

## Ультразвуковая диагностика в руках врача стационарного отделения скорой медицинской помощи: имитационное моделирование и практическая реализация

Вадим Михайлович Теплов\*, Екатерина Андреевна Цебровская,  
Владимир Владимирович Коломойцев, Елена Александровна Карпова,  
Ильдар Пулатович Миннулин, Сергей Фёдорович Багненко

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет  
им. И.П. Павлова, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Цель.** Оценка влияния самостоятельной ультразвуковой диагностики врачом скорой медицинской помощи на повседневную деятельность стационарного отделения скорой медицинской помощи.

**Методы.** Эффективность использования ультразвукового скрининга врачом скорой медицинской помощи оценивали с помощью компьютерного имитационного моделирования с последующей реализацией теоретических данных, полученных в результате эксперимента с моделью, в практической работе стационарного отделения скорой медицинской помощи. Реальные результаты анализировали с применением методов описательной статистики.

**Результаты.** В ходе исследования была построена имитационная модель стационарного отделения скорой медицинской помощи, сходная с реально функционирующим отделением в Первом Санкт-Петербургском государственном медицинском университете им. И.П. Павлова. Сначала в модели, а затем в повседневной практике были реализованы позиции нового профессионального стандарта врача скорой медицинской помощи, требующие от него знания основ ультразвуковой диагностики. Самостоятельные ультразвуковые исследования врачом скорой медицинской помощи позволяют сократить сроки обследования пациентов в стационарном отделении скорой медицинской помощи и уменьшить нагрузку на медицинский персонал, при этом увеличив пропускную способность отделения, что подтверждается как компьютерным имитационным моделированием, так и реальным внедрением в повседневную деятельность отделения.

**Вывод.** Полученные данные свидетельствуют о позитивном влиянии самостоятельного ультразвукового скрининга на сроки пребывания пациентов в отделении и нагрузку на медицинский персонал; программу ординатуры по специальности «скорая медицинская помощь» необходимо дополнить обучением основам ультразвуковой диагностики.

**Ключевые слова:** стационарное отделение скорой медицинской помощи, имитационное моделирование, ультразвуковой скрининг.

**Для цитирования:** Теплов В.М., Цебровская Е.А., Коломойцев В.В. и др. Ультразвуковая диагностика в руках врача стационарного отделения скорой медицинской помощи: имитационное моделирование и практическая реализация. *Казанский мед. ж.* 2019; 100 (3): 488–491. DOI: 10.17816/KMJ2019-488.

### Ultrasound-based diagnosis by the physician of emergency department: simulation modeling and practical implementation

V.M. Teplov, E.A. Tsebrovskaya, V.V. Kolomoitsev, E.A. Karpova, I.P. Minnulin, S.F. Bagenko  
Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, Russia

### Abstract

**Aim.** Assessment of the impact of independent ultrasound screening by the emergency physician on the daily activities of the emergency department.

**Methods.** The effectiveness of the use of ultrasound screening by the emergency physician was assessed using computer-based simulation modeling and the subsequent implementation of the data obtained into the practical work of the emergency department. The results were analyzed using descriptive statistical methods.

**Results.** In the course of the study, a simulated model of emergency department was built, similar to the actually functioning department in the Pavlov First St. Petersburg State Medical University. The new professional emergency physician's standard, requiring knowing the basics of ultrasound-based diagnosis, were implemented first in the model and then in everyday practice. Independent ultrasound screening by the emergency physician allows reducing the length of stay of patients in the emergency department and the workload on medical personnel at the same time increasing the capacity of the department which is confirmed both by computer simulation and by actual implementation in the daily activities of the department.

**Conclusion.** The data received are indicative of a positive impact of independent ultrasound screening on the hospital stay of patients in the department and workload on the medical staff; emergency residency program should be complemented by teaching the basics of ultrasound diagnosis.

**Keywords:** emergency department, simulation modeling, ultrasound screening.

**For citation:** Teplov V.M., Tsebrovskaya E.A., Kolomoitsev V.V. et al. Ultrasound-based diagnosis by the physician of emergency department: simulation modeling and practical implementation. *Kazan medical journal*. 2019; 100 (3): 488–491. DOI: 10.17816/KMJ2019-488.

В течение последних десятилетий структура оказания медицинской помощи населению приобретает совершенно новый вид. Начиная с 2013 г., в России законодательно изменился подход к оказанию скорой медицинской помощи в условиях стационара [1].

Внедрение стационарного отделения скорой медицинской помощи (СтОСМП) заставило пересмотреть действовавший профессиональный стандарт врача скорой медицинской помощи (СМП), расширив его компетенции [2]. Одна из новых компетенций — самостоятельное применение ультразвуковой (УЗ) диагностики при обследовании пациентов экстренного профиля.

В мировой практике этот вопрос широко освещается, а его решение активно реализуется в течение последних десятилетий [3]: по данным некоторых исследований, около двух третей (47,7–68,9%) [4] УЗ-исследований выполняет у постели больного врач экстренной медицины. В России врач СМП УЗ-скрининг использует редко. Его внедрение требует пересмотра профессиональной подготовки по специальности «скорая медицинская помощь», однако практическая реализация уже начинается в действующих СтОСМП. На данной стадии развития госпитального этапа СМП в России существует необходимость оценки эффективности самостоятельного УЗ-скрининга врачом СМП в стационарных условиях.

Расширение профессиональных обязанностей врача СтОСМП было решено оценить с помощью компьютерного имитационного моделирования с последующим практическим внедрением полученных результатов. Для создания имитационной модели была выбрана программа Flexsim HealthCare, разработанная в

2003 г. компанией Flexsim Software Products, Inc. Программа включает специальную библиотеку для создания моделей медицинских учреждений [5]. Есть возможность оценить сбалансированность производственных линий, выявить слабые места производительных процессов, проверить различные методы планирования, а также оптимизировать бизнес-процесс в конструируемой модели [6, 7]. Модель может быть представлена в виде трёхмерной графики, что повышает её доступность для обычных пользователей. Данная программа получила высокую оценку в ряде клиник Европы, Канады и США [8].

Объектом создаваемой модели стало СтОСМП, функционирующее в ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова».

В рамках оптимизации работы отделения планировалось проведение эксперимента, направленного на расширение должностных обязанностей врача СтОСМП: на добавление использования им самостоятельного УЗ-скрининга.

Полученные в ходе эксперимента модельные расчёты статистически сравнивали с реальными сроками пребывания пациентов по данным используемой в университете медицинской информационной системы QMs, для чего применяли t-критерий Стьюдента при сравнении средних величин.

После получения данных имитационного моделирования они были использованы в реальной работе отделения. Врачи СМП после короткой практической подготовки начали применять в повседневной деятельности УЗ-скрининг в рамках FAST- и BLUE-протоколов [9–11]. Для этого использовали портативный аппарат V-Scan, выпущенный компанией



**Рис. 1.** Трёхмерная модель<sup>1</sup> стационарного отделения скорой медицинской помощи Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. И.П. Павлова

**Таблица 1.** Длительность и частота выполнения исследований и консультаций в стационарном отделении скорой медицинской помощи

Манипуляция	Длительность, мин	Частота
Рентгенография	8,6±3,5	0,335
Компьютерная томография	18,4±9,4	0,177
Эхокардиография	24,1±4,4	0,205
Ультразвуковое исследование	23,4±5,2	0,678
Магнитно-резонансная томография	49,6±2,3	0,027
Фиброгастро-дуоденоскопия	19,9±3,8	0,128
Консультация специалиста	19,8± 3,7	0,801

General Electric. При внедрении технологии исследования дублировал специалист на стационарном УЗ-аппарате.

Первоначально создали 3-D модель СтОСМП, которая включала основные объекты, определяющие рабочее место, а также медицинскую переносную технику. Кроме того, на объекте выделены три основные рабочие зоны отделения (красная — палата реанимации и интенсивной терапии; жёлтая — палата динамического наблюдения; зелёная — зал ожидания), согласно существующей дифференцировке пациентов в реальном времени, в зависимости от времени ожидания осмотра врачом, тяжести состояния пациента и объёма выполняемых лечебно-диагностических процедур.

<sup>1</sup>Рисунок в цвете представлен в электронной версии статьи.

После визуализации был прописан алгоритм путей следования пациентов, а также весь основной рабочий процесс внутри отделения. В итоге была создана имитационная модель, соответствовавшая по структуре и функциям оригиналу (рис. 1).

После построения объекта СтОСМП в компьютерной программе был проведён анализ функционирования отделения на основе базы данных медицинской информационной системы QMs за период 2017–2018 гг. Для наиболее точных расчётов осуществлялся хронометраж времени 50 случаев каждого вида исследования. Также в модель было внесено действующее штатное расписание. В результате были получены временные интервалы выполнения инструментальных исследований и консультаций на 1 больного (табл. 1).

Отсутствие значимых различий ( $p > 0,05$ ) позволило предположить, что модель соответствует реальности, а дальнейшие эксперименты с ней могут отражать действительность.

После подтверждения соответствия модели был проведён эксперимент, в ходе которого было решено снизить частоту ультразвуковых исследований, выполняемых сторонним специалистом, от исходных 0,678 до 0,31 при условии поступления 75 человек в сутки. Время работы врача СМП с пациентом было увеличено на 10 мин для выполнения УЗ-скрининга.

В результате 10-дневного эксперимента достоверно снизилось время пребывания пациентов в жёлтой и зелёной зонах, а также было отмечено существенное уменьшение нагрузки на средний медицинский персонал (табл. 2). Данные изменения обусловлены, по нашему мнению, отсутствием необходимости в транспортировке пациентов в кабинеты для исследований, а также уменьшением времени ожидания сторонних консультантов для проведения повторных осмотров после исследований.

После проведённого эксперимента полученные результаты были применены на практике. Регулярное использование УЗ-скрининга в рутинной практике врача СМП показало, что количество значимых ошибок не превышало 4% [12], однако сохранялась высокая частота повторных УЗ-исследований с привлечением специалиста УЗ-диагностики. Это обусловлено, по нашему мнению, как отличием информативности скрининг-протоколов от комплексного УЗ-исследования, так и необходимостью более глубокого изучения данной методики в программе ординатуры по специальности «скорая медицинская помощь».

**Таблица 2.** Результаты эксперимента с расширением обязанностей врача стационарного отделения скорой медицинской помощи в имитационной модели

Параметры		До	После	t-критерий Стьюдента
Длительность пребывания в зонах отделения Т±t, мин	КЗ	108,5±2,1	103,9±1,8	1,66 (p >0,05)
	ЖЗ	149,06±3,2	129,2±2,5	4,89 (p <0,05)
	ЗЗ	218,9±3,4	199,1±2,9	4,43 (p <0,05)
Загруженность врачей, %	КЗ	28,92%	19,27	
	ЖЗ	74,89%	58,19	
	ЗЗ	89,29%	59,31	
Загруженность среднего персонала, %	КЗ	68,05%	47,89	
	ЖЗ	79,97%	59,39	
	ЗЗ	77,4%	70,2	

Примечание: КЗ — красная зона; ЖЗ — жёлтая зона; ЗЗ — зелёная зона.

## ВЫВОДЫ

1. Компьютерное имитационное моделирование позволяет изучать работу медицинского подразделения в искусственно создаваемых условиях, благодаря чему можно оценивать перспективы внедрения новых методов в повседневную деятельность объекта.

2. Расширение в эксперименте объёма медицинской помощи, оказываемой врачом стационарного отделения скорой медицинской помощи за счёт ультразвукового скрининга, позволило увеличить пропускную способность отделения без увеличения нагрузки на медицинский персонал.

3. Ультразвуковой скрининг врачом скорой медицинской помощи госпитального этапа на практике позволяет оптимизировать диагностический процесс в отделении, однако для полноценной реализации необходимо увеличение объёма подготовки по лучевой диагностике в программе ординатуры и профессиональной переподготовки по специальности «скорая медицинская помощь».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Багненко С.Ф., Мирошниченко А.Г., Полушин Ю.С. и др. *Организация работы стационарного отделения скорой медицинской помощи*. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2015; 80 с. [Bagnenko S.F., Miroshnichenko A.G., Polushin Yu.S. et al. *Organizatsiya raboty stacionarnogo otdeleniya skoroy meditsinskoy pomoshchi*. (Organization of the in-patient emergency department service.) Moscow: GEOTAR-Media, 2015; 80 p. (In Russ.)]

2. *Профессиональный стандарт врача скорой медицинской помощи, утверждённый приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14 марта 2018 года №133н*. [Professional standard for the ambulance doctor adopted by the Ministry of Labour and Social Protection of the Russian Federation on 14<sup>th</sup> of March, 2018 №133n. (In Russ.)]

3. Hansen W., Mitchell C.E., Bhattarai B. et al. Perception of point-of-care ultrasound performed by emergency medicine physicians. *J. Clin. Ultrasound*. 2017; 45 (7): 408–415. DOI: 10.1002/jcu.22443.

4. Wilson S.P., Connolly K., Lahham S. et al. Point-of-care ultrasound versus radiology department pelvic ultrasound on emergency department length of stay. *World J. Emerg. Med.* 2016; 7 (3): 178–182. DOI: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2016.03.003.

5. Куликова О.М., Овсянников Н.В., Ляпин В.А. Имитационное моделирование деятельности медицинских учреждений на примере Омска. *Наука о человеке: гуманитарные исследования*. 2014; (4): 219–225. [Kulikova O.M., Ovsyannikov N.V., Lyapin V.A. Simulation of the performance of medical institutions in the example of Omsk. *Nauka o cheloveke: gumanitarnyye issledovaniya*. 2014; (4): 219–225. (In Russ.)]

6. Якимов И.М., Кирпичников А.П. Имитационное моделирование вероятностных объектов в системе Flexsim. *Вестн. технол. ун-та*. 2016; 19 (21): 170–173. [Yakimov I.M., Kirpichnikov A.P. Simulation of probability objects in FlexSim system. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2016; 19 (21): 170–173. (In Russ.)]

7. Пальмов С.В., Жуйкова А.А. Обзор возможностей системы имитационного моделирования Flexsim в сфере здравоохранения. *Международ. науч.-исслед. ж.* 2018; (1): 124–127. [Pal'mov S.V., Zhuykova A.A. Review of possibilities of flexsim imitation modeling system in healthcare. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2018; (1): 124–127. (In Russ.)] DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.082.

8. <https://healthcare.flexsim.com/whats-new-flexsim-hc/> (access date: 01.02.2019).

9. Whitson M.R., Mayo P.H. Ultrasonography in the emergency department. *Crit. Care*. 2016; 20 (1): 227. DOI: 10.1186/s13054-016-1399-x.

10. Nicola R., Dogra V. Ultrasound: the triage tool in the emergency department: using ultrasound first. *Br. J. Radiol.* 2016; 89 (1061): 20150790. DOI: 10.1259/bjr.20150790.

11. Zhang S., Zhu D., Wan Z. et al. Utility of point-of-care ultrasound in acute management triage of earthquake injury. *Am. J. Emerg. Med.* 2014; 32: 92–95. DOI: 10.1016/j.ajem.2013.10.009.

12. Багненко С.Ф., Теплов В.М., Мирошниченко А.Г. и др. Опыт применения портативного ультразвукового сканера в работе стационарного отделения скорой медицинской помощи. *Скорая мед. помощь*. 2017; (2): 69–72. [Bagnenko S.F., Teplov V.M., Miroshnichenko A.G. et al. Experience of using of pocket-sized visualization tool in emergency department. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'*. 2017; (2): 69–72. (In Russ.)] DOI: 10.24884/2072-6716-2017-18-2-69-72.