

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD586551>

Возможности использования виртуального симулятора «Vimedix 3.2» в процессе обучения по специальности «ультразвуковая диагностика»

В.А. Васильев, С.Н. Кондричина

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В последние годы актуально изменение методик и программ преподавания многих дисциплин, в том числе ультразвуковой диагностики, с включением в них различных виртуальных и симуляционных устройств. Практический опыт использования подобных технологий в процессе обучения достаточно непродолжителен, в связи с этим в отечественной и зарубежной литературе имеются лишь немногочисленные оригинальные работы, посвящённые этой теме.

Цель — определить возможности и алгоритм использования виртуального симулятора ультразвукового исследования в процессе преподавания дисциплины «ультразвуковая диагностика» на основании результатов работы с ним. Оценить преимущества и недостатки применения симулятора в сравнении с традиционной методикой преподавания.

Материалы и методы. Проанализированы результаты применения виртуального тренажёра «Vimedix 3.2» в учебном процессе. На нём проводились симуляции трансабдоминального ультразвукового исследования органов брюшной полости, трансторакальной эхокардиографии, триплексного сканирования магистральных сосудов. В процессе исследования участвовали 26 ординаторов по специальности «ультразвуковая диагностика» и 37 врачей, проходивших обучение на курсах профессиональной переподготовки.

Результаты. Применение виртуального симулятора на начальном этапе в учебном процессе может устранить многие проблемы, с которыми сталкиваются ординаторы и курсанты при обучении на клинических базах. Использование симулятора в процессе тестирования представляется менее предпочтительным, по сравнению с практическим экзаменом с использованием ультразвуковых сканеров и реальных пациентов.

Заключение. Симулятор целесообразно использовать на начальном этапе для отработки методики исследования. Рекомендуется разработка и использование в обучении дополнительных учебно-методических материалов и учебной программы. Преимуществами виртуального симулятора являются комфортность работы на начальном этапе обучения, малое время его освоения, наличие обширной базы данных патологических случаев. Выявленные некритичные недостатки требуют коррекции при дальнейшем обучении в клинике.

Ключевые слова: симуляционное обучение; виртуальный тренажёр; симулятор ультразвуковых исследований; ультразвуковая диагностика.

Как цитировать:

Васильев В.А., Кондричина С.Н. Возможности использования виртуального симулятора «Vimedix 3.2» в процессе обучения по специальности «ультразвуковая диагностика» // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 1. С. 41–52. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD586551>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD586551>

Possibilities for using the Vimedix 3.2 virtual simulator to train ultrasound specialists

Valeri A. Vasilev, Svetlana N. Kondrichina

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In recent years, it has been critical to modify training methods and programs in numerous areas, including ultrasound diagnosis, with the use of various virtual and simulation devices. Because practical experience with employing such technologies in the teaching process is limited, there are few original studies on the subject in Russian and foreign literature.

AIM: To determine the possibilities and algorithms for using a virtual ultrasound simulator to train ultrasound specialists based on the results of related work, as well as to assess the benefits and drawbacks of simulators in comparison to conventional teaching methods.

MATERIALS AND METHODS: The results of using the Vimedix 3.2 virtual simulator in the teaching process were analyzed. Simulations of abdominal ultrasound, transthoracic echocardiography, and triplex scanning of major vessels were performed. The study included 26 residents specializing in ultrasound diagnosis and 37 physicians undergoing professional retraining courses.

RESULTS: Using a virtual simulator during the initial stage of training helps eliminate many of the challenges that residents and trainees encounter in clinical practice. The use of a simulator during testing appears to be less beneficial than during a practical examination employing ultrasound scanners and real patients.

CONCLUSIONS: The use of a simulator at the initial stage is advisable to get familiar with this research methodology. It is recommended to develop and use of additional teaching materials and programs in training. The advantages of the virtual simulator include ease of use during the initial stages of training, a steep learning curve, and the availability of an extensive database of pathological cases. The identified noncritical shortcomings require correction during further training in the clinic.

Keywords: simulation training; virtual simulator; ultrasound simulator; ultrasound diagnosis.

To cite this article:

Vasilev VA, Kondrichina SN. Possibilities for using the Vimedix 3.2 virtual simulator to train ultrasound specialists. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):41–52. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD586551>

Submitted: 20.09.2023

Accepted: 18.01.2024

Published online: 11.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD586551>

在“超声诊断”专业教学过程中使用虚拟模拟器“Vimedix 3.2”的可行性

Valeri A. Vasilev, Svetlana N. Kondrichina

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

摘要

论证。近年来，包括超声诊断在内的许多学科的教学方法和课程发生了变化，教学计划包括在各种虚拟和模拟设备上练习。在教学过程中使用此类技术的实践经验相当少，在这方面，国内外文献中有关这一主题的原作品寥寥无几。

目的。本研究的目的是根据使用虚拟超声模拟器的结果，确定在“超声诊断”学科教学过程中使用该模拟器的可行性和算法；评估使用模拟器与传统教学方法相比的优缺点。

材料和方法。分析了在教学过程中使用虚拟模拟器“Vimedix 3.2”的结果，在该模拟器上进行了腹腔器官经腹超声检查、经胸超声心动图检查、大血管的三重扫描。研究的参与者包括26名“超声诊断”专业的住院医师和37名接受过职业进修课程的医生。

结果。在教学过程的初始阶段使用虚拟模拟器可以消除住院医师和学员在临床现场学习时遇到的许多问题。与使用超声波扫描仪和真正患者进行实践考试相比，在测试过程中使用模拟器似乎不太可取。

结论。在初始阶段使用模拟器来练习检查方法是可行的。建议在教学中开发和使用额外的教材和教学计划。虚拟模拟器的优点是在教学初期使用方便，掌握时间短，有大量病例数据库。已发现的非关键缺点需要在临床进一步培训中加以纠正。

关键词：模拟训练；虚拟模拟器；超声模拟器；超声诊断。

引用本文：

Vasilev VA, Kondrichina SN. 在“超声诊断”专业教学过程中使用虚拟模拟器“Vimedix 3.2”的可行性. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):41–52. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD586551>

收到: 20.09.2023

接受: 18.01.2024

发布日期: 11.03.2024

ОБОСНОВАНИЕ

В последние годы мы стали свидетелями всё более широкого применения виртуальных и симуляционных технологий в разных областях медицинской деятельности и в процессе преподавания в медицинских вузах. Различные виды симуляции реальных процессов достаточно давно используются в процессе обучения и работы специалистов многих направлений, их разработка ведётся несколько десятилетий [1–3]. Ускорение этого процесса обусловлено как общей цифровизацией нашей жизни, так и активным внедрением подобных технологий непосредственно в практическую медицину.

Виртуальные тренажёры и симуляторы, средства дополненной реальности всё активнее используются в клиниках не только в диагностических исследованиях, но и в лечебной практике в таких областях, как хирургия, анестезиология и реаниматология и др. К ним можно отнести 3D «анатомические» и визуализационные столы, программы виртуальной реальности для изучения анатомии человека, хирургические тренажёры и роботы и др. [4–6]. Как следствие, цифровые методики стали применяться как в процессе обучения, так и при контроле знаний выпускников медицинских вузов, а также специалистов, проходящих переобучение, при проведении государственных аттестаций и аккредитаций, в том числе по специальности «ультразвуковая диагностика» (УЗД) [1, 7]. Другой причиной повышения интереса к подобным технологиям является то, что медицинские институты и учреждения последиplomного образования в последнее время сталкиваются с нарастающими трудностями в обучении ряда дисциплин в клиниках на рабочем месте.

К ним можно отнести сложности, связанные непосредственно с работой в клинике: ограничения по месту и времени проведения исследований [7, 8], нехватка аппаратов для проведения ультразвукового исследования (УЗИ), недостаток наставников, проблемы с доступом в отделения при введении карантина. Другая часть трудностей связана с реальными обследуемыми: психологическое давление на студентов при первых контактах с пациентом, нежелание части пациентов проходить обследование у обучающихся [8], отсутствие в клинике пациентов с необходимой патологией, плохая визуализация у так называемых «трудных» пациентов и т.д. Третья часть проблем определяется уровнем теоретической подготовки и активностью в процессе работы самих обучающихся, что может существенно увеличить время отработки необходимых навыков, которое в клинике лимитировано. Кроме того, можно выделить такой момент, как сложность отработки методики исследования вследствие недостаточного уровня знаний нормальной и патологической анатомии. В первую очередь это относится к правильному позиционированию датчика, что может

потребовать продолжительного времени и создать дискомфорт у обследуемого.

В связи с этим изменение методик и программ преподавания ряда дисциплин в медицинских вузах, с включением в них различных современных виртуальных и симуляционных устройств, — актуальная и необходимая задача. При обучении специалистов в области лучевой диагностики этот вопрос особенно важен, так как они уже давно работают с программами создания и обработки цифровых изображений и должны обладать необходимыми навыками и знаниями для этого.

Вместе с тем, опыт использования подобных технологий в преподавании медицинских дисциплин достаточно непродолжителен. В связи с этим в отечественной и зарубежной литературе имеются лишь немногочисленные оригинальные работы, посвящённые этой теме. В большинстве из них указывается на положительные моменты использования симуляционных технологий в обучении специалистов по УЗД [7–10], хотя имеются указания и на отдельные недостатки, в частности — при проведении тестирования и контроля знаний [7]. Практически отсутствуют стандартизированные подходы к симуляционному обучению в области УЗД, рациональному использованию виртуальных тренажёров и определению их конкретного места в учебном процессе, а также оценке результатов их применения. Мало информации о разработке и эффективности использования специальных учебных модулей и методических материалов, направленных на освоение того или иного типа симуляторов и тренажёров.

В связи с этим мы решили проанализировать наш опыт работы с современными цифровыми технологиями в процессе преподавания и контроля знаний на примере симулятора УЗИ. Виртуальный тренажёр используется в процессе изучения дисциплины «ультразвуковая диагностика» на кафедре лучевой диагностики и лучевой терапии медицинского института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» в течение четырёх лет. С ним работают ординаторы первого и второго года обучения и врачи-курсанты, проходящие профессиональную переподготовку. Симулятор используется при прохождении государственной итоговой аттестации ординаторами и в процессе первичной аккредитации специалистов по этой дисциплине.

ЦЕЛЬ

Определить возможности и алгоритм использования виртуального симулятора УЗИ в процессе преподавания дисциплины «ультразвуковая диагностика» на основании результатов работы с ним. Оценить преимущества и недостатки применения симулятора в сравнении с традиционной методикой преподавания.

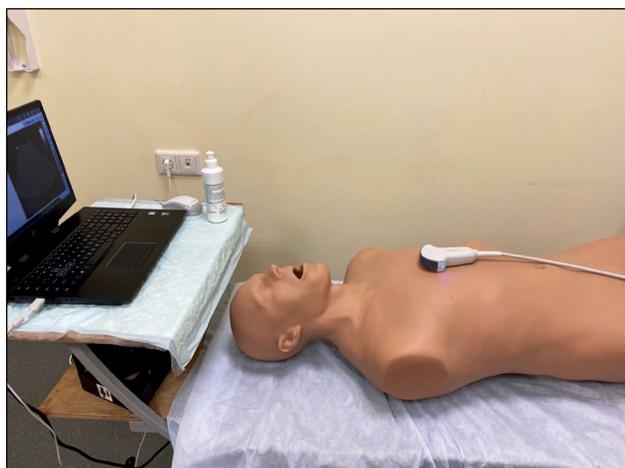


Рис. 1. Виртуальный симулятор ультразвуковых исследований «Vimedix 3.2».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашей работе оценивались результаты применения в учебном процессе виртуального тренажёра УЗИ «Vimedix 3.2» производства CAE Healthcare (Канада). Этот симулятор является наиболее распространённым на российском и зарубежном рынках. Он оснащается несколькими манекенами и датчиками для отработки методик исследования различных областей, а также имеет базу данных патологических случаев. В составе тренажёра имеется ноутбук «Omni» производства Hewlett-Packard (США) с беспроводным подключением, мышь, мужской

многоцелевой манекен, ультразвуковой конвексный датчик с фазированной решёткой, адаптер для подключения датчика (рис. 1).

На ноутбуке установлено оригинальное программное обеспечение (ПО) для симуляции ультразвукового сканирования, позволяющее проводить исследования в 2D, а также 3D/4D анатомических режимах с помощью мультипланарной реконструкции. Для этого применяется технология смешанной реальности Microsoft HoloLens 2 (США), с помощью которой обучаемый может визуализировать изучаемые анатомические структуры в режиме «live», то есть движения. Эта технология используется для облегчения навигации по исследуемой области при оценке изображений, полученных с помощью томографических методов лучевой диагностики [11, 12], а в тренажёре — для правильного позиционирования датчика при проведении симуляции [13]. В рабочем пространстве экрана ноутбука вместе с изображением, получаемым в 2D-режиме, выводится отдельное окно, в котором отображается 3D/4D анимированное анатомическое изображение, показывающее органы, попадающие в зону сканирования. Оператор имеет возможность управлять отображением анатомических структур и разделением окон для удобства визуализации (рис. 2).

На тренажёре возможна симуляция таких исследований, как трансабдоминальное УЗИ органов брюшной полости, трансторакальная эхокардиография, сканирование магистральных сосудов. Возможно проведение сканирования в таких режимах, как:

- В (2D, двухмерная эхография);

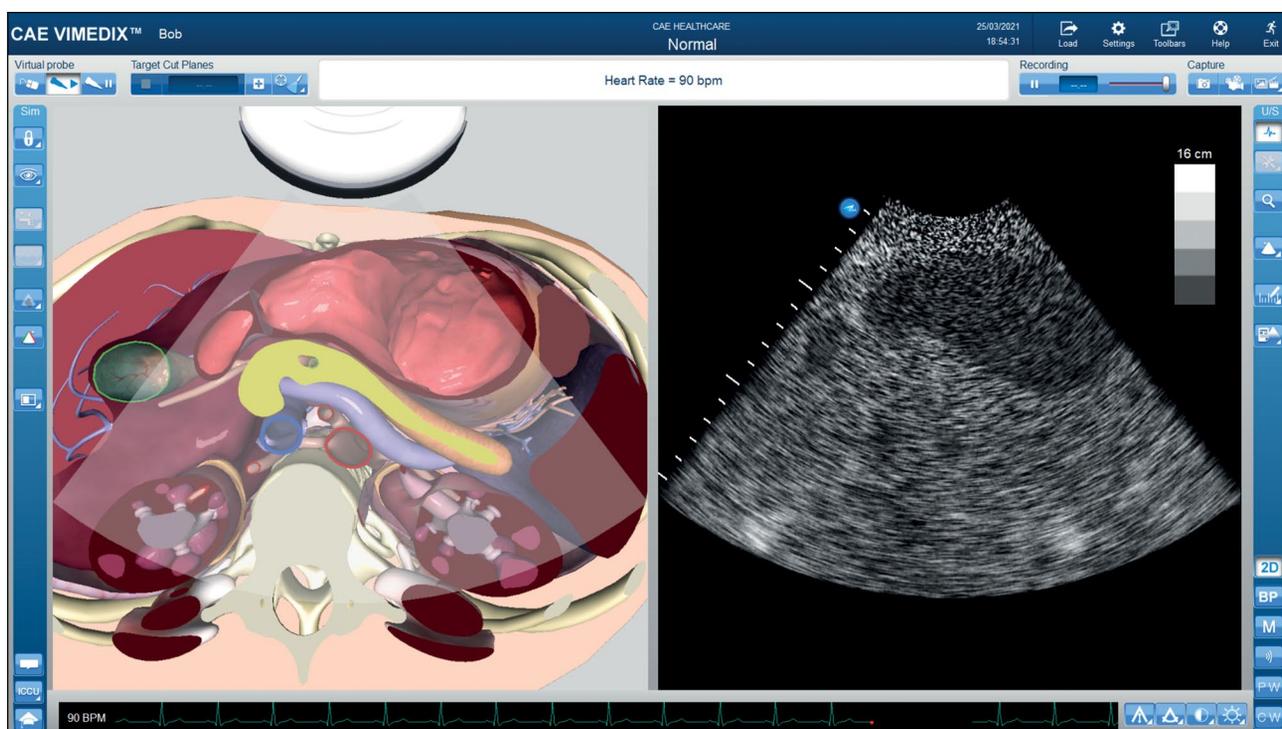


Рис. 2. Интерфейс программы симуляции в режимах смешанной реальности и 2D.

- М (одномерная эхография);
- цветовой доплеровский (Color Doppler, CD);
- импульсно-волновой доплеровский (Pulsed Wave, PW).

Перемещение датчика по поверхности манекена отслеживается специальной системой маркёров, которая позволяет проводить исследования при различных положениях тела (на спине, на боку). Для оценки результатов имеется набор основных необходимых инструментов, таких как измерения длины, площади и объёма, скорости кровотока в доплеровских режимах, расчёта показателей центральной гемодинамики при проведении эхокардиографии. Можно сформировать итоговый протокол по результатам исследования и проведённых измерений.

Виртуальный симулятор имеет достаточно обширную базу ультразвуковых изображений с различной патологией органов брюшной полости и сердечно-сосудистой системы. Это даёт возможность при обучении осваивать методику исследования различных областей не только при нормальной анатомии, но и при различных заболеваниях. При проведении контроля знаний соответственно можно оценивать умение аттестуемых находить и описывать различные виды патологических изменений по стандартным протоколам.

Всего в процессе исследования участвовали 26 ординаторов по специальности «ультразвуковая диагностика» и 37 врачей, проходивших обучение на курсах профессиональной переподготовки по этой же специальности. Поскольку в нашей работе использовались категориальные данные и два варианта ответов, то имеющееся количество специалистов достаточно для оценки применения предложенного метода обучения для всех слушателей курса УЗД не только за оцениваемый в работе период, но и в дальнейшем. Оценка результатов работы с тренажёром проводилась сотрудниками кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с участием практикующих врачей-диагностов клинических баз института, принимающих участие в процессе обучения и контроля знаний.

В нашей работе для определения результатов использования виртуального тренажёра мы использовали в первую очередь показатели, необходимые для организации и планирования педагогического процесса:

- время, необходимое для освоения тренажёра (включая обучение запуску ПО и работе с интерфейсом);
- простота освоения и психологический комфорт;
- удобство обращения с датчиком и манекеном;
- правильность позиционирования датчика (с помощью анатомических ориентиров манекена и технологии смешанной реальности);
- возможность самостоятельной работы обучаемых на симуляторе;
- необходимость наличия специальных учебно-методических материалов и коррекции существующей программы обучения.

Часть ординаторов и курсантов, имевших до этого опыт работы на ультразвуковых сканерах в клинике, оценивали качество изображения, создаваемого на симуляторе, и его соответствие изображению, получаемому при исследовании реальных пациентов.

Данные собирались путём анонимного анкетирования обучающихся с использованием шкалы Лайкерта [14] и выставлением баллов от 0 до 5 по предлагаемым вопросам (рис. 3 и 4).

В процессе занятия преподаватель анализировал процесс работы с оборудованием по оцениваемым критериям, а в конце занятия преподаватели и наставники, работающие в клинике, при помощи тестов и заданий оценивали результаты усвоения теоретических знаний и практических навыков. Мы учитывали, что большинство оцениваемых критериев являются субъективными, что затрудняет интерпретацию результатов, но это обусловлено общей спецификой УЗИ, в частности — его высокой операторзависимостью. Совместно с обучаемыми также фиксировались возникавшие в процессе обучения проблемы и анализировались причины их возникновения и пути устранения.

Соответствие нормам этики

Информированное добровольное согласие лицами, участвующими в процессе обучения и исследования, не подписывалось. Сбор данных проводился методом добровольного анонимного анкетирования, никакие персональные данные в процессе работы не собирались и не обрабатывались. Пациенты в процессе исследования участия не принимали.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При оценке преимуществ и недостатков использования виртуального тренажёра в процессе обучения проводилось сравнение с традиционной методикой, когда ординаторы и врачи проходят стажировку с использованием ультразвуковых сканеров на реальных пациентах в клинике под руководством наставников — сотрудников кафедры и практикующих врачей. При таком подходе мы сталкиваемся с рядом известных проблем, количество которых увеличилось в последние годы из-за пандемии COVID-19 [15].

По результатам обучения было отмечено, что все ординаторы и большая часть курсантов (81%) успешно завершили обучение на виртуальном симуляторе УЗИ. К критериям успешности относили уверенную работу с ПО тренажёра и интерфейсом симулятора (включение, настройка), полное овладение методикой исследования той или иной области (табл. 1).

Минимальное время, необходимое для освоения тренажёра, составило от 2 до 6 занятий по два академических часа под контролем преподавателя кафедры и одну вводную лекцию (1 академический час, 45 мин).

Анкета для ординаторов и курсантов, обучающихся по специальности «Ультразвуковая диагностика»
Анкетирование анонимное, никакие персональные данные указывать **не нужно**

Вопросы, где в ответе есть прочерк, оцениваете в баллах от 1 до 5, где 1 - полностью не согласен, 2 - не согласен, 3 - где-то посередине, 4 - согласен, 5 - полностью согласен.
Вопросы, где имеются два варианта ответов – выбираете один

1. Мне удалось полностью овладеть навыками работы на симуляторе ультразвуковых исследований.
Ответ ___ баллов

2. Я полностью овладел(а) методикой исследований отдельных областей при обучении на симуляторе УЗИ.
Ответ ___ баллов

3. Мне было легко овладеть навыками работы на симуляторе ультразвуковых исследований.
Ответ ___ баллов

4. Мне было трудно овладеть навыками работы на симуляторе ультразвуковых исследований.
Ответ ___ баллов

5. Я бы выбрал симулятор ультразвуковых исследований для обучения методике ультразвукового сканирования
Да Нет

6. Я бы выбрал исследование на реальных пациентах для обучения методике ультразвукового сканирования
Да Нет

7. Мне было трудно обучиться работе с программным обеспечением ультразвукового симулятора
Ответ ___ баллов

8. Мои знания по информатике достаточны для уверенной работы на симуляторе ультразвукового исследования
Ответ ___ баллов

9. Мои знания по информатике недостаточны для уверенной работы на симуляторе ультразвукового исследования
Ответ ___ баллов

Рис. 3. Анкета для ординаторов и курсантов, часть 1.

10. Обучение на симуляторе ультразвукового исследования было для меня более психологически комфортным, чем обучение в клинике на реальных пациентах
Ответ ___ баллов

11. Обучение в клинике на реальных пациентах было для меня более психологически комфортным, чем обучение на симуляторе ультразвуковых исследований
Ответ ___ баллов

12. Я предпочитаю пройти итоговое тестирование по специальности на симуляторе ультразвуковых исследований
Ответ ___ баллов

13. Я предпочитаю пройти итоговое тестирование по специальности на реальных пациентах в клинике
Ответ ___ баллов

14. Подготовка к итоговому тестированию на симуляторе ультразвукового исследования была для меня более психологически комфортна, чем обучение в клинике на реальных пациентах
Ответ ___ баллов

15. Подготовка к итоговому тестированию на в клинике на реальных пациентах была для меня более психологически комфортна, чем с помощью симулятора УЗИ
Ответ ___ баллов

16. Больше времени потребовалось мне для овладения навыками ультразвукового сканирования при обучении на симуляторе УЗИ по сравнению с обучением в клинике на реальных пациентах.
Да Нет

17. Больше времени потребовалось мне для овладения навыками ультразвукового сканирования при обучении в клинике на реальных пациентах, чем при использовании симулятора УЗИ
Да Нет

18. Качество изображения внутренних органов на экране симулятора УЗИ не уступает качеству изображения на экране ультразвуковых сканирующих системы, с которыми вы работали (если не работали, не отвечайте на этот вопрос).
Ответ ___ баллов

Комментарий (добавьте свое мнение по вопросам, не указанным в анкете, укажите сложности, которые возникли у вас при работе с симулятором УЗИ)

Рис. 4. Анкета для ординаторов и курсантов, часть 2.

Отмечено, что ординаторы в целом быстрее осваивали работу на симуляторе, по сравнению с курсантами. Это, на наш взгляд, обусловлено имеющейся у них теоретической базой (лекции на курсе лучевой диагностики) и определённым опытом работы с ультразвуковой техникой. Для большинства из них (75%) было достаточно 2–3 занятий под руководством наставника, после чего они могли переходить к преимущественно самостоятельной работе по удобному для них графику. Что касается врачей, обучающихся на курсах, то для более возрастных обучающихся (категория 50 лет и старше) требовалось минимум 3–4, максимум 6 занятий для освоения базовых навыков

работы на тренажёре. При этом мы столкнулись с проблемой, когда у части обучающихся (26%) уровень подготовки в области компьютерных технологий был или нулевой, или низкий базовый, не позволяющий даже после курса обучения самостоятельно запускать ПО ноутбука и уверенно пользоваться интерфейсом приложения симулятора. Для оценки результатов работы с виртуальным тренажёром использовались тесты, основанные на заданиях, выполняемых в процессе прохождения первичной аккредитации специалистов по УЗД (рис. 5).

Значительная часть обучаемых (72%) отмечали больший психологический комфорт при работе с тренажёром

Таблица 1. Результаты анкетирования и тестирования обучавшихся

	Ординаторы	Врачи
Количество обучавшихся	26	37
Успешное освоение тренажёра	100%	81%
Минимально необходимое количество времени на освоение тренажёра, мин	90	135
Психологический комфорт при освоении методик сканирования на тренажёре	80%	68%
Психологический комфорт при подготовке к тестированию/аккредитации на тренажёре	90%	75%
Удовлетворительное качество изображения на тренажёре в режимах М и В	95%	95%
Удовлетворительное качество изображения на тренажёре в доплеровских режимах	90%	89%
Положительная оценка использования программы 3D/4D-навигации	100%	100%
Предпочтение тренажёру при прохождении итогового тестирования и аккредитации	100%	90%

Тестовое задание для оценки результатов освоения методики исследования в В-режиме на симуляторе УЗИ
(1 вариант с использованием режима MR, 2 вариант без использования режима MR).
Время выполнения 10 мин.

1. Включить виртуальный тренажер, запустить программу симуляции ультразвукового исследования.
2. Придать манекену правильное положение для исследования _____ в продольной плоскости сканирования, используя/не используя технологию MR.
3. Определить точки для определения размеров и провести измерения, озвучить полученные результаты.
4. Вести исследуемый орган _____ в поперечной плоскости сканирования, используя/не используя технологию MR.
5. Определить точки для определения размеров и провести измерения, озвучить полученные результаты.
6. Оценить эхоплотность и эхоструктуру органа. Озвучить полученные результаты.
7. Оценить контуры органа и дать их описание.
8. При наличии патологических изменений в органе дать их оценку по схеме:
 - локализация
 - размеры
 - форма
 - эхоплотность и эхоструктура
 - контуры
 - дополнительные элементы (артефакты и др)
9. Сформировать и озвучить протокол заключения по исследуемому органу, включающий оцениваемые показатели.

Тестовое задание для оценки результатов освоения методики исследования в доплеровских режимах на симуляторе УЗИ
(1 вариант с использованием режима MR, 2 вариант без использования режима MR).
Время выполнения 10 мин.

1. Включить виртуальный тренажер, запустить программу симуляции ультразвукового исследования.
2. Придать манекену правильное положение для исследования сердца.
3. Вести изображение сердца в апикальной пятикамерной позиции в В-режиме.
4. Включить режим цветового доплеровского картирования кровотока (ЦДК) и установить зону исследования в области митрального клапана.
5. Продемонстрировать трансмитральный кровоток в режиме ЦДК и оценить его направление и характер. Озвучить результаты.
6. Включить импульсноволновой доплеровский режим и установить контрольный объем над створками митрального клапана. Продемонстрировать спектр трансмитрального кровотока.
7. Измерить скорость и оценить характер спектра трансмитрального потока крови и озвучить результат.
8. Установить зону исследования режима ЦДК в области аортального клапана.
9. Продемонстрировать кровоток в выходном отделе левого желудочка в режиме ЦДК и оценить его направление и характер. Озвучить результаты.
10. Установить контрольный объем импульсноволнового доплеровского режима в выходном отделе левого желудочка. Продемонстрировать спектр кровотока.
11. Измерить скорость и оценить характер спектра потока крови в выходном отделе левого желудочка и озвучить результат.
12. Установить контрольный объем импульсноволнового доплеровского режима в надклапанном отделе аорты. Продемонстрировать спектр кровотока.
13. Измерить скорость и оценить характер спектра потока крови в надклапанном отделе аорты и озвучить результат.
14. Сформировать и озвучить заключение по результатам исследований кровотока через митральный и аортальный клапаны в доплеровских режимах.

Рис. 5. Тестовые задания для оценки результатов освоения методик исследования.

во время освоения первичных навыков методики УЗИ, по сравнению с обучением на реальных пациентах в условиях клиники. Этот критерий оценивали только имеющие практический опыт работы (пусть и небольшой) на ультразвуковых сканерах. По мнению наставников и самих обучающихся, на начальном этапе это облегчает и ускоряет отработку методики исследования, однако не снимает проблему первого контакта с пациентом, которую придется решать при последующей практической работе. В основном это касалось ординаторов, не имеющих ранее опыта такого взаимодействия.

Работа на симуляторе была достаточно легко встроена в график обучения, поскольку он располагается в здании медицинского института, и мы не зависели от режима работы медицинских учреждений. Этот факт помогает решить и проблему нехватки помещений, а также ограничения времени на обучение в клинике. Нами было опробовано и в последующем практиковалось объединение обучающихся в группы, что позволяет создать учебный график, удобный и для преподавателя, и для учащихся. Исходя из нашего опыта, оптимальными

для одновременной работы на виртуальном симуляторе являются малые группы количеством до 3 человек. Такой расчёт обусловлен количеством времени, необходимым для освоения нового материала в процессе занятия одним обучающимся, и размерами помещения.

Качество изображения, получаемого в режимах В и М, в целом характеризовалось обучающимися как хорошее (95% ответов), в доплеровских режимах — как удовлетворительное (89%). Критериями являлись трудность распознавания и интерпретации получаемых изображений и возможность их соотнесения с реальными анатомическими объектами. Проблемой, выявленной при использовании доплеровских режимов, стала невозможность регулировки некоторых параметров доплеровских режимов, вследствие чего кровотоки в режимах CD и PW чётко визуализировались только через клапаны сердца и в некоторых отделах аорты.

Всеми обучаемыми отмечено, что использование дополнительного окна с режимом смешанной реальности и 3D/4D-live анатомической навигацией исследуемой области существенно облегчало отработку позиционирования датчика при исследовании всех областей. Особенно это было удобно при оценке органов брюшной полости и сердца [12].

При использовании режима В нами была выявлена такая проблема, как не вполне правильное позиционирование датчика на манекене для получения некоторых стандартных проекций сердца (например, апикальной), что потребует в последующем коррекции при отработке навыков на пациентах. В этих случаях обучающиеся для решения проблемы успешно использовали систему смешанной реальности, с помощью которой можно точно оценить плоскости сечения органа и положение датчика относительно анатомических ориентиров.

По результатам опросов, по сравнению с отработкой методики на реальных пациентах практически всеми (95%) — и ординаторами, и врачами — отдавалось предпочтение тренажёру. Время отработки методики исследования одной области на симуляторе в среднем составило от 1 до 2 занятий по 2 академических часа. Отработка методики включала полипозиционное исследование при различных положениях манекена, при этом мы не ограничивали длительность одного сканирования, что приходится делать в условиях клиники. При переходе к работе на реальных ультразвуковых сканерах полученные навыки исследования различных областей нами характеризовались как удовлетворительные, требующие лишь небольшой по времени коррекции в плане позиционирования датчика и умений работать с «трудными пациентами» и в определённые фазы дыхания.

Что касается методики преподавания, то, по нашему мнению, она должна отличаться от практики, используемой в клинике под руководством наставников. Если там используется два основных подхода — наблюдение за исследованием и повторение действий наставника

на пациенте, то здесь дополнительно можно использовать принцип самостоятельного обучения методом проб и ошибок. На наш взгляд, такой подход более комфортен для обучающихся (хотя бы вследствие отсутствия временных ограничений и психологического давления) и может давать лучшие практические результаты. Он был реализован нами в процессе обучения в виде самостоятельной работы обучающихся на тренажёре по удобному для них графику. При необходимости преподаватель давал консультацию в дистанционном формате с помощью аудио- и видеосвязи.

Кроме того, возможен переход от классической схемы «один наставник — один стажёр» к системе группового обучения на начальном этапе, что более выгодно и с экономической точки зрения. Тренажёр позволил совместить во время одного занятия как теоретическую, так и практическую часть изучаемого материала. Сначала преподавателем читалась вводная лекция по той или иной теме с демонстрацией на симуляторе, затем полученный материал закреплялся во время практической работы обучающихся (рис. 6). Такой принцип оказался удобным при изучении начальной методики исследования отдельных областей и при подготовке к тестированию.

Что касается использования виртуального тренажёра для контроля знаний при прохождении аттестации ординаторов и аккредитации специалистов, то здесь получены неоднозначные результаты, дающие возможность для дискуссии. В ряде подобных исследований авторами делается акцент на положительные стороны такого применения симуляторов, в частности, отсутствие стресса у аттестуемых и приближенные к реальности условия [8, 15]. Эти данные согласуются с мнением большинства обучающихся (95%), которые по результатам опросов предпочитали сдавать практические навыки на тренажёре, причём эта оценка совпадала на этапах до тестирования и после него. Однако, по мнению сотрудников кафедры и практических наставников, в таком варианте

тестирования больше отрицательных моментов, чем положительных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, исходя из результатов применения виртуального симулятора «Vimedix 3.2», его можно рекомендовать для использования на начальном этапе обучения по специальности «ультразвуковая диагностика». Наш опыт подтверждает полезность интеграции систем виртуальной и дополненной реальности в медицинский образовательный процесс и в учебные программы по УЗД, на что указывают многие авторы [8–10, 15]. С помощью тренажёра удобно отрабатывать методику исследования тех или иных областей, пользоваться анатомическими ориентирами для позиционирования датчика, учиться проводить основные измерения в различных режимах, включая доплеровские. Однако его использование не заменяет, а только дополняет клинический опыт работы, и на последующих этапах должна проводиться повторная отработка (и коррекция) практических навыков при исследовании реальных пациентов под руководством наставника.

Пока относительно мало данных о том, как навыки, приобретённые с помощью обучения с применением симуляционных технологий, коррелируют с клинической эффективностью, а также насколько они окажутся устойчивыми в долгосрочной перспективе [16, 17]. Именно поэтому для более точной оценки эффективности обучения, по нашему мнению, целесообразно проведение практического тестового контроля у выпускников через несколько лет после начала самостоятельной работы. Для этого может использоваться система критериев объективной структурированной оценки ультразвуковых навыков (OSAUS) [18].

Для эффективного освоения симулятора целесообразно составление отдельной инструкции по работе с ним, включающей моменты запуска приложения и руководство по использованию интерфейса в виде пошаговых действий для тех или иных задач. Для самостоятельной работы обучающихся оптимально подготовить вводную лекцию, знакомящую ординаторов и курсантов с основами работы ПО тренажёра, а также с демонстрацией его возможностей преподавателем. В этом плане полезными будут и методические рекомендации по исследованию определённых анатомических областей манекена на тренажёре. Для освоения методики исследования отдельных областей удобными оказались учебные модули длительностью 2 академических часа, один — для демонстрации материала преподавателем, и один — для самостоятельной работы обучающихся. В связи с разным уровнем подготовки обучающихся в области информатики возможно использование двух вариантов программы обучения — с большим и меньшим временем, посвящённым навыкам работы с ПО тренажёра.



Рис. 6. Самостоятельная работа на тренажёре ординатора второго года обучения.

В целом, для полноценного освоения возможностей симулятора требуется минимум 5–6 занятий с преподавателем, распределённых по разным областям исследования. Они могут включать такие темы, как повторение нормальной анатомии, отработка позиционирования, использование ультразвуковых режимов, параметры оценки органов и др. В дальнейшем может проводиться самостоятельная работа обучающихся в удобное для них время, в том числе с дистанционным контролем преподавателя для решения возникающих вопросов. Кроме того, виртуальный симулятор можно использовать для обучения диагностике тех заболеваний, которые не встретились при исследовании реальных пациентов в клинике, — с помощью базы патологических случаев, заложенных в ПО.

Что касается итоговой оценки знаний, то, по нашему мнению, её предпочтительнее проводить на ультразвуковых сканерах и реальных пациентах, когда можно определить умение аттестуемого ориентироваться в той или иной конкретной клинической ситуации. При этом оптимальным, хотя и более сложным, представляется проведение исследования как у пациентов без патологии, так и с наличием определённого заболевания, которое ординатор или курсант должен уметь продемонстрировать наставнику и грамотно описать в стандартном протоколе. Позиция ординаторов и курсантов, предпочитающих использование симулятора, обусловлена тем, что подготовка к прохождению и выполнение самого практического теста протекает психологически более комфортно, по сравнению с его выполнением в клинике. Она не требует больших временных затрат, проводится без привлечения пациентов и использования клинического оборудования, может быть выполнена в любое время самостоятельно, а сами обучающиеся не испытывают стресса.

С точки зрения преподавателей, подготовка к сдаче практических навыков сводится преимущественно к механическому заучиванию определённых действий. Во время тестирования экспертами также оценивается в основном выполнение и порядок тех или иных действий, но не их качество и результат. Система чек-листов и дистанционного наблюдения не позволяет детально оценить корректность получаемых испытуемым изображений, а также давать дополнительные задания в сомнительных случаях. Нет возможности оценить работу с различными типами телосложения пациентов, оцениваются стандартизированные нормальные анатомические изображения в условиях отсутствия дыхательных движений, не проводится полипозиционное сканирование. Однако здесь уже возникают вопросы не столько к принципу работы самого тренажёра и его возможностям, сколько к имеющимся методикам и принципам тестирования.

Если оценивать программно-техническое оснащение виртуального тренажёра УЗИ «Vimedix 3.2», то оно

позволяет проводить достаточно полноценную симуляцию основных видов исследования, которыми должен овладеть специалист в процессе обучения. В связи с этим, по нашему мнению, возможно его усовершенствование и расширение области применения для обучения таким актуальным методикам, как пункции различных органов под контролем ультразвука и эхоэндоскопические исследования органов желудочно-кишечного тракта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Симулятор «Vimedix 3.2» целесообразно использовать на начальном этапе обучения специалистов УЗД для отработки методики исследования различных областей, в том числе при конкретных клинических ситуациях. Использование тренажёра для проведения аттестации и аккредитации на данном этапе, по нашему мнению, представляется менее предпочтительным, чем тестирование на реальных пациентах в условиях клиники. Для полноценного использования симулятора рекомендуется разработка и использование в обучении дополнительных методических материалов и учебных модулей, изменение подходов к освоению практических навыков.

Основными преимуществами использования виртуального симулятора «Vimedix 3.2» в образовательном процессе являются психологический комфорт работы для обучающихся, небольшое время его освоения, возможность работы в группе, наличие обширной базы данных патологических случаев, размещение в здании медицинского вуза.

К выявленным недостаткам использования тренажёра относятся невозможность отрабатывать практические моменты, касающиеся работы с пациентом, ошибки позиционирования датчика, не всегда удовлетворительное качество изображения в режиме CD. Они не являются критичными, однако требуют последующей коррекции полученных навыков при работе в клинике.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом: В.А. Васильев — концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи; С.Н. Кондричина — сбор и обработка материалов.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meller G. A typology of simulators for medical education // *J Digit Imaging*. 1997. Vol. 10, Suppl. 1. P. 194–196. doi: 10.1007/BF03168699
2. Gaba D.M. The future vision of simulation in health care // *Quality and Safety in Health Care*. 2004. Vol. 13, Suppl. 1. P. 2–10. doi: 10.1136/qshc.2004.009878
3. Alinier G. A typology of educationally focused medical simulation tools // *Medical Teacher*. 2007. Vol. 29, N 8. P. 243–250. doi: 10.1080/01421590701551185
4. Горшков М.Д., Никитенко А.И. Применения виртуальных симуляторов в обучении эндохирургов — обзор российского и мирового опыта // *Виртуальные технологии в медицине*. 2009. Т. 1, № 1. С. 15–18. EDN: QBAVGC doi: 10.46594/2687-0037_2009_1_18
5. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация симуляционного оборудования // *Виртуальные технологии в медицине*. 2012. Т. 2, № 8. С. 23–35. EDN: BJWHJB doi: 10.46594/2687-0037_2012_2_21
6. Симуляционное обучение в медицине / под ред. А.А. Свистунова. Москва : Издательство Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2013. EDN: XVVEDZ doi: 10.46594/9785423501099
7. Chalouhi G.E., Bernardi V., Gueneuc A., et al. Evaluation of trainees' ability to perform obstetrical ultrasound using simulation: challenges and opportunities // *Am J Obstet Gynecol*. 2016. Vol. 214, N 4. P. 525–528. doi: 10.1016/j.ajog.2015.10.932
8. Hani S., Chalouhi G., Lakissian Z., Sharara-Chami R. Introduction of Ultrasound Simulation in Medical Education: Exploratory Study // *JMIR Med Educ*. 2019. Vol. 5, N 2. P. 13568. doi: 10.2196/13568
9. Овсянникова Л.С., Шунькова С.А., Кесплери Э.В. Значение симуляционных технологий в повышении качества подготовки специалистов ультразвуковой диагностики // VI Международная (76 Всероссийская) научно-практическая конференция «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения». 2021. Т. 3. С. 642–645.
10. Freundt P., Nourkami-Tutdibi N., Tutdibi E., et al. Controlled Prospective Study on the Use of Systematic Simulator-Based

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. V.A. Vasiliev — concept and design of the study, data analysis, writing the text of the article; S.N. Kondrichina — collection and processing of materials.

- Training with a Virtual, Moving Fetus for Learning Second-Trimester Scan: FESIM III // *Ultraschall Med*. 2023. Vol. 44, N 4. P. e199–e205. doi: 10.1055/a-1984-8320
11. Hatzl J., Böckler D., Hartmann N., et al. Mixed reality for the assessment of aortoiliac anatomy in patients with abdominal aortic aneurysm prior to open and endovascular repair: Feasibility and interobserver agreement // *Vascular*. 2023. Vol. 31, N 4. P. 644–653. doi: 10.1177/17085381221081324
 12. Kukla P., Maciejewska K., Strojna I., et al. Extended Reality in Diagnostic Imaging—A Literature Review // *Tomography*. 2023. Vol. 9, N 3. P. 1071–1082. doi: 10.3390/tomography9030088
 13. Васильев В.А., Васильева А.Э. 3D/4D анатомическая навигация в виртуальных симуляторах ультразвукового исследования // Актуальные вопросы фундаментальной и клинической морфологии: Материалы Международной научно-практической конференции, Тверь, 14 октября 2022 года. 2022. С. 101–105. EDN: TWYHTL
 14. Bernstein I.H. *Likert Scale Analysis*. Elsevier, 2005. doi: 10.1016/B0-12-369398-5/00104-3
 15. Dietrich C.F., Lucius C., Nielsen M.B., et al. The ultrasound use of simulators, current view, and perspectives: Requirements and technical aspects (WFUMB state of the art paper) // *Endosc Ultrasound*. 2023. Vol. 12, N 1. P. 38–49. doi: 10.4103/EUS-D-22-00197
 16. Almestehi M., Alomaim W., Rainford L., et al. Role of the virtual reality simulator (ScanTrainer) as a multidisciplinary training tool in transvaginal ultrasound: A systematic review and narrative synthesis // *Radiography (Lond)*. 2019. Vol. 25, N 3. P. 260–268. doi: 10.1016/j.radi.2018.12.009
 17. Pezel T., Dreyfus J., Mouhat B., et al. Effectiveness of Simulation-Based Training on Transesophageal Echocardiography Learning: The SIMULATOR Randomized Clinical Trial // *JAMA Cardiol*. 2023. Vol. 8, N 3. P. 248–256. doi: 10.1001/jamacardio.2022.5016
 18. Tolsgaard M.G., Todsén T., Sørensen J.L., et al. International multispecialty consensus on how to evaluate ultrasound competence: a Delphi consensus survey // *PLoS One*. 2013. Vol. 8, N 2. P. e57687. doi: 10.1371/journal.pone.0057687

REFERENCES

1. Meller G. A typology of simulators for medical education. *J Digit Imaging*. 1997;10(Suppl. 1):194–196. doi: 10.1007/BF03168699
2. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Quality and Safety in Health Care*. 2004;13(Suppl. 1):2–10. doi: 10.1136/qshc.2004.009878
3. Alinier G. A typology of educationally focused medical simulation tools. *Medical Teacher*. 2007;29(8):243–250. doi: 10.1080/01421590701551185
4. Gorshkov MD, Nikitenko AI. Review of russian and world experience: usage of virtual simulators in training of endosurgeons. *Virtual'nye tekhnologii v meditsine*. 2009;1(1):15–18. EDN: QBAVGC doi: 10.46594/2687-0037_2009_1_18
5. Gorshkov MD, Fedorov AV. Classification of the simulation equipment. *Virtual'nye tekhnologii v meditsine*. 2012;2(8):23–35. EDN: BJWHJB doi: 10.46594/2687-0037_2012_2_21
6. Svistunov AA, editor. *Simulation training in medicine*. Moscow: Sechenov University Publishing; 2013. (In Russ). EDN: XVVEDZ doi: 10.46594/9785423501099
7. Chalouhi GE, Bernardi V, Gueneuc A, et al. Evaluation of trainees' ability to perform obstetrical ultrasound using simulation: challenges

- and opportunities. *Am J Obstet Gynecol.* 2016;214(4):525–528. doi: 10.1016/j.ajog.2015.10.932
8. Hani S, Chalouhi G, Lakissian Z, Sharara-Chami R. Introduction of Ultrasound Simulation in Medical Education: Exploratory Study. *JMIR Med Educ.* 2019;5(2):13568. doi: 10.2196/13568
9. Ovsianikova LS, Shunkova SA, Kespleri EV. The importance of simulation technologies in improving the quality of training of specialists in ultrasound diagnostics. *VI International (76 All-Russian) Scientific and Practical Conference "Topical Issues of Modern Medical Science and Public Health"*. 2021;3:642–645.
10. Freundt P, Nourkami-Tutdibi N, Tutdibi E, et al. Controlled Prospective Study on the Use of Systematic Simulator-Based Training with a Virtual, Moving Fetus for Learning Second-Trimester Scan: FESIM III. *Ultraschall Med.* 2023;44(4):e199–e205. doi: 10.1055/a-1984-8320
11. Hatzl J, Böckler D, Hartmann N, et al. Mixed reality for the assessment of aortoiliac anatomy in patients with abdominal aortic aneurysm prior to open and endovascular repair: Feasibility and interobserver agreement. *Vascular.* 2023;31(4):644–653. doi: 10.1177/17085381221081324
12. Kukla P, Maciejewska K, Strojna I, et al. Extended Reality in Diagnostic Imaging-A Literature Review. *Tomography.* 2023;9(3):1071–1082. doi: 10.3390/tomography9030088
13. Vasilev VA, Vasileva AE. 3D/4D anatomical navigation in virtual ultrasound simulators. *Actual issues of fundamental and clinical morphology: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Tver, October 14, 2022.* 2022:101–105. EDN: TWYHTL
14. Bernstein IH. *Likert Scale Analysis.* Elsevier; 2005. doi: 10.1016/B0-12-369398-5/00104-3
15. Dietrich CF, Lucius C, Nielsen MB, et al. The ultrasound use of simulators, current view, and perspectives: Requirements and technical aspects (WFUMB state of the art paper). *Endosc Ultrasound.* 2023;12(1):38–49. doi: 10.4103/EUS-D-22-00197
16. Almestehi M, Alomaim W, Rainford L, et al. Role of the virtual reality simulator (ScanTrainer) as a multidisciplinary training tool in transvaginal ultrasound: A systematic review and narrative synthesis. *Radiography (Lond).* 2019;25(3):260–268. doi: 10.1016/j.radi.2018.12.009
17. Pezel T, Dreyfus J, Mouhat B, et al. Effectiveness of Simulation-Based Training on Transesophageal Echocardiography Learning: The SIMULATOR Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol.* 2023;8(3):248–256. doi: 10.1001/jamacardio.2022.5016
18. Tolsgaard MG, Todsén T, Sørensen JL, et al. International multispecialty consensus on how to evaluate ultrasound competence: a Delphi consensus survey. *PLoS One.* 2013;8(2):e57687. doi: 10.1371/journal.pone.0057687

ОБ АВТОРАХ

* **Васильев Валерий Анатольевич**, канд. мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33;
ORCID: 0000-0001-7164-4274;
eLibrary SPIN: 3582-0940;
e-mail: valerij-vasiljev@list.ru

Кондричина Светлана Николаевна, канд. мед. наук,
доцент;
ORCID: 0000-0001-8472-9146;
e-mail: konsvet12@gmail.com

AUTHORS' INFO

* **Valeri. A. Vasilev**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
address: 33 Lenin Ave, Petrozavodsk, 185910, Russia;
ORCID: 0000-0001-7164-4274;
eLibrary SPIN: 3582-0940;
e-mail: valerij-vasiljev@list.ru

Svetlana. N. Kondrichina, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant
Professor;
ORCID: 0000-0001-8472-9146;
e-mail: konsvet12@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author