

АРЗАМАСОВ К.М.,

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

ДРОГОВОЗ В.А.,

к.т.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: vdrog@mail.ru

ШУТОВ Д. В.,

д.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: d.shutov@npcmr.ru

ДЕМКИНА А.Е.,

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: a.demkina@npcmr.ru

ВЛАДИМИРСКИЙ А.В.,

д.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

МОРОЗОВ С.П.,

д.м.н., профессор, ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: morozov@npcmr.ru

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕУЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

DOI: 10.25881/ITP.2021.46.75.001

Аннотация.

Цель исследования. Выполнить систематический обзор данных о клиническом применении телеультразвуковых исследований (телеУЗИ).

Методы. Источники данных: PubMed (в т.ч. MEDLINE), Embase, Google Scholar, CYBERLENINKA, eLIBRARY. В результате поиска обнаружено 1036 статьи, которые подверглись текстовому анализу с применением Rayyan QCRI. В результате, в обзор включено 74 статьи о клиническом применении телеУЗИ. По этим модальностям суммированы основные положения.

Результаты. История клинического применения телеУЗИ восходит к 80 годам прошлого века. Своеобразным катализатором развития практического применения телеУЗИ явилось появление портативных ультразвуковых сканеров. Увеличение доступности таких сканеров привело к широкому их применению для многих клинических направлений. Возможность дистанционного контроля проведения исследования позволила передать данные УЗ-сканеры в руки не только врачей, но и средних медицинских работников, а также парамедиков. Описаны аспекты как клинического применения, телеУЗИ, так и освоения данной методики.

Выводы. ТелеУЗИ — активно развивающийся метод диагностики, который позволяет повысить доступность скрининговых УЗИ. ТелеУЗИ на текущий момент не могут стать полноценной заменой традиционных УЗИ, напротив, заняв место скрининговых УЗИ, данная методика позволит направлять пациентов на классическую УЗД.

Ключевые слова: телеультразвуковые исследования, телесонография, телеУЗИ, ультразвуковая диагностика, телемедицина.

Для цитирования: Арзамасов К.М., Дрогвоз В.А., Шутов Д.В., Демкина А.Е., Владимирский А.В., Морозов С.П. Систематический обзор клинического применения телеультразвуковых исследований. Врач и информационные технологии. 2021; 1: 4–17. doi: 10.25881/ITP.2021.46.75.001.

ARZAMASOV K.M.,

PhD, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

DROGOVOZ V.A.,

PhD, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: vdrog@mail.ru

SHUTOV D.V.,

DSc, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: d.shutov@npcmr.ru

DEMKINA A.E.,

PhD, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: a.demkina@npcmr.ru

VLADZIMIRSKY A.V.,

DSc, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

MOROZOV S.P.,

DSc, Professor, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: morozov@npcmr.ru

SYSTEMATIC REVIEW OF CLINICAL APPLICATION OF TELE-ULTRASOUND

DOI: 10.25881/ITP.2021.46.75.001

Abstract.

Objective. To systematize data on the clinical applications of tele-ultrasound.

Material and methods. Data was collected using PubMed (including MEDLINE), Embase, Google Scholar, CYBERLENINKA, and eLIBRARY. There were 1,036 articles which were subjected to text analysis using the Rayyan QCRI software package. Overall, the review included 74 articles related to the clinical applications of tele-ultrasound. The main points were summarized for these modalities.

Results. The history of the clinical application of tele-ultrasound dates back to the 1980s, where the emergence of portable ultrasound scanners was a catalyst for the development of the practical application of tele-ultrasound. The increase in the availability of such scanners has led to their widespread use in many clinical areas. The possibility of controlling ultrasonic studies remotely made it possible to transfer these ultrasound scanners not only to doctors, but also to paramedics. We describe some aspects of both clinical application, tele-ultrasound, and the development of this technique.

Conclusion. Tele-ultrasound is an actively developing diagnostic method that makes it possible to increase the availability of screening ultrasounds. Tele-ultrasound currently cannot become a fully-fledged replacement for the traditional ultrasound, but having taken the place of screening ultrasound, this technique will allow patients to be referred to classical ultrasound.

Keywords: telesonography, tele-ultrasound, ultrasonography, telemedicine.

How to cite: Arzamasov KM, Drogovoz VA, Shutov DV, Demkina AE, Vladzimirsky AV, Morozov SP. Systematic review of clinical application of tele-ultrasound. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 4-17. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.46.75.001.

ВВЕДЕНИЕ

История появления ультразвука восходит к 1880 г. и связана с именем Пьера Кюри, который вместе со своим братом Жаком провел эксперименты с пьезоэлектрическими кристаллами. Эти кристаллы при воздействии электрического поля способны расширяться и сжиматься, превращая электрическую энергию в механическую. Интересная особенность пьезоэлектрических кристаллов заключается в том, что они могут действовать не только как передатчики (излучатели), но и как приемники звука. Именно эта особенность позволила создать ультразвуковые диагностические приборы. Так, первое упоминание в литературе об успешном применении ультразвука относится к 1942 г. Карл Дусдик и его брат использовали ультразвук для исследования ткани мозга. В это же время Джордж Людвиг начал применять ультразвук для обнаружения камней в желчном пузыре [1]. Первые диагностические эксперименты с ультразвуком в СССР датируются 1956 г, когда во Всесоюзном научно-исследовательском институте медицинского инструментария и оборудования (ВНИИМИО МЗ СССР) была начата разработка ультразвуковых диагностических аппаратов. Рабочая модель аппарата была получена уже в 1959 г., а первые фундаментальные научные исследования по ультразвуковой диагностике (УЗД) появились спустя 7 лет, в 1966 году

— Д.И. Цурупа, «Ультразвуковой метод диагностики в хирургии» [2]. В 1973г. в Институте кардиологии им. А.Л. Мясникова было проведено первое клиническое эхокардиографическое обследование. В то время СССР существенно отставал в освоении эхокардиографии: первая публикация шведских ученых I. Edler и С. Hertz по применению промышленного ультразвукового дефектоскопа для исследования сердца вышла в 1954 г. Существенный прорыв в развитии отечественной эхокардиографии удалось совершить в 1982 г. В этом году состоялась первая в мире передача эхокардиограммы из космоса, выполненная О.Ю. Атьковым [3]. С этого момента берет начало методика дистанционного ультразвука или телеУЗИ. ТелеУЗИ — метод оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий, включающий в себя ультразвуковой аппарат, расположенный рядом с пациентом и дистанционно расположенного врача-специалиста УЗД. Врач-специалист получает и обрабатывает информацию с ультразвукового прибора и высылает обратно заключение или рекомендации. При анализе количества публикаций по ТелеУЗИ в англоязычной литературе заметно два явных эпизода увеличения количества работ: в 1995 с пиком в 2003 г. и с 2010 года, продолжающийся и по сей день, что указывает на актуальность данного направления (Рис. 1).

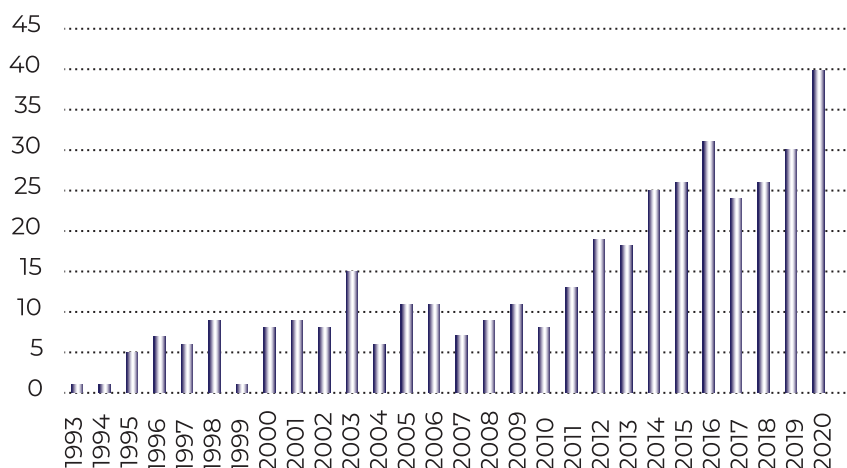


Рисунок 1 — Распределение количества публикаций по годам по данным PubMed по запросу «ultrasound» AND «telemedicine».

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематизировать данные о клиническом применении телеУЗИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы выполнили обзор всех публикаций по телеУЗИ в соответствии со стандартом PRISMA (the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [4]. Критерии включения: 1) ультразвуковое исследование пациента; 2) передача ультразвуковых изображений удаленному специалисту для интерпретации и получения обратной связи; 3) объективные данные о клиническом воздействии телеУЗИ. Были включены только исследования, опубликованные до 25 октября 2020 года. Критерии исключения: исследования, не относящиеся к человеку, обзорные статьи, рефераты.

СТРАТЕГИЯ ПОИСКА

Поиск литературы проведен в библиографических базах данных PubMed, Embase, а также в поисковых базах данных научных публикаций Google Scholar, CYBERLENINKA, eLIBRARY (Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)). Поиск повсеместно проведен на английском и русском языках (Google Scholar, eLIBRARY (РИНЦ)).

Ключевые термины для поиска: «telesonography», «tele-ultrasound», «telemedicine», «ultrasonography», «телеультразвук», «ультразвук», «телемедицина», присутствующие в названии или аннотации, а также их синонимы («дистанционная ультразвуковая диагностика», «телесонаграфия», «дистанционное ультразвуковое обследование», «сонография», «электронное здравоохранение»).

Для англоязычной литературы использовали термины MESH для PubMed и MEDLINE («eHealth», «ultrasound», «tele-radiology», «tele-diagnostic», «Hand-Carried Ultrasound», «robotic ultrasound»). Поиск в базе данных был завершен 25 октября 2020 года. Были отобраны все работы, опубликованные до этой даты с обозначенными ключевыми словами. Далее авторы провели оценку на соответствие критериям включения в настоящий обзор и проанализировали ссылки в найденных документах на предмет включения дополнительных источников.

База данных источников была сформирована в приложении Mendeley Desktop (Elsevier). По завершению этапа поиска источников, сведения обо всех литературных источниках были экспортированы в Rayyan QCR1 [5]. Данная платформа использовалась для текстового анализа абстрактов всех литературных источников на английском языке. Источники на русском языке обработаны без использования специализированных программных средств. Полнотекстовые источники, отобранные в ходе анализа рефератов, легли в основу текущего обзора.

ПОЛУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ДАННЫХ

Данные, полученные из каждого исследования, включали: тип и вид УЗИ, место исследования, год публикации, метод дистанционного УЗИ, размер выборки, оцениваемую систему органов и клинические результаты.

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящем систематическом обзоре сводная статистика не использовалась. Качество исследований и неоднородность материала препятствовали выполнению их статистической обработки. Объединение данных также оказалось невозможным. Также, из-за качества данных мета-анализ не проводился.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате поиска литературы в PubMed, Embase, Google Scholar, CYBERLENINKA, eLIBRARY было найдено 1036 статьи, 64 дубликата было удалено. После анализа названий и рефератов 752 статьи были удалены из-за несоответствия критериям включения. Из оставшихся 220 статей — 151 полнотекстовых статей, из которых 77 были исключены по причине отсутствия собственных данных и не соответствия критериям включения. Таким образом, в итоговый анализ было включено 74 статьи. В результате анализа были разделены на 2 группы: статьи о носимых УЗ-сканерах (26 статей), дистанционные оператор-управляемая УЗИ (48 статей). Схема процесса поиска и отбора исследований показана на рис. 2.

НОСИМЫЕ УЗ — СКАНЕРЫ

Начиная с 2000 г. появляются портативные носимые УЗ-сканеры с весом менее 3 кг, которые

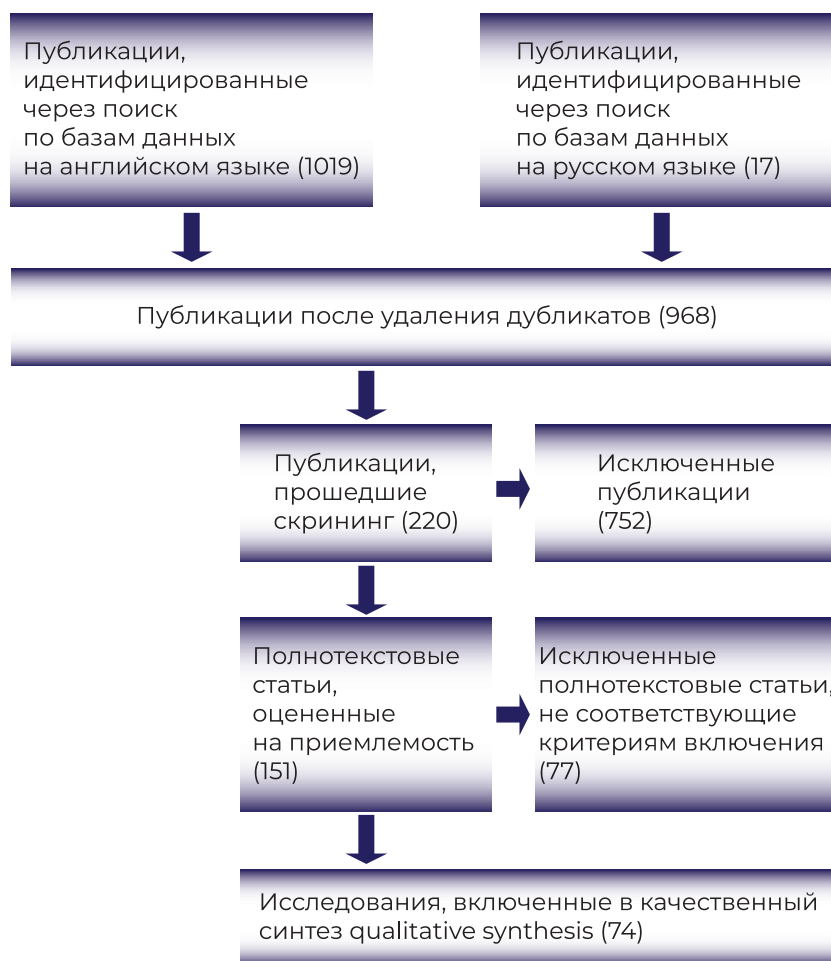


Рисунок 2 — Результаты поиска: диаграмма PRISMA (the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

сразу находят свою нишу среди ультразвукового диагностического оборудования [6–10]. Во всех работах отмечалось удобство использования благодаря малым размерам. Нельзя не отметить, что качество УЗ-изображения у данных сканеров существенно уступало стационарным УЗ-системам. По этой причине данные устройства применялись преимущественно для скрининговых исследований. Так, носимые УЗ-приборы применялись для оценки пациента по протоколу «травма» — трехминутное исследование по 4 точкам с целью выявления внутрибрюшного кровотечения во время транспортировки пострадавшего в

медицинском вертолете [6] или полутора минутное сканирование на месте перед транспортировкой [11]. Также, носимые УЗ-сканеры нашли свое применение для скрининговых исследований у пациентов с «острым животом» — 1,5 минутное сканирование клиницистом, не имеющим специальной УЗ-подготовки [12]. Успешность выполнения исследований на портативном УЗ-сканере непрофессиональными специалистами объяснялась малым количеством оцениваемых параметров. Так, при исследовании селезенки оцениваются только линейные размеры [13], точность измерения составляет 77% [14].

По некоторым данным, портативные УЗ-сканеры находили широкое применение на транспорте. Nikolie и соавт. (2006) проводили исследование возможности экспресс-обучения моряков работе с портативными УЗ-сканерами с целью диагностики острой хирургической патологии. Результаты экспресс подготовки не соответствовали ожиданию: правильно вывести удалось только мочевой пузырь. Выведение почек и желчного пузыря вызывало сложности [15]. Тем не менее, авторы исследования уверены, что более углубленное обучение позволит достичь лучших результатов.

Еще одна область применения портативных УЗ-сканеров — прикроватные исследования клиницистами в стационаре: это и послеоперационный контроль для оценки плеврального выпота [10; 16; 17] и для контроля центрального венозного давления [18].

Отдельно выделяется группа исследований сердечно-сосудистой системы: 11 работ (8 работ по УЗИ сердца, 1 сердце и сосуды, 1 сосуды). Работы выполнялись на разном оборудовании: ACUSON P10, Sonosite, Vscan, OptiGo. Всего в исследования вовлечено было более 900 пациентов и здоровых добровольцев. Объединение результатов этих работ для совместного анализа невозможно, т.к. в качестве контроля в указанных работах использовались разные методы: сравнивались УЗ-изображения с таковыми от приборов hi-end уровня или проводилась субъективная оценка УЗ-изображений специалистами УЗ-диагностики. Использование портативного УЗ-сканера существенно повышало диагностические возможности клинициста, позволяя даже студенту проводить более точную многофункциональную оценку по сравнению со специалистом-кардиологом, но без данных ЭХО [19; 20]. Качество УЗ-изображения на портативном сканере ниже, чем на hi-end (стационарной) УЗ-системе, но удовлетворительное для рутинных исследований [8; 10; 21; 22]. Наиболее проста для визуализации сердца парастернальная позиция, из которой можно эффективно оценивать размеры левого желудочка и его систолическую функцию [23]. Корректная оценка размеров камер и фракция выброса возможна у 93% всех пациентов [24] и 75% пациентов кардиологического профиля [25]. Возможна оценка функции правого

желудочка [26]. Качество визуализации позволяет выявить в среднем на 21% кардиологической патологии меньше, чем экспертная (high-end) система [27]. Многие исследователи отмечают низкое качество доплеровского режима и указывают на существенное затруднение в оценке клапанных нарушений [8, 26, 28]. Установлено, что достоверная оценка возможна только в случае выраженной клапанной патологии [21]. Для оценки состояния сосудов на предмет атеросклеротических изменений использовали скрининговое исследование брахоцефальных артерий. Для клиницистов не составило труда правильно верифицировать все кальцинированные атеросклеротические бляшки (АСБ), однако визуализация малых некальцинированных АСБ была крайне затруднительна [7]. Таким образом, мобильные УЗ-приборы могут применяться для скрининговых исследований пациентов из отдаленных регионов [9].

Портативные УЗ-сканеры могут комплектоваться линейным, конвексным и секторным датчиком, а при использовании соответствующего датчика на портативном сканере можно выполнять и трансвагинальные исследования [29]. Применение портативных УЗ-сканеров гораздо более широкое. Портативные УЗ-сканеры применяются в педиатрии для эхокардиографии [30]. Описаны случаи успешного применения портативных УЗ-систем для диагностики сердца плода [31]. Специалист УЗД может использовать данные устройства и в качестве альтернативы стационарному сканеру, а учитывая их низкую стоимость и возможность записи и передачи данных [29]. Появление таких устройств явилось катализатором роста количества телемедицинских консультаций. Подавляющее большинство телемедицинских исследований за последние 10 лет выполнялись на портативных УЗ-сканерах. Дистанционные оператор-управляемые ТелеУЗИ

При анализе статей было выделено несколько основных направлений применения технологии телеУЗИ. Наиболее значимое направление — проведение исследований в труднодоступных местах, где нет собственного специалиста по УЗ диагностике. Для изолированных удаленных организаций, не имеющих собственной диагностической службы в виду экономических соображений,

применение телеУЗИ остается единственным способом эффективно проводить диагностику, а в случае необходимости экстренную эвакуацию работников в специализированные лечебные учреждения. Примером таких организаций являются, например, полярные станции, на которых реализовали телеУЗИ [32]. Интересны телеУЗИ и с научной точки зрения там, где классическое исследование невыполнимо, например, на Международной Космической станции [33]. Также телеУЗИ позволяют проводить выездные консультации населения, не включая специалиста УЗИ в состав выездной бригады, например, при обследовании ВИЧ больных [34].

Особое значение имеет УЗИ беременных. Врач общей практики или гинеколог может провести качественное исследование УЗИ плода под дистанционным контролем специалиста [35–37]. При наличии качественной УЗ-аппаратуры в отдаленном медицинском центре возможно выполнить полноценную дистанционную ЭХОКГ плода [38–42], что позволяет существенно сократить расходы на обследование по сравнению с классической УЗД. Нельзя не отметить тот факт, что лишь в одной работе были обнаружены сведения о трудностях при проведении дистанционной ЭХОКГ плода: они касались трудности установления аудио-визуального контакта с родителями в случае обнаружения значительной патологии у их будущего ребенка — сочувствие на расстоянии сложно передать [40]. Показана высокая значимость телеУЗИ при проведении ЭХОКГ детям, в том числе новорожденным [43–48]. Это позволяет не только провести качественное УЗИ без необходимости транспортировки пациента в специализированный медицинский центр, но и получить опыт врачу, проводящему исследование с целью освоения новой методики [49]. УЗИ у детей имеет ряд особенностей, по сравнению с УЗИ у взрослых. По этой причине, в случае экстренной подозрения на аппендицит у ребенка, бригадой скорой медицинской помощи, может потребоваться дистанционная консультация специалиста, которую можно реализовать при помощи телеУЗИ [50]. Чувствительность и специфичность такой диагностики, как показали в ряде статей, не отличается от таковой в условиях стационара, когда исследование самостоятельно проводит врач-эксперт.

Еще одна сфера применения ТелеУЗИ в больнице во время отсутствия собственного специалиста по УЗД, например, во вне рабочее время. Такая необходимость чаще всего возникает в отделении интенсивной терапии [51; 52]. Способы связи могут быть как со специалистом посредством, например, мобильного телефона, так и со специальным радиологическим центром для проведения оперативного исследования и консультации [53]. В работах описываются возможности выполнения исследования врачом общей практики на уровне профессионала при УЗИ органов брюшной полости, малого таза, ЭХОКГ, молочных желез и лёгких [54–58]. ТелеУЗИ позволяло проводить столь сложное исследование как ЭХОКГ в качестве, приближенном к классическому исследованию [59].

ТелеУЗИ пользуется повышенным спросом в зарубежных клиниках: так, в одном из госпиталей Франции проводится 176 консультаций в год. Приоритетным направлением является УЗИ органов брюшной полости и малого таза (63% всех консультаций), на втором месте — вены нижних конечностей (25%) [60].

Время, затрачиваемое на одно телеУЗИ, больше, чем при классическом исследовании экспертом на месте. Его можно сократить путем проведения скрининговых исследований, т.к. в основном телеУЗИ применяют для выявления жизнеугрожающей патологии. Так, время на выполнение скринингового исследования ЭХО и УЗИ брюшной полости составляет от 6 до 10 минут и зависит от уровня подготовки и опыта медицинского работника, находящегося за аппаратом [61].

Отдельно выделяется группа исследований, демонстрирующих возможность проведения телеУЗИ парамедиками и немедицинскими работниками. Область таких исследований узкая и ограничивается в основном так называемым «FAST» протоколом при травме, длительность исследования редко превышает 5 минут [62–66]. Такое дистанционно контролируемое исследование не требовало столь длительного времени для подготовки и выполнялось более качественно, по сравнению с исследованиями по «FAST» протоколу без дистанционного контроля. ТелеУЗИ позволяют легко находить сложные для визуализации анатомические структуры. Так Y. Lee и соавт. (2017) показали, что под дистанционным

контролем, 82 из 90 волонтеров без опыта работы с УЗД корректно выводили аппендикс в течение 10 минут [67].

Во время пандемии COVID-19 особенно востребованными стали УЗИ легких, а в условиях ограниченных ресурсов выполнение данных исследований в дистанционном режиме является оптимальным решением. В работе Olivieri и соавт. (2020) получили высокие показатели корреляции (>90%) между результатами УЗИ, проведенных медицинскими сестрами по протоколу point-of-care ultrasound (POCUS) под дистанционным контролем врача УЗД и результатами трансторакальной эхокардиографией и компьютерной томографии. Проведение такого исследования у медсестер заняло 20–28,8 минут [68].

Обучение методики телеУЗИ несложное и по времени занимает 10–20 минут [69–70]. За это время обучающийся получает информацию, необходимую при работе с аппаратурой, все дальнейшие действия инструктируются во время исследования.

ОБУЧЕНИЕ

В исследуемых статьях немало внимания уделяется процессу обучения работе с УЗ-аппаратурой. Обучение проводят как «на месте», так и дистанционно. На месте обучение по работе с мобильными УЗ-сканерами проводят преимущественно для парамедиков, реже для клиницистов. Разрабатываются различные учебные программы по ускоренной подготовке парамедиков и клиницистов для выполнения скрининговых исследований при помощи носимых УЗ-сканеров. [71] Сроки подготовки варьируют: 1 час [13], 7 часов [18; 19], 1 неделя [24]. Schott и соавт. (2006) в исследовании на 127 курсантах показали, что после 2,5 дневного курса POCUS полученные знания и практический опыт сохраняются на протяжении 8 месяцев после окончания тренировки вне зависимости от частоты практического использования [72]. Эффективность краткосрочной подготовки специалистов высока: ряд исследователей [13; 18; 19] отмечают результативность обучения, а навык сохранялся и при контроле спустя 7–8 недель [18]. Было показано, что срок обучения зависит от цели обучения и протокола исследования. Так, для освоения

эхокардиографии требуется намного больше времени, чем на остальные методы УЗИ [24].

ТелеУЗИ позволяет проводить дистанционное обучение УЗ диагностике, что актуально для начинающих специалистов [73; 74]. Отмечается, что визуальное инструктирование более ценно, по сравнению с устными инструкциями [75]. Оригинальный эффективный способ обучения предложен в работе Smith и соавт. (2018) при помощи мобильного телефона [76].

ТелеУЗИ сделало прорыв в обучении будущих специалистов УЗИ. Активно применяется 2 метода дистанционного обучения. Суть первого заключается в транслировании видео с УЗ-сканера и видео с камеры, показывающее расположение датчика. Второй способ заключается также в выведении двух каналов видео — канал с УЗ-изображением со сканера врача как эталона и видео со сканера у студента. Таким образом, студент быстрее развивает навык правильного получения УЗ-срезов [77].

ОБСУЖДЕНИЕ

В данном обзоре было использовано 968 литературных источников, из которых лишь 17 на русском языке. В анализ была включена только 1 статья на русском языке об опыте применения телеУЗИ [78], но авторы исследования не являются гражданами РФ, и по сути она идентична одной из их других работ [79]. Остальные 16 работ из анализа были исключены, т.к. не содержали уникальных научных данных или являлись патентами. Стоит отметить, что ни одно из отечественных решений не имеет задокументированного дальнейшего практического применения. В ненаучных источниках появляются сообщения о единичных фактах использования телеУЗИ, но без надлежащего подтверждения эти данные в систематический обзор включены быть не могут. Причина, по которой российская медицина обходит телеУЗИ стороной, на наш взгляд, заключается в отсутствии соответствующей материально-технической базы и в кадровом дефиците. Несмотря на востребованность этой технологии, экономически целесообразнее обучить специалиста на курсе первичной переподготовки по УЗ-диагностике за 4 месяца. В дальнейшем этот специалист будет, возможно, единственным врачом УЗ-диагностики в своей медицинской организации. Этот факт лишает

возможности наставничества со стороны более опытных коллег с целью совершенствования практических навыков и поддержки в принятии решения. Применение технологии ТелеУЗИ позволило бы начинающему врачу УЗ-диагностики получить необходимую поддержку в сложных случаях. Необходимо отметить, что УЗД является оператор-зависимым методом и начинающий специалист без должного уровня практики нуждается также в контроле технического проведения УЗИ, что также возможно при помощи методики телеультразвукового исследования.

На наш взгляд, рассмотренные в обзоре группы диагностических ультразвуковых технологий с использованием телеУЗИ возможно прокомментировать следующим образом. Безусловно перспективным направлением будет использование УЗ-систем в неотложных состояниях, как внутри медицинской организации, так и во внебольничных условиях — «на скорой». Это обусловлено: а) экономическими условиями — портативные сканеры с ограниченной функциональностью стоят меньше, чем стационарные, б) простотой управления и обучения, в) сокращением времени на подготовку и проведение исследования, г) готовностью персонала использовать эти технологии. Остается достаточно дискуссионным вопросом — насколько качество получаемых изображений будет достаточным для правильной клинической интерпретации, т.к. в литературе, включенной в обзор не проводилась детальная оценка качества проводимых исследований в сравнении с традиционным УЗИ на большом количестве пациентов.

Отдельно стоит отметить актуальность телеУЗИ для удаленных и труднодоступных регионов. Население этих регионов, в случае необходимости, вынуждено пользоваться услугами санавиации, что влечёт существенное увеличение стоимости оказываемых медицинских услуг. Так, стоимость 1 летного часа составляет порядка 200 тысяч рублей [80]. Реализация телеУЗИ и телемедицинских технологий позволит этой категории населения получить необходимую медицинскую помощь и сократить расходы на транспортировку пациентов.

Второй тренд — использование узкими специалистами в своей клинической практике — кардиологи, эндокринологи (щитовидная

железа), урологи (мочевой пузырь и простата), гинекологи (малый таз). Данный тренд в рассмотренной выше литературе прослеживается примерно с 2010 г., объясняя вторую волну популярности телеУЗИ (Рис. 1). Как уже было упомянуто, с 2000 года в клиническую практику стали внедряться портативные УЗ-сканеры, которые стали активно применяться узкими специалистами. В дальнейшем портативные УЗ-сканеры совершенствовались, добавлялись новые функции, расширялась область применения. Также расширялся круг специалистов, работающих с этими УЗ-сканерами. Это явилось важной предпосылкой к применению портативных сканеров в телеУЗИ. Возможность получения дистанционной поддержки в проведении исследования и консультация по его результатам, позволила повысить качество проводимых исследований и дала возможность немедицинским работникам проводить телеУЗИ. В нашей стране портативные УЗ-сканеры применяются во многих медицинских организациях (особенно частных), но только специалистами, имеющими соответствующий сертификат.

Перспективным направлением в телеУЗИ будет внедрение в широкую практику ультрамобильных ультразвуковых аппаратов, которые представляют собой отдельные датчики, подключаемые к планшету или телефону, так называемый «ультразвук в кармане», и через специальную программу передающие полноценные исследования. Если обеспечить данным гаджетом врачей общей практики или кареты скорой помощи, а также организовать централизованное телемедицинское отделение врачей УЗД, которые будут проводить интерпретацию данных изображений, то это может помочь значительно сократить время до постановки правильного диагноза, но ни в коем случае не заменит полноценного ультразвукового исследования на экспертной (high-end) аппаратуре врачом УЗД. Ультрамобильные аппараты, судя по данным, приведенным в обзоре, уступают экспертной аппаратуре. Но несмотря на это, они могут быть использованы для скрининга лечащим врачом. Данное направление требует дополнительной проработки с точки зрения оценки эффективности в отечественной системе здравоохранения.

Третий тренд — дистанцирование обучения — это общее направление модернизации обучения — перенос акцента на дистанционное образование: обучение и дистанционный контроль полученных навыков. Дальнейшее развитие данного направления позволит проводить дистанционный аудит УЗИ. Дистанционный аудит представляет собой частный случай применения телемедицинских технологий для экспертной оценки и аудита деятельности медицинской организации. Целью оценки качества ультразвуковых исследований является повышение качества услуг, предоставляемых в отделениях ультразвуковой диагностики. Практическая реализация телеаудита УЗИ требует провести централизацию хранения данных УЗИ. Для этого не потребуются полного переоснащения отделений УЗД, т.к. большинство современных УЗ-сканеров имеют возможность передачи данных в формате DICOM. В качестве системы сбора, хранения и анализа данных могут быть рассмотрены существующие радиологические системы (например, Единая Радиологическая Информационная Система).

Применение технологии телеУЗИ для немедиков представляется нам утопичным, так как УЗИ, в отличие от остальных методов исследования медицинской визуализации, оказались наиболее операторзависимой и сложно интерпретируемой методикой.

ОГРАНИЧЕНИЯ

Настоящий обзор содержит некоторые ограничения. Возможно, некоторые статьи не оценены на предмет соответствия требованиям из-за ограничений, касающихся доступности полнотекстовых вариантов, или потому, что не

изложены на английском или русском языке. Некоторые статьи могли быть не проиндексированы в библиографических базах данных.

Среди статей, включенных в обзор, отмечается существенная неоднородность, что связано с постановкой авторами различных целей и получением различающихся результатов и выводов. Применение УЗ-сканеров различных классов, режимов работы, а также способов оптимизации УЗ-изображений, привело к широкому разбросу данных при сравнении исследований. Многие из описанных результатов, связанных с качеством изображения, имели субъективную оценку авторами исследований. В большинстве случаев оценка диагностической точности проводилась путем сравнения УЗ-картины на аппаратах разных классов и специалистами разного уровня. Результаты таких сравнений не позволяют провести оценку метода в отдельности от оценки работы оператора.

Таким образом, описанные выше факты не позволяют провести качественную статистическую обработку этих исследований, а также мета-анализ.

ВЫВОДЫ

Применение технологии телеультразвуковых исследований в текущих условиях в клинической практике возможно рассматривать по трем основным направлениям: телеконсультации, телеаудит и скрининговые УЗИ. При этом для практической реализации данных направлений требуется разработка методологических основ, а для реализации направления скрининговых УЗИ, выполняемых лечащим врачом требуются изменения в законодательной базе.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Baker JP. The history of sonographers. *J. Ultrasound Med.* 2005; 24(1): 1–14. doi: 10.7863/jum.2005.24.1.1.
2. Курыгин А.А., Майстренко Н.А., Семенов В.В. История ультразвуковой диагностики в хирургии (к 50-летию создания отечественной методики) // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. — 2015. — Т.174. — №6. С. 100–101. [Kurygin A.A., Majstrenko N.A., Semenov V.V. Istorija ul'trazvukovoj diagnostiki v hirurgii (k 50-letiyu sozdaniya otechestvennoj metodiki). Vestnik hirurgii imeni I.I. Grekova. 2015; 174(6): 100–101. (In Russ).]
3. Беленков Ю.Н. Эхокардиография. Как все начиналось (к тридцатилетию первого в России эхокардиографического исследования) // Атмосфера. Кардиология. — 2003. — Вып. 3. — С. 2–5. [Belenkov YUN. Ekhokardiografiya. Kak vse nachinalos' (k tridcatiletiju pervogo v Rossii ekhokardiograficheskogo issledovaniya). Atmosfera. Kardiologiya. 2003; 3: 2–5. (In Russ).]

4. Liberati A, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2009; 339: 2700–2700. doi: 10.1136/bmj.b2700.
5. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst. Rev*; 2016. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4.
6. Price DD, Wilson SR, Murphy TG. Trauma ultrasound feasibility during helicopter transport. *Air Med. J*. 2000; 19(4): 144–146. doi: 10.1016/s1067-991x(00)90008-7.
7. Kimura BJ, Fowler SJ, Amundson SA, Nguyen DT, DeMaria AN. Briefly trained physicians can screen for early atherosclerosis at the bedside using hand-carried carotid ultrasonography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2003; 41(6): 318. doi: 10.1016/s0735-1097(03)82485-3.
8. Vignon P, et al. Hand-held echocardiography with Doppler capability for the assessment of critically-ill patients: is it reliable? *Intensive Care Med*. 2004; 30(4): 718–723. doi: 10.1007/s00134-003-2128-x.
9. Kimura BJ, Shaw DJ, Agan DL, Amundson SA, Ping AC, DeMaria AN. Value of a cardiovascular limited ultrasound examination using a hand-carried ultrasound device on clinical management in an outpatient medical clinic. *Am. J. Cardiol*. 2007; 100(2): 321–325. doi: 10.1016/j.amjcard.2007.02.104.
10. Gorcsan J, Pandey P, Sade LE. Influence of hand-carried ultrasound on bedside patient treatment decisions for consultative cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2004; 17(1): 50–55. doi: 10.1016/j.echo.2003.10.005.
11. Schleder S, et al. Diagnostic value of a hand-carried ultrasound device for free intra-abdominal fluid and organ lacerations in major trauma patients. *Emerg. Med. J*. 2013; 30(3): 20. doi: 10.1136/emered-2012-201258.
12. Schleder S, Jung EM, Heiss P, Stroszczyński C, Schreyer AG. Hand-carried and high-end ultrasound systems are equally inferior to abdominal radiography and multidetector computed tomography in the diagnosis of pneumoperitoneum. *Rofo*. 2014; 186(3): 219–224. doi: 10.1055/s-0033-1356222.
13. Lee M, et al. Estimation of spleen size with hand-carried ultrasound. *J. Ultrasound Med*. 2014; 33(7): 1225–1230. doi: 10.7863/ultra.33.7.1225.
14. Arishenkoff S, et al. Accuracy of Spleen Measurement by Medical Residents Using Hand-Carried Ultrasound. *J. Ultrasound Med*. 2015; 34(12): 2203–2207. doi: 10.7863/ultra.15.02022.
15. Nikolić N, Mozetić V, Modrcin B, and Jaksić S. Might teleultrasonography be a new useful diagnostic tool aboard merchant ships? A pilot study. *Int. Marit. Health*. 2006; 57(1–4): 1–4.
16. Piccoli M, et al. Bedside diagnosis and follow-up of patients with pleural effusion by a hand-carried ultrasound device early after cardiac surgery. *Chest*. 2005; 128(5): 3413–3420. doi: 10.1378/chest.128.5.3413.
17. Schleder S, et al. Diagnosis of pericardial effusion with a new generation hand-carried ultrasound device in cardiothoracic intensive care unit patients. *Acta Radiol*. 2012; 53(10): 1133–1136. doi: 10.1258/ar.2012.120343.
18. Martin LD, Ziegelstein RC, Howell EE, Martire C, Hellmann DB, Hirsch GA. Hospitalists' ability to use hand-carried ultrasound for central venous pressure estimation after a brief training intervention: a pilot study. *J. Hosp. Med*. 2013; 8(12): 711–714. doi: 10.1002/jhm.2103.
19. Kobal SL, et al. Comparison of Effectiveness of Hand-Carried Ultrasound to Bedside Cardiovascular Physical Examination. *Am. J. Cardiol*. 2005; 96(7): 1002–1006. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.05.060.
20. Decara JM, et al. Use of hand-carried ultrasound devices to augment the accuracy of medical student bedside cardiac diagnoses. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2005; 18(3): 257–263. doi: 10.1016/j.echo.2004.11.015.
21. Tsutsui JM, Maciel RR, Costa JM, Andrade JL, Ramires JF, Mathias WJ. Hand-carried ultrasound performed at bedside in cardiology inpatient setting — a comparative study with comprehensive echocardiography. *Cardiovasc. Ultrasound*. 2004; 2: 24. doi: 10.1186/1476-7120-2-24.
22. Spurney CF, Sable CA, Berger JT, Martin GR. Use of a hand-carried ultrasound device by critical care physicians for the diagnosis of pericardial effusions, decreased cardiac function, and left ventricular enlargement in pediatric patients. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2005; 18(4): 313–319. doi: 10.1016/j.echo.2004.10.016.

23. Razi R, Estrada JR, Doll J, Spencer KT. Bedside hand-carried ultrasound by internal medicine residents versus traditional clinical assessment for the identification of systolic dysfunction in patients admitted with decompensated heart failure. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2011; 24(12): 1319–1324. doi: 10.1016/j.echo.2011.07.013.
24. Croft LB, Duvall WL, Goldman ME. A pilot study of the clinical impact of hand-carried cardiac ultrasound in the medical clinic. *Echocardiography.* 2006; 23(6): 439–446. doi: 10.1111/j.1540-8175.2006.00240.x.
25. Egan M, Ionescu A. The pocket echocardiograph: a useful new tool? *Eur. J. Echocardiogr.* 2008; 9(6): 721–725. doi: 10.1093/ejehocardi/jen177.
26. Trambaiolo P, et al. A hand-carried cardiac ultrasound device in the outpatient cardiology clinic reduces the need for standard echocardiography. *Heart.* 2007; 93(4): 470–475. doi: 10.1136/hrt.2006.094201.
27. Chapman M, Gattas D, Suntharalingam G. Innovations in technology for critical care medicine. *Critical care (London, England).* 2004; 8(2): 74–76. doi: 10.1186/cc2843.
28. Scholten C, Rosenhek R, Binder T, Zehetgruber M, Maurer G, Baumgartner H. Hand-held miniaturized cardiac ultrasound instruments for rapid and effective bedside diagnosis and patient screening. *J. Eval. Clin. Pract.* 2005; 11(1): 67–72. doi: 10.1111/j.1365-2753.2004.00506.x.
29. Troyano Luque JM, Ferrer-Roca O, Barco-Marcellan MJ, Sabatel Lopez R, Perez-Medina T, Perez-Lopez FR. Modification of the hand-held Vscan ultrasound and verification of its performance for transvaginal applications. *Ultrasonics.* 2013; 53(1): 17–22. doi: 10.1016/j.ultras.2012.03.006.
30. Dalla Pozza R, Loeff M, Kozlik-Feldmann R, Netz H. Hand-carried ultrasound devices in pediatric cardiology: clinical experience with three different devices in 110 patients. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23(12): 1231–1237. doi: 10.1016/j.echo.2010.08.028.
31. Ippisch HM, Kimball TR. The impact of evolving hand-carried echocardiographic technology on outpatient physical examination accuracy in pediatric cardiology. *Congenit. Heart Dis.* 2007; 2(3): 170–178. doi: 10.1111/j.1747-0803.2007.00052.x.
32. Otto C, Shemanski R, Scott JM, Hartshorn J, Bishop S, and Viegas S. Evaluation of Tele-ultrasound as a Tool in Remote Diagnosis and Clinical Management at the Amundsen-Scott South Pole Station and the McMurdo Research Station. *Telemed. e-Health.* 2013; 19(3): 186–191. doi: 10.1089/tmj.2012.0111.
33. Jones JA, Johnston S, Campbell M, Miles B, Billica R. Endoscopic surgery and telemedicine in microgravity: Developing contingency procedures for exploratory class spaceflight. *Urology.* 1999; 53(5): 892–897. doi: 10.1016/S0090-4295(99)00024-2.
34. Janssen S, Grobusch MP, Heller T. Remote FASH' tele-sonography — A novel tool to assist diagnosing HIV-associated extrapulmonary tuberculosis in remote areas. *Acta Trop.* 2013; 127(1): 53–55. doi: 10.1016/j.actatropica.2013.03.014.
35. Landwehr JBJ, Zador IE, Wolfe HM, Dombrowski MP, Treadwell MC. Telemedicine and fetal ultrasonography: Assessment of technical performance and clinical feasibility. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1997; 177(4): 846–848. doi: 10.1016/s0002-9378(97)70280-1.
36. Chan FY, et al. Clinical value of real-time tertiary fetal ultrasound consultation by telemedicine: preliminary evaluation. *Telemed. J.* 2000; 6(2): 237–242. doi: 10.1089/107830200415171.
37. Long MC, Angtuaco T, Lowery C. Ultrasound in telemedicine: its impact in high-risk obstetric health care delivery. *Ultrasound Q.* 2014; 30(3): 167–172. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000073.
38. Grant B, et al. Remote diagnosis of congenital heart disease: the impact of telemedicine. *Arch. Dis. Child.* 2010; 95(4): 276–280. doi: 10.1136/adc.2008.146456.
39. Dowie R, Mistry H, Young TA, Franklin RCG, Gardiner HM. Cost implications of introducing a telecardiology service to support fetal ultrasound screening. *J. Telemed. Telecare.* 2008; 14(8): 421–426. doi: 10.1258/jtt.2008.080401.
40. McCrossan BA, Sands AJ, Kileen T, Cardwell CR, Casey FA. Fetal diagnosis of congenital heart disease by telemedicine. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* 2011; 96(6): 394–7. doi: 10.1136/adc.2010.197202.
41. Adriaanse B, et al. Interobserver agreement in detailed prenatal diagnosis of congenital heart disease by telemedicine using four-dimensional ultrasound with spatiotemporal image correlation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 39(2): 203–209. doi: 10.1002/uog.9059.
42. Brown J, Holland B. Successful Fetal Tele-Echo at a Small Regional Hospital. *Telemed. e-Health.* 2017; 23(6): 485–492. doi: 10.1089/tmj.2016.0141.

43. Casey F, Brown D, Craig BG, Rogers J, Mulholland HC. Diagnosis of neonatal congenital heart defects by remote consultation using a low-cost telemedicine link. *J. Telemed. Telecare.* 1996; 2(3): 165–169. doi: 10.1258/1357633961930004.
44. Randolph GR, et al. Remote telemedical interpretation of neonatal echocardiograms: impact on clinical management in a primary care setting. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 34(1): 241–245. doi: 10.1016/s0735-1097(99)00182-5.
45. Widmer S, et al. Tele-echocardiography in paediatrics. *Eur. J. Pediatr.* 2003; 162(4): 271–275. doi: 10.1007/s00431-003-1170-6.
46. Lewin M, et al. Accuracy of paediatric echocardiographic transmission via telemedicine. *J. Telemed. Telecare.* 2006; 12(8): 416–421. doi: 10.1258/135763306779378636.
47. Sekar P, Vilvanathan V. Telecardiology: Effective means of delivering cardiac care to rural children. *Asian Cardiovasc. Thorac. Ann.* 2007; 15(4): 320–323. doi: 10.1177/021849230701500411.
48. Vinayak S, Sande J, Nisenbaum H, Nolsoe CP. Training Midwives to Perform Basic Obstetric Point-of-Care Ultrasound in Rural Areas Using a Tablet Platform and Mobile Phone Transmission Technology-AWFUMB COE Project. *Ultrasound Med. Biol.* 2017; 43(10): 2125–2132. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.05.024.
49. Haley JE, et al. Remote diagnosis of congenital heart disease in Southern Arizona: Comparison between tele-echocardiography and videotapes. *Telemed. e-Health.* 2012; 18(10): 736–742. doi: 10.1089/tmj.2012.0037.
50. Kim C, Kang BS, Choi HJ, Lim TH, Oh J, Chee Y. Clinical application of real-time tele-ultrasonography in diagnosing pediatric acute appendicitis in the ED. *Am. J. Emerg. Med.* 2015; 33(10): 1354–1359. doi: 10.1016/j.ajem.2015.07.048.
51. Levine AR, McCurdy MT, Zubrow MT, Papali A, Mallema HA, and Verceles AC. Tele-intensivists can instruct non-physicians to acquire high-quality ultrasound images. *J. Crit. Care;* 2015. doi: 10.1016/j.jcrc.2015.05.030.
52. Douglas TM, et al. Brief training increases nurses' comfort using tele-ultrasound: A feasibility study. *Intensive Crit. care Nurs.* 2019; 51: 45–49. doi: 10.1016/j.iccn.2018.11.004.
53. Becker C, Fusaro M, Patel D, Shalom I, Frishman WH, Scurlock C. The Utility of Teleultrasound to Guide Acute Patient Management. *Cardiol. Rev.* 2017. 25(3): 97–101. doi: 10.1097/CRD.0000000000000144.
54. Hussain P, Deshpande A, Shridhar P, Saini G, Kay D. The feasibility of telemedicine for the training and supervision of general practitioners performing ultrasound examinations of patients with urinary tract symptoms. *J. Telemed. Telecare.* 2004; 10(3): 180–182. doi: 10.1258/135763304323070850.
55. Parsai A, Zerizer I, Hohmann J, Bongartz G, Beglinger C, Sperandio G. Remote sonographic interpretation: comparison of standardized video clips to still images. *J. Clin. Ultrasound.* 2012; 40(8): 495–501. doi: 10.1002/jcu.21974.
56. Adambounou K, et al. Preliminary experience with tele-sonography and tele-mammography in Togo. *Diagn. Interv. Imaging.* 2012. 93(7–8): 639–642. doi: 10.1016/j.diii.2012.03.020.
57. Becker TK, Martin-Gill C, Callaway CW, Guyette FX, Schott C. Feasibility of Paramedic Performed Prehospital Lung Ultrasound in Medical Patients with Respiratory Distress. *Prehospital Emerg. care Off. J. Natl. Assoc. EMS Physicians Natl. Assoc. State EMS Dir.* 2018; 22(2): 175–179. doi: 10.1080/10903127.2017.1358783.
58. Sibert K, et al. The feasibility of using ultrasound and video laryngoscopy in a mobile telemedicine consult. *Telemed. J. E. Health.* 2008; 14(3): 266–272. doi: 10.1089/tmj.2007.0050.
59. Jensen SH, et al. Remote real-time supervision via tele-ultrasound in focused cardiac ultrasound: A single-blinded cluster randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2019; 63(3): 403–409. doi: 10.1111/aas.13276.
60. Junca-Laplace-Valageas C, Gervaise A, Pernin M, Naullet P, Portron Y, Lapierre-Combes M. Addressing requests for emergency ultrasonographic examinations when implementing teleradiology services. *Diagn. Interv. Imaging.* 2015; 96(11): 1141–1146. doi: 10.1016/j.diii.2015.01.007.
61. Miyashita T, et al. Realtime ultrasound screening by satellite telecommunication. *J. Telemed. Telecare.* 2003; 9(1): 60–1. doi: 10.1258/135763303322196376.
62. Boniface KS, Shokoohi H, Smith ER, and Scantlebury K. Tele-ultrasound and paramedics: Real-time remote physician guidance of the Focused Assessment with Sonography for Trauma examination. *American Journal of Emergency Medicine;* 2011. doi: 10.1016/j.ajem.2009.12.001.

63. Song KJ, et al. Clinical applicability of real-time, prehospital image transmission for FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma). *J. Telemed. Telecare*. 2013; 19(8): 450–455. doi: 10.1177/1357633X13512068.
64. Sargsyan AE, et al. FAST at MACH 20: clinical ultrasound aboard the International Space Station. *J. Trauma*. 2005; 58(1): 35–39. doi: 10.1097/01.ta.0000145083.47032.78.
65. Hurst VW, et al. Concept of operations evaluation for using remote-guidance ultrasound for exploration spaceflight. *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2015; 86(12): 1034–1038. doi: 10.3357/AMHP.3244.2015.
66. Kirkpatrick AW, et al. Remote just-in-time telementored trauma ultrasound: a double-factorial randomized controlled trial examining fluid detection and remote knobology control through an ultrasound graphic user interface display. *Am. J. Surg.* 2016; 211(5): 894–902. doi: 10.1016/j.amjsurg.2016.01.018.
67. Lee Y, Kim C, Choi HJ, Kang B, Oh J, Lim TH. A Feasibility Study of Telementoring for Identifying the Appendix Using Smartphone-Based Telesonography. *J. Digit. Imaging*. 2017; 30(2): 148–155. doi: 10.1007/s10278-016-9921-x.
68. Olivieri PP, Verceles AC, Hurley JM, Zubrow MT, Jeudy J, McCurdy MT. A Pilot Study of Ultrasonography-Naïve Operators' Ability to Use Tele-Ultrasonography to Assess the Heart and Lung. *J. Intensive Care Med.* 2020; 35(7): 672–678. doi: 10.1177/0885066618777187.
69. Ramsingh D, et al. Feasibility Evaluation of Commercially Available Video Conferencing Devices to Technically Direct Untrained Nonmedical Personnel to Perform a Rapid Trauma Ultrasound Examination. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2019; 9(4). doi: 10.3390/diagnostics9040188.
70. Boniface KS, Shokoohi H, Smith ER, Scantlebury K. Tele-ultrasound and paramedics: Real-time remote physician guidance of the Focused Assessment with Sonography for Trauma examination. *Am. J. Emerg. Med.* 2011; 29(5): 477–481. doi: 10.1016/j.ajem.2009.12.001.
71. Wong F, Franco Z, Phelan MB, Lam C, David A. Development of a pilot family medicine hand-carried ultrasound course. *WMJ*. 2013; 112(6): 257–261.
72. Schott CK, et al. Retention of Point-of-care Ultrasound Skills among Practicing Physicians: Findings of the VA National Point-of-care Ultrasound Training Program. *Am. J. Med*; 2020. doi: 10.1016/j.amjmed.2020.08.008.
73. Hussain P, Melville D, Mannings R, Curry D, Kay D, Ford P. Evaluation of a training and diagnostic ultrasound service for general practitioners using narrowband ISDN. *J. Telemed. Telecare*. 1999; 5(1): 95–9. doi: 10.1258/1357633991932757.
74. Cone SW, Hummel R, Leon J, Merrell RC. Implementation and evaluation of a low-cost telemedicine station in the remote Ecuadorian rainforest. *J. Telemed. Telecare*. 2007; 13(1): 31–34. doi: 10.1258/135763307779701220.
75. Sheehan FH, Ricci MA, Murtagh C, Clark H, Bolson EL. Expert visual guidance of ultrasound for telemedicine. *J. Telemed. Telecare*. 2010; 16(2): 77–82. doi: 10.1258/jtt.2009.090313.
76. Smith A, et al. Remote Mentoring of Point-of-Care Ultrasound Skills to Inexperienced Operators Using Multiple Telemedicine Platforms: Is a Cell Phone Good Enough? *J. Ultrasound Med.* 2018; 37(11): 2517–2525. doi: 10.1002/jum.14609.
77. Winn S, et al. Remote, Synchronous, Hands-On Ultrasound Education. *Telemed. J. E. Health*. 2015; 21(7): 593–597. doi: 10.1089/tmj.2014.0050.
78. Eadie LH, Mort A, Regan L, Macaden AS, Wilson P. Догоспитальные дистанционные ультразвуковые исследования: реальновременная коммуникационная технология для изолированных и сельских населенных пунктов // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. — 2015. — Вып. 1. — С. 54–56. [Eadie LH, Mort A, Regan L, Macaden AS, Wilson P. Dogospital'nye distancionnye ul'trazvukovye issledovaniya: real'novremennaya kommunikacionnaya tekhnologiya dlya izolirovannyh i sel'skih naselennyh punktov. *ZHurnal telemeditsiny i elektronogo zdravoohraneniya*. 2015; 1: 54–56. (In Russ).]
79. Eadie L, Mort A, Regan L, MacAden AS, Wilson P. Remotely supported prehospital ultrasound: Real-time communication for diagnosis in remote and rural communities. *CEUR Workshop Proceedings*. 2016; 1574:53–60.
80. Трофимова Н. Региональные аспекты программы санитарной авиации // Вертолётная индустрия. — 2019. — Ноябрь. — С. 14–17. [Trofimova N. Regional'nye aspekty programmy sanitarnoj aviacii. *Vertolyotnaya industriya*. 2019. Now: 14–17. (In Russ).]