УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И РИСК РАЗВИТИЯ ЯТРОГЕННЫХ ИНФЕКЦИЙ

ДИКАРЕВА Е.А., ПИМАНОВ С.И.

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск,
Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2021. – Том 20, №5. – С. 15-22.

ULTRASOUND EXAMINATION AND THE RISK OF IATROGENIC INFECTIONS DEVELOPMENT

DIKAREVA E.A., PIMANOV S.I.

Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2021;20(5):15-22.

Резюме.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) применяется во всех областях современной медицины и занимает лидирующие позиции в неинвазивной инструментальной диагностике. Считается, что УЗИ является безопасным для пациентов. В то же время, существует опасное воздействие УЗИ, проявляющееся бактериальным и вирусным загрязнением ультразвукового (УЗ) оборудования и обследуемых пациентов. Многочисленными исследованиями убедительно показано, что УЗИ представляет опасность в плане ятрогенной контаминации пациента бактериальной, грибковой и вирусной инфекцией.

Каждое УЗИ включает контакт между датчиком аппарата и кожей пациента, или его слизистыми оболочками, или стерильными тканями при интраоперационных исследованиях. При контакте УЗ датчика с телом пациента возможно его загрязнение патогенными и условно патогенными микроорганизмами. Также возможна контаминация УЗ оборудования и рук врача, который проводит данное исследование. Все это в дальнейшем будет способствовать передаче микроорганизмов другим обследуемым. Поэтому каждый пациент должен рассматриваться как потенциальный источник патогенных микроорганизмов и вирусов.

Цель работы состояла в анализе литературных данных о бактериальной и вирусной контаминации в процессе УЗИ.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, микробная контаминация, ятрогенная патология.

Abstract.

Ultrasound examination is used in all areas of modern medicine and occupies the leading positions in non-invasive instrumental diagnostics. Ultrasound is believed to be safe for patients. At the same time, there is a dangerous effect of ultrasound, manifested by bacterial and viral contamination of ultrasound equipment and the examined patients. Numerous studies have convincingly shown that ultrasound is dangerous in terms of iatrogenic contamination of a patient with bacterial, fungal and viral infections.

Each ultrasound examination includes contact between the probe of the device and the patient's skin, or his/her mucous membranes, or sterile tissues during intraoperative examinations. When the ultrasonic sensor comes into contact with the patient's body, it may become contaminated with pathogenic and opportunistic microorganisms. It is also possible to contaminate the ultrasound equipment and the hands of a doctor who conducts this study. All this will subsequently contribute to the microorganisms transmission to other subjects being examined. Therefore, every patient should be considered as a potential source of pathogenic microorganisms and viruses.

The purpose of the work was to analyze the literature data on bacterial and viral contamination during ultrasound examination.

Key words: ultrasound examination, microbial contamination, iatrogenic pathology.

Введение. Неожиданный аспект неблагоприятного эффекта ультразвукового исследования

В настоящее время пациенты хорошо осведомлены о рисках, связанных с воздействием ионизирующего излучения во время проведения рентгенографии, компьютерной томографии, рентгенэндоваскулярных исследований, а также о возможном влиянии магнитного поля на кардиостимуляторы и металлические имплантаты при магнитно-резонансной томографии. В то же время, при проведении ультразвукового исследования (УЗИ) обследуемые, как правило, не предполагают о наличии дополнительных рисков для здоровья во время его выполнения. Это является следствием общепринятого и верного положения об отсутствии доказанных негативных эффектов диагностического ультразвука на организм обследуемого, за исключением потенциального воздействия на плод в ранние сроки беременности [1].

Вместе с тем существует опасное воздействие УЗИ, которое игнорируется как врачами, так и пациентами. Это касается микробной и вирусной контаминации, происходящей в процессе ультразвуковой диагностики (УЗД). Наибольшей эпидемиологической угрозой при проведении УЗИ является передача условно патогенных и патогенных микроорганизмов и вирусов между пациентами и ультразвуковым (УЗ) оборудованием. Проведение УЗИ сопровождается перекрестным заражением на нескольких уровнях: руки врача, кушетка, на которой лежит пациент, УЗ гель и датчик, а также возможна передача инфекции от таких источников, как кабель датчика и клавиатура аппарата. Особую опасность представляют вагинальные и ректальные УЗ датчики, так как они имеют высокую бактериальную и вирусную контаминацию и контакт со слизистой оболочкой. Передача инфекции при УЗИ является фрагментом большой проблемы ятрогенной патологии. Например, в Австралии Национальный совет по здравоохранению и медицинским исследованиям сообщил, что каждый год в учреждениях неотложной медицинской помощи регистрируется более 200 000 инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи [2].

Несмотря на широкое применение эхографии в медицине, имеется незначительное количество исследований, которые оценивали бактериальное загрязнение на поверхностях медицинских приборов и УЗ датчиков [3].

Цель работы состояла в анализе литературных данных о бактериальной и вирусной контаминации в процессе УЗИ.

Ультразвуковой датчик – источник микробной контаминации

Каждое УЗИ включает контакт между датчиком аппарата и кожей пациента, или его слизистыми оболочками, или стерильными тканями при интраоперационных исследованиях. При контакте УЗ датчика с телом пациента возможно его загрязнение патогенными и условно патогенными микроорганизмами. Также возможна контаминация УЗ оборудования и рук врача, который проводит данное исследование. Все это в дальнейшем будет способствовать передаче микроорганизмов другим обследуемым. Поэтому каждый пациент должен рассматриваться как потенциальный источник патогенных микроорганизмов и вирусов [4].

К настоящему времени имеется ряд исследований, доказывающих факт значительного бактериального загрязнения УЗ датчиков во время проведения УЗИ [5-7].

В работе G.E. Sanz и соавт. из Канады установлено, что на 42% УЗ датчиков, подготовленных к работе, при визуальном осмотре был выявлен сухой и влажный УЗ гель, кровь или пыль [8].

Специалисты из США изучали бактериальное загрязнение на поверхности УЗ датчиков в отделении неотложной помощи и обнаружили нормальную флору кожи или непатогенную флору в 67% (95% доверительный интервал (ДИ): 60%-74%) случаев, а в 1,2% (95% ДИ: 0,3%-4,3%) – патогенные микроорганизмы, представляющие опасность для пациента. Для получения культур микроорганизмов УЗ датчиком касались чашки с кровяным агаром [7].

По данным английского эпидемиологического исследования на УЗ датчиках, клавиатурах устройств и в геле в 65% случаев были выявлены микроорганизмы с кожи и из окружающей среды, а в 9,4% были определены патогенные микроорганизмы. Культивирование микроорганизмов проводили на высокопитательной неселективной среде (агар Колумбия), предназначенной для поддержки роста наиболее часто встречающихся бактерий и грибов. Культуры инкубировали в течение 48 часов при 30°C для выращивания микроорганизмов окружающей среды и микроорганизмов, имеющих клиническое значение.

Также проводили культивирование мазков с обогащением в инфузионном бульоне мозг-сердце в течение 48 часов при 30° С перед культивированием на колумбийском кровяном агаре. Прямое культивирование позволило оценить степень контаминации на УЗ оборудовании, тогда как культивирование с обогащением помогло обнаружить небольшое количество присутствующих микроорганизмов [9].

По результатам матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации и полимеразной цепной реакции австралийские авторы показали, что на 60% трансабдоминальных и на 14% трансвагинальных датчиков выявляется бактериальное загрязнение [2].

Недавнее швейцарское исследование показало, что в рутинной практике бактериальное загрязнение УЗ датчиков было выше, чем бактериальное загрязнение сидений общественного туалета и поручней автобусов. Бактериальное загрязнение оценивали на 36 УЗ датчиках до и после обучения персонала по дезинфекции УЗ оборудования в центре гигиены. Для сравнения также было проанализировано бактериальное загрязнение в общественных местах (11 автобусных поручней; 10 сидений унитазов). В данной работе изучали количество колониеобразующих единиц (КОЕ), выросших на чашках агара. На УЗ датчиках было выявлено 53 КОЕ до и 0 КОЕ после проведения обучения персонала по обработке УЗ оборудования ($p < 0,001$). В общественных местах на сидениях унитаза было определено 4 КОЕ, а на автобусных поручнях – 28 КОЕ [10].

Инфекции, передаваемые во время проведения ультразвукового исследования

Доказано, что УЗИ может быть источником распространения различных инфекций [11-13].

В Руководстве Австралийского общества ультразвука в медицине и Австралийской коллегии по контролю и профилактике инфекций указывается, что особую опасность при УЗИ представляют следующие микроорганизмы:

- *Staphylococcus aureus*;
- Ванкомицин-резистентные энтерококки;
- Мультирезистентные грамотрицательные бактерии;
- Карбапенем-резистентные энтеробактерии;
- *Mycobacterium tuberculosis* комплекс;
- Нетуберкулезные «атипичные» микобактерии;

- *Clostridium difficile* [4];

- *Neisseria gonorrhoeae*, *Chlamydia trachomatis*, *Treponema pallidum* (syphilis), *Mycoplasma genitalium* (передача этих организмов представляет собой особый риск при проведении трансоэзофагального, трансректального или трансвагинального УЗИ). Перечисленные микроорганизмы не могут быть удалены дезинфекционными салфетками при дезинфекции низкого уровня [13]).

Ряд авторов показал, что загрязнение УЗ датчиков такими микроорганизмами, как *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter*, а также *Candida albicans*, регистрируется с частотой от 2% до 17,5% случаев [3, 7, 14, 15].

В крупной берлинской клинике была зафиксирована вспышка инфекции *Staphylococcus aureus* у 10 новорожденных в результате использования инфицированного УЗ геля [16]. Во Франции О. Gaillot и соавт. обнаружили, что эхографическое исследование вызвало распространение инфекции *Klebsiella pneumoniae* среди беременных и новорожденных [17].

Staphylococcus aureus является частью микробиоты кожи и одной из основных причин внутрибольничных и внебольничных инфекций. Особую опасность среди распространяемых через УЗ датчик микроорганизмов представляют метициллинрезистентные стафилококки [5]. Также на УЗ датчиках могут встречаться энтеробактерии, которые являются доминирующей аэробной флорой пищеварительного тракта [18].

Проведение внутривлагалищных УЗИ и биопсии под контролем УЗ изображения может приводить к опасному инфицированию. В крупном клиническом центре в Атланте (США) при оценке бактериальных рисков после проведения трансректальной биопсии предстательной железы в 11 (1,8%) случаях у пациентов развились симптомы бактериальной инфекции. Клиническая картина появилась в течение 14 дней после процедуры (в среднем через 2 дня). У пяти обследованных были положительные результаты посева, у 4 – отрицательные результаты посева, а у 2 посева не проводились. *Escherichia coli* была выделена у всех 5 пациентов с положительными результатами посева: у 2 участников исследования был положительный результат посева крови и мочи одновременно, а у трех – только мочи [19]. Среди 20 пациентов после хирургического лечения на сердце с использованием трансоэзофагального УЗ датчика у 8 (40%) из них развилась послеоперационная инфекция [20].

перационная лихорадка. У всех 8 обследованных были определены положительные посевы на *Escherichia coli*: у 6 участников исследования положительные посевы мокроты, у одного – крови, и у одного одновременно был положителен посев мокроты и крови. В культурах, полученных с трансэзофагеального УЗ датчика, были также определены бактерии *Escherichia coli* [11].

Флора окружающей среды, в основном состоящая из неферментативных грамотрицательных бактерий, ответственна за внутрибольничные инфекции у ослабленных пациентов. Вспышки заболеваний, вызванные *Pseudomonas aeruginosa* [12, 20], *Burkholderia cepacia* [21], *Achromobacter xylosoxidans* [22], а также бактериями с множественной лекарственной устойчивостью [23], все чаще связываются с трансректальным УЗИ.

Также через УЗ оборудование возможна передача грибковых патогенов, таких как дерматофиты и гифомицеты [4].

Вирусы иммунодефицита человека, гепатита С и гепатита В могут распространяться при УЗИ через контакт с кровью или биологическими жидкостями инфицированных пациентов [24]. F. Lessa и соавт. в своем исследовании оценивали инфекционные риски, ассоциированные с проведением трансректальной биопсии предстательной железы под УЗИ контролем, у 528 пациентов. Ни у одного пациента не была установлена передача вируса иммунодефицита человека и/или гепатита С после УЗИ. Что касается гепатита В, у 16 (3%) обследованных появился положительный результат тестирования после проведения трансректального эхографического исследования. Следовательно, нельзя исключить передачу вируса гепатита В, связанную с неадекватной обработкой УЗ оборудования [19].

Большинство дезинфицирующих средств, используемых для обработки УЗ оборудования, инактивируют передаваемые с кровью вирусы. Проблема заключается в недостаточной очистке УЗ оборудования перед химической дезинфекцией, что ограничивает ее эффективность [4, 24].

В мета-анализе, оценивающем инфекционный риск при проведении трансвагинального и трансректального УЗ исследования, было выявлено, что он составляет для наиболее часто встречающихся вирусов (вирусы простого герпеса, папилломы человека, цитомегаловирус) около 1% (95% ДИ: 0,0-10,0) после проведения дезинфекции низкого уровня [25].

Вирус герпеса человека 1 типа и вирус герпеса человека 2 типа относительно устойчивы к дезинфекции. Установлено, что инфицирование УЗ датчиков данными вирусами может происходить даже при использовании специальных одноразовых покрытий [26].

При проведении трансвагинального УЗИ имеется высокий риск заражения вирусом папилломы человека [27]. Известно, что вирус папилломы человека устойчив в окружающей среде и сохраняется после обезвоживания в течение 7 дней. Это вызывает особую настороженность в связи с тем, что вирус папилломы человека (тип 16 и 18) признан основной этиологической причиной инвазивного рака шейки матки. В нескольких исследованиях изучалась вероятность передачи вируса папилломы человека через трансвагинальное УЗИ и было обнаружено, что использование специальных одноразовых покрытий датчиков недостаточно предотвращает их контаминацию. Также было выявлено, что дезинфекция низкого уровня не может удалить вирус папилломы человека в этой ситуации [13, 28].

Французский исследователь G. Кас и соавт. сообщили, что 1,5% трансвагинальных/трансректальных УЗ датчиков после удаления специального одноразового защитного покрытия были инфицированы следующими вирусами: вирус Эпштейна-Барра, цитомегаловирус и вирус папилломы человека. После дезинфекции высокого уровня с использованием салфеток, пропитанных дезинфицирующим средством, и пятиминутного цикла в ультрафиолетовой камере вирусный геном обнаружен не был [18].

В исследовании F. M'Zali и соавт. проанализировано 300 проб, полученных с трансвагинальных датчиков после дезинфекции низкого уровня датчиков салфетками, пропитанными соединением четвертичного аммония и хлоргексидином. Вирус папилломы человека определяли в первых 100 пробах, *Chlamydia trachomatis* и микоплазмы исследовали во втором наборе из 100 образцов, бактерии и грибы – в третьем наборе из 100 образцов. Установлена устойчивость к дезинфекции низкого уровня значительной части вирусов папилломы человека, *Chlamydia trachomatis*, микоплазм, грамположительных и грамотрицательных бактерий. ДНК вируса папилломы человека была обнаружена в 13% (95% ДИ: 6-20%) проб; ДНК *Chlamydia trachomatis* была диагностирована в 20% (95% ДИ: 12-28%) проб; ДНК микоплазм была определена в 8% (95% ДИ: 3-13%) проб. Комменсальная и/или

бактериальная флора окружающей среды присутствовала в 86% (95% ДИ: 79-93%) проб. Преимущественно и часто в большом количестве была выявлена флора кожи, включая коагулазонегативные стафилококки (КОС, 73%), *Micrococcus sp.* (20%), чувствительный к метициллину *Staphylococcus aureus* (MSSA, 4%), зеленящий стрептококк (2%) и *Corynebacterium sp.* (1%). Флора окружающей среды встречалась реже: *Shewanella putrefaciens* и *Aeromonas sp.* выявлялись в 2%, а *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Flavobacterium oryzihabitans* и *Comamonas acidovorans* определялись в 1% случаев. Грибковые микроорганизмы в данном исследовании не были выделены [13].

В мета-анализе S. Leroy, основанном на 32 исследованиях, проводилась оценка инфекционных рисков при проведении трансвагинальных и трансректальных УЗИ. Установлено, что после дезинфекции низкого уровня патогенные бактерии определялись на датчиках в 12,9% (95% ДИ: 1,7%-24,3%), а наиболее часто встречающиеся вирусы (вирус папилломы человека, вирус простого герпеса и цитомегаловирус) – 1,0% (95% ДИ: 0,0%-10,0%) случаев. Инфицирование пациентов после трансректального УЗИ и направленной биопсии составила 3,1% (95% ДИ: 1,6%-4,3%) [25].

Особое значение инфекционная безопасность УЗИ имеет в период пандемии COVID-19. Высокая контагиозность коронавирусной инфекции и необходимость проведения исследования на близкой дистанции «врач-пациент» требуют соблюдения стандартных мер предосторожности [29].

Инфицирование ультразвукового геля

Помимо контаминации датчиков, возможно также загрязнение УЗ геля. Потенциальная роль УЗ геля в распространении инфекций среди пациентов часто упускается из виду. Неоднократно было показано, что УЗ гель, загрязненный бактериями, может приводить к значительным вспышкам инфекций среди пациентов [22, 30].

Несмотря на то, что в настоящее время УЗ гели производятся в соответствии со строгими стандартами, были зарегистрированы многочисленные случаи заражения геля *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia* и *Staphylococcus aureus* [16, 31-33].

Большинство УЗ аппаратов высокого и экспертного уровня имеют штатную функцию по-

догрева геля. Использование теплого геля для проведения УЗИ обеспечивает более комфортное состояние пациента во время данного обследования, однако увеличивает риск его бактериального загрязнения. Некоторые нагретые образцы геля были сильно загрязнены, что позволяет предположить, что такой гель способствует росту определенных бактерий [2].

Во время инвазивной процедуры под УЗ контролем для предотвращения инфицирования необходимо использовать стерильный гель [22].

Таким образом, нестерильный УЗ гель является основополагающим фактором риска инфицирования пациентов при выполнении УЗИ.

Длительность персистирования микроорганизмов

При отсутствии обработки УЗ датчиков на их поверхности в течение длительного времени может сохраняться большое количество микроорганизмов. Данный факт указывает на наличие потенциальной опасности бактериальной и вирусной контаминации при проведении УЗИ исследования.

Большинство грамположительных бактерий (*Enterococcus spp.* (включая ванкомицин-резистентные энтерококки), *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*) и грамотрицательных бактерий (*Acinetobacter spp.*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Shigella spp.*) сохраняют свою жизнеспособность на поверхностях в течение нескольких месяцев. *Mycobacterium tuberculosis* и *Clostridium difficile* месяцами выживают на поверхности. Некоторые микроорганизмы (*Bordetella pertussis*, *Haemophilus influenzae*, *Proteus vulgaris*, *Vibrio cholerae*) определяются только в течение нескольких дней.

Основной нозокомиальный грибок *Candida albicans* может выявляться на поверхности до 4 месяцев.

Вирусы из дыхательных путей (*coronavirus*, *coxsackievirus*, *influenza virus*, *rhinovirus*) остаются жизнеспособными на поверхности УЗ датчика в течение нескольких дней. Вирусы из желудочно-кишечного тракта (*astrovirus*, *HAV*, *poliovirus*, *rotavirus*) сохраняют свою жизнеспособность около 2 месяцев. Вирусы, передаваемые с кровью (HBV, HIV), сохраняются больше недели. Вирусы герпеса 1 и 2 типов определяются до 7 дней [34].

Заключение

Таким образом, многочисленными исследованиями убедительно показано, что УЗИ представляет опасность в плане ятрогенной контаминации пациента бактериальной, грибковой и вирусной инфекцией.

Литература

1. Пиманов, С. И. Ультразвуковая диагностика в гастроэнтерологии / С. И. Пиманов. – Москва : Практ. медицина, 2016. – 415 с.
2. Potential infection control risks associated with ultrasound equipment – a bacterial perspective / S.C. Westerway [et al.] // *Ultrasound. Med. Biol.* – 2017 Feb. – Vol. 43, N 2. – P. 421–426.
3. How clean is your probe? Microbiological assessment of ultrasound transducers in routine clinical use, and cost-effective ways to reduce contamination / P. J. Mullaney [et al.] // *Clin. Radiol.* – 2007 Jul. – Vol. 62, N 7. – P. 694–698.
4. Guidelines for reprocessing ultrasound transducers by the Australasian society for ultrasound in medicine and the Australasian college for infection prevention and control / Australasian Society for Ultrasound in Medicine // *AJUM.* – 2017 Feb. – Vol. 20, N 1. – P. 30–40.
5. Koibuchi, H. Ultrasound probes as a possible vector of bacterial transmission / H. Koibuchi, K. Kotani, N. Taniguchi // *Med. Ultrason.* – 2013 Mar. – Vol. 15, N 1. – P. 41–44.
6. Whitehead, E. J. Contamination and decontamination of doppler probes / E. J. Whitehead, J. F. Thompson, D. R. Lewis // *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* – 2006 Sep. – Vol. 88, N 5. – P. 479–481.
7. Emergency department ultrasonographic probe contamination and experimental model of probe disinfection / B. W. Frazee [et al.] // *Ann. Emerg. Med.* – 2011 Jul. – Vol. 58, N 1. – P. 56–63.
8. Bacterial contamination and cleanliness of emergency department ultrasound probes / G. E. Sanz [et al.] // *CJEM.* – 2011 Nov. – Vol. 13, N 6. – P. 384–389.
9. An investigation of the microbiological contamination of ultrasound equipment / A. Sykes [et al.] // *Br. J. Infect. Control.* – 2006. – Vol. 7, N 4. – P. 16–20.
10. Bacterial contamination of ultrasound probes in different radiological institutions before and after specific hygiene training: do we have a general hygienical problem? / T. Sartoretti [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2017 Oct. – Vol. 27, N 10. – P. 4181–4187.
11. Outbreak of *Escherichia coli* infections associated with a contaminated transesophageal echocardiography probe / E. A. Bancroft [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2013 Oct. – Vol. 34, N 10. – P. 1121–1123.
12. Paz, A. Multiresistant *Pseudomonas aeruginosa* associated with contaminated transrectal ultrasound / A. Paz, H. Bauer, I. Potasman // *J. Hosp. Infect.* – 2001 Oct. – Vol. 49, N 2. – P. 148–149.
13. Persistence of microbial contamination on transvaginal ultrasound probes despite low-level disinfection procedure / F. M'Zali [et al.] // *PLoS One.* – 2014 Apr. – Vol. 9, N 4. – e93368.
14. Evaluation of procedures for decontaminating ultrasound probes / S. Hayashi [et al.] // *J. Med. Ultrason.* – 2012 Jan. – Vol. 39, N 1. – P. 11–14.
15. Evaluation of the role of ultrasound machines as a source of nosocomial and cross-infection / Y. M. Karadeniz [et al.] // *Invest. Radiol.* – 2001 Sep. – Vol. 36, N 9. – P. 554–558.
16. An outbreak of pyoderma among neonates caused by ultrasound gel contaminated with methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* / K. Weist [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2000 Dec. – Vol. 21, N 12. – P. 761–764.
17. Nosocomial outbreak of *Klebsiella pneumoniae* producing SHV-5 extended-spectrum beta-lactamase, originating from a contaminated ultrasonography coupling gel / O. Gaillot [et al.] // *J. Clin. Microbiol.* – 1998 May. – Vol. 36, N 5. – P. 1357–1360.
18. Evaluation of ultraviolet C for disinfection of endocavitary ultrasound transducers persistently contaminated despite probe covers / G. Kac [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2010 Feb. – Vol. 31, N 2. – P. 165–170.
19. Risk of infections associated with improperly reprocessed transrectal ultrasound-guided prostate biopsy equipment / F. Lessa [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2008 Apr. – Vol. 29, N 4. – P. 289–293.
20. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections after transrectal ultrasound-guided prostate biopsy / J. L. Gillespie [et al.] // *Urology.* – 2007 May. – Vol. 69, N 5. – P. 912–914.
21. Organ, M. *Burkholderia cepacia* infection of the prostate caused by inoculation of contaminated ultrasound gel during transrectal biopsy of the prostate / M. Organ, J. Grantmyre, J. Hutchinson // *Can. Urol. Assoc. J.* – 2010 Jun. – Vol. 4, N 3. – P. E58–E60.
22. An outbreak of *Achromobacter xylosoxidans* associated with ultrasound gel during transrectal ultrasound guided prostate biopsy / K. Olshtain-Pops [et al.] // *J. Urol.* – 2011 Jan. – Vol. 185, N 1. – P. 144–147.
23. Infectious complications following transrectal ultrasound-guided prostate biopsy: new challenges in the era of multidrug-resistant *Escherichia coli* / D. A. Williamson [et al.] // *Clin. Infect. Dis.* – 2013 Jul. – Vol. 57, N 2. – P. 267–274.
24. A case of hepatitis C virus possible transmission following a transrectal ultrasound guided prostate biopsy / K. Ferhi [et al.] // *Prog. Urol.* – 2013 Mar. – Vol. 23, N 3. – P. 222–224.
25. Leroy, S. Infectious risk of endovaginal and transrectal ultrasonography: systematic review and meta-analysis / S. Leroy // *J. Hosp. Infect.* – 2013 Feb. – Vol. 83, N 2. – P. 99–106.
26. Assessment of condoms as probe covers for transvaginal sonography / S. Amis [et al.] // *J. Clin. Ultrasound.* – 2000 Jul-Aug. – Vol. 28, N 6. – P. 295–298.
27. Combs, C. A. A proposal to reduce the risk of transmission of human papilloma virus via transvaginal ultrasound / C. A. Combs, A. Fishman // *Am. J. Obstet. Gynecol.* – 2016 Jul. – Vol. 215, N 1. – P. 63–67.
28. High risk HPV contamination of endocavity vaginal ultrasound probes: an underestimated route of nosocomial infection? / J. Casalegno [et al.] // *PLoS ONE.* – 2012. – Vol. 7, N 10. – e48137.
29. World federation for ultrasound in medicine and biology position statement: how to perform a safe ultrasound examination and clean equipment in the context of COVID-19 / J. S. Abramowicz [et al.] // *Ultrasound. Med. Biol.* – 2020 Jul. – Vol. 46, N 7. – P. 1821–1826.

30. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* respiratory tract infections in cardiovascular surgery associated with contaminated ultrasound gel used for transesophageal echocardiography – Michigan, December 2011-January 2012 / Centers for Disease Control and Prevention // *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* – 2012. – Vol. 61. – P. 262–264.
31. An outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* respiratory tract infections associated with intrinsically contaminated ultrasound transmission gel / P. Chittick [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2013 Aug. – Vol. 34, N 8. – P. 850–853.
32. Infections associated with use of ultrasound transmission gel: proposed guidelines to minimize risk / S. C. Oleszkowicz [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2012 Dec. – Vol. 33, N 12. – P. 1235–1237.
33. Sustained endemicity of *Burkholderia cepacia* complex in a pediatric institution, associated with contaminated ultrasound gel / M. Jacobson [et al.] // *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* – 2006 Apr. – Vol. 27, N 4. – P. 362–366.
34. Kramer, A. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review / A. Kramer, I. Schwebke, G. Kampf // *BMC Infect. Dis.* – 2006 Aug. – Vol. 6. – P. 130.

Поступила 07.09.2021 г.

Принята в печать 11.10.2021 г.

References

1. Pimanov SI. Ultrasound diagnostics in gastroenterology. Moscow, RF: Prakt meditsina; 2016. 415 p. (In Russ.)
2. Westerway SC, Basseal JM, Brockway A, Hyett JA, Carter DA. Potential infection control risks associated with ultrasound equipment – a bacterial perspective. *Ultrasound Med Biol.* 2017 Feb;43(2):421-426. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.09.004
3. Mullaney PJ, Munthali P, Vlachou P, Jenkins D, Rathod A, Entwistle J. How clean is your probe? Microbiological assessment of ultrasound transducers in routine clinical use, and cost-effective ways to reduce contamination. *Clin Radiol.* 2007 Jul;62(7):694-8. doi: 10.1016/j.crad.2007.01.002
4. Australasian Society for Ultrasound in Medicine. Guidelines for reprocessing ultrasound transducers by the australasian society for ultrasound in medicine and the australasian college for infection prevention and control. *AJUM.* 2017 Feb;20(1):30-40. doi: org/10.1002/ajum.12042
5. Koibuchi H, Kotani K, Taniguchi N. Ultrasound probes as a possible vector of bacterial transmission. *Med Ultrason.* 2013 Mar;15(1):41-4. doi: 10.11152/mu.2013.2066.151.hk1upp2
6. Whitehead EJ, Thompson JF, Lewis DR. Contamination and decontamination of doppler probes. *Ann R Coll Surg Engl.* 2006 Sep;88(5):479-81. doi: 10.1308/003588406X114866
7. Frazee BW, Fahimi J, Lambert L, Nagdev A. Emergency department ultrasonographic probe contamination and experimental model of probe disinfection. *Ann Emerg Med.* 2011 Jul;58(1):56-63. doi: 10.1016/j.annemergmed.2010.12.015
8. Sanz GE, Theoret J, Liao MM, Erickson C, Kendall JL. Bacterial contamination and cleanliness of emergency department ultrasound probes. *CJEM.* 2011 Nov;13(6):384-9. doi: 10.2310/8000.2011.110409
9. Sykes A, Appleby M, Perry J, Gould K. An investigation of the microbiological contamination of ultrasound equipment. *Br J Infect Control.* 2006;7(4):16-20. doi: 10.1177/14690446060070040501
10. Sartoretti T, Sartoretti E, Bucher C, Doert A, Binkert C, Hergan K, et al. Bacterial contamination of ultrasound probes in different radiological institutions before and after specific hygiene training: do we have a general hygienical problem? *Eur Radiol.* 2017 Oct;27(10):4181-4187. doi: 10.1007/s00330-017-4812-1
11. Bancroft EA, English L, Terashita D, Yasuda L. Outbreak of *Escherichia coli* infections associated with a contaminated transesophageal echocardiography probe. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2013 Oct;34(10):1121-3. doi: 10.1086/673160
12. Paz A, Bauer H, Potasman I. Multiresistant *Pseudomonas aeruginosa* associated with contaminated transrectal ultrasound. *J Hosp Infect.* 2001 Oct;49(2):148-9. doi: 10.1053/jhin.2001.1056
13. M'Zali F, Bounizra C, Leroy S, Mekki Y, Quentin-Noury C, Kann M. Persistence of microbial contamination on transvaginal ultrasound probes despite low-level disinfection procedure. *PLoS One.* 2014 Apr 2;9(4):e93368. doi: 10.1371/journal.pone.0093368
14. Hayashi S, Koibuchi H, Taniguchi N, Hirai Y. Evaluation of procedures for decontaminating ultrasound probes. *J Med Ultrason.* 2012 Jan;39(1):11-4. doi: 10.1007/s10396-011-0332-9
15. Karadeniz YM, Kiliç D, Altan SK, Altınok D, Güney S. Evaluation of the role of ultrasound machines as a source of nosocomial and cross-infection. *Invest Radiol.* 2001 Sep;36(9):554-8. doi: 10.1097/00004424-200109000-00009
16. Weist K, Wendt C, Petersen LR, Versmold H, Rüden H. An outbreak of pyoderma among neonates caused by ultrasound gel contaminated with methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2000 Dec;21(12):761-4. doi: 10.1086/501729
17. Gaillot O, Maruéjols C, Abachin E, Lecuru F, Arlet G, Simonet M, et al. Nosocomial outbreak of *Klebsiella pneumoniae* producing SHV-5 extended-spectrum beta-lactamase, originating from a contaminated ultrasonography coupling gel. *J Clin Microbiol.* 1998 May;36(5):1357-60. doi: 10.1128/JCM.36.5.1357-1360.1998
18. Kac G, Podglajen I, Si-Mohamed A, Rodi A, Grataloup C, Meyer G. Evaluation of ultraviolet C for disinfection of endocavitary ultrasound transducers persistently contaminated despite probe covers. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2010 Feb;31(2):165-70. doi: 10.1086/649794
19. Lessa F, Tak S, Devader SR, Goswami R, Anderson M, Williams I, et al. Risk of infections associated with improperly reprocessed transrectal ultrasound-guided prostate biopsy equipment. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2008 Apr;29(4):289-93. doi: 10.1086/533546
20. Gillespie JL, Arnold KE, Noble-Wang J, Jensen B, Arduino M, Hageman J, et al. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections after transrectal ultrasound-guided prostate biops. *Urology.* 2007 May;69(5):912-4. doi: 10.1016/j.urology.2007.01.047
21. Organ M, Grantmyre J, Hutchinson J. *Burkholderia*

- cepecia infection of the prostate caused by inoculation of contaminated ultrasound gel during transrectal biopsy of the prostate. *Can Urol Assoc J.* 2010 Jun;4(3):E58-60. doi: 10.5489/cuaj.857
22. Olshatkin-Pops K, Block C, Temper V, Hidalgo-Grass C, Gross I, Moses AE, et al. An outbreak of *Achromobacter xylosoxidans* associated with ultrasound gel during transrectal ultrasound guided prostate biopsy. *J Urol.* 2011 Jan;185(1):144-7. doi: 10.1016/j.juro.2010.08.093
 23. Williamson DA, Barrett LK, Rogers BA, Freeman JT, Hadway P, Paterson DL. Infectious complications following transrectal ultrasound-guided prostate biopsy: new challenges in the era of multidrug-resistant *Escherichia coli*. *Clin Infect Dis.* 2013 Jul;57(2):267-74. doi: 10.1093/cid/cit193
 24. Ferhi K, Haertig A, Mozer P, de la Taille A, Roupert M, Van Glabeke E, et al. A case of hepatitis C virus possible transmission following a transrectal ultrasound guided prostate biopsy. *Prog Urol.* 2013 Mar;23(3):222-4. doi: 10.1016/j.purol.2013.01.002
 25. Leroy S. Infectious risk of endovaginal and transrectal ultrasonography: systematic review and meta-analysis. *J Hosp Infect.* 2013 Feb;83(2):99-106. doi: 10.1016/j.jhin.2012.07.014
 26. Amis S, Ruddy M, Kibbler CC, Economides DL, MacLean AB. Assessment of condoms as probe covers for transvaginal sonography. *J Clin Ultrasound.* 2000 Jul-Aug;28(6):295-8. doi: 10.1002/1097-0096(200007/08)28:6<295::aid-jcu5>3.0.co;2-g
 27. Combs CA, Fishman A. A proposal to reduce the risk of transmission of human papilloma virus via transvaginal ultrasound. *Am J Obstet Gynecol.* 2016 Jul;215(1):63-7. doi: 10.1016/j.ajog.2016.03.014
 28. Casalegno J, Le Bail Carval K, Eibach D, Valdeyron M-L, Lamblin G, Jacquemoud H, et al. High risk HPV contamination of endocavity vaginal ultrasound probes: an underestimated route of nosocomial infection? *PLoS One.* 2012;7(10):e48137. doi: 10.1371/journal.pone.0048137
 29. Abramowicz JS, Akiyama I, Evans D, Fowlkes JB, Marsal K, Sayeed Y, ter Haar G, et al. World federation for ultrasound in medicine and biology position statement: how to perform a safe ultrasound examination and clean equipment in the context of COVID-19. *Ultrasound Med Biol.* 2020 Jul;46(7):1821-1826. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.03.033
 30. Centers for Disease Control and Prevention. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* respiratory tract infections in cardiovascular surgery associated with contaminated ultrasound gel used for transesophageal echocardiography – Michigan, December 2011–January 2012. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2012 Apr;61:262-4.
 31. Chittick P, Russo V, Sims M, Robinson-Dunn B, Oleszkowicz S, Sawarynski K, et al. An outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* respiratory tract infections associated with intrinsically contaminated ultrasound transmission gel. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2013 Aug;34(8):850-3. doi: 10.1086/671268
 32. Oleszkowicz SC, Chittick P, Russo V, Keller P, Sims M, Band J. Infections associated with use of ultrasound transmission gel: proposed guidelines to minimize risk. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2012 Dec;33(12):1235-7. doi: 10.1086/668430
 33. Jacobson M, Wray R, Kovach D, Henry D, Speert D, Matlow A. Sustained endemicity of *Burkholderia cepacia* complex in a pediatric institution, associated with contaminated ultrasound gel. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2006 Apr;27(4):362-6. doi: 10.1086/503343
 34. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis.* 2006 Aug;6:130. doi: 10.1186/1471-2334-6-130

Submitted 07.09.2021

Accepted 11.10.2021

Сведения об авторах:

Дикарева Е.А. – к.м.н., доцент кафедры внутренних болезней и ультразвуковой диагностики ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет;

Пиманов С.И. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой внутренних болезней и ультразвуковой диагностики ФПК и ПК, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет.

Information about authors:

Dikareva E.A. – Candidate of Medical Sciences, associate professor of the Chair of Internal Diseases & Ultrasound Diagnostics of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University;

Pimanov S.I. – Doctor of Medical Sciences, professor, head of the Chair of Internal Diseases & Ultrasound Diagnostics of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 210009, г. Витебск, пр. Фрунзе, 27, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, кафедра внутренних болезней и ультразвуковой диагностики ФПК и ПК. E-mail: ruselikelena@mail.ru – Дикарева Елена Александровна.

Correspondence address: Republic of Belarus, 210009, Vitebsk, 27 Frunze ave., Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Chair of Internal Diseases & Ultrasound Diagnostics of the Faculty for Advanced Training & Retraining. E-mail: ruselikelena@mail.ru – Elena A. Dikareva.