

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАФЕДРА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

О.М. ЖЕРКО

УРГЕНТНАЯ СОНОГРАФИЯ ПРИ ТРАВМЕ

Учебно-методическое пособие

Минск БелМАПО
2017

УДК 616-001-073.43-039.74(075.9)

ББК 54.58я73

Ж 59

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
НМС Белорусской медицинской академии последипломного образования
протокол № 7 от 12.07. 2017

Автор:

зав. кафедрой ультразвуковой диагностики, к.м.н., доцент *Жерко О.М.*

Рецензенты:

кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии БГМУ;

заведующий отделением функциональной диагностики УЗ «1-я городская
клиническая больница г. Минска, к.м.н. Е.И. Гайшун

Жерко О.М.

Ж 59

Ургентная сонография при травме: учеб.-метод. пособие
/О.М. Жерко – Минск: БелМАПО, 2017. – 21 с.

ISBN 978-985-584-182-2

В учебно-методическом пособии приведены алгоритм выполнения ургентной сонографии, ультразвуковые критерии диагностики кровотечения в брюшную полость, плевральные синусы, полость перикарда, пневмоторакса при тупой травме живота и грудной клетки.

Учебно-методическое пособие предназначено для врачей ультразвуковой, функциональной диагностики, анестезиологов-реаниматологов, хирургов.

УДК 616-001-073.43-039.74(075.9)

ББК 54.58я73

ISBN 978-985-584-182-2

© Жерко О.М., 2017

© Оформление БелМАПО, 2017

Целенаправленная ультразвуковая оценка при травме (Focused Assessment with Sonography for Trauma — FAST) живота и грудной клетки — стандартный начальный ультразвуковой скрининг у пациентов с травмой, направленный на поиск свободной жидкости в абдоминальной, плевральных и перикардиальной полостях, а также пневмоторакса. Исследование должно проводиться быстро, в течение 3–3,5 минут.

С целью защиты датчика от загрязнений кровью, защиты пациента от заражений при большом количестве пострадавших, используется чехол или медицинская перчатка, которую одевают на датчик, меняя для каждого пациента.

На датчик наносится небольшое количество геля для контакта. Перчатка одевается таким образом, чтобы сканирующая поверхность датчика была покрыта ладонной частью перчатки, а пальцевую часть можно завязать на рукоятке датчика или закрепить лейкопластырем.

Непосредственно перед исследованием на все исследуемые точки быстро наносится гель. Нанесение геля перед исследованием на все исследуемые стандартные точки позволяет не отвлекаться во время сканирования и ускоряет исследование.

Обязательное условие при проведении FAST — хорошее наполнение мочевого пузыря пациента. Катетеризацию мочевого пузыря желательно проводить после окончания ультразвукового скрининга. Если FAST проводится при уже катетеризованном мочевом пузыре, то через катетер вводится 200—300 мл физиологического раствора. Если же исследование проводится до катетеризации мочевого пузыря, то должно быть оценено наполнение мочевого пузыря, так как неполный мочевой пузырь является частой причиной ложноотрицательных результатов. Хорошо наполненный мочевой пузырь позволяет легче обнаружить свободную жидкость в тазу.

Протокол FAST может быть интегрирован в первичное обследование пациентов с признаками геморрагического шока или подозрением на интраабдоминальное повреждение.

Быстрое ультразвуковое сканирование имеет чувствительность 86–99 % по сравнению с другими методами визуализации.

Быстрое сканирование выполняется из нескольких последовательных доступов для обнаружения жидкости в перикарде и наиболее зависимых зонах брюшины в горизонтальном положении пациента.

При ультразвуковом сканировании возможно обнаруживать >100—250 мл свободной жидкости. Место скопления интраперитонеальной жидкости зависит от позиции пациента и источника кровотечения. Гемоперитонеум формируется в месте поражения, затем кровь под действием гравитации скапливается в карманах перитонеальной полости.

При положении пациента лежа свободная жидкость будет скапливаться в 3-х потенциальных местах, обусловленных формой перитонеальной полости: в гепаторенальном, спленоренальном карманах и в тазу (в кармане Дугласа у женщин, ректовезикальном кармане у мужчин). Левый латеральный канал более мелкий, чем правый, и частично заблокирован *ligamentum phrenicosolicum*, поэтому жидкость стремится течь через менее резистентный правый латеральный канал. При повреждениях кишечника или брыжейки кровь чаще скапливается в межпетлевых пространствах, по данным компьютерной томографии (далее – КТ) эта жидкость имеет характерную треугольную форму, в отличие от поражений печени и селезенки, где кровь обычно стекает по периферии, вдоль боковых каналов в таз и не скапливается между петлями кишечника. В целом, самым важным потенциальным местом скопления жидкости является таз.

Последовательность исследования стандартных точек при FAST в большей степени зависит от клинического сценария. У гемодинамически стабильных пациентов последовательность зон исследования не имеет большого значения, поскольку FAST протокол выполняется быстро. Но имеет огромное значение у гемодинамически нестабильных пациентов с систолическим давлением ≤ 90 мм рт. ст. и особенно в критических ситуациях, когда у пациента не определяется пульс при наличии электрической активности сердца на мониторе – PEA (Pulseless Electrical Activity) или имеется электромеханическая диссоциация. В таких ситуациях немедленно приступают к исследованию из сердечных доступов, поскольку данные ультразвуковой картины сердца могут обеспечить быстрое понимание клинической ситуации. Обычно используют субкостальный доступ, но если невозможно быстро получить адекватный скан, то сразу же приступают к сканированию из парастернальной позиции, длинной оси левого желудочка (четырёхкамерной апикальной позиции).

У пациентов с травмой электромеханическая диссоциация (Pulseless Electrical Activity – отсутствие механической активности сердца при наличии электрической) может быть обусловлена 3 причинами:

- тампонадой сердца,
- гиповолемическим шоком (при острой массивной кровопотере),
- напряженным пневмотораксом.

1. **Субкостальный доступ**

Тампонада сердца – самая частая причина смерти при травматических повреждениях сердца.

Субкостальная позиция для исследования сердца является золотым стандартом диагностики жидкости в перикарде и тампонады сердца и должна выполняться немедленно. Пациент находится в положении лежа на спине. Датчик устанавливают под мечевидным отростком, направляя луч к левому

плечу почти в горизонтальной плоскости. Для сканирования из этого доступа может быть использован конвексный датчик с частотой 3,5—5 МГц.

Частой ошибкой является неправильная позиция датчика и направление ультразвукового луча. Ультразвуковой луч должен быть направлен не к позвоночнику, а к левому плечу пациента, почти в горизонтальной плоскости, угол наклона между датчиком и кожей должен составлять менее 30°.

Если визуализация неадекватна из-за газа, то нужно попытаться сместить датчик немного в правую субкостальную область пациента, используя печень, как ультразвуковое окно.

Перикардальная жидкость в контексте травмы (гемоперикард) будет выглядеть анэхогенной, но иногда могут присутствовать внутренние эхогенные включения —фибрин, кровяные сгустки или сердечная ткань.

Свернувшаяся кровь в перикарде по эхогенности сходна со стенками желудочков и может быть ошибочно принята за нормальный миокард, являясь причиной ложноотрицательного заключения.

Любая дискретная эхонегативная полоска между гиперэхогенным перикардом и стенкой сердца представляет собой жидкость в перикарде.

Количество перикардальной жидкости можно определить по ширине сепарации листков, измеряя ширину анэхогенного пространства.

Количество перикардальной жидкости оценивается и описывается по сепарации листков перикарда за задней стенкой левого желудочка следующим образом:

- Небольшое: 0,5—1 см (100—250 мл).
- Умеренное: 1—2 см (250—500 мл).
- Большое: > 2 см (> 500 мл).

Нормальное давление в перикарде равно нулю или отрицательное. Как только жидкость быстро начинает накапливаться в перикарде, повышается интраперикардальное давление.

Повышенное интраперикардальное давление создает внешнюю компрессию сердца, не позволяя полностью релаксироваться желудочкам во время диастолы, наполнение камер сердца уменьшается. В итоге уменьшается сердечный выброс, что ведет к падению артериального давления. Формируется «обструкция» кровообращения.

Основные эхокардиографические признаки тампонады сердца:

- Диастолический коллапс стенки правого желудочка и/или стенки правого предсердия. Наиболее важными эхокардиографическими индикаторами гемодинамически значимого перикардального выпота являются диастолический коллапс стенки правого желудочка (движение свободной стенки правого желудочка внутрь во время диастолы) и/или диастолический коллапс стенки правого предсердия (движение свободной

стенки правого предсердия внутрь во время диастолы). Коллапс правого предсердия является более чувствительным признаком при тампонаде, но менее специфичным (50–68 %). Диастолический коллапс стенки правого желудочка является менее чувствительным, но более специфичным признаком тампонады (84–100 %), чем коллапс правого предсердия, однако является более поздним признаком.

- Дилатация нижней полой вены с отсутствием изменения диаметра нижней полой вены на вдохе или недостаточное ее коллабирование (уменьшение диаметра нижней полой вены менее чем на 50 % при вдохе) – высокочувствительный признак тампонады. Без этого признака тампонада сердца мало вероятна.

- Наиболее специфическим эхокардиографическим признаком тампонады сердца является выраженная респираторная зависимость скоростей внутрисердечного кровотока (более 25 %). На вдохе скорость пика *E* митрального потока заметно снижается (более чем на 25 %), наоборот – скорость пика *E* транстрикуспидального потока увеличивается, как правило, более чем на 40 %. На выдохе взаимоотношение скоростей трансмитрального и транстрикуспидального кровотока обратные.

Если из субкостального доступа визуализация затруднена (из-за узкого субкостального пространства, газа в желудке, у беременных женщин или пациентов с ожирением), нужно немедленно переходить в **парастернальный доступ**. Некоторые специалисты используют парастернальный доступ, как начальное исследование, поскольку этот доступ также быстро позволяет оценить состояние перикарда, как и субкостальный доступ.

Аккумуляция жидкости вначале происходит за задней стенкой левого желудочка, как только накопившаяся жидкость достигает примерно 100 мл, то начинает окружать сердце, заполняя все перикардиальное пространство. Если в парастернальном доступе визуализируется анэхогенное пространство за правым желудочком без визуализации анэхогенного пространства (жидкости) за задней стенкой левого желудочка, то это эпикардиальный жир.

Апикальный доступ также может использоваться в качестве альтернативного доступа при проведении FAST-протокола с целью выявления перикардиальной жидкости или подтверждения положительного результата, полученного из другого доступа, если возникают сомнения. Датчик устанавливается над верхушкой сердца, ультразвуковой луч направлен на правую лопатку пациента. Индикатор датчика направлен на левое плечо пациента.

2. Доступ из правого верхнего квадранта или перипеченочный, правый боковой доступ (осмотр кармана Морисона)

При поиске свободной жидкости в абдоминальной полости рекомендуют начинать с кармана Морисона, поскольку гепаторенальный

карман является самым ранним и наиболее частым местом скопления крови при тупой абдоминальной травме. Гепаторенальный карман положителен чаще, чем спленоренальный карман при изолированном поражении селезенки.

Датчик устанавливается по средне-подмышечной линии на уровне 11–12 ребер, применяя коронарный скан, затем с помощью наклонов (медиально или латерально) и скольжений датчиком (краниально или каудально) необходимо получить изображение кармана Морисона для поиска крови в нем. Печень является ультразвуковым окном. В срезе при панорамном сканировании находятся печень, почка, диафрагма.

Для поиска крови в кармане Морисона, кроме общепринятого коронарного скана по средне-подмышечной линии, при выполнении FAST применяют продольный или косой скан правого верхнего квадранта по переднеподмышечной линии. Если тень от ребер мешает визуализации, то датчик нужно слегка повернуть против часовой стрелки, для того чтобы расположить датчик непосредственно в межреберном промежутке.

При движении датчика краниально осматривается область между куполом печени и диафрагмой – *правое поддиафрагмальное пространство* для идентификации свободной жидкости.

При движении датчика каудально визуализируется *правый боковой канал брюшной полости* (canalis lateralis dexter). Правый боковой канал расположен между пристеночной брюшиной и восходящей ободочной кишкой, распространяется от нижней поверхности печени, где сообщается с печеночной сумкой, до слепой кишки, возле которой переходит в позади-слепокишечный выворот (рисунок).

Гепаторенальный карман (карман Морисона) – это потенциальное пространство между правой долей печени и правой почкой. В норме окружающие ткани этих органов тесно прилегают друг к другу. При заполнении кармана Морисона жидкостью печень и почка будут отделены друг от друга. Чем больше жидкости, тем больше будет сепарация этих органов.

Чтобы избежать ошибок карман Морисона должен быть исследован также и при поперечном сканировании, при развороте датчика на 90°. Этот прием повышает точность диагностики при определении наличия жидкости в гепаторенальном кармане (особенно при минимальных количествах жидкости).

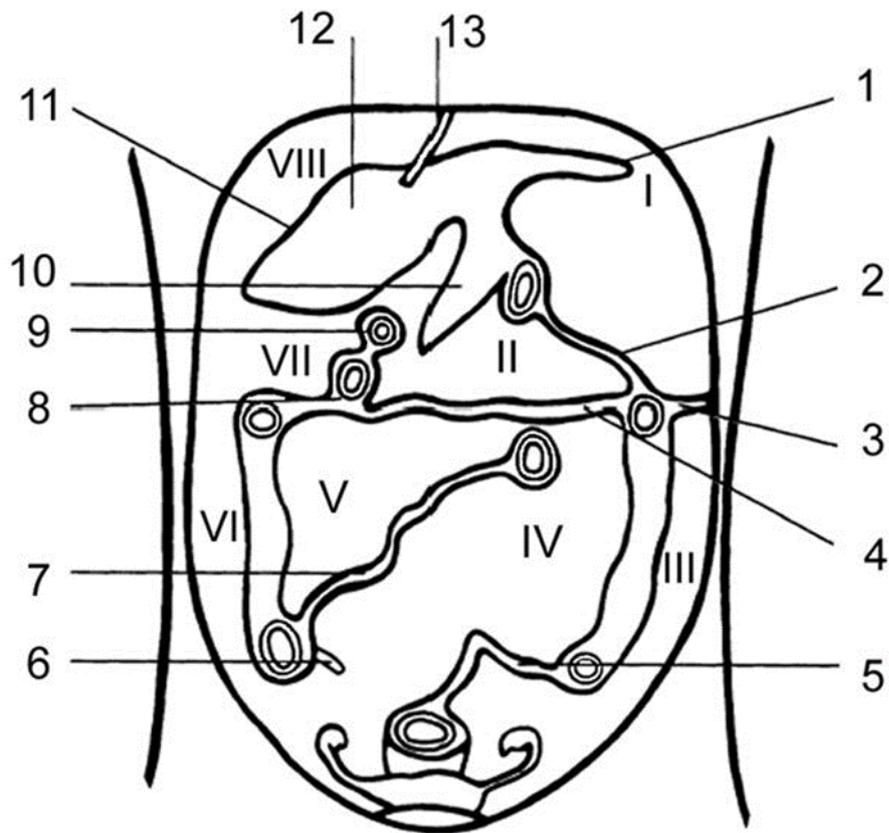


Рисунок. Фронтальный разрез брюшной полости: 1.Левая венечная связка. 2.Желудочно-селезеночная связка. 3.Диафрагмально-ободочная связка. 4.Корень поперечно-ободочной кишки. 5.Корень сигмовидной кишки. 6.Брыжейка аппендикса. 7.Корень брыжейки тонкой кишки. 8.Дуодено-ободочная связка. 9.Гепато-дуоденальная связка. 10.Малый сальник 11.Правая венечная связка. 12.Область купола печени. 13.Серповидная связка. I. Левое поддиафрагмальное пространство; II. Сальниковая сумка; III. Левый боковой канал; IV. Левый брыжеечный синус; V. Правый брыжеечный синус; VI. Правый боковой канал; VII. Правое подпеченочное пространство (карман Морисона); VIII. Правое поддиафрагмальное пространство

Провидится **обзорное полипозиционное сканирование печени (почки)**. Чаще субкапсулярная гематома печени, зона тромба, имбибиции ткани печени кровью представляют собой отграниченные участки гетерогенного повышения эхогенности с нарушением структуры паренхимы без достоверной визуализации дефекта паренхимы печени. В режиме ЦДК нормальная сосудистая архитектоника органа потеряна, кровоток не лоцируется. В динамике на смену изо- и гиперэхогенному очагу приходят гипо- и анэхогенный компоненты с зоне субкапсулярной гематомы. Разрыв печени / почки характеризуется дефектом капсулы, гетерогенным аваскулярным содержимым гематомы.

Для исследования **пространства, окружающего нижний край печени** (поиск жидкости в подпеченочном пространстве), нужно сместить датчик вниз от позиции кармана Морисона, применяя скользящее движение. При этом будет получено изображение нижнего края печени. Затем датчик нужно

наклонить или сместить медиально (по направлению к левой доле печени). Все это время внимание должно быть сконцентрировано на поиске жидкости, окружающей края печени.

Таким же образом осматривается верхний край печени, с целью поиска жидкости в **правом субдиафрагмальном пространстве**. При этом датчик смещается немного вверх от позиции кармана Морисона, а затем наклоняется или смещается медиально (по направлению к левой доле печени).

3. Поиск жидкости в правой плевральной полости

Датчик из позиции кармана Морисона скользящим движением смещается немного вверх.

Диафрагма имеет вид гиперэхогенной дуги и является ориентиром, разделяющим абдоминальную полость от плевральной. Над диафрагмой расположена плевральная полость и легкое, но в норме при ультразвуковом изображении над диафрагмой формируется зеркальное отражение печени (из-за зеркального артефакта).

При наличии жидкости в плевральной полости артефакт зеркального отражения исчезает и над диафрагмой будет визуализироваться анэхогенное пространство. Наличие плевральной жидкости может быть подтверждено при поперечном сканировании. Также в плевральной жидкости может визуализироваться ателектатическое легкое. Ателектатическое легкое движется при дыхании внутри жидкости в плевральном пространстве.

При одновременном присутствии гемоперитонеума с субдиафрагмальным скоплением жидкости и гемоторакса жидкость, окружающая печень, будет визуализироваться в виде анэхогенного пространства под диафрагмой, а гемоторакс в виде анэхогенного пространства над диафрагмой. Диафрагма будет иметь вид гиперэхогенной дуги, разделяющей эти пространства.

При выполнении FAST-протокола количество плевральной жидкости часто оценивается визуально (минимальный, умеренный, массивный гемоторакс). Может быть выполнен расчет объема крови:

$$\begin{aligned} & \text{Объем жидкости в плевральной полости} \\ & = (\text{расстояние от легкого до диафрагмы} \\ & + \text{латеральная максимальная высота в см}) \times 70 \end{aligned}$$

4. Доступ из левого верхнего квадранта (периспленальный или левый боковой)

Левый верхний квадрант исследуется по заднеподмышечной линии между 8 и 11 ребрами и несколько выше. Если левая почка определена первой, то для визуализации селезенки датчик немного отклоняют с краниальным направлением луча (по направлению к голове).

Если воздух желудка или кишечника мешает визуализации, то более задняя позиция датчика может улучшить визуализацию. Также визуализация

может улучшиться при повороте пациента немного вправо, если позволяют повреждения.

Осматривают спленоренальное, периспленальное пространства, левое субдиафрагмальное пространство (между селезенкой и диафрагмой). Для этого датчик из позиции спленоренального кармана нужно развернуть косо (вдоль межреберного промежутка), слегка наклоняя датчик с направлением ультразвукового луча кверху или кзади (зависит от расположения селезенки), при этом должны хорошо визуализироваться селезенка и диафрагма. УЗИ-осмотр может быть затруднен акустическими тенями от ребер, визуализация улучшается на высоте полного вдоха пациента. При смещении датчика краниально визуализируется плевральный синус.

При смещении датчика каудально визуализируется *левый боковой канал*. Левый боковой канал (canalis lateralis sinister) располагается между пристеночной брюшиной и нисходящей ободочной кишкой. Он начинается ниже левой диафрагмально-ободочной связки (lig. phrenicocolicum), тянется вниз, между пристеночной брюшиной и сигмовидной кишкой свободно сообщается с полостью малого таза.

Любые признаки эконегативного ободка между селезенкой и почкой свидетельствуют о свободной интраперитонеальной жидкости.

Обнаружение свободной жидкости в левом верхнем квадранте, в обоих верхних квадрантах или диффузно (в левом и правом верхних квадрантах и в тазу) в большей степени ассоциировано с разрывом селезенки.

Кровь при разрыве селезенки вначале скапливается в левом верхнем квадранте, затем течет в правый верхний квадрант, так как lig. phrenocolic. создает некоторое препятствие для движения крови в левый латеральный канал. Кровь из правого верхнего квадранта затем течет в правый латеральный канал, а не в левый верхний квадрант, опускаясь в таз вследствие гравитации.

Также выполняется сканирование селезенки. Повреждения паренхиматозных органов, особенно печени и селезенки, состоят из гиперэхогенных, гипозэхогенных, анэхогенных или смешанных (гипер- и гипозэхогенных) зон.

В контексте травмы любая зона аномалии эхогенности и структуры паренхимы расценивается, как травматическое повреждение органа. Поэтому при выявлении повреждений паренхиматозных органов внимание должно быть сконцентрировано на поиске любой локальной аномалии паренхимы и контура органа.

Присутствие интраперитонеального газа является косвенным подтверждением перфорации полого органа.

5. Поиск жидкости в левой плевральной полости

Для поиска левостороннего гемоторакса датчик из положения косо­го сканирования (вдоль межреберного промежутка), при котором хорошо визуализировалась селезенка, наклоняют немного больше, с направлением ультразвукового луча вверх (краниально) или кзади (зависит от расположения селезенки), или смещают датчик немного вверх от спленоренального кармана с направлением луча кпереди или кзади. В норме над диафрагмой, имеющей вид гиперэхогенной дуги, визуализируется зеркальное отображение селезенки из-за зеркального артефакта. При гемотораксе зеркальный артефакт исчезает, заменяясь анэхогенным пространством, представленным кровью в левой плевральной полости.

6. Надлобковый доступ (ретровезикальный карман, пространство Дугласа)

Сканирование из надлобкового доступа выполняют в поперечной и продольной плоскости. Датчик размещают поперечно по отношению к средней линии живота приблизительно на 2—4 см выше симфиза и ангулируют вниз в область таза. Затем датчик поворачивают на 90° для осмотра в сагиттальной плоскости, обеспечивая визуализацию мочевого пузыря, прямой кишки, пространства Дугласа у женщин и ректовезикального кармана у мужчин.

Обязательным условием при поиске свободной жидкости в тазу является полный мочевой пузырь. Пустой или неполный мочевой пузырь является самой частой причиной ложноотрицательных диагнозов. При хорошо наполненном мочевом пузыре четко определяются его стенки. Стенка мочевого пузыря является границей между жидкостью внутри пузыря и свободной жидкостью в тазу, поскольку поиск свободной жидкости в тазу ведется непосредственно за стенками мочевого пузыря. При пустом и полностью спавшемся мочевом пузыре скопление свободной жидкости в тазу может быть ошибочно принято за мочевой пузырь.

Свободная жидкость имеет очертания с острыми углами, окружая и очерчивая органы, в отличие от мочевого пузыря, где анэхогенная жидкость ограничена стенками.

Любое количество жидкости в контексте травмы считается гемоперитонеумом, кроме жидкости, обнаруженной в тазу у женщин репродуктивного возраста. У женщин репродуктивного возраста при травме изолированное скопление жидкости в тазу (в кармане Дугласа или параовариально) менее 3 см при измерении в переднезаднем измерении и при отсутствии других подозрительных признаков считается физиологической. В таких ситуациях клинического наблюдения обычно достаточно. Если кроме жидкости в тазу обнаружена жидкость в других местах, то это расценивается как гемоперитонеум и обычно свидетельствует об имеющихся клинически значимых повреждениях.

После завершения осмотра верхних квадрантов и таза должны быть быстро осмотрены **латеральные каналы** (если они не осматривались ранее), применяя поперечное сканирование, особенно в тех случаях, когда в верхних квадрантах и в тазу жидкость не обнаружена.

Затем осматривается **центральная часть живота** для поиска свободной жидкости в межпетлевых пространствах, так как свободная жидкость, обнаруженная в центральной части живота между петлями кишечника, может быть косвенным признаком повреждения кишечника и брыжейки.

Количество свободной интраперитонеальной жидкости может быть оценено несколькими методиками.

Шкала гемоперитонеума равна глубине наибольшего кармана жидкости в сантиметрах + количество дополнительных карманов жидкости.

Определяется наибольшее скопление жидкости в одном из карманов и измеряется его переднезадний размер в сантиметрах в месте наибольшей глубины и добавляется один балл за каждое дополнительное место выявленной свободной жидкости. Шкала гемоперитонеума (3 и более) является предиктором лапаротомии.

Пациенты со шкалой гемоперитонеума (менее 3) чаще всего не нуждаются в оперативном лечении.

Tiling предлагает считать, что маленькая анэхогенная полоска в кармане Морисона соответствует примерно 250 мл жидкости, а ширина анэхогенной полоски 0,5 см составляет более чем 500 мл свободной жидкости в перитонеальной полости.

Свободная жидкость, выявленная в 2-х или 3-х карманах, соответствует примерно 1 литру крови.

«Правило большого пальца»: обод жидкости 0,5 см в кармане Морисона составляет приблизительно 500 мл свободной жидкости, обод 1 см составляет приблизительно 1000 мл.

На принятие решения о хирургическом лечении пациента влияет совокупность факторов: данные результатов сонографии, КТ, систолическое АД, показания гематокрита, данные клинического наблюдения.

7. Передние грудные доступы

У пациента в положении лежа на спине при пневмотораксе воздух, находящийся в плевральной полости, стремится вверх к передней грудной стенке, околосоудочной области и переднему реберно-диафрагмальному синусу. Поэтому передний пневмоторакс идеально диагностируется методом ультрасонографии.

Ультрасонография является очень чувствительным методом в обнаружении пневмоторакса и по чувствительности значительно

превосходит рентгенологическое исследование (чувствительность рентгенографии при определении травматического пневмоторакса составляет 36—75 %), так как может выявлять даже незначительный пневмоторакс. Чувствительность ультрасонографии при диагностике пневмоторакса высокая (95–100 %) и приравнивается к чувствительности КТ. КТ является золотым стандартом в диагностике пневмоторакса и его объема, однако не может быть выполнена у пациентов с нестабильной гемодинамикой.

При поиске пневмоторакса ультрасонография кроме высокой чувствительности имеет высокую отрицательную прогнозирующую ценность и поэтому может быть эффективным диагностическим средством, чтобы окончательно исключить пневмоторакс у пациентов с травмой.

Поиск пневмоторакса выполняется тем же абдоминальным датчиком с частотой 3,5–5 МГц, но если возникают сомнения, то для лучшей визуализации скопления висцеральной плевры можно применить линейный датчик с частотой 7–10 МГц. Устанавливается малая глубина сканирования, примерно 5 см, проводится осмотр в ближнем поле.

Поиск пневмоторакса проводится по передней поверхности грудной стенки. Обычно исследуются два межреберных промежутка (3 и 4-й) справа и слева по среднеключичной линии. Некоторые авторы предлагают исследовать со 2-го по 4-й межреберный промежуток.

В плоскости ультразвукового сканирования необходимо получить поперечное изображение 2-х ребер с межреберным промежутком между ними. Этот скан является классическим при любых исследованиях плевры и легких, так как ребра являются анатомическим ориентиром для быстрого определения плевральной линии. Ребра формируют позади четкую акустическую тень.

Плевральная линия (А-линия) имеет вид хорошо определяющейся гиперэхогенной полосы, которая расположена сразу под ребрами. Плевральная линия является границей между мягкими тканями грудной стенки и легким, представлена париетальной и висцеральной плеврой, которые прилежат друг к другу.

Сразу под ребрами находится париетальная плевра, которая имеет вид гиперэхогенной линии, неподвижна и легко визуализируется. К ней прилежит висцеральная плевра, покрывающая легкое, которая совершает скользящие движения («туда–сюда»), синхронно с дыхательными движениями.

Плевральная полость представлена в виде анэхогенной или значительно гипоэхогенной полоски между париетальной и висцеральной плеврой. Висцеральная плевра кажется толще и более эхогенной, чем париетальная плевра, из-за отражения наполненного воздухом легкого.

Последовательно проводится исследование в течение нескольких дыхательных движений.

Скользящее движение называют «скольжением легкого» («lung sliding»). Если «скольжение легкого» обнаружено, то пневмоторакс практически исключается, висцеральная плевра не отделена от париетальной плеврой прослойкой воздуха. Обнаружение скольжения говорит о том, что висцеральная плевра, покрывающая легкое, движется вместе с легким и прилежит к неподвижной париетальной плевре, совершая относительно нее движения «туда-сюда» при вдохе и выдохе. При пневмотораксе «скольжение легкого» отсутствует, так как листки плеврой разделены воздухом. Поэтому отсутствие скольжения указывает на подпариетальное скопление воздуха.

Непосредственно от плевральной линии в норме отходят гиперэхогенные вертикальные артефакты типа «хвост кометы», называемые *В-линиями*. В-линии формируются от висцеральной плеврой и распространяются до конца изображения без затухания, также движутся синхронно вместе с висцеральной плеврой. Артефакты генерируются большой разницей сопротивления при прохождении луча через плевру (с высоким отражением) и легкое, наполненное воздухом.

При нормальном легком вертикальные линейные артефакты единичные или их несколько, *менее 7-ми в одном межреберном промежутке*.

Наличие большого количества В-линий (7 и более) при травме грудной клетки является признаком *контузии легкого*.

При пневмотораксе вертикальные артефакты (В-линии), отходящие от висцеральной линии, отсутствуют, так как листки плеврой разделены воздухом.

Также при пневмотораксе появляются грубые, множественные горизонтальные артефакты, эхогенные, ровные, параллельные плевральной линии. Эти множественные горизонтальные артефакты называются *А-линиями*. В норме горизонтальные артефакты также могут визуализироваться, но они единичные, невыраженные и повторяются через определенное расстояние, которое строго равно расстоянию от кожи до плевральной линии (артефакт реверберации). При пневмотораксе А-линии множественные, грубые, параллельны плевральной А-линии. Если возникают сомнения, то сравнение одной стороны грудной клетки с другой стороной может оказать помощь, если конечно нет билатерального пневмоторакса. За слоем воздуха при пневмотораксе отмечаются более выраженная реверберация, чем за обычной границей с воздушной легочной тканью, признак нагляднее при сравнении с интактной стороной.

При комбинации отсутствия скольжения легкого с наличием множественных горизонтальных артефактов или при комбинации отсутствия

скольжения легкого и отсутствия вертикальных артефактов чувствительность и прогнозирующая ценность составляют 100 %, специфичность 96 %.

Кроме того, в помощь диагностики пневмоторакса может быть использован М-режим. При нормальном легком в М-режиме мягкие ткани передней грудной стенки имеют линейную, слоистую структуру над гиперэхогенной плевральной линией и напоминают «море с тихими волнами», а мелкозернистая структура под плевральной линией отображает скольжение легкого (напоминает «песок, песчаный берег»). Этот феномен «морской берег» («Seashore Sign») указывает на нормальное скольжение легкого и исключает пневмоторакс.

При пневмотораксе в М-режиме визуализируются линейные, слоистые структуры над гиперэхогенной плевральной линией – мягкие ткани передней грудной стенки и сходные линейные, слоистые структуры под плевральной линией. Сочетание линейных структур над и под плевральной линией называется феноменом «штрих кода» («barcode»), он указывает на отсутствие скольжения легкого, т.е. на пневмоторакс.

Также наличие или отсутствие цветовых сигналов при применении режима энергетического доплера (Power Doppler) может исключить или подтвердить пневмоторакс, так как Power Doppler очень чувствителен к движению. Наличие сигналов Power Doppler отражает движение легкого вдоль плевральной поверхности при дыхании. При исследовании датчик должен быть неподвижен, чтобы исключить артефакты, вызванные движением датчика, которые могут быть ошибочно приняты за сигналы при «скольжении легкого».

Ложноположительные результаты диагностики пневмоторакса могут быть обусловлены любой патологией, при которой отсутствует скольжение между плевральными поверхностями или скольжение заметно снижено. Отсутствие «скольжения легкого» может наблюдаться при интубации бронха (чаще всего правого) – при этом будет отсутствовать «скольжение легкого» на противоположной стороне, респираторном дистресс-синдроме, плевральных адгезиях, бронхиальной астме, больших передних эмфизематозных буллах, ХНЗЛ (хотя в контексте травмы пневмоторакс наиболее вероятен, если пациент ранее не имел заболеваний легких).

«Точка легкого» («Lung Point») является высокоспецифичным признаком пневмоторакса (специфичность составляет 100 %), ее поиск применяется для определения размеров пневмоторакса (небольшой, умеренный, массивный). Информация о размере пневмоторакса имеет большое значение, так как предопределяет лечебные мероприятия (необходим дренаж или нет). Локализация «точки легкого» позволяет определить размер пневмоторакса с точностью, приравняваемой к точности данных КТ.

Поиск «Lung Point» ведется только при признаках пневмоторакса в стандартных точках у пациентов со стабильной гемодинамикой.

Обнаружение пневмоторакса у пациентов с нестабильной гемодинамикой говорит о массивном пневмотораксе (при отсутствии других причин нестабильности).

То место, где начинается попеременное появление признаков наличия и отсутствия пневмоторакса называется «точкой легкого» и является границей пневмоторакса.

При частичном пневмотораксе с неполным коллапсом легкого в месте пневмоторакса париетальная и висцеральная плевра разделена воздухом. В другой части, неразделенной воздухом, листки плевры прилежат друг к другу, висцеральная плевра совершает нормальное скольжение. Поэтому при последовательном перемещении датчика вдоль межреберного промежутка, начиная от передних отделов грудной клетки к латеральным отделам, по направлению к средне-подмышечной линии, можно обнаружить место начала соприкосновения висцеральной и париетальной плевры, где при вдохе листки плевры будут соприкасаться, а при выдохе будут разделены прослойкой воздуха. Это место и является границей пневмоторакса.

Для поиска «точки легкого» в М-режиме датчик нужно устанавливать неподвижно. На М-изображении в этом месте будут чередоваться признаки пневмоторакса и его отсутствия, следуя друг за другом (на вдохе будет визуализироваться скольжение легкого с феноменом «морского берега» в виде мелкозернистой структуры, а при выдохе скольжение будет отсутствовать, замещаясь множественными горизонтальными артефактами в виде «штрих кода»).

Если пневмоторакс обнаружен в стандартных точках (при продольном сканировании в 3–4 межреберном промежутке по среднеключичной линии с одной стороны или билатерально), то далее приступают к расширению исследования, определяя объем пневмоторакса.

При положении пациента в положении лежа небольшие пневмотораксы имеют тенденцию перемещения к передним отделам грудной клетки (передние пневмотораксы), в то время как большие пневмотораксы стремятся занять латеральные отделы (переднелатеральные пневмотораксы).

При определении объема пневмоторакса требуется время (до 3-х минут при исследовании одной стороны), поэтому размер пневмоторакса исследуется у пациентов со стабильной гемодинамикой.

Рекомендуется начинать исследование по парастернальной линии, устанавливая датчик в первую позицию, – поперечно межреберным промежуткам для обнаружения пневмоторакса, начиная с 3-го межреберного промежутка. Далее поиск «точки легкого» проводится в 3-х межреберных

промежутках: во втором или третьем, в четвертом или пятом, шестом или седьмом, соответственно определяя верхний, средний и нижний секторы.

При детекции признаков пневмоторакса для исследования его размеров устанавливают датчик во вторую позицию – вдоль межреберных промежутков (но также можно применять и поперечное сканирование межреберных промежутков, зависит от визуализации), продвигаясь от парастернальной линии к средне-подмышечной линии (или MCL – mid-coronal line – это линия, которая разделяет грудную клетку на равные половины (переднюю и заднюю) для точного определения «точки легкого» (границы пневмоторакса), очерчивая маркером латеральную границу пневмоторакса.

Если «точка легкого» обнаружена медиальнее MCL, то пневмоторакс считается передним; если точка легкого определяется на уровне MCL (средне-подмышечной линии) или за ней, то пневмоторакс считается переднелатеральным.

Выраженная *подкожная эмфизема* может препятствовать обнаружению пневмоторакса из-за плохой визуализации плевральной линии. При подкожной эмфиземе нижележащие структуры нераспознаваемы, так как они скрыты за многочисленными артефактами. Эти артефакты (*E-линии*) берут начало от различных уровней в мягких тканях. E-линии можно попытаться уменьшить при легком надавливании датчиком. Однако чаще всего пациенты имеют небольшие зоны подкожной эмфиземы, которые не препятствуют исследованию.

Поиск ребер в такой ситуации поможет избежать ошибок, так как плевральная линия находится непосредственно под ребрами. Если линейные артефакты берут начало выше плевральной линии и распределены хаотично, то это указывает на подкожную эмфизему.

Таким образом, обобщая выше сказанное, сонографическими признаками пневмоторакса являются:

- отсутствие «скольжения легкого»,
- отсутствие вертикальных артефактов (B-линий),
- множественные горизонтальные артефакты (A-линии),
- «точка легкого».

8. Поиск пневмоперитонеума

Сонография способна выявлять пневмоперитонеум объемом 5 мл.

В норме париетальный листок брюшины при ультразвуковом исследовании имеет вид тонкой эхогенной линии, расположенной ниже мышечного слоя и преперитонеального жира абдоминальной стенки. Ниже этой эхогенной линии визуализируются органы и структуры абдоминальной полости, совершающие скольжение «туда – сюда» синхронно с

дыхательными движениями при вдохе и выдохе, также видны перистальтирующие петли кишечника.

При пневмоперитонеуме свободный воздух формирует области интенсивной эхогенности на уровне париетального перитонеума и имеет вид фокального усиления перитонеальной полоски.

Признак усиления перитонеальной полоски (Enhanced Peritoneal Stripe Sign - EPSS) является достоверным и точным сонографическим признаком пневмоперитонеума, имеет высокую чувствительность и специфичность, достигая почти 100 %. Признак усиления перитонеальной полоски ассоциирован с задними интенсивными реверберационными артефактами, распространяющимися до конца ультразвукового изображения, но иногда может быть и без них, обычно при минимальных количествах газа.

При пневмоперитонеуме газ может визуализироваться в любом отделе при исследовании всех 4-х квадрантов, но наиболее часто и лучше интраперитонеальный газ визуализируется в эпигастральной области (по средней линии или парамедиально) и в правом верхнем квадранте.

Для поиска пневмоперитонеума датчик устанавливается вначале в эпигастральной области для поиска воздуха между левой долей печени и передней абдоминальной стенкой, затем датчик постепенно смещается в правый верхний квадрант, при этом исследуются передние и латеральные отделы правой доли печени (для поиска воздуха между правой долей печени и передней брюшной стенкой).

В сомнительных случаях пациента можно повернуть на левый бок, при этом визуализируется быстрое смещение свободного воздуха в отличие от воздуха, содержащегося в кишечнике.

Иногда интралюминальный газ кишечника, непосредственно прилегающего к париетальному перитонеуму, может быть ошибочно принят за свободный газ в абдоминальной полости. Но над интралюминальным газом всегда будет лоцироваться вышерасположенная перитонеальная полоска. Интралюминальный газ отделен от перитонеальной линии гипоэхогенной или анэхогенной тонкой полоской, представленной стенкой кишечника. Визуализации перитонеальной полоски и прилежащей стенки кишечника способствует применение линейных датчиков с высокой частотой сканирования (при умеренном телосложении пациента).

При выраженном пневмоперитонеуме часто возникает *«неожиданная трудность»* в получении каких-либо изображений абдоминальных органов, т.к. они «скрыты» массивным реверберационным артефактом, формирующимся за большим скоплением газа в брюшной полости, что является надежным диагностическим признаком.

Маневр «ножниц» (Scissors maneuver) может быть выполнен при выявлении свободного интраперитонеального воздуха: небольшое давление

на абдоминальную стенку каудальной частью линейного датчика, расположенного продольно, с последующим устранением давления, вызывает смещение газового пузыря. Отмечена высокая диагностическая ценность этого маневра (чувствительность 94 %, специфичность 100 %).

9. Осмотр нижней полой вены (дополнительный доступ)

Нижняя полая вена (НПВ) осматривается из субкостального или латерального доступа. Латеральный доступ использует печень как акустическое окно. Для получения продольного скана нижней полой вены датчик необходимо установить в эпигастральной области продольно по средней линии и немного отклонить его, направляя ультразвуковой луч вправо, до появления продольного изображения нижней полой вены, впадающей в правое предсердие (или сместить датчик немного вправо от средней линии).

Основной целью осмотра НПВ является оказание помощи в оценке внутрисосудистого объема (ОЦК) при крайних состояниях: гиповолемии или острой перегрузке объемом.

Размер НПВ обеспечивает быстрой и ценной информацией о давлении в правом предсердии. Измеряется максимальный и минимальный диаметр нижней полой вены, отражающие изменения ее диаметра на выдохе и вдохе (в М–режиме измерения более точные). Дилатация НПВ (максимальный диаметр > 2 см) с уменьшением коллабирования на вдохе является индикатором повышенного давления в правом предсердии, в контексте травмы характерна для тампонады сердца и напряженного пневмоторакса (из-за «обструкции» кровообращения, вызванной внешней компрессией камер сердца).

Коллапс НПВ (максимальный переднезадний размер менее 9 мм) коррелирует с гиповолемией (гиповолемическим шоком) у пациентов с травмой и является достоверным индикатором кровопотери. Эта информация позволяет быстро оценить статус объема (пациент с гиповолемией или без гиповолемии).

Так как коллапс НПВ четко коррелируется с гиповолемическим шоком, то эта информация помогает диагностировать кровопотерю при тупой абдоминальной травме еще до обнаружения ее источника.

При выполнении FAST-протокола необходима архивация выполненных изображений (клипов).

FAST-протокол не предполагает диагностическую оценку всех отклонений грудной, брюшной полости, забрюшинного пространства и таза.

Скопление жидкости на момент выполнения FAST-протокола может находиться ниже обнаруживаемого порога хорошо проведенного

ультразвукового исследования! Повторный быстрый осмотр показан регулярно при наблюдении пациента или при клинической декомпенсации.

Жидкость, обнаруживаемая при ультразвуковом исследовании, может быть не только кровь: моча, лаважная, асцитическая, амниотическая жидкость, содержимое кишечника, жидкость из разорванной кисты при раке яичников.

Ограничения диагностики свободной жидкости:

- Скопление жидкости до исследования (асцит, перитонеальный диализ).
- Скопление жидкости в малом тазу у женщины.
- Жидкость-содержащие петли кишечника.
- Забрюшинные кровотечения.
- Воспалительные заболевания брюшной полости, забрюшинного пространства.
- Сочетанные поражения (травмы полых органов, контузия стенок полых органов, травма поджелудочной железы, повреждение ножки почки).
- Эхогенный тромб.
- Ожирение.
- Подкожная эмфизема.
- Вынужденное положение пациента.
- Проникающее повреждение.
- Подготовка специалиста, выполняющего исследование.

Объективные предикторы пропущенных абдоминальных повреждений у пациентов с отрицательными результатами FAST-протокола при тупой абдоминальной травме: гематурия; переломы нижних ребер, поясничного отдела позвоночника или таза, подтвержденные рентгенографическими исследованиями;

Гемоперитонеум присутствует не при всех повреждениях висцеральных органов. Чрезмерно ранний осмотр, когда не скопился объем крови, достаточный для визуализации, поэтому рекомендуется повторный осмотр при клиническом ухудшении пациента.

Наиболее частыми клиническими основаниями для проведения последующих исследований у пациентов с отрицательными результатами FAST являются боль, гематурия, снижение гематокрита, экхимозы абдоминальной стенки, артериальная гипотензия, переломы ребер, поясничного отдела позвоночника, таза.

При диагностике жидкости в полости перикарда дифференциальная диагностика проводится с кистой перикарда, эпикардиальным жиром.

Ограничения диагностики формируются при существовавшем ранее перикардальном выпоте.

Ограничением при диагностике жидкости в плевральных синусах является существовавший ранее выпот, дифференциальная диагностика проводится от жидкости в полости перикарда и брюшной полости.

Литература:

AIUM Practice Parameter for the Performance of the Focused Assessment With Sonography for Trauma (FAST). Examination. Parameter developed in collaboration with the American College of Emergency Physicians (ACEP). / 2014—AIUM PRACTICE PARAMETER—FAST. – 10 p.

American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria—Blunt Abdominal Trauma. Reston, VA; American College of Radiology. – 2012.

Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) / P. Logan, D.Lewis. – Emergency Ultrasound with Sonography UK. – 14 p.

Учебное издание

Жерко Ольга Михайловна

УРГЕНТНАЯ СОНОГРАФИЯ ПРИ ТРАВМЕ

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 12. 07. 2017. Формат 60x84/16. Бумага «Discovery».

Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».

Печ. л. 1,16. Уч.- изд. л. 1,05. Тираж 100кз. Заказ 210.

Издатель и полиграфическое исполнение –

Белорусская медицинская академия последипломного образования.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3.

