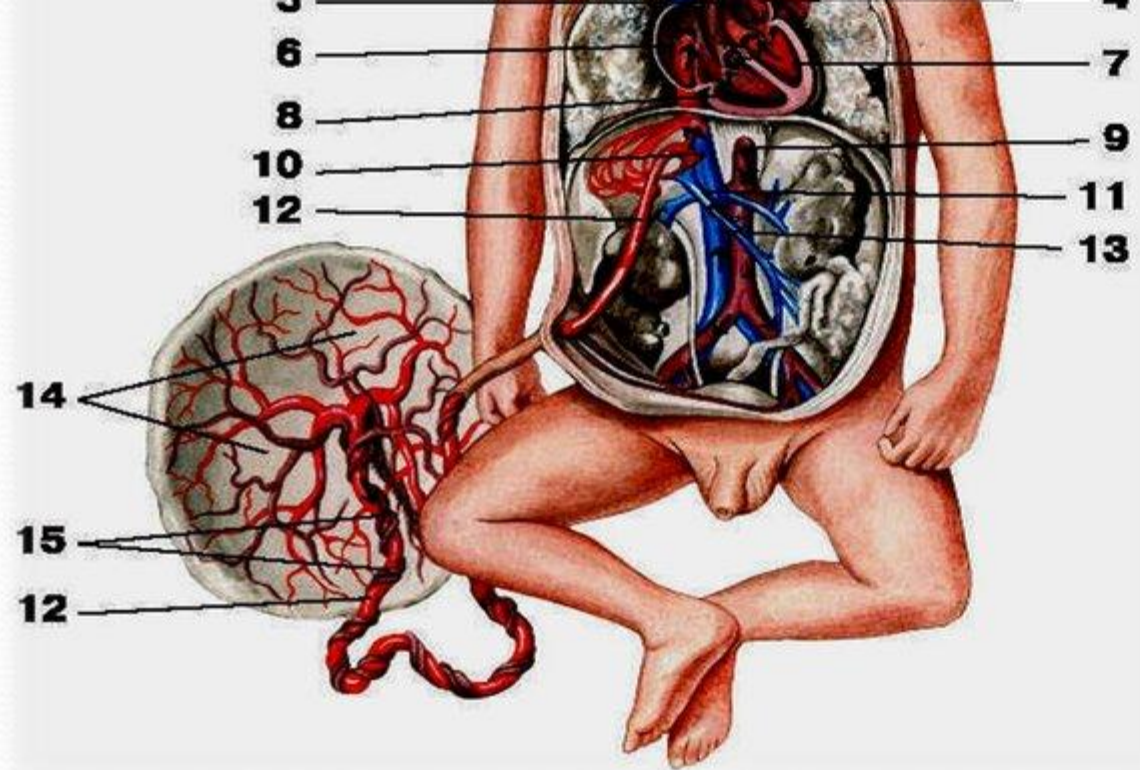


# ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ ВО ВНУТРИУТРОБНОМ ПЕРИОДЕ

Выполнил: студент 3 курса

Тратканов Даниил



- 6 — правое предсердие;
- 7 — левый желудочек;
- 8 — правый желудочек;
- 9 — брюшная аорта;
- 10 — венозный проток;
- 11 — воротная вена;
- 12 — пупочная вена;
- 13 — нижняя полая вена;
- 14 — плацента;
- 15 — пупочные артерии

ериала  
 щиеся на  
 ни  
 сосуда.

ов не  
 судистой

а ангио -  
 правило,

образует свободные от крови эндотелиальные трубочки. Вскоре между возникшими таким образом эмбриональными и внеэмбриональными сосудами устанавливается сообщение. Только в этот момент внеэмбрионально образованная кровь поступает в тело эмбриона. Одновременно регистрируются и первые сокращения сердечной трубки. Тем самым начинается становление первого, желточного, круга кровообращения развивающегося зародыша. Первые закладки сосудов в теле эмбриона отмечены в период формирования первой пары сомитов. Они представлены тяжами, состоящими из скоплений мезенхимных клеток, расположенных между мезодермой и энтодермой на уровне передней кишки. Эти тяжи образуют с каждой стороны два ряда: медиальный ("аортальная линия") и латеральный ("сердечная линия").

Краниально эти закладки сливаются, образуя сетевидное "эндотелиальное сердце". Одновременно из мезенхимы по бокам тела зародыша между энтодермой и мезодермой образуются закладки пупочных вен. Далее отмечается преимущественное развитие сердца, обеих аорт и пупочных вен. Только после того, как эти главные магистрали желточного и хорионального (аллантаидного) кровообращения в основном сформируются (стадия 10 пар сомитов) начинается, собственно, развитие других сосудов тела эмбриона. У человеческого зародыша кровообращение в желточном и аллантаидном кругах начинается практически одновременно у 17-сегментного эмбриона (начало сердцебиений). Желточное кровообращение существует у человека недолго, аллантаидное преобразуется в плацентарное и осуществляется вплоть до конца внутриутробного периода. Описанный способ образования сосудов имеет место в основном в раннем эмбриогенезе. Сосуды, образующиеся позже, развиваются несколько иным путем. Со временем все большее распространение получает способ новообразования сосудов (сначала типа капилляров) путем почкования. Этот последний способ в постэмбриональном периоде становится единственным. В эмбриогенезе человека сердце закладывается очень рано, когда зародыш еще не обособлен от желточного пузыря и кишечная энтодерма одновременно представляет собой крышу последнего. В это время в кардиогенной зоне в шейной области, между энтодермой и висцеральными листками спланхнотомов слева и справа, скапливаются выселяющиеся из мезодермы клетки мезенхимы, образующие справа и слева клеточные тяжи. Эти тяжи вскоре превращаются в эндотелиальные трубки. Последние вместе с прилегающей к ним мезенхимой составляют закладку эндокарда.



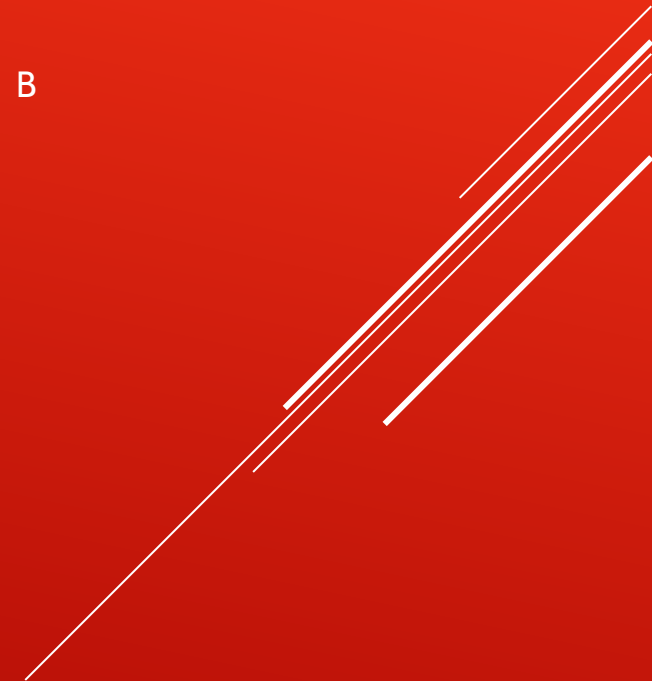
Тем временем в области глотки происходит замыкание кишечной трубки. В связи с этим левый и правый зачатки эндокарда все более сближаются, пока не сливаются в единую трубку (рисунок 4) Немного позже объединяются также левая и правая миоэпикардимальные пластинки. На первых порах миоэпикардимальная пластинка отделяется от эндокардимальной трубки широкой щелью, заполненной желеобразной субстанцией. Впоследствии происходит их сближение. Миоэпикардимальная пластинка накладывается непосредственно на закладку эндокарда сначала в области венозного синуса, затем предсердий и, наконец, желудочков. Только в тех местах, в которых впоследствии происходит образование клапанов, желеобразная субстанция сохраняется относительно долго

образовавшаяся непарная закладка сердца соединяется с дорсальной и вентральной стенками полости тела зародыша, соответственно дорсальной и вентральной брыжейками, которые в дальнейшем редуцируются (сначала редуцируется вентральная, а затем дорсальная), и сердце оказывается свободно лежащим, как бы подвешенным, на сосудах, во вторичной полости тела, в полости перикарда. Следует отметить, что наряду с широко распространенным представлением о единстве образования целомических полостей в отношении человека существует мнение о том, что образование полости перикарда происходит ранее формирования брюшной полости и независимо от нее путем слияния отдельных лакун, возникающих в мезодерме головного конца зародыша [6]. Первоначально сердце представляет собой прямую трубку, затем каудальное расширение сердечной трубки, принимающее венозные сосуды, образует венозный синус. Головной конец сердечной трубки сужен. В это время обнаруживается четкое метамерное строение сердечной трубки. Хорошо различаются метамеры, содержащие материал основных дефинитивных отделов сердца. Расположение их - обратное топографии соответствующих отделов окончательно сформированного сердца.

## Особенности кровообращения плода в желточный, аллантоидный и плацентарный периоды

В период внутриутробного развития кровообращение плода проходит три последовательные стадии: желточное, аллантоидное и плацентарное.

**Желточный период** развития системы кровообращения у человека очень короткий - от момента имплантации до 2-й недели жизни зародыша. Кислород и питательные вещества поступают к зародышу непосредственно через клетки трофо-бласта, которые в этот период эмбриогенеза еще не имеют сосудов. Значительная часть питательных веществ скапливается в желточном мешке, который имеет также собственные скудные запасы питательных веществ. Из желточного мешка кислород и необходимые питательные вещества по первичным кровеносным сосудам поступают к зародышу. Так осуществляется желточное кровообращение, присущее самым ранним этапам онтогенетического развития. Аллантоидное кровообращение начинает функционировать приблизительно с конца 8-й недели беременности и продолжается в течение 8 нед, т.е. до 15-16-й недели беременности



*Аллантоидное кровообращение* начинает функционировать приблизительно с конца 8-й недели беременности и продолжается в течение 8 нед, т.е. до 15-16-й недели беременности. Аллантоис, представляющий собой выпячивание первичной кишки, постепенно подрастает к бессосудистому трофобласту, неся вместе с собой фетальные сосуды. При соприкосновении аллантоиса с трофобластом фетальные сосуды врастают в бессосудистые ворсины трофобласта, и хорион становится сосудистым.

Установление аллантоидного кровообращения является качественно новой ступенью внутриутробного развития эмбриона, поскольку оно дает возможность более широкого транспорта кислорода и необходимых питательных веществ от матери к плоду. Нарушения аллантоидного кровообращения (нарушения васкуляризации трофобласта) лежат в основе причин гибели зародыша.

*Плацентарное кровообращение* приходит на смену аллантоидному. Оно начинается на 3-4-м месяце беременности и достигает расцвета в конце беременности. Формирование плацентарного кровообращения сопровождается развитием плода и всех функций плаценты (дыхательной, выделительной, транспортной, обменной, барьерной, эндокринной и др.). Именно при гемохориальном типе плацентации возможен наиболее полный и адекватный обмен между организмами матери и плода, а также осуществление адаптационных реакций системы мать-плод.



## В период внутриутробного развития кровообращение плода проходит три последовательные стадии:

- желточное;
- аллантоидное;
- плацентарное.

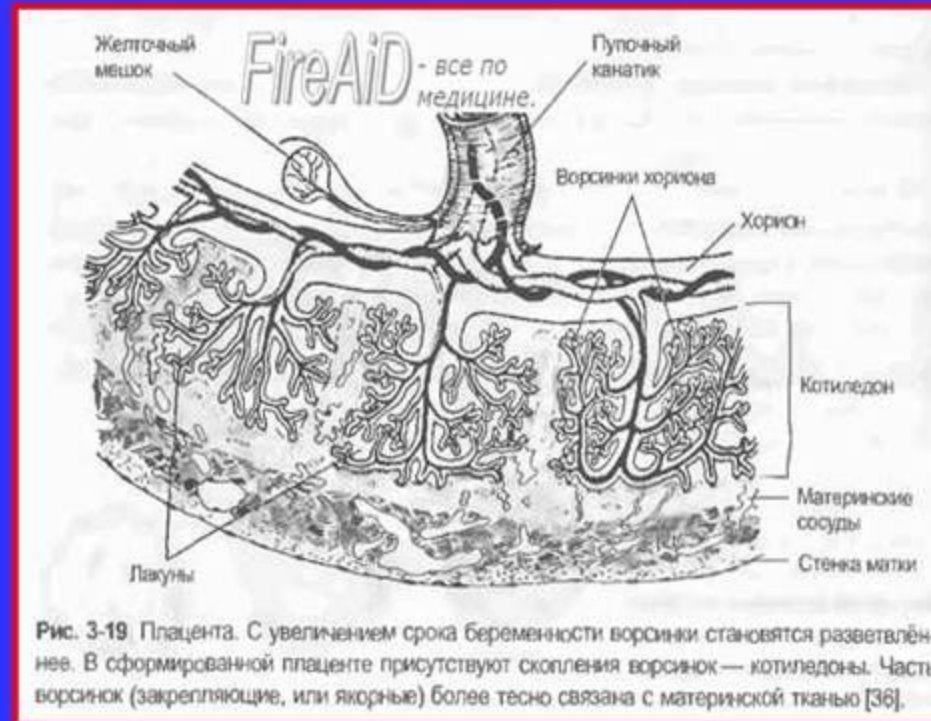


Рис. 3-19 Плацента. С увеличением срока беременности ворсинки становятся разветвлённые. В сформированной плаценте присутствуют скопления ворсинок — котиледоны. Часть ворсинок (закрепляющие, или якорные) более тесно связана с материнской тканью [36].

# Анатомические и физиологические особенности сердечно-сосудистой системы плода

Анатомические особенности сердечно-сосудистой системы плода прежде всего заключаются в существовании овального отверстия между правым и левым предсердиями и артериального протока, соединяющего легочную артерию с аортой. Это позволяет значительной массе крови миновать нефункционирующие легкие. Кроме того, имеется сообщение между правым и левым желудочками сердца. Кровообращение плода начинается в сосудах плаценты, откуда кровь, обогащенная кислородом и содержащая все необходимые питательные вещества, поступает в вену пуповины. Затем артериальная кровь через венозный (аранциев) проток попадает в печень. Печень плода представляет собой своеобразное депо крови. В депонировании крови наибольшую роль играет ее левая доля. Из печени через тот же венозный проток кровь поступает в нижнюю полую вену, а оттуда - в правое предсердие. В правое предсердие поступает также кровь из верхней полых вен. Между местом впадения нижней и верхней полых вен находится заслонка нижней полых вен, которая разделяет оба кровотока. Эта заслонка направляет ток крови нижней полых вен из правого предсердия в левое через функционирующее овальное отверстие. Из левого предсердия кровь поступает в левый желудочек, а оттуда - в аорту. Из восходящей дуги аорты кровь попадает в сосуды головы и верхней части туловища. Венозная кровь, поступающая в правое предсердие из верхней полых вен, оттекает в правый желудочек, а из него - в легочные артерии. Из легочных артерий только небольшая часть крови поступает в нефункционирующие легкие. Основная масса крови из легочной артерии через артериальный (боталлов) проток направляется в нисходящую дугу аорты. Кровь нисходящей дуги аорты снабжает нижнюю половину туловища и нижние конечности. После этого кровь, бедная кислородом, через ветви подвздошных артерий поступает в парные артерии пуповины и через них - в плаценту.

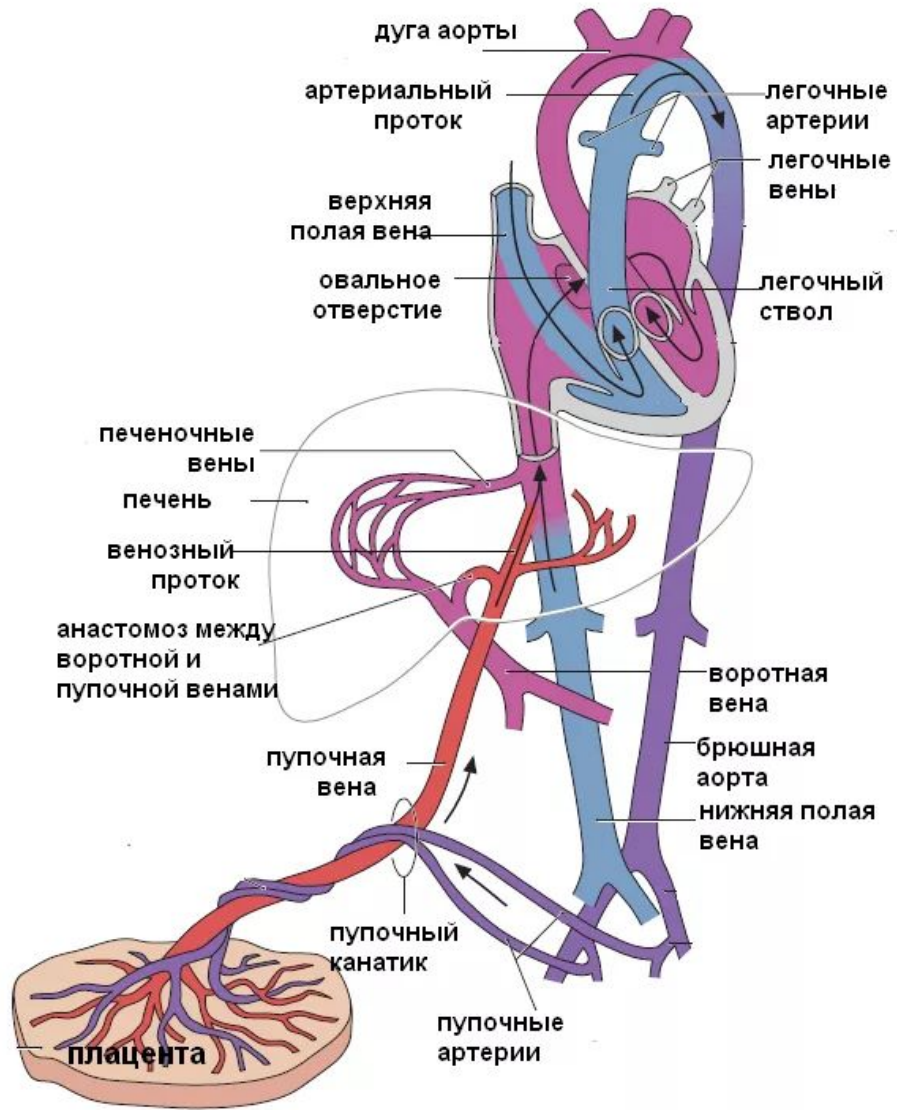


Физиологические особенности кровообращения плода важны не только с точки зрения снабжения его кислородом. Не меньшее значение фетальное кровообращение имеет и для осуществления важнейшего процесса выведения из организма плода  $CO_2$  и других продуктов обмена. Описанные выше анатомические особенности кровообращения плода создают предпосылки к осуществлению очень короткого пути выведения  $CO_2$  и продуктов обмена: аорта - артерии пуповины - плацента. Сердечно-сосудистая система плода обладает выраженными адаптационными реакциями на острые и хронические стрессовые ситуации, обеспечивая тем самым бесперебойное снабжение крови кислородом и необходимыми питательными веществами, а также выведение из его организма  $CO_2$  и конечных продуктов обмена веществ. Это обеспечивается наличием различных механизмов нейрогенного и гуморального характера, которые регулируют частоту сердечных сокращений, ударный объем сердца, периферическую констрикцию и дилатацию артериального протока и других артерий. Кроме того, система кровообращения плода находится в тесной взаимосвязи с гемодинамикой плаценты и матери. Эта взаимосвязь отчетливо видна, например, при возникновении синдрома сдавления нижней полой вены. Сущность этого синдрома заключается в том, что у некоторых женщин в конце беременности происходит сдавление маткой нижней полой вены и, по-видимому, частично аорты. В результате этого в положении женщины на спине у нее происходит перераспределение крови, при этом большое количество крови задерживается в нижней полой вене, а артериальное давление в верхней части туловища снижается. Клинически это выражается в возникновении головокружения и обморочного состояния. Сдавление нижней полой вены беременной маткой приводит к нарушениям кровообращения в матке, что в свою очередь немедленно отражается на состоянии плода (тахикардия, усиление двигательной активности). Таким образом, рассмотрение патогенеза синдрома сдавления нижней полой вены наглядно демонстрирует наличие тесной взаимосвязи сосудистой системы матери, гемодинамики плаценты и плода.

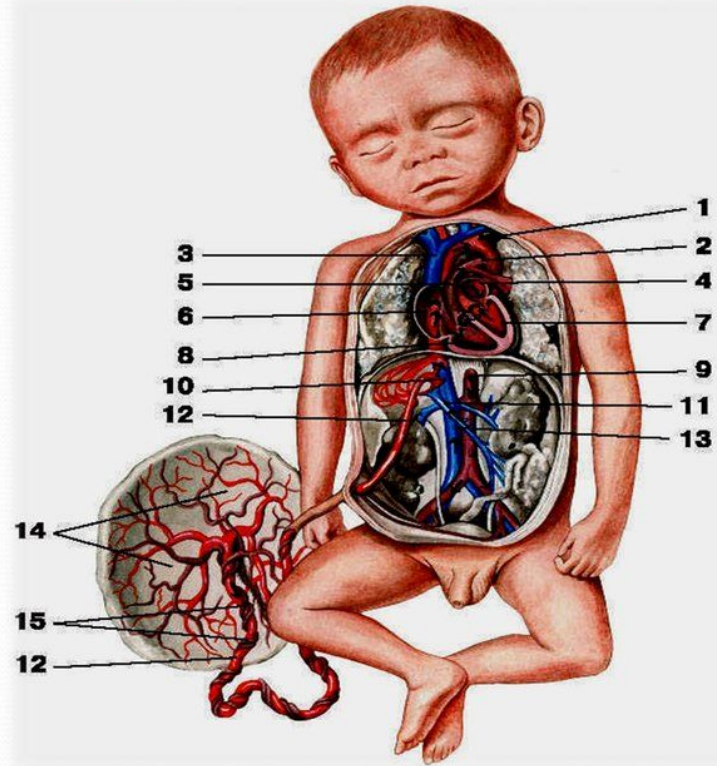
У плода насыщенная кислородом кровь поступает от плаценты по единственной пупочной вене. Примерно половина крови из пуповины сбрасывается через венозный проток плода, минуя сосудистую систему печени и попадая непосредственно в нижнюю полую вену. Остальная кровь через воротную вену поступает в печень и оттуда по печеночным венам направляется в нижнюю полую вену. В результате кровь в нижней полую вену представляет собой смесь насыщенной кислородом (оксигенированной) крови из пупочной вены и крови с низким напряжением кислорода, возвратившейся из вен плода. Из-за того, что кровь в нижней полую вену смешанная, напряжение кислорода здесь выше, чем в крови, возвращающейся в правое предсердие плода из верхней полую вены. Это различие весьма важно, поскольку два потока крови в правом предсердии разделяются и в итоге следуют различными путями. В результате такого разделения в мозг и миокард плода поступает кровь с относительно высоким содержанием кислорода, тогда как менее оксигенированная кровь направляется в плаценту (через нисходящую аорту и пупочные артерии) для насыщения кислородом. Большая часть крови, поступающей в правое предсердие из нижней полую вены, через овальное отверстие попадает в левое предсердие. Внутрисердечному сбросу относительно хорошо оксигенированной крови способствует нижний край вторичной перегородки, называемый евстахиева заслонка, которая расположена над отверстием, ведущим из нижней полую вены в правое предсердие. Поступившая через шунт кровь смешивается с небольшим количеством плохо оксигенированной крови, возвращающейся в левое предсердие через легочные вены плода (напомним, что во время внутриутробного развития легкие не вентилируются; формирующаяся легочная ткань скорее забирает кислород из крови, чем осуществляет его доставку). Из левого предсердия кровь попадает в левый желудочек и затем изгоняется в восходящую аорту.

Остатки насыщенной кислородом крови из нижней полой вены, попадая в правое предсердие, смешиваются с плохо оксигенированной кровью, попавшей сюда из верхней полой вены, и поступают в правый желудочек. У плода правый желудочек выполняет основную работу, на две трети обеспечивая сердечный выброс. Изгнанная из правого желудочка кровь поступает в легочную артерию, а оттуда через артериальный проток попадает в нисходящую аорту (80% сердечного выброса), и через легочные артерии - в легкие (12% крови, выбрасываемой правым желудочком). Такое, казалось бы, неравномерное распределение крови, выбрасываемой из правого желудочка, на самом деле весьма эффективно: кровь минует легкие, что крайне важно, поскольку легкие плода заполнены амниотической жидкостью и неспособны осуществлять газообмен. Низкое напряжение кислорода в жидкости, содержащейся в легких, вызывает сокращение легочных сосудов и способствует увеличению сопротивления сосудистой системы легких. При повышенном сопротивлении легочных сосудов сброс крови через артериальный проток в большой круг кровообращения и, в конце концов, большая часть крови, изгнанная из сердца, попадает в нисходящую аорту. Отсюда кровь распределяется в нижние отделы плода и в пупочные артерии, возвращаясь, таким образом, в плаценту для газообмена.





# Кровообращение плода



- 1 — дуга аорты;
- 2 — артериальный проток;
- 3 — верхняя полая вена;
- 4 — левое предсердие;
- 5 — легочный ствол;
- 6 — правое предсердие;
- 7 — левый желудочек;
- 8 — правый желудочек;
- 9 — брюшная аорта;
- 10 — венозный проток;
- 11 — воротная вена;
- 12 — пупочная вена;
- 13 — нижняя полая вена;
- 14 — плацента;
- 15 — пупочные артерии

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.

