

УДК 608.2

Техническое обеспечение метода ультразвукового доплеровского исследования сосудов. Разработка критериев и алгоритма выбора оборудования

Рудинская Ю.В., студент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана

Кафедра «Медико-технический менеджмент»

Научный руководитель: Жуков К.Н., к.м.н., доцент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана

zhukovkn@bmstu.ru

Ультразвуковые исследования – одно из самых распространенных в мире средств визуализации внутренних органов, структур с целью диагностики во многих областях медицины: от акушерства и гинекологии до маммографии и т.д.

Заболевания сосудов, такие как варикозное расширение вен, атеросклероз и т.д., в последнее время занимают одно из первых мест среди всех болезней пациентов среднего и старшего возраста. [3] Одним из самых эффективных и безопасных методов исследования сосудов является ультразвуковое сканирование. Ультразвуковое доплеровское исследование сосудов – один из методов функциональной диагностики, используемый в большинстве ЛПУ.

Ультразвуковые доплеровские методы являются эффективными средствами неинвазивного исследования характеристик движения тканей в организме человека и широко применяются в кардиологии и сосудистой диагностике. [1]

В зависимости от способов получения и отображения выделяют следующие доплеровские методы:

- Метод оценки изменения во времени скорости кровотока в сечении сосуда или части сечения сердца, сосуда.
- Метод оценки частоты сердечных сокращения с использованием доплеровского эффекта
- Спектральная доплеровская эхокардия – оценка спектра скоростей кровотока в сердце и сосудах в процессе его изменения во времени.
- Методы цветовой доплеровской эхокардии (цветовое доплеровское картирование) – двухмерное изображение биологических структур, в котором

скорость движения отдельных элементов отображается с помощью цвета отдельных оттенков.

По оценке ведущих западных специалистов в настоящее время компьютеризованные приборы ультразвуковой медицинской диагностики получают все более широкое применение и охватывают около 25% мирового рынка медицинского диагностического оборудования, а в ближайшее десятилетие ожидается рост этого показателя до 50%. [5]

Обследование ультразвуковой доплерографии информативно как для систем венозного, так и артериального кровообращения. Данная методика совершенно безвредна для обследуемого и имеет высокую информативность на ранних стадиях развития патологических процессов, позволяя вовремя поставить правильный диагноз и своевременно начать лечение.

Показания к проведению исследования:

• головные боли, мигрени, головокружения, как связанные с поворотами головы и переменной положения тела, так и возникающие в других ситуациях;

- шум в голове, шум в ушах;
- приступы общей слабости, плохого самочувствия, «мушек» перед глазами, ощущения нехватки воздуха, вегето-сосудистая дистония;
- выраженный остеохондроз;
- эпизоды внезапной потери сознания;
- эпизоды внезапной слабости, онемения руки или ноги, нарушения речи;
- артериальная гипертензия;
- избыточная масса тела;
- длительное повышение уровня холестерина в крови;
- сахарный диабет;
- ишемическая болезнь сердца, стенокардия, инфаркт миокарда;
- вертебрально-базиллярная недостаточность кровообращения (ВБН), цереброваскулярная болезнь (ЦВБ), транзиторная ишемическая атака (ТИА), инсульт.

Основным недостатком метода доплеровского ультразвукового исследования является то, что информация о потоке крови зависит от угла ультразвукового сканирования, а сосуды, располагающиеся перпендикулярно к датчику, вообще не получают своего отображения. Кроме того, довольно часто при доплеровском ультразвуковом исследовании возникают артефакты, которые путают цветовую картинку.

К причинам невозможности выполнения исследования ультразвуковой доплерографии принято относить: случаи, когда изучаемая область находится рядом с костными структурами; выраженная подкожно-жировая клетчатка (избыточный вес); невозможность пациента оставаться в течение теста без движения; патология сердечного ритма (аритмия) или заболевание сердца, что может вызвать изменения в кровотоке даже при наличии здоровых кровеносных сосудов; холодные руки или ноги – кровоток замедляется; наличие открытой раны в области, которая должна быть подвергнута исследованию.

Процедура доплерографии проводится так же, как и ультразвуковое исследование. Врач располагает датчик на коже в зоне интереса. Исследование полностью безвредно и безболезненно. Специальной подготовки требует лишь исследование сосудов брюшной полости. Пациент во время исследования находится в положении на спине.

Среди методик доплеровского исследования сосудов можно выделить методику, с помощью которой получают маркированные цветом сканограммы, на которых кровь, движущаяся к датчику, окрашена в красный цвет, а от датчика – в синий. С ее помощью устанавливают направление тока крови в камерах сердца, турбулентные и обратные движения крови в сосудах.

При исследовании венозной системы ультразвуковая доплерография позволяет анализировать венозное течение (однако точная локализация исследуемого сосуда затруднена – например, рефлюкс регистрируемый в подколенной ямке, может иметь место, как в малой подкожной вене, так и в икроножной вене или близлежащей подколенной вене).

Также доплерография позволяет выявить фазовый ритм оттока в проксимальных стволах глубоких вен (становится постоянным при закупорке сосуда тромбом), наличие рефлюкса в области соустья большой или малой подкожной вены, но метод имеет и ряд ограничений. К сожалению, с помощью ультразвуковой доплерографии не может быть визуализировано наличие rekanализованных тромбов, сложно оценить диаметр сосудов и различные анатомические варианты их строения.

Более информативной является комбинация сонографии (обеспечивает двухмерное изображение исследуемых органов) и доплерографии – дуплексное сканирование сосудов, которое дает возможность сопоставить данные о морфологии кровеносных сосудов с информацией о кровотоке в них. Данная технология обеспечивает прямую визуализацию анатомических структур (в В-режиме), что позволяет точно ориентировать направление доплерографии в центр исследуемого сосуда.

Дуплексное сканирование (цветной дуплекс) также позволяет проводить спектральный анализ кровотока, за счет моделирования цветом двунаправленного движения крови (или путем отображения на графике изображения всех частот полученного доплеровского сигнала).

Таким образом, доплеровское ультразвуковое исследование может применяться при диагностике многих состояний, включая:

- Сгустки крови – тромбы;
- Несостоятельность венозных клапанов в венах ног, что вызывает венозную недостаточность (появляются боли в голени и отеки);
- Дефекты сердечных клапанов и врожденные сердечные заболевания;
- Оклюзия (закупорка) артерии;
- Сужение просвета артерий.

Доплеровское исследование так же помогает доктору оценить повреждение артерий или наблюдать реконструкцию артерий и шунтов.

Наиболее распространенные заболевания, которые можно выявить при помощи ультразвуковых исследований сосудов:

- Исследование брахиоцефальных артерий и транскраниальное сканирование:
 - хроническая церебральная сосудистая патология,
 - острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе,
 - различные типы головокружений (с целью дифференциальной диагностики),
 - сахарный диабет.
- УЗИ вен нижних конечностей:
 - варикозная болезнь нижних конечностей,
 - тромбофлебит нижних конечностей.
- Исследование артерий нижних конечностей:
 - облитерирующий эндартериит,
 - сахарный диабет.
- Исследование почечных артерий:
 - врожденные сосудистые аномалии почечных артерий,
 - артериальная гипертензия.

Качество получаемой информации зависит от технического уровня прибора – чем сложнее и совершеннее прибор, тем выше качество диагностической информации. [4]
Обычно по техническому уровню приборы делят на следующие группы:

- 1) Простые приборы;
- 2) Приборы среднего класса;
- 3) Приборы повышенного класса;
- 4) Приборы высокого класса.

Среди изготовителей и производителей ультразвуковой техники отсутствуют согласованные критерии оценки класса приборов, так как имеется очень большое количество характеристик и параметров, по которым можно сравнивать приборы между собой. Однако одним из основных технических параметров, определяющих уровень сложности ультразвукового сканера, является максимальное число приемных и передающих каналов в электронном блоке прибора, так как чем больше число каналов, тем лучше чувствительность и разрешающая способность – основные характеристики качества ультразвукового изображения.

В простых (как правило, переносных) УЗИ аппаратах число каналов передачи-приема не более 16, в приборах среднего и повышенного класса 32, 48, 64. В приборах высокого класса число каналов может быть более 64 – 128, 256, 512 и даже более. Обычно ультразвуковые сканеры повышенного и высокого классов – это приборы с цветовым доплеровским сканированием.

Напомним, что для измерения характеристик движения тканей в организме человека (чаще всего - крови) используется эффект Доплера, который состоит в том, что частота излучаемых и частота отраженных акустических волн отличаются, если излучатель и отражатель движутся относительно друг друга. Это позволяет по измеренному в приборе доплеровскому сдвигу частоты оценивать скорость движения.

При неизменной скорости кровотока доплеровский сдвиг пропорционален частоте излучаемого датчиком сигнала: чем больше эта частота, тем больше сдвиг. По этой причине целесообразно выбирать как можно большую величину частоты сигнала, так как при этом увеличивается точность измерения доплеровского сдвига и, следовательно, точность оценки скорости в каждый момент времени.

Стремление увеличить частоту излучения, к сожалению, в существенной мере сдерживается физическими ограничениями, связанными с затуханием ультразвуковых колебаний в биологических тканях. [1] Как известно, эти затухания имеют частотно-зависимый характер, т.е. с увеличением частоты повышается степень затухания и, следовательно, уменьшается максимальная глубина, на которой еще можно получить эхо-сигнал приемлемого уровня, достаточного для измерения доплеровского сдвига частоты.

Уровень эхо-сигналов, отраженных форменными элементами крови, прежде всего эритроцитами, в среднем ниже, чем уровень эхо-сигналов, отраженных неоднородностями

мягких тканей, что обусловлено очень малым размером эритроцитов. Поэтому для получения необходимого уровня эхо-сигналов в заданном диапазоне глубин в доплеровских режимах применяются несколько более низкие частоты, чем в В-режиме.

В чисто доплеровских режимах (без одновременного получения В-изображения) используются, как правило, датчики со следующими частотами:

- 2 МГц — для исследования сосудов мозга (транскраниального исследования);
- 3 МГц — для исследования плацентарного кровотока;
- 4 или 5 МГц — для исследования относительно крупных и глубоко расположенных сосудов;
- 8 или 10 МГц — для исследования мелких, неглубоко расположенных периферических сосудов.

В так называемых дуплексных датчиках, используемых для получения одновременно двухмерного В-изображения и доплеровских измерений, частота для доплеровских измерений ниже, чем частота для В-режима. Например, датчик с частотой 3,5 МГц в В-режиме в доплеровском режиме излучает частоту 3 МГц, в датчике с частотой 5 МГц (в В-режиме) в доплеровском режиме применяется частота 4 МГц.

Можно сделать вывод, что выбор частоты датчика обусловлен максимальной глубиной расположения органов и структур, представляющих интерес для врача-диагноста. В ряде случаев, например при обследовании тучных пациентов, приходится применять датчики с частотой 2,5 МГц. Их максимальная рабочая глубина составляет 240 мм, однако разрешающая способность при использовании таких датчиков и, следовательно, качество изображения хуже, чем при частоте 3,5 МГц. С другой стороны, для обследования структур, расположенных на очень малых глубинах, применяются датчики с частотой более 10 МГц. При этом соответственно, качество визуализации находится на достаточно высоком уровне.

Многообразие моделей ультразвуковых приборов, предлагаемых различными фирмами-производителями и поставщиками, ставит проблему выбора перед тем, кто желает приобрести новый прибор и при этом наилучшим образом использовать выделенные на это средства.

При выборе ультразвукового прибора со спектральной доплерографией и системы с цветовым доплеровским картированием необходимо обращать внимание на следующие характеристики:

- наличие дуплексных датчиков, т.е. таких, которые могут одновременно работать в режиме получения двухмерного изображения и доплеровском режиме (D или CFM);
- возможность дуплексных датчиков работать не только с импульснoвоnным доплером (PW), но и в режиме непрерывновоnного доплера (CW), что дает важные преимущества при кардиологических исследованиях, когда измеряются высокие скорости кровотока;
- в кардиологических приборах очень важно иметь фазированные секторные датчики, работающие в дуплексном режиме (желательно не только с PW, но и с CW), такие датчики имеют преимущества по сравнению с другими секторными датчиками;
- в системах с цветовым доплеровским картированием кровотока желательно иметь триплексный режим, при котором на экране отображаются одновременно В-эхограмма, CFM-эхограмма и D-эхограмма (доплеровский спектр скоростей кровотока);
- очень желательно в кардиологических приборах иметь режим кинопетли, в котором запоминаются последовательные кадры изображения, получаемые в разных фазах сердечного цикла, с возможностью их последующего просмотра в медленном темпе;
- в кардиологическом приборе полезно иметь режим тканевого доплера;
- в приборе, предназначенном для сосудистых исследований, важно иметь режим энергетического доплера, повышающий чувствительность цветового изображения сосудов по сравнению с режимом цветового доплеровского картирования (CFM);
- полезно иметь возможность регистрации изображений большой емкости, например на дисках, а также возможность передачи изображений в международном стандарте DICOM, что позволяет включать систему в сеть других средств визуализации.

Заключение:

Разработка критериев и алгоритма выбора оборудования для технического обеспечения метода ультразвукового доплеровского исследования сосудов может пригодиться в работе сотрудников технической службы при многопрофильной больнице, т.к. данный метод исследования используется во многих лечебно-профилактических учреждениях.

Алгоритмизации процесса выбора оборудования повысит объективность принятия решения и снизит вероятность ошибочного выбора при недостаточной осведомленности или подготовке лечебно-профилактического учреждения.

Порядок формирования алгоритма предлагается следующий: задание основных показателей применения – установка связи этих показателей с техническими характеристиками оборудования – оценка приемлемости экономических показателей – вывод вариантов решения.

Структура выбора медицинского оборудования подразумевает использование базы данных, содержащей информацию о технических характеристиках оборудования, его функциональных возможностях, областях применения. Поэтому алгоритм выбора медицинского оборудования частично будет являться составляющей приложения базы данных, а частично – системы управления этой базой данных. Тогда средством реализации алгоритма может служить программная среда, в которой предполагается проектирование базы данных, либо другая, совместимая с программной средой базы данных.

Список литературы

1. Знайко Г.Г. Прохоров Н.Л., Стулин И.Д. Пути повышения диагностических возможностей ультразвуковых диагностических приборов. Режим доступа: <http://www.komplex-m.ru/index.php/articles/item/18-puti-povysheniya-diagnosticheskikh-vozmozhnostej-ultrazvukovykh-kompyuterizirovannykh-priborov> (дата обращения: 23.02.2014).
2. Классификация ультразвуковых сканнеров, УЗИ аппаратов. Режим доступа: <http://www.mediko.ru/index.php/index.php?id=23> (дата обращения: 20.12.2013).
3. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы: Практическое руководство для пользователей. М.: Видар, 1999. 256 с.
4. Осипов Л.В. Оценка состояния и предложения по развитию отечественной ультразвуковой диагностической техники // Медицинский бизнес. 2003. № 3. С. 23-26.
5. Предисловие к отчету конференции «Методы функциональной диагностики при исследовании атеросклеротического поражения сердца и сосудов». Режим доступа: <http://rasfd.com/index.php?productID=710> (дата обращения 23.01.2014).