

С.А. Гуменюк¹, С.С. Алексанин², А.М. Щикота^{1,3}, В.И. Ярема¹, И.В. Погонченкова³

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЭВАКУАЦИИ УРГЕНТНЫХ ПАЦИЕНТОВ САНИТАРНЫМ ВЕРТОЛЕТОМ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

¹ Московский территориальный научно-практический центр медицины катастроф Департамента здравоохранения города Москвы (Россия, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1);

² Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

³ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы (Россия, Москва, ул. Земляной вал, д. 53)

Актуальность. Использование ультразвуковой диагностики при оказании скорой медицинской помощи в экстренной форме пациентам на месте возникновения острого заболевания или пострадавшим в зоне чрезвычайной ситуации является одним из перспективных направлений развития экстренной медицины. Особый интерес вызывает возможность использования догоспитальных диагностических исследований при санитарно-медицинской эвакуации ургентных пациентов вертолетом, притом что отсутствуют четкие алгоритмы и стандарты его применения, а также содержится ограниченное количество научных публикаций по проблеме.

Цель – анализ научных публикаций по использованию диагностического ультразвукового исследования при санитарно-медицинской эвакуации ургентных пациентов вертолетом.

Методология. Выполнен поиск научных публикаций по теме в электронном ресурсе PubMed и поисковой системе Google Scholar за период с 2000 по 2021 г.

Результаты и их анализ. Догоспитальные диагностические ультразвуковые исследования ургентным пациентам на месте оказания скорой медицинской помощи в экстренной форме проводятся по алгоритмам, описанным в зарубежной печати как Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST), Point-of-Care UltraSound (POCUS), Prehospital ultrasonography (PHUS), Rapid Ultrasound in SHock (RUSH), Bedside Lung Ultrasound in Emergency (BLUE) и др. Они позволяют исключить повреждения жизненно важных органов, представляющих угрозу для жизни пострадавших и пациентов с острыми заболеваниями и травмами (например, пневмо- и гемоторакс, гемоперитонеум, гемоперикард, крупные переломы и др.), влияющих на тактику оказания скорой медицинской помощи и маршрутизацию пациента, также применять ультразвук с целью точного ориентирования патологии при ряде лечебных и диагностических манипуляций. По результатам опубликованных исследований и клинических наблюдений догоспитальная ультразвуковая диагностика ургентных пациентов успешно используется при санитарно-авиационной эвакуации вертолетом в экстренных медицинских службах многих стран мира (как врачебным, так и иным медицинским персоналом), позволяя с достаточно высокой точностью диагностировать ряд угрожающих жизни состояний без потери времени и ущерба для здоровья пострадавшего (больного). Важный аспект успешного применения метода во время полета – подготовка квалифицированного персонала. Перспективами его развития являются разработка более совершенных ультразвуковых сканеров и датчиков, адаптированных к условиям полета, а также применение телемедицинских технологий для дистанционного анализа ультразвуковых изображений.

Заключение. Опыт применения догоспитального диагностического ультразвукового исследования при санитарно-медицинской эвакуации вертолетом требует дальнейшего накопления и анализа данных, но уже сейчас выявлена несомненная польза метода при определении тактики оказания скорой медицинской помощи в экстренной форме и маршрутизации госпитализации ургентных пациентов с острой травмой и рядом других патологических состояний.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, скорая медицинская помощь, санитарно-медицинская эвакуация, вертолет, ургентное состояние, ультразвуковое исследование, POCUS.

✉ Гуменюк Сергей Андреевич – канд. мед. наук, директор, Моск. террит. науч.-практ. центр медицины катастроф (Россия, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., 5/1, стр. 1), ORCID 0000-0002-4172-8263, e-mail: semp75@yandex.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID 0000-0001-6998-1669, e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Щикота Алексей Михайлович – канд. мед. наук доц., ст. науч. сотр., Моск. террит. науч.-практ. центр медицины катастроф (Россия, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., 5/1, стр. 1); учен. секретарь, Моск. науч.-практ. центр мед. реабилитации, восстановит. и спорт. медицины (Россия, 105120, Москва, ул. Земляной вал, д. 53), ORCID 0000-0001-8643-1829, e-mail: alexmschikota@mail.ru;

Ярема Владимир Иванович – д-р мед. наук проф., вед. науч. сотр., Моск. террит. науч.-практ. центр медицины катастроф (Россия, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., 5/1, стр. 1), ORCID 0000-0003-0032-5828, e-mail: npsemp@zdrav.mos.ru;

Погонченкова Ирена Владимировна – д-р мед. наук, директор, Моск. науч.-практ. центр мед. реабилитации, восстановит. и спорт. медицины (Россия, 105120, Москва, ул. Земляной вал, д. 53), e-mail: PogonchenkovaIV@zdrav.mos.ru

Введение

Метод ультразвукового исследования (УЗИ) является одним из активно используемых и динамично развивающихся диагностических инструментов современной медицины. Перспективным направлением его дальнейшего развития является применение в экстренной медицине при скрининге неотложных и угрожающих жизни состояний. В 2011 г., согласно заключению европейской экспертной группы, использование УЗИ признано одним из пяти приоритетных направлений развития неотложной медицинской помощи на догоспитальном этапе [11]. Предпосылками к проведению догоспитальных диагностических УЗИ при ургентных состояниях явились появление портативных ультразвуковых сканеров, позволяющих обследовать пострадавших на месте оказания медицинской помощи, а также давно известные положительные стороны УЗИ – быстрота, неинвазивность и безопасность.

Особенностью проведения УЗИ при оказании пациентам скорой медицинской помощи в экстренной форме является необходимость оценить основную патологию, влияющую на тактику лечения и маршрутизацию пациента, за короткое время, без усугубления клинической ситуации и увеличения общего времени транспортировки больного в профильный стационар. В связи с этим проведение УЗИ при неотложных и угрожающих жизни состояниях, как правило, выполняется в строгом соответствии с определенными алгоритмами и протоколами, исключающими потерю времени и стандартизирующими действие медицинского работника – оператора исследования.

Цель – анализ публикаций по использованию догоспитального диагностического УЗИ при санитарно-медицинской эвакуации ургентных пациентов вертолетом.

Материал и методы

Выполнен поиск научных публикаций по теме в электронном ресурсе PubMed и поисковой системе Google Scholar за период с 2000 по 2021 г.

Основное использование УЗИ в экстренной медицине

УЗИ при острой травме отражено в протоколе Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST), которое в большей степени направлено на поиск свободной жидкости в абдоминальной, плевральной и перикардальной полостях, а также на диагностику

пневмоторакса, в плане которой УЗИ не уступает компьютерной томографии [8]. Дополнительные обследования, за счет которых может быть расширен FAST-протокол (e-FAST), включают выявление пневмоперитонеума, повреждения диафрагмы, переломов костей и ряд других аспектов [4]. Не все опубликованные данные про ургентное УЗИ демонстрируют только положительные результаты. D. Stengel и соавт. в опубликованном мета-анализе не выявили влияния результатов УЗИ на частоту лапаротомий и смертность пациентов с тупой травмой живота. Вместе с тем, было отмечено уменьшение выполненных этим пациентам компьютерных томографий в 2 раза [46].

Протоколом экстренного эхографического осмотра пациента с артериальной гипотензией неясного генеза и предположительной патологией сердца является Focused cardiac ultrasound (FOCUS), прежде всего, направленный на выявление наличия и количества перикардального выпота, глобальной сократимости миокарда, дилатации камер, состояния нижней полой вены, диагностики тромбоэмболии легочной артерии, патологии аорты и остановки сердца. Не заменяя экспертной эхокардиографии, сведения по FOCUS позволяют быстро ответить на основные вопросы относительно состояния центральной гемодинамики, структуры сердца, крупных сосудов и перикарда, что часто имеет критически важное значение для ургентного пациента.

Существует также протокол быстрого ультразвукового обследования пациента с шоком неясного генеза – Rapid Ultrasound in SHock (RUSH), включающий оценку полости перикарда, сократительной способности левого желудочка, размеров правых камер сердца и нижней полой вены, оценку состояния легких, плевры, брюшной полости (включая брюшной отдел аорты), проходимости крупных глубоких вен нижних конечностей [10, 25].

Алгоритмом УЗИ пациента с острой дыхательной недостаточностью неясного генеза является протокол Bedside Lung Ultrasound in Emergency (BLUE). Его основным направлением является диагностика плеврального выпота, пневмоторакса, интерстициальных и очаговых изменений легочной ткани [7]. Особенно актуальное значение исследование легких и BLUE-протокол приобрели в период пандемии COVID-19, когда экстренное УЗИ легких с выявлением субплевральных участков интерстициального поражения по типу «матового стекла», типичного для новой

коронавирусной инфекции, стало полноценной альтернативой рентгенографии и компьютерной томографии в условиях «красной зоны» [19]. Кроме того, на основе BLUE-протокола созданы алгоритмы лечения ряда критических ситуаций – например, для пациентов с острой недостаточностью кровообращения вследствие септического шока D.A. Lichtenstein разработал протокол введения жидкости (FALLS) [28].

Постепенно все аспекты УЗИ ургентным пациентам сложились в понятие так называемого диагностического УЗИ на месте оказания помощи (POCUS, Point-Of-Care UltraSound), или догоспитальный ультразвук (Prehospital ultrasonography, PHUS), которые объединили основные точки приложения ургентной ультразвуковой диагностики: исследование легких, сердца, глаза на предмет травмы, отслойки сетчатки и отека диска зрительного нерва при повышенном внутричерепном давлении, органов брюшной полости и костно-мышечных структур у пациентов с травмой, ультразвуковая навигация инвазивных манипуляций [20].

P.M. Brun и соавт. указывают на чувствительность метода до 95,2%, заведомо более высокую по сравнению только с клинической оценкой [6]. Ультразвуковой контроль может помочь в подтверждении правильного положения эндотрахеальной трубки в пищеводе [50] и желудочного зонда [7], диагностике височного отека легких [48], поиске инородных тел в мягких тканях [37]. Отдельным направлением экстренного ультразвука является контроль инвазивных манипуляций, выполняемых пациенту. Описаны положительные результаты при выполнении трахеостомии [43], торакоцентеза [44], перикардицентеза [31], установки центрального венозного катетера и многих других инвазивных процедурах, выполняемых в экстренной медицине. В нескольких работах описана ценность POCUS при чрезвычайных ситуациях с наличием большого количества пострадавших в качестве дополнительного инструмента сортировки пациентов. S.P. Stawicki и соавт. разработали протокол ультразвукового исследования CAVEAT как алгоритм УЗИ при неотложной сортировке больных [45].

Использование УЗИ при санитарно-медицинской эвакуации ургентных пациентов вертолетом

Догоспитальное УЗИ для диагностики ургентной патологии в условиях санитар-

ного вертолета применяется более 20 лет. D.D. Price и соавт. представили в печати один из первых случаев применения УЗИ во время медицинской транспортировки пациентов вертолетом. Использовался FAST-протокол обследования при острой травме. Была продемонстрирована, в том числе, и безопасность метода для бортовых электроприборов. Обследования выполняли ультразвуковые техники, медсестры авиамедицинских бригад, врачи неотложной медицины; средняя продолжительность обследования составляла около 3 мин (1,5–5,5 мин) [39].

Исследование S.W. Melanson и соавт., также одно из первых по изучаемой проблеме, показало, в том числе, возможные сложности и ограничения в применении метода: выполнение обследования по FAST-протоколу не представлялось возможным у 48% пострадавших с тупой травмой вследствие недостатка времени, а также из-за ограничений доступа и сопротивления пациента [33].

В более поздних работах указывались меньшие ограничения и более широкие перспективы применения УЗИ при вертолетной транспортировке. Так, обследование 190 пострадавших с травмой, транспортированных вертолетом в штатах Вирджиния и Северная Каролина (США), показало высокую прогностическую ценность при травмах (100%) и отрицательную прогностическую ценность (98%) при обнаружении пневмоторакса, гемоторакса и свободной жидкости в брюшной полости, сравнимую с результатами наземных травматологических бригад. Исследование выполнялось по основным алгоритмам POCUS и позволило J.G. Yates и D. Baylous сделать вывод о надежности и эффективности метода в условиях санитарного вертолета. Оно также может способствовать более своевременной и прицельной подготовке больницы, принимающей пациентов, в том числе, подготовке свободной операционной и активации протоколов массивных гемотрансфузий [49].

Существуют публикации о применении портативных аппаратов УЗИ во время транспортировки вертолетом в боевых условиях, например, J.J. Madill описал клинический случай диагностики пневмоторакса с применением УЗИ у пациента после взрывной травмы при неинформативной аускультации легких [30].

Более детальное изучение применения расширенного FAST-протокола в условиях медицинского вертолета провели

G.M. Press и соавт. УЗИ применили 293 пациентам и в дальнейшем провели верификацию показателей посредством компьютерной томографии. В 11% результат УЗИ был неопределенным и не подлежал интерпретации. При поиске гемоперитонеума чувствительность метода составила 46%, специфичность – 94,1%, пневмоторакса – 18,7 и 99,5% соответственно, при диагностике для лапаротомии – 64,7 и 94% соответственно, для дренирования плевральной полости – 50 и 99,8% соответственно. Из 240 УЗИ сердца зафиксированы 1 ложноположительный и 3 ложноотрицательных результата. Таким образом, специфичность большинства исследований была высокой, но чувствительность – недостаточной [38]. T. Lenz и соавт. получили диагностическую значимость POCUS-исследований в санитарном вертолете для 50% гемодинамически нестабильных пациентов [26].

J.A. Quick и соавт. из отделения неотложной хирургии Университета Миссури детально изучали возможность диагностической оценки пневмоторакса во время транспортировки по воздуху, сравнивая точность УЗИ в полете с проведенными в стационаре рентгенографией и компьютерной томографией. Обследовали 149 пациентов с травмой грудной клетки в возрасте от 18 до 94 лет. УЗИ во время медицинской эвакуации вертолетом имело чувствительность 68%, специфичность – 96%, общую точность – 91%, например, из 20 пневмотораксов 16 были диагностированы верно. Само собой разумеется, что УЗИ в отделении неотложной помощи стационара закономерно продемонстрировало более высокие показатели: чувствительность – 84%, специфичность – 98%, общая точность – 96%. Полученные показатели заведомо превышают возможности клинического осмотра и аускультации и подтверждают необходимость использования УЗИ для детекции пневмоторакса во время санитарной транспортировки вертолетом [40]. Возможность диагностики пневмоторакса в ограниченных условиях вертолета подтвердили также C.E. Rolin и соавт. 54% ультразвуковых изображений в процессе полета, полученных медицинским экипажем, прошедшим непродолжительное обучение, были расценены экспертом как «хорошие» [41].

Ретроспективный анализ PHUS-обследований 1583 пациентов на наличие свободной жидкости в брюшной полости, госпитализированных санитарным вертолетом в стационары Нидерландов, показал, что особое

влияние полученная информация имела для лечения 194 пациентов. Из них в 23,5% эти данные использовались для выбора способа транспортировки, в 11,6% – тактики лечения гемоперитонеума, в 13,1% – выбора первичного стационара. Чувствительность УЗИ для диагностики гемоперитонеума в условиях вертолета составила 31,3%, специфичность – 96,7%, точность – 82,1% [21].

В другом исследовании, также выполненном в Нидерландах, анализировалось применение трансторакальной эхокардиографии при нарушениях сердечно-сосудистой деятельности у 56 пациентов, транспортированных вертолетами экстренной службы медицинской помощи (Helicopter Emergency Medical Service, HEMS), с проведением мероприятий сердечно-легочной реанимации. Данные УЗИ фиксировались на месте оказания медицинской помощи медсестрой, наряду с остальными витальными показателями, и после завершения полета заносились в специальную форму врачом. Оказалось, что информация у 49 (88%) пациентов повлияла на тактику лечения, в том числе, у 28 (57%) пациентов – на прекращение реанимационных мероприятий, у 13 (28%) – на их продолжение, у 6 (14%) – на тактику инфузионной и медикаментозной терапии, у 2 (5%) пациентов – на выбор стационара. Кроме асистолии, при УЗИ в полете у 5 (9%) пациентов был обнаружен пневмоторакс, у 2 (4%) – свободная жидкость в плевральной и у 4 (7%) – в брюшной полости, у 1 (2%) – коллапс нижней полой вены. Диагностирована и другая патология (разрыв селезенки, гипертрофия левого желудочка, пневмоторакс). Качество исследований было признано хорошим в 61% случаев, умеренным – в 30% [22].

Ретроспективное исследование специалистами канадской HEMS выявило связь использования данных догоспитального УЗИ с показателями клинической тяжести пациентов, частотой сердечных сокращений и индексом шока [35]. При этом из 137 случаев эвакуаций, проведенных авиамедицинскими бригадами с наличием врача, ультразвук был применен в 45% случаев, в бригадах без персонала с высшим медицинским образованием – в 26%. Основными ограничениями для проведения УЗИ в вертолете были избыточная масса тела пациента, дефицит времени, ограничения доступа и особенности клинического статуса [36].

В датской службе HEMS, по данным общенационального популяционного исследова-

ния, выполненного в 2014–2018 гг., УЗИ было проведено в 21 % вызовов [1].

Польские авторы описывают случай диагностики при помощи портативного ультразвукового сканера разрыва диафрагмы со смещением органов брюшной полости в грудную клетку на борту спасательного вертолета у 40-летней женщины после дорожно-транспортного происшествия. Это позволило своевременно предупредить персонал травматологического центра, куда была госпитализирована пациентка, о необходимости срочного оперативного вмешательства [9]. В публикации P. Hanley и соавт. представлены 2 случая медицинской эвакуации вертолетом в Южном Уэльсе (Австралия), когда проведенное УЗИ по расширенному протоколу FAST помогло определить угрожающие жизни осложнения (гемоперикард с тампонадой правых камер сердца и гемопневмоторакс) у пациентов с проникающими ранениями сердца [13].

По результатам обзорного исследования Международной комиссии по неотложной медицинской помощи в горных районах (эксперты из Австрии, Швейцарии, Великобритании, США и других стран) также была отмечена возможность обследования при помощи УЗИ во время эвакуации пострадавших вертолетом [47]. В то же время, международная группа авторов из Испании, Финляндии, Швейцарии и Франции, оценивая возможные трудности в догоспитальной диагностике острой сердечной недостаточности, указывают на малую доступность УЗИ при санитарно-авиационной эвакуации вертолетом – использование менее чем в 25 % регионов [14].

По данным общеевропейского он-лайн опроса резидентов службы HEMS 25 стран, проведенного в 2020 г., УЗИ было доступно в 75 % организаций и использовалось у 15 % как травматологических пациентов, так и без травм. Самым используемым был расширенный протокол FAST – он применялся в 77 % случаев [16].

Обучение специалистов

Важным аспектом интеграции ультразвуковой диагностики в оказание медицинской помощи при транспортировке вертолетом является необходимость быстрого и качественного обучения медицинского персонала авиамедицинских бригад. В ряде публикаций указывается на эффективность коротких курсов тренинга по основам догоспитального диагностического УЗИ как для врачей, так

и для не врачебного медицинского персонала. Исследование M. Lyon и соавт. доказало возможность быстрого обучения врачей неотложной службы ультразвуковому контролю интубации пищевода и трахеи с чувствительностью 97 % и специфичностью 94 % с сохранением знаний через 9-месячный промежуток времени [29].

S.L. Krogh и соавт. продемонстрировали значительное улучшение навыков догоспитального диагностического УЗИ (легких, брюшной полости и сердца) у 40 врачей после прохождения 2-часового теоретического электронного обучения с последующим 4-часовым практическим курсом [24]. Большинство авторов указывают, что после 30–100 самостоятельных исследований обучаемые успешно владеют методом [12]. По оценке Американского колледжа врачей неотложной помощи, для определения компетентности врача при догоспитальной ультрасонографии необходимо от 25 до 50 сканирований в каждой анатомической области.

В зависимости от организации экстренной медицинской помощи в стране, в том числе медицинского персонала авиамедицинских бригад, УЗИ в полете могут выполнять средний медицинский персонал и парамедики. УЗИ брюшной аорты по алгоритмам PHUS было успешным по оценке независимого эксперта у 20 пациентов, которых обследовали парамедики [15]. При этом залогом достаточного качества ультразвуковых сканов, получаемых парамедиками у ургентных больных, являются квалифицированный тренинг и наставничество [5]. Ультразвук, выполненный как врачами, так и не врачебным персоналом, способствует выработке правильной тактики применения оперативных вмешательств по данным исследования, проведенного в Канаде в 2017 г. [36].

Ассоциация врачей воздушной медицины рассматривает в качестве основных следующие аспекты обучения догоспитальному диагностическому УЗИ ургентных пациентов [2]:

- основы управления ультразвуковым сканером;
- основные физические принципы ультразвуковой диагностики;
- оптимизация ультразвуковых изображений;
- нормальная ультразвуковая анатомия;
- патологическая ультразвуковая анатомия;
- виды артефактов ультразвукового изображения;
- ожидаемый результат.

Проблемы и перспективы использования УЗИ в условиях санитарного вертолета

Основная задача догоспитального диагностического УЗИ – выявление угрожающей жизни патологии, влияющей на основную тактику лечения и маршрутизацию, в режиме «да/нет» является, в то же время, и ограничивающим фактором. В целях экономии времени не оцениваются детали исследования, в связи с чем может быть пропущено малое количество крови в полостях тела на ранних стадиях кровотечений, так же как и повреждения паренхиматозных органов в первые часы после травмы. Существуют патологии, в большинстве случаев малодоступные для ультразвуковой детекции (например повреждение аорты). В санитарном вертолете в условиях ограниченного освещения, времени, пространства и ультразвукового доступа (из-за повреждений у пострадавшего, наличия повязок, транспортных шин) высока вероятность ложноотрицательного результата, что не дает считать УЗИ методом, позволяющим полностью исключить определенные urgentные состояния. Таким образом, УЗИ не отменяет последующей необходимости высокотехнологичных верифицирующих методов диагностики (компьютерная и магнитно-резонансная томографии) на уровне стационара [17, 20]. С.В. Amaral и соавт. обращают внимание на отсутствие систематического анализа влияния неправильной догоспитальной ультразвуковой оценки патологии на результаты лечения пациента, исходы и конечные точки, что требует учета данных рисков на каждом из этапов оказания медицинской помощи экстренному пациенту [2].

Основной претензией к догоспитальному УЗИ в вертолете является потенциальная потеря времени, которое может быть использовано для проведения неотложных мероприятий пациенту. Вместе с тем, при рациональной организации процесса ультрасонография в полете может выполняться параллельно с другими лечебными и диагностическими манипуляциями без ущерба для пациента. Средняя продолжительность догоспитального ультразвукового обследования urgentного пациента обычно не превышает 5–6 мин: по данным Н.Х. Noyer и соавт., – 1 мин 54 с [17]; по данным Н. Jorgensen и соавт., – до 6 мин [18].

Оценивая перспективы применения метода ультрасонографии в urgentной медицине, в частности, при транспортировке вертолетом, можно отметить постоянное совершен-

ствование портативных ультразвуковых сканеров в направлении уменьшения размеров и мобильности, адаптации к смартфонам и планшетами, модификации ультразвуковых датчиков соответственно условиям экстренной медицины [34]. Возможно расширение спектра УЗИ, например, за счет транскраниального дуплексного сканирования интракраниальных артерий при нарушениях мозгового кровообращения и субарахноидальных кровоизлияниях [20].

Одним из потенциально перспективных направлений развития метода является применение телемедицинских технологий. Опыт экспертной поддержки при анализе ультразвуковой картины был продемонстрирован в сложных клинических ситуациях [23], при консультировании в режиме он-лайн медицинского и немедицинского персонала, оказывающего экстренную помощь и не имеющего навыков УЗИ [3,23], при выполнении сложных сосудистых УЗИ («теленейросонография») [42].

Однако существуют различные взгляды на роль телемедицины применимо к диагностическому УЗИ. Представленный G. Marsh-Feiley и соавт. обзор мнений медицинских работников шотландской экстренной медицинской службы продемонстрировал различие взглядов на УЗИ с дистанционной поддержкой среди парамедиков и врачей: если парамедики оценивали метод преимущественно положительно, считая его логичным и полезным инструментом в работе экстренной службы, то врачи высказывались более сдержанно, указывая на потенциальные риски в виде ограниченного применения, возможной неправильной интерпретации и неточности. Как врачами, так и парамедиками признавалась возможность технических трудностей при трансляции ультразвукового изображения, а также необходимость более детального анализа диагностической точности и целесообразности применения метода [32].

Заключение

Можно констатировать все большую интеграцию метода диагностической ультразвуковой диагностики в работу экстренных медицинских служб многих стран мира, в том числе, при санитарно-авиационной эвакуации urgentных пациентов при помощи вертолета. Получение клинически важной информации о состоянии пациента в ходе догоспитального ультразвукового исследования зачастую имеет определяющее значение при выборе

тактики лечения и решении вопроса о маршрутизации, при этом имеющиеся ограничения метода не превышают несомненной пользы от его использования.

Для максимальной реализации всех положительных и нивелирования отрицательных сторон метода необходима подготовка квалифицированного медицинского персонала, способного выполнять ультросонографию в полете с достаточной точностью, без потери времени и ущерба для других клинико-диагностических манипуляций. С учетом имеющихся публикаций опыт применения

ультразвукового исследования в условиях санитарного вертолета требует дальнейшего накопления и систематического анализа, но уже на данном этапе может быть расценен как положительный. Постоянное совершенствование ультразвуковых сканеров и их адаптация к сложным условиям полета, а также возможность применения дистанционных и телемедицинских технологий расширяют перспективы использования догоспитальной диагностической ультразвуковой диагностики в санитарном вертолете при оказании скорой медицинской помощи ургентным пациентам.

Литература/ References

1. Alstrup K., Møller T.P., Knudsen L. [et al.]. Characteristics of patients treated by the Danish Helicopter Emergency Medical Service from 2014-2018: a nationwide population-based study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2019; 27(1):102. DOI: 10.1186/s13049-019-0672-9.
2. Amaral C.B., Ralston DC, Becker TK. Prehospital point-of-care ultrasound: A transformative technology. *SAGE Open Medicine.* 2020; 8:2050312120932706. DOI: 10.1177/2050312120932706.
3. Biegler N., McBeth P.B., Tiruta C. [et al.]. The feasibility of nurse practitioner-performed, telementored lung telephonography with remote physician guidance: a remote virtual mentor. *Crit. Ultrasound J.* 2013; 5(1):5. DOI: 10.1186/2036-7902-5-5.
4. Bloom B.A., Gibbons R.C. Focused Assessment with Sonography for Trauma. 2020. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing. PMID: 29261902.
5. Brooke M., Walton J., Scutt D. Paramedic application of ultrasound in the management of patients in the pre-hospital setting: a review of the literature. *Emerg. Med. J.* 2010; 27(9):702-707. DOI: 10.1136/emj.2010.094219.
6. Brun P.M., Bessereau J., Chenaitia H. [et al.]. Stay and play eFAST or scoop and run eFAST? That is the question! *Am. J. Emerg. Med.* 2014; 32(2):166-170. DOI: 10.1016/j.ajem.2013.11.008.
7. Brun P.M., Chenaitia H., Lablanche C. [et al.]. 2-point ultrasonography to confirm correct position of the gastric tube in prehospital setting. *Mil. Med.* 2014; 179(9):959-963. DOI: 10.7205/MILMED-D-14-00044.
8. Chan K.K., Joo D.A., McRae A.D. [et al.]. Chest ultrasonography versus supine chest radiography for diagnosis of pneumothorax in trauma patients in the emergency department. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2020; 7(7):CD013031. DOI: 10.1002/14651858.CD013031.pub2.
9. Darocha T., Gałązkowski R., Sobczyk D. [et al.]. Point-of-care ultrasonography during rescue operations on board a Polish Medical Air Rescue helicopter. *J. Ultrason.* 2014; (59):414-420. DOI: 10.15557/jou.2014.0043.
10. Farsi D., Hajsadeghi S., Hajighanbari M.J. [et al.]. Focused cardiac ultrasound (FOCUS) by emergency medicine residents in patients with suspected cardiovascular disease. *J. Ultrasound.* 2017; 20(2):133-138. DOI: 10.1007/s40477-017-0246-5.
11. Fevang E., Lockey D., Thompson J. [et al.]. The top five research priorities in physician-provided pre-hospital critical care: a consensus report from a European research collaboration. *Scand. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2011; 19:57. DOI: 10.1186/1757-7241-19-57.
12. Gracias V.H., Frankel H.L., Gupta R. [et al.]. Defining the learning curve for the Focused Abdominal Sonogram for Trauma (FAST) examination: implications for credentialing. *Am. Surg.* 2001; 67(4):364-368.
13. Hanley P., Holden J., Johnson T. [et al.]. Two cases of penetrating left ventricular cardiac trauma: Pre-hospital ultrasound and direct to theatre. *Trauma Case Reports.* 2019; 21:100189. DOI: 10.1016/j.tcr.2019.100189.
14. Harjola P., Miró Ò., Martín-Sánchez F.J. [et al.]. EMS-AHF Study Group. Pre-hospital management protocols and perceived difficulty in diagnosing acute heart failure. *ESC Heart Fail.* 2020; 7(1):289-296. DOI: 10.1002/ehf2.12524.
15. Heegaard W., Hildebrandt D., Spear D. [et al.]. Prehospital ultrasound by paramedics: results of field trial. *Acad. Emerg. Med.* 2010; 17(6):624-630. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2010.00755.x.
16. Hilbert-Carius P., Struck M.F., Rudolph M. [et al.]. POCUS in HEMS collaborators. Point-of-care ultrasound (POCUS) practices in the helicopter emergency medical services in Europe: results of an online survey. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2021; 29(1):124. DOI: 10.1186/s13049-021-00933-y.
17. Hoyer H.X., Vogl S., Schiemann U. [et al.]. Prehospital ultrasound in emergency medicine: incidence, feasibility, indications and diagnoses. *Eur. J. Emerg. Med.* 2010; 17(5):254-259. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e-328336ae9e.
18. Jorgensen H., Jensen C.H., Dirks J. Does prehospital ultrasound improve treatment of the trauma patient? A systematic review. *Eur. J. Emerg. Med.* 2010; 17(5):249-253. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e328336adce.

19. Hussain A., Via G., Melniker L. [et al.]. Multi-organ point-of-care ultrasound for COVID-19 (PoCUS4COVID): international expert consensus. *Crit. Care*. 2020; 24(1):702. DOI: 10.1186/s13054-020-03369-5.
20. Ketelaars R., Reijnders G., van Geffen G.J. [et al.]. ABCDE of prehospital ultrasonography: a narrative review. *Critical Ultrasound Journal*. 2018; 10(1):17. DOI: 10.1186/s13089-018-0099-y.
21. Ketelaars R., Holtslag J.J.M., Hoogerwerf N. Abdominal prehospital ultrasound impacts treatment decisions in a Dutch Helicopter Emergency Medical Service. *Eur. J. Emerg. Med.* 2019; 26(4):277–282. DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000540.
22. Ketelaars R., Beekers C., Van Geffen G.J. [et al.]. Prehospital Echocardiography During Resuscitation Impacts Treatment in a Physician-Staffed Helicopter Emergency Medical Service: an Observational S23.tudy. *Prehosp. Emerg. Care*. 2018; 22(4):406–413. DOI: 10.1080/10903127.2017.1416208.
23. Kirkpatrick A.W., McKee I., McKee J.L. [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.
24. Krogh C.L., Steinmetz J., Rudolph S.S. [et al.]. Effect of ultrasound training of physicians working in the prehospital setting. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2016; 24:99. DOI: 10.1186/s13049-016-0289-1.
25. Labovitz A.J., Noble V.E., Bierig M. [et al.]. Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23(12):1225–1230. DOI: 10.1016/j.echo.2010.10.005.
26. Lenz T.J., Phelan M.B., Grawey T. Determining a Need for Point-of-Care Ultrasound in Helicopter Emergency Medical Services Transport. *Air Med. J.* 2021; 40(3):175–178. DOI: 10.1016/j.amj.2021.01.003.
27. Lichtenstein D.A., Meziure G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008; 134(1):117–125. DOI: 10.1378/chest.07-2800
28. Lichtenstein D.A. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest*. 2015; 147(6):1659–1670. DOI: 10.1378/chest.14-1313.
29. Lyon M., Walton P., Bhalla V., Shiver SA. Ultrasound detection of the sliding lung sign by prehospital critical care providers. *Am J. Emerg. Med.* 2012; 30(3):485–488. DOI: 10.1016/j.ajem.2011.01.009.
30. Madill J.J. In-flight thoracic ultrasound detection of pneumothorax in combat. *J. Emerg. Med.* 2010; 39(2):194–197. DOI: 10.1016/j.jemermed.2009.08.026.
31. Maggiolini S., Gentile G., Farina A. [et al.]. Safety, efficacy, and complications of pericardiocentesis by real-time echo-monitored procedure. *Am. J. Cardiol.* 2016; 117(8):1369–1374. DOI: 10.1016/j.amjcard.2016.01.043.
32. Marsh-Feiley G., Eadie L., Wilson P. Paramedic and physician perspectives on the potential use of remotely supported prehospital ultrasound. *Rural Remote Health*. 2018; 18(3):4574. DOI: 10.22605/RRH4574.
33. Melanson S.W., McCarthy J., Stromski C.J. [et al.]. Aeromedical trauma sonography by flight crews with a miniature ultrasound unit. *Prehosp. Emerg. Care*. 2001; 5(4):399–402. DOI: 10.1080/10903120190939607.
34. Mierzwa A.P., Huang S.P., Nguyen K.T. [et al.]. Wearable ultrasound array for point-of-care imaging and patient monitoring. *Stud. Health Technol. Inform.* 2016; 220:241–244.
35. O’Dochartaigh D., Douma M., Alexiu C. [et al.]. Utilization Criteria for Prehospital Ultrasound in a Canadian Critical Care Helicopter Emergency Medical Service: Determining Who Might Benefit// *Prehosp. Disaster Med.* 2017. Oct.32(5). P.536-540. DOI: 10.1017/S1049023X1700646X.
36. O’Dochartaigh D., Douma M., MacKenzie M. Five-year Retrospective Review of Physician and Non-physician Performed Ultrasound in a Canadian Critical Care Helicopter Emergency Medical Service. *Prehosp Emerg Care*. 2017; 21(1):24–31. DOI: 10.1080/10903127.2016.1204036.
37. Paziana K., Fields J.M., Rotte M. [et al.]. Soft tissue foreign body removal technique using portable ultrasonography. *Wilderness Environ Med*. 2012; 23(4):343–348. DOI: 10.1016/j.wem.2012.04.006.
38. Press G.M., Miller S.K., Hassan I.A. [et al.]. Prospective evaluation of prehospital trauma ultrasound during aeromedical transport. *J. Emerg. Med.* 2014; 47(6):638–645. DOI: 10.1016/j.jemermed.2014.07.056.
39. Price D.D., Wilson S.R., Murphy T.G. Trauma ultrasound feasibility during helicopter transport. *Air Med. J.* 2000; 19(4):144–146. DOI: 10.1016/s1067-991x(00)90008-7.
40. Quick J.A., Uhlich R.M., Ahmad S. [et al.]. In-flight ultrasound identification of pneumothorax. *Emerg. Radiol.* 2016; 23(1):3–7. DOI: 10.1007/s10140-015-1348-z.
41. Roline C.E., Heegaard W.G., Moore J.C. [et al.]. Feasibility of bedside thoracic ultrasound in the helicopter emergency medical services setting. *Air Med. J.* 2013; 32(3):153–157. DOI: 10.1016/j.amj.2012.10.013.
42. Rubin M.N., Barrett K.M., Freeman W.D. [et al.]. Teleneurosonology: a novel application of transcranial and carotid ultrasound. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2015; 24(3):562–565. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.09.032.
43. Siddiqui N., Arzola C., Friedman Z., Guerina L., You-Ten KE. Ultrasound improves cricothyrotomy success in cadavers with poorly defined neck anatomy: a randomized control trial. *Anesthesiology*. 2015. 123(5):1033–1041. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000848.
44. Soni N.J., Franco R., Velez M.J. [et al.]. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions. *J. Hosp. Med.* 2015; 10(12):811–816. DOI: 10.1002/jhm.2434.

45. Stawicki S.P., Howard J.M., Pryor J.P. [et al.]. Portable ultrasonography in mass casualty incidents: The CAVEAT examination. *World J. Orthop.* 2010; 1(1):10–19. DOI: 10.5312/wjo.v1.i1.10.
46. Stengel D., Rademacher G., Ekkernkamp A. [et al.]. Emergency ultrasound-based algorithms for diagnosing blunt abdominal trauma. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015; 2015(9):CD004446. DOI: 10.1002/14651858.CD004446.pub4.
47. Sumann G., Moens D., Brink B. [et al.]. Multiple trauma management in mountain environments – a scoping review: Evidence based guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom). Intended for physicians and other advanced life support personnel. *Scand. Trauma Resus. Emerg. Med.* 2020; 28(1):117. DOI: 10.1186/s13049-020-00790-1.
48. Wimalasena Y., Windsor J., Edsell M. Using ultrasound lung comets in the diagnosis of high altitude pulmonary edema: fact or fiction? *Wilderness Environ Med.* 2013; 24(2):159–164. DOI: 10.1016/j.wem.2012.10.005.
49. Yates J.G., Baylous D. Aeromedical Ultrasound: The Evaluation of Point-of-care Ultrasound During Helicopter Transport. *Air Med. J.* 2017; 36(3):110–115. DOI: 10.1016/j.amj.2017.02.001.
50. Zadel S., Strnad M., Prosen G., Mekis D. Point of care ultrasound for orotracheal tube placement assessment in out-of hospital setting. *Resuscitation.* 2015; 87:1–6. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.11.006.

Поступила 19.11.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: С.А. Гуменюк, С.С. Алексанин – методическое сопровождение и редактирование окончательного варианта статьи; И.В. Погонченкова – разработка концепции и дизайна исследования; А.М. Шикота, В.И. Ярема – анализ научных публикаций, написание первого варианта статьи.

Для цитирования. Гуменюк С.А., Алексанин С.С., Шикота А.М., Ярема В.И., Погонченкова И.В. Диагностические ультразвуковые исследования при эвакуации urgentных пациентов санитарным вертолетом: обзор литературы. 2022. № 2. С. 42–51. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-42-51.

Diagnostic ultrasound examinations during evacuation of urgent patients by ambulance helicopters: literature review

Gumenyuk S.A.¹, Aleksanin S.S.², Shikota A.M.^{1,3}, Yarema V.I.¹, Pogonchenkova I.V.³

¹ Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine of the Moscow City Health Department (5-1, pr. 1, B. Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia);

² The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine. EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

³ Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine (53, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 105120, Russia)

✉ Sergey Andreevich Gumenyuk – PhD. Med. Sci., Director, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine of the Moscow City Health Department (5, pr. 1, B. Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia), ORCID 0000-0002-4172-8263, e-mail: cemp75@yandex.ru;

Sergei Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Director, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID 0000-0001-6998-1669, e-mail: medicine@nrerm.ru;

Aleksey Mikhailovich Shikota – PhD. Med. Sci. Senior Research Associate, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine of the Moscow City Health Department (5, pr. 1, B. Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia); scientific secretary, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Rehabilitation and Sports Medicine of the Moscow Department of Health (53, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 105120, Russia), ORCID 0000-0001-8643-1829, e-mail: alexmschikota@mail.ru;

Vladimir Ivanovich Yarema – Dr. Med. Sci. Prof., Leading Research Associate, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine of the Moscow City Health Department (5, pr. 1, B. Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia), ORCID 0000-0003-0032-5828, e-mail: npcemp@zdrav.mos.ru;

Irena Vladimirovna Pogonchenkova – Dr. Med. Sci., Director, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Rehabilitation and Sports Medicine of the Moscow Department of Health (53, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 105120, Russia), e-mail: PogonchenkoI@zdrav.mos.ru

Abstract

Relevance. The use of ultrasound diagnostics at the place of providing medical care to an urgent patient is one of the promising directions in the development of emergency medicine. At the same time, of particular interest is the possibility of using diagnostic ultrasound in an ambulance helicopter, given the lack of clear algorithms and standards for its application, as well as the limited number of publications on this problem.

Intention. Analysis of publications on the use of urgent ultrasound examination in an ambulance helicopter.

Methodology. A search was made for scientific publications on the topic on the electronic resource PubMed, in the Google Scholar search system for the period from 2000 to 2021.

Results and discussion. The main algorithms used for ultrasound diagnostics of an urgent patient in an ambulance helicopter are Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST), point-of-care ultrasound (POCUS), Rapid Ultrasound in SHock (RUSH), Bedside Lung Ultrasound in Emergency (BLUE), prehospital ultrasonography (PHUS), etc. They help exclude damage to vital organs and emergency pathology – pneumo- and hemothorax, hemoperitoneum, hemopericardium, large fractures and others that affect the tactics of treatment and patient routing; there is also the possibility of ultrasound navigation for a number of medical and diagnostic procedures. According to the results of published studies and clinical observations, prehospital ultrasound examination of urgent patients is successfully used during medical evacuation by an ambulance helicopter in emergency medical services in many countries of the world (both by doctors and other medical personnel), making it possible to diagnose a number of life-threatening conditions with a fairly high accuracy, without loss of time and without damage to patient's health. An important aspect of the successful application of the method during flight is the training of qualified personnel. The prospects for the development of the method are the development of more advanced ultrasound scanners and sensors adapted to flight conditions, as well as the use of telemedicine technologies for remote analysis of ultrasound images.

Conclusion. The experience of using prehospital diagnostic ultrasound in an ambulance helicopter requires further data accumulation and systematic analysis, but the method is already undoubtedly useful in determining the tactics of treatment and the route of hospitalization of urgent patients with acute trauma and a number of other pathological conditions.

Key words: emergency, ambulance, medical evacuation, helicopter, urgent condition, ultrasound, POCUS.

Received 05.05.2022

For citing: Gumenyuk S.A., Aleksanin S.S., Schikota A.M., Yarema V.I., Pogonchenkova I.V. Diagnosticheskie ul'trazvukovye issledovaniya pri evakuatsii urgentnykh patsientov sanitarnym vertoletom: obzor literatury. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2022; (2):42–51. (In Russ.)

Gumenyuk S.A., Aleksanin S.S., Schikota A.M., Yarema V.I., Pogonchenkova I.V. Diagnostic ultrasound examinations during evacuation of urgent patients by ambulance helicopters: literature review. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022; (2):42–51. DOI 10.25016/2541-7487-2022-0-2-42-51.



Вышла в свет книга



Многопрофильная клиника XXI века. Инновации и передовой опыт: материалы XI междунар. научн. конф. / под ред. С.С. Алексанина. СПб.: ЦИФРОФСЕТ, 2022. 204 с.

Составители: М.В. Савельева, О.А. Курсина.
ISBN 978-5-905853-69-2. Тираж 500 экз.

Организаторы XI международной научной конференции «Многопрофильная клиника XXI века. Инновации и передовой опыт»: МЧС России, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова МЧС России, Комитет по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга, Региональная общественная организация «Врачи Санкт-Петербурга». Спонсор конференции – ООО «Джонсон&Джонсон».

Международная научная конференция проводится уже одиннадцатый год и традиционно посвящена широкому спектру научно-практических проблем современного здравоохранения.

Представлены 94 доклада по тематическим направлениям конференции:

- коморбидные состояния в клинике внутренних болезней;
- современное развитие теории и практики рефлексотерапии;
- инновационные технологии в травматологии и артрологии (ArthroMarathon Shoulder&Knee Live surgery);

- опыт оказания медицинской помощи пострадавшим в аварии на Чернобыльской АЭС в рамках мероприятия Союзного государства;
- аспекты хирургического лечения бариатрических пациентов. Возможности малоинвазивных методик в urgentной хирургии.