



ВОЛГОГРАДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Развитие мочевой системы

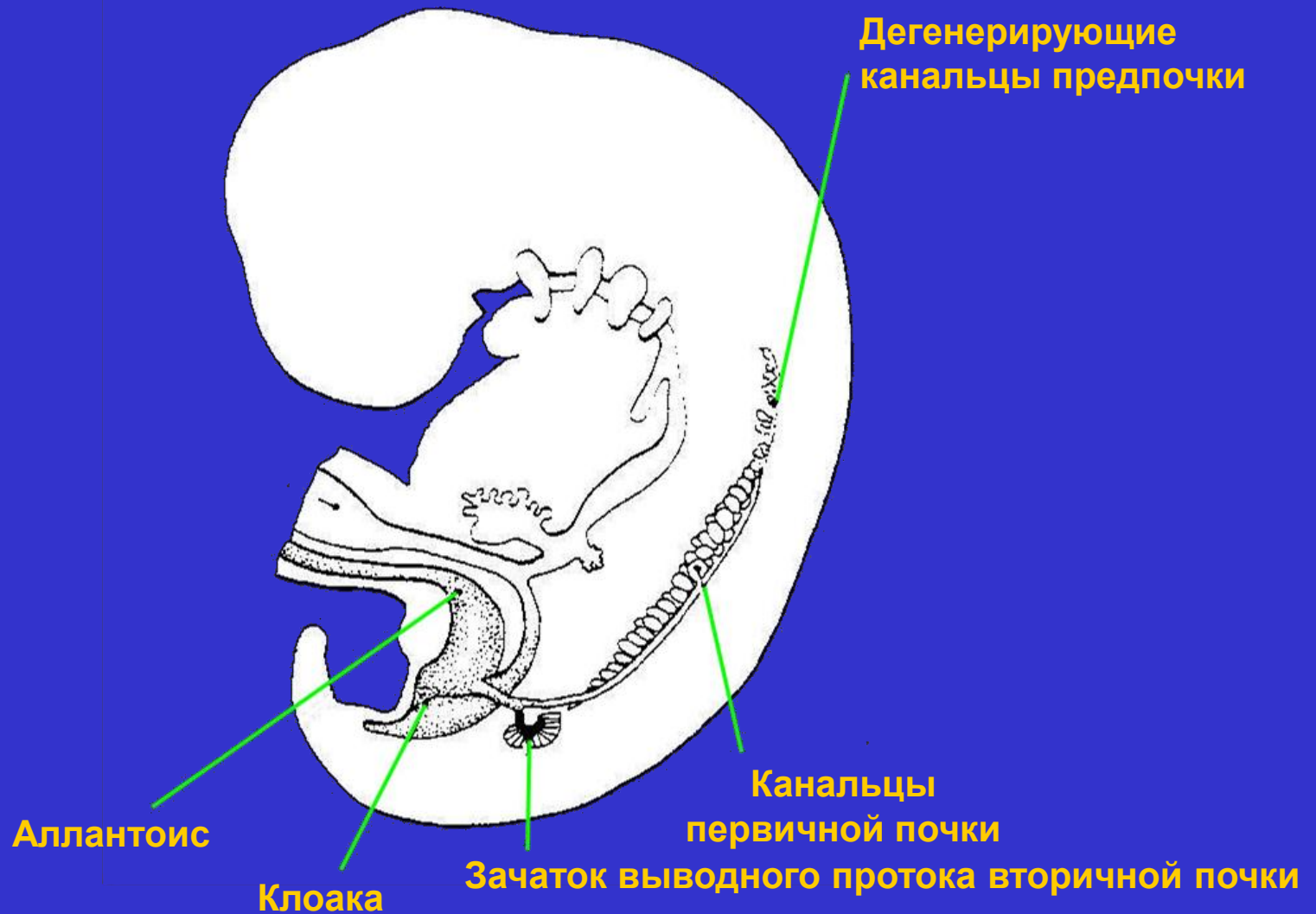
## **ЦЕЛИ:**

1. Охарактеризовать стадии развития почек в пренатальном онтогенезе.
2. Изучить развитие мочеточника, мочевого пузыря и уретры у эмбриона и плода человека.
3. Отметить особенности развития мочевой системы в раннем постнатальном онтогенезе.

# РАЗВИТИЕ ПОЧЕК

## Стадии развития

- Предпочка (pronephros, головная почка - начало 4-ой недели – конец 4-ой недели).
- Первичная почка (mesonephros, туловищная почка - середина 4-ой недели – конец 4-го месяца)
- Вторичная почка (metanephros, тазовая почка -конец 4-ой недели – продолжается в постнатальной периоде).

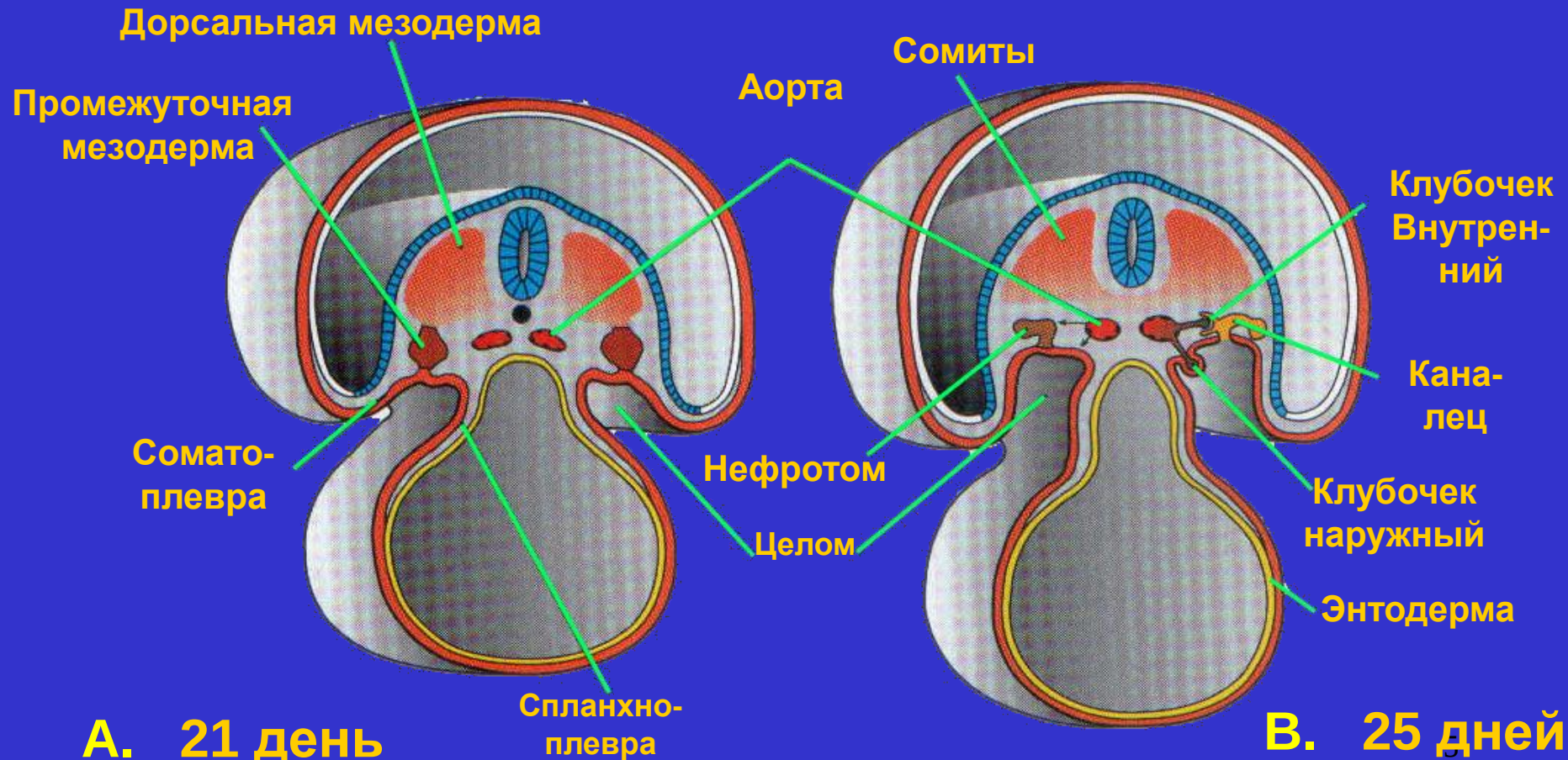


Все три вида почек сосуществуют очень короткое время в конце 4-ой недели – начале 5-ой недели, у 5-6мм эмбриона.

# Развитие предпочки.

А. Образование промежуточной мезодермы между дорсальной мезодермой и вентральной мезодермой (21-ый день).

В. Образование нефротомов (утрата контактов между сомитами и промежуточной мезодермой).



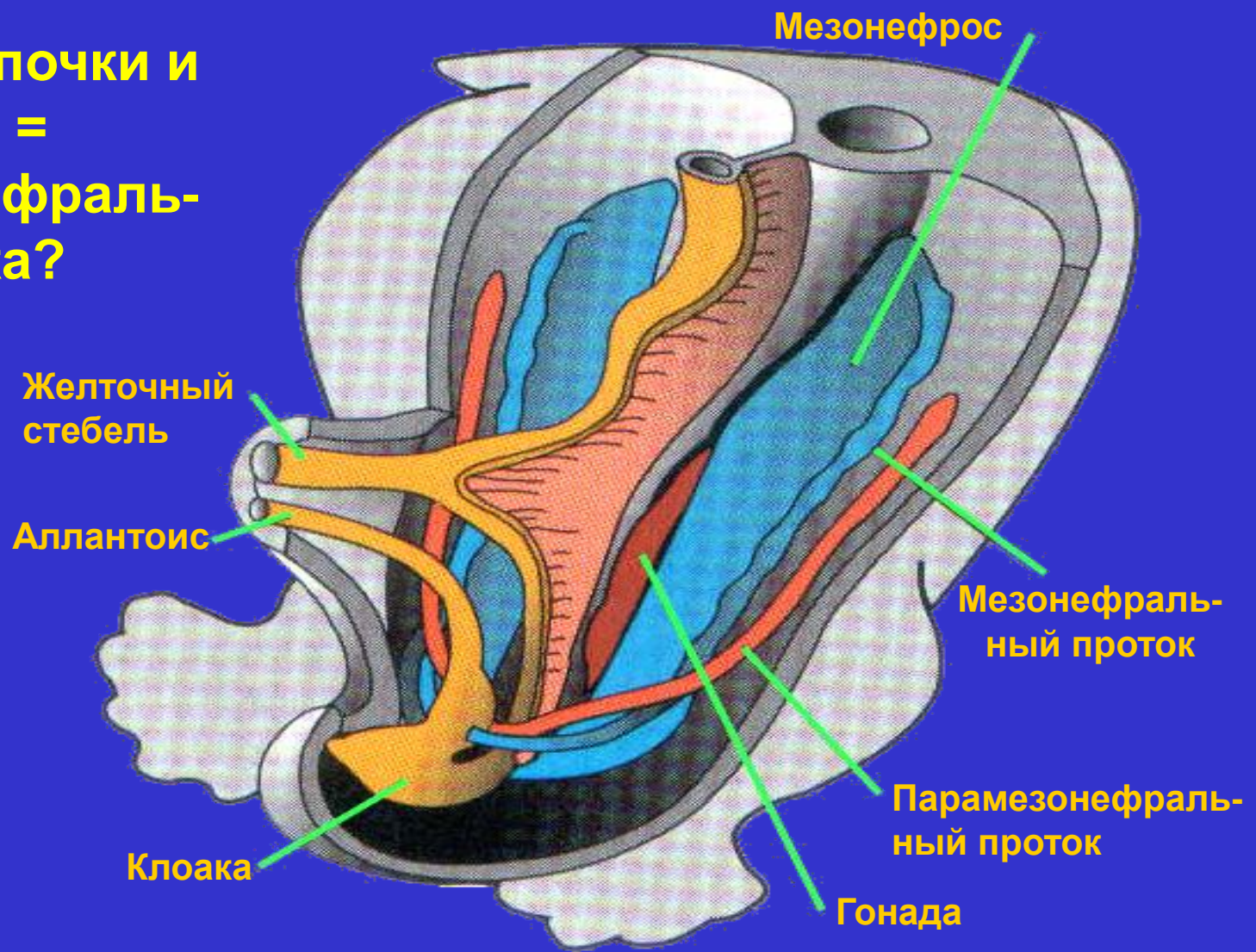
## **ОСОБЕННОСТИ ПРЕДПОЧКИ:**

- **Образуется в краниальных сегментах (шейных),**
- **Занимает малое число сегментов (7-8),**
- **Образует мало канальцев (1 на сегмент),**
- **Не устанавливает связи с кровеносной системой (трубочки заканчиваются слепо),**
- **Не устанавливает связи с выводным протоком,**
- **Сохраняется лишь около 40 часов (до середины 4-ой недели).**



- A.** – Промежуточная мезодерма почек (про-,мезо-,метанефрос). В шейных и верхних грудных сегментах она сегментирована, в нижних грудных, поясничных и крестцовых сегментах она образует несегментированную массу – нефрогенный тяж.
- B.** - Pronephros у 5-недельного эмбриона.

# Связь предпочки и Мюллерова = парамезонефрального протока?



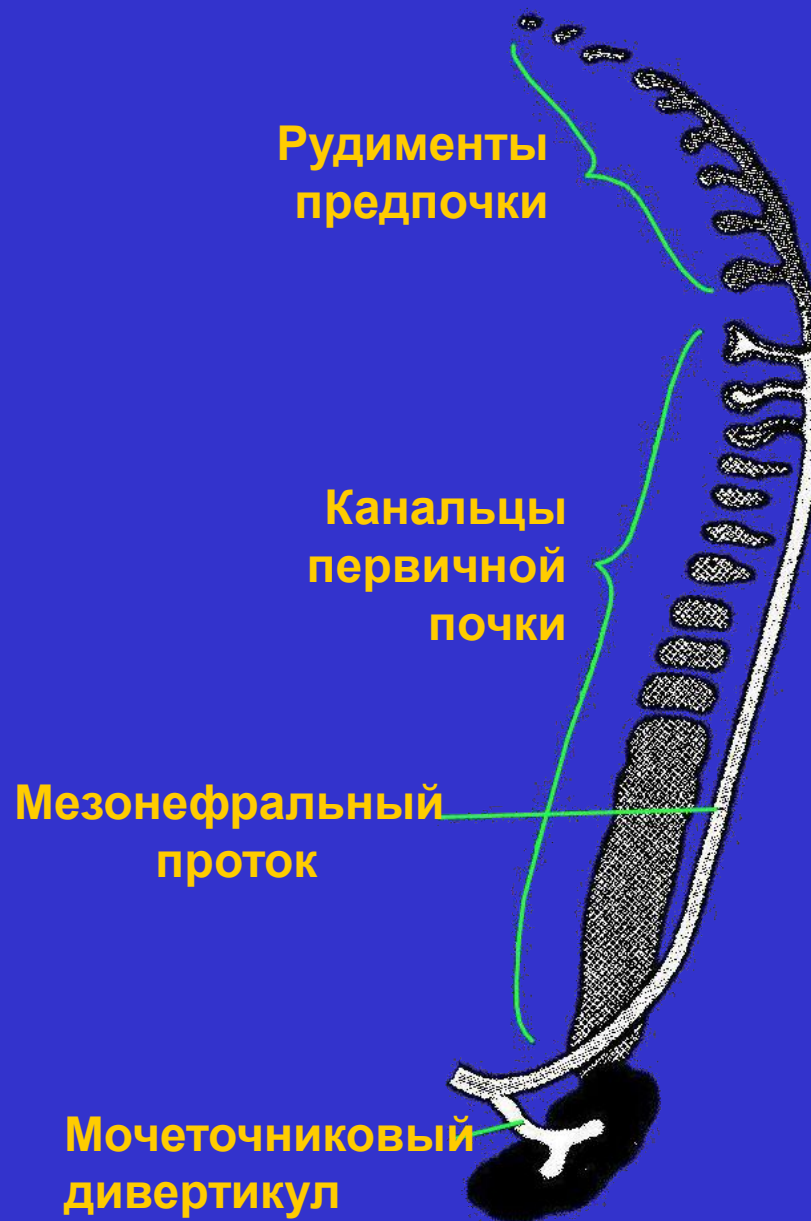
В соответствии с филогенетическими параллелями Мюллеров проток, играющий роль в развитии ЖПС (матки и маточных труб), соответствует выводному протоку предпочки у низших позвоночных, но у человека выводной проток предпочки и предпочкой не соединяется, так как их появление не совпадает по времени.

# РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОЙ ПОЧКИ

Особенности первичной почки:

- 1) Происходит из промежуточной мезодермы начиная от верхних грудных сегментов и до верхних поясничных,
- 2) Занимает больше сегментов (10-14),
- 3) Содержит больше канальцев в 1 сегменте (2-4) – 32-34 канальца одновременно,
- 4) Устанавливает связь с выводным протоком – Вольфовым протоком = мезонефральным протоком – для экскреции.
- 5) Устанавливает структурную и функциональную связь с кровеносной системой для фильтрации, начинает мочеобразование на 6-ой неделе.

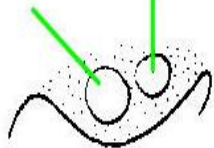
## Первичная почка у 5-недельного эмбриона



# РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОЙ ПОЧКИ

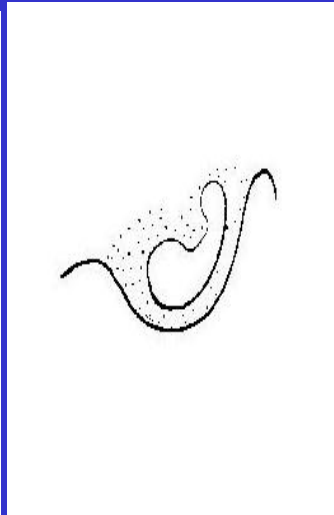
Выводной  
проток  
мезонефроса

Пузырек



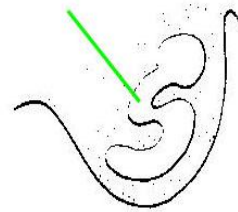
Целом

**A**



**B**

S-трубочка



**C**

Мезонефральный проток

Собира  
тельная  
трубка



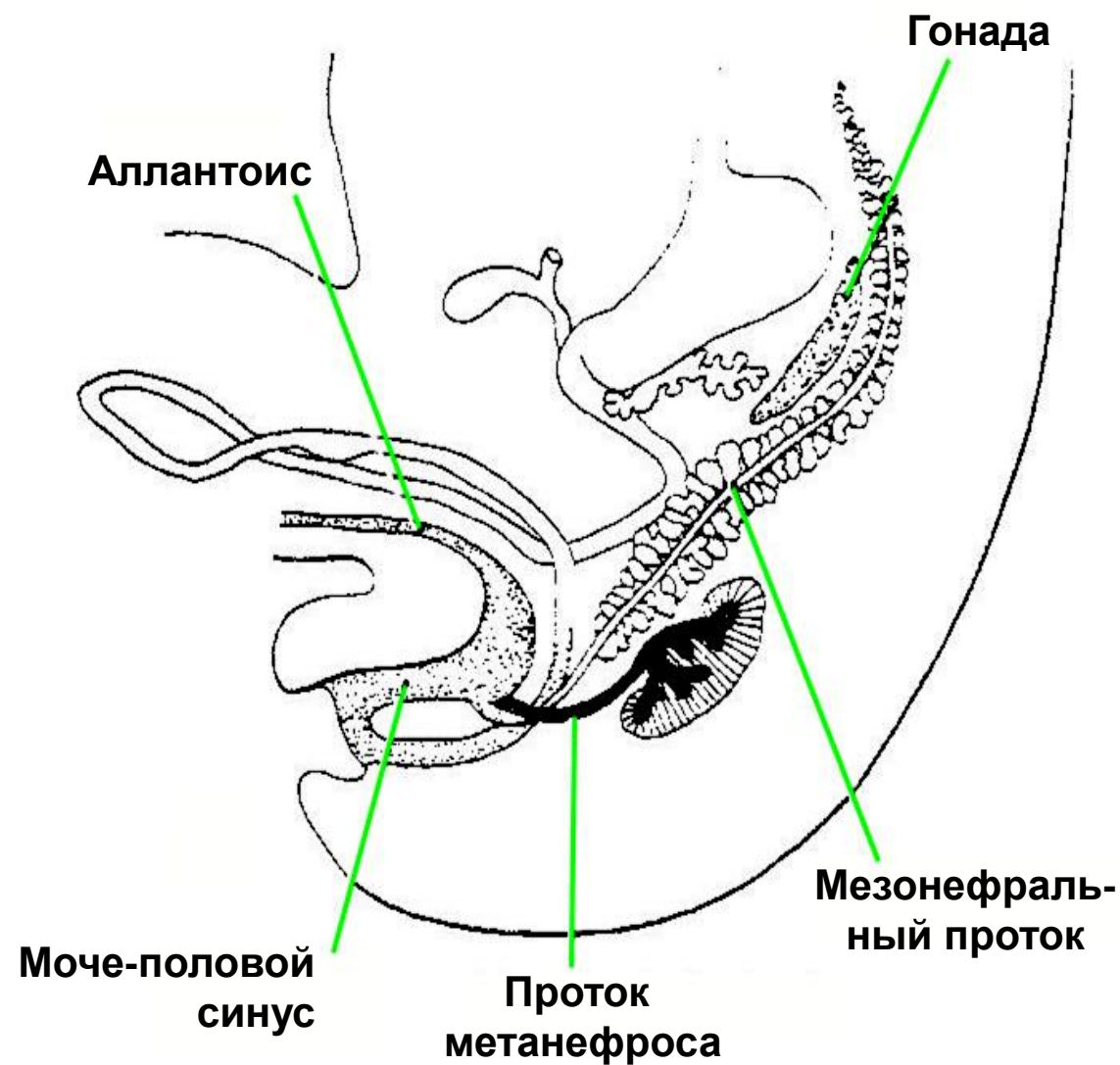
Каналец

Капсула

Клубочек

**D**

- A. В нефрогенных тяжах появляются пузырьки вблизи от мезонефрального протока
- B. Пузырьки соединяются с мезонефральным протоком
- C. Образуется S-образные канальцы
- D. S-образные канальцы своим медиальным концом устанавливают связь с клубочком капилляров, отходящих от ветки аорты и образуют капсулу клубочка. Латеральный конец канальца впадает в мезонефральный проток.



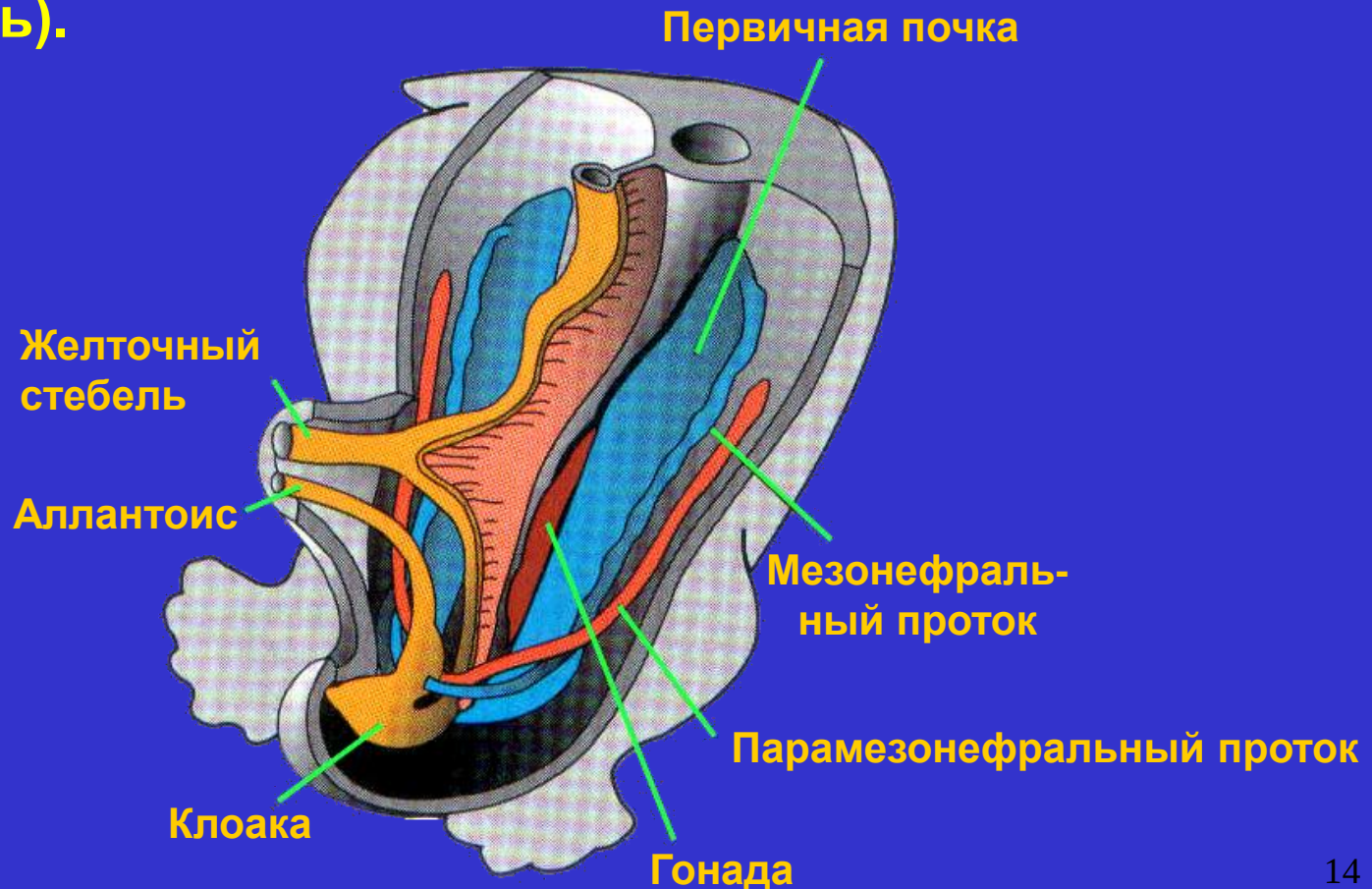
**Первичная почка  
у 7-недельного  
Эмбриона (14 мм).**

# **СЛАБЫЕ СТОРОНЫ ПЕРВИЧНОЙ ПОЧКИ**

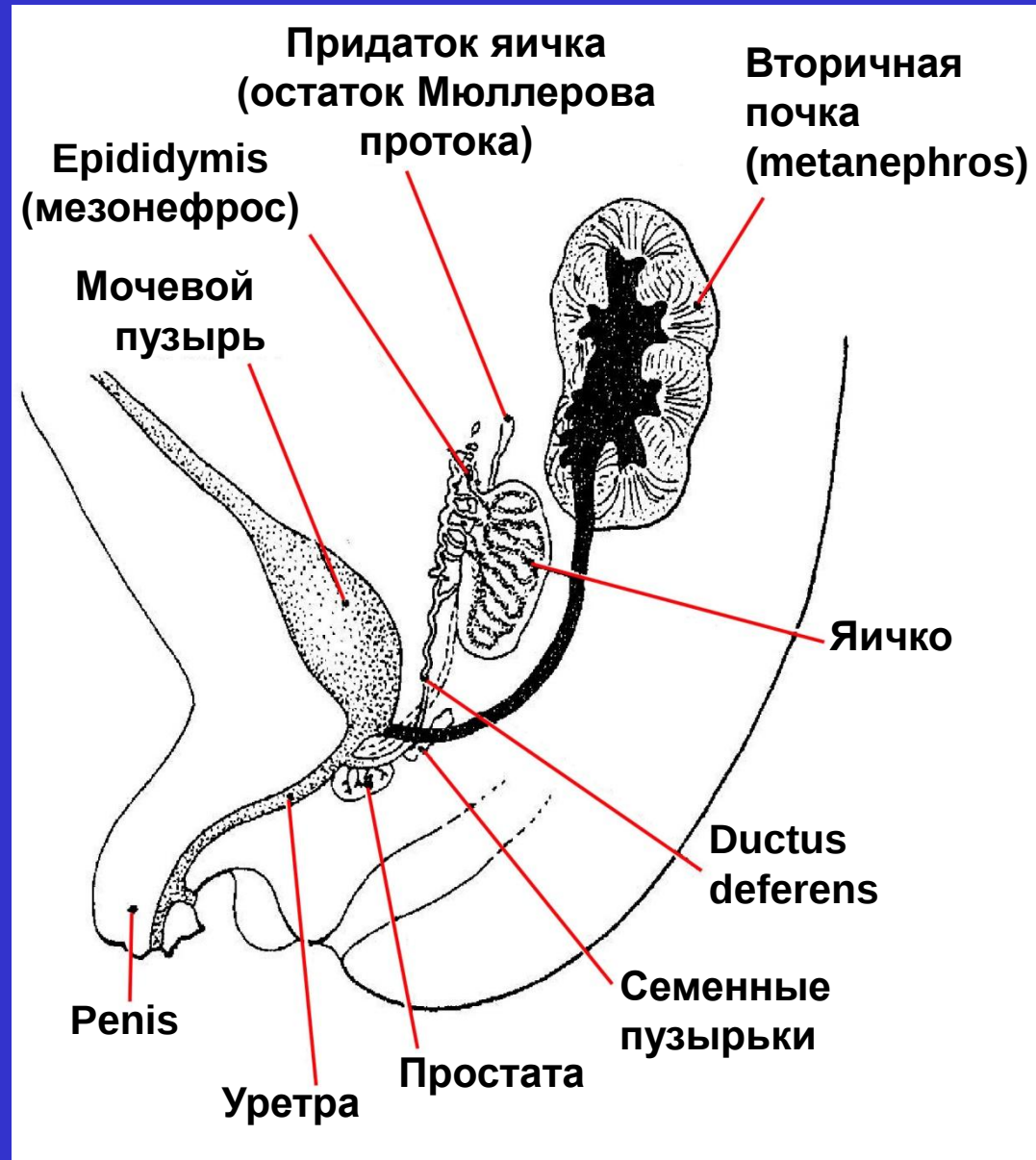
- **Фильтрация неселективная, длительная, низкая скорость фильтрации из-за отсутствия ЮГА**
- **Неспособность концентрировать мочу из-за отсутствия петли нефрона**

# ОБРАТНОЕ РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОЙ ПОЧКИ

В середине 2-го месяца первичная почка образует крупный овоидный орган по обеим сторонам от средней линии, а развивающаяся гонада расположена с ее медиальной стороны (разделяет их моче-половой гребень).



Пока каудальные каналцы первичной почки продолжают дифференцироваться, краниальные клубочки и каналцы начинают дегенерировать: кровоток их быстро запустевает и к концу 2-го месяца большинство канальцев исчезает. Небольшое количество каудальных канальцев персистирует у мужчин, участвуя в образовании половой системы, а у женщин они почти полностью исчезают, образуя лишь рудиментарные (paro-phoron, ероофорон).



# РАЗВИТИЕ ВТОРИЧНОЙ ПОЧКИ

а) зачатки:

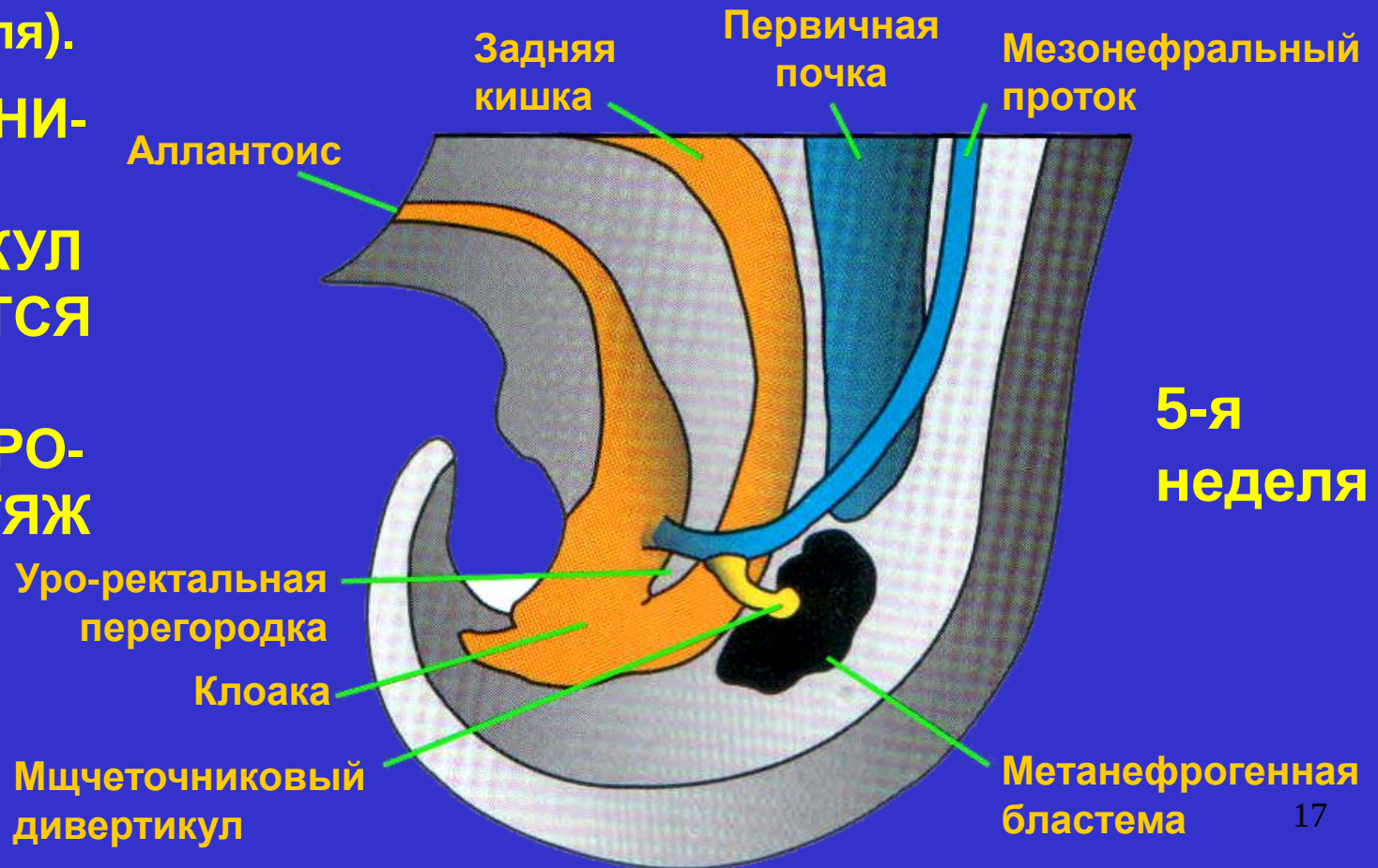
1а) экскреторная часть — метанефрогенные тяжи  
(несегментированная масса нефротомов)  
каудальных сегментов

2а) собирательная часть — мочеточниковый  
дивертикул

## Стадии:

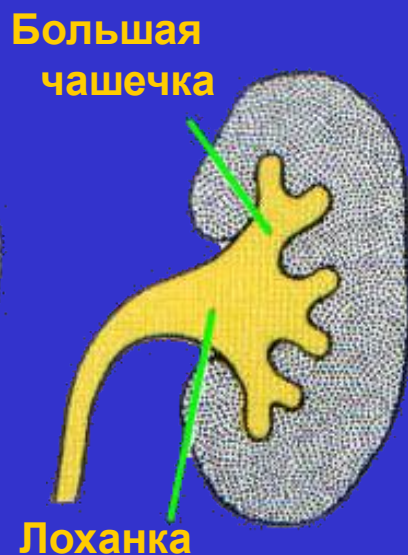
- Мелкий вырост появляется у Вольфова протока в месте его впадения в клоаку – мочеточниковый дивертикул (конец 4-ой – начало 5-ой недели).
- Дивертикул быстро растет к метанефрогенному тяжу, который шапочкой надевается на его конец (5-я- 6-я неделя).

## МОЧЕТОЧНИКОВЫЙ ДИВЕРТИКУЛ ВНЕДРЯЕТСЯ В МЕТАНЕФРОГЕННЫЙ ТЯЖ

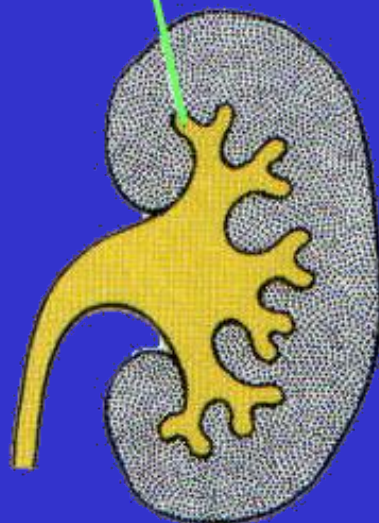


Вершина дивертикула расширяется и делится дихотомически примерно 15 раз, образуя будущую лоханку, большие и маленькие чашечки (1-4 генерации и 11 генераций собирательных трубочек (5-я - 15-я генерации)– 6-я неделя - 5-ый месяц). Так образуется вторичная почка на 11-12 неделе, хотя ее элементы появляются уже в конце 4-ой недели.

6-я неделя    6 недель    7 недель

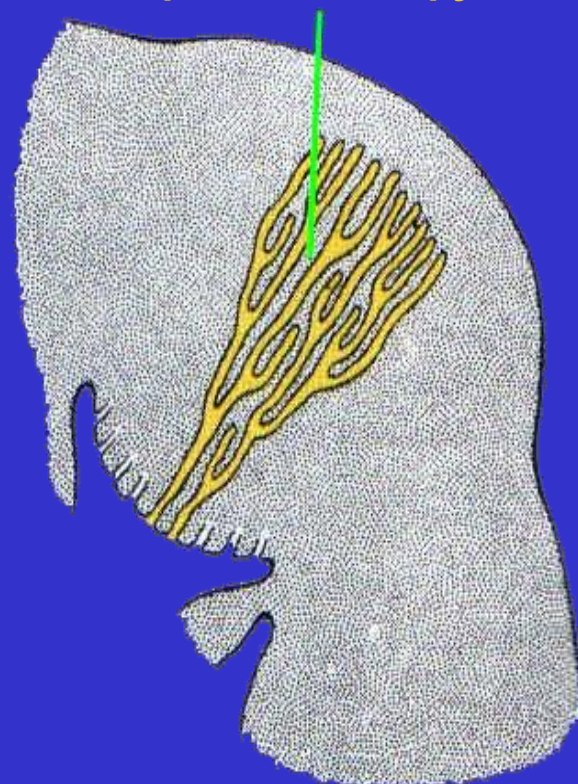


Генерация собиратель-  
ных трубок



новорожденный

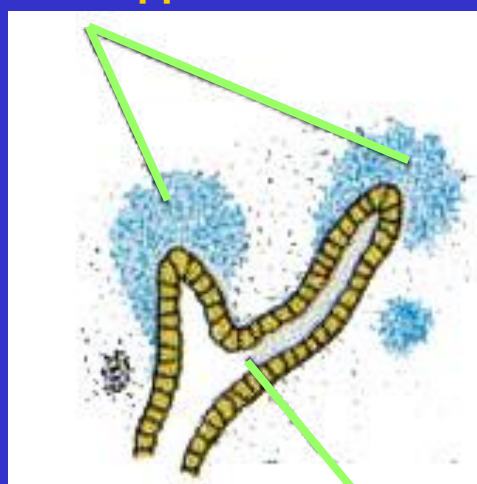
Собирательные трубки



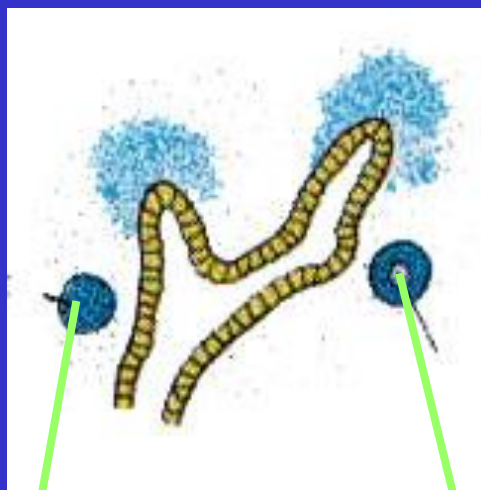
Таким образом, один мочеточниковый дивертикул дает начало мочеточнику, лоханке, большим чашечкам, малым чашечкам и 1-2 миллионам собирательных трубок.

Шапочки из метанефрогенной ткани образуют мелкие пузырьки, из которых образуются мелкие трубочки (нефроны) с капсулой Боумана на проксимальном конце.

Шапочки из метанефрогенной ткани

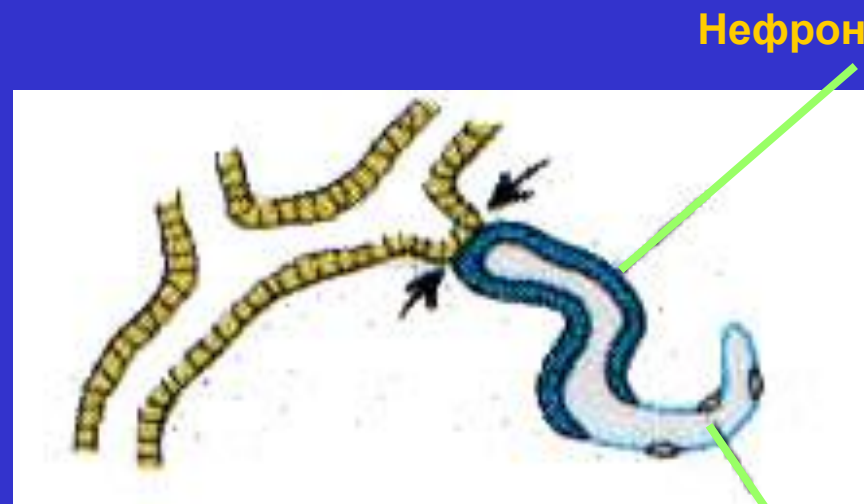


Собирающая трубка



Пузырек

Пузырек



Нефрон

Капсула Боумана

Развитие метанефрогенных мочевых канальцев (голубые) и установление их связи с собирающей системой (желтая) позволяет моче, фильтруемой из клубочка, оттекать в собирающую трубочку.

Клубочек глубоко вдавливается в капсулу. Дистальный конец канальца впадает в собирательную трубочку. Удлинение канальца ведет к развитию проксимального извитого отдела, петли Генле и дистального извитого канальца. Дифференцировка канальцев идет от лоханок к поверхностным отделам почки – под капсулой и после рождения идет образование канальцев из недифференцированного материала.



# **ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ ВТОРИЧНОЙ ПОЧКИ**

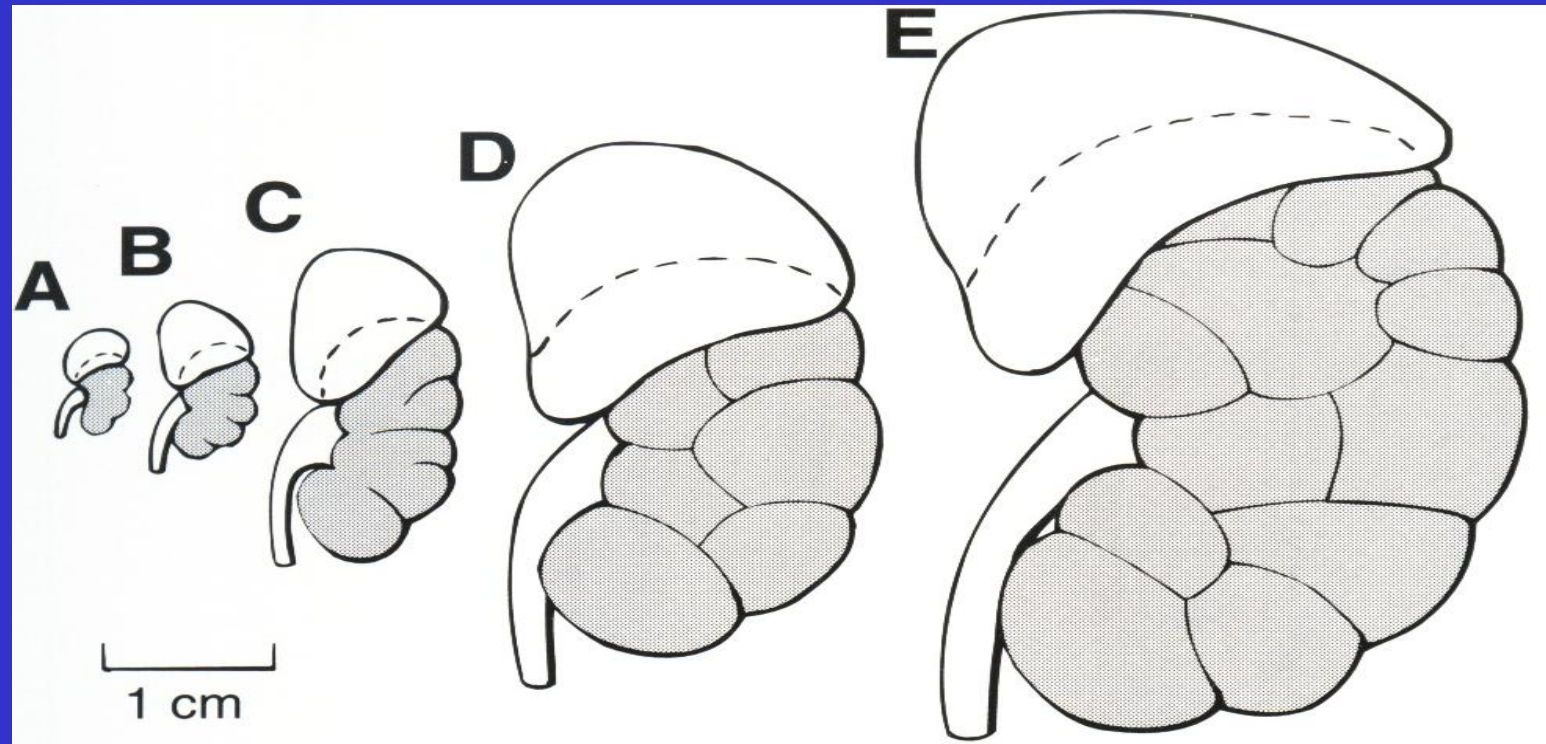
- 1) Зачаток происходит из каудальных сегментов тела
- 2) Количество канальцев огромно
- 3) Сегментарность не сохраняется ни в структуре, ни в кровоснабжении (кровоснабжение от единственной парной ветви аорты – почечной артерии)
- 4) Экскреция через мочеточник в мочевой пузырь.

# Компоненты мезо- и метанефроса



Мезонефрос и метанефрос – это производные промежуточной мезодермы и поверхностной эктодермы.

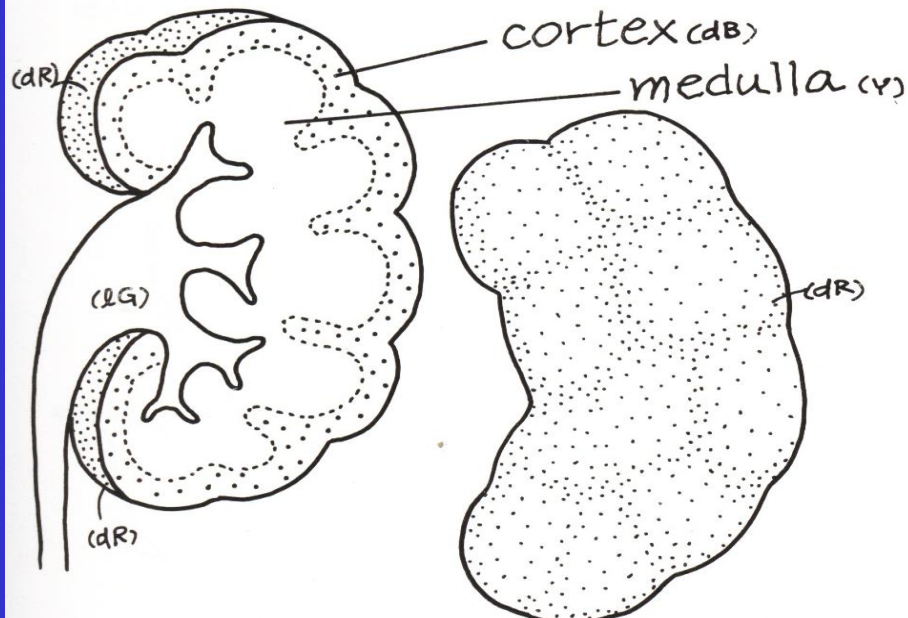
# ПОЧКА У ПЛОДА (A-D) И НОВОРОЖДЕННОГО



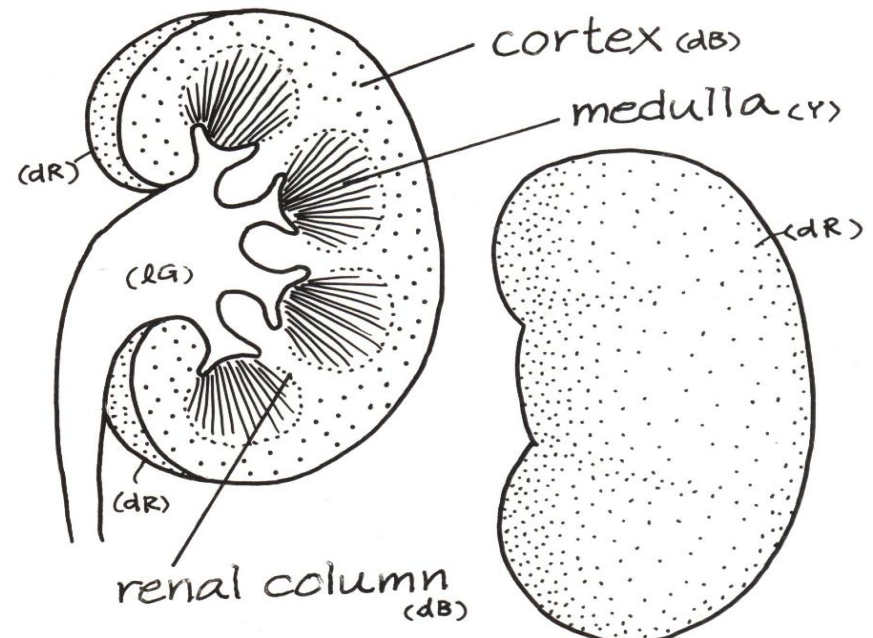
При рождении почка имеет дольчатую структуру, которую она приобретает на 10-ой неделе развития. Когда начинают образовываться клубочки и присутствует лишь очень малое количество нефронов. К 23-ей неделе ветвление лоханок заканчивается. Кортиковое и мозговое вещество почки почти полностью сформированы к 8-му месяцу. Почка плода имеет дольчатую структуру, отражая наличие 5-25 долей, видимых в процессе развития.

Дольчатость сохраняется на протяжении 4-5 лет жизни. К моменту рождения число нефронов окончательно, но в субкапсулярной зоне еще есть незрелые нефроны. Там выше их плотность, чем у взрослого. Висцеральный листок капсулы представлен кубическими клетками, подоциты не имеют ножек, между ними нет фильтрационных щелей. В эндотелии мало фенестр. Скорость фильтрации у новорожденных низка, и повысится лишь через 6 недель. Нефроны будут расти и дифференцироваться до 2,5 лет, и лишь в 9-12 лет почка функционирует, как у взрослого. При рождении в моче есть сахар и белок, сахар исчезнет к двум годам. Белок исчезнет раньше, но его появление легко спровоцировать.

AT BIRTH При рождении

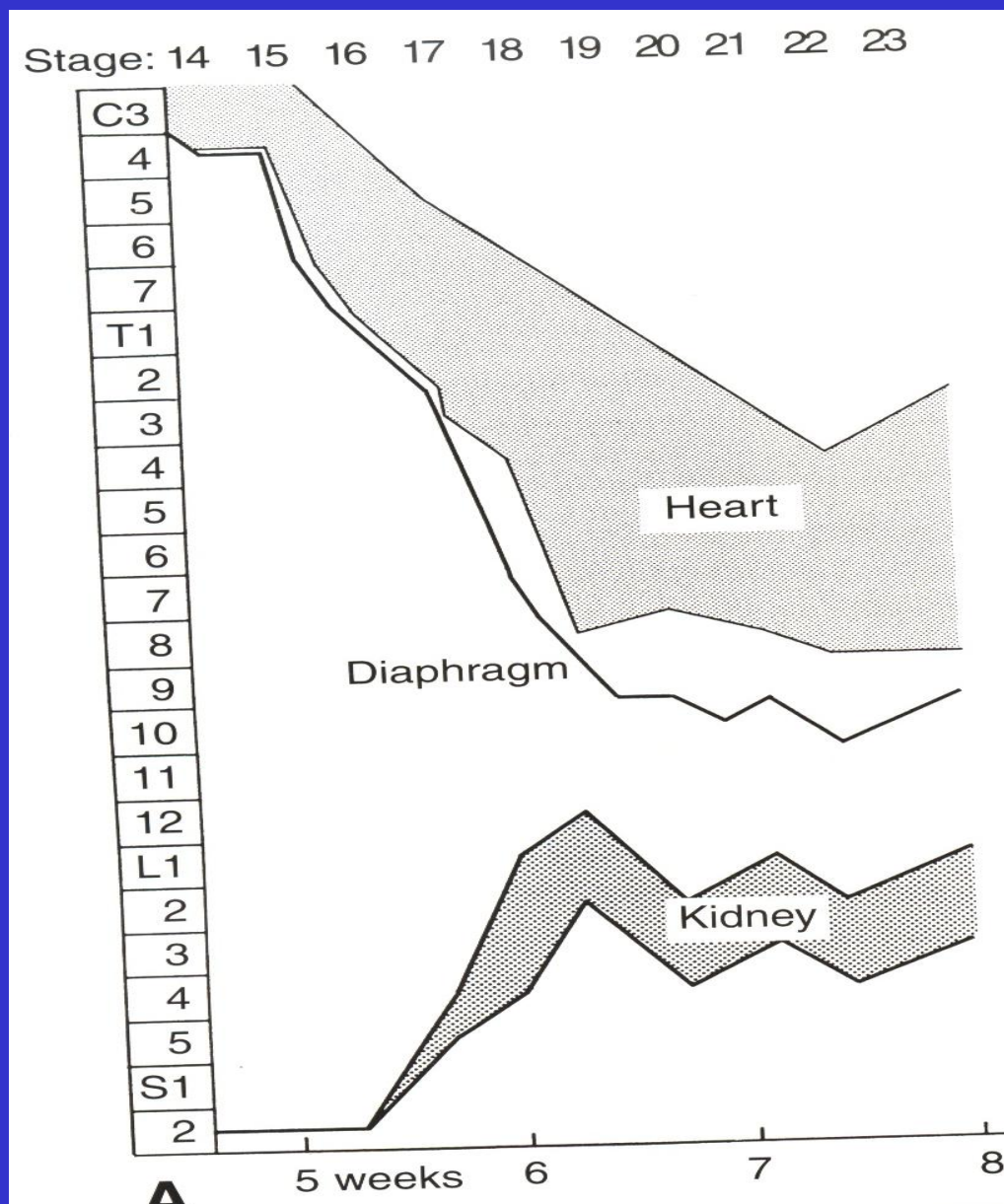


ADULT У взрослых

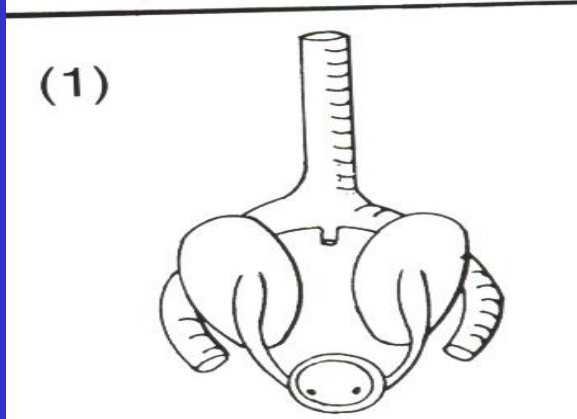
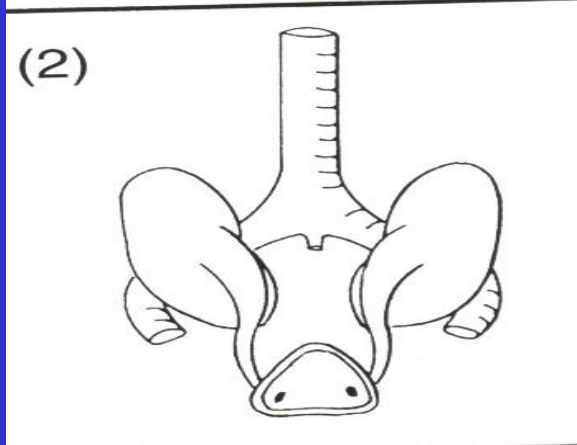
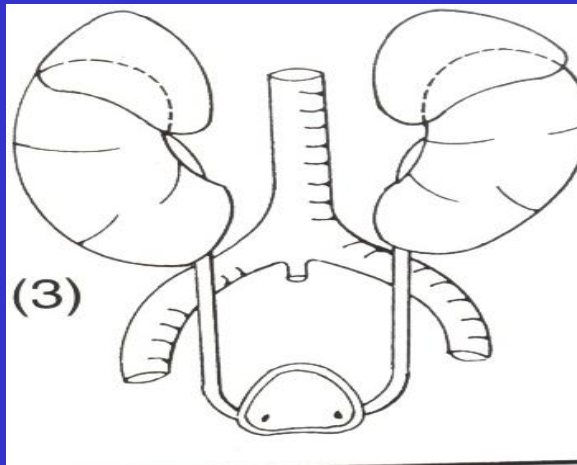


# 

стадии



недели 26



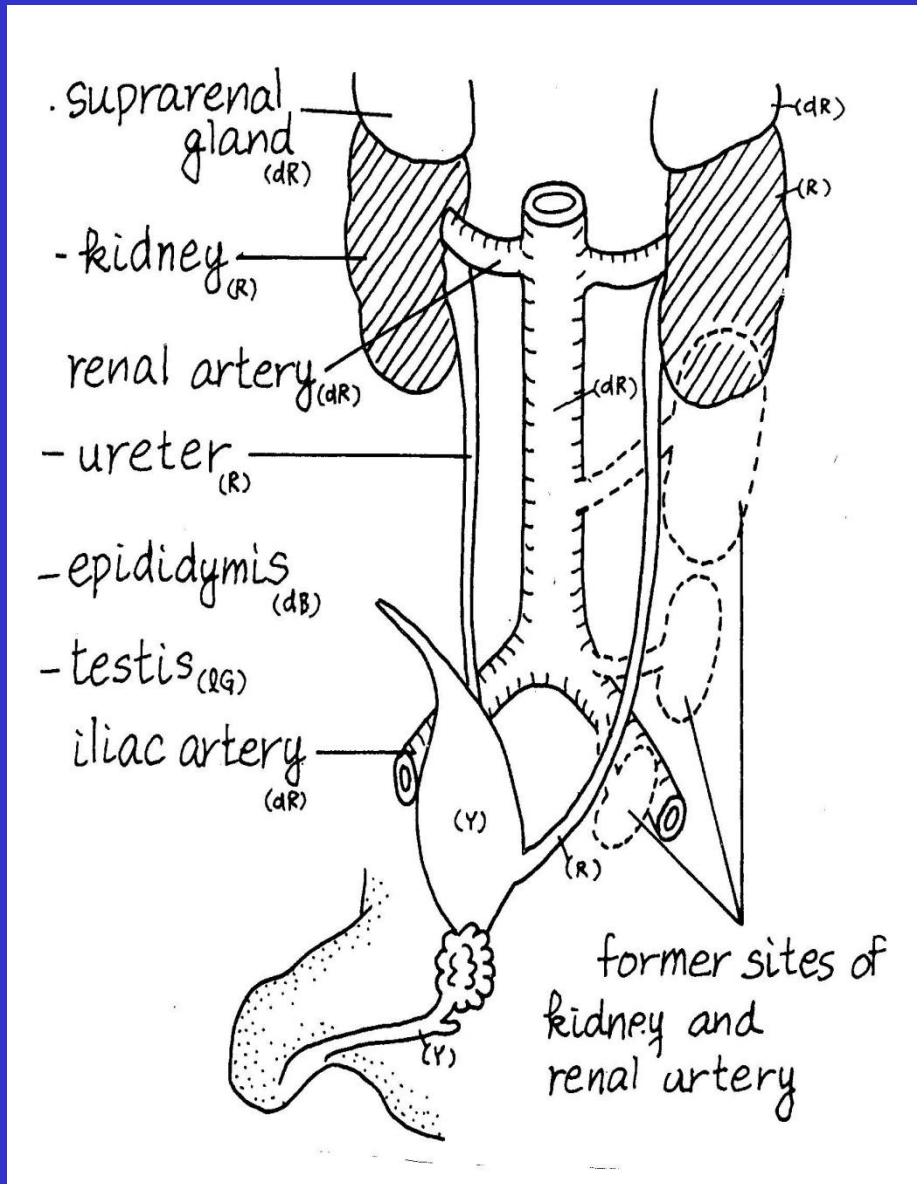
**ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ПОЧКА  
ПОДНИМАЕТСЯ ВЫШЕ УРОВНЯ  
ОБЩИХ ПОДВЗДОШНЫХ  
АРТЕРИЙ И РАЗВОРАЧИВАЕТСЯ  
КНУТРИ**

**на 90 градусов, МОЧЕТОЧНИКИ  
УДЛИНЯЮТСЯ,  
КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ МЕНЯЕТСЯ**

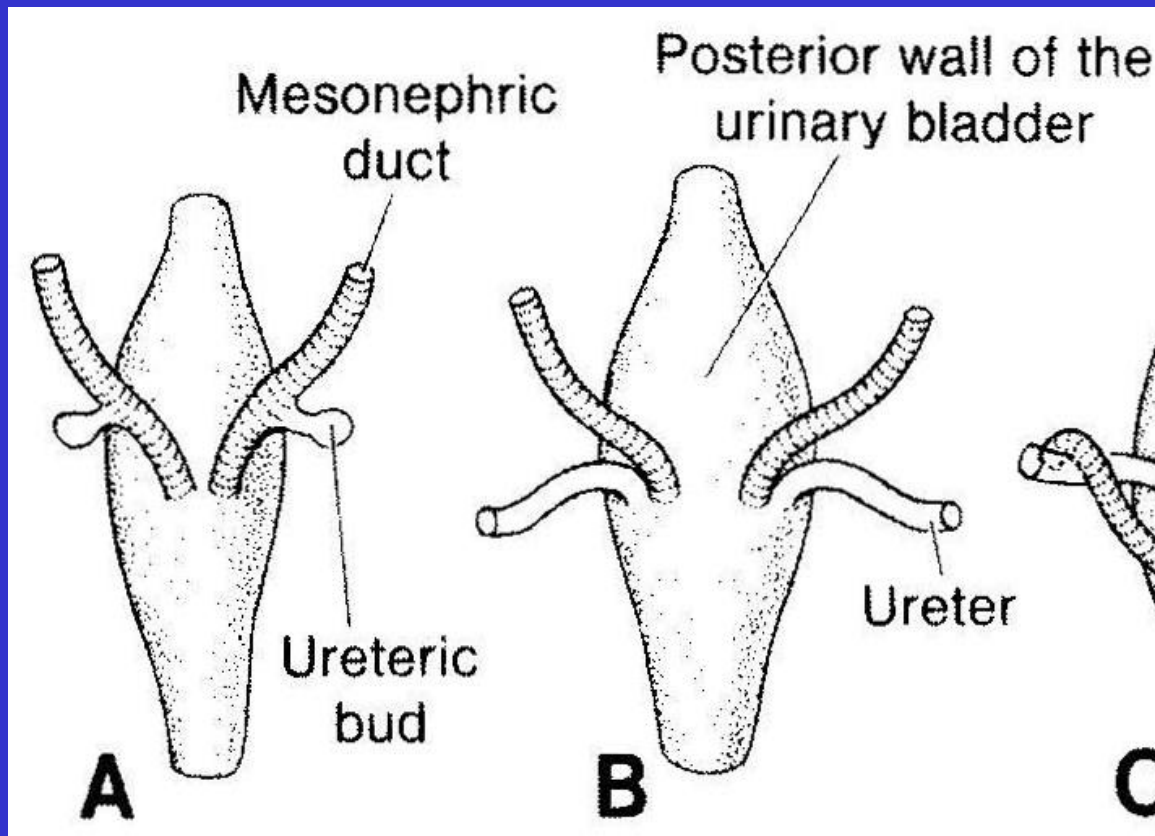
1. Вначале мочеточники обращены кпереди (6 недель)
2. мочеточники разворачиваются антеро-медiallyно, почки поднимаются до уровня бифуркации аорты (7 недель)
3. мочеточники обращены медиально, почки занимают дефинитивное положение (9 недель).

Первоначально каждая вторичная почка (kidney) снабжается ветвью общей подвздошной артерии, отходящей недалеко от бифуркации аорты. Затем, по мере подъема почки она получает питание от почечной артерии (renal artery), которая отходит от аорты на более высоком уровне и питает почку на уровне верхней чревной артерии, а нижние сосудистые ветви при этом дегенерируют. Таким образом, развитие сосудов почки уникально. Большинство органов, меняя при развитии свое положение, «тянут» сосуды за собой.

## КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ ПОЧКИ



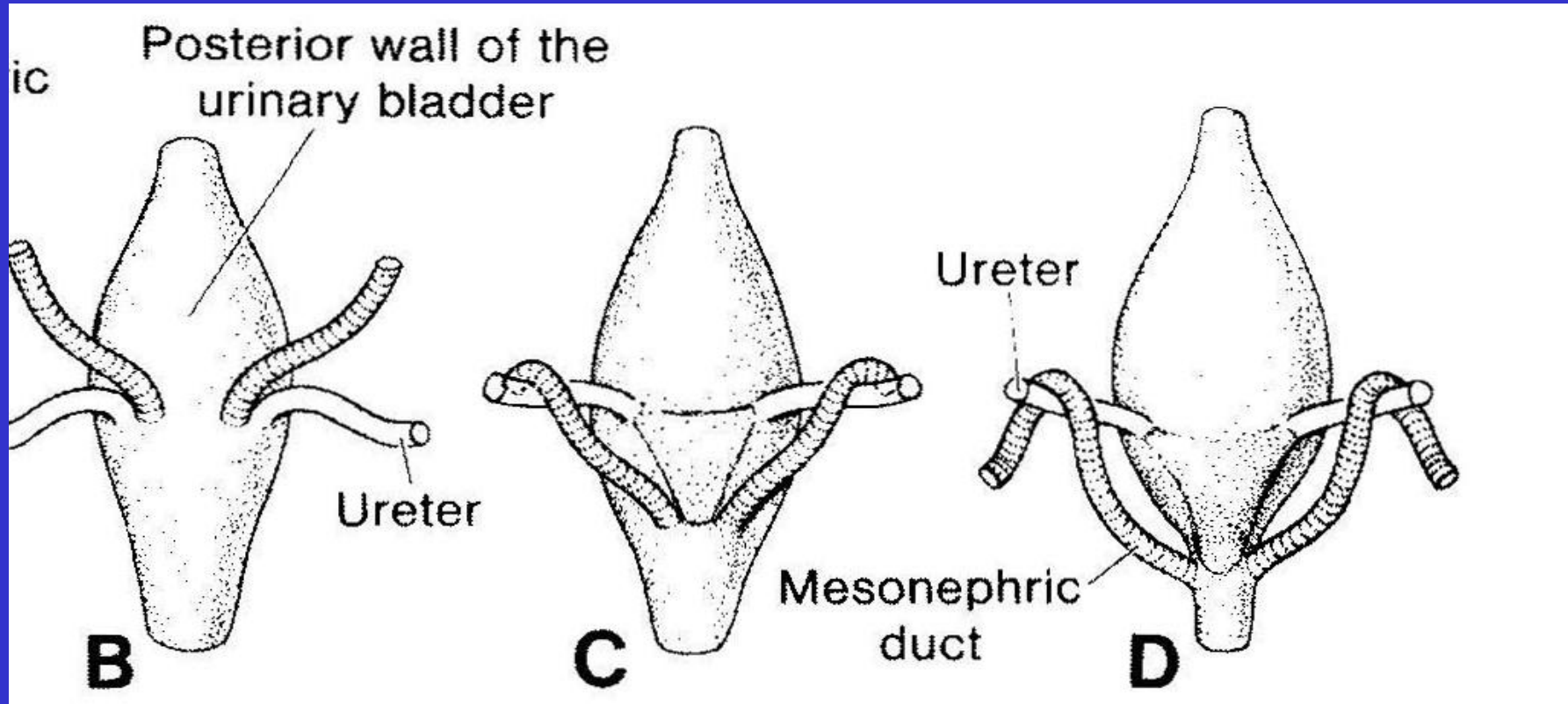
# РАЗВИТИЕ МОЧЕТОЧНИКОВ



**Мочеточники развиваются из мочеточникового дивертикула**

- А. вначале мочеточники образуются из выростов (ureteric bud) Вольфова протока (mesonephric duct, вид сзади),**
- В. но со временем, по мере утолщения стенки мочевого пузыря, мочеточник (ureter) и Вольфов проток поглощаются этой стенкой и приобретают отдельный вход в мочевой пузырь.**

# РАЗВИТИЕ МОЧЕТОЧНИКОВ



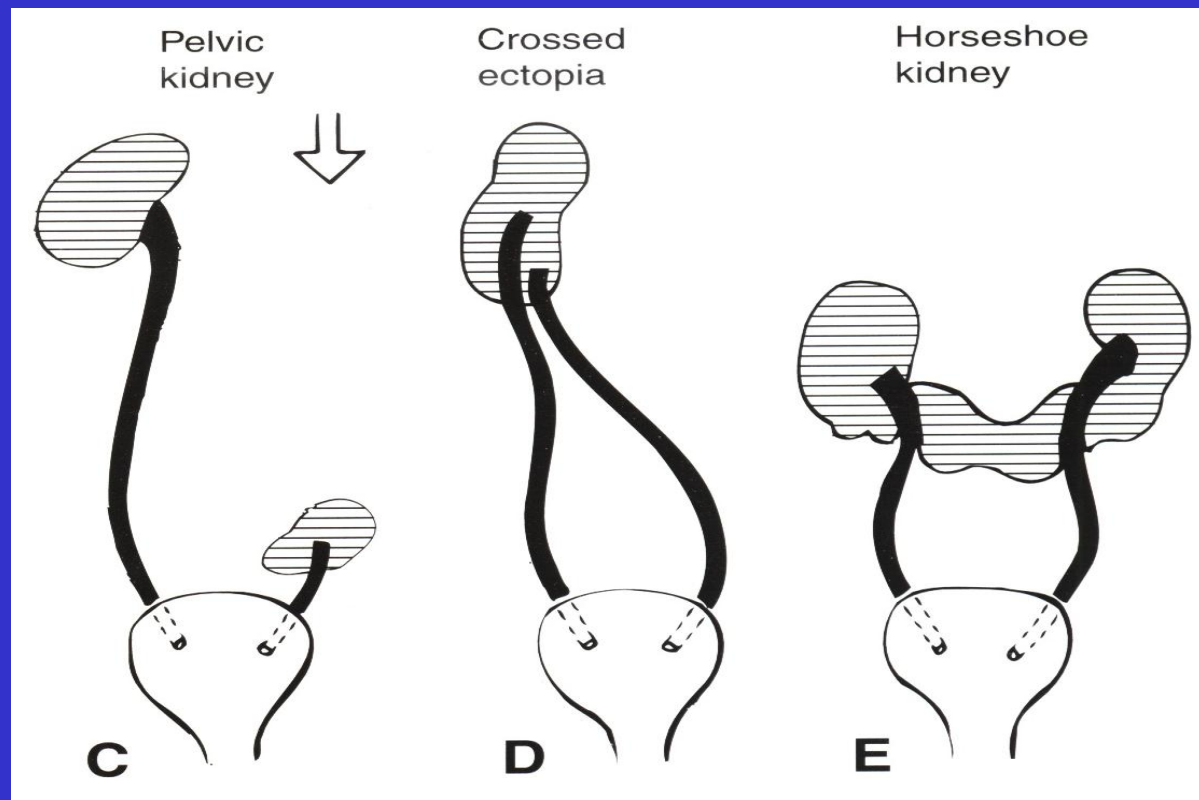
- C. мочеточники (ureter) входят в стенку мочевого пузыря под углом, позволяющим предотвратить рефлюкс мочи.
- D. треугольник мочевого пузыря образуется при внедрении в его стенку мезонефрального протока (mesonephric duct).

# КЛИНИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ

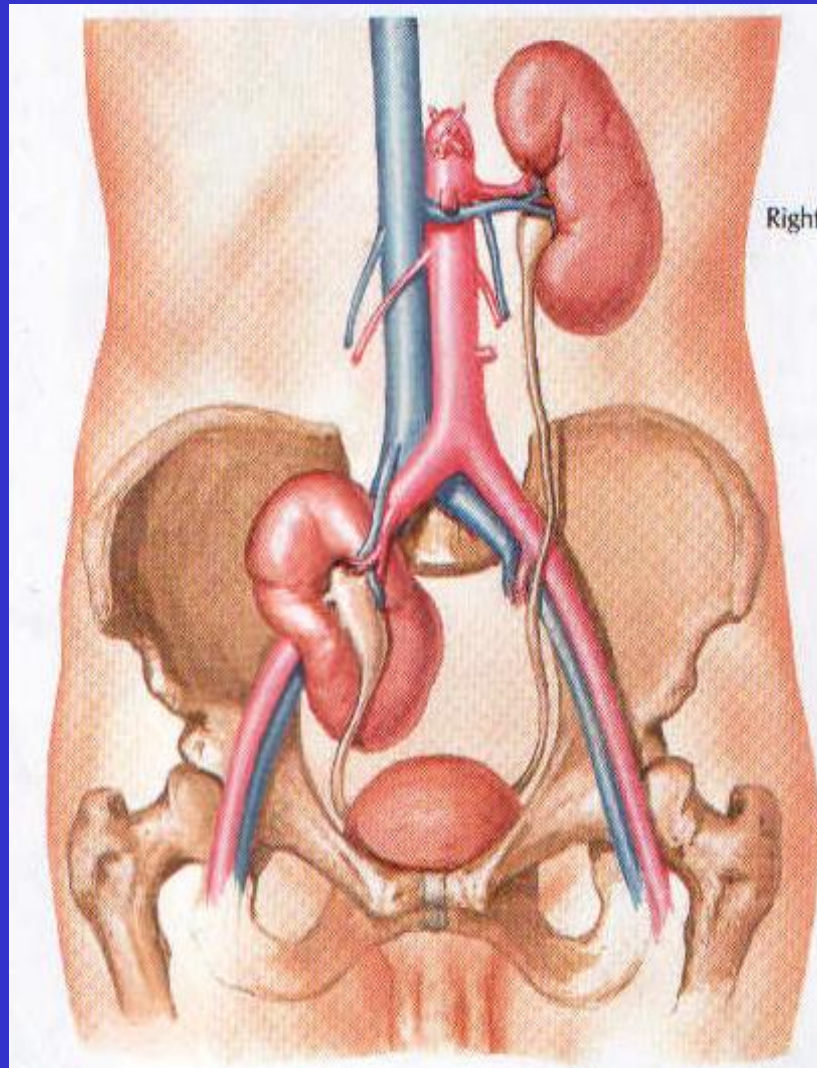
Аномалии почек и мочеточников происходят из неспособности почки подняться, осуществить поворот, а также из слияния почек.

Позиционные аномалии:

- Тазовая почка (pelvic kidney, C),
- Перекрестная эктопия (crossed ectopia, D),
- Подкововидная почка (horseshoe kidney, E).

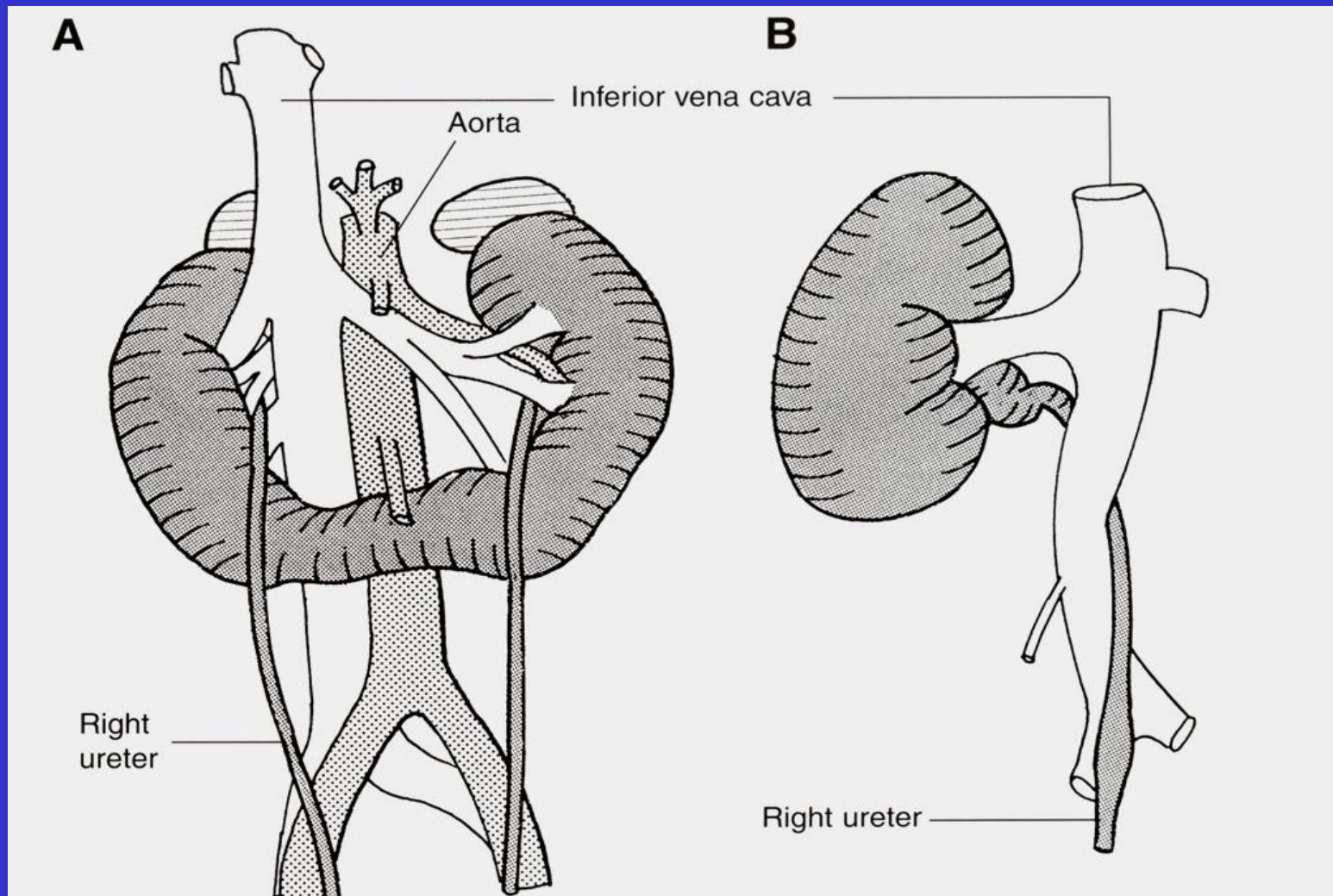


# АНОМАЛИИ ПОЛОЖЕНИЯ ПОЧЕК



Тазовая почка справа

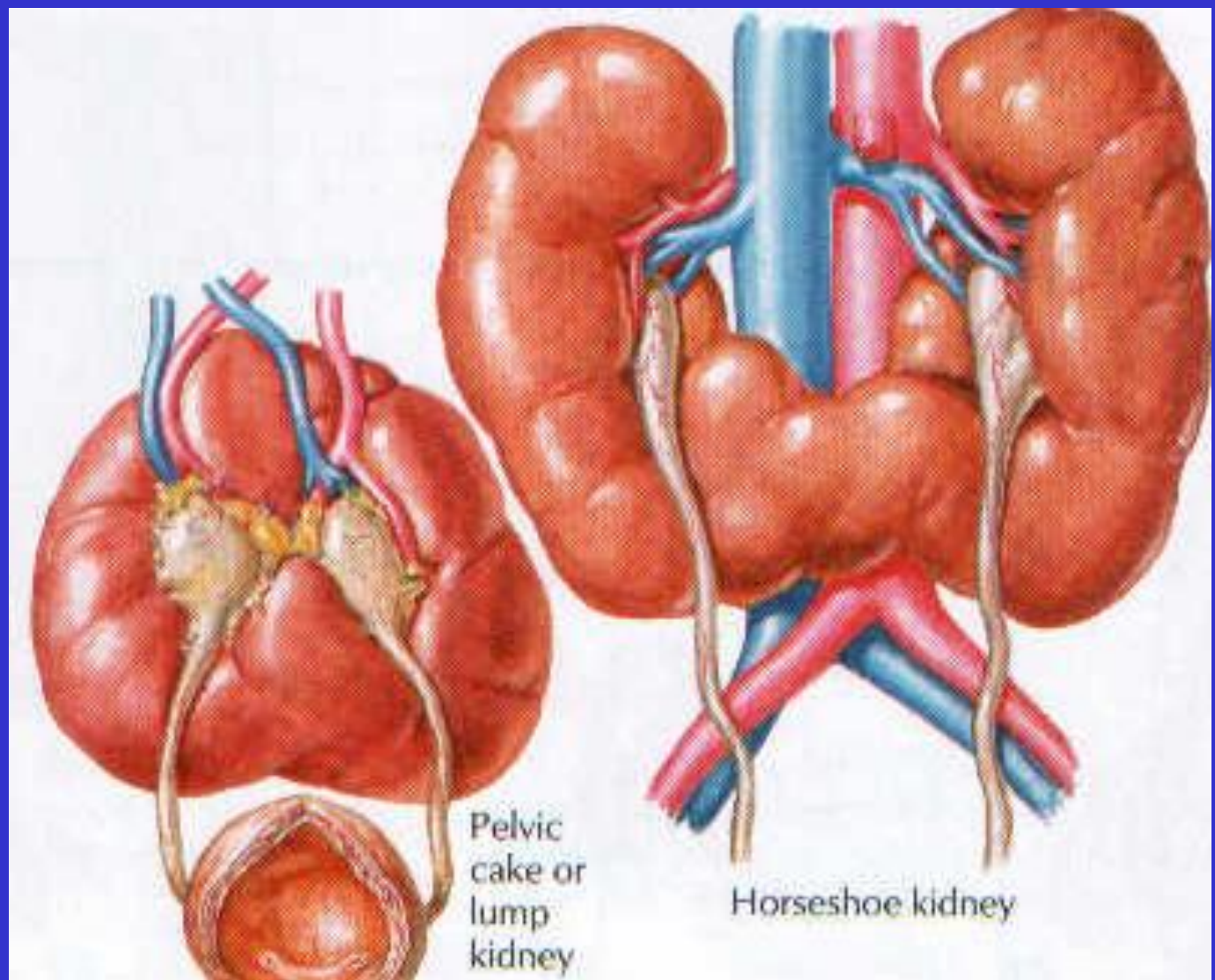
# АНОМАЛИИ ПОЧЕК У ВЗРОСЛЫХ.



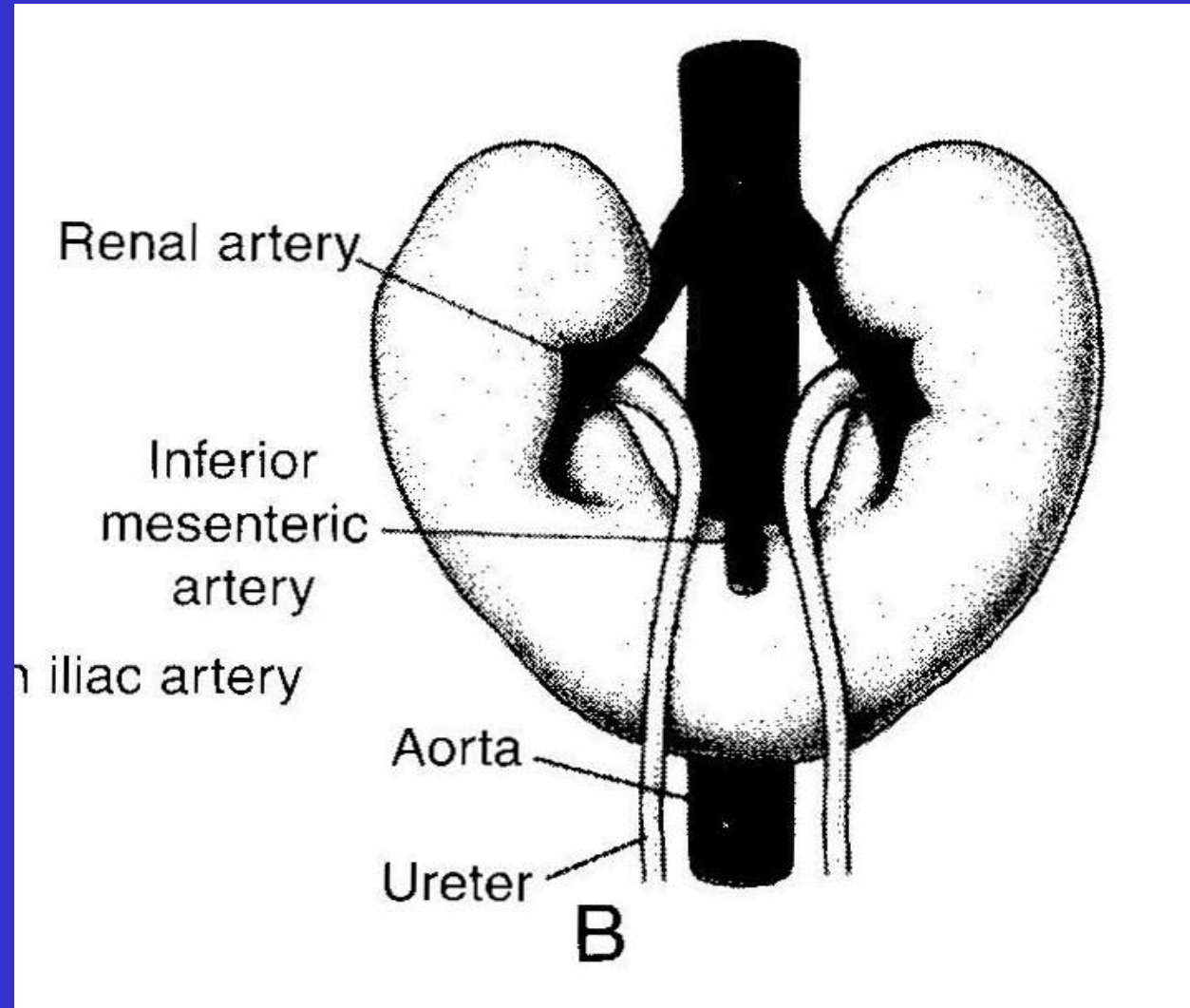
**А – подкововидная почка, у которой слияние почек произошло между нижними полюсами. Right ureter – правый мочеточник.**

**В – предмочеточниковая полая вена (белая) на фоне ретрокавального мочеточника (темный).**

## Подково- видная почка



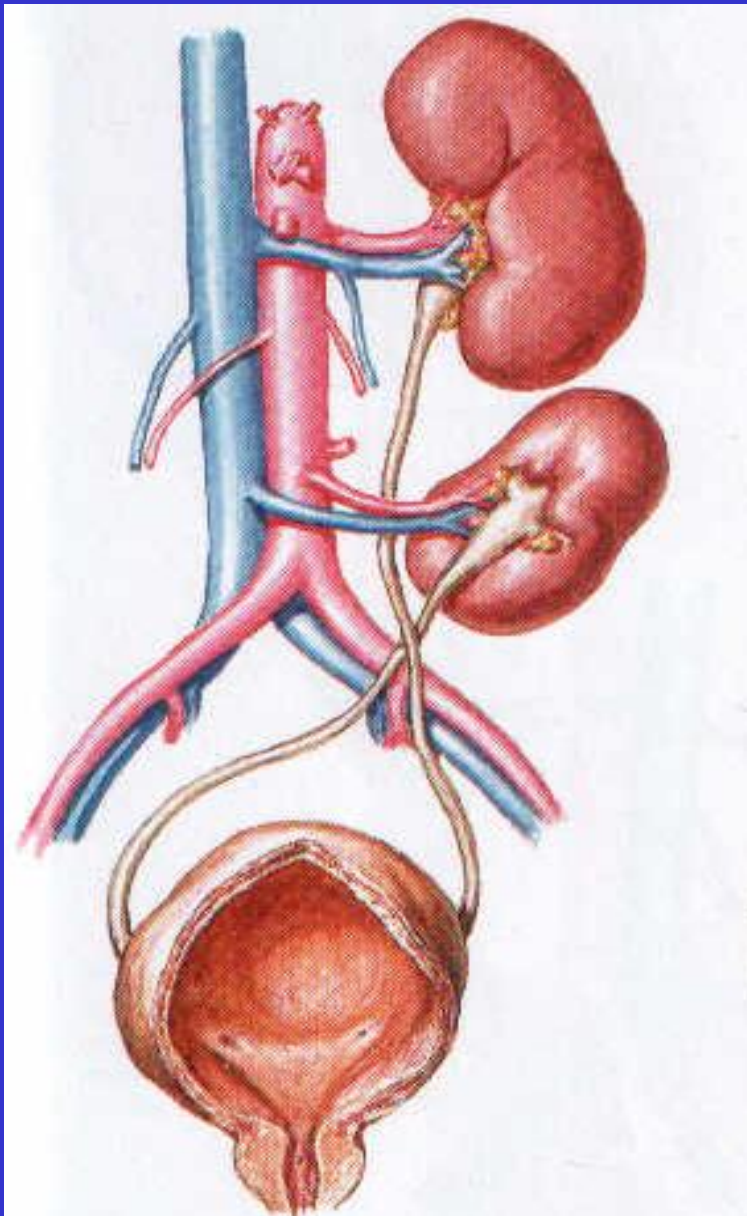
Частота встречаемости подкововидной почки 1:600. Она может тазовой (слева) или туловишной (справа).



## ПОДКОВО- ВИДНАЯ ПОЧКА

Нижняя чревная артерия (inferior mesenteric artery) мешает подняться слившимся почкам, и они остаются на уровне нижних поясничных позвонков. Renal artery – почечная артерия.

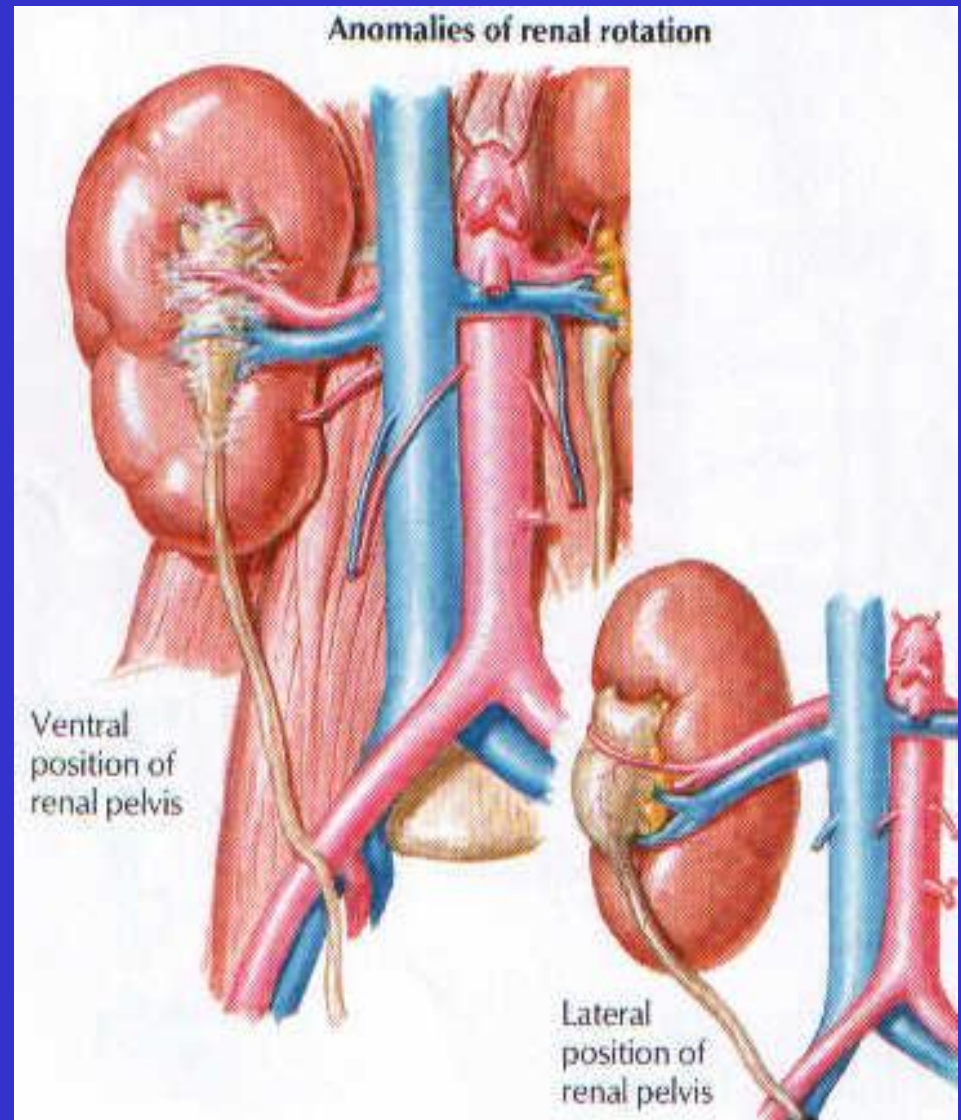
# ПЕРЕКРЕСТНАЯ ЭКТОПИЯ ПОЧКИ



При этой аномалии правая почка сместилась влево, мочеточник пересек среднюю линию.

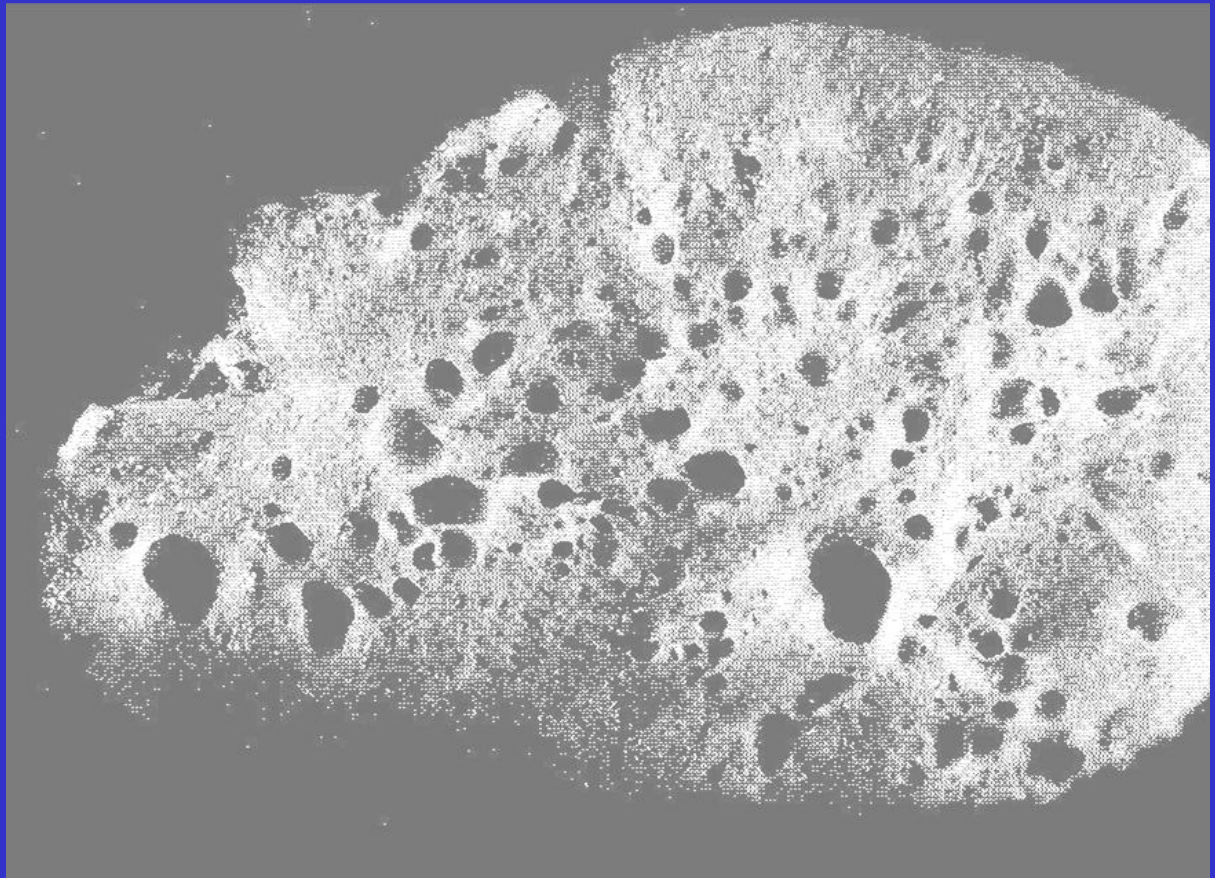
# Аномалии вращения

Отсутствие ротации – ворота обращены вперед (слева), гиперротация – ворота обращены дорсально, обратное вращение – почка обращена воротами латерально (справа). Причина – ассимметричный рост разных отделов почки.



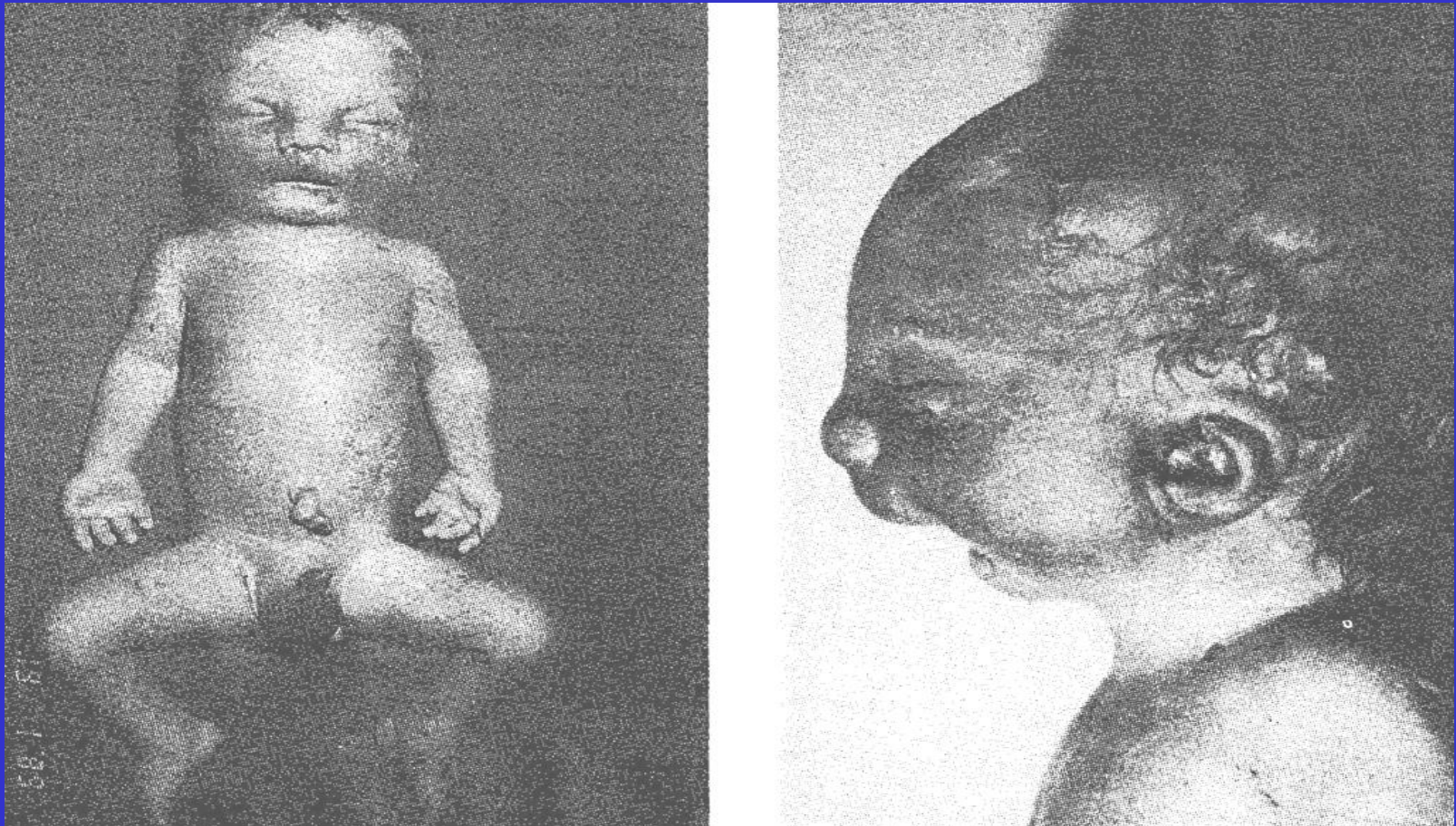
Кисты появляются в почке до конца 1-го триместра, они медленно растут и разрушают функционирующую ткань почки. Причина возникновения – неспособность нефронов, которые развиваются из одного источника (метанефрогенная бластема) соединиться и правильно сопоставиться с собирательными трубками, развивающимися из другого источника – мочеточникового дивертикула. Слепо заканчивающиеся нефроны затем кистозно расширяются.

## ВРОЖДЕННАЯ ПОЛИКИСТОЗНАЯ ПОЧКА



# ПОЛИКИСТОЗНАЯ ПОЧКА ПРИ ВРОЖДЕННЫХ СИНДРОМАХ

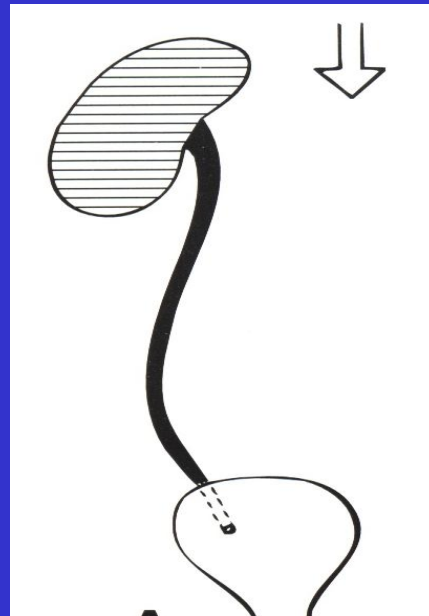
- Синдром Мекеля – Грубера (дизэнцефалия, поликистозная почка, грыжа головного мозга и полидактилия).



## ДРУГИЕ АНОМАЛИИ ПОЧЕК И МОЧЕТОЧНИКОВ:

### - Агенезия почки:

Обычно причиной ее является неразвитие мочеточникового дивертикула, который оказывает индукционное влияние на дифференцировку метанефрогенной бластемы. Может также иметь место отсутствие метанефрогенного тяжа, регрессия мочеточникового дивертикула или неспособность двух зачатков почки соединиться.

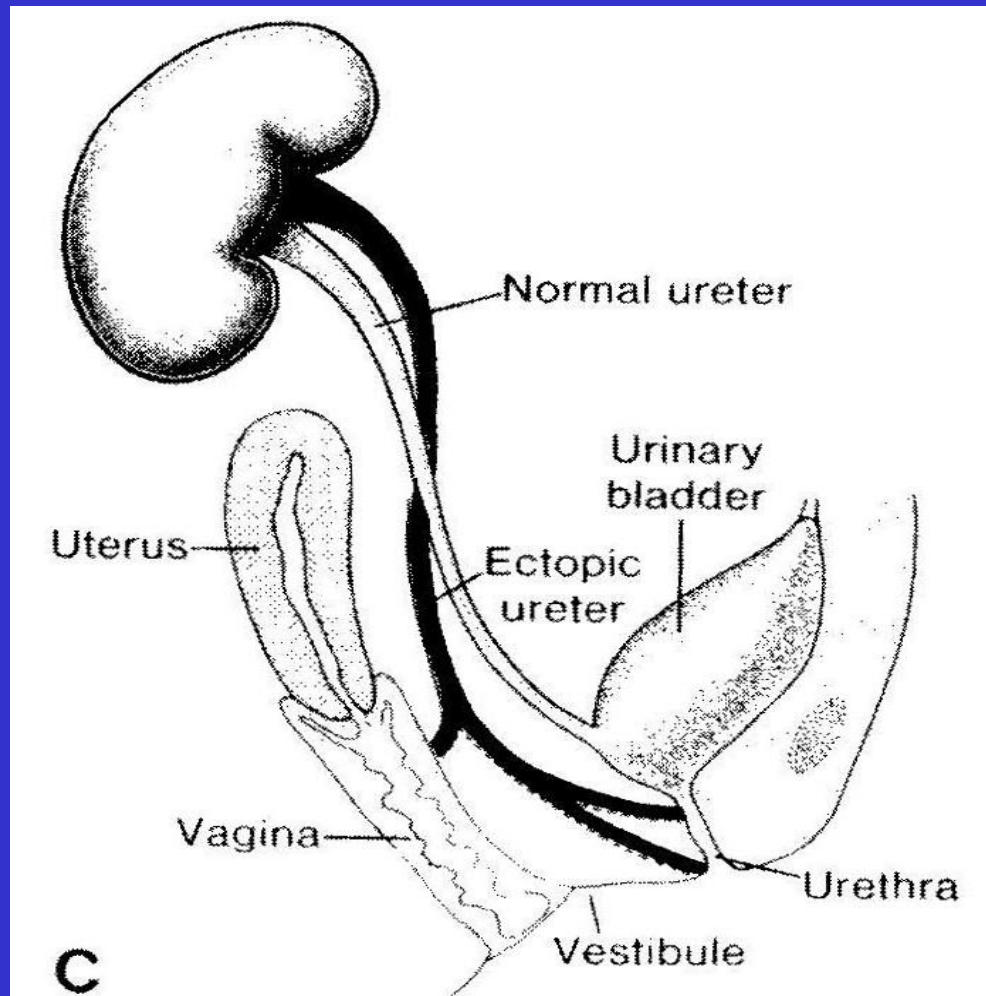


**Агенезия левой  
почки**

# КЛИНИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ

- Врожденные аномалии мочевой системы, такие как агенезия почки, часто сопровождаются пороками развития наружного уха.
- Двусторонняя агенезия почки обычно связано с маловодием (олигогидрамнион), формированием плоского носа из-за компрессии плода и гипоплазией легких из-за их компрессии – синдром Поттера).
- Двусторонняя почечная агенезия совместима с пренатальной жизнью, но не совместима с постнатальной.

# ЭКТОПИЯ ОТВЕРСТИЯ МОЧЕТОЧНИКА



Мочеточник (normal ureter) может открываться в преддверии влагалища (vestible), во влагалище (vagina) и в уретре (urethra).

## Варианты удвоения мочеточника:

X – нормальный мочеточниковый дивертикул 4-х недельного эмбриона.

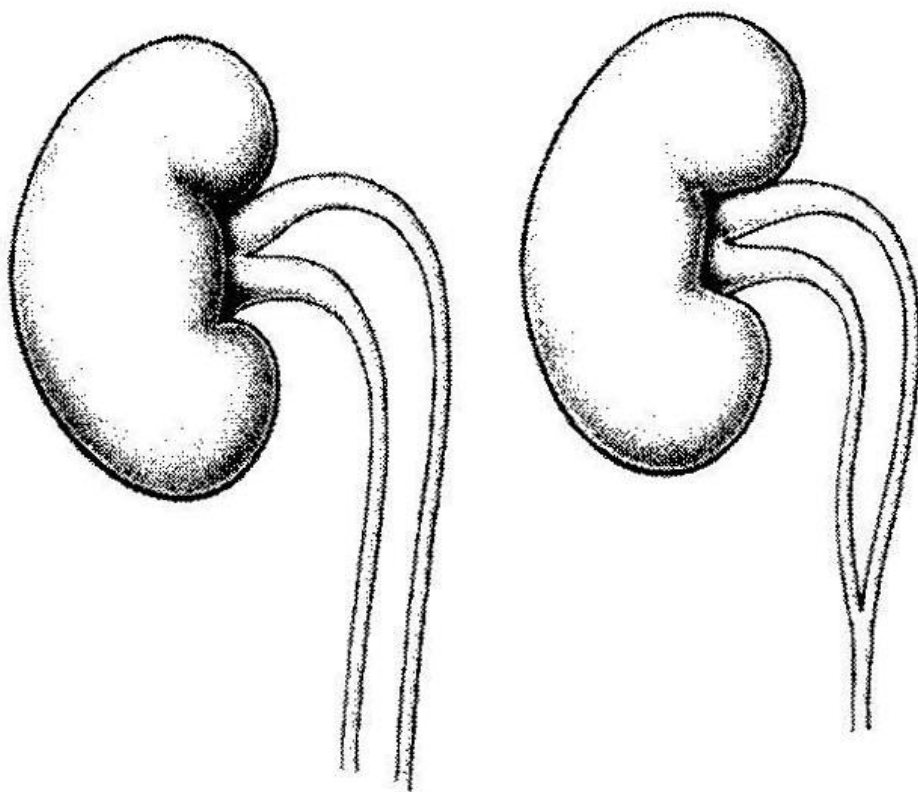
Y, Z – два варианта удвоения мочеточника.

Y – бифуркация мочеточникового дивертикула.

Z – от Вольфова протока отходят два независимых мочеточниковых дивертикула.



## УДВОЕНИЕ МОЧЕТОЧНИКА



**A**

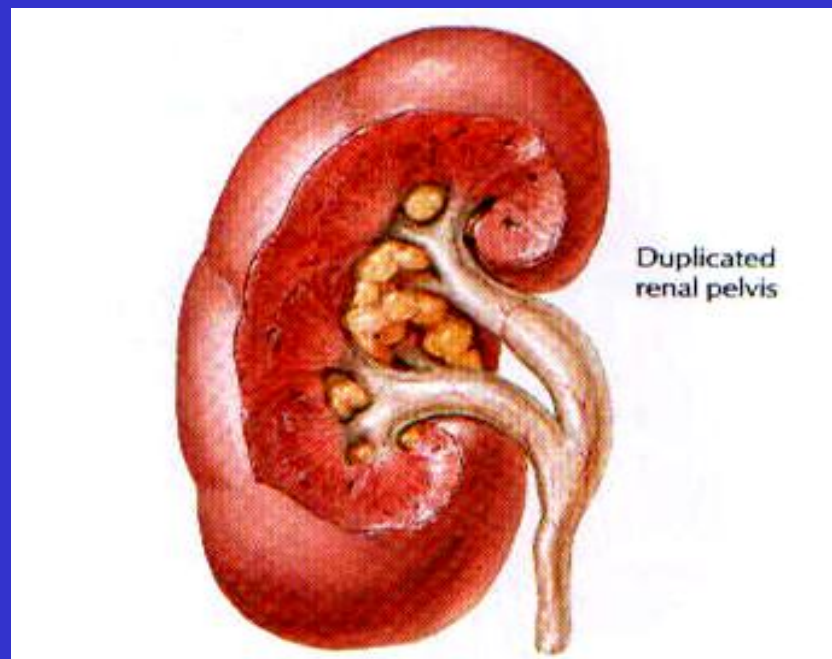
**B**

**ПОЛНОЕ (А) И  
ЧАСТИЧНОЕ (В)  
УДВОЕНИЕ  
МОЧЕТОЧНИКА**



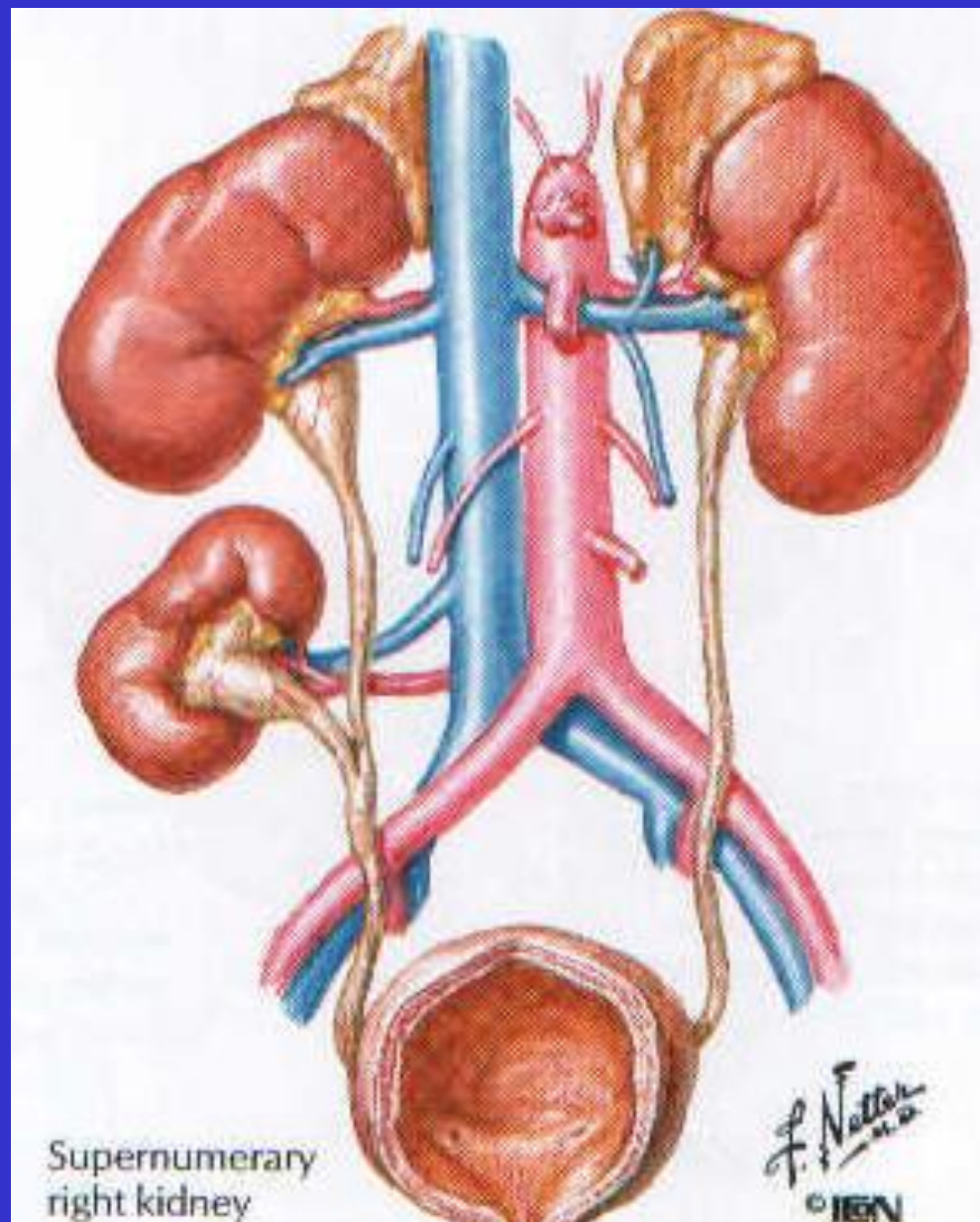
Чаще всего при удвоении мочеточника тот, что отходит от верхней лоханки почки, впадает в мочевой пузырь ниже, чем тот, что отходит от нижней лоханки (левый рисунок).

Удвоение лоханки почки

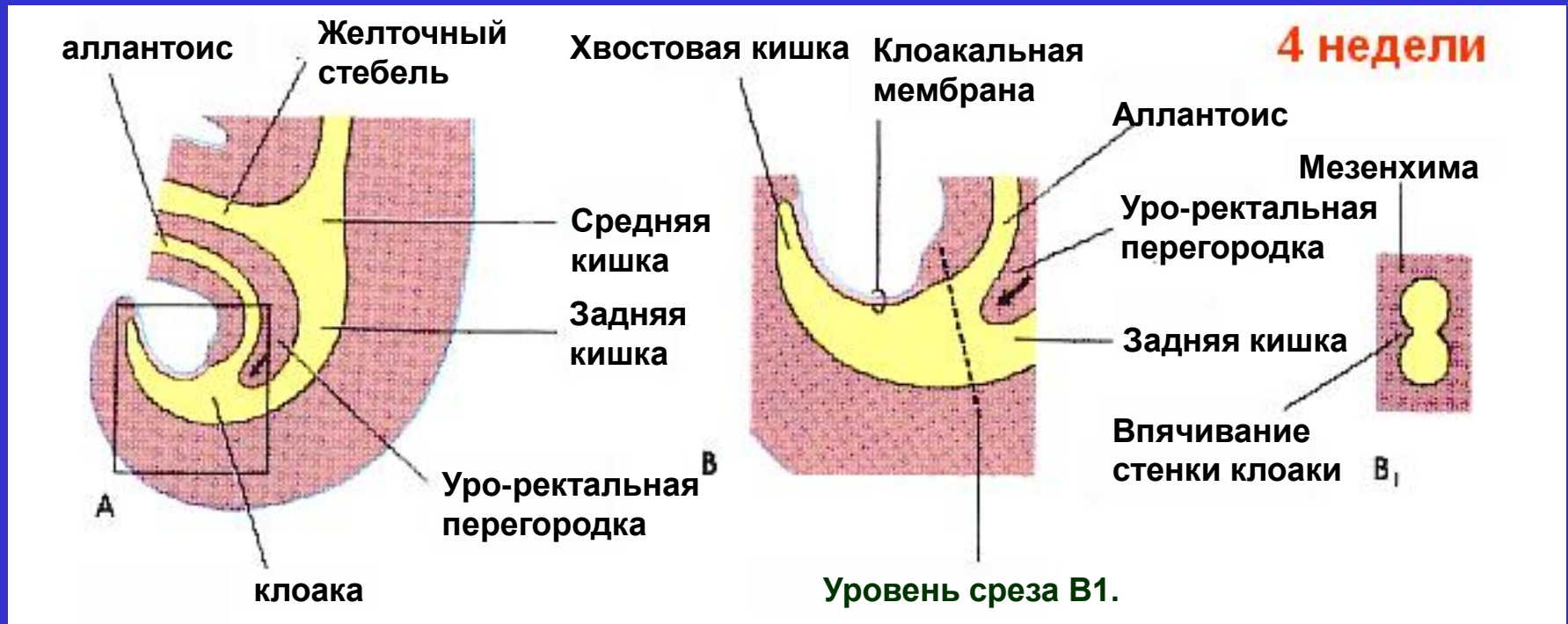


## **УДВОЕНИЕ МОЧЕТОЧНИКА И ПОЧКИ (СЛЕВА)**

Чем дальше разделены раздвоившиеся мочеточниковые дивертикулы. Тем выше вероятность развития удвоения почки. Это происходит при полном раздвоении мочеточника, когда оба мочеточниковых дивертикула достигают метанефрогенную бластему в сравнительно далеко отстоящих участках.



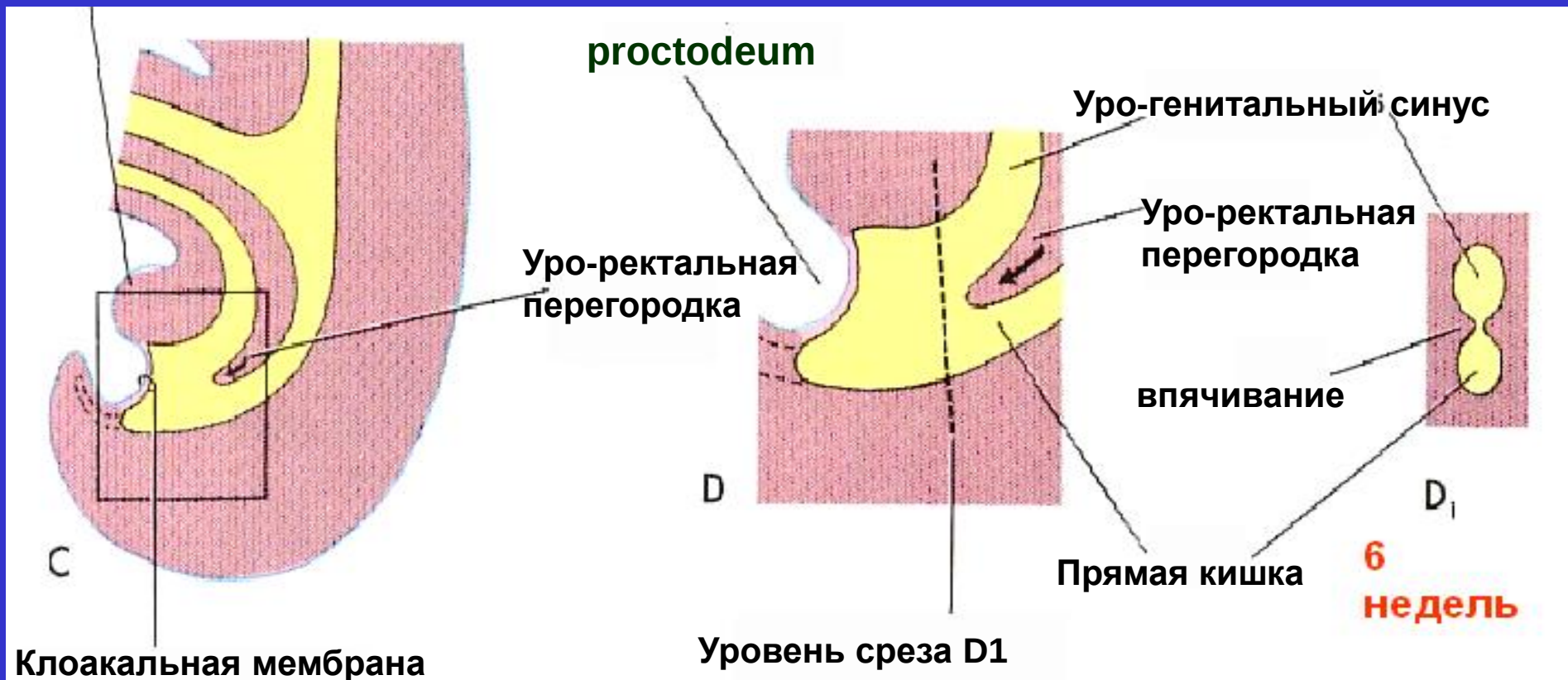
# РАЗВИТИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ И УРЕТРЫ



Энтодерма задней кишки дает начало и внутренней выстилке мочевого пузыря и уретры.

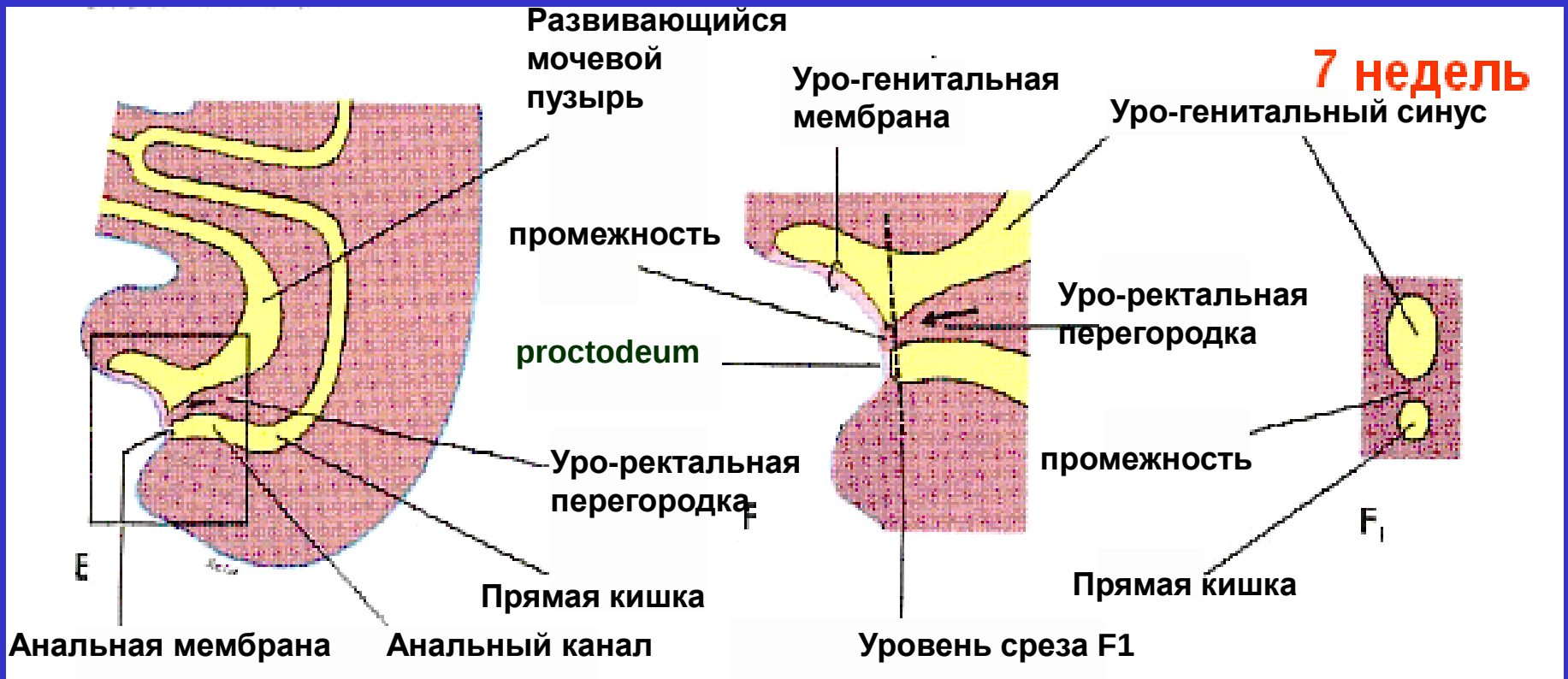
Задняя кишка заканчивается в виде расширенной камеры (клоака), ограниченной клоакальной мембраной, образованной энтодермальной выстилкой, контактирующей с эктодермой proctodeum или анальной ямки.

# РАЗВИТИЕ МОЧЕ-ПОЛОВОГО СИНУСА



Во время дальнейшего развития в углу между аллантоисом и задней кишкой появляется поперечная перегородка – уроректальная перегородка. На 7-ой неделе она врастает в клоаку и делит ее на два отдела – урогенитальный синус, расположенный вентрально, и анальный канал – дорсально.

## РАЗВИТИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ



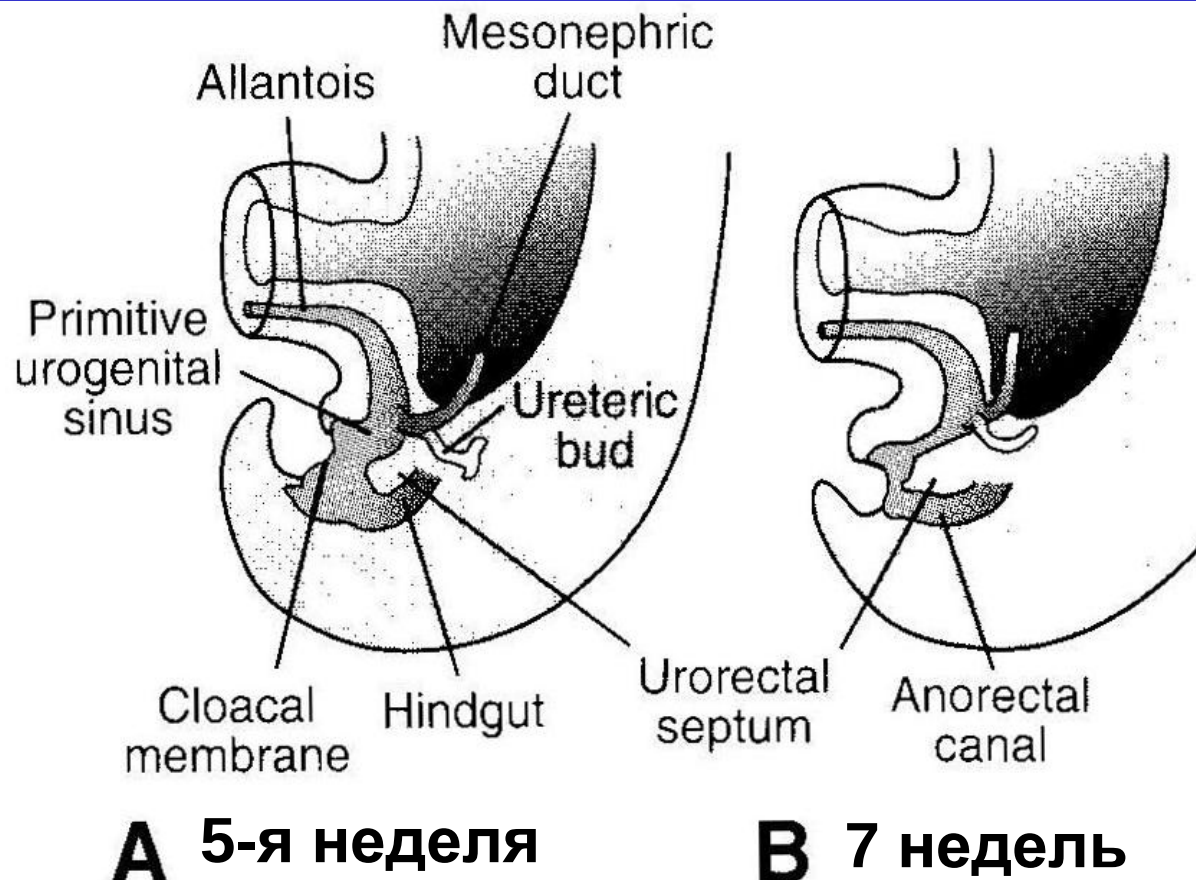
**Как только уро-ректальная перегородка сливается с клоакальной мембраной, последняя подразделяется на уро-генитальную и анальную мембрану. Анальная мембрана прорывается на 8-ой неделе.**

# РАЗВИТИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ И УРЕТРЫ

## Стадии:

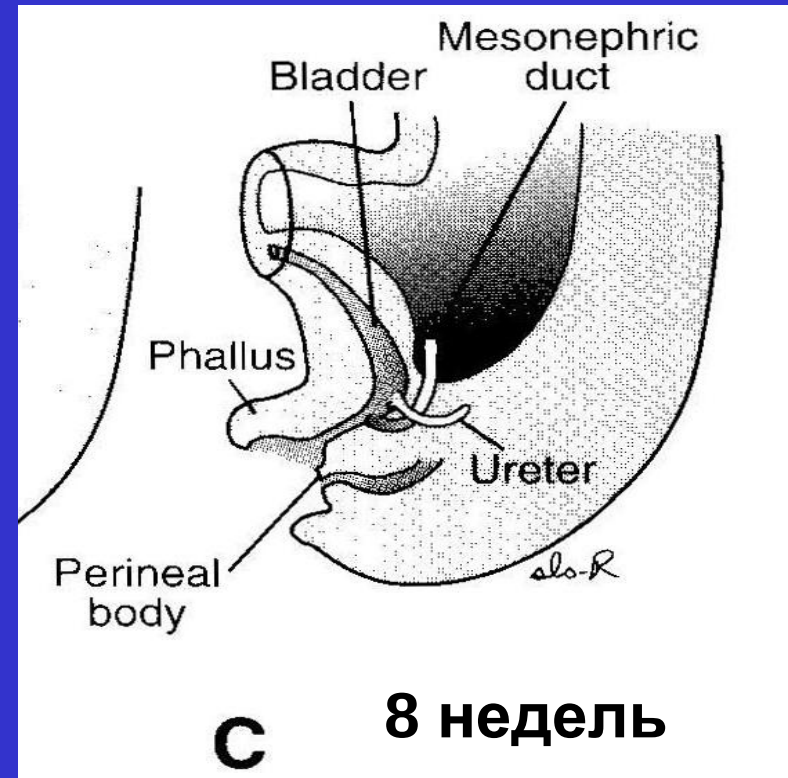
- a) Деление клоаки на ано-ректальный и уро-генитальный (моче-половой) синусы.
- b) Поглощение стенкой мочевого пузыря мезонефральных протоков,
- c) Образование мочевого пузыря из верхней части моче-полового синуса, облитерация аллантоиса и образование урахуса.
- d) Образование уретры из узкой тазовой части урогенитального синуса – у мужчин ее предстательной и мембранозной части, в то время как висящая часть уретры образуется из фаллосной части моче-полового синуса.

## РАЗВИТИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ



В первичном уrogenитальном синусе (primitive urogenital sinus) есть три части. Верхняя расширенная часть даст начало мочевому пузырю.

Первоначально мочевой пузырь (bladder) сообщается с аллантоисом, который продолжается в пупочный канатик, но когда аллантоис облитерируется во время 2-го месяца, внутри-эмбриональная его часть образует урахус – толстый фиброзный тяж, соединяющий пупочное отверстие с верхушкой мочевого пузыря (срединная пузырьная связка).

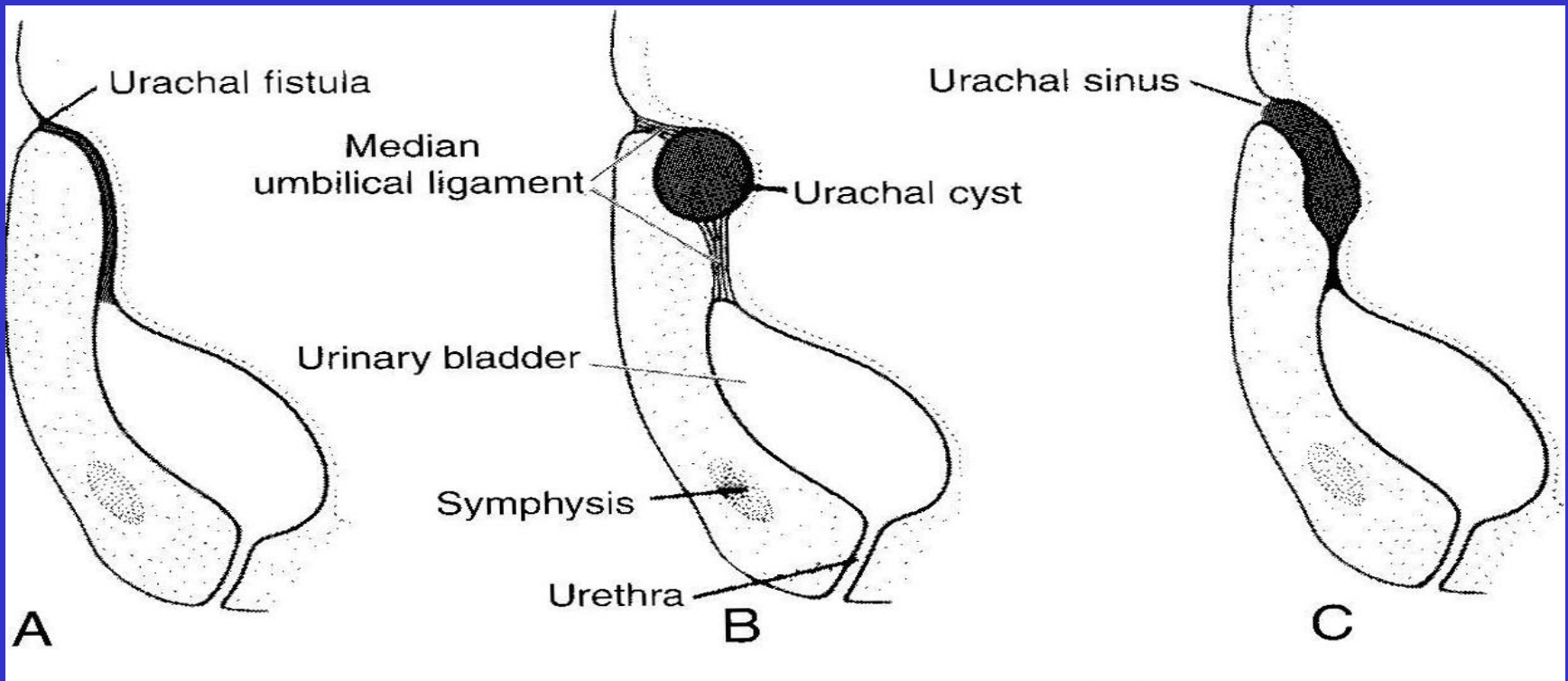


## РАЗВИТИЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ И УРЕТРЫ

# КЛИНИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ

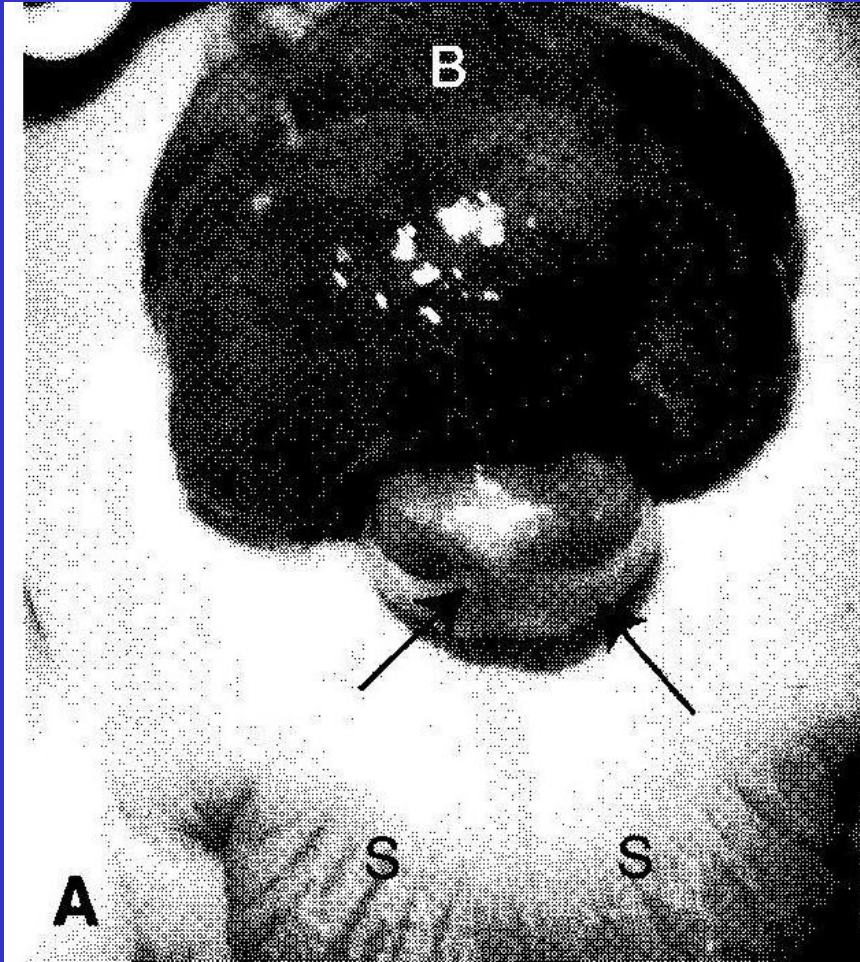
## Аномалии урахуса:

- a) Фистула урахуса (fistula, персистенция эмбриональной части аллантоиса),
- b) Киста урахуса (cyst),
- c) Синус урахуса (sinus, персистирует просвет в верхней части аллантоиса, может иметь сообщение с мочевым пузырем).



## **ЭКСТРОФИЯ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ.**

Дефект вентральной стенки тела, при котором обнажается слизистая мочевого пузыря. Вызывается недостаточной миграцией мезодермы в область между пупочным отверстием и половым бугорком, после чего наступает разрыв тонкого эктодермального слоя.

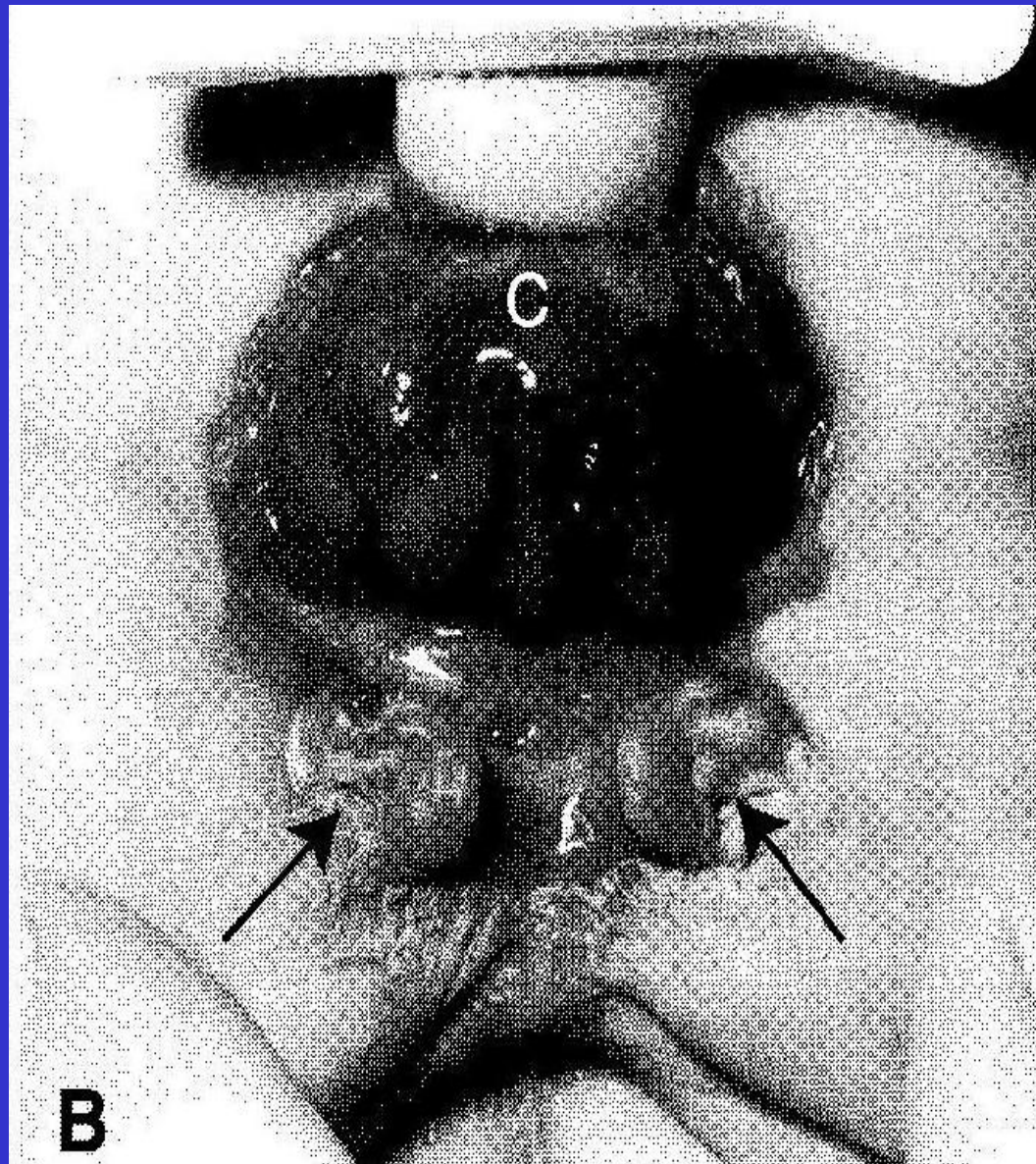


**В - мочевого пузырь,  
стрелки – penis,  
S – мошонка.**



**Новорожденная с экстрофией мочевого пузыря и небольшим пролапсом прямой кишки.**

**Экстрофия клоаки**  
(более тяжелый  
дефект  
вентральной  
стенки тела при  
нарушении  
образования  
хвостовой складки.  
К экстрофии  
мочевого пузыря  
добавляется  
отсутствие  
перфорации ануса  
и пупочная грыжа.



**Экстрофия клоаки у новорожденного. С – клоака, стрелки – неслившиеся половые бугорки.**