УДК: 617-073.4

Важнейшие этапы развития ультразвуковой диагностики в клинической медицине

А.А.Нуриева, Г.М.Мамедов
Азербайджанский институт усовершенствования врачей им.А.Алиева, г.Баку

Адрес электронной почты автора: m.mamedov@inbox.ru

Açar sözlər: ultrasəs müayinə, tarix
Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, история,
Keywords: ultrasonography, history

В настоящее время ультразвуковое исследование (УЗИ) в медицине обрело репутацию самого широко применяемого и доступного метода лучевой диагностики. Важнейшими преимуществами этого инструментального метода следует признать: 1) отсутствие каких-либо противопоказаний к проведению УЗИ; 2) неинвазивность и безопасность; 3) отсутствие ионизирующего излучения и 4) возможность неоднократного применения без каких либо ограничений.

Теоретические основы этого метода формировались много десятилетий, начиная с 1794 г, когда было впервые установлено, что летучие мыши при полете в полной темноте ориентируются в пространстве только с помощью особых сигналов которые они испускают, как некие "лучи" и отраженные которых от окружающих объектов адекватно воспринимают [1].

Физическая природа этих "лучей" была раскрыта спустя почти столетие только после того, как физика звуковых волн, их распространения и отражения приобрела четкие очертания. Постепенно уже к концу XIX в стало формироваться представление об ультразвуке, как об особой разновидности звука, отличающемся высоко частотой. Его стали считать процессом возникновения и распространения в пространстве продольных механических волн, создаваемых объектами, колеблющимися с частотой более 20 тыс герц:
распространение таких волн в упругой среде (в веществе) приводит к попеременному сжатию и разрежению этого вещества. Поскольку такие механические колебания не воспринимаются ухом человеком, их назвали "ультразвуком" (УЗ) [2].

В Англии Ф.Гальтон к 1880 г разоботал специальный "свисток", позволяющие генерировать ультразвук - это был первый акустический излучатель УЗ-волны с частотой более 20 килогерц [3].

Во Франции в том же году физики Пьер и Жак Кюри наблюдали появление электрического потенциала на кристалле кварца при его сжатии - эффект назвали пьезоэффектом. Надо отметить, что эти открытия сыграли решающую роль в создании устройств как для генерирования, так и для восприятия ультразвука. Позднее именно пьезоэлементы стали главным компонентом любого УЗ-оборудования [3].

Но практическое применение эти эффекты нашли в связи с попытками создания устройств, позволяющих находить подводные препятствия, затонувшие корабли и др. Эти попытки активизировались после гибели "Титаника" в 1912 г. В создании таких аппаратов, названных "гидролокаторами", т.е. определяющими локализацию в водной среде.

В 1914 г в США была создана первая система гидролокации SONAR, позволившая находить погруженные в воду объекты, затонувшие корабли и подводные лодки и мины.

В 1935 г в Англии была разработана более совершенная система гидролоалици RADAR, которую сегодня считают прямым предшественником сконструированных в 40-х гг XX в двухмерных гидролокационных и медицинских УЗ-систем и, в частности, прародителем УЗ-систем для медицинской диагностики.

Еще одним направлением, предшествовавшим развитию УЗ в медицине, стала "промышленная дефектоскопия". Начатая в 30-е гг XX в разработка импульсных УЗ-дефектоскопов металла, позволила успешно использовались дефектоскопию для проверки целостности металлических корпусов судов, танков и другой техники.

Надо признать, что погресс в методологии гидроакустики (эхолокации) и металлодетекции обусловил формирование теоретических и технических предпосылок к использованию в будущем ультразвуковых волн в медицине [5].

Вместе с тем, в разработке подходов к применению УЗИ в диагностике способствовали и первые эксперименты с живыми организмами, которые проводились с использование приборов промышленного назначения. Заметим, что термин "эхолокация" был впервые использован в 1938 г американским зоологом Д.Гриффином, который, наблюдая за полетом летучих мышей, смог доказать, что они во время полета испускают узконапрвленые лучи УЗ [2].

Непосредственной предтечей применения УЗ в диагностике стало появление в 1941 г "ультразвукового рефлектоскопа"- прибора для дефектоскопии, в котором источник УЗ и их "приемник" были совмещены в одном датчике. В 1940 г немецкие врачи Г.Гор и Т.Ведекинд предложили использовать УЗ для обнаружения опухолей и абсцессов. Но они не смогли получить убедительные результаты своих наблюдений и не стали пионерами в применения УЗв диагностики [4].

Надо вспомнить и наблюдения американца Дж.Людвига, который в середины 40-х гг на протяжение 3 лет проводил эксперименты на животных по выявлению инородных тел (в частности конкрементов в желчном пузыре) с помощью УЗ-волн. Полученные им данные внесли весомый вклад в развитие подходов к УЗ-диагностике в медицине, поскольку в ходе своих наблюдений ученый пришел к ряду важных заключений.

Первых успехов в использовании УЗ в диагностике достиг венский психоневролог Карл Дюссик, который в 1947 г представил метод, названный им "гиперсонографией". Ему удалось обнаружить опухоль мозга, замеряя интенсивность, с которой ультразвуковая волна проходила сквозь череп пациента. Поэтому одним из родоначальников современной УЗ-диагностики считается именно К.Дюссик.

Однако, идеологический прорыв в развитии УЗ-диагностике, наметившийся в 1949 г, связан с именами двух америанских врачей: Д.Хаури и Дж.Уйльда.

Д.Хоури сконструировал первый аппарат для медицинского сканирования - он представлял собой довольно громоздкий резервуар с жидкостью, в которую помещался пациент, вынужденный долгое время сидеть неподвижно, пока вокруг него передвигался сканер брюшной полости. Прибор он назвал "сомаскопом".

Дж.Уайлд разработал относительно небольшо и даже портативный прибор с подвижным сканером, который выдавал в режиме реального времени визуальное изображение контура обнаруженной опухоли. Свой аппарат он назвал "эхографом" [6].

Англичанин Дж. Уальд в 1950 г начал изучение возможностей применения УЗ для диагностики хирургической патологии. Работая в США совместно с инженером Д. Нилом, он обнаружил, что злокачественные опухоли желудка обладают большей эхогенной плотностью по сравнению со здоровой тканью.

В 1951 г уже упоминавшийся Д. Хоури, вместе с коллегами разработали усовершенствованный соматоскоп. Уже в 1957 г эти же исследователями был разработан кюветный сканер. Пациент обследовался сидя в модлифицированном стоматологическом кресле и был закреплен напротив пластмассового "окна" полукруглой кюветы, заполненной солевым раствором.

Между тем, накопленный опыт применения УЗВ в диагностике показывал перспективеось этого подхода и уже в 1952 г в США был основан Американскй институт ультразвука в медицине: American institute of ultrasound in medicine (AIUM).

В 1962 г. директор лаборатории медицинских исследований в г. Денвере Дж.Холмс, вместе с инженерами сконструировали рычажный сканер, который уже мог перемещаться над пациентом при ручном управлении оператором.

В 1963 г. в США был разработан первый контактный сканер, управляемый рукой. Это было начало этапа становления наиболее популярных статических УЗ-аппаратов в медицине [7].

Вместе с тем, большинство специалистов полагает, что промышленное производство первых аппаратов для УЗ-диагностики, которые стали широко применяться во многих отраслях клинической медицины, началось после 1965 г. Именно тогда появилось достаточное количество УЗ-диагностической аппарататуры и завершился первый этап применения УЗВ в медицинской диагностике.

С 1966 г AIUM начал проводить аккредитацию специалистов по ультразвуковой диагностике - чтобы получить лицензию на работу в УЗ-диагностике в акушерстве, врач должен был осуществлять интерпретацию как минимум 170 УЗ-снимков в год.

В 1966 г в Вене состоялся первый Всемирный конгресс УЗ-диагностики в медицине, а второй - в 1972 г. в Роттердаме. В 1977 г. было основано Британское медицинское общество ультразвука British Medical Ultrasound Society (BMUS).

Таким образом, начиная с середины 60-х гг XX в в США, странах Западной Европы и Японии начали проводиться исследования по изучению возможностей широкого применения УЗВ с целью диагностики заболеваний. В основе их проведения использовались принципы как гидролокации (А-режим), так и радиолокации (В-режим).

Именно тогда была создана прочная теоретическая основа методов УЗ-диагностики, построенная на представлении о том, что УЗВ, проникая через ткани различной плотности, они по-разному отражается от них. Специальный принимающий датчик фиксирует эти изменения, а компьютерная часть прибора переводит их в графическое изображение - именно его можно зафиксировать как на мониторе, так и фотобумаге.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) или ультрасонография - это направленное применение УЗВ в теле пациента, при котором ультразвуковые колебания, отражаясь от исследуемых тканей и поверхностей (границы между органами), возвращаются в ультразвуковой датчик, обрабатываются и измеряются для получения изображения на экране монитора. Последнее формируется за счет сочетания акустически более плотных и акустически менее плотных структур тела.

Все ткани организма, в зависимости от способности отражать УЗВ условно делятся на 5 категорий: 1) анэхогенные – не отражающие УЗВ (жидкости); 2) гипоэхогенные – слабо отражающие УЗВ (мышцы, клетчатка, нервы); 3) изоэхогенные - отражающие УЗВ со средней интенсивностью; 4) умеренно гиперэхогенные – отражающие УЗВ с повышенной интенсивностью (воздух/газ, фасции) и 5) абсолютно гиперэхогенные – полностью отражающие УЗВ.

Гиперэхогенные структуры обладают наибольшей акустической плотностью - отражением звуковой волны и самой низкой звукопроводимостью (кость/надкостница, конкременты, металлические элементы). Эхогенность мягких тканей, органов может снижаться вследствие их отека или воспаления.

При анализе изображенния, сформированного за счет отраженых УЗВ, принимают во внимание и возможность существования артефактов. Артефакты (от латин. arte – искусственно + factus - сделанный) – это структуры, которые дополнительно визуализируются, но не существуют в действительности, а также случаи исчезновения или искажения изображения, которое не соответствует реальным исследуемым объектам.

Отраженные ультразвуковые импульсы отображаются на мониторе как пятна различной яркости, пропорциональной их интенсивности. Эхосигналы различной интенсивности после электронной обработки превращаются в пятна изображения различной плотности или различных оттенков серого цвета.

С середины 60-х гг XX в методы УЗ-диагностики приниципиальным образом видоизменились и модернизировались. На смену обычной двумерной визуализации пришли технологии, позволяющие получать объемную картинку - трехмерное УЗИ создает 3D изображение в любом ракурсе [8].

Уже привичными стали многие технологии визуализации: эхоконтрастирование – УЗИ с применением внутривенного контраста, содержащего микроскопические газовые пузырьки; УЗ-томография методика, аналогичная по информативности компъютерную томорафии и магнитно-резонансную томографию, но при этом совершенно безвредная; соноэластография -ЗИ с применением дополнительного фактора (давления), помогающего по характеру сокращения тканей определять патологические изменения и дрегие технологии.

Современная аппаратура для УЗ-диагностики оснащена множеством дополнительных программ и режимов сканирования, которые открывают новые перспективы в диагностике различных

заболеваний. Использование широкополосных, многочастотных датчиков, в которых применяют ультразвуковой преобразователь с широкой полосой рабочих частот, существенно улучшает разрешающую способность особенно в ближней и средней зонах по глубине.

С введением в практику ультразвуковых технологий, основанных на эффекте Допплера (он состоит в том, что частота звука, издаваемого движущимся объектом, изменяется при восприятии этого звука неподвижным объектом), стала возможным визуализация движущихся структур, в частности, потока крови в сосудах.

К этим технологиям относятся цветовое и энергетическое допплеровское картирование, импульсная допплерометрия. Принципиальным отличием цветового и энергетического допплеровского картирования от "серошкального" изображения является то, что в определенной части изображения в В-режиме выводится информация в цвете о скорости движения структур в каждом из элементов изображения.

В этом смысле этот метод близок к рентгеновской ангиографии и дает возможность визуализировать сосуды с низкой скоростью кровотока, например сосуды коркового вещества почек.

Первые попытки построения трехмерного (3D) ультразвукового изображения были сделаны в 90-е гг XX в, после появления 3D-компьютерных программ обработки изображения. Создание и обработка трехмерного изображения в серошкальном режиме включают мультипланарную реконструкцию, послойное изучение срезов. Фактически этот метод дает возможность объемной поверхностной реконструкции исследуемого объекта.

Завершая краткий очерк, посвященный характеристике первых шагов УЗ-диагностики, надо отметить что за 60 лет, которые прошли с момента начала широкого внедрения методов УЗ-диагностики, эти методы подверглись сильному влиянию научно-технического прогресса.

Появились и внедряются в клиническую практику новые аппараты и методики, позволяющие не только устанавливать правильный диагноз но и делать это быстро и комфортно для пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и рехнике. М.: Изд-во иномтранной литературы, 1957, 726 с

2. Newman P., Rozitcky G. History of ultrasound //Surgical clinics of North America, 1998, v.78, p.179-195;

3. Мамедов Г.М. Теоретические и технические предпосылки к использованию ультразвуковых волн в диагностической медицине. // Биомедицина, 2024, N.1, с.31-33;

4. Тимофеев А.А., Фесенко Е.И., Черняк О.С. История и основа ультразвукеового метода обследования // Челюстно-лицевая хирургия и хирургическая стоматология, 2016, N.1, с.96-99

5. Мамедов Г.М. Ультразвуковые волны: первые этапы применения в медицинской диагностике // Биомедицина, 2024, N.2, с.....

6. Тимофеев А.А., Фесенко Е.И., Черняк О.С. История и основа ультразвукеового метода обследования.// Челюстно-лицевая хирургия и хирургическая стоматология, 2016, N.1, с.96-99

7. Radjamani A., Bkharadvaj P., Kharikaran S. et al. A historical timeline of development and evolution of medical diagnostic ultrasonography //J.Clin. Ultasound, 2024, v.52, p.1419-1437.

8. Шаповалова А.Г. Ультравуковое исследование как высший уровень клинической диагностики. // Медицина и экология, 2013, N.1, с.11-13

Xülasə
Klinik təbabətdə ultrasəs diaqnostikasının inkişafının əsas mərhələləri
A.A. Nuriyeva, Q.M. Mamedov

Bu məqalədə klinik təbabətdə ultrasəs diaqnostikasının tarixi araşdırılır, hidrolokasiya və qüsur aşkarlama cihazlarının inkişafı üçün nəzəri və texniki əsaslara qısa bir baxış təqdim olunur. Bundan başqa, müəlliflər klinik təbabətdə ultrasəs müayinə cihazlarının inkişafı və istifadəsinin ilkin mərhələlərini təsvir edirlər.

Summary
Most important stage of ultrasound diagnostic development in clinical medicine
A.A.Nuriyeva, G.M.Mamedov

The paper is dedicated to development of application of medical diagnostic ultrasonography and contains brief information about technical preconditionds to creation machines for medical diagnostic ultrasonography. Besides, the author describes first stages of its application in medical diagnostics and notes that its main advantages provides enlargement of usage field of ultrasonography in medicine.

Daxil olub: 12.04.2025