

## **Осмотр сердца плода в ходе рутинного ультразвукового исследования во втором триместре беременности: анализ наиболее распространенных ошибок**

Е.С. Некрасова

### **ВВЕДЕНИЕ**

За последние 20 лет прогресс новых медицинских технологий привел к появлению и бурному развитию такой области медицины, как ультразвуковая пренатальная диагностика. Разработаны и постоянно совершенствуются алгоритмы осмотра различных органов и систем плода, определены оптимальные сроки беременности для проведения скрининговых ультразвуковых осмотров. Достигнуты значительные успехи в диагностике некоторых врожденных заболеваний (например, болезни Дауна), а эффективность пренатального выявления отдельных пороков развития (например, анэнцефалии, кистозной гигромы шеи) достигает 100%. Тем не менее, эффективность выявления такой важной группы заболеваний, как врожденные пороки сердца, все еще оставляет желать лучшего. Пороки сердца являются наиболее распространенным врожденным заболеванием плода, и занимают более 50% в структуре детской смертности, связанной с врожденной и наследственной патологией [1]. Несмотря на высокую разрешающую способность современной ультразвуковой аппаратуры, наличие цветового доплеровского картирования во всех современных аппаратах, выявляемость пороков сердца плода не превышает 40-45% [2]. В определенной степени такие скромные показатели связаны с небольшими размерами и сложной анатомией исследуемого объекта, а так же с наличием динамических изменений, характерных для определенных пороков сердца плода, в связи с чем клиническая картина становится очевидной уже после 24 недель беременности. Однако в гораздо большем проценте случаев пропуск пороков сердца связан с нарушением методологии рутинного осмотра этого органа. Данная статья посвящена описанию наиболее распространенных ошибок, возникающих при рутинном осмотре сердца плода, и знакомит читателя с методами оптимизации ультразвукового изображения при оценке основных сечений сердца.

### **СЕЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РУТИННОГО ОСМОТРА СЕРДЦА ПЛОДА**

Основным сечением, рекомендованным для проведения рутинного осмотра сердца, является четырехкамерный срез. Получение данного сечения не представляет никаких сложностей и возможно при любом положении плода в более чем 95% случаев при проведении исследования после 19 недель беременности [3]. Однако существует ряд пороков, при которых четырехкамерный срез сердца остается неизменным, что делает недостаточным использование только этого среза для оценки сердца в ходе рутинного

скринингового исследования плода. К порокам, при которых четырехкамерный срез сердца остается неизменным, относятся: тетрада Фалло, транспозиция магистральных артерий, общий артериальный ствол, двойной выход из правого желудочка, умеренный стеноз полулунных клапанов, аномалия дуги аорты, мелкие ДМЖП. В связи с низкой информативностью использования только четырехкамерного среза, в настоящее время рекомендуется оценивать также срез через три сосуда и трахею, срез через выходные отделы левого желудочка («пятикамерный срез») и срез через выходные отделы правого желудочка. В этой статье мы не будем останавливаться на описании критериев, которые используются для оценки основных срезов сердца, так как они хорошо известны и описаны в отечественных справочных руководствах [4]. Задачей этой статьи является знакомство читателя с методами оптимизации ультразвукового изображения основных сечений сердца плода.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ СЕРДЦА ПЛОДА**

При оценке любого из перечисленных сечений необходимо установить оптимальные настройки ультразвукового аппарата, чтобы добиться условий наилучшей визуализации исследуемого объекта. К сожалению, в большинстве клинических руководств по пренатальной ультразвуковой диагностике теме физических принципов получения ультразвукового изображения отводится крайне незначительное внимание. Это и приводит к недостаточной осведомленности врачей о физике ультразвукового исследования и неумению и даже боязни самостоятельно настроить ультразвуковой аппарат.

Наиболее распространенной и грубой ошибкой является оценка сердца плода в общем акушерском режиме. Почему так важно производить осмотр сердца плода в специальном режиме, и какие принципиальные отличия данного режима от общего акушерского? Необходимо помнить, что сердце плода – это орган, который находится в постоянном движении, причем систола, диастола, движения клапанов происходят в два раза быстрее, чем в сердце взрослого человека. Чтобы получить более четкое ультразвуковое изображение движущегося органа, необходима высокая частота смены кадров. Частота смены кадров зависит от частоты датчика, которым производится осмотр, а так же от угла развертки ультразвукового изображения. При использовании общего акушерского режима угол развертки изображения по умолчанию установлен на 60-65 градусов, и достигаемая при этом частота смены кадров является вполне достаточной для получения четкого изображения при осмотре большинства органов плода. Грудная клетка и сердце плода во втором триместре беременности имеют небольшие размеры, и для их визуализации вполне достаточно проводить сканирование при угле развертки изображения, равном 30 градусам. При этом частота смены кадров увеличивается более чем в 2 раза. Примеры изображения сердца плода при использовании акушерского и сердечного режимов с различными углами развертки представлены на рисунке 1 а, б.

*Осмотр сердца плода в ходе рутинного ультразвукового исследования во втором триместре беременности: анализ наиболее распространенных ошибок. Е.С. Некрасова*

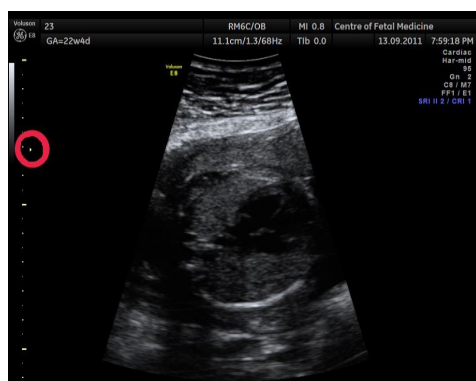


Рис. 1 а - срок беременности 22 нед.1 день изображение четырехкамерного среза сердца плода. Полученное при сканировании в общем акушерском режиме. Обращает на себя внимание более широкий угол развертки изображения, контуры структур сердца более утолщенные и нечеткие по сравнению с изображением сердца в специальном сердечном режиме с узким углом развертки изображения.



Рис. 1 б – то же наблюдение. Изображение четырехкамерного среза сердца плода, полученное при сканировании в сердечном режиме. Контуры структур сердца более четкие, изображение более контрастное по сравнению с изображением сердца на рис 1, а.

Второй наиболее распространенной ошибкой, которая имеет место при проведении ультразвукового исследования, является несоответствие расположения исследуемого органа и зоны фокусировки ультразвукового изображения. Данная ошибка характерна и для осмотра других органов и систем плода, но особенно значимо она сказывается при проведении осмотра сердца. Примеры изображения сердца одного и того же плода при различной глубине зоны фокусировки представлены на рисунке 2 а, б, с.



а – зона фокусировки установлена выше исследуемого объекта



б – зона фокусировки установлена выше исследуемого объекта



в – зона фокусировки установлена ниже исследуемого объекта

Рис.2. Срок беременности 22 нед. 1 день (то же наблюдение). Изображение четырехкамерного среза сердца плода при различной глубине зоны фокусировки.

Описанные выше ошибки в настройке аппарата являются легко устранимыми и не требуют от оператора серьезных технических навыков, при этом четкость полученного

изображения существенно возрастает. Возникновение следующей ошибки связано с выбором оптимального положения сердца плода для проведения осмотра. Достаточно часто врачи проводят осмотр сердца при субоптимальном его расположении, при этом часть исследуемого объекта не визуализируется в связи с наличием акустической тени от позвоночника, ребер или конечностей плода. Если осмотр сердца производится при наличии акустических теней от позвоночника, ребер или конечностей, то адекватная оценка предсердно-желудочкового соединения, межжелудочковой перегородки и кровотока в камерах сердца и магистральных сосудах значительно затруднена, что может приводить к пропуску порока сердца. Рекомендовано осуществлять осмотр сердца плода в таком его положении, чтобы верхушка сердца была направлена к датчику (на 11 и 13 часах). При исследовании сердца в положении верхушкой вниз осмотр области межжелудочковой перегородки, особенно ее мышечной части, затруднен, что увеличивает вероятность пропуска ее дефекта. Однако вовсе необязательно дожидаться, чтобы плод сам принял положение «лицом к пупку матери»; смещение датчика по животу пациентки без изменения плоскости сканирования приведет к получению искомого изображения. При этом движения не должны носить хаотический характер, а осуществляться строго в ту сторону, куда направлена верхушка сердца плода (т.е. если верхушка сердца плода направлена к правому боку пациентки, то датчик смещается туда же, и наоборот). Примеры изображения сердца одного и того же плода при смещении датчика показаны на рисунках 3, 4.



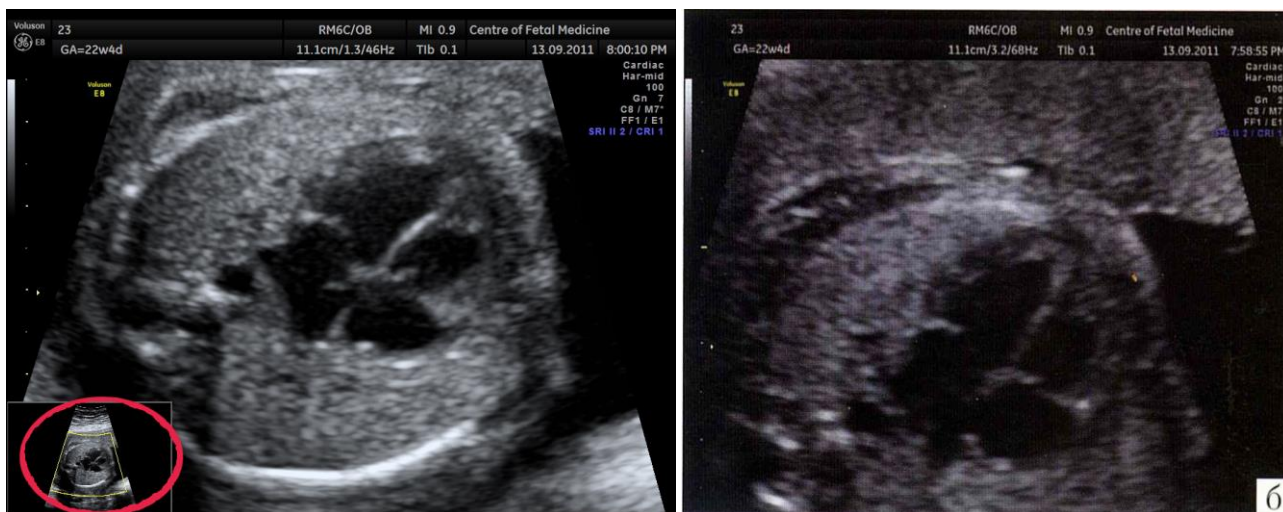
Рис. 3. Срок беременности 22 нед. 1 день (то же наблюдение). Изображение четырехкамерного сердца при положении плода «спинкой кверху». Акустическая ткань от позвоночника перекрывает часть сердца.



Рис. 4 То же наблюдение, что на рис.3. смещение датчика к левому боку матери приводит к получению оптимального изображения четырехкамерного среза сердца плода. Для оптимизации изображения сердца при положении плода «спинкой кверху» потребовалось чуть более 1 мин

После получения изображения сердца плода верхушкой к датчику, необходимо увеличить изображение таким образом, чтобы поперечное сечение грудной клетки плода

занимало большую часть экрана. Строгое следование этому требованию связано с тем, что размеры сердца плода во втором триместре составляют около 2 см, и исследование такого маленького объекта требует максимального увеличения. Недопустимо проводить осмотр сердца без увеличения, так как при этом невозможно четко оценить межжелудочковую перегородку и область предсердно-желудочкового соединения. Многие современные ультразвуковые аппараты имеют возможность увеличения изображения уже после нажатия кнопки «freeze» (функция «post-freeze zoom»). Использование этой функции при проведении осмотра сердца недопустимо, так как в основе получения такого изображения лежит использование эффекта цифрового увеличения, т.е. изображение создается путем анализа информации от соседних пикселей (точек) и генерации новых пикселей, несущих усредненную информацию. Таким образом, полученное изображение сердца, несмотря на достаточные размеры, не будет нести никакой дополнительной диагностической информации; более того, контуры сердца будут более размытыми и нечеткими по сравнению с тем же изображением сердца без его увеличения. В связи с этим, единственным правильным способом увеличения изображения сердца является использование функции аппаратного увеличения («high definition zoom»). Выбор зоны для увеличения производится в режиме реального времени, и все дальнейшее исследование происходит в реальном времени. На экране монитора ультразвукового аппарата появляется увеличенное изображение исследуемого органа, а в нижней части экрана возникает дополнительное изображение всей области сканирования с выделением той ее части, которая подверглась увеличению (рис. 5, а). Примеры изображения сердца одного и того же плода без увеличения и при использовании функции цифрового и аппаратного увеличения представлены на рисунках 2б, 5 а, б.



а – увеличение изображения при помощи функции «high definition zoom»

б – увеличение изображения при помощи функции «post-freeze zoom»

Рис. 5. Срок беременности 22 нед. 4 дня. Изображение четырехкамерного среза сердца плода при использовании различных типов увеличения и без увеличения.

Еще одной распространенной ошибкой при осмотре сердца плода является анализ изображения в реальном времени без использования кинопетли. Как уже было сказано выше, сердце – это орган, совершающий движения с частотой около 140-150 ударов в минуту. Таким образом, открытие и закрытие створок клапанов, сокращение и расслабление камер сердца происходит в интервал времени менее 1 секунды. Зрительный анализатор человека не способен адекватно оценить информацию, которая поступает к нему с такой быстротой. Именно поэтому оценка основных диагностических срезов должна проводиться не в одиночном изображении, а в нескольких сердечных циклах, полученных в одной кинопетле. При этом каждый кадр полученной кинопетли рассматривается с применением всех критериев оценки данного диагностического среза.

Согласно существующим отечественным рекомендациям, рутинное скрининговое исследование сердца плода во втором триместре беременности выполняется с использованием только В-режима. Однако нельзя не отметить, что использование режима цветового доплеровского картирования существенно увеличивает информативность исследования сердца плода, и во многих странах Западной Европы и США в настоящее время рекомендуется использовать цветовой Допплер при каждом осмотре сердца плода. Нежелание отечественных специалистов использовать цветовой доплеровское картирование во многом связано с неумением менять настройки этого режима; в полученном изображении цветовые сигналы «заливают» изображение камер сердца и перегородок, и проводить анализ такого изображения невозможно. Для преодоления этих ошибок необходимо помнить несколько простых правил, которые приведены ниже.

Во-первых, осмотр сердца плода с использованием режима цветового Допплера должен проводиться при определенных показателях скоростной шкалы, причем для осмотра различных отделов сердца эти показатели должны меняться. Регулировать показатели скоростной шкалы можно путем изменения частоты повторения импульсов (функция «pulse repetition frequency» – PRF). Так, оценка камер сердца, атриовентрикулярных клапанов, полулунных клапанов, магистральных артерий производится при высоких значениях скоростной шкалы (более 35 см/сек) (рисунок 6). Использование более низких значений скоростной шкалы приведет к появлению «алайзинг-эффекта», и создает ложное впечатление о наличии турбулентного кровотока в камерах сердца. Кровоток в полых и легочных венах, напротив, характеризуется низкой скоростью, поэтому их оценка должна проводиться при низких значениях скоростной шкалы (10 – 20 см/сек). Если проводить осмотр полых или легочных вен при том же значении скоростной шкалы, что использовалось для оценки камер сердца и магистральных артерий, то цветовой сигнал от них может отсутствовать. Исходя из этого же принципа, необходимо менять значения цветового фильтра, который позволяет исключить сигналы от движения стенок и другие низкоскоростные сигналы. При оценке отделов сердца, кровотоков в которых имеет высокую скорость, необходимо устанавливать высокие значения цветового фильтра, тогда как при исследовании полых и легочных вен необходимо пользоваться низкими значениями фильтра.

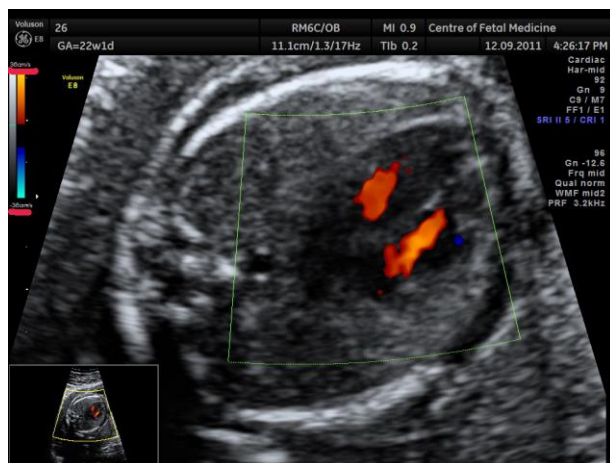


Рис. 6. Срок беременности 22 нед. 1 день  
Изображение четырехкамерного среза сердца  
плода в режиме ЦДК. Значения скоростной  
шкалы установлены на 38 см/с, что позволяет  
получить изображение ламинарного тока крови  
в желудочках

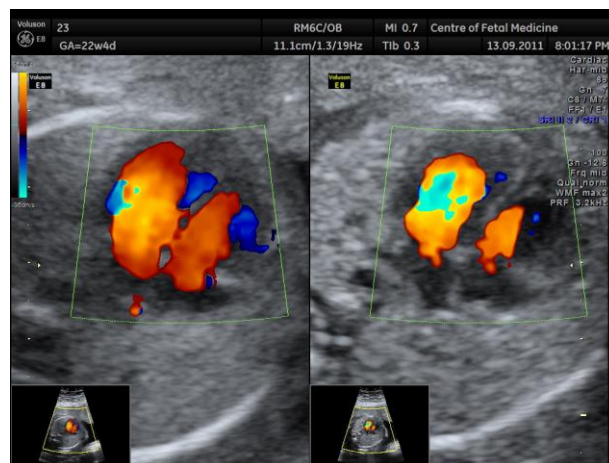


Рис.7. Срок беременности 22 нед. 4 дня.  
Изображение четырехкамерного среза  
сердца плода в режиме ЦДК. В левой части  
экрана представлено изображение с  
высоким усилением цветового сигнала.  
Обращает на себя внимание наложение  
цветового сигнала на межжелудочковую  
перегородку, что не позволяет адекватно  
оценить ее целостность. В правой части  
экрана представлено изображение,  
сбалансированное по силе цветового  
сигнала. Отмечается отсутствие кровотока  
через межжелудочковую перегородку.

Во-вторых, при осмотре сердца в режиме ЦДК необходимо правильно выбрать размер цветового окна, так как при больших его размерах частота смены кадров существенно снижается, что приводит к получению менее четкого изображения. В связи с этим необходимо ограничивать размеры цветового окна границами сердца и крупных сосудов. Недопустимо, чтобы размер цветового окна занимал всю область сканирования, так как полученное при этом изображение будет очень размытым. Частота смены кадров не будет достаточной для регистрации всех изменений на протяжении одного сердечного цикла, и при исследовании в режиме реального времени это будет приводить к возникновению изображения с высокой степенью кадрированности, то есть не плавного перехода систолы в диастолу, а прерывистой регистрации отдельных фаз сердечного цикла.

В-третьих, при оценке сердца в режиме ЦДК достаточно часто возникает необходимость изменить усиление (gain) цветового сигнала, как правило, в сторону его уменьшения. Осмотр сердца плода при высоких значениях усиления цветового сигнала является самой распространенной ошибкой, приводящей к появлению артефактов в виде наложения цветового сигнала на границы исследуемых структур, например, на межжелудочковую перегородку, приводя исследователя к ложному впечатлению о наличии ее дефекта (рис. 7.). Необходимо начинать осмотр сердца при низких значениях

усиления цветового сигнала, постепенно увеличивая их до достижения оптимальной картины.

Последнее, но немаловажное правило при использовании режима ЦДК – правильный выбор угла инсонации. С помощью доплеровского исследования можно оценить скорость и направление движения крови в камерах сердца и сосудах. Цветовой сигнал является отображением вектора скорости кровотока; характеристики цветового сигнала будут меняться в зависимости от положения сердца плода по отношению к ультразвуковому датчику. Если верхушка сердца плода направлена на 9 или 15 часов по отношению к датчику, то цветовой сигнал от камер сердца может отсутствовать, так как направление тока крови в них будет перпендикулярно движению ультразвуковой волны. При положении верхушки сердца на 11-13 часах направление тока крови в камерах сердца будет соответствовать направлению движения ультразвуковой волны, и цветовой сигнал от камер сердца будет достигать максимальной интенсивности и иметь красное окрашивание. При положении верхушки сердца на 17-19 часах вектор тока крови так же соответствует вектору движения ультразвуковой волны, но цветовой сигнал будет иметь синее окрашивание. Такой же принцип необходимо применять при оценке кровотока в магистральных сосудах – цветовой сигнал в них будет меняться в зависимости от положения сердца.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Описанные в настоящей статье правила настройки аппарата, без сомнения, не являются гарантом успеха при диагностике пороков сердца плода. Для успешного осмотра сердца необходимо глубокое знание нормальной и патологической анатомии сердца плода и тех динамических изменений, которые имеют место при беременности. Тем не менее, строгое следование всем правилам настройки аппарата при каждом осмотре сердца плода существенно улучшает условия визуализации и способствует выявлению даже небольших отклонений от нормальной ультразвуковой картины этого органа.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Hoffman J.I.E., Christianson R. Congenital heart disease in a cohort of 19502 births with long-term follow-up // Am. J. Cardiol. 1978. Vol. 42. P. 641.
2. Tegnander E., Williams W., Johanses O.J. et at. Prenatal detection of heart defect in a non-selected population of 30,149 fetuses – detection rates and outcome // Ultrasound Obstet. Gynecol. 2006. V. 27. P. 252-265.
3. Shultz S.M., Pretorius D.H., Budorick N.E. Four-chamber view of the fetal heart: demonstration related to menstrual age // J. Ultrasound Med. 1994. Vol. 13. P. 285-289.
4. Основные плоскости сканирования и дифференциально-диагностические критерии // Врожденные пороки сердца и главных артерий // Пренатальная эхография / Под ред. Медведева М.В. М.: Реал Тайм, 2009. С. 137–150.