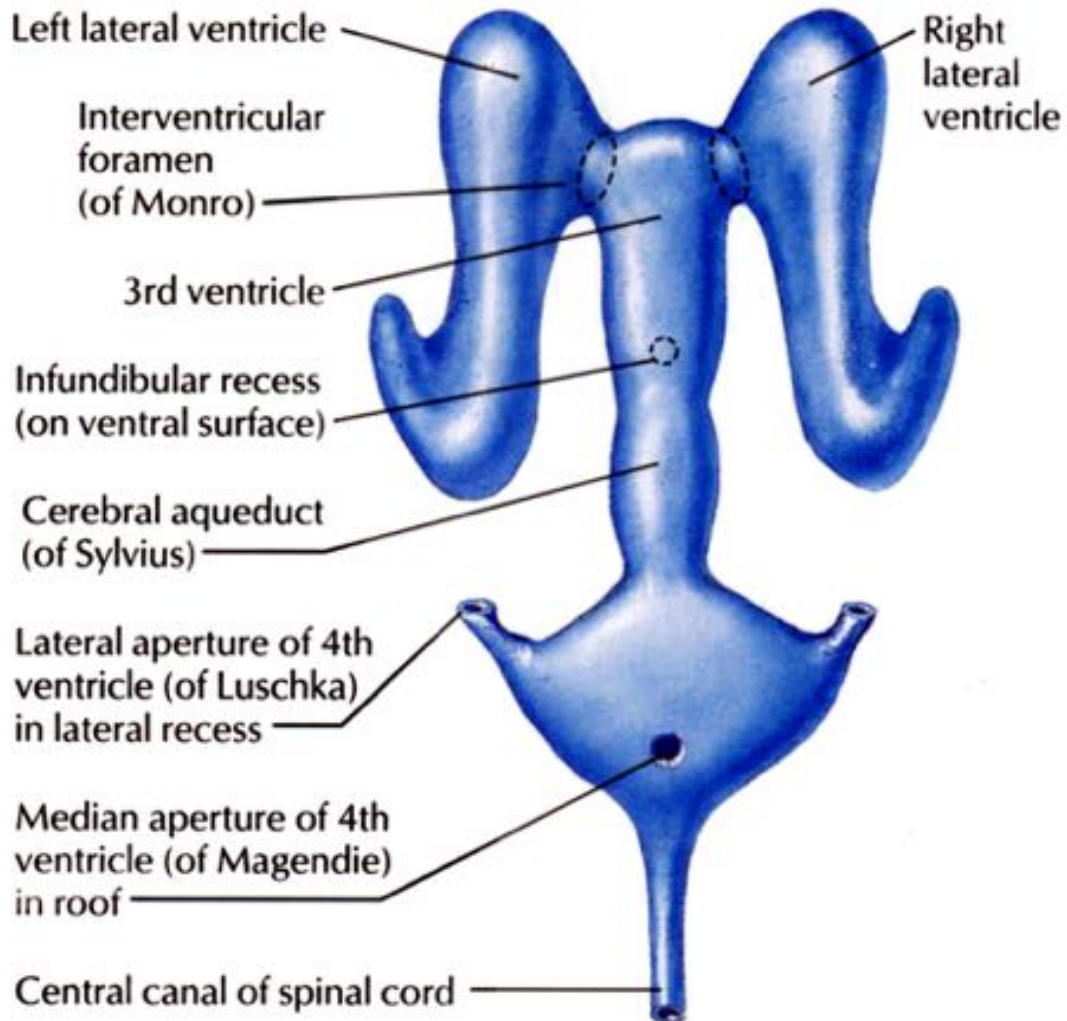


JOHN A. CRAIG MD  
© IBN

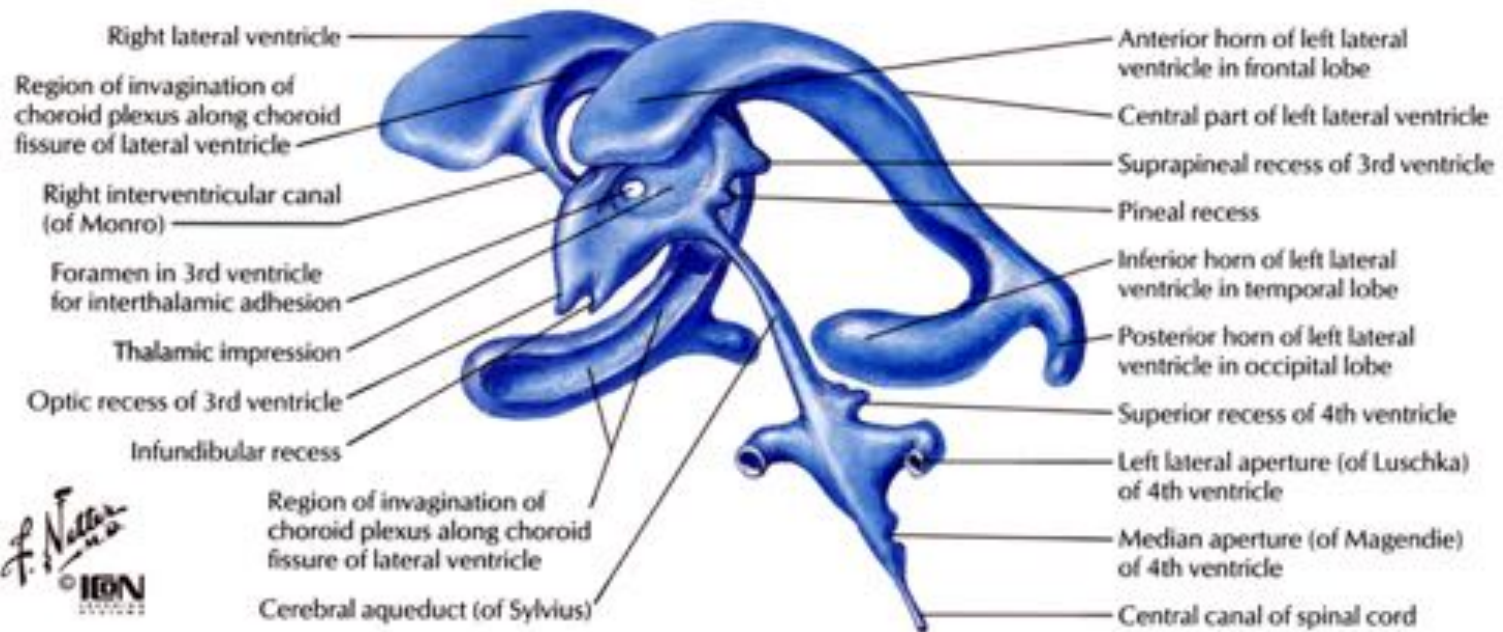
**Frontal section (ventral to sulcus limitans) at 36 days**



## Ependymal lining of cavities of brain at 3 months



Ependymal lining of cavities of brain at 9 months (birth)





- Od 4. tygodnia rozwoju obecne są jądra nerwów czaszkowych. Z wyjątkiem I i II nerwu, pozostałe wyrastają z pnia mózgu, jedynie jądro nerwu III pozostaje poza okolicą tyłomózgowia.
- Zwoje czuciowe nerwów czaszkowych pochodzą z ektodermalnych plakod (nosowa, uszne i cztery plakody nadgardłowe) oraz z komórek grzebieni nerwowych.
- Plakody nadgardłowe biorą udział w utworzeniu zwojów nn. V, VII, IX oraz X, a zwoje przywspółczulne pochodzą z komórek grzebieni nerwowych.





Przepuklina oponowa

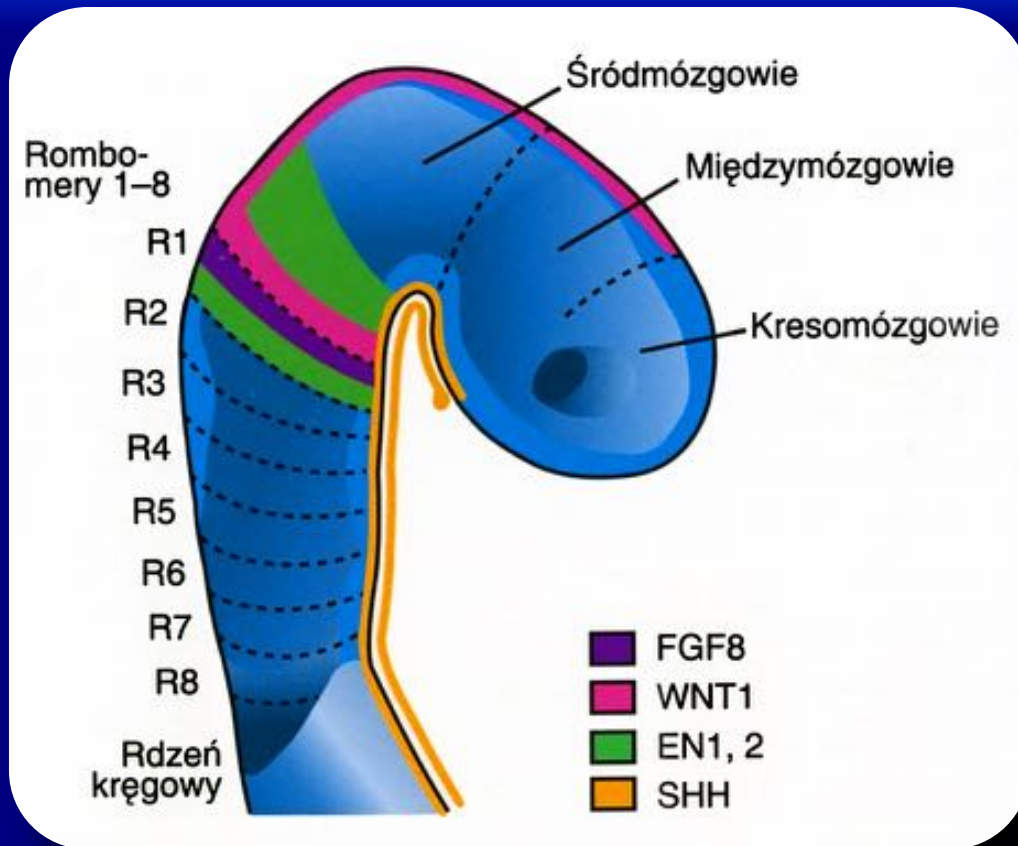


Przepuklina oponowo-mózgowa



Przepuklina oponowo-mózgowa z wodogłowiem

- Rozwój OUN jest sterowany przez geny homeotyczne (zawierające „homeobox”).
- U człowieka tyłomózgowie składa się z siedmiu segmentów – rombomerów, wykazujących różne wzorce ekspresji genów homeotycznych klasy Antennapedia.
- Geny te podlegają ekspresji według nakładających się wzorców.
- Kluczową rolę w ekspresji tych genów odgrywa kwas retinowy (jego brak powoduje małe tyłomózgowie).



Ośrodek organizacji w cieśni tyłomózgowia na pograniczu śródmózgowia i tyłomózgowia. Czynniki wzrostu fibroblastów 8 [FGF8] wydzielany w obszarze o kształcie obręczy indukuje ekspresję genów ENGRAILED1 i 2 [EN1 i EN2], których białka tworzą gradienty stężeń ku przodowi i ku tyłowi od miejsca sekrecji. EN1 reguluje rozwój grzbietowy śródmózgowia, a oba geny biorą udział w powstawaniu mózdzku. Inny gen indukowany przez FGF8 - WNT1, także bierze udział w rozwoju mózdzku.



*Thank you very much*