

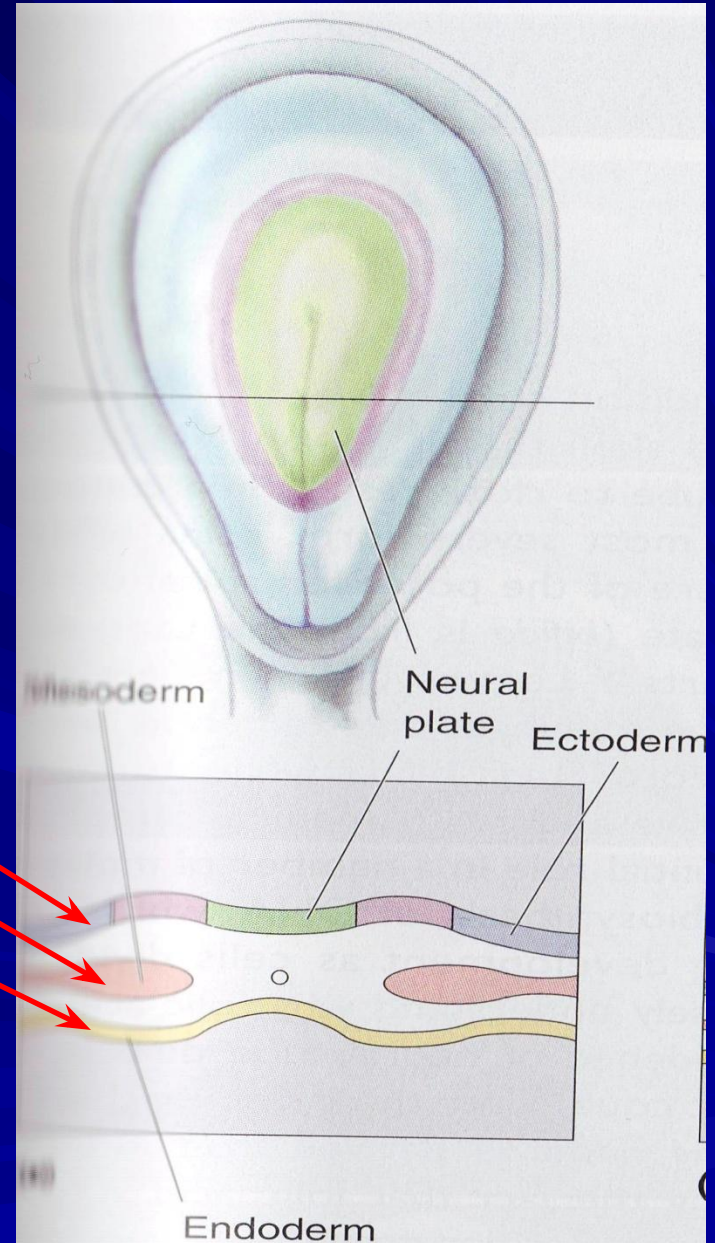
# Развитие головного мозга в онтогенезе

## Введение

- В эмбриогенезе ЦНС формируется из стенки трубки, заполненной жидкостью.
- Трубка становится вентрикулярной системой созревшего мозга.
- Прослеживая каким образом эта трубка изменится в процессе развития плода, можно понять, как мозг организован и как различные части мозга соотносятся друг с другом.

# Развитие эмбриона

- Эмбрион развивается из плоского овального диска (1.5 см), который состоит из трех слоёв клеток:
- **эктодерма**
- **мезодерма**
- **энтодерма**



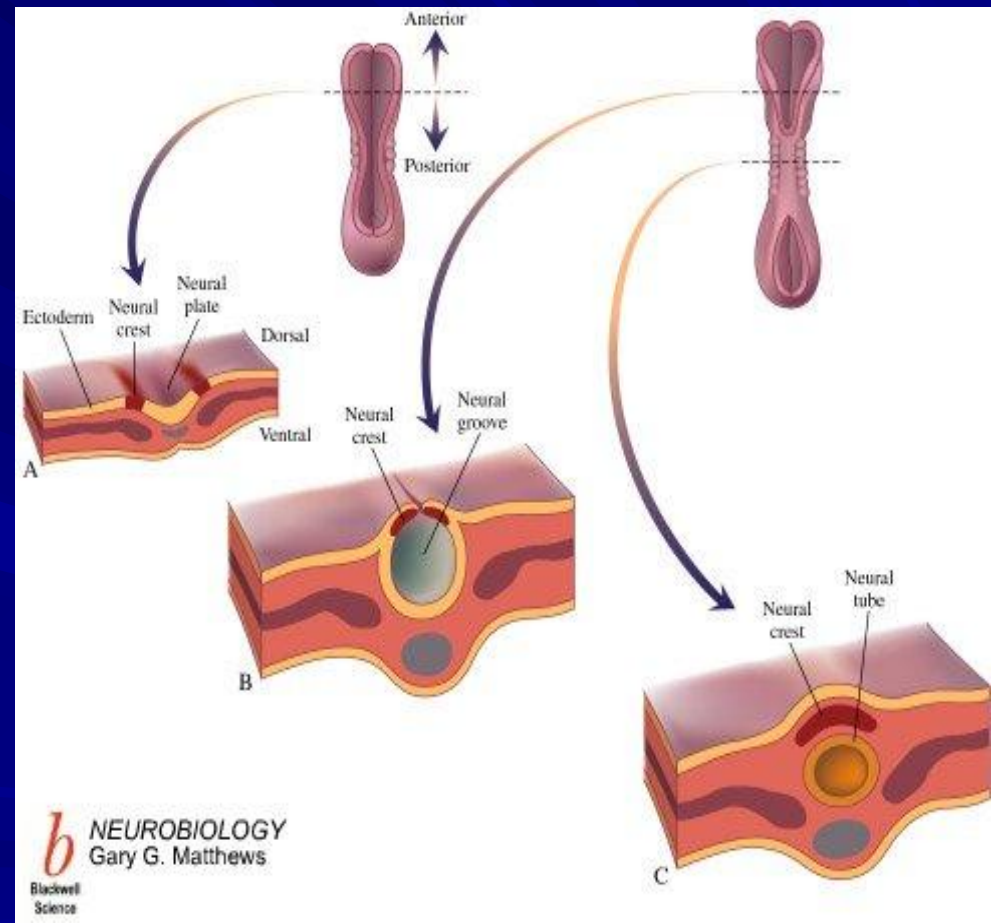
# Развитие эмбриона

- Из **энтодермы** развивается выстилка большинства внутренних органов,
- Из **мезодермы** – скелет и мышцы,
- Из **эктодермы** – кожа и нервная система.

# Этапы развития нервной системы

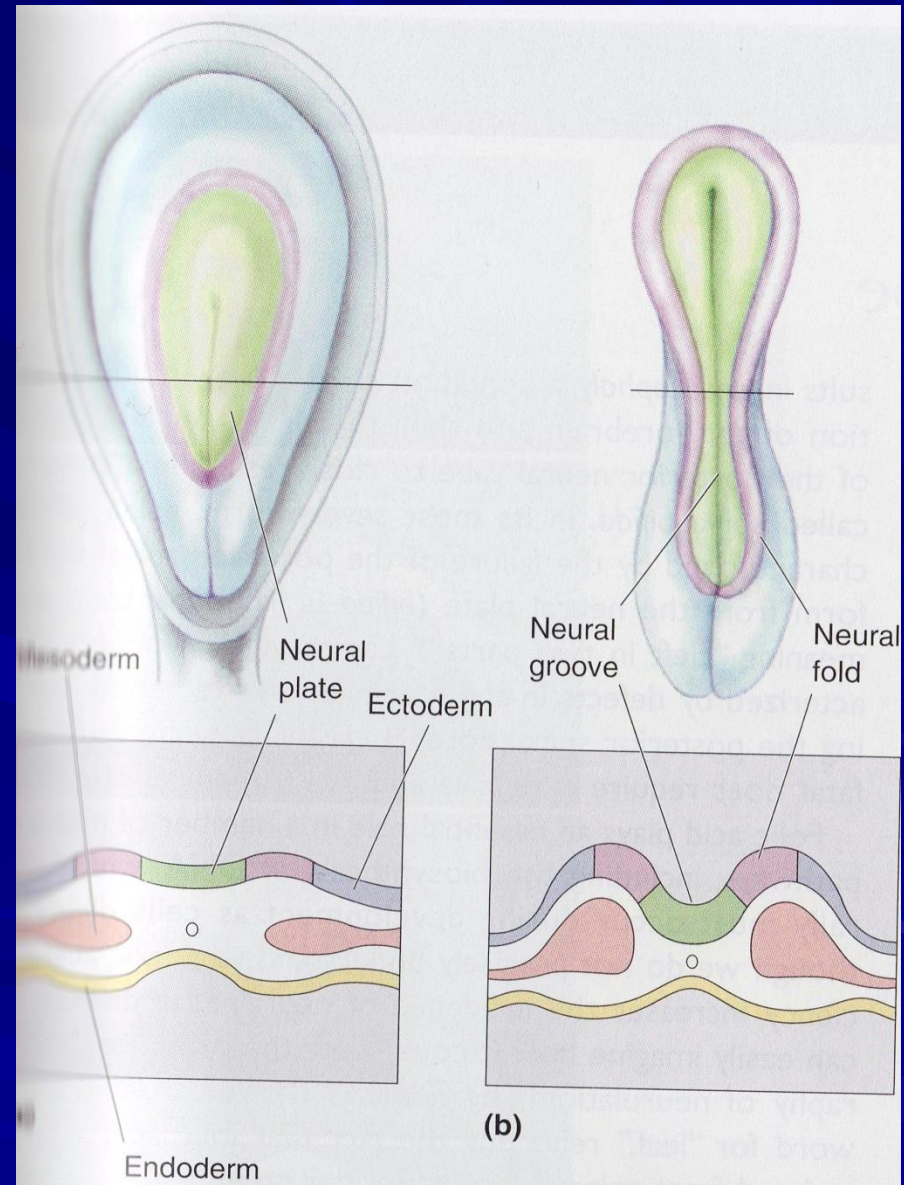
## 1 Этап - Нейруляция

Нервная система развивается из **нервной пластинки (neural plate)**, которая является частью эктодермы.



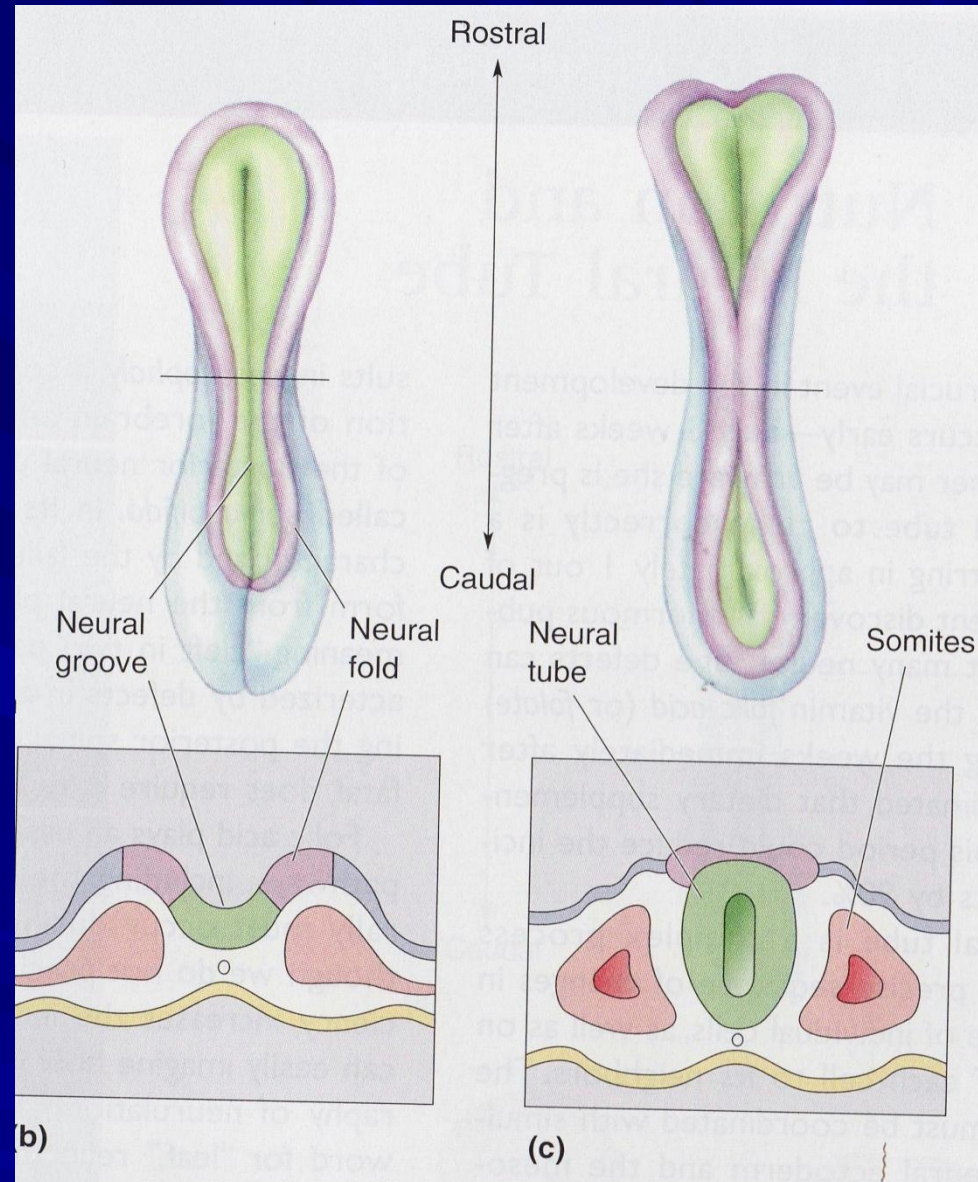
# Этапы развития нервной системы

- Нервная пластинка начинает быстро расти, ее края начинают утолщаться и приподниматься над первоначальной нервной пластинкой.
- Появляется **нервный желобок** (*neural groove*).



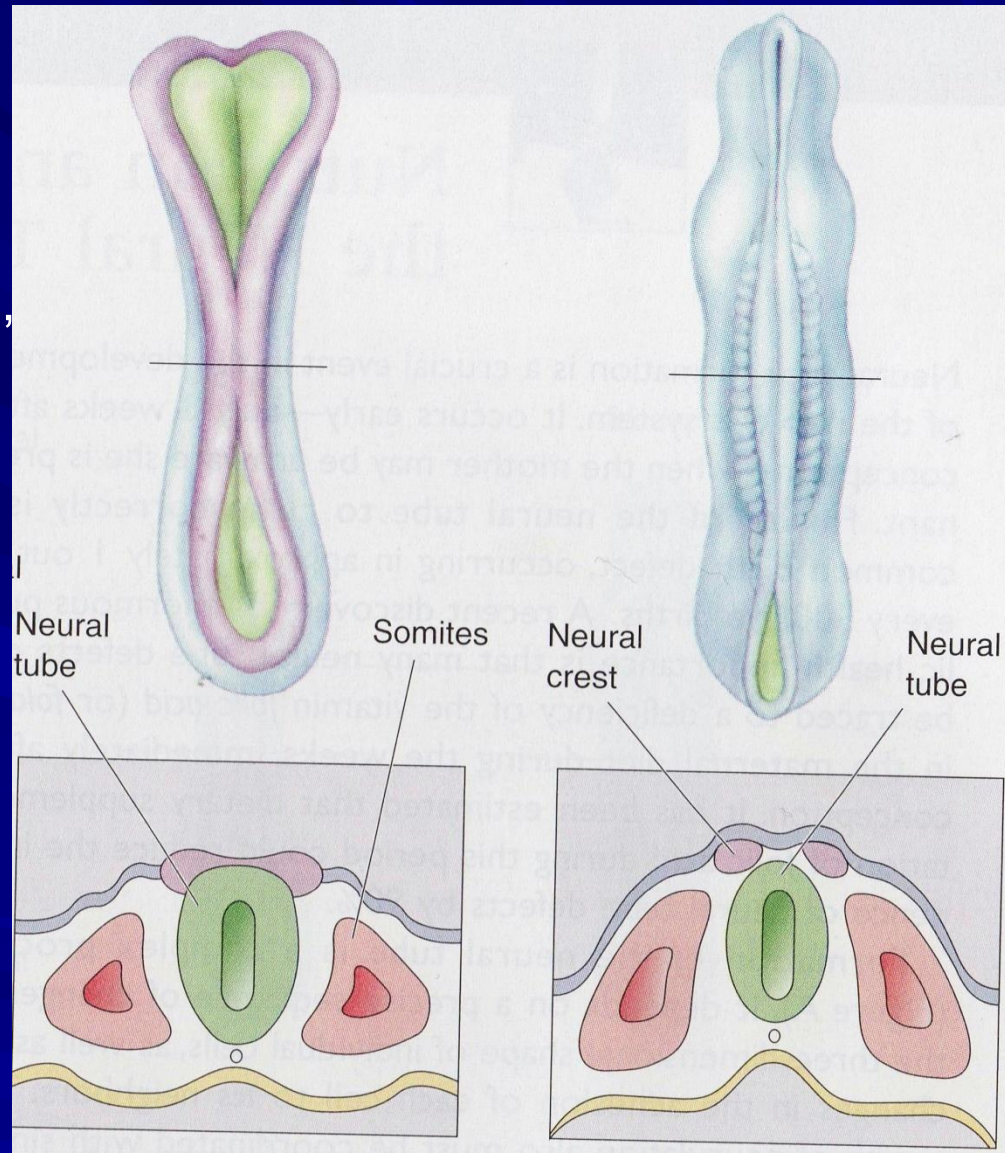
# Этапы развития нервной системы

- К концу третьей недели после оплодотворения правый и левый края желобка сближаются и срастаются по средней линии, образуя **нервную трубку (neural tube)**.
- Смыкание желобков сначала происходит в центре нервной пластинки, а затем на переднем и заднем концах.
- Вся ЦНС формируется из стенок нервной трубки.



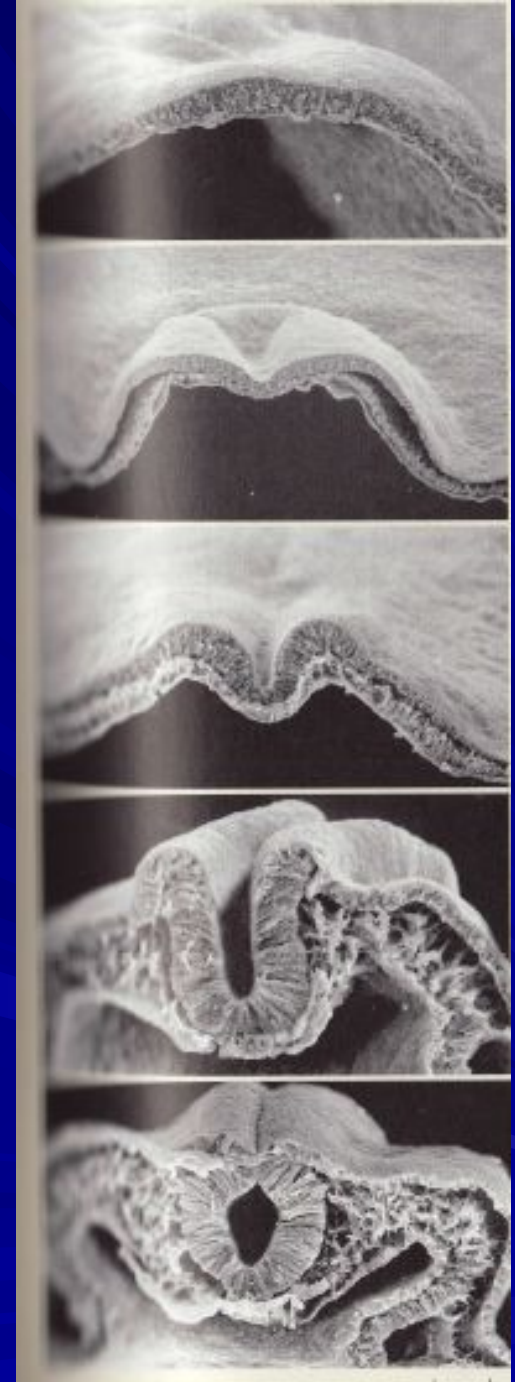
# Этапы развития нервной системы

- После соединения краев нервного желобка часть нервной пластинки отщепляется и образует **нервный гребень (neural crest)**, который находится между нервной трубкой и эктодермой.
- Из нервного гребня развиваются нейроны периферической нервной системы.
- Мезодерма, которая находится рядом с нервным гребнем, формирует **СОМИТЫ**.
- Из сомитов формируются позвонки и кости черепа.



# Нейруляция

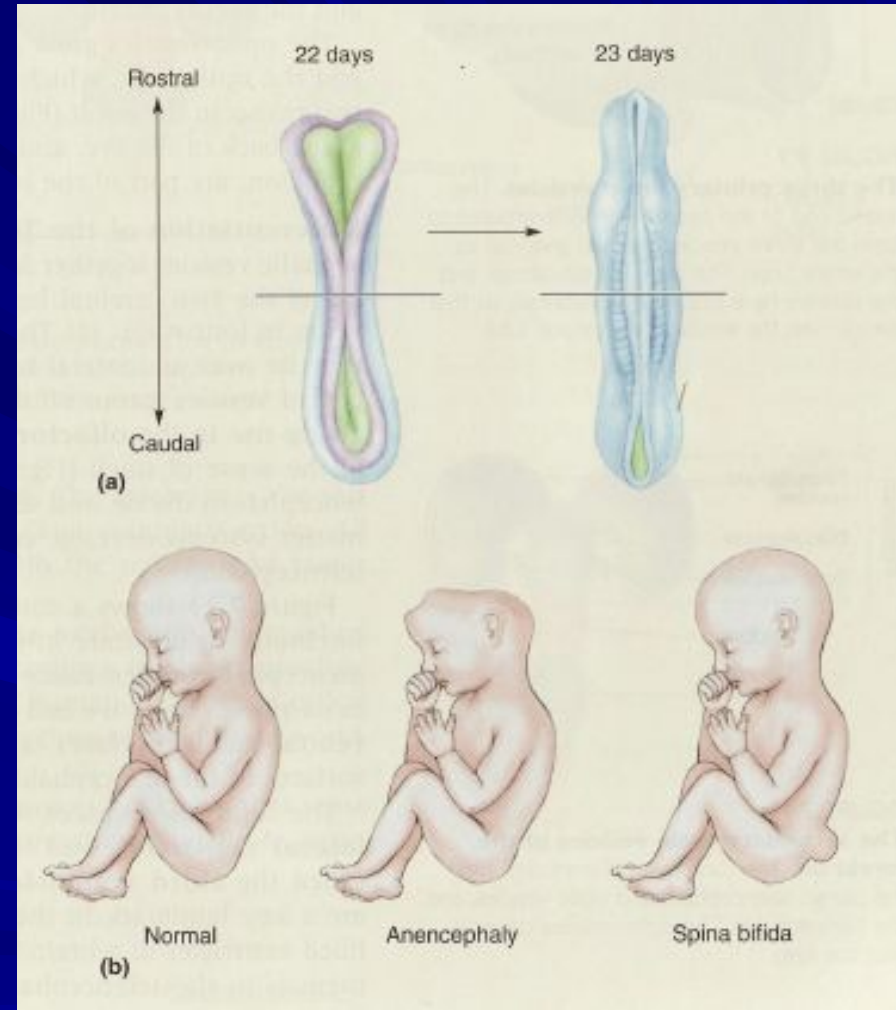
- **Нейруляция** – это процесс формирования нервной трубки из нервной пластинки.
- Нейруляция заканчивается к концу 3 недели после оплодотворения.
- *Рисунок - Снимки последовательных фаз нейруляции, сделанные с помощью электронного микроскопа.*





# Нарушения в развитии нервной трубки

- Нарушение формирования нервной трубки является распространенным дефектом развития эмбриона (встречается у 1 из 500 детей).
- Если края желобка не смыкаются в нервную трубку в передней части, то развивается дефект **анэнцефалия** (отсутствие переднего мозга и черепа).
- Если края желобка не смыкаются в нервную трубку в задней части, то развивается дефект **Spina bifida** (расщепление нижней части спинного мозга и позвоночника).
- **Spina bifida** не приводит к летальному исходу, но требует оперативного вмешательства.



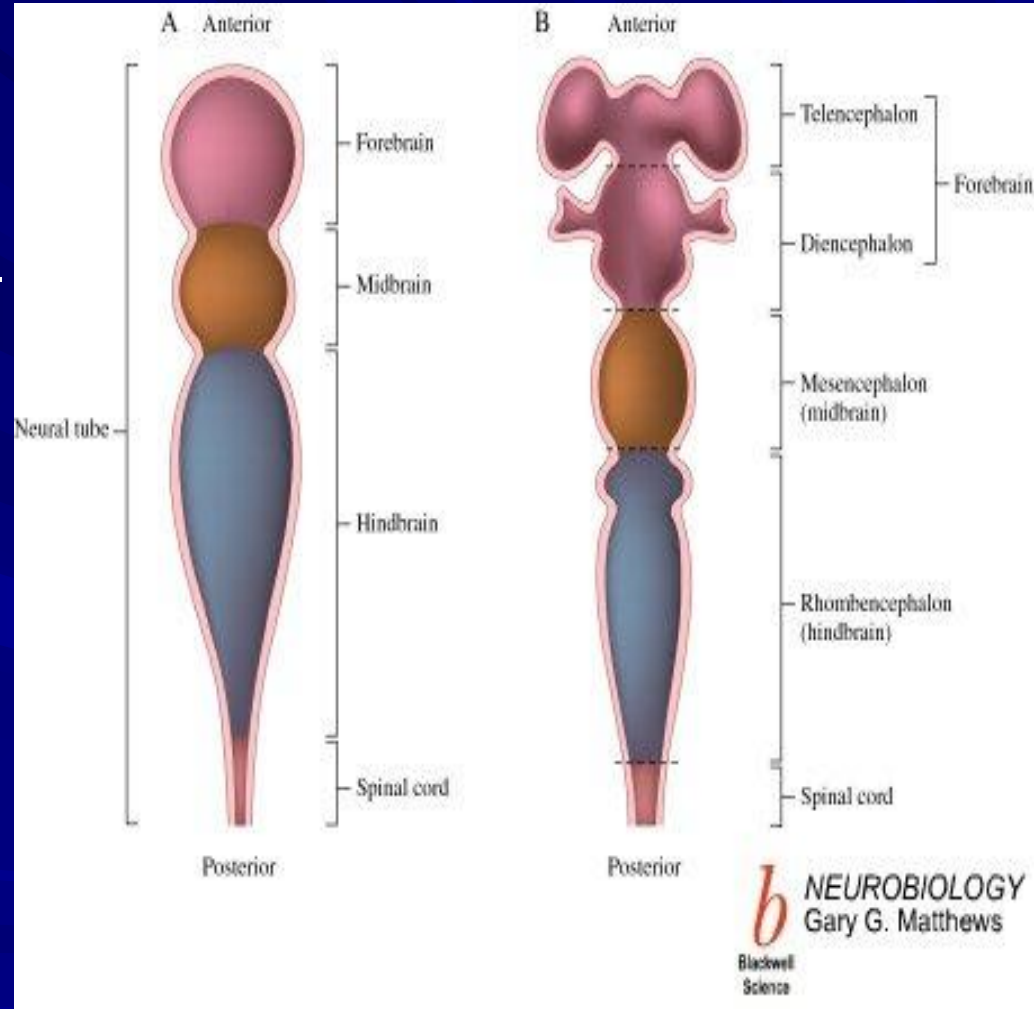
# Нарушения в развитии нервной трубки

- Большинство дефектов нервной трубки вызывается недостатком *Фолиевой кислоты* в пище беременной женщины в течение первой недели после оплодотворения.
- Фолиевая кислота содержится в шпинате, овощах, печени, дрожжах, яйцах, бобовых, апельсинах.

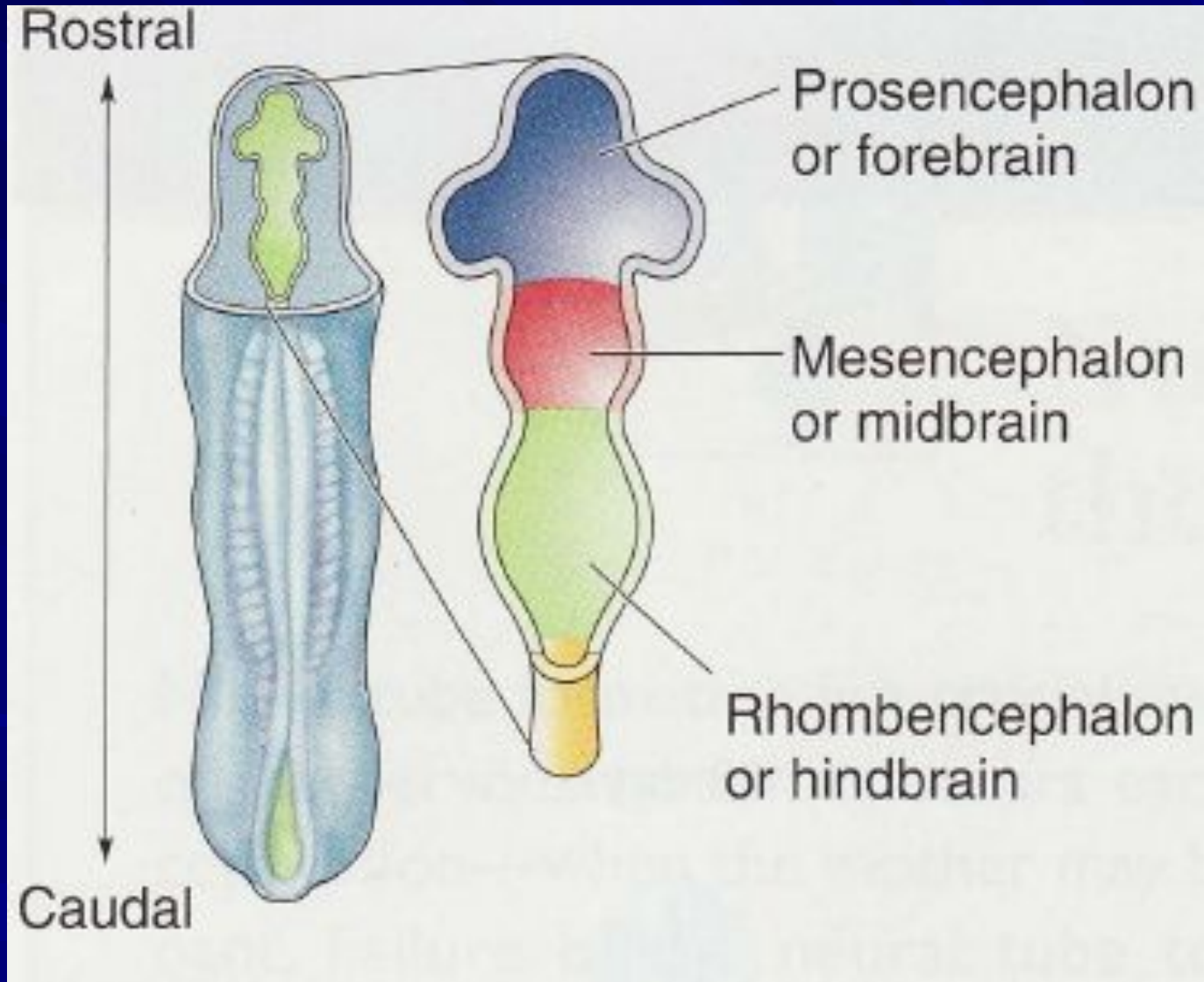
# Этапы развития нервной системы

## 2 Этап - Формирование мозговых пузырей

- На переднем (ростральном) конце трубки возникают три специализированных вздутия – **первичные мозговые пузыри**:
- передний пузырь (**forebrain**),
- средний пузырь (**midbrain**),
- задний пузырь (**hindbrain**).
- *Каудальная* часть нервной трубки становится спинным мозгом.
- Полость каудального отдела нервной трубки формирует спинномозговой канал.



## Этапы развития нервной системы

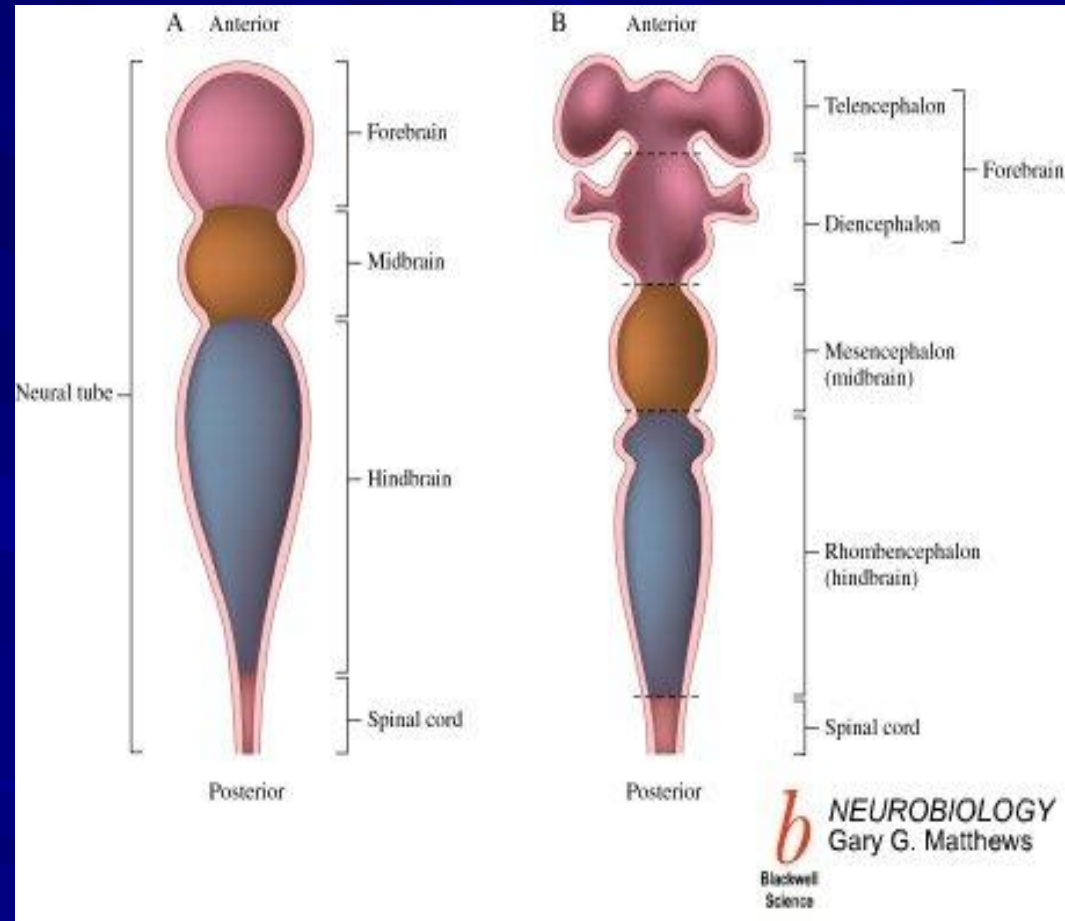


# Этапы развития нервной системы

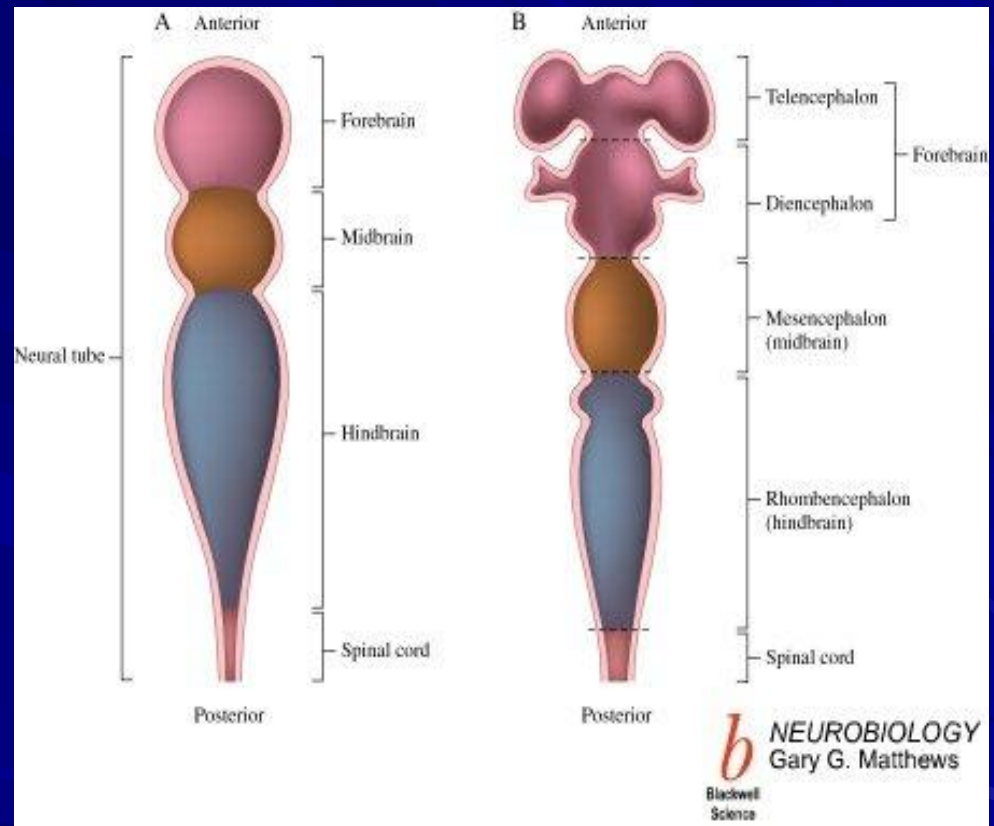
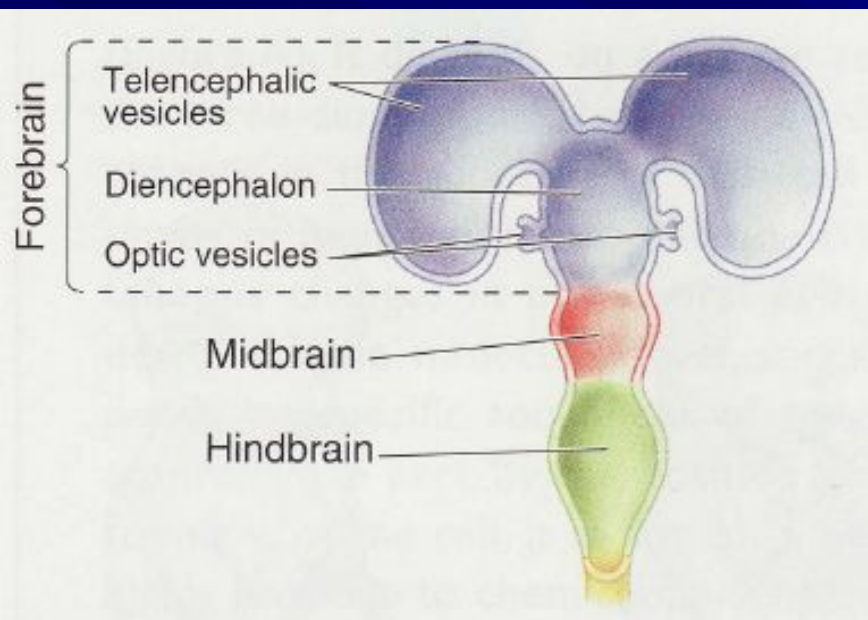
## 3 Этап

### Дифференциация мозговых пузырей

- Дифференциация переднего пузыря (**forebrain**)
- Передний пузырь подразделяется на три вторичных пузыря:
- левый и правый **конечный пузырь** (*telencephalon*),
- левый и правый **зрительный пузырь**,
- непарный **промежуточный пузырь** (*diencephalon*).

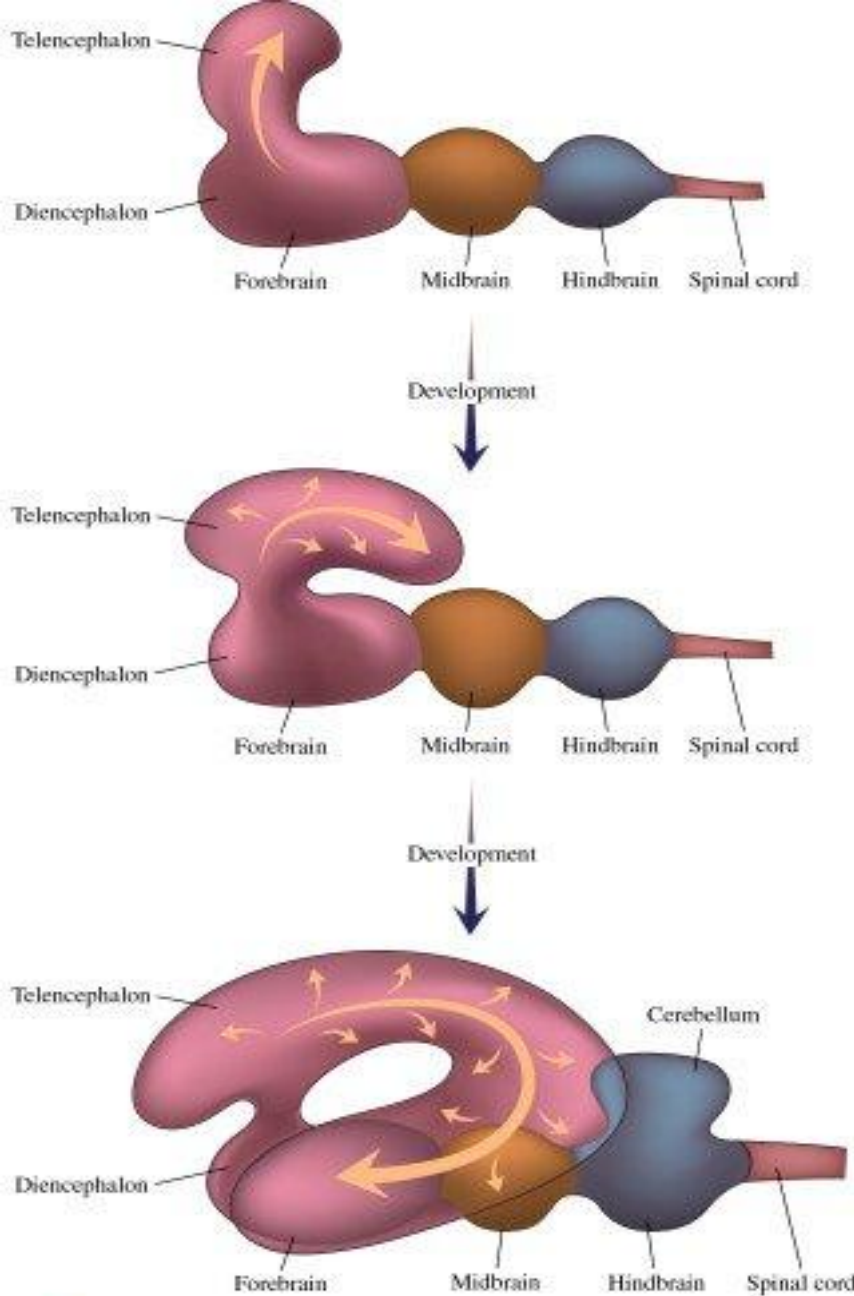


# Этапы развития нервной системы

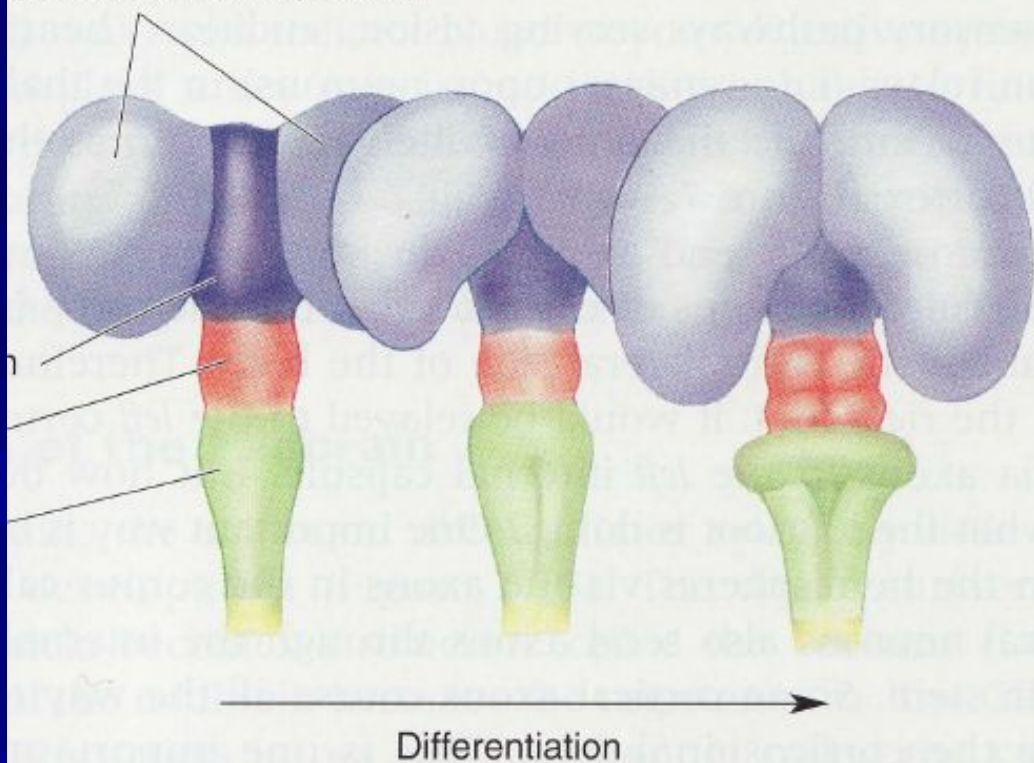


# Этапы развития нервной системы

- *Дифференциация конечного пузыря*
- Конечный пузырь развивается в четырех направлениях:
  1. Левый и правый пузырь начинают расти назад и вбок (полностью закрывая промежуточный пузырь). Вентрально-медиальный отдел конечного пузыря смыкается с боковой (латеральной) поверхностью промежуточного пузыря.
  2. Из переднего отдела левого и правого пузыря формируются **обонятельные луковицы** и **обонятельный нерв**.
  3. Клетки стенок конечного пузыря делятся и дифференцируются в корковые структуры (**кора больших полушарий**) и подкорковые структуры (**базальные ганглии**).
  4. Аксоны нейронов серого вещества формируют белое вещество конечного мозга.



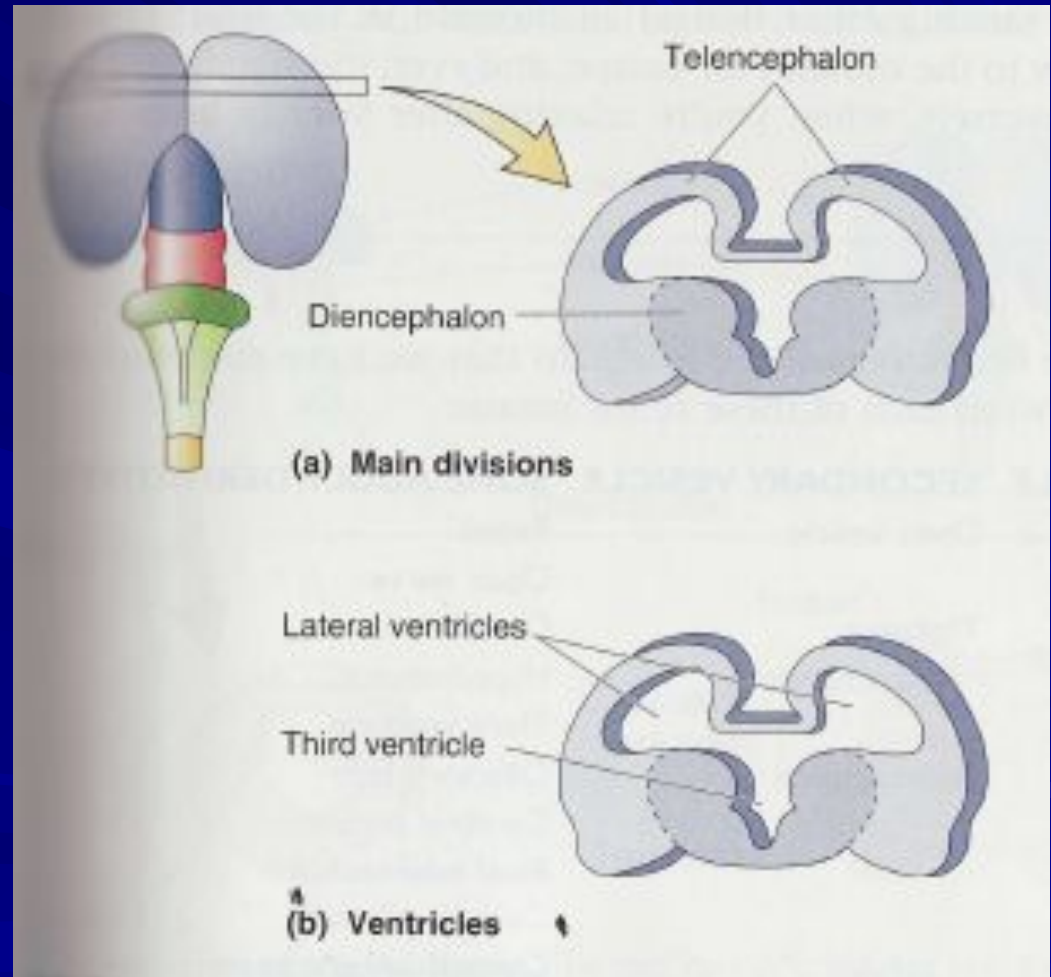
Telencephalon  
(2 cerebral hemispheres)





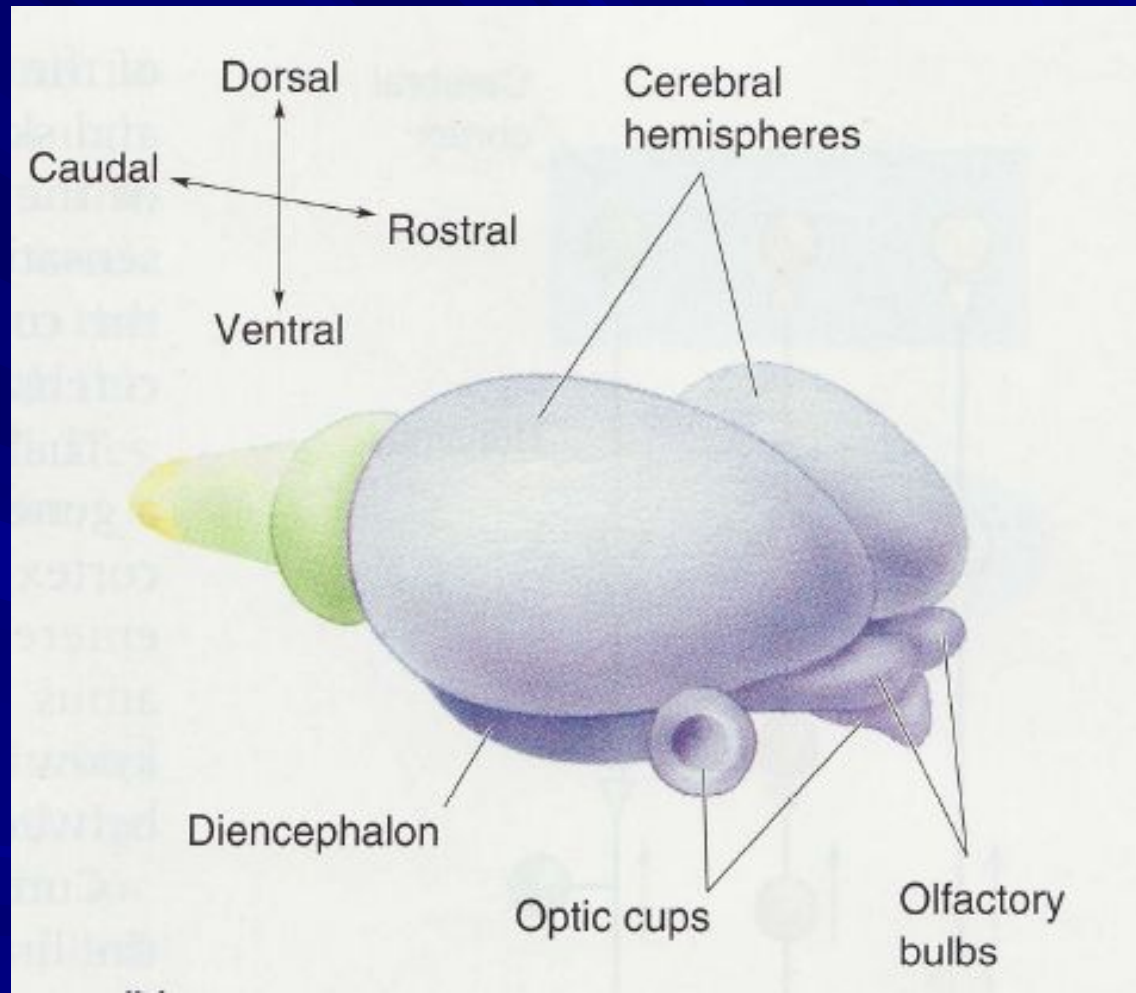
# Этапы развития нервной системы

- **Вентрально-медиальный** отдел конечного пузыря смыкается с боковой (латеральной) поверхностью промежуточного пузыря.



# Этапы развития нервной системы

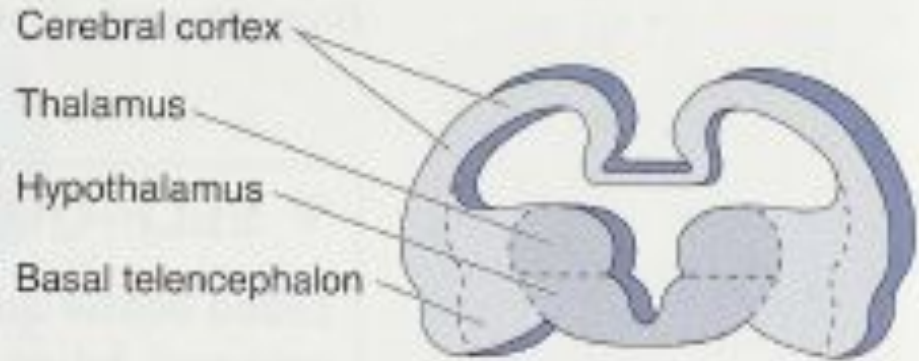
- Из переднего отдела левого и правого пузыря формируются **обонятельные луковицы** и **обонятельный нерв**.



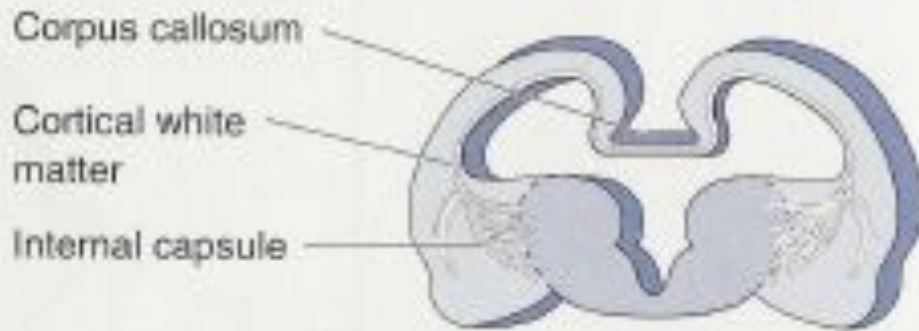
# Этапы развития нервной системы

- Клетки стенок конечного пузыря делятся и дифференцируются в:

1. корковые структуры (кора больших полушарий)
2. подкорковые структуры (базальные ганглии).



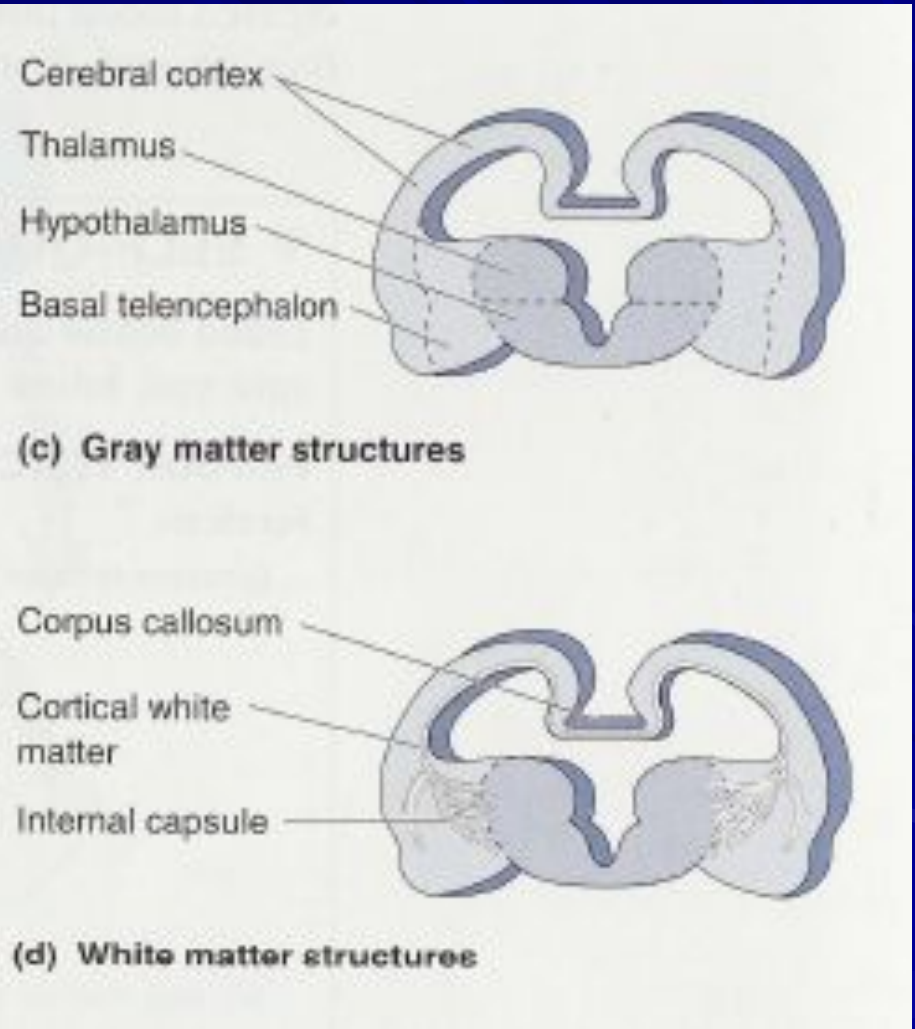
(c) Gray matter structures



(d) White matter structures

# Этапы развития нервной системы

- Аксоны нейронов серого вещества формируют **белое вещество** конечного мозга.



## Этапы развития нервной системы

- *Формирование белого вещества*
  - Нейроны конечного пузыря формируют аксоны, с помощью которых устанавливают связи с другими отделами нервной системы.
  - Эти аксоны собираются в пучки, которые формируют три основные системы белого вещества: *белое вещество коры больших полушарий, мозолистое тело (corpus callosum), внешняя капсула*.
1. *Белое вещество коры больших полушарий* содержит аксоны, которые связывают между собой нейроны, находящиеся в пределах коры больших полушарий одного полушария.
  2. *Мозолистое тело* содержит аксоны, которые связывают между собой корковые нейроны, которые находятся в разных полушариях.
  3. *Внутренняя капсула* содержит аксоны, которые связывают кору больших полушарий со стволом мозга, в частности, с таламусом.

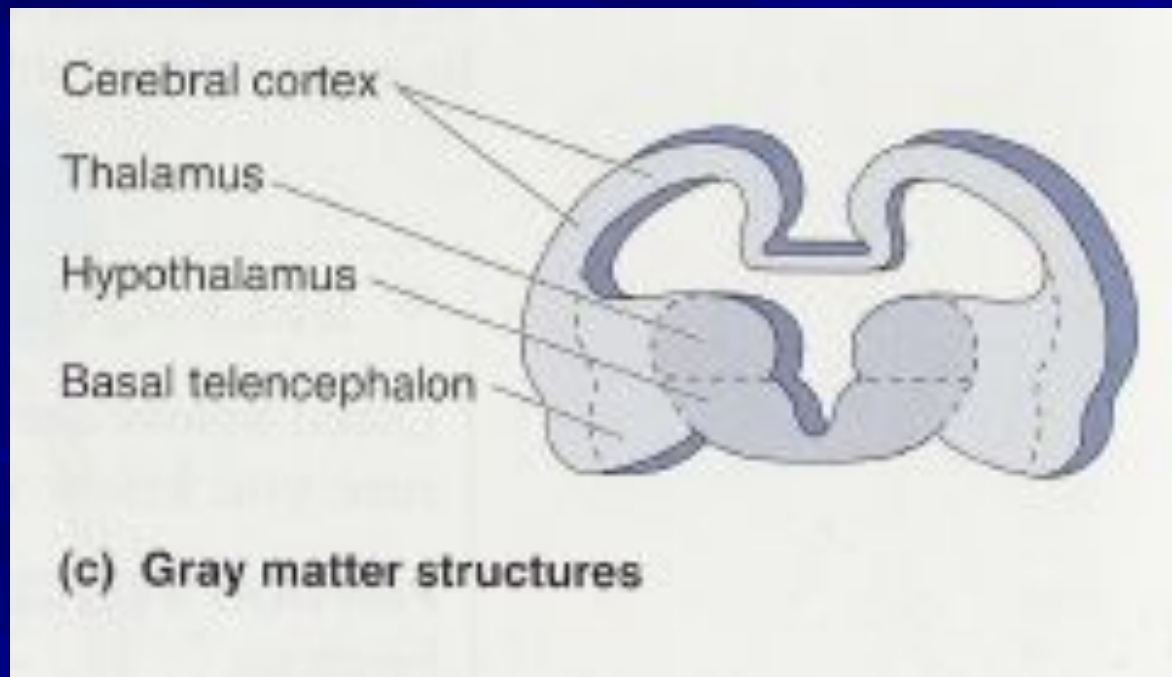
## Этапы развития нервной системы



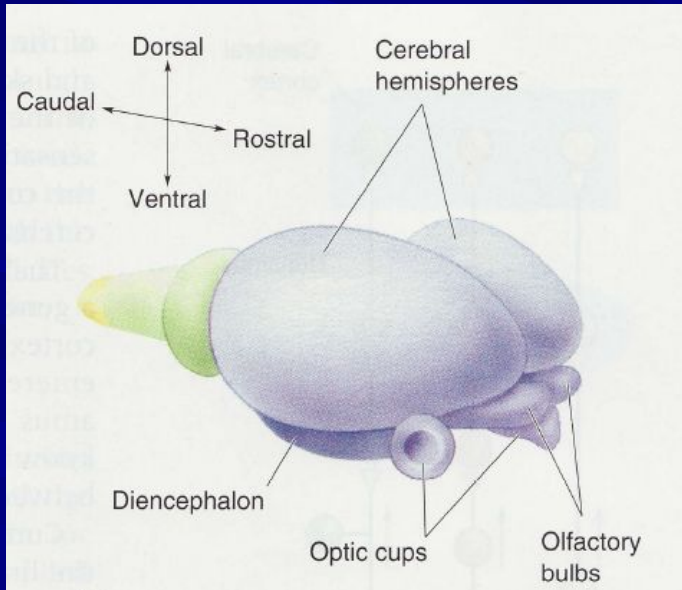
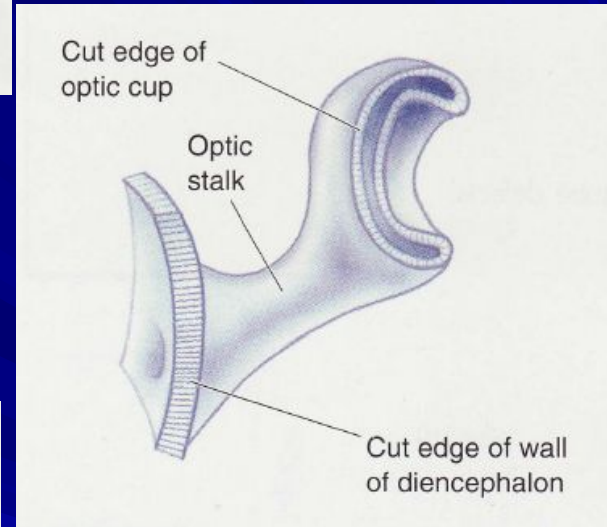
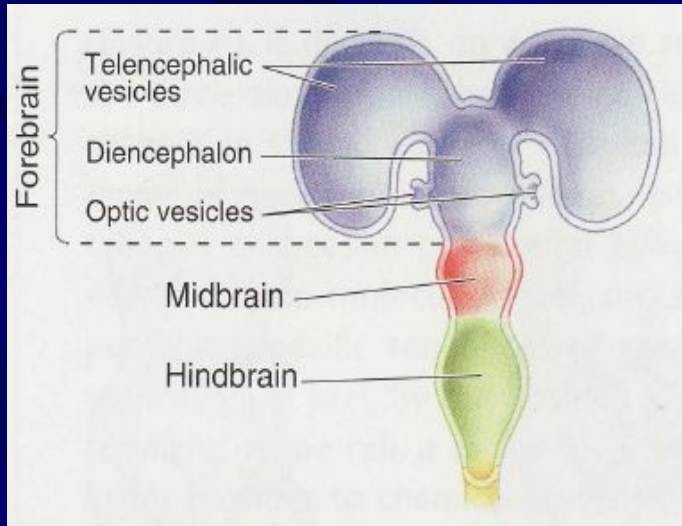
**(d) White matter structures**

## Этапы развития нервной системы

- *Дифференциация промежуточного пузыря*
- Из промежуточного пузыря развиваются **таламус** и **гипоталамус**.



- **Дифференциация зрительного пузыря**
- Из зрительного пузыря развиваются **зрительный нерв** и **сетчатка глаза**.
- Таким образом, сетчатка глаза и зрительный нерв являются частью головного мозга, а не периферической нервной системы.

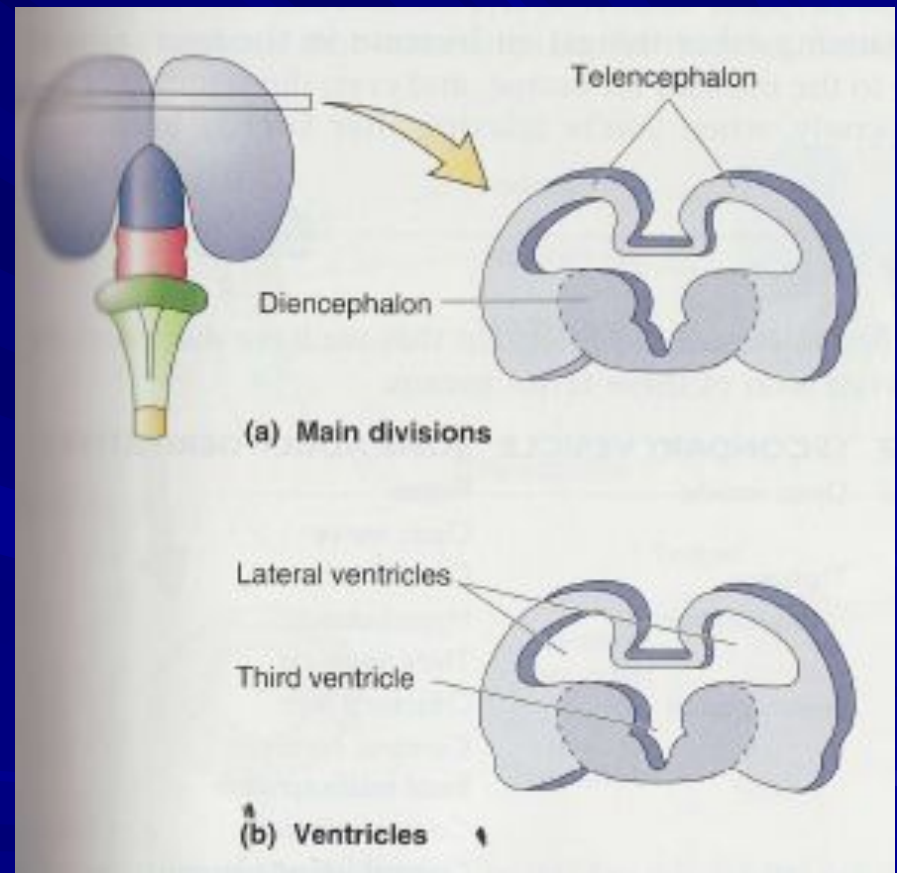




# Этапы развития нервной системы

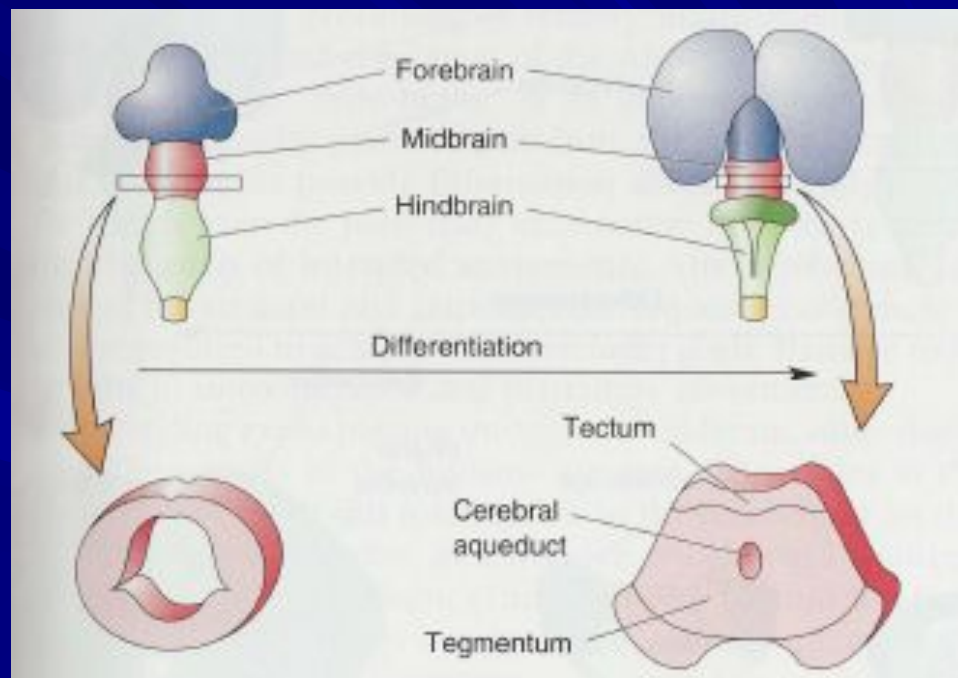
## Формирование желудочков

- Внутреннее пространство конечного пузыря формирует **боковые желудочки мозга**.
- Внутреннее пространство промежуточного пузыря формирует **третий желудочек мозга**.



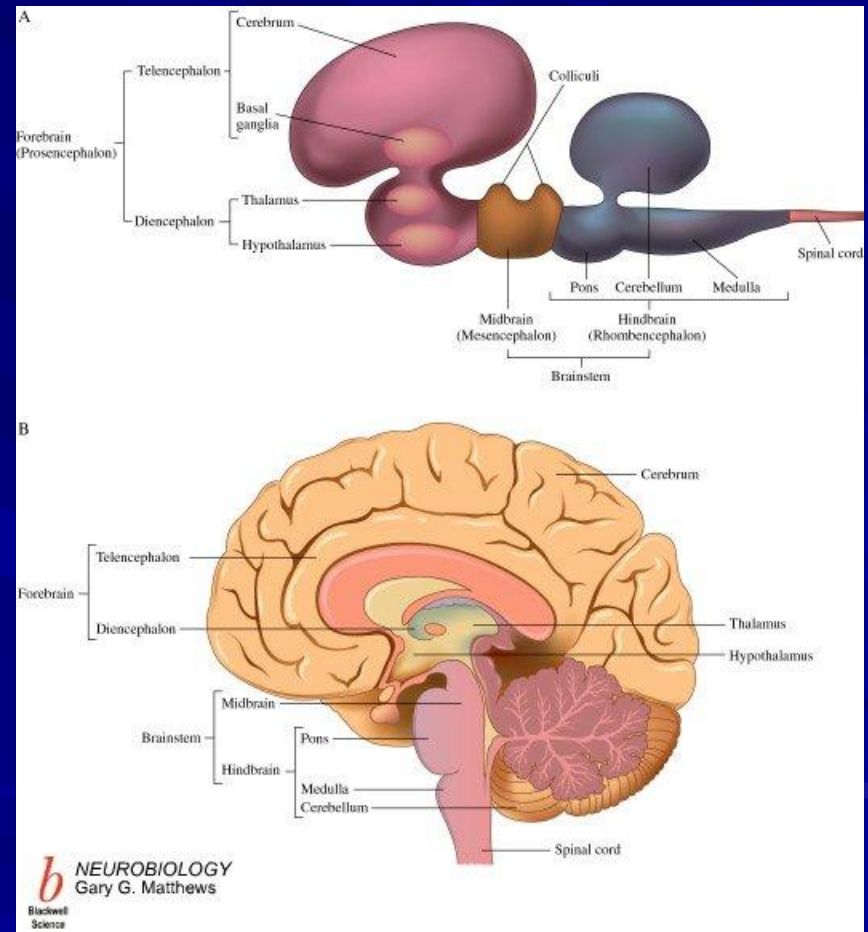
## Этапы развития нервной системы

- Дифференциация среднего пузыря (*midbrain*)
- Средний пузырь претерпевает незначительные изменения по сравнению с передним пузырем.
- Дорсальная сторона среднего пузыря развивается в **тектум** (*tectum - крыша*) или **четверохолмие**.
- Вентральная сторона среднего пузыря развивается в **тегментум** (*tegmentum*).
- Узкое внутренне пространство, заполненное спинномозговой жидкостью, превращается в **мозговой водопровод**, который соединен с **третьим мозговым желудочком**.



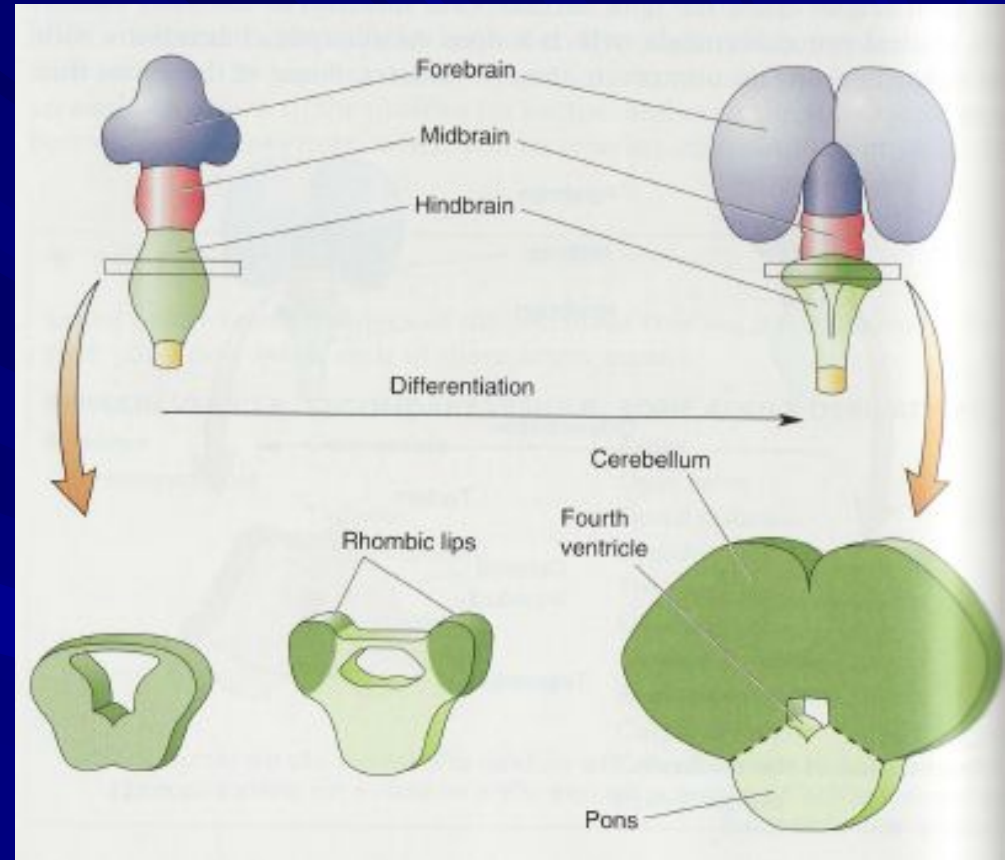
# Этапы развития нервной системы

- Дифференциация заднего пузыря (*hindbrain*)
- Задний пузырь развивается в три структуры:
  1. Мозжечок (*cerebellum*).
  2. Варолиев мост (*pons*).
  3. Продолговатый мозг (*medulla*).



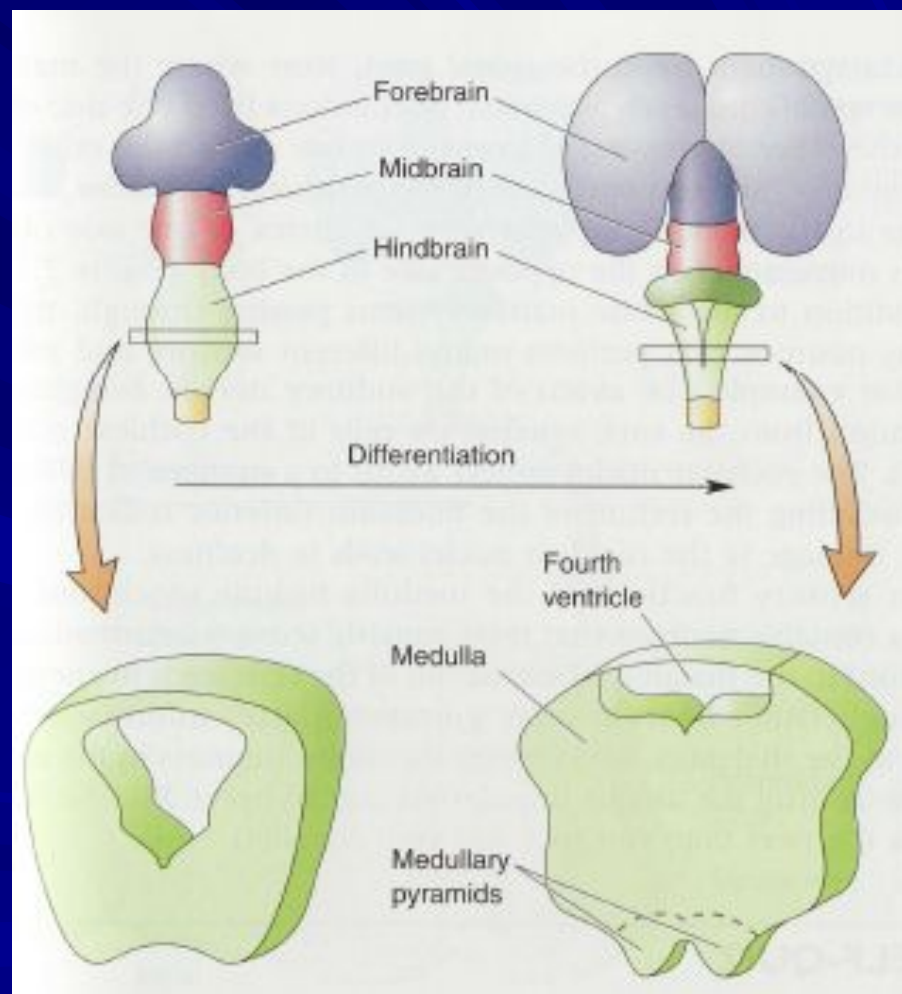
## Этапы развития нервной системы

- **Мозжечок** и **Варолиев мост** формируется из рострального отдела заднего пузыря.
- Из **ромбовидных губ**, которые находятся на дорсальной стороне заднего пузыря, формируется мозжечок.
- Губы растут дорсально и медиально, затем соединятся в единое целое.
- Вентральная стенка заднего пузыря формирует Варолиев мост.



## Этапы развития нервной системы

- **Продолговатый мозг** формируется из каудального отдела заднего пузыря.
- Вентральная и латеральная сторона пузыря разрастаются, а дорсальная сторона превращается в тонкую крышу, состоящую из клеток эпендимы.
- На вентральной стороне продолговатого мозга формируется белое вещество (**пирамиды продолговатого мозга**).
- Внутренне пространство заднего пузыря, заполненное спинномозговой жидкостью, превращается в **четвертый мозговой желудочек**.



# Этапы развития нервной системы

## 4 Этап

### *Рост и дифференцировка больших полушарий мозга*

- Поверхность коры больших полушарий начинает сильно разрастаться, формируя многочисленные складки (борозды и извилины).
- Кора больших полушарий дифференцируется на четыре больших доли – фронтальная доля, теменная доля, височная и затылочная (зрительная) доля.

