**DOI:** https://doi.org/10.17650/1726-9776-2025-21-3-15-23



# Применение технологии «удаленный наставник» во время лапароскопической резекции почки

**И.В. Семенякин[1], Н.К. Гаджиев[2], А.Д. Петров[2], И.Б. Джалилов[2], С.П. Деревянко[1], А.Е. Черепанов[2], А.В. Богатов[3], А.А. Измайлов[4]**

*[1]АО «Группа компаний «МЕДСИ» Москва; Россия, 123056 Москва, пер. Грузинский, 3а;*
*[2]Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Россия, 199034 Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9;*
*[3]«Инногеотех»; Россия, Республика Татарстан, 420500 Иннополис, ул. Центральная, 300;*
*[4]ГБУЗ г. Москвы «Московская городская онкологическая больница № 62 Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия 143515 Московская область, п. Истра, 27, стр. 1*

**Контакты:** Игорь Владимирович Семенякин *dr.semeniakin@gmail.com*

**Введение.** Развитие цифровых технологий открыло новые возможности в хирургическом обучении. Одной из таких инноваций является технология «удаленный наставник», позволяющая опытному хирургу оказывать помощь менее опытному коллеге в реальном времени на расстоянии, используя смешанную реальность и телекоммуникации.
**Цель исследования** – разработать технологию «удаленный наставник» и оценить ее удобство использования при лапароскопической резекции почки с точки зрения как ученика, так и наставника.
**Материалы и методы.** Проведено 10 лапароскопических резекций почки с применением технологии дополненной реальности и системы «удаленный наставник». После каждой операции наставник и ученик заполняли анкету, оценивая качество аудио-/видеосвязи, простоту интерфейса и полноту коммуникации. Применялись очки Hololens II и специальное программное обеспечение. Данные анализировались с использованием непараметрических критериев и корреляционного анализа.
**Результаты.** Медианный возраст учеников составил 36,5 года, наставников – 60 лет. Все участники высоко оценили качество взаимодействия через систему. Ни один из участников не выбрал отрицательные варианты ответа. Установлены статистически значимые положительные корреляции между возрастом/опытом операторов и уровнем удовлетворенности системой. Технология показала высокую стабильность и субъективную эффективность.
**Заключение.** Технология «удаленный наставник» может стать важным инструментом для повышения доступности хирургического обучения. Она показала высокую степень удовлетворенности пользователей и техническую реализуемость, хотя требуются дальнейшая валидация и расширенные исследования с контрольными группами.

**Ключевые слова:** рак почки, смешанная реальность, «удаленный наставник», лапароскопическая резекция почки

**Для цитирования:** Семенякин И.В., Гаджиев Н.К., Петров А.Д. и др. Применение технологии «удаленный наставник» во время лапароскопической резекции почки. Онкоурология 2025;21(3):15–23.
DOI: https://doi.org/10.17650/1726-9776-2025-21-3-15-23

## The use of remote mentor technology during laparoscopic partial nephrectomy

***I.V. Semeniakin[1], N.K. Gadzhiev[2], A.D. Petrov[2], I.B. Dzhalilov[2], S.P. Derevyanko[1], A.E. Cherepanov[2], A.V. Bogatov[3], A.A. Izmailov[4]***

*[1]Joint Stock Company "Medsi group"; 3a Gruzinsky Pereulok, Moscow 123056, Russia;*
*[2]Saint Petersburg State University Hospital; 7/9 Universitetskaya Naberezhnaya, Saint Petersburg 199034, Russia;*
*[3]Innogeotech; 300 Tsentralnaya St., Innopolis 420500, Republic of Tatarstan, Russia;*
*[4]Moscow City Oncological Hospital No. 62, Moscow Healthcare Department; Build. 1, 27 Istra, Moscow Region 143515, Russia*

**Contacts:** Igor Vladimirovich Semeniakin *dr.semeniakin@gmail.com*

**Background.** Advancements in digital technologies have revolutionized surgical education. One such innovation is the remote mentor technology, which enables experienced surgeons to assist less experienced colleagues in real time using mixed reality and telecommunication tools.

**Aim.** To develop a remote mentoring system and assess its usability during laparoscopic partial nephrectomy from both the trainee and the mentor perspectives.
**Materials and methods.** Ten laparoscopic partial nephrectomies were performed using augmented reality and the Remote Mentor system. After each surgery, both mentors and trainees completed structured questionnaires assessing the quality of audiovisual exchange, interface intuitiveness, and communication completeness. The system used Hololens II and cloud-based software. Data were analyzed using non-parametric tests and correlation analysis.
**Results.** The median age of trainees was 36.5 years; mentors – 60 years. All participants rated the system highly, with no negative responses recorded. Significant positive correlations were found between operator age/experience and satisfaction scores. The system demonstrated strong technical performance and high subjective efficacy.
**Conclusion.** The remote mentoring system presents a promising tool for expanding access to surgical training. It showed high user satisfaction and technical feasibility. However, further validation with larger randomized studies is necessary.

**Keywords:** renal cell carcinoma, mixed reality, remote mentor, laparoscopic partial nephrectomy

**For citation:** Semeniakin I.V., Gadzhiev N.K., Petrov A.D. et al. The use of remote mentor technology during laparoscopic partial nephrectomy. Onkourologiya = Cancer Urology 2025;21(3):15–23. (In Russ.).

DOI: https://doi.org/10.17650/1726-9776-2025-21-3-15-23

## Введение

В последние десятилетия медицинская хирургическая практика претерпевает значительные изменения благодаря развитию цифровых технологий. Одним из инновационных направлений хирургии является технология «удаленный наставник» [1, 2]. Она использует информационные и телекоммуникационные технологии для передачи хирургических знаний от эксперта (наставника) к оперирующему хирургу (ученику) [3–5]. Наставник и ученик могут находиться в разных географических точках. Большинство современных систем теленаставничества в хирургии включают обмен аудио- и видеоинформацией с экспертом с передачей изображения операционного поля [6–9]. Такие системы подходят как для открытых вмешательств, так и для эндоскопических. Удаленное наставничество в хирургии представляет собой синтез традиционных методов обучения и современных технологий, таких как телемедицина и виртуальная реальность. Дистанционное взаимодействие между наставником и учеником открывает новые возможности для обучения и повышения квалификации хирургов, особенно в условиях ограниченного доступа к высококвалифицированным специалистам и обучающим центрам [10]. Система «удаленный наставник», разработанная для резекций почки, может помочь ученику улучшить результаты оперативного вмешательства благодаря аудио- и видеоподсказкам.

**Цель исследования** – разработка технологии «удаленный наставник» и оценка удобства ее использования во время лапароскопической резекции почки с позиции как ученика, так и наставника.

## Материалы и методы

Исследование проводили с 2023 по 2024 г. на базе Клинико-диагностического центра Медси и Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета. Нами были проанализированы результаты опроса с помощью анкет наставников ($n = 10$) и учеников ($n = 10$). Заполнение анкет участниками осуществлялось непосредственно после выполненной лапароскопической резекции почки. Всего было выполнено 10 оперативных вмешательств с использованием системы дополненной реальности, после каждого вмешательства проводилось анкетирование наставника и ученика.

Вопросы наставника содержали следующие формулировки: (1) «Удаленный наставник» со стороны наставника обеспечивает качественный обмен изображения и звука с учеником? (2) Функционал «удаленного наставника» со стороны наставника интуитивен, понятен и прост в обращении? (3) «Удаленный наставник» обеспечивает полноценную коммуникацию с учеником и позволяет своевременно корректировать работу ученика?

Вопросы ученика содержали следующие формулировки: (1) «Удаленный наставник» обеспечивает качественный обмен изображения и звука с наставником? (2) Функционал «удаленного наставника» со стороны ученика интуитивен, понятен и прост в обращении? (3) «Удаленный наставник» обеспечивает полноценную коммуникацию с наставником и позволяет своевременно получать полезные комментарии?

Ответы учитывались по 5-балльной шкале Лайкерта: 1 – сильно согласен; 2 – согласен; 3 – не уверен; 4 – не согласен; 5 – сильно не согласен.

Для организации удаленного взаимодействия наставника и ученика была разработана техническая система «удаленный наставник» с использованием технологий дополненной реальности [11]. Система состоит из ряда программно-аппаратных компонентов, взаимодействующих между собой:

- Сервер, установленный в «облаке», предназначен для подготовки и организации удаленного взаимодействия между компонентами наставника и уче-

ника по протоколу webRTC в рамках конференционных сессий. Также на сервере хранятся заранее подготовленные для использования наставником и учеником во время операции автоматически сегментированные трехмерные изображения оперируемых органов, полученные из DICOM-изображений и переведенные в STL. Механизм создания моделей смешанной реальности описан подробно ранее [11].

- Приложение на устройстве дополненной реальности ученика – очках Hololens II (Microsoft, США) или аналогах. Данное приложение предоставляет ученику возможность скачать с сервера и разместить в видеополе очков Hololens II трехмерное сегментированное изображение оперируемого органа пациента. Приложение подсоединяется к общей сессии ученика и наставника, в течение которой видеопоток с видеокамеры очков Hololens II, надетых на ученика, непрерывно передается на устройства наставника. Приложение принимает звуковые сообщения от устройств наставника, а также различные рисуемые наставником символы, стрелки, линии и отображает их в видеополе очков в целях указаний на области интереса, видимые в операционном поле.
- Приложения на устройствах наставника (персональный компьютер, мобильный телефон, планшет) подсоединяются к общей сессии взаимодействия с учеником, получают видеопоток с очков ученика, могут печатать сообщения в выделенные окна на очках ученика, посылать модерируемые звуковые/текстовые сообщения на очки ученика, отрисовывать символы, стрелки, линии в видеополе очков ученика. На приложения наставника также загружаются с сервера сегментированные трехмерные изображения оперируемых органов для управляемого просмотра их во время сессии с разных ракурсов и при разном управляемом масштабировании.

Базовый сценарий взаимодействия ученика и наставника во время сессии взаимодействия (операции) выглядит следующим образом:

- Ученик надевает очки дополненной реальности, загружает в них с сервера заранее подготовленное сегментированное трехмерное изображение оперируемого органа, подготавливает удобное расположение в виртуальном видеополе различных информационных окон и сегментированного трехмерного изображения оперируемого органа (рис. 1).
- После начальной подготовки ученик начинает сессию взаимодействия с удаленным наставником, при этом возможна автоматическая рассылка информационного сообщения о начале сессии (операции) по разным каналам доставки (email, SMS, различные популярные мессенджеры).
- Наставник, получив сообщение о начале сессии (операции), начинает подсоединение. Ученик впускает заранее зарегистрированного на сервере наставника в сессию (рис. 2).
- Во время сессии наставник может подключаться/отключаться от нее. Видеопоток с видеокамер устройства дополненной реальности очков ученика передается на приложения наставника – он видит и слышит то, что видит и слышит ученик в очках. Во время сессии наставник может:
  – посылать на очки ученика голосовые сообщения;
  – текстовые сообщения (в отдельные окна);
  – цифровые изображения (в отдельные окна);

**Рис. 1.** *Ученик в операционной в очках смешанной реальности*
**Fig. 1.** *Trainee in the operating room wearing a mixed reality headset*

**Рис. 2.** *Наставник видит на экране своего компьютера изображение с камер очков смешанной реальности*
**Fig. 2.** *Mentor sees a video from the mixed reality headset camera on their computer display*

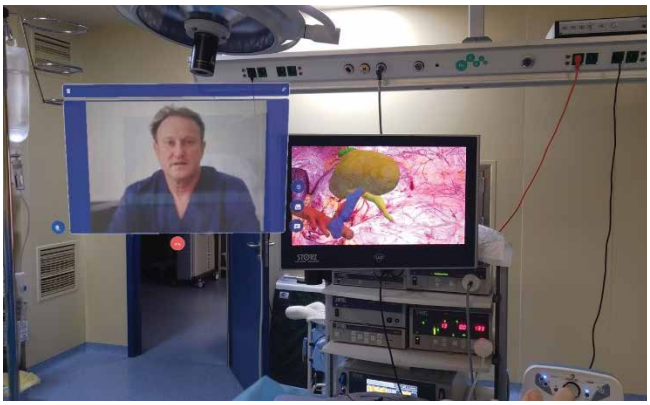


**Рис. 3.** *Наставник и модель смешанной реальности почки с опухолью в поле зрения ученика в операционной*
**Fig. 3.** *Mentor and a mixed-reality model of a kidney with a tumor in the trainee's filed of view in the operating room*

– используя стилус, компьютерную мышь или пальцы, рисовать/стирать различные символы, стрелки, линии в видеополе очков, которые будут мгновенно видны ученику. Символами, стрелками, линиями наставник обычно указывает ученику на видимые им в видеополе очков области интереса или риска (рис. 3).

Во время сессии ученик может с помощью жестов рук изменять положение информационных окон, модерировать наставника, перемещать, вращать масштабировать и закреплять в виртуальном видеополе очков сегментированное трехмерное изображение оперируемого органа, делать моментальные снимки с камеры очков и сохранять/пересылать их.

Весь аудио-/видеопоток сессии, пересылаемые сообщения и изображения могут быть сохранены на сервере для последующего просмотра и анализа.

Для комфортного взаимодействия ученика и наставника технические требования к параметрам соединений достаточно высоки.

Желательная пропускная способность мобильного сетевого канала до очков дополненной реальности ученика 5–8 Мбит/с на исходящий трафик с задержками менее 500 мкс. Тем не менее все цифровые подсказки наставника (стрелки/рисунки) во избежание ошибок осуществляются в виде «печати экрана». На устройствах наставника желательно наличие скорости интернет-соединения 2–5 Мбит/с на входящий трафик.

**Статистическая обработка данных.** Статистический анализ проводили с использованием программных обеспечений Excel 2019 (Microsoft, США), SPSS Statistica v26 (IBM, США) и JMP Pro 17 (SAS, США). Проверку нормальности распределения количественных показателей осуществляли с помощью критерия Колмогорова–Смирнова с корректировкой Лиллиефорса. Количественные показатели описывали с помощью медианы и квартилей (Me [Q25 %; Q75 %]). Качественные признаки представляли в виде долей и частот.

Оценку статистической значимости различий между независимыми группами выполняли с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Для оценки различий по качественным показателям применяли $\chi^2$-критерий Пирсона. Для анализа взаимосвязи между исследуемыми показателями выполняли расчет коэффициента корреляции Спирмена с оценкой направления и тесноты корреляционной связи в соответствии со шкалой Чеддока. Уровень значимости для проверки статистических гипотез определен при $p$ <0,05.

## Результаты

Медиана возраста учеников, принявших участие в исследовании, составила 36,5 года, наставников – 60 лет ($p$ <0,001). Также наставники и ученики отличались по количеству проводимых операций. Так, количество вмешательств, выполняемых наставниками, превышало более чем в 3 раза таковое у учеников ($p$ <0,001). В табл. 1 представлены показатели среднего возраста и операционной активности учеников и наставников.

Распределение частоты выбора ответов среди учеников и наставников, варьировалось между «сильно согласен» и «согласен» (табл. 2). По частоте выбора тех или иных вариантов ответов изученные группы значимо не различались ($p$ >0,05).

**Таблица 1.** *Возраст и операционная активность учеников и наставников*
**Table 1.** *Age and surgical activity of the trainees and mentors*

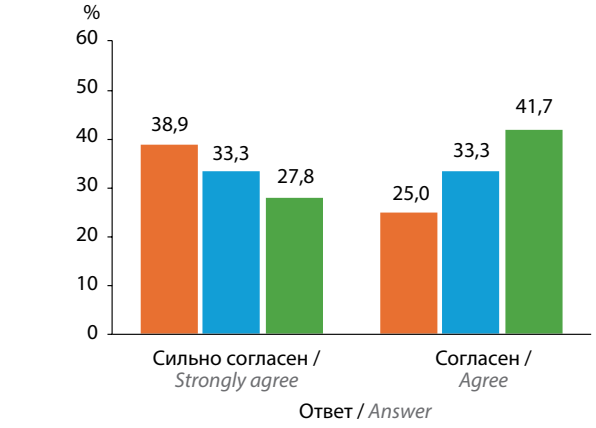
| **Показатель** Characteristic | **Ученик, Me [Q25 %; Q75 %] ($n$ = 10)** Trainee, Me [Q25 %; Q75 %] ($n$ = 10) | **Наставник, Me [Q25 %; Q75] ($n$ = 10)** Mentor, Me [Q25 %; Q75 %] ($n$ = 10) | $p$ |
|---|---|---|---|
| Возраст, лет Age, years | 36,5 [34,2; 38,8] | 60,0 [56,0; 62,8] | 0,001 |
| Количество операций в год Number of surgeries per year | 28,5 [26,2; 30,8] | 96,5 [90,0; 110,0] | 0,001 |

**Таблица 2.** *Распределение ответов на вопросы в изученных группах*
**Table 2.** *Distribution of the answers to the questions in the studied groups*

| Показатель<br>Characteristic | Ученик ($n$ = 10), $n$ (%)<br>Trainee ($n$ = 10), $n$ (%) | Наставник ($n$ = 10), $n$ (%)<br>Mentor ($n$ = 10), $n$ (%) | Всего<br>Total | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| **Вопрос 1**<br>Question 1 | | | | |
| Сильно согласен<br>Strongly agree | 7 (70) | 6 (60) | 13 | 0,6392 |
| Согласен<br>Agree | 3 (30) | 4 (40) | 7 | |
| **Вопрос 2**<br>Question 2 | | | | |
| Сильно согласен<br>Strongly agree | 6 (60) | 5 (50) | 11 | 0,6531 |
| Согласен<br>Agree | 4 (40) | 5 (50) | 9 | |
| **Вопрос 3**<br>Question 3 | | | | |
| Сильно согласен<br>Strongly agree | 5 (50) | 4 (40) | 9 | 0,6531 |
| Согласен<br>Agree | 5 (50) | 6 (60) | 11 | |

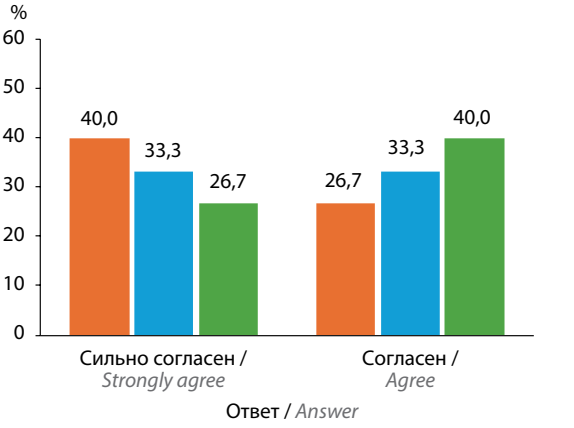
При этом стоит отметить, что ответов «не уверен», «не согласен» и «сильно не согласен» выбрано не было, что подчеркивает удобство применения данной технологии.

На рис. 4, 5 представлена частота выбора ответов на заданные вопросы в группах учеников и наставников соответственно.




- «Удаленный наставник» обеспечивает качественный обмен изображения и звука с наставником? / *Does Remote Mentor provide quality exchange of images and sound with the mentor?*
- Функционал «удаленного наставника» со стороны ученика интуитивен, понятен и прост в обращении? / *Is Remote Mentor functionality intuitive, comprehensive and easy to use from the trainee's perspective?*
- «Удаленный наставник» обеспечивает полноценную коммуникацию с наставником и позволяет своевременно получать полезные комментарии? / *Does Remote Mentor provide adequate communication with the mentor and allow to receive useful comments in a timely manner?*

**Рис. 4.** *Распределение ответов в группе учеников*
**Fig. 4.** *Distribution of the answers in the trainee group*




- «Удаленный наставник» со стороны наставника обеспечивает качественный обмен изображения и звука с учеником? / *Does Remote Mentor provide quality exchange of images and sound with the trainee from the mentor's perspective?*
- Функционал «удаленного наставника» со стороны наставника интуитивен, понятен и прост в обращении? / *Is Remote Mentor functionality intuitive, comprehensive and easy to use from the mentor's perspective?*
- «Удаленный наставник» обеспечивает полноценную коммуникацию с учеником и позволяет своевременно корректировать работу с ним? / *Does Remote Mentor provide adequate communication with the trainee and allow to correct trainee's actions in a timely manner?*

**Рис. 5.** *Распределение ответов в группе наставников*
**Fig. 5.** *Distribution of the answers in the mentor group*

**Таблица 3.** *Корреляционный анализ показателей*
**Table 3.** *Correlation analysis of the characteristics*

| Оператор / Operator | Показатель / Characteristic | Возраст / Age | Опыт / Experience | Вопрос 1 / Question 1 | Вопрос 2 / Question 2 | Вопрос 3 / Question 3 | Суммарный балл / Total score |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Наставник / Mentor | Возраст / Age | 1 | 0,47 | 0,54 | –0,11 | 0,04 | 0,28 |
| | Опыт / Experience | 0,47 | 1 | 0,5 | 0,59 | 0,21 | 0,64* |
| | Вопрос 1 / Question 1 | 0,54 | 0,5 | 1 | 0 | 0,25 | 0,61 |
| | Вопрос 2 / Question 2 | –0,11 | 0,59 | 0 | 1 | 0,41 | 0,68* |
| | Вопрос 3 / Question 3 | 0,04 | 0,21 | 0,25 | 0,41 | 1 | 0,77** |
| Ученик / Trainee | Возраст / Age | 1 | 0,73* | 0,46 | 0,68* | 0,8** | 0,97** |
| | Опыт / Experience | 0,73* | 1 | 0,11 | 0,71* | 0,73* | 0,79** |
| | Вопрос 1 / Question 1 | 0,46 | 0,11 | 1 | –0,09 | 0,22 | 0,51 |
| | Вопрос 2 / Question 2 | 0,68* | 0,71* | –0,09 | 1 | 0,41 | 0,66* |
| | Вопрос 3 / Question 3 | 0,8** | 0,73* | 0,22 | 0,41 | 1 | 0,83** |

**p <0,05.*
***p <0,01.*

Проведенный корреляционный анализ (табл. 3) в группе наставников показал, что опыт наставников имеет статистически значимую положительную корреляцию с суммарным баллом (r = 0,64; *p* <0,05). Уровень значимости <0,05 указывает на достоверность выявленной зависимости. Ответ на вопрос 1 не продемонстрировал значимых корреляционных связей ни с одним изученным показателем как среди учеников, так и среди наставников (*p* >0,05). Ответ на вопрос 2 продемонстрировал значимые умеренные и сильные прямые корреляции с возрастом и опытом учеников (r = 0,68; *p* <0,05 и r = 0,71; *p* <0,05), а также с суммарным баллом (r = 0,66; *p* <0,05), тогда как в группе наставников статистической значимостью характеризовалась лишь корреляция с суммарным баллом (r = 0,68; *p* <0,05). Ответ на вопрос 3 также характеризовался наличием сильных прямых корреляционных связей с возрастом, опытом и суммарным баллом в группе учеников (r = 0,80; *p* <0,01, r = 0,73; *p* <0,05 и r = 0,83; *p* <0,01 соответственно).

Результаты оценки связи опыта оператора с суммарным баллом в обеих группах представлены на рис. 6, 7.

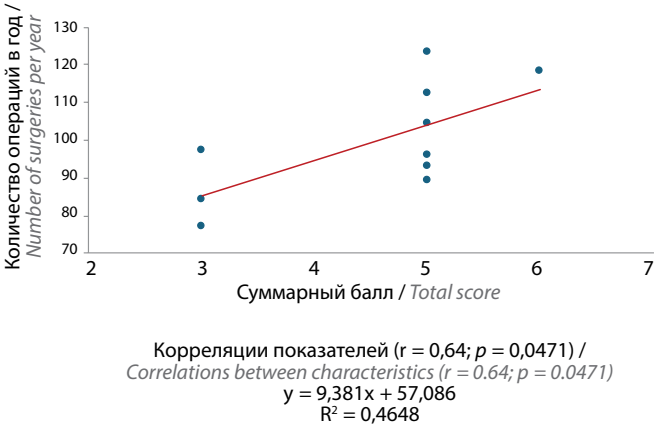



**Рис. 6.** *Оценка связи опыта оператора с суммарным баллом в группе наставников*
**Fig. 6.** *Evaluation of the correlation between operator's experience with the total score in the mentor group*

Таким образом, полученные данные подчеркивают важность учета опыта и возраста при анализе ответов на вопросы и суммарных баллов.

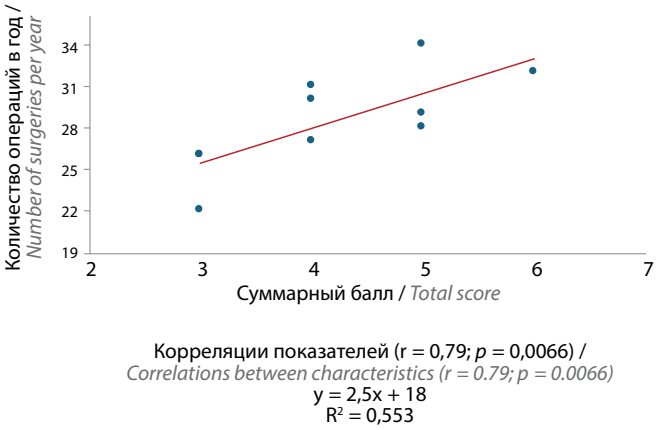



**Рис. 7.** *Оценка связи опыта оператора и суммарного балла в группе учеников*
**Fig. 7.** *Evaluation of the correlation between operator's experience with the total score in the trainee group*

## Обсуждение

Прогресс в области медицинских цифровых технологий позволил рассмотреть возможность применения функции удаленного наставничества во время оперативного вмешательства в режиме реального времени. Впервые прообразом данной технологии было исследование A.M. Vera и соавт. в контексте обучения лапароскопическим навыкам [12]. Наставник использовал портативный симулятор лапароскопического обучения с зеленым фоновым экраном и реальными хирургическими инструментами, аналогичными тем, что использует обучающийся. Применяя технику хромакея, зеленый фон был удален из видео, а движение инструментов, контролируемых наставником, накладывалось на живое видео операционного поля.

На сегодняшний день существует ряд исследований, которые демонстрируют эффективность применения данной технологии, а именно когда опытный хирург помогает своему коллеге во время оперативного вмешательства с помощью аудио- и/или видеокоммуникаций [13, 14]. В исследовании, проведенном A.M. Jarc и соавт., продемонстрировано улучшение коммуникации между наставником и учеником посредством отображения движения виртуальных хирургических инструментов (симулирующих движение роботизированных наконечников) в 3 измерениях [14]. В дальнейшем те же виртуальные инструменты были использованы для выполнения реальных хирургических задач (диссекция тканей и наложение швов на живой модели (свинья)), что еще раз подтвердило их эффективность [15]. Однако оба этих исследования проводились с автономной системой, где наставник и ученик находились в одной комнате [14, 15]. D. Shabir и соавт. предложили использовать данную систему для передачи движения виртуальных хирургических инструментов на операционное поле через сеть [16]. Однако их прототип работал только в локальной сети, что значительно ограничивало его использование в режиме реального времени.

Немаловажным фактором успешного применения данной технологии служит высокая скорость передачи данных, которая должна обеспечивать минимальную задержку передачи видеосигнала <200 мс. Этот тезис подтверждает исследование S. Xu и соавт., проведенное в рамках телехирургии [17]. Это гарантирует, что данные будут поступать с одинаковой скоростью как к наставнику на рабочую станцию, так и на рабочую станцию в операционную. В нашем исследовании при ответах ученика и наставника не были отмечены значительные затруднения в передаче видео- и аудиоданных, также мы не задавались целью оценивать длительность задержки сигнала, так как рисунки и цифровые подсказки осуществлялись в режиме «печати экрана».

Одним из вариантов функционирования системы «удаленный наставник» является демонстрация действий наставника ученику в виртуальной среде, сопровождаемая звуковыми подсказками, для их последующего воспроизведения во время оперативного вмешательства. В операционной, анализируя звуковые и визуальные подсказки, отображаемые на операционном поле, ученик должен мысленно сопоставить требуемое движение с контекстом оперируемой ткани и затем выполнить его после того, как наставник продемонстрирует его. В исследовании, проведенном W.B. Owais и соавт., было продемонстрировано, что использование VR-среды для теленаставничества во время оперативного вмешательства позволяет наставникам более точно и быстро демонстрировать движения хирургических инструментов по сравнению с традиционными методами [1]. Этот подход значительно улучшает качество обучения, позволяя хирургам эффективно осваивать новые техники и повышать свою квалификацию.

Y. Kalbas и соавт. в 2023 г. представили инновационную платформу Remote Interactive Surgery Platform (RISP), использующую технологию смешанной реальности для обеспечения иммерсивной визуализации в реальном времени [18]. Предварительные результаты показали высокую точность аннотаций и положительный пользовательский опыт, что делает эту платформу перспективным инструментом для удаленного наставничества.

Подводя итог, хочется отметить, что технологические платформы, такие как виртуальная реальность, дополненная реальность и смешанная реальность, открывают новые возможности для повышения качества хирургического обучения и обеспечения доступа к высококвалифицированным наставникам в глобальном масштабе. Данные литературы подчеркивают зна-

чительные достижения и потенциальные преимущества удаленного наставничества в хирургии. Наше исследование не явилось исключением и продемонстрировало удобство и полезность использования разработанной нами технологии «удаленный наставник».

### Ограничения

Несмотря на полученные положительные результаты, данное исследование имеет ряд существенных ограничений, которые следует учитывать при интерпретации выводов. Прежде всего, относительно небольшой размер выборки (по 10 участников в каждой группе) ограничивает статистическую мощность анализа и затрудняет экстраполяцию результатов на более широкую популяцию. Отсутствие рандомизации и контрольной группы снижает уровень доказательности и не позволяет уверенно судить о причинно-следственных взаимосвязях между вмешательством и наблюдаемыми эффектами.

Следует также отметить потенциальную предвзятость в отборе участников. Критерии включения, а также процесс подбора наставников и обучающихся не были подробно описаны, что допускает вероятность селективного включения наиболее мотивированных или опытных специалистов, что в свою очередь могло повлиять на субъективную оценку эффективности системы.

Следующее ограничение связано с характером использованных инструментов оценки. В исследовании применялись исключительно самооценочные опросники, без включения объективных показателей хирургической эффективности (например, времени выполнения операций, частоты ошибок, необходимости в ассистенции и т. д.), а также без проведения оценки знаний или навыков до и после обучения.

Наконец, в рамках работы не были подробно рассмотрены технические аспекты функционирования системы. В частности, отсутствует анализ ее стабильности в условиях реального времени, включая возможные сбои соединения, задержки передачи данных и потенциальные угрозы конфиденциальности. Уникальность используемого программного обеспечения и необходимость специальной инфраструктуры дополнительно ограничивают возможности воспроизведения и масштабирования данной модели.

### Заключение

Результаты проведенного исследования продемонстрировали потенциал технологии удаленного наставничества как инструмента повышения доступности экспертной поддержки и повышения качества хирургического обучения. Полученные данные указывают на высокую степень субъективного удовлетворения участников, а также подтверждают практическую реализуемость предложенного подхода. Дальнейшее развитие и внедрение удаленного наставничества могут существенно изменить парадигму медицинского образования и практики, способствуя более равномерному распределению знаний и навыков, а также улучшению качества оказываемого лечения в регионах за счет более доступной помощи экспертов из ведущих центров нашей страны.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Owais W.B., Padhan J., Anbatawi M. et al. Assessing virtual reality environment for remote telementoring during open surgeries. Conference: 2022 IEEE 22nd International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE). DOI: 10.1109/BIBE55377.2022.00063
2. Dinh A., Yin A.L., Estrin D. et al. Augmented reality in real-time telemedicine and telementoring: scoping review. JMIR Mhealth Uhealth 2023;11:e45464. DOI: 10.2196/45464
3. Schlachta C.M., Nguyen N.T., Ponsky T., Dunkin B. Project 6 summit: SAGES telementoring initiative. Surg Endosc 2016;30(9):3665–72. DOI: 10.1007/s00464-016-4988-5
4. El-Sabawi B., Magee W. The evolution of surgical telementoring: current applications and future directions. Ann Transl Med 2016;4(20):391. DOI: 10.21037/atm.2016.10.04
5. Hamza H., Al-Ansari A., Navkar N.V. Technologies used for telementoring in open surgery: a scoping review. Telemed J E Health 2024;30(7):1810–24. DOI: 10.1089/tmj.2023.0669
6. Bruns N.E., Irtan S., Rothenberg S.S. et al. Trans-Atlantic telementoring with pediatric surgeons: technical considerations and lessons learned. J Laparoendosc Adv Surg Tech A 2016;26(1):75–8. DOI: 10.1089/lap.2015.0131
7. Nguyen N.T., Okrainec A., Anvari M. et al. Sleeve gastrectomy telementoring: a SAGES multi-institutional quality improvement initiative. Surg Endosc 2018;32(2):682–7. DOI: 10.1007/s00464-017-5721-8
8. Agarwal R., Levinson A.W., Allaf M. et al. The RoboConsultant: telementoring and remote presence in the operating room during minimally invasive urologic surgeries using a novel mobile robotic interface. Urology 2007;70(5):970–4. DOI: 10.1016/j.urology.2007.09.053
9. Shabir D., Balakrishnan S., Padhan J. et al. Tele-mentoring using augmented reality: a feasibility study to assess teaching of laparoscopic suturing skills. IEEE 36th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS). L'Aquila, Italy, 2023. Pp. 61–66. DOI: 10.1109/CBMS58004.2023.00193
10. Faris H., Harfouche C., Bandle J., Wisbach G. Surgical tele-mentoring using a robotic platform: initial experience in a military institution. Surg Endosc 2023;37(12):9159–66. DOI: 10.1007/s00464-023-10484-1
11. Семенякин И.В., Гаджиев Н.К., Габдуллин А.Ф. и др. Применение смешанной реальности при лапароскопической резекции почки. Московский хирургический журнал 2021;(4):47–57. DOI: 10.17238/2072-3180-2021-4-47-57
Semeniakin I.V., Gadzhiev N.K., Gabdullin A.F. et al. The use of mixed reality during the laparoscopic partial nephrectomy. Moskovskiy khirurgicheskiy zhurnal = Moscow Surgical Journal

2021;(4):47–57. (In Russ.).
DOI: 10.17238/2072-3180-2021-4-47-57
12. Vera A.M., Russo M., Mohsin A., Tsuda S. Augmented reality telementoring (ART) platform: a randomized controlled trial to assess the efficacy of a new surgical education technology. Surg Endosc 2014;28(12):3467–72. DOI: 10.1007/s00464-014-3625-4
13. Erridge S., Yeung D.K.T., Patel H.R.H., Purkayastha S. Telementoring of surgeons: a systematic review. Surg Innov 2019;26(1):95–111. DOI: 10.1177/1553350618813250
14. Jarc A.M., Shah S.H., Adebar T. et al. Beyond 2D telestration: an evaluation of novel proctoring tools for robot-assisted minimally invasive surgery. J Robot Surg 2016;10(2):103–9. DOI: 10.1007/s11701-016-0564-1
15. Jarc A.M., Stanley A.A., Clifford T. Proctors exploit three-dimensional ghost tools during clinical-like training scenarios: a preliminary study. World J Urol 2017;35(6):957–65. DOI: 10.1007/s00345-016-1944-x
16. Shabir D., Abdurahiman N., Padhan J. et al. Towards development of a tele-mentoring framework for minimally invasive surgeries. international journal of medical robotics and computer assisted surgery. Int J Med Robot 2021;17(5):e2305. DOI: 10.1002/rcs.2305
17. Xu S., Perez M., Yang K. Determination of the latency effects on surgical performance and the acceptable latency levels in telesurgery using the dV-Trainer(®) simulator. Surg Endosc 2014;28(9):2569–76. DOI: 10.1007/s00464-014-3504-z
18. Kalbas Y., Jung H., Ricklin J. et al. Remote Interactive Surgery Platform (RISP): proof of concept for an augmented-reality-based platform for surgical telementoring. J Imaging 2023;9(3):56. DOI: 10.3390/jimaging9030056

**Вклад авторов**
И.В. Семенякин: разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, анализ полученных данных;
Н.К. Гаджиев: разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста статьи;
А.Д. Петров, И.Б. Джалилов: написание текста статьи;
С.П. Деревянко, А.Е. Черепанов, А.В. Богатов, А.А. Измайлов: обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных.
**Authors' contributions**
I.V. Semeniakin: developing the research design, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data;
N.K. Gadzhiev: developing the research design, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;
A.D. Petrov, I.B. Dzhalilov: article writing;
S.P. Derevyanko, A.E. Cherepanov, A.V. Bogatov, A.A. Izmailov: reviewing of publications of the article's theme, analysis of the obtained data.

**ORCID авторов / ORCID of authors**
И.В. Семенякин / I.V. Semeniakin: https://orcid.org/0000-0003-3246-7337
Н.К. Гаджиев / N.K. Gadzhiev: https://orcid.org/0000-0002-6255-0193
А.Д. Петров / A.D. Petrov: https://orcid.org/0000-0001-5804-2033
И.Б. Джалилов / I.B. Dzhalilov: https://orcid.org/0000-0001-8899-0798
С.П. Деревянко / S.P. Derevyanko: https://orcid.org/0009-0006-2555-4714
А.Е. Черепанов / A.E. Cherepanov: https://orcid.org/0009-0005-4068-734X
А.В. Богатов / A.V. Bogatov: https://orcid.org/0009-0002-4564-462X
А.А. Измайлов / A.A. Izmailov: https://orcid.org/0000-0001-5836-0066

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», проект ID 95445540 (121082000087-7).
**Funding.** The work was performed with the support from the Saint Petersburg State University, project ID 95445540 (121082000087-7).

**Статья поступила:** 15.10.2024. **Принята к публикации:** 03.07.2025. **Опубликована онлайн:** 31.10.2025.
**Article submitted:** 15.10.2024. **Accepted for publication:** 03.07.2025. **Published online:** 31.10.2025.