



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭРГОНОМИКИ ПРОВОДНЫХ И БЕСПРОВОДНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИСТЕМ

А.А. Емельянцева, И.С. Железняк, И.В. Киприянова, А.Я. Латышева,  
Г.Г. Романов, Л.В. Воронков, Т.Д. Венгерович

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, 194044, Россия

**Резюме.** Форм-фактор ультразвукового аппарата с беспроводным датчиком в последние годы прочно входит в стандарты оснащения медицинских учреждений. При этом в отечественной литературе имеется ограниченное количество работ по практическому применению подобных систем и описанию их преимуществ и недостатков. Особенно важно оценить возможности беспроводного ультразвукового аппарата в диагностике urgentных состояний как основной точки приложения данной технологии. *Цель исследования:* сравнить эффективность, преимущества и удобство использования беспроводных датчиков ультразвуковой диагностики по отношению к стационарным аппаратам высокого класса. *Материалы и методы.* Проведён сравнительный анализ беспроводного ультразвукового датчика «Uprobe-C5PL» (Sonostar, Китай) с аппаратами высокого класса «DC-70» (Mindray, Китай), «CX-50» (Philips, Нидерланды), «Logic E9» (GE, США). Всего было обследовано 40 пациентов. Сравнение проводилось по следующим характеристикам: сопоставление измеряемых размеров органов, выявление патологических состояний, согласованность результатов нескольких врачей-экспертов, эргономические характеристики и удобство работы. *Результаты:* отмечалось отсутствие статистически значимых различий (U-критерий Манна - Уитни с поправкой Бонферрони,  $p > 0,05$ ) и сильная корреляционная зависимость ( $r = 0,99$ ;  $p < 0,01$ ) между измеряемыми величинами размеров органов и патологических структур. Беспроводной датчик показал наибольшую диагностическую чувствительность - 91,7% и точность - 97,5% в выявлении свободной жидкости в основных полостях. Была выявлена высокая согласованность результатов между врачами-экспертами (коэффициент Каппа - Коэна,  $K = 0,836$ ). *Заключение.* Беспроводной ультразвуковой датчик не уступает стационарным аппаратам в выявлении свободной жидкости и других патологических состояний в рамках urgentных исследований. При этом беспроводной форм-фактор повышает удобство использования в условиях ограниченного пространства за счёт мобильности врача-диагноста и автономности устройства. При плановом обследовании большого количества пациентов беспроводной датчик менее удобен и информативен, чем аппараты высокого класса.

**Ключевые слова:** беспроводной, ультразвуковая диагностика, эргономика; неотложный, автономность, сравнительный анализ, компактный, FAST, POCUS.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

**Соответствие нормам этики.** Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

**Для цитирования:** Емельянцева А.А., Железняк И.С., Киприянова И.В., Латышева А.Я., Романов Г.Г., Воронков Л.В., Венгерович Т.Д. Сравнительный анализ эффективности и эргономики проводных и беспроводных ультразвуковых систем. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(4):113-121. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.MIM.1>



## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY AND ERGONOMICS OF WIRED AND WIRELESS ULTRASOUND SYSTEMS

Aleksandr A. Emel'yantsev, Igor' S. Zheleznyak, Inga V. Kipriyanova, Anastasiya Ya. Latysheva, Gennadiy G. Romanov, Leonid V. Voronkov, Tat'yana D. Vengerovich

S.M. Kirov Military Medical Academy, 6Zh, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia

**Abstract.** The form factor of an ultrasound device with a wireless sensor has become firmly established in the standards for equipping medical institutions in recent years. In the Russian science literature there is a limited number of works on the practical application of such systems and a description of their advantages and disadvantages. It is important to evaluate the capabilities of a wireless ultrasound device in diagnosing urgent conditions. *Purpose of the study:* to compare the effectiveness, advantages and ease of use of wireless ultrasound diagnostic sensors in relation to stationary devices. A comparative analysis of the wireless ultrasonic sensor "Uprobe-C5PL" (Sonostar, China) with stationary devices "DC-70" (Mindray, China), "CX-50" (Philips, Netherlands), "Logic E9" (GE, USA). A total of 40 patients were studied. The comparison was carried out based on the following characteristics: comparison of measured organ sizes, identification of pathological conditions, consistency of results between several medical experts, ergonomic characteristics and ease of use. *Results:* there was no statistically significant differences (Mann-Whitney U test with Bonferroni correction,  $p > 0.05$ ) and a strong correlation ( $r = 0.99$ ;  $p < 0.01$ ) between the measured values of organ sizes and pathological structures. The wireless sensor showed the highest diagnostic sensitivity - 91.7% and accuracy - 97.5% in detecting free fluid in the main cavities. A high agreement of results between expert was revealed (Kappa-Cohen coefficient,  $K = 0.836$ ). *Conclusion.* The wireless ultrasound sensor is not inferior to stationary devices in identifying free fluid and other pathological conditions within the framework of urgent studies. At the same time, the wireless form factor increases ease of use in confined spaces due to the mobility of the diagnostician and the autonomy of the device. When routinely examining a large number of patients, a wireless sensor is less convenient and informative than high-end devices.

**Keywords:** wireless; ultrasound diagnostics; ergonomics; urgent; autonomy; comparative analysis; compact; FAST; POCUS.

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

**Funding.** This research received no external funding.

**Compliance with ethical principles.** The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

**Cite as:** Emel'yantsev A.A., Zheleznyak I.S., Kipriyanova I.V., Latysheva A.Ya., Romanov G.G., Voronkov L.V., Vengerovich T.D. Comparative analysis of the efficiency and ergonomics of wired and wireless ultrasound systems. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(4):113-121. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.MIM.1>

### Актуальность

Ультразвуковая диагностика является одной из наиболее широко используемых технологий медицинской визуализации во всем мире. Преимущество заключается в доступности изображений в режиме реального времени с высоким разрешением и детализацией. Важными факторами визуализации является качественное оборудование и технические особенности датчика в сочетании с опытом врача-диагноста. В последние годы появились три области развития ультразвуковой технологии: инновационная и сложная технология высокого класса, широко применяемая, распространённая и надёжная технология среднего класса и технология, направленная на уменьшение размеров устройства для ультразвукового исследования (УЗИ) у постели больного или на месте оказания медицинской помощи («point-of-care ultrasound» - POCUS) в качестве эффективного инструмента диагностики острых состояний [1, 2].

Использование компактных ультразвуковых аппаратов оправдано в случае затруднения расположения стационарного оборудования рядом с пациентом: отделение реанимации, транспортные средства, наличие дополнительных медицинских приспособлений и средств иммобилизации [3]. Для решения этих вопросов проводились исследования с использованием портативных ультразвуковых устройств в форм-факторе «ноутбук» в различных медицинских учреждениях [4-6]. Однако применение

этих аппаратов по-прежнему ограничено, поскольку кабель датчика снижает мобильность и удобство обследования, что напрямую влияет на качество изображения [7-9].

Отдельные требования к ультразвуковым аппаратам предъявляются в отделениях реанимации и интенсивной терапии в связи с дополнительными требованиями к дезинфекции и стерильности оборудования [1]. Особенно данные требования проявились в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции, где в условиях изоляции пациентам требовались мониторинг степени уплотнения паренхимы лёгких и исследование возможных заболеваний брюшной полости, поскольку при длительном стационарном лечении отмечался рост рецидивов и осложнений соматических заболеваний, не связанных с основным диагнозом. Проведение данных исследований с помощью мобильных ультразвуковых устройств намного эффективнее, чем трудоёмкая транспортировка на компьютерную томографию (КТ) [2].

Для оценки эффективности беспроводных устройств представляет интерес сравнение с ультразвуковым аппаратом высокого класса в роли «золотого» стандарта. Кроме того, важен анализ эффективности использования датчика в отношении состояний пациента, влияющих на качество ультразвукового изображения, таких как гиперпневматизация кишечника или ожирение [10].

Данный подход актуален как для стационарных многопрофильных лечебных учреждений МО РФ, так и для организации диагностики больных/пострадавших/раненых в процессе их эвакуации на следующий этап оказания медицинской помощи. Опыт военных конфликтов с конца XX в. показал, что для эвакуации раненых и больных следует использовать наиболее щадящие и быстроходные транспортные средства. К ним, прежде всего, относятся самолёты и вертолёты. В 2014-2015 гг. в ведущие военно-медицинские организации МО РФ осуществлена поставка медицинских самолётных и вертолётных модулей с возможностью оказания помощи пациентам, страдающим различными неотложными состояниями [11, 12]. Учитывая вероятность продолжительной эвакуации, обеспечение полноценной диагностики неотложных состояний больных реанимационного профиля является немаловажной задачей врачебно-сестринских бригад. Наличие компактного беспроводного ультразвукового сканера с возможностями автономной работы существенно упрощает эту задачу.

**Цель исследования:** сравнить эффективность, преимущества и удобство использования беспроводных датчиков ультразвуковой диагностики по отношению к стационарным аппаратам высокого класса.

### Материалы и методы

Всего обследовано 40 пациентов (31 мужчина и 9 женщин) в период с февраля по апрель 2023 года в клиниках Военно-медицинской академии по плановым и неотложным показаниям.

Все пациенты были разделены на две группы: основная – при наличии патологических изменений, выявленных аппаратом высокого класса, и контрольная – при отсутствии патологических изменений. Обе группы были обследованы тремя врачами ультразвуковой диагностики. Для вычисления чувствительности, специфичности и точности сравнивались результаты диагностики свободной жидкости, неоднородности структуры паренхимы органов и наличия патологических образований, а также размеры анатомических структур в абсолютных величинах между аппаратами высокого класса: «DC-70» (Mindray, Китай), «CX-50» (Philips, Нидерланды), «Logic E9» (GE, США) – врач со стажем 15 лет, и беспроводным двухсторонним ультразвуковым сканером «Uprobe-C5PL» (Sonostar, Китай) – врач со стажем 13 лет. Также проводилась оценка согласованности результатов пациентов основной и контрольной групп с использованием беспроводного устройства между врачами со стажем 13 и 12 лет в выявлении патологических изменений. Дополнительно два врача-исследователя заполнили анкеты с

субъективной оценкой удобства работы с беспроводными датчиками на небольшой группе из 5 пациентов (по неотложным показаниям в условиях реанимации).

Все пациенты проходили амбулаторное и стационарное лечение в клиниках Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в период с февраля по апрель 2023 г. включительно и обследовались по неотложным и плановым показаниям. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (протокол №274 от 24.01.2023 г.).

Средние выборочные значения количественных признаков сравниваемых показателей в графических диаграммах представлены в виде медианы (Me), в таблицах –  $Me \pm SD$ , где SD – стандартное отклонение. Для статистической обработки полученных данных использованы непараметрические методы статистики: U-критерий Манна – Уитни, T-критерий Уилкоксона, линейный регрессионный анализ, анализ четырёхпольных таблиц с расчётом чувствительности, специфичности и точности, анализ межэкспертной согласованности. Обработка данных проводилась в программном пакете MedCalc (ver. 19.2.1). Репрезентативность обосновывается сплошным характером выборки.

Пациенты обеих групп были сопоставимы по полу и возрасту (табл. 1).

**Таблица 1.** Распределение пациентов по полу и возрасту,  $Me \pm SD$   
**Table 1.** Distribution of patients by gender and age,  $Me \pm SD$

| Показатель                 | Группа        |                |
|----------------------------|---------------|----------------|
|                            | основная      | контрольная    |
| Количество пациентов, чел. | 21            | 19             |
| Мужчины                    | 17            | 14             |
| Женщины                    | 4             | 5              |
| Возраст $\pm SD$ , лет     | $42 \pm 9,35$ | $42 \pm 14,43$ |

Оценка точности измерения абсолютных размеров различных органов проводилась путём проведения стандартного исследования органов брюшной полости, забрюшинного пространства, малого таза и щитовидной железы всем 40 пациентам основной и контрольной групп на ультразвуковом аппарате высокого класса и последующим повторным обследованием этого же пациента вторым врачом-исследователем при помощи беспроводного трансдюсера. Измерения размеров органов проводилось в стандартных плоскостях с использованием основных анатомических ориентиров врачами-исследователями независимо друг от друга. Также проводилась оценка размеров выявленных патологических образований и свободной жидкости. Результаты вносились в электронную таблицу с присвоением данным анонимного номера.

Распределение пациентов по используемому ультразвуковому аппарату в зависимости от исследуемой области представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

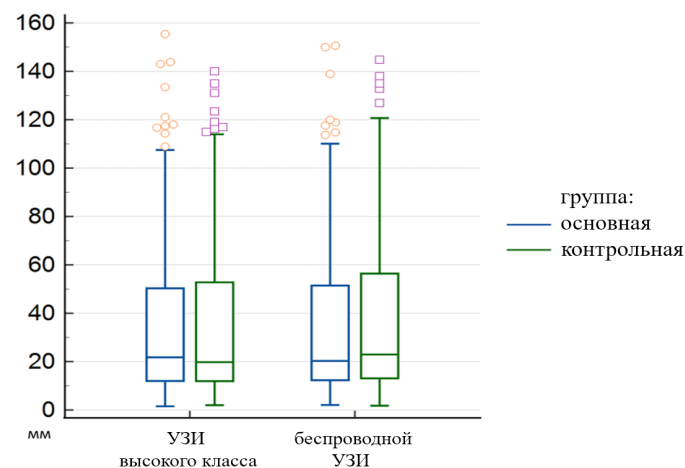
**Таблица 2.** Соотношение количества исследуемых областей в зависимости от используемого аппарата высокого класса и беспроводных ультразвуковых датчиков

**Table 2.** Ratio of the number of areas examined depending on the high-end device and wireless ultrasound sensors used

| Исследуемая область  | GE | Mindray | Philips | Sonostar | Всего |
|----------------------|----|---------|---------|----------|-------|
| Щитовидная железа    | 6  | 5       | -       | 11       | 22    |
| Печень               | 6  | 4       | -       | 10       | 20    |
| Почки                | 6  | 4       | 2       | 12       | 24    |
| Селезенка            | 4  | 3       | -       | 7        | 14    |
| Желчный пузырь       | 4  | 3       | -       | 7        | 14    |
| Мочевой пузырь       | 1  | 1       | 1       | 3        | 6     |
| Простата             | 1  | 1       | 1       | 3        | 6     |
| Поджелудочная железа | 2  | 3       | -       | 5        | 10    |
| Сосуды               | 8  | 2       | -       | 10       | 20    |
| FAST                 | -  | -       | 3       | 3        | 6     |
| Всего                | 38 | 26      | 7       | 71       | 142   |

### Результаты и их обсуждение

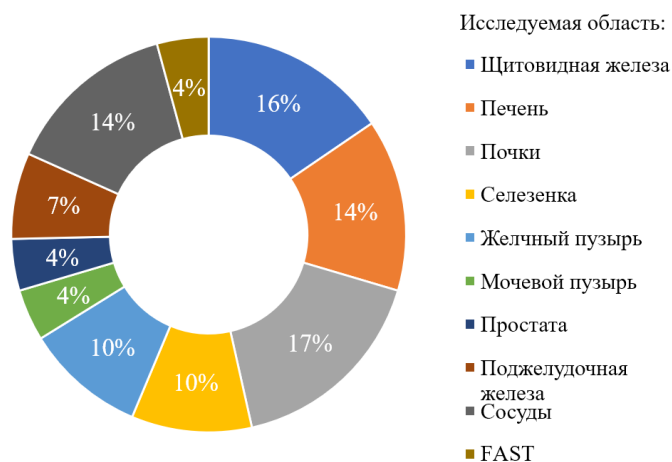
При сравнении измеряемых количественных характеристик на аппарате высокого класса и беспроводном сканере не было выявлено значимых различий между основной и контрольной группами (рис. 2, U-критерий Манна - Уитни с поправкой Бон-



**Рисунок 2.** Сравнение групп пациентов по количественным показателям

**Figure 2.** Comparison of patient groups by quantitative indicators

Таким образом, данные различных органов и систем представлены равномерно.

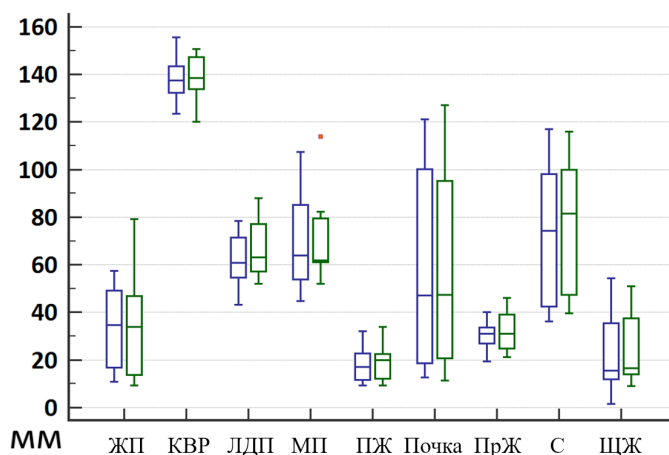


**Рисунок 1.** Соотношение исследуемых областей к общему количеству исследований

**Figure 1.** Ratio of research areas to the total number of studies

феррони,  $p = 0,8411$ ; U-критерий Манна - Уитни с поправкой Бонферрони,  $p = 0,7190$ ).

Для сравнения размеров органов по кластерам был использован непараметрический T-критерий Уилкоксона.



**Рисунок 3.** Размах значений количественных параметров по кластерам. Синие столбики - измерения аппарата УЗИ высокого класса, зеленые - беспроводного сканера

**Figure 3.** Range of values of quantitative parameters by clusters. Blue columns - measurements of a high-end ultrasound machine, green - of a wireless scanner

Таблица 3. Значения Т-критерия Уилкоксона при сравнении результатов измерений аппарата высокого класса и беспроводного сканера по отдельным органам

Table 3. Wilcoxon T-test values for comparison of measurement results of a high-end device and a wireless scanner for individual organs

| Исследуемая область      | ЩЖ   | Почки | С    | КВР  | ЛДП  | ЖП   | ПЖ   | МП   | ПрЖ  |
|--------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| УЗИ высокого класса      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Медиана                  | 12,1 | 45,9  | 74,2 | 137  | 60,9 | 30,8 | 17,0 | 64,0 | 31,0 |
| 1-й квартиль             | 6,2  | 18,3  | 42,5 | 132  | 54,6 | 13,8 | 11,8 | 54,0 | 27,0 |
| 3-й квартиль             | 17,7 | 99,7  | 98,3 | 143  | 71,4 | 48,7 | 22,7 | 85,2 | 33,6 |
| УЗИ беспроводной         |      |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Медиана                  | 14,3 | 46,5  | 81,6 | 139  | 63,1 | 25,0 | 19,9 | 62,0 | 31,1 |
| 1-й квартиль             | 6,7  | 20,5  | 47,3 | 134  | 57,3 | 13,5 | 12,1 | 61,0 | 25,0 |
| 3-й квартиль             | 19,1 | 94,8  | 99,9 | 147  | 77,1 | 46,6 | 22,6 | 79,5 | 39,2 |
| Значения критерия        |      |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Значение р               | 0,11 | 0,45  | 0,06 | 0,94 | 0,32 | 0,48 | 0,49 | 0,45 | 0,24 |
| Число позитивных сдвигов | 46   | 37    | 9    | 5    | 6    | 5    | 10   | 4    | 5    |
| Число негативных сдвигов | 30   | 27    | 4    | 3    | 4    | 8    | 7    | 3    | 2    |

Примечание: ЩЖ - щитовидная железа; С - селезенка; КВР - косой вертикальный размер печени; ЛДП - левая доля печени; ЖП - желчный пузырь; ПЖ - поджелудочная железа; МП - мочевого пузыря; ПрЖ - предстательная железа.

Из данных таблицы 3 и рисунка 3 следует, что значимых отличий результатов измерений беспроводного сканера с «золотым» стандартом не выявлено. Отмечается незначительное превышение позитивных сдвигов над негативными при оценке щитовидной железы, что объясняется небольшим размером органа и соответственно большей погрешностью измерений непосредственно оператора.

Для проверки точности измерения размеров органов без учёта группы и исследуемой области был проведён регрессионный анализ с построением предсказательной линейной модели отношения значений аппарата высокого класса и беспроводного УЗИ (рис. 4). Значение коэффициента регрессии ( $r = 0,99$ ;  $p < 0,01$ ) характеризует сильную корреляционную зависимость измеренных величин независимо от органа или наличия/отсутствия заболевания.

Для проверки возможностей диагностики беспроводных ультразвуковых датчиков в выявлении патологических состояний была проведена оценка эффективности по следующим параметрам: наличие жидкости в плевральных, брюшной полостях и полости перикарда, наличие изменения структуры паренхимы и патологических образований органов.

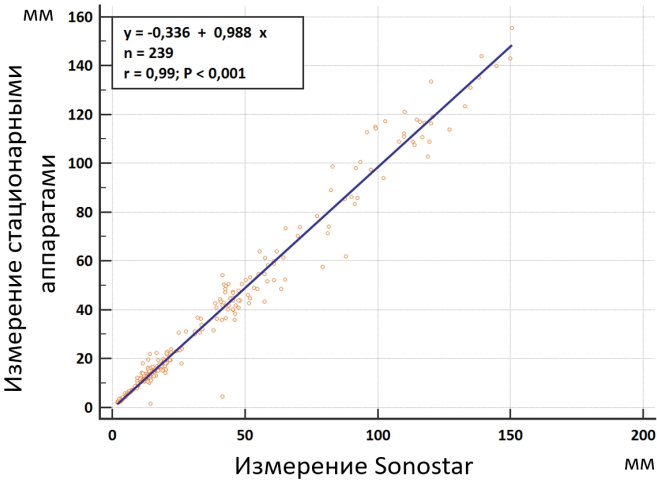


Рисунок 4. Кривая регрессионного анализа соотношения измеряемых значений с помощью методик беспроводного УЗИ и аппарата высокого класса

Figure 4. Regression analysis curve of the ratio of measured values using wireless ultrasound techniques and high-end equipment

Таблица 4. Диагностическая эффективность беспроводных УЗ-датчиков

Table 4. Diagnostic efficiency of wireless ultrasound sensors

| Показатель диагностического теста                     | Патологические изменения |                            |             |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|
|                                                       | Свободная жидкость       | Изменение структуры органа | Образование |
| Чувствительность, %                                   | 91,7                     | 70,0                       | 70,0        |
| Специфичность, %                                      | 100,0                    | 93,3                       | 100,0       |
| Точность, %                                           | 97,5                     | 87,5                       | 95,0        |
| AUC                                                   | 0,96                     | 0,82                       | 0,85        |
| Отношение правдоподобия для положительных результатов | -                        | 10,5                       | -           |
| Отношение правдоподобия для отрицательных результатов | 0,08                     | 0,32                       | 0,3         |
| Прогностическая ценность положительного результата, % | 100,0                    | 77,78                      | 100,0       |
| Прогностическая ценность отрицательного результата, % | 96,55                    | 90,3                       | 90,9        |

Из данных таблицы 4 следует, что беспроводные сканеры обладают достаточно высокими характеристиками диагностического теста в сравнении со стационарными аппаратами. Отмечается высокая специфичность выявленных изменений в связи с минимальным количеством ложноположительных результатов. Также имеет место хорошая чувствительность датчиков в выявлении свободной жидкости, что особенно важно для диагностики неотложных состояний. Единичные случаи ложноотрицательных результатов объясняются минимальным объёмом жидкости.

Для проверки информативности изображений, полученных с помощью беспроводного сканера, была проведена их экспертная оценка двумя врачами с большим стажем работы – 13 и 12 лет соответственно, оба врача имели высшую квалификационную категорию по специальности «ультразвуковая диагностика». Анализ представлял собой визуальное изучение изображения с дальнейшим присвоением каждому пациенту цифрового значения выявленных патологических изменений по следующему классификатору (табл. 5).

Сравнительный анализ согласованности с помощью расчёта коэффициента Каппа – Коэна представлен в таблице 6 и на рисунке 5.

На рисунке 5 столбцами изображены оценки одного эксперта по каждому из признаков, указанных в классификаторе. В случае несовпадения оценок в этом же столбце указывается другим цветом доля других признаков по результатам исследования второго эксперта. Рассчитанное значение коэффициента Каппа – Коэна ( $K = 0,836$ ) соответствует показателю «высокая согласованность».

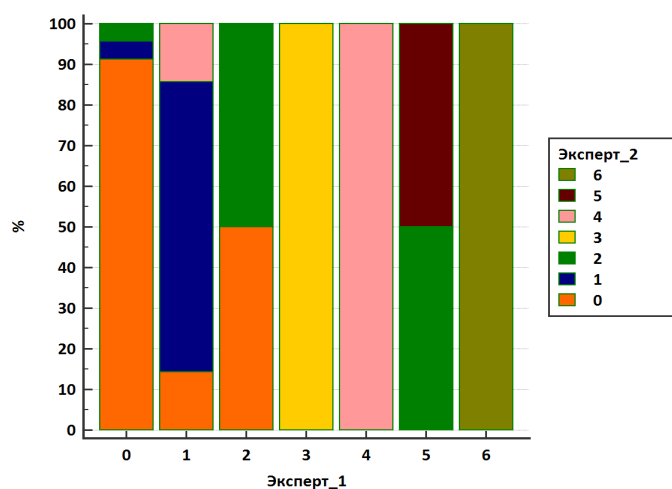


Рисунок 5. Соотношение оценок первого эксперта относительно второго

Figure 5. Ratio of the first expert's assessments to the second

Для сравнительного анализа эргономических характеристик и удобства использования различных УЗ-аппаратов было проведено анкетирование трёх врачей ультразвуковой диагностики, проводивших исследования с помощью беспроводных датчиков у пациентов в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии. Субъективная оценка была определена с помощью разработанного классификатора (табл. 7). Примеры изображений датчика аппарата УЗИ высокого класса и беспроводного сканера представлены на рисунке 6.

Таблица 5. Классификатор выявленных изменений  
Table 5. Classifier of identified changes

| Балл | Характеристика                                   |
|------|--------------------------------------------------|
| 0    | Отсутствие патологии                             |
| 1    | Выявление свободной жидкости в полостях          |
| 2    | Выявление неоднородности структуры органа        |
| 3    | Выявление патологического образования            |
| 4    | Выявление жидкости и патологического образования |
| 5    | Выявление жидкости и неоднородности структуры    |
| 6    | Выявление образования и неоднородности структуры |

Таблица 6. Количественная оценка совпадений и разногласий между экспертами

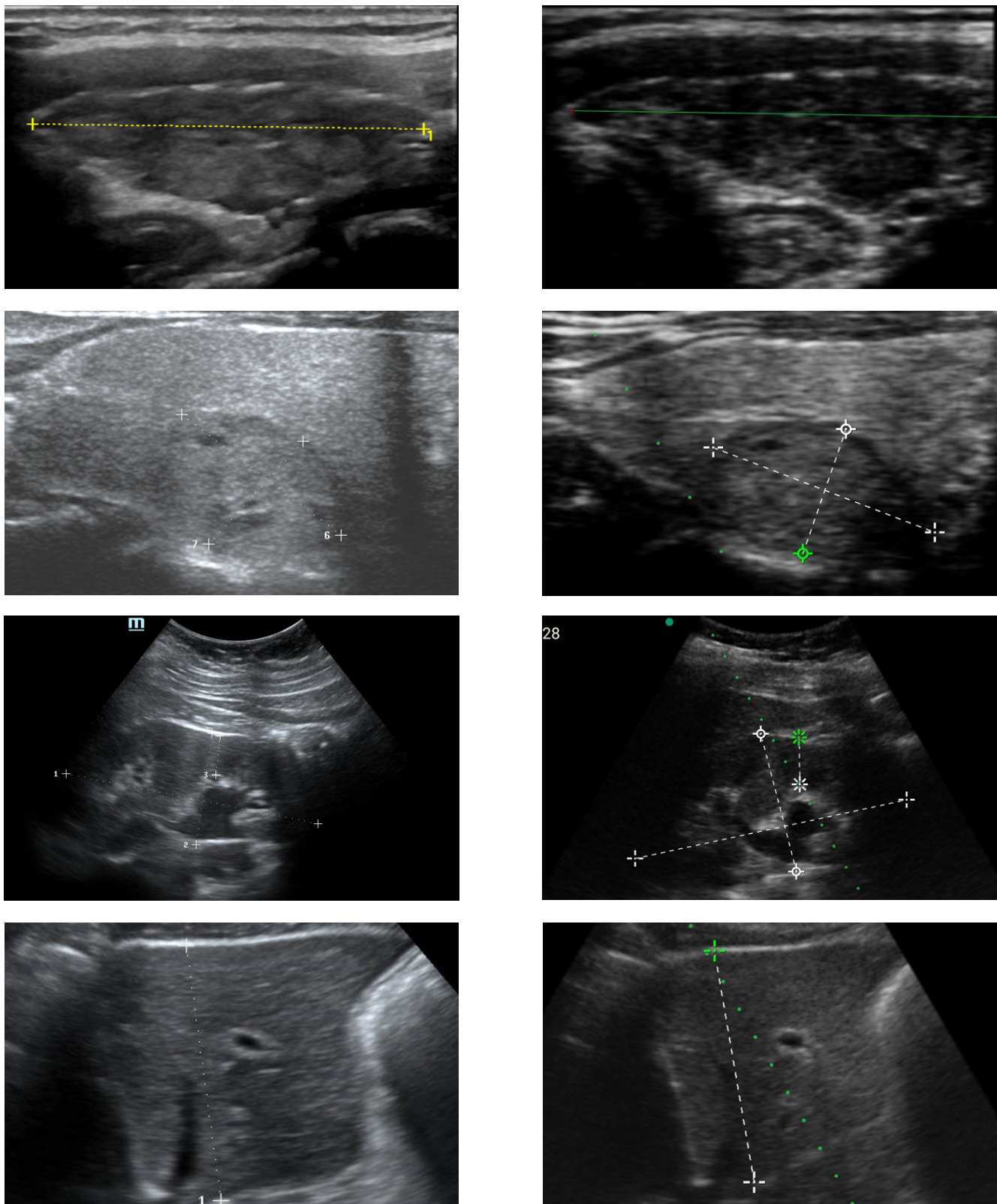
Table 6. Quantitative assessment of agreements and disagreements between experts

| Второй эксперт | Первый эксперт |   |   |   |   |   |   |
|----------------|----------------|---|---|---|---|---|---|
|                | 0              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0              | 21             | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1              | 1              | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2              | 1              | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 3              | 0              | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4              | 0              | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 5              | 0              | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 6              | 0              | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |

Таблица 7. Классификатор субъективной оценки эргономики и эффективности беспроводных датчиков

Table 7. Classifier of subjective assessment of ergonomics and efficiency of wireless sensors

| Балл | Характеристика                                                                                                       |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5    | Лучше, чем стационарный аппарат высокого класса                                                                      |
| 4    | Не отличается от стационарного аппарата высокого класса                                                              |
| 3    | Незначительно хуже, чем стационарный аппарат высокого класса (качество изображения хуже, но не влияет на заключение) |
| 2    | Существенно хуже, чем стационарный аппарат высокого класса (качество изображения хуже и влияет на заключение)        |
| 1    | Не информативно                                                                                                      |



**Рисунок 6.** Изображения различных классов УЗИ-устройств: слева изображения датчика аппарата УЗИ высокого класса, справа – беспроводного сканера. 1 ряд – щитовидная железа с диффузным нарушением однородности структуры; 2 ряд – узел щитовидной железы; 3 ряд – почка с гидронефрозом; 4 ряд – левая доля печени

**Figure 6.** Images of different classes of ultrasound devices: on the left are images of a high-end ultrasound device sensor, on the right are images of a wireless scanner. Row 1 – thyroid gland with diffuse structural homogeneity disorder; Row 2 – thyroid nodule; Row 3 – kidney with hydronephrosis; Row 4 – left lobe of the liver

Данные эргономических характеристик, качества изображения и удобства использования датчиков по результатам анкетирования трёх экспертов представлены в таблице 8.

**Таблица 8.** Результаты субъективной оценки эргономики и эффективности исследуемых беспроводных датчиков  
**Table 8.** Results of subjective assessment of ergonomics and efficiency of the studied wireless sensors

| Показатель                              | Первый эксперт | Второй эксперт | Третий эксперт |
|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Качество изображения                    | 3              | 3              | 3              |
| Эргономика датчика                      | 4              | 3              | 3              |
| Удобство программного обеспечения       | 3              | 3              | 4              |
| Количество функций                      | 3              | 3              | 4              |
| Удобство при неотложном исследовании    | 4              | 4              | 5              |
| Использование в комплексе с планшетом   | 4              | 4              | 4              |
| Использование в комплексе со смартфоном | 2              | 2              | 3              |
| Автономность                            | 5              | 5              | 5              |
| Средний балл                            | 3,5            | 3,375          | 3,875          |

Из данных таблицы 8 можно сделать следующие выводы:

- несмотря на визуальные отличия изображений беспроводных сканеров от стационарного аппарата высокого класса качество диагностики значимо не снижается;
- эргономика беспроводного датчика незначительно хуже стационарного в связи с толщиной и формой датчика;
- программное обеспечение позволяет выполнить основные манипуляции, связанные с ультразвуковой диагностикой, в том числе и при неотложных состояниях;
- использование экрана телефона в качестве устройства вывода информации менее удобно, чем планшетный компьютер.

### Обсуждение

Ультразвуковые аппараты обладают большим количеством вариантов исполнения, каждый из которых уместен в решении каких-либо определённых задач [2]. Сканеры в форм-факторе беспроводного датчика не предназначены для замены стационарных устройств, большая их часть имеет меньшее пространственное разрешение и ограниченные возможности обработки изображения в режиме реального времени. Однако при необходимости проведения обзорного исследования, в том числе и при неотложных состояниях, беспроводной ультразвуковой аппарат обладает достаточной информа-

тивностью и точностью измерений по сравнению с устройствами высокого класса.

Наибольшую точность беспроводной датчик показал в диагностике свободной жидкости, что важно, учитывая ориентацию на диагностику неотложных состояний, при которых чаще всего отмечается жидкое содержимое в основных анатомических полостях [6]. При этом высокая согласованность при диагностике одних и тех же пациентов несколькими врачами свидетельствует о хорошей воспроизводимости методики.

Важным преимуществом беспроводных датчиков является их высокая мобильность и автономность, благодаря чему они могут быть при необходимости оперативно перемещены в условия без доступа к электропитанию (приспособленные помещения, транспорт), что имеет военно-прикладное значение [11]. Врачи-исследователи отмечали удобство доступа к пациенту, особенно в условиях отделения реанимации и операционной, где большое количество аппаратуры и медицинского персонала затрудняет использование сканера с проводами. Также стоит отметить простоту дезинфекции датчиков, после их применения в инфекционных изоляторах. Аналогичные выводы были сделаны и в ряде других работ [1, 2].

К недостаткам беспроводных датчиков некоторые исследователи относят малый диапазон предельной скорости кровотока, что ограничивает количественную оценку при проведении спектральной доплерографии на сосудах с магистральным типом кровотока [13]. Также отмечается невысокая информативность при использовании в качестве устройства вывода изображения смартфона в связи с малой величиной экрана. Для удовлетворительной интерпретации УЗ-изображения требуется диагональ не менее 7 дюймов. Эргономика беспроводных датчиков удовлетворительна при проведении 1-2 исследований, однако при большем количестве для врача-специалиста ощущается дискомфорт, связанный с толщиной трансдюсера.

### Заключение

Беспроводные ультразвуковые датчики позволяют диагностировать urgentные состояния с эффективностью, соответствующей аппаратам высокого класса. При этом беспроводной форм-фактор более удобен в использовании в условиях ограниченного пространства (отделения реанимации, операционные) и не препятствует работе медперсонала и медицинских приборов.

## Литература [References]

- 1 Baribeau Y., Sharkey A., Chaudhary O. et al. Handheld Point-of-Care ultrasound probes: the new generation of POCUS. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(11):3139-3145. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.07.004>
- 2 Bianchi S., Savinelli C., Paolucci E. et al. Point-of-care ultrasound (POCUS) in the early diagnosis of novel coronavirus 2019 disease (COVID-19) in a first-level emergency department during a SARS-CoV-2 outbreak in Italy: a real-life analysis. *Intern Emerg Med.* 2021;17(1):193-204. <https://doi.org/10.1007/s11739-021-02643-w>
- 3 Schleder S., Jung E., Heiss P. et al. 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. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1356222>
- 4 Kirkpatrick A., Breeck K., Wong J. et al. The potential of handheld trauma sonography in the air medical transport of the trauma victim. *Air Med J.* 2005;24(1):34-39. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2004.10.012>
- 5 Kirkpatrick A., Sirois M., Laupland K. et al. Prospective evaluation of hand-held focused abdominal sonography for trauma (FAST) in blunt abdominal trauma. *Can J Surg.* 2005;48(6):453-460. PMID: 16417051; PMCID: PMC3211725.
- 6 Scalea T., Rodriguez A., Chiu W. et al. Focused assessment with sonography for trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma.* 1999;46(3):466-472. <https://doi.org/10.1097/00005373-199903000-00022>
- 7 Schleder S., Dendl L., Ernstberger A. 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):e20. <https://doi.org/10.1136/emered-2012-201258>
- 8 Schleder S., Dornia C., Poschenrieder F. et al. Bedside diagnosis of pleural effusion with a latest generation hand-carried ultrasound device in intensive care patients. *Acta Radiol.* 2012;53(5):556-560. <https://doi.org/10.1258/ar.2012.110676>
- 9 Piccoli M., Trambaiolo P., Salustri A. 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. <https://doi.org/10.1378/chest.128.5.3413>
- 10 Lee L., DeCara J. Point-of-Care ultrasound. *Curr Cardiol Rep.* 2020;22(11):149. <https://doi.org/10.1007/s11886-020-01394-y>
- 11 Шелепов А.М., Вислов А.В., Каниболоцкий М.Н. и др. Перспективы использования авиационного транспорта для эвакуации раненых и больных в Вооруженных силах Российской Федерации. *Вестник Российской Военно-Медицинской Академии.* 2013;42(2):158-164. Shelepov AM, Vislov AV, Kanibolockij MN. et al. Prospects for the use of air transport to evacuate the sick and wounded in the armed forces of the Russian federation. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2013;42(2):158-164. (In Russ).
- 12 Кувшинов К.Э., Сушильников С.И., Яковлев С.В. и др. Организация санитарно-авиационной эвакуации в Вооруженных силах. *Военно-медицинский журнал.* 2017;338(4):4-11. Kuvshinov KE, Sushil'nikov SI, Yakovlev SV. et al. Organization of sanitary and aviation evacuation in the armed forces. *Military Medical Journal.* 2017;338(4):4-11. (In Russ).
- 13 Jung E., Dinkel J., Verloh N. et al. Wireless point-of-care ultrasound: First experiences with a new generation handheld device. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2021;79(3):463-474. <https://doi.org/10.3233/CH-211197>

## Авторская справка

## Емельянцева Александр Александрович

Канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0000-0001-5723-7058; yemelyantsev@gmail.com

Вклад автора: сбор и обработка данных.

## Железняк Игорь Сергеевич

Д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0000-0001-7383-512X; igzh@bk.ru

Вклад автора: концепция и дизайн исследования.

## Киприянова Инга Владимировна

Заведующая кабинетом ультразвуковой диагностики, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0009-0002-0930-9023; Kipriyanovaiv@bk.ru

Вклад автора: сбор и обработка данных.

## Латышева Анастасия Яковлевна

Канд. мед. наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0000-0003-3677-8765; vaska.petrova@yandex.ru

Вклад автора: анализ и интерпретация данных.

## Романов Геннадий Геннадьевич

Канд. мед. наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0000-0001-5987-8158; romanov\_gennadiy@mail.ru

Вклад автора: анализ и интерпретация данных.

## Воронков Леонид Васильевич

Канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0000-0002-0780-0735; Ivoronkov83@mail.ru

Вклад автора: редактирование текста.

## Венгерович Татьяна Дмитриевна

Врач-рентгенолог, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова.

ORCID 0009-0009-5478-1029; vengerovichhh@bk.ru

Вклад автора: сбор и обработка данных.

## Author's reference

## Aleksandr A. Yemel'yantsev

Cand. Sci. (Med.), Senior Lecturer, Department of Roentgenology and Radiology with a Course in Ultrasound Diagnostics, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0000-0001-5723-7058; yemelyantsev@gmail.com

Author's contribution: data collection and processing.

## Igor' S. Zheleznyak

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Roentgenology and Radiology with a Course in Ultrasound Diagnostics, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0000-0001-7383-512X; igzh@bk.ru

Author's contribution: study concept and design.

## Inga V. Kipriyanova

Head of the Ultrasound Diagnostics Cabinet, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0009-0002-0930-9023; Kipriyanovaiv@bk.ru

Author contribution: data collection and processing.

## Anastasiya Y. Latysheva

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Roentgenology and Radiology with a Course in Ultrasound Diagnostics, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0000-0003-3677-8765; vaska.petrova@yandex.ru

Author contribution: анализ и интерпретация данных.

## Gennadiy G. Romanov

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Roentgenology and Radiology with a Course in Ultrasound Diagnostics, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0000-0001-5987-8158; romanov\_gennadiy@mail.ru

Author contribution: анализ и интерпретация данных.

## Leonid V. Voronkov

Cand. Sci. (Med.), senior lecturer of the Department of Roentgenology and Radiology with a course of ultrasound diagnostics, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0000-0002-0780-0735; Ivoronkov83@mail.ru

Author's contribution: editing text.

## Tat'yana D. Vengerovich

Ray doctor, S.M. Kirov Military Medical Academy.

ORCID 0009-0009-5478-1029; vengerovichhh@bk.ru

Author's contribution: data collection and processing.