

УДК 616.31-073.4(091)

А.А. Тимофеев<sup>1</sup>, Е.И. Фесенко<sup>1</sup>, О.С. Черняк<sup>2</sup>

## История и основы ультразвукового метода обследования

<sup>1</sup>Институт стоматологии НМАПО им. П.Л. Шупика, г. Киев, Украина<sup>2</sup>Областной диагностический центр Киевской областной клинической больницы, Украина

**Цель:** ознакомиться с историей, основами ультразвукового метода обследования, детализировать показания к его проведению в челюстно-лицевой области и преимущества УЗИ над КТ и МРТ.

**Методы:** ультразвуковое исследование челюстно-лицевой области.

**Результаты:** было установлено, что ультрасонография имеет широкий спектр показаний к ее проведению и значительное количество преимуществ перед другими методами обследования, что делает его незаменимым при различной патологии головы и шеи.

**Выводы:** описанные показания к проведению УЗИ в челюстно-лицевой области и преимущества УЗИ перед КТ и МРТ расширяют диагностический арсенал врачей различных профилей, делая диагностику, лечение и профилактику челюстно-лицевой патологии более доступной и прецизионной.

**Ключевые слова:** ультразвук, ультразвуковое исследование (УЗИ), ультрасонография, эффект Допплера, доплерография, В-режим, эхогенность, эхоструктура, артефакт, эластография.

### Введение

Ультразвуковой метод обследования пациентов прочно вошел в общую медицинскую диагностическую практику, его роль трудно переоценить. В челюстно-лицевой хирургии данный диагностический метод обследования больных еще не получил широкого распространения. С одной стороны это можно объяснить консерватизмом врачей данной специальности, непонимание ими плоскости сканирования и положения сканирующего датчика, а с другой стороны – недостаточным опытом врачей ультразвуковой диагностики, не умеющих правильно описать структуру патологического очага в челюстно-лицевой области.

В данной статье хотим познакомить врачей-стоматологов с основами ультразвуковой диагностики, которые помогли бы в расшифровке полученных данных.

### Ультразвуковая диагностика

Ультразвуковая диагностика – это метод обследования органов и тканей с помощью ультразвуковых волн. Проникая через ткани различной плотности, ультразвук по-разному отражается от них. Специальный принимающий датчик фиксирует эти изменения, переводя их в графическое изображение, которое можно зафиксировать как на мониторе, так и специальной фотобумаге.

**Ультразвуковое исследование (УЗИ) или ультрасонография** (лат. *ultra* – над, понад; «*sonus*» – звук, греч. *γραφο* – писать, изображать) – это направленное применение ультразвука 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.

**Ультразвук** – это высокочастотные звуковые волны, не воспринимаемые человеческим ухом, с частотой свыше 20000 циклов в секунду (20000 Гц). Эти волны можно преобразовать в лучи и использовать для сканирования тканей тела.

Первые упоминания об ультразвуке были сделаны итальянским физиологом и священником **Lazzaro Spallanzani** (годы жизни с 1729 по 1799) в своем труде «*Opuscoli di fisica*» в 1794 г., в котором автор описал способность летучих мышей к пространственной навигации

при помощи распространяемых ими звуковых волн и приема ими от отраженного объекта волн – эха (эхолокация) [19, 25]. Он заметил, что если летучей мыши заткнуть уши, то она теряет ориентировку в пространстве. Ученый предположил, что ориентация в пространстве осуществляется посредством излучаемых и воспринимаемых невидимых лучей, которые в дальнейшем получили название ультразвуковых волн. Теория эхолокации была подтверждена в 1938 г. двумя студентами Гарвардского университета Дональдом **Грифффином** и Робертом **Галамбосом** (*D. Griffin and R. Galambos*), которым удалось записать направленные ультразвуковые волны, испускаемые летучими мышами при полете.

В 1841 г. австрийский физик и математик **Кристиан Допплер** (*C. Doppler*) опубликовал работу «О цветном свете двойных звезд и некоторых других звезд неба». Исходя из собственных наблюдений за волнами на воде, Допплер предположил, что подобные явления происходят в воздухе с другими волнами. На основании волновой теории он сделал вывод, что приближение источника света к наблюдателю увеличивает наблюдаемую частоту, а отдаление уменьшает ее. Допплер теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. Это явление впоследствии было названо его именем – **эффектом Допплера**. Астрономические принципы данной теории легли в основу эффекта Допплера (*данный эффект гласит, что частота и длина волн изменяются при движении их источника и/или приемника*), используемого **доплерографией**, ультразвуковым исследованием, отображающим кровоток и измеряющем его скорость и направление. Развитие изображений цветового потока явилось ключевыми в интерпретации состояния лимфатических узлов головы и шеи и идентификации сосудов и васкуляризированных структур.

В 1880 г. Гальтоном (*Galton*) был изобретен и выпущен аппарат, способный продуцировать ультразвуковые волны частотой 40000 Гц. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект (от греч. *πίεζο* (*пиезо*) – давить, сжимать) был открыт братьями Кюри (Жаком и Пьером) в том же году, которые отметили возникновение электричества в кристалле кварца при

механических вибрациях. Суть же обратного пьезоэффекта состояла в способности жидкого кристалла выработать электричество при вибрациях, продуцированных *ультразвуковой волной*.

В 1912 г. английский математик, физик и психолог Lewis Fry Richardson вскоре после трагедии «Титаника» запатентовал методику акустической эхолокации в воздухе для определения айсбергов, а уже через месяц и для эхолокации под водой.

В 1937 г. попытка австрийского невролога и психиатра Karl Dussig применения ультразвука для визуализации опухолей и камер мозга оказалась безрезультатной из-за невозможности волн проникать через костные структуры.

В 1942 г. американцы Ludwig и Stuthers использовали ультразвук для определения наличия камней в желчном пузыре и чужеродных тел мягких тканей.

В 1950-х Douglass Howry и Joseph Holmes из университета Колорадо стали пионерами в развитии ультразвукового исследования в 2D (двухмерном) В-режиме.

Шведский физик Helmuth Hertz, и кардиолог Inge Edler своей работой определили развитие эхокардиографии, когда 29 октября 1953 г. применили устройство, заимствованное у кораблестроительной компании «Kockums». В этом же году этот метод был применен для получения эхоэнцефалограмм.

В 1956 г. шотландский физик Ian Donald фактически ввел ультразвук в диагностику и медицину, когда использовал **одномерный А-режим** (с англ. *echo amplitude modulation*) для определения диаметра темени головы плода.

Два года спустя Ян Дональд (*Ian Donald*) и инженер Том Браун (*T. Brown*) представили ультразвуковое изображение врожденной женской опухоли, а статья «Исследование образований брюшной полости импульсным ультразвуком» в журнале «The Lancet» стала определяющей в этой области. Совместно с Dr. John MacVicar Т. Браун и Я. Дональд изобрели контактный сканер, в котором датчик мог перемещаться вручную по животу пациента с получением **двухмерных изображений**, определением плотности тканей, что стало поворотной точкой в развитии и применении ультразвука в медицине.

С 1963 г. начинается коммерческое использование ультразвуковых приборов, когда был окончательно разработан **В-режим** (с англ. *brightness mode* – режим яркости), позволяющий визуализировать **двухмерное** изображение.

В конце 60-х *Eugen Strandness* и группой биоинженеров из университета Вашингтона было проведено исследование **доплеровского ультразвука** как диагностического метода при сосудистых заболеваниях. Также, они разработали технологию использования **дуплексного сканирования** (лат. *duplex* – двухсторонний), или **доплеровского сканирования** объединенного со сканированием в **В-режиме**, для визуализации сосудистых структур в режиме реального времени, одновременно предоставляя информацию о реальной гемодинамике.



**Рис. 1. Эволюция аппаратов для ультразвуковой диагностики (А – портативный аппарат УЗИ 2000-х годов, Б – мобильная система УЗИ-исследования MobiUS, 2015 г.).**

В середине 70-х G. Kossoff и W. Garret с помощью своих работ привели к разработке и появлению ультразвуковых сканеров, работающих в режиме реального времени. В 1977 Wallfish провел аспирацию иглой содержимого полостного образования под ультразвуковым контролем.

Параллельно с начала 1950-х г. в разных странах мира велась работа по развитию как УЗ-методов исследования, так и аппаратуры для ее проведения. Данная работа продолжается и по сей день. Возможность проведения ультразвукового исследования при помощи смартфона с подключаемым к нему датчиком уже стала реальностью (рис. 1), что позволяет врачу любого профиля не быть привязанному к месту работы и дорогостоящему больничному оборудованию.

Понимание основополагающих принципов работы таких методов, как КТ, МРТ является и принципиально важным и в том, чтобы разобратся в механизмах действия и оценки УЗИ.

Известно, что **КТ** (компьютерная томография) основывается на том принципе, что различные ткани организма по-разному поглощают ионизирующие излучение (определяется в единицах Хаунсфилда – **HU**). **Единицы Хаунсфилда (Hounsfield Units – HU)** – это единицы, обозначающие меру поглощения различными тканями организма рентгеновских лучей (*это условные единицы, обозначающие рентгенплотность тканей организма*). Больше всего поглощают рентгеновское излучение эмаль зубов (3000 HU) и кортикальная кость (от 850 до 2000 HU), меньше всего – кровь (20–70 HU) и мышцы (10–70 HU), жировая ткань (40–100 HU). За ноль принимается коэффициент поглощения воды. Воздух (при воздушной или газовой эмфиземе) равен 1000 HU [3].

**МРТ** (магнитно-резонансная томография) базируется на том, что разные виды тканей (кости, клетчатка, мышцы, сосуды и т. д.) имеют различное количество атомов водорода и поэтому способны генерировать сигналы с различными характеристиками [11].

Метод **УЗИ** основывается на различной способности тканей организма отражать ультразвук (**эхогенность**). **Эхогенность** (греч. *ἤχώ* – эхо + *γένεσις* – рождающий) – способность исследуемых тканей отражать ультразвук. Дословно это способность рождать эхо. **Чем больше в ткани или опухолевом образовании содержится жидкости (киста), тем меньше она отражается и лучше проводит ультразвук, и наоборот, чем меньше в структуре жидкости (кость), тем сильнее она отражается и тем хуже проводит ультразвук.**

**Эхограмма** – это получаемое изображение при ультразвуковом обследовании.

Для врача любого профиля ключевым в понимании УЗИ и самостоятельной оценки УЗ изображений (эхограмм) является понимание характеристик **эхогенности** и **эхоструктуры**, так как они используются совместно для описания любых визуальных объектов. А умение распознавать **артефакты**, которые возможны на ультразвуковых изображениях, важно для правильной диагностической интерпретации.

Общепринято, что **ткани и структуры организма в зависимости от степени экзогенности делятся на** (Быковский В.А., 2001) [2]:

- **анэхогенные** – не отражающие ультразвук (гной, иногда с гипо- или гиперэхогенными включениями – газ);
- **шипоэхогенные** – слабо отражающие ультразвук (мышцы, клетчатка, нервы);
- **изоэхогенные** – отражающие ультразвук со средней интенсивностью;
- **умеренно гиперэхогенные** – отражающие ультразвук с повышенной интенсивностью (воздух/газ, фасции);
- **абсолютно гиперэхогенные** – полностью отражающие ультразвук. Гиперэхогенные структуры обладают наибольшей акустической плотностью – отражением звуковой волны и самой низкой звукопроводимостью (кость/надкостница, конкременты, металлические включения).

**Эхогенность мягких тканей, органов может снижаться вследствие отека или воспаления.**

Артефакты (лат. *Artefactum* от *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.

Сканирование в **В-режиме** (режим яркости). Отраженные ультразвуковые импульсы отображаются на мониторе как пятна различной яркости, пропорциональной их интенсивности. Эхо-сигналы различной интенсивности после электронной обработки превращаются в пятна изображения различной плотности или различных оттенков серого (отображение в серой шкале, модуляция яркости).

**Показания к проведению УЗИ в челюстно-лицевой хирургии:**

1. Гнойно-воспалительные процессы мягких тканей [12, 15, 16].
2. Одонтогенные воспалительные заболевания челюстей (острый и хронический периоститы, остеомиелит).
3. Воспалительные процессы лимфатических узлов [12, 20].
4. Посттравматические повреждения околочелюстных мягких тканей (гематомы, эмфиземы).
5. Верификация линейных и оскольчатых переломов костей лицевого скелета [14, 21].
6. Ранние и поздние осложнения переломов челюстей (нагноение костных ран, ложный сустав, несросшийся перелом и т. д.) [10].
7. Наличие патологии височно-нижнечелюстных суставов (гемартроз, суставной выпот, артриты, артрозы) [4, 24].
8. Кисты, опухоли и опухолеподобные образования мягких тканей (атеромы, боковые и срединные кисты шеи, дермоидные и эпидермоидные кисты, липомы, гемангиомы, лимфангиомы, фибромы и т. д.) [5, 6, 7, 8, 15].
9. Неопухольевые заболевания слюнных желез (острые, хронические, синдромы и т. д.) [7, 8, 9, 15, 20].
10. Опухоли больших и малых слюнных желез (добро- и злокачественные) [7, 8, 9, 15], парасиаломы.
11. Образования челюстей (эпулиды, периферические гигантоклеточные гранулемы, кистозные образования, метастазы) [1, 22].

12. Новообразования языка (гемангиомы, лимфогемангиомы, фибромы, пиогенные гранулемы и т. д.) [5, 17].
13. Патология сосудистой системы (артерио-венозные образования, тромбоз флебит, флеботромбоз, нарушения проходимость сосудов шеи) [13].
14. Инородные тела мягких тканей (пули, дробь, протолкнутые во время удаления зуба) и возможность их удаления под контролем УЗИ.
15. При проведении блокад и биопсий, также для введения препаратов под контролем ультразвука (анестетики, PRGF-endoret жидкость, ботулотоксин и т. д.) [6, 23].

**Абсолютные и относительные противопоказания к проведению УЗИ отсутствуют.**

**Преимущества УЗИ над КТ и МРТ:**

1. Не используется рентгеновское излучение (как при КТ) и сильное магнитное поле (МРТ), что позволяет проводить исследование пациентам любого возраста, на любых сроках беременности, кормящим матерям, возможность проведения многократных исследований.
2. Наличие инородных металлических тел (коронки, назубные шины, титановые минипластины) не является противопоказанием к УЗИ в отличие от МРТ, ибо их наличие не вызовет грубых артефактов. Также, наличие кардиостимулятора не является противопоказанием к УЗИ.
3. Продолжительность выполнения УЗИ на порядок меньше, чем продолжительность КТ, МРТ исследований.
4. Экономичность [6].
5. Портативность УЗ аппаратов позволяет производить исследования как в неотложной медицине на приемных отделениях больниц, нетранспортабельным пациентам в реанимациях, так и на приемах в частных клиниках и консультационных кабинетах.
6. Отсутствие необходимости проведения дорогостоящего и требующего специальной подготовки в/в контрастирования (МСКТ).
7. Ультразвуковая методика **эластографии** [6, 9, 25] дает возможность получения данных об эластичности и жесткости тканей, что важно в дифференциальной диагностике между добро- и злокачественными поражениями, полезна в более точном определении места биопсии, уменьшая частоту ложно-отрицательной биопсии [18].
8. Возможность проведения пробы сдавливания датчиком просвета вен важно при тромбозе [13]. Также **компрессия датчиком** с или без дополняющей пальпацией [20] имеет важную диагностическую ценность при наличии **неоднородных** образований в поверхностных мягких тканях (сосудистые опухоли, аденолимфомы, кистозные образования и т.д.), или образований мягкой консистенции (липомы).
9. Функции цветовой, энергетической и спектральной доплерографии дают возможность получения информации о васкуляризации структур, скорости и направлении кровотока [9, 13, 25].
10. Возможность визуализации структур в динамике движения (мышцы, связки, суставной диск при открытии/закрытии рта, при акте глотания, движения языка, головы) [4, 9]. При этом движения пациента не вызывают искажения результатов обследования как при КТ и МРТ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аллавердиева В.Ф. Возможности комплексной ультразвуковой томографии в диагностике и оценке эффективности противоопухолевого лечения метастазов в регионарных лимфатических узлах при опухолях головы и шеи: Дис. ... к. мед. н. – Москва, 2003. – 132 с.: ил.

2. Быковский В.А. Эхография при абдоминальной патологии у детей (протоколирование результатов исследований). – М.: Реальное время, 2001. – 184 с.: ил.

3. Жусев А.И., Ремов А.Ю. Дентальная имплантация. Критерии успеха. Москва, 2004. – 223 с.

4. Квириг М.Е. Возможности ультразвукографии в оценке мягкотканых структур височно-нижнечелюстного сустава: Дис. ... к. мед. н. – Челябинск, 2008. – 144 с.
5. Костадинова В.Н. Клинико-эхографическая диагностика лимфангиом лица и шеи у детей: Дис. ... к. мед. н. – Москва, 2003. – 132 с.: ил.
6. Котляров П.М., Харченко В.П., Александров Ю.К. Могутов М.С., Сенча А.Н., Патрунов Ю.Н., Беляев Д.В. Ультразвуковая диагностика заболеваний щитовидной железы. Изд. 2-е. / «Видар», 2009, – 239 с.
7. Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике / 2-е издание «Видар», 2011. – 720 с.: цвет. ил.
8. Надточий А.Г. Ультразвуковое исследование челюстно-лицевой области / Журнал «SonoAce Ultrasound» N21, 2010. – С. 79–88.
9. Седова Ю.С. Современные возможности ультразвуковой диагностики опухолей слюнных желез: Дисс. ... канд. мед. н. – М. 2011. – 131 с.
10. Тимофеев А.А. Руководство по челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии. – 5-е изд., перераб. и доп. – Киев: ООО «Червона Рута-Турс», 2012. – 1048 с.
11. Тимофеев А.А., Максимча С.В., Закоморный А.С. Магнитно-резонансное изображение височно-нижнечелюстного сустава в норме // Стоматолог-практик. – 2014. – № 4 (242). – С. 12–16.
12. Тимофеев А.А., Тимофеев А.А. Профилактика воспалительных осложнений в дентальной имплантации // Современная стоматология. – 2015. – № 4 (78). – С. 96–100.
13. Федотов С.В. Диагностика и лечение гнойной хирургической инфекции мягких тканей с помощью комплексного ультразвукового исследования: Дисс. ... канд. мед. наук. – Москва, 2006. – 132 с.: ил.
14. Хофер М. Цветовая дуплексная сонография. Практическое руководство.: – М.: Мед. лит., 2007. – 108 с.: ил.
15. Adeyemo W.L., Akadirí O.A. A systematic review of the diagnostic role of ultrasonography in maxillofacial fractures // Int. J. Oral Maxillofac. Surg. –20116 Jul.; 40 (7): 655–61.
16. Ahuja A.T., Evans M.R. Practical Head and Neck Ultrasound. – 1 edition, Cambridge University Press, 2006. – 188 p.
17. Gaspari R., Dayno M., Briones J., Blehar D. Comparison of computerized tomography and ultrasound for diagnosing soft tissue abscesses / Crit. Ultrasound J. – 2012; 4 (1): 5.
18. Gianfranco G., Cantisani V., Tenore G., Romeo U. / Color-Doppler Ultrasound in the Diagnosis of Oral Vascular Anomalies // N. Am. J. Med. Sci. – 2014, Jan.; 6 (1): 1–5.
19. <http://radiopaedia.org/articles/elastography>.
20. <http://radiopaedia.org/articles/historical-aspects-of-ultrasound-in-medicine-1>.
21. Iro H., Bozzato A., Zenk J. Atlas of head and neck ultrasound Thieme. – 1st edition edition, 2013. – 244 p.
22. Kojam Sashikumar Singh and S. Jayachandran A comparative study on the diagnostic utility of ultrasonography with conventional radiography and computed tomography scan in detection of zygomatic arch and mandibular fractures // Contemp. Clin. Dent. – 2014, Apr.-Jun.; 5 (2): 166–169.
23. Lauria L., Curi M., Chammas M.C., Pinto D.S., Torloni H. Ultrasonography evaluation of bone lesions of the jaw / Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology. – 10/1996; 82 (3): 351–7.
24. Malanga G., Mautner K. Atlas of Ultrasound-Guided Musculoskeletal Injections. – 1 ed.: McGraw-Hill Education / Medical. – 2014. – 450 p.
25. Manfredini D., Tognini F., Melchiorre D., Zampa V., Bosco M. Ultrasound assessment of increased capsular width as a predictor of temporomandibular joint effusion / Dentomaxillofacial Radiology. – 2003, 32, 359–364.
26. Sofferma R.A., Ahuja A.T. Ultrasound of the Thyroid and Parathyroid Glands. – Springer, 2012. – 310 p.

## Історія і основи ультразвукового методу обстеження

*О.О. Тимофеев, Є.І. Фесенко, О.С. Черняк*

**Мета:** ознайомитися з історією, основами ультразвукового методу дослідження, деталізувати показання до його проведення у щелепно-лицевій ділянці та переваги УЗД перед КТ і МРТ.

**Методи:** ультразвукове дослідження щелепно-лицевій ділянці.

Результати: було встановлено, що ультразвукографія має широкий спектр показань до її проведення та значну кількість переваг перед іншими методами обстеження, що робить його незамінним при різній патології голови та шиї.

**Висновки:** описані показання до проведення УЗД у щелепно-лицевій ділянці й переваги УЗД перед КТ та МРТ розширюють діагностичний арсенал лікарів різних профілів, роблячи діагностику, лікування та профілактику щелепно-лицевій патології більш доступною та прецизійною.

**Ключові слова:** ультразвук, ультразвукове дослідження (УЗД), ультразвукографія, ефект Допплера, доплерографія, В-режим, ехогенність, ехоструктура, артефакт, еластографія.

## History and foundations of ultrasound

*O. Tymofiev, I. Fesenko, O. Cherniak*

**Purpose:** the aim of the paper is to learn the history, fundamentals of ultrasonic method of investigation, to detail the indications to its conducting in the maxillofacial area and the advantages of ultrasound over CT and MRI.

**Methods:** ultrasound of the maxillofacial area.

**Results:** it was found that ultrasound has a wide range of indications for its implementation and a significant number of advantages over other methods of examination, which makes it indispensable in various pathologies of the head and neck.

**Conclusions:** described above indications for ultrasound in maxillofacial area and the benefits of ultrasound over CT and MRI diagnostic expand arsenal of physicians of different specialties, making the diagnostic, treatment and prevention of oral and maxillofacial pathology more accessible and precise.

**Key words:** ultrasound, ultrasonic method of investigation (US), ultrasonography, Doppler effect, Doppler, B-mode, echogenicity, echostructure, artifact, elastography.

*Тимофеев Алексей Александрович – д-р мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии Института стоматологии НМАПО им. П.Л. Шупика.*

*Адрес: г. Киев, ул. Подвысоцкого, 4-а, клиническая больница № 12, кафедра челюстно-лицевой хирургии. Тел.: 528-35-17.*

*Фесенко Евгений Игоревич – врач ультразвуковой диагностики,*

*аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии Института стоматологии НМАПО им. П.Л. Шупика.*

*Черняк Ольга Сергеевна – заведующая отделением ультразвуковой диагностики*

*Областного диагностического центра Киевской областной клинической больницы.*