



Цифровизация в анестезиологии-реаниматологии – задел для искусственного интеллекта?

Ю. С. ПОЛУШИН, И. В. ШЛЫК, Н. С. СМОЛИН*, Г. А. ТИМОФЕЕВ

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поступила в редакцию 10.10.2024 г.; дата рецензирования 05.11.2024 г.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены размышления о месте цифровизации в развитии отечественной анестезиологии-реаниматологии. На основании опыта иных стран показана чрезвычайно важная роль этой технологии для обеспечения качественного лечения. Практический компонент реализации задач в рамках цифровизации должен предусматривать не только уменьшение на персонал нагрузки, не связанной с непосредственной работой с больным, но и изменение системы управления лечением для повышения ее эффективности и в целом безопасности медицинской деятельности.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, телереанимация, дистанционная консультативная работа, медицинская информационная система

Для цитирования: Полушин Ю. С., Шлык И. В., Смолин Н. С., Тимофеев Г. А. Цифровизация в анестезиологии-реаниматологии – задел для искусственного интеллекта? // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 6. – С. 6–16. <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-6-6-16>.

Digitalization in anaesthesiology and intensive care – a start for artificial intelligence?

YURY S. POLUSHIN, IRINA V. SHLYK, NIKITA S. SMOLIN*, GLEB A. TIMOFEEV

Pavlov University, St. Petersburg, Russia

Received 10.10.2024; review date 05.11.2024

ABSTRACT

The article presents reflections on the place of digitalization in the development of domestic anaesthesiology and intensive care. The important role of this technology in ensuring high-quality treatment is shown. The practical component of implementing tasks within the framework of digitalization should include reducing the workload on personnel not related to direct work with the patient, but also changing the management of treatment system to improve its efficiency and the safety of medical activities.

Keywords: digitalization, digital technologies, tele-ICU, remote advisory work, medical information system

For citation: Polushin Yu. S., Shlyk I. V., Smolin N. S., Timofeev G. A. Digitalization in anaesthesiology and intensive care – a start for artificial intelligence? *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2024, Vol. 21, № 6, P. 6–16. (In Russ.). <http://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-6-6-16>.

* Для корреспонденции:
Никита Сергеевич Смолин
E-mail: smolinnikitas@gmail.com

* Correspondence:
Nikita S. Smolin
E-mail: smolinnikitas@gmail.com

Введение

Активная цифровизация в российской медицине началась примерно пять лет назад. Ключевыми направлениями ее развития считаются внедрение электронных медицинских карт, развитие концепции «подключенный пациент» – мониторинг состояния и предоставление медицинских услуг с помощью встроенных интеллектуальных устройств, а также телемедицина [3]. Особенно активно развивается первое и последнее направления, охватываемые вступившим с 1 января 2018 г. в силу ФЗ № 242 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья». Это связано как с вопросами хранения большого объема информации, так и с проблемой дефицита кадров, особенно обладающих высокой квалификацией, что привело к усилению нагрузки на имеющийся медицинский персонал. Расчет делается на то, что телемедицина не только может компенсировать дефицит врачей разных специальностей на удаленных территориях, но и позволит повысить

профессиональную экспертизу работы специалистов здравоохранения дистанционно.

Естественно, внедрение цифровизации не может обойти стороной и анестезиолого-реаниматологическое направление. Все же никакая другая врачебная специальность не требует анализа огромного объема информации для принятия экстренного решения; число и динамика измеряемых показателей фактически как лавина обрушиваются на врача постоянно, но в критической ситуации особенно.

Объективности ради стоит отметить, что первые попытки автоматизировать процесс ведения карт анестезии и интенсивной терапии были приняты более 50 лет назад [17]. В нашей стране этим активно занимались в отделе анестезиологии РНЦХ им. Б. В. Петровского под руководством А. А. Бунятяна. Но масштабная цифровизация службы анестезиологии-реанимации, внедрение в практику принципов телереанимации началось только с начала 2010-х гг., когда в России стартовало создание единой государственной информационной системы здравоохранения. В настоящее время цифровая трансформация здравоохранения

реализуется в рамках стратегии, определенной Распоряжением Правительства РФ от 6 октября 2021 г. № 2816-р «Об утверждении перечня инициатив социально-экономического развития РФ до 2030 г.».

Согласно этому нормативному правовому акту одна из основных задач цифровизации – сокращение временных издержек, не связанных с непосредственным оказанием медицинской помощи. Ключевой практический компонент реализации этой задачи в рамках цифровизации службы анестезиологии-реанимации – максимальное облегчение работы персонала за счет устранения нагрузки, не связанной с непосредственной работой с больным. Кадровые проблемы в службе анестезиологии-реанимации всегда были остры не только в России, но и во всем мире, а большая нагрузка на врачей, медицинских сестер-анестезистов и палатных медицинских сестер, работающих в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), – одна из причин фатальной физической и психологической усталости, а также преждевременного профессионального выгорания.

Возникает закономерный вопрос, что поменялось для врача анестезиолога-реаниматолога в России за несколько десятилетий, и как так получается, что при массовой цифровизации здравоохранения, повсеместном внедрении искусственного интеллекта, анестезиологические медсестры в операционных все еще «рисуют» наркозную карту «цветными карандашами»?

Реальная ситуация на сегодня выглядит так. Только в 23% медицинских организаций в России все рабочие места врача анестезиолога-реаниматолога подключены к медицинским информационным системам (МИС), а 72% операционных даже не оснащены компьютерами для анестезиологов, не имеют доступа к МИС и не предполагают ведение электронной медицинской карты во время операции. Только в 51% стационаров на рабочем месте врача имеется доступ к данным из лабораторной информационной системы. Доля оцифрованного коечного фонда с автоматизацией сбора данных с оборудования составляет не более 2%. Наличие всех шаблонов документов, использующихся в анестезиологии-реанимации, подтверждают только 28% медицинских организаций. Большинство МИС персонифицированного учета не учитывают специфику работы в ОРИТ, а листы назначений, карты анестезии и интенсивной терапии по-прежнему ведутся в бумажном виде в 99% медицинских организаций [1, 2]. Вместе с тем, стала развиваться система телеконсультаций, внесены изменения в порядок оказания анестезиолого-реанимационной помощи взрослым (приказ МЗ РФ № 919н от 2012 г. в редакции 2018 г.) и порядок проектирования медицинских организаций (Приказ Минстроя России от 18 февраля 2014 г. N 58/пр), предусматривающие возможность формирования в крупных медицинских учреждениях дистанционного консультативного центра.

Несмотря на это можно констатировать, что в реальности цифровизация службы анестезиологии-реанимации в России находится в начале своего развития. Поэтому, если иметь в виду перспективы данного направления, важно учесть опыт и результаты международных исследований, которые убедительно доказывают, что цифровизация – чрезвычайно важная технология для обеспечения качественного лечения.

Есть ли отличия между российскими и международными подходами к цифровизации? В России федеральные критерии единого цифрового контура в большей степени ориентированы на автоматизацию рабочих мест и оцифровку медицинских документов. Однако если целью цифровизации является только сбор данных с оборудования ради электронного документооборота, а не изменение подходов к управлению лекарственной терапией и повышение безопасности медицинской деятельности, то рассчитывать на достижение позитивных клинических и экономических результатов весьма сомнительно.

В тех странах, которые достигли высокого уровня цифровизации реанимационного коечного фонда, стандарт цифровой зрелости определен обществом информационных и управленческих систем в здравоохранении (HIMSS), являющимся международным независимым экспертом качества информатизации медицинской помощи. Стандарт предъявляет требования не к числу рабочих мест, а к соответствию оцифрованных процессов медицинской организации и медицинских информационных систем (МИС) требованиям протоколов менеджмента качества и безопасности медицинской помощи (рис. 1). Практически все международные исследования и обзоры последних 10 лет указывают на то, что там, где внедрение информационных технологий было направлено на повышение безопасности и качества медицинской помощи пациентам в критическом состоянии, снижение ошибок лекарственной терапии, реализацию научно обоснованных протоколов для лечения сепсиса, вентилятор-ассоциированной пневмонии, трансфузионной тактики и т. п., удалось достичь снижения внутрибольничной летальности на 13–30% [11]. При этом даже достаточно большие затраты на цифровизацию сопровождались не только клиническими, но и экономическими выгодами с возвратом инвестиций уже через 2–3 года после внедрения.

Цифровая реанимация – инвестиции в безопасность

Для правильного восприятия представляемых нашими западными коллегами данных следует отметить некоторое различие в организации подходов к оказанию помощи больным с угрозой развития критического состояния. В отличие от формирующейся у нас практики дистанционных консультаций врачей-анестезиологов-реаниматологов на местах сотрудниками созданных телемедицинских

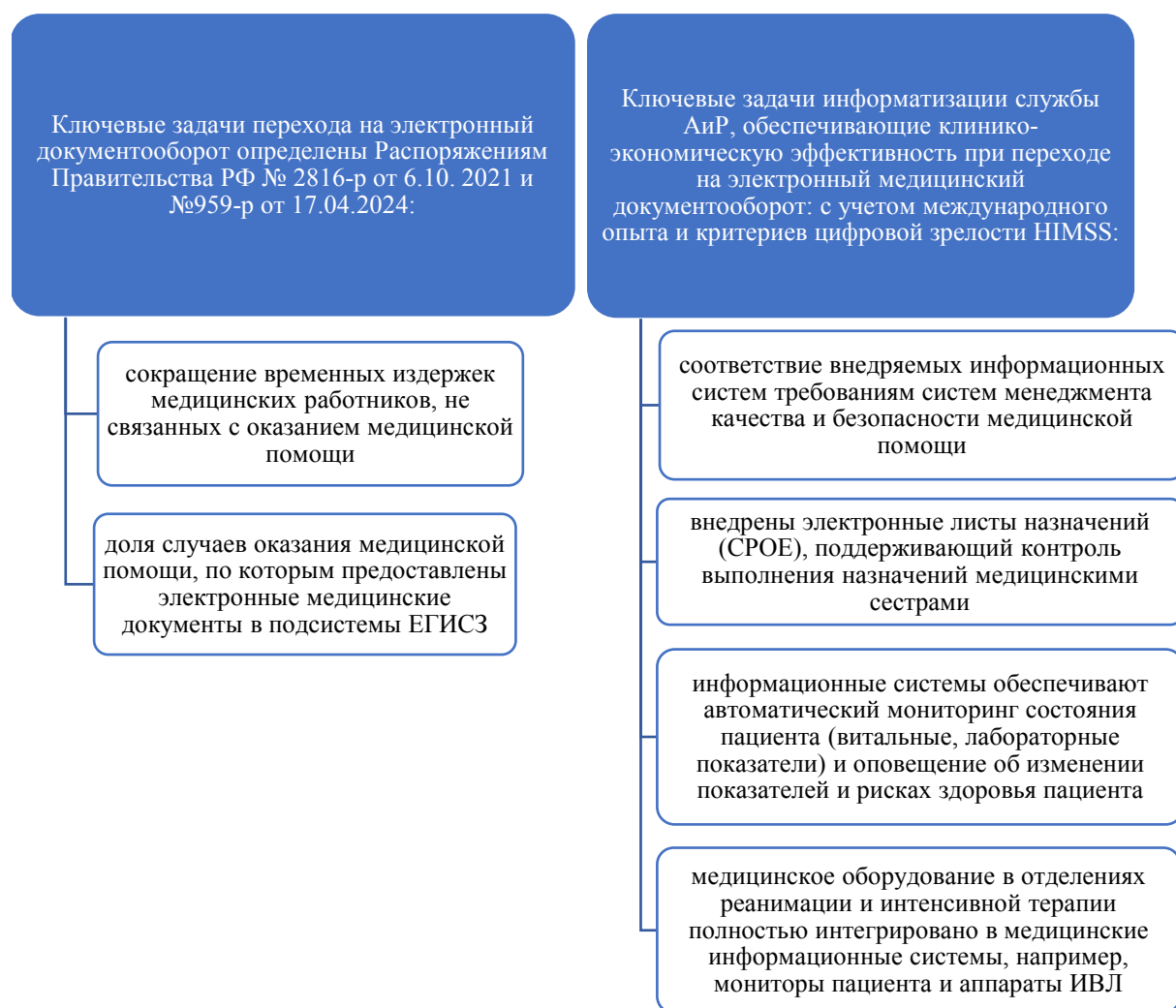


Рис. 1. Задачи, решаемые путем цифровизации (критерии цифровой зрелости)

Fig. 1. Tasks solved by digitalization (criteria of digital maturity)

подразделений, в ряде западных стран реализуется несколько иная система **телереанимации**, предусматривающая не просто дачу советов, но и прямое участие в лечении сотрудников специально создаваемых телемедицинских отделений интенсивной терапии (Tele-ICU). Программы Tele-ICU концентрируют клинические ресурсы в удаленных центрах централизованного мониторинга. Используя защищенную аудио- и видеосвязь и поток данных о пациенте в режиме реального времени с нескольких интерфейсов, врач, работающий в таком центре, может быстро подключиться к оказанию помощи пациенту в другом учреждении и в совершенно другом населенном пункте в любое время дня и ночи. Такая связь позволяет ему оперативно вмешиваться, поддерживать персонал, находящийся на месте, и последовательно реализовывать терапию в соответствии с передовыми практиками. Одна централизованная команда может управлять большим количеством географически разрозненных отделений интенсивной терапии для обмена медицинской информацией в электронном виде в режиме реального времени. В то же время телемедицинское отделение интенсивной терапии является

дополнением, а не заменой персонала, находящегося у постели пациента, и предлагает поддержку в условиях нехватки клинических ресурсов. Ресурсов же даже в развитых странах тоже не переизбыток. Например, в Японии уже сейчас прогнозируют увеличение в будущем числа пациентов в отделениях интенсивной терапии и связанных с этим проблем. На 4 августа 2021 г. в системе здравоохранения у них было подготовлено в общей сложности 6911 коек для интенсивной терапии (5,6 коек на 100 000 человек с варьированием в зависимости от префектуры от 1,5 до 11,8). Общее же число сертифицированных специалистов по интенсивной терапии составляло всего 2115 человек, причем они были сосредоточены в крупных городах. Нехватка специалистов по интенсивной терапии и преобладание региональных различий в ресурсах интенсивной терапии нашли отражение в том, что только 26% отделений интенсивной терапии в Японии являются полноценными («закрытыми»), в которых специалисты по интенсивной терапии определяют и реализуют лечение. В 50% отделений («обязательные») специалисты по интенсивной терапии лишь участвуют в лечении. Остальные 24% – «плановые» отделения интенсив-

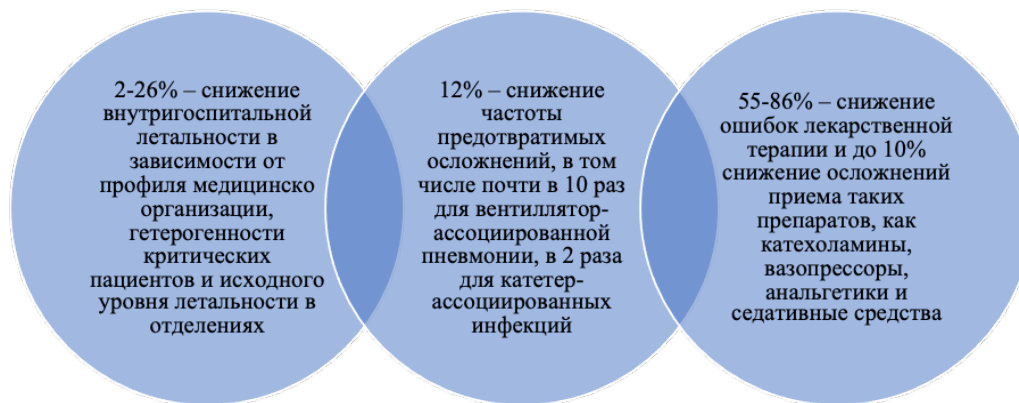


Рис. 2. Клиническая эффективность цифровизации анестезиологии-реаниматологии (составлен с использованием данных статьи С. Kalvelage et al. (2021) [25])

Fig. 2. Clinical effectiveness of digitalization of anesthesiology-intensive care (compiled using data from the article by С. Kalvelage et al. (2021) [25])

ной терапии, в которые врачи-реаниматологи выезжают по запросу лечащего врача [24]. Японские коллеги рассчитывают, что формирование системы Tele-ICU, аналогичной созданной в США, поможет решить проблему нехватки врачей-реаниматологов и сократить региональное неравенство в отношении ресурсов интенсивной терапии [39].

Еще один вариант предусматривает решение с помощью Tele-ICU задач по повышению безопасности больных внутри отдельных учреждений путем обеспечения централизованного мониторинга их состояния в отделениях после перевода (традиционное ОРИТ, хирургическое отделение и др.).

Хотя эффективность Tele-ICU варьирует в зависимости от учреждения [40], систематический обзор показал обратно пропорциональную связь числа специалистов по интенсивной терапии с внутрибольничной смертностью, и что Tele-ICU снижает риск смертности в отделении интенсивной терапии и в учреждении по сравнению с традиционной интенсивной терапией [9]. Таким образом, Tele-ICU – это инструмент совершенствования системы оказания медицинской помощи в неотложной и экстренной формах в системе здравоохранения.

Систематические обзоры и метаанализ многолетних исследований показывают, что внедрение программ телереанимации улучшает результаты лечения пациентов в критическом состоянии и, прежде всего, основной показатель – летальность в ОРИТ [25, 26]. Результаты и уровень снижения летальности отличаются в различных исследованиях, что вполне объяснимо и связано с гетерогенностью, полиморбидностью пациентов ОРИТ, профилем самих отделений и медицинских организаций и исходным уровнем оказания медицинской помощи. Чем выше была летальность в отделении до внедрения телереанимационных технологий, тем лучше результат от их внедрения [18, 31].

Информационные системы в ОРИТ позволяют осуществлять непрерывный мониторинг и оперативное вмешательство при обострении состояния пациента, что значительно снижает уровень возник-

новения предотвратимых осложнений (до 12%) за счет раннего выявления и быстрого реагирования [38, 39].

Результат внедрения телереанимации в пяти ОРИТ (суммарно на 103 койки) государственного госпиталя Sentara Healthcare (США, Виргиния) показал снижение госпитальной летальности на 26%, при этом количество дней пребывания в них снизилось на 17%. Повышение качества медицинской помощи было обеспечено, прежде всего, более широким использованием научно обоснованных протоколов по лечению сепсиса и гемотрансфузионной терапии [11].

В другом исследовании снижение внутрибольничной летальности после внедрения Tele-ICU составило всего лишь 1,8%. Но при этом было обеспечено 100% соблюдение клинических протоколов профилактики тромбоза глубоких вен, стрессового эрозивно-язвенного поражения и профилактики вентилятор-ассоциированной пневмонии, за счет чего удалось обеспечить значительное снижение числа предотвратимых осложнений – почти в 10 раз [30].

Доказана высокая эффективность внедрения специализированных электронных листов назначений в снижении ошибок медикаментозной терапии [14, 33], которые являются наиболее частой причиной (до 78%) дефектов оказания медицинской помощи в ОРИТ.

Примерно пятая часть (19%) медикаментозных ошибок в ОРИТ опасны для жизни, и почти половина из них (42%) имеют существенное влияние на клинический исход [34]. Систематические обзоры показывают, что внедрение специализированных электронных листов назначений снижает ошибки приема таких препаратов, как катехоламины, вазопрессоры, анальгетики и седативные средства на 55–86% и уменьшает их побочные эффекты на 10% [12, 15].

Метаанализ, проведенный после пандемии COVID-19, еще раз подтвердил высокую эффективность внедрения телереанимации и снижение

ключевых показателей: летальности и длительности пребывания в ОРИТ [25]. Один из основных выводов, в котором сходятся эксперты, – необходимость в разработке научно обоснованных руководств по телемедицине в ОРИТ, которые обеспечат потенциальные преимущества единых правил, стандартов и врачебных полномочий при оказании телемедицинской помощи (удаленного мониторинга и консультаций) в отделениях интенсивной терапии (рис. 2).

Цифровая реанимация – снижение нагрузки на медицинский персонал

Множество исследований с начала 2000-х гг. подтверждают эффективность автоматизации электронного документооборота и рабочих процессов в анестезиологии-реаниматологии с точки зрения снижения нагрузки на медицинский персонал, не связанной с оказанием медицинской помощи. Автоматизация сбора данных с медицинского оборудования обеспечивает экономию не менее 10–15% времени персонала, снижение дефектов ведения первичной медицинской документации и повышение клинической информативности карты наблюдения [28].

Системы автоматизации сбора данных с оборудования, локальные информационные системы и МИС позволяют сократить рутинные ошибки при передаче медицинской смены [6], связанные с нагрузкой и усталостью медицинского персонала и разобщенностью медицинских данных в различных информационных системах [10].

Значительно снизить ошибки позволяет внедрение электронных листов назначений (СРОЕ) [14, 33], которые учитывают специфику и сложность интенсивной терапии. Автоматизация сбора данных и обмена информацией о назначениях между врачом и средним медицинским персоналом обеспечивает более точный расчет дозировки лекарственных препаратов и баланса жидкости [13], обеспечивает лучшее прогнозирование рисков, связанных с осложнениями пациентов на ИВЛ и незапланированной повторной госпитализацией [22].

Внедрение системы телереанимации и организация централизованного поста мониторинга на базе центров анестезиологии и реанимации позволяет одновременно контролировать состояние пациентов во всех отделениях. Медицинская сестра телереанимации может удаленно наблюдать за 40 пациентами одновременно. При внедрении централизованной модели мониторинга с использованием технологий телереанимации обеспечивается оперативность консультаций, что уменьшает частоту экстренных вызовов врачей на 25% [39]. Так, например, уже на первых этапах внедрения телереанимации в Кливлендской клинике удалось снизить число ночных вызовов дежурных реаниматологов более чем на 60% [37]. По данным госпиталя Sentara Health-care, внедрение телереанимации в ОРИТ позволило

оптимизировать время и работу врачей-реаниматологов без необходимости дополнительного укомплектования штата [11].

Удовлетворенность врачей-реаниматологов и медсестер цифровизацией имеет важное значение, так как позволяет снизить усталость и выгорание и предотвращает текучесть кадров в ОРИТ [23]. Примечательно, что средний медицинский персонал быстро адаптируется к цифровизации, сами медицинские сестры отмечают, что переход на цифровую реанимацию обеспечивает экономию не менее 15% рабочего времени. Отдельные исследования и опросы показывают, что после внедрения реанимационно-анестезиологических информационных систем 96% медицинского персонала не хотят возвращаться к бумажным историям болезни и ведению документов в МИС без автоматизации (рис. 3) [17].

Экономические аспекты цифровизации

Основная ценность инвестиций в цифровизацию анестезиолого-реанимационной службы заключается в потенциальной экономии средств. Реанимационный коечный фонд, как правило, составляет 3–6% (до 10%) от общего коечного фонда стационара, но зачастую обеспечение лечения реанимационного пациента, например, по данным нашего Научно-клинического центра, требует до 15–30% всех операционных затрат. Международные исследователи отмечают, что внедрение технологий телереанимации и организация централизованного мониторинга могут обеспечить снижение затрат примерно в 1,5 раза за счет сокращения прямых расходов на лечение и сроков лечения и, как следствие, повышение пропускной способности ОРИТ без увеличения фактического коечного фонда [32].

Оптимальная экономическая эффективность при этом достигается, когда телереанимационные подходы ориентированы на наиболее тяжелых пациентов [35, 39, 40]. Помимо прочего, доказана высокая эффективность внедрения специализированных электронных листов назначений в снижении ошибок медикаментозной терапии [14, 33], повышении оборота коечного фонда и снижении сроков пребывания пациентов в ОРИТ в среднем на двое суток [5], уменьшении частоты предотвратимых осложнений на 12% за счет раннего выявления и реагирования [38, 39].

Клиника Resurrection Health Care в Дес-Плейнсе, штат Иллинойс, впервые в 2007 г. внедрила цифровизацию в своих 14 отделениях интенсивной терапии. За первые же 6 месяцев было достигнуто снижение расходов на лечение примерно на 10% [11]. Экономии удалось достичь за счет сокращения переливаний крови на 7%. Клинике также удалось сократить длительность пребывания в отделении интенсивной терапии пациентов на 38%. И уже через 4 года, в 2011 г., клиника отчиталась, что экономия средств составила свыше 150% от вложений в программу телереанимации.

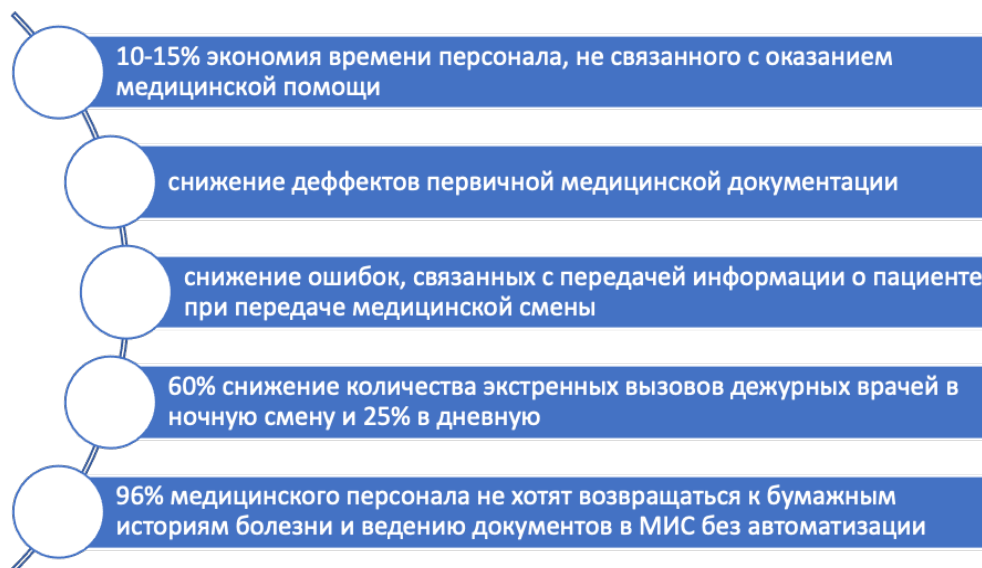


Рис. 3. Снижение нагрузки на медицинский персонал (составлен с использованием данных статьи R. Fretschner (2001) [17])

Fig. 3. Reducing the workload on medical personnel (compiled using data from the article by R. Fretschner (2001) [17])

Оцифровка процессов службы анестезиологии-реанимации и одновременное внедрение управленческих аналитических систем позволяет более эффективно управлять коечным фондом. В 2016 г. The Johns Hopkins Hospital впервые использовал аналитические системы для управления многокоечным стационаром и маршрутизации пациентов в отделениях ОРИТ. Проект показал полный возврат инвестиций менее чем за 24 месяца и увеличение эквивалентного коечного фонда в 2 раза без необходимости увеличения фактического коечного фонда [20].

Для оценки стоимости медицинских вмешательств в США используется академическая метрика QALY (год жизни с поправкой на качество). Это общий показатель бремени болезни, включающий как качество, так и продолжительность прожитой жизни. Экономические исследования, проводимые в США, показали сокращение затрат на 37% при лечении пациентов с применением телереанимации в сравнении с обычным отделением. В исследовании использовался совокупный 5-летний показатель QALY и были учтены затраты на закупку, внедрение, стоимость 5-летней амортизации, расходы на техническое обслуживание и расходы на клинический персонал [40].

Внедрение цифровых решений в деятельность службы анестезиологии-реанимации за счет повышения эффективности ее работы может помочь медицинским организациям принять большее число тяжелобольных пациентов, не требуя дополнительных ресурсов. Так, например, компания Sentara Healthcare в рамках реализации проекта установки информационных систем в ОРИТ отчиталась о дополнительном доходе (примерно 15% в месяц) за счет увеличения потока пациентов в результате снижения длительности пребывания на реанимационной койке [11]. Несмотря на то, что проект обошелся достаточно дорого, и затраты превысили

средние дневные расходы, чистый приток денежных средств в год был существенно увеличен в течение 5-летнего периода его реализации [27].

Внедрение телемедицинских консультаций и программ удаленного мониторинга при угрожающих жизни заболеваниях на 2% снижают потребность в экстренной транспортировке пациентов в медицинские организации более высокого уровня для оказания специализированной помощи. Это позволяет пациентам оставаться на месте, что, в свою очередь, уменьшает нагрузку на крупные медицинские центры и снижает затраты на транспортировку [7, 16].

Повышая качество экстренной помощи, системы удаленного наблюдения за состоянием пациента позволяют снизить вероятность повторного поступления в ОРИТ в первые 60 дней после выписки [36]. Повторные госпитализации и поступления в ОРИТ обходятся дорого системе здравоохранения. За счет снижения частоты повторных госпитализаций и одновременного сокращения длительности лечения в ОРИТ обеспечивается непрямая экономия средств в средне- и долгосрочном периоде (рис. 4).

Перспективы внедрения искусственного интеллекта

Анестезиология-реаниматология требует от медицинских работников сбора, анализа и интерпретации большого объема данных для каждого пациента. Современные подходы к персонализированной медицине на основе анализа больших данных могут сыграть значимую роль в оказании медицинской помощи с клинических позиций [21]. Поскольку актуальная тенденция системы здравоохранения – переход от аналоговых к цифровым данным, практикующим врачам приходится полагаться на

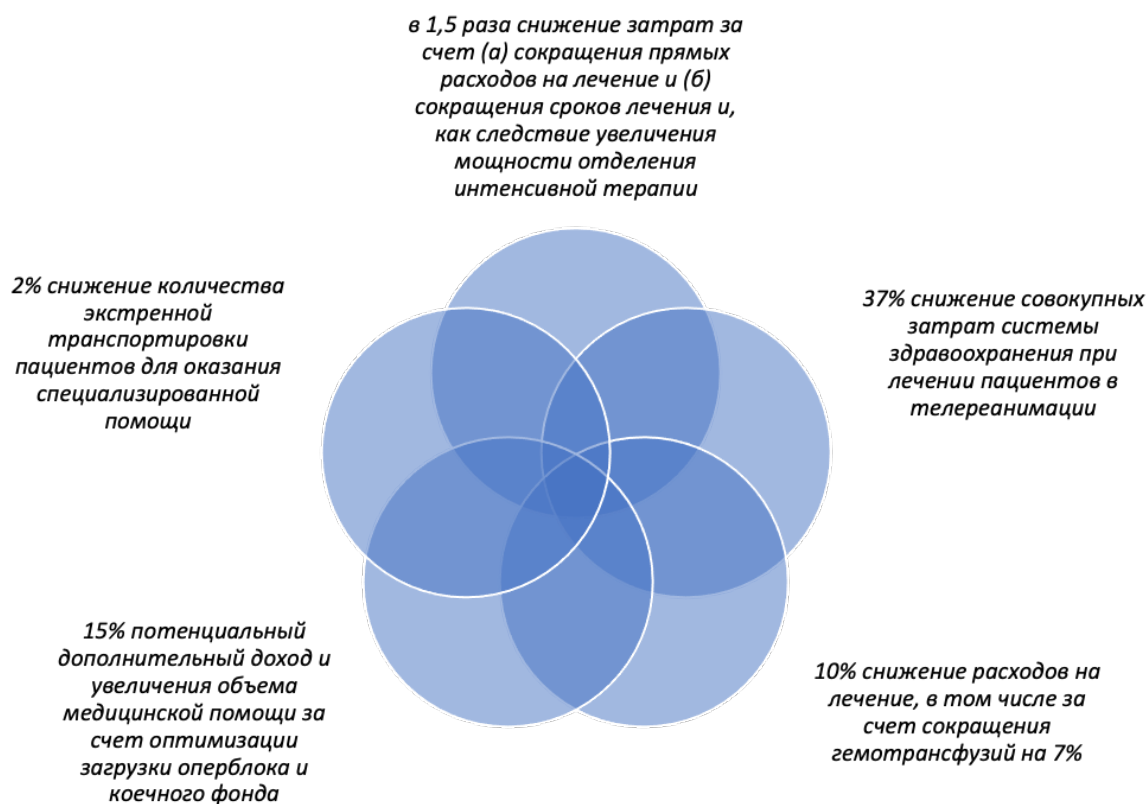


Рис. 4. Потенциальный экономический эффект цифровизации ОРИТ (составлен с использованием данных статьи М. J. Trombley et al. (2021) [17])

Fig. 4. Potential economic effect of ICU digitalization (compiled using data from the article by M. J. Trombley et al. (2021) [17])

постоянно расширяющиеся, интенсивно использующие данные рабочие процессы для выполнения своих повседневных задач. Электронная медицинская карта и система управления информацией об анестезии – это всего лишь два из интерфейсов, представленных врачам [29].

В современной доказательной медицине все большее значение приобретают такие концепции, как данные реального мира (real-world data, RWD), накопленные в электронных историях болезни пациента, и построенные на этих данных доказательства (real-world evidence, RWE). Современные подходы к интенсивной терапии основаны на протоколах и принципах классической доказательной медицины, которые, к сожалению, в анестезиологии-реаниматологии по сравнению с другими специальностями не всегда эффективно работают у отдельных пациентов. Результаты клинических исследований нередко противоречивы, международные, национальные стандарты, рекомендации профессиональных сообществ могут отличаться друг от друга. В первую очередь это связано с гетерогенностью и полиморбидностью пациентов в критических состояниях. Все эксперты отмечают, что в интенсивной терапии необходима персонализация лечения. Стратегия качественной оцифровки данных в ОРИТ – не только создание дата-сетов для разработки алгоритмов искусственного интеллекта. Использование принципов RWD и RWE, тщательное структурирование данных в электронной истории болезни пациентов в критическом состо-

янии – долгосрочная стратегия совершенствования оказания персонализированной медицинской помощи.

Наличие источника первичных данных в онлайн-режиме о времени начала и окончания операции, всех этапах анестезии и хирургического вмешательства позволяет более результативно анализировать данные и эффективно планировать загрузку операционного блока [4], выявляя причины задержки пациента, хирургической или анестезиологической бригады. Имея возможность анализировать такую информацию, главные врачи и заведующие подразделениями могут принимать оперативные меры по оптимизации потока пациентов, планированию операционного дня, минимизируя время простоя бригад между операциями, и максимально эффективно использовать операционные. Оперблок наравне с ОРИТ традиционно одна из самых ресурсоемких зон больницы. Оптимизация загрузки этой зоны напрямую влияет на увеличение объема оказания хирургической помощи и оказываемых услуг.

К счастью, системы управления информацией, автоматически извлекающие клинические переменные (например, показатели жизнедеятельности, временные метки доставки лекарств и т. д.), облегчают бремя документооборота для анестезиолога-реаниматолога. В то же время, врач теперь может и должен подумать, как лучше и эффективнее интерпретировать растущий объем доступных данных для предоставления качественной анестезио-

логической помощи и интенсивной терапии. Здесь отчетливо начинает вырисовываться роль применения технологий искусственного интеллекта, инструменты которого позволяют врачу максимально полезно с клинических позиций и максимально оперативно использовать огромный объем данных, фиксируемых в электронном виде, для принятия оптимального медицинского решения.

Представляется перспективным использование алгоритмов и технологий на основе искусственного интеллекта для непрерывной обработки потоков данных с оборудования и информационных систем в решении приоритетных задач:

- внедрения алгоритмов непрерывного мониторинга рисков пациентов в критических состояниях заблаговременно до принятия врачебных решений с целью повышения качества и безопасности медицинской помощи, а также снижения рутинной нагрузки на медицинский персонал, связанной с расчетом рисков и автоматизацией анализа динамики комплексных показателей и шкал;

- оптимизации маршрутизации и стратификации групп пациентов по тяжести на основе объективных данных непрерывного мониторинга, в том числе на региональном и федеральном уровнях; внедрение алгоритмов, которые позволяют быстро и непредвзято определить пациентов, которые попадают в красный поток и требуют экстренной помощи или медицинской эвакуации;

- обеспечение персонализированного подхода к лечению пациентов в критическом состоянии в ОРИТ, в том числе за счет автоматизации управления лекарственной терапией, и выявления рисков лекарственной совместимости, осложнений, аллергических реакций.

Таким образом, искусственный интеллект может предоставить анестезиологам-реаниматологам всех уровней квалификации поддержку принятия решений – как клинических, так и процедурных, чтобы врачи могли предоставлять своим пациентам наилучшую возможную помощь на основе анализа фактических данных. Как отмечают P. Gambus и S. L. Shafer (2018) [19] в своей редакционной статье об искусственном интеллекте, люди облада-

ют способностью экстраполировать известное на неизвестное на основе более полного понимания научных явлений, и искусственный интеллект не может заменить их в этом, поскольку на сегодняшний день ограничен возможностью анализа и выводов на основе уже накопленных данных [21]. Но поскольку все больше и больше элементов клинической практики оцифровываются и накапливаются в базах данных, нельзя исключить, что однажды мы сможем увидеть систему искусственного интеллекта с полным пониманием клинических явлений и процессов и возможностью автономного предоставления элементов анестезиологической и реаниматологической помощи.

Заключение

Цифровизация в анестезиологии-реаниматологии, как и в других направлениях медицины, не только неизбежна, но и необходима. Получение нужного результата от ее внедрения (улучшение исходов, оптимизация организационных решений и пр.) должно основываться на четких представлениях о цели проводимых преобразований. В этом отношении важно учесть опыт, накопленный нашими коллегами в различных странах мира. Ключевым условием, обеспечивающим клинико-экономический результат цифровизации, является внедрение систем менеджмента качества и безопасности медицинской помощи, направленное на соблюдение клинических протоколов и стандартов оказания медицинской помощи в критической ситуации. Не подлежит сомнению необходимость разработки научно обоснованных руководств по организации экстренной консультативной помощи при внедрении программ телереанимации. Накопление качественных данных мониторинга, лекарственной терапии, исходов и осложнений в информационных системах даст возможность более оправданно использовать принципы доказательной медицины RWD и RWE, а также быстро проверять научные гипотезы, имплементировать персонализированный подход в клиническую практику без дорогостоящих и длительных клинических исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Ю. С. Полушин и И. В. Шлык являются членами редакционной коллегии журнала с 2009 г., но на принятие решения об опубликовании данной статьи влияния не оказывали. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования.

Conflict of Interest. Yu. S. Polushin and I. V. Shlyk has been a member of the editorial board of the VAIR journal since 2009, but has nothing to do with its decision to publish this article. The article has passed the review procedure accepted in the journal. The author did not declare any other conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, сборе информации, написании и редактировании текста статьи.

The contribution of the authors. All authors equally participated in the development of the concept of the article, collecting information, writing and editing the text of the article.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

- Горбань В. И. Компоненты, критерии и уровни системы обеспечения безопасности пациентов отделения анестезиологии-реанимации многопрофильного стационара (сообщение 1) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 64–69. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-2-64-69>.
- Горбань В. И., Щеголев А. В., Проценко Д. Н. и др. Цифровизация службы анестезиологии и реаниматологии: многоцентровое анкетное исследование // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2024. – № 2. – С. 43–53. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-2-43-53>.
- Цифровая революция в здравоохранении: достижения и вызовы // ТАСС. URL: <https://tass.ru/pmef-2017/articles/4278264> (дата обращения: 27.02.2020).
- Abdalkareem Z. A., Amir A., Al-Betar M. A. et al. Healthcare scheduling in optimization context: a review // *Health Technol (Berl)*. – 2021. – Vol. 11, № 3. – P. 445–469. <https://doi.org/10.1007/s12553-021-00547-5>.
- Astellanos I., Rellensmann G., Scharf J. et al. Computerized Physician Order Entry (CPOE) in pediatric and neonatal intensive care – Recommendations how to meet clinical requirements // *Appl Clin Inf*. – 2012. – Vol. 3. – P. 64–79.
- Bergl P. A., Nanchal R. S., Singh H. Diagnostic error in the critically ill: defining the problem and exploring next steps to advance intensive care unit safety // *Ann Am Thorac Soc*. – 2018. – Vol. 15, № 8. – P. 903–907. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201801-068PS>.
- Bucholz R. D., Laycock K. A., McDurmont L. Operating room integration and telehealth // *Acta. Neurochir. Suppl*. – 2011. – Vol. 109. – P. 223–227. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99651-5_35.
- Castellanos I., Rellensmann G., Scharf J. et al. Computerized Physician Order Entry (CPOE) in pediatric and neonatal intensive care: Recommendations how to meet clinical requirements // *Applied clinical informatics*. – 2012. – Vol. 3, № 1. – P. 64–79. <https://doi.org/10.4338/ACI-2011-08-RA-0051>.
- Chen J., Sun D., Yang W. et al. Clinical and economic outcomes of telemedicine programs in the intensive care unit: a systematic review and meta-analysis // *J. Intensive Care Med*. – 2018. – Vol. 33, № 7. – P. 383–393. <https://doi.org/10.1177/0885066617726942>.
- Colvin M. O., Eisen L. A., Gong M. N. Improving the patient handoff process in the intensive care unit: keys to reducing errors and improving outcomes // *Semin. Respir. Crit. Care Med*. – 2016. – Vol. 37, № 1. – P. 96–106. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1570351>.
- Coustasse A., Deslich S., Bailey D. et al. A business case for tele-intensive care units // *Perm J*. – 2014. – Vol. 18, № 4. – P. 76–84. <https://doi.org/10.7812/TPP/14-004>.
- Devine E. B., Hansen R. N., Wilson-Norton J. L. et al. The impact of computerized provider order entry on medication errors in a multispecialty group practice // *J. Am. Med. Inform. Assoc*. – 2010. – Vol. 17, № 1. – P. 78–84. <https://doi.org/10.1197/jamia.M3285>.
- Ehteshami A., Sadoughi F., Ahmadi M. et al. Intensive Care Information System Impacts // *Acta. Inform. Med*. – 2013. – Vol. 21, № 3. – P. 185–191. <https://doi.org/10.5455/aim.2013.21.185-191>.
- Eslami S., Abu-Hanna A., de Keizer N. F. et al. Errors associated with applying decision support by suggesting default doses for aminoglycosides // *Drug-Safety*. – 2006. – Vol. 29. – P. 803–809. <https://doi.org/10.2165/00002018-200629090-00004>.
- Forrester S. H., Hepp Z., Roth J. A. et al. Cost-effectiveness of a computerized provider order entry system in improving medication safety ambulatory care // *Value Health*. – 2014. – Vol. 17, № 4. – P. 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.01.009>.
- Fortis S., Sarrazin M. V., Beck B. F. et al. ICU Telemedicine reduces interhospital ICU transfers in the veterans health administration // *Chest*. – 2018. – Vol. 154, № 1. – P. 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.04.021>.
- Fretschner R., Bleicher W., Heininger A. et al. Patient data management systems in critical care // *J. Am. Soc. Nephrol*. – 2001. – Vol. 12. – P. 83–86. https://doi.org/10.1681/ASN.V12suppl_1s83.
- Fusaro M. V., Becker C., Corey Scurlock C. Evaluating Tele-ICU implementation based on observed and predicted ICU mortality: a systematic review and meta-analysis // *Critical Care Medicine*. – 2019. – Vol. 47, № 4. – P. 501–507. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003627>.
- Gambus P., Shafer S. L. Artificial intelligence for everyone // *Anesthesiology*. – 2018. – Vol. 128. – P. 431–433. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001984>.
- GE Healthcare command center company // Best practices award. – 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.frost.com/wp-content/uploads/2021/02/GE-Healthcare-Partners-Award-write-Up.pdf> (дата обращения: 13.09.2024).
- Gorban V. I. Components, criteria and levels of the patient safety system of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of a multidisciplinary hospital (message 1). *Messenger of anesthesiology and resuscitation*, 2024, vol. 21, no. 2, pp. 64–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2024-21-2-64-69>.
- Gorban V. I., Shchegolev A. V., Protsenko D. N. et al. Digitalization of anesthesiology and resuscitation services: multicenter questionnaire study. *Annals of Critical Care*, 2024, vol. 2, pp. 43–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2024-2-43-53>.
- Digital revolution in healthcare: achievements and challenges, TASU. URL: <https://tass.ru/pmef-2017/articles/4278264> (accessed 27.02.2020). (In Russ.).
- Abdalkareem Z. A., Amir A., Al-Betar M. A. et al. Healthcare scheduling in optimization context: a review. *Health Technol (Berl)*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 445–469. <https://doi.org/10.1007/s12553-021-00547-5>.
- Astellanos I., Rellensmann G., Scharf J. et al. Computerized Physician Order Entry (CPOE) in pediatric and neonatal intensive care – Recommendations how to meet clinical requirements. *Appl Clin Inf*, 2012, vol. 3, pp. 64–79.
- Bergl P. A., Nanchal R. S., Singh H. Diagnostic error in the critically ill: defining the problem and exploring next steps to advance intensive care unit safety. *Ann Am Thorac Soc*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 903–907. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201801-068PS>.
- Bucholz R. D., Laycock K. A., McDurmont L. Operating room integration and telehealth. *Acta. Neurochir. Suppl*, 2011, vol. 109, pp. 223–227. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99651-5_35.
- Castellanos I., Rellensmann G., Scharf J. et al. Computerized Physician Order Entry (CPOE) in pediatric and neonatal intensive care: Recommendations how to meet clinical requirements. *Applied clinical informatics*, 2012, vol. 3, no. 1, pp. 64–79. <https://doi.org/10.4338/ACI-2011-08-RA-0051>.
- Chen J., Sun D., Yang W. et al. Clinical and economic outcomes of telemedicine programs in the intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. *J. Intensive Care Med*, 2018, vol. 33, no. 7, pp. 383–393. <https://doi.org/10.1177/0885066617726942>.
- Colvin M. O., Eisen L. A., Gong M. N. Improving the patient handoff process in the intensive care unit: keys to reducing errors and improving outcomes. *Semin. Respir. Crit. Care Med*, 2016, vol. 37, no. 1, pp. 96–106. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1570351>.
- Coustasse A., Deslich S., Bailey D. et al. A business case for tele-intensive care units. *Perm J*, 2014, vol. 18, no. 4, pp. 76–84. <https://doi.org/10.7812/TPP/14-004>.
- Devine E. B., Hansen R. N., Wilson-Norton J. L. et al. The impact of computerized provider order entry on medication errors in a multispecialty group practice. *J. Am. Med. Inform. Assoc*, 2010, vol. 17, no. 1, pp. 78–84. <https://doi.org/10.1197/jamia.M3285>.
- Ehteshami A., Sadoughi F., Ahmadi M. et al. Intensive care information system impacts. *Acta. Inform. Med*, 2013, vol. 21, no. 3, pp. 185–191. <https://doi.org/10.5455/aim.2013.21.185-191>.
- Eslami S., Abu-Hanna A., de Keizer N. F. et al. Errors associated with applying decision support by suggesting default doses for aminoglycosides. *Drug-Safety*, 2006, vol. 29, pp. 803–809. <https://doi.org/10.2165/00002018-200629090-00004>.
- Forrester S. H., Hepp Z., Roth J. A. et al. Cost-effectiveness of a computerized provider order entry system in improving medication safety ambulatory care. *Value Health*, 2014, vol. 17, no. 4, pp. 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.01.009>.
- Fortis S., Sarrazin M. V., Beck B. F. et al. ICU Telemedicine reduces interhospital ICU transfers in the veterans health administration. *Chest*, 2018, vol. 154, no. 1, pp. 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.04.021>.
- Fretschner R., Bleicher W., Heininger A. et al. Patient data management systems in critical care. *J. Am. Soc. Nephrol*, 2001, vol. 12, pp. 83–86. https://doi.org/10.1681/ASN.V12suppl_1s83.
- Fusaro M. V., Becker C., Corey Scurlock C. et al. Evaluating Tele-ICU implementation based on observed and predicted ICU mortality: a systematic review and meta-analysis. *Critical Care Medicine*, 2019, vol. 47, no. 4, pp. 501–507. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003627>.
- Gambus P., Shafer S. L. Artificial intelligence for everyone. *Anesthesiology*, 2018, vol. 128, pp. 431–433. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001984>.
- GE Healthcare command center company. Best practices award, 2020. URL: <https://www.frost.com/wp-content/uploads/2021/02/GE-Healthcare-Partners-Award-write-Up.pdf> (дата обращения: 13.09.2024).

21. Hashimoto D. A., Witkowski E., Gao L. et al. Artificial intelligence in anesthesiology: current techniques, clinical applications, and limitations // *Anesthesiology*. – 2020. – Vol. 132, № 2. – P. 379–394. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002960>
22. Herasevich V., Tsapenko M., Kojic M. et al. Limiting ventilator-induced lung injury through individual electronic medical record surveillance // *Crit. Care Med.* – 2011. – Vol. 39, № 1. – P. 34–39. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181fa4184>
23. Hoonakker P. L., Carayon P., McGuire K. et al. Motivation and job satisfaction of Tele-ICU nurses // *Journal of critical care*. – 2013. – Vol. 28, № 3. – P. 315. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2012.10.001>
24. ICU Functional Assessment Committee. A survey report of intensivist training certified facilities // *J. Jpn. Soc. Intensive Care Med.* – 2021. – Vol. 28, № 6. – P. 563–570. https://doi.org/10.3918/jsicm.28_563
25. Kalvelage C., Rademacher S., Dohmen S. et al. Decision-making authority during tele-icu care reduces mortality and length of stay – a systematic review and meta-analysis // *Critical Care Medicine*. – 2021. – Vol. 49, № 7. – P. 1169–1181. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004943>
26. Kohl B. A., Fortino-Mullen M., Praetgaard A. et al. The effect of ICU telemedicine on mortality and length of stay // *Journal of Telemedicine and Telecare*. – 2012. – Vol. 18, № 5. – P. 282–286. <https://doi.org/10.1258/jtt.2012.120208>
27. Kouskoukis M. N., Botsaris C. Cost-benefit analysis of telemedicine systems/units in greek remote areas // *Pharmacoecon Open*. – 2017. – Vol. 1, № 2. – P. 117–121. <https://doi.org/10.1007/s41669-016-0006-z>
28. Lee A. F. Quality anesthesia: medicine measures, patients decide // *Anesthesiology*. – 2018. – Vol. 129. – P. 1063–1069. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002455>
29. Liem V. G. B., Hoeks S. E., van Lier F. et al. What we can learn from Big Data about factors influencing perioperative outcome // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* – 2018. – Vol. 31, № 6. – P. 723–731. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000659>
30. Lilly C. M., Cody S., Zhao H. et al. Hospital mortality, length of stay, and preventable complications among critically ill patients before and after tele-ICU reengineering of critical care processes // *JAMA*. – 2011. – Vol. 305, № 21. – P. 2175–2183. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.697>
31. Rhee Ch., Jentzsch M. S., Kadri S. S. et al. Variation in identifying sepsis and organ dysfunction using administrative versus electronic clinical data and impact on hospital outcome comparisons // *Critical Care Medicine*. – Vol. 47, № 4. – P. 493–500. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003554>
32. Sentara marks 10-year anniversary of groundbreaking eICU system [Internet] Norfolk, VA: Sentara. – 2010. URL: <https://www.sentara.com/News/NewsArchives/2010/Pages/Sentara-marks-10-year-anniversary-of-groundbreaking-eICU-system.aspx> (accessed: 25.01.2014).
33. Shamlivan T. A., Duval S., Du J. et al. Just what the doctor ordered. Review of the evidence of the impact of computerized physician order entry system on medication errors // *Health Serv Res*. – 2008. – Vol. 43, № 1. – P. 32–53. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2007.00751.x>
34. Tissot E., Cornette C., Demoly P. et al. Medication errors at the administration stage in an intensive care unit // *Intensive Care Med.* – 1999. – Vol. 25. – P. 353–359. <https://doi.org/10.1007/s001340050857>
35. Torre-Diez I., Lopez-Coronado M., Vaca C. et al. Cost-utility and cost-effectiveness studies of telemedicine, electronic, and mobile health systems in the literature: a systematic review // *Telemed J. E. Health*. – 2015. – Vol. 21, № 2. – P. 81–85. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0053>
36. Trombley M. J., Hassol A., Lloyd J. T. et al. The impact of enhanced critical care training and 24/7 (tele-ICU) support on medicare spending and postdischarge utilization patterns // *Health services reseach*. – 2017. – Vol. 53, № 4. – P. 2099–2117. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12821>
37. Udeh C., Udeh B., Rahman N. et al. Telemedicine/virtual ICU: where are we and where are we going? // *Methodist Debakey Cardiovasc. J.* – 2018. – Vol. 14, № 2. – P. 126–133. <https://doi.org/10.14797/mdcj-14-2-126>
38. Venkataraman R., Ramakrishnan N. Safety and quality metrics for ICU telemedicine: measuring success / eds by M. Koenig. *Telemedicine in the ICU*. – 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11569-2_8
39. Watanabe T., Ohsugi K., Suminaga Y. et al. An evaluation of the impact of the implementation of the Tele-ICU: a retrospective observational study // *J. Intensive Care*. – 2023. – Vol. 11, № 1. – P. 9. <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00657-4>
40. Yoo B. K., Kim M., Sasaki T. et al. Economic Evaluation of Telemedicine for Patients in ICUs // *Critical Care Medicine*. – Vol. 44, № 2. – P. 265–274. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001426>
21. Hashimoto D. A., Witkowski E., Gao L. et al. Artificial intelligence in anesthesiology: current techniques, clinical applications, and limitations. *Anesthesiology*, 2020, vol. 132, no. 2, pp. 379–394. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002960>
22. Herasevich V., Tsapenko M., Kojic M. et al. Limiting ventilator-induced lung injury through individual electronic medical record surveillance. *Crit. Care Med*, 2011, vol. 39, no. 1, pp. 34–39. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181fa4184>
23. Hoonakker P. L., Carayon P., McGuire K. et al. Motivation and job satisfaction of Tele-ICU nurses. *Journal of critical care*, 2013, vol. 28, no. 3, pp. 315. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2012.10.001>
24. ICU Functional Assessment Committee. A survey report of intensivist training certified facilities. *J. Jpn. Soc. Intensive Care Med*, 2021, vol. 28, no. 6, pp. 563–570. https://doi.org/10.3918/jsicm.28_563
25. Kalvelage C., Rademacher S., Dohmen S. et al. Decision-making authority during tele-icu care reduces mortality and length of stay – a systematic review and meta-analysis. *Critical Care Medicine*, 2021, vol. 49, no. 7, pp. 1169–1181. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004943>
26. Kohl B. A., Fortino-Mullen M., Praetgaard A. et al. The effect of ICU telemedicine on mortality and length of stay. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2012, vol. 18, no. 5, pp. 282–286. <https://doi.org/10.1258/jtt.2012.120208>
27. Kouskoukis M. N., Botsaris C. Cost-benefit analysis of telemedicine systems/units in greek remote areas. *Pharmacoecon Open*, 2017, vol. 1, no. 2, pp. 117–121. <https://doi.org/10.1007/s41669-016-0006-z>
28. Lee A. F. Quality anesthesia: medicine measures, patients decide. *Anesthesiology*, 2018, vol. 129, pp. 1063–1069. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002455>
29. Liem V. G. B., Hoeks S. E., van Lier F. et al. What we can learn from Big Data about factors influencing perioperative outcome. *Curr. Opin. Anaesthesiol*, 2018, vol. 31, no. 6, pp. 723–731. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000659>
30. Lilly C. M., Cody S., Zhao H. et al. Hospital mortality, length of stay, and preventable complications among critically ill patients before and after tele-ICU reengineering of critical care processes. *JAMA*, 2011, vol. 305, no. 21, pp. 2175–2183. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.697>
31. Rhee Ch., Jentzsch M. S., Kadri S. S. et al. Variation in identifying sepsis and organ dysfunction using administrative versus electronic clinical data and impact on hospital outcome comparisons. *Critical Care Medicine*, vol. 47, no. 4, pp. 493–500. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003554>
32. Sentara marks 10-year anniversary of groundbreaking eICU system [Internet] Norfolk, VA: Sentara, 2010. URL: <https://www.sentara.com/News/NewsArchives/2010/Pages/Sentara-marks-10-year-anniversary-of-groundbreaking-eICU-system.aspx> (accessed: 25.01.2014).
33. Shamlivan T. A., Duval S., Du J. et al. Just what the doctor ordered. Review of the evidence of the impact of computerized physician order entry system on medication errors. *Health Serv Res*, 2008, vol. 43, no. 1, pp. 32–53. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2007.00751.x>
34. Tissot E., Cornette C., Demoly P. et al. Medication errors at the administration stage in an intensive care unit. *Intensive Care Med*, 1999, vol. 25, pp. 353–359. <https://doi.org/10.1007/s001340050857>
35. Torre-Diez I., Lopez-Coronado M., Vaca C. et al. Cost-utility and cost-effectiveness studies of telemedicine, electronic, and mobile health systems in the literature: a systematic review. *Telemed J. E. Health*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 81–85. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0053>
36. Trombley M. J., Hassol A., Lloyd J. T. et al. The impact of enhanced critical care training and 24/7 (tele-ICU) support on medicare spending and post-discharge utilization patterns. *Health services reseach*, 2017, vol. 53, no. 4, pp. 2099–2117. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12821>
37. Udeh C., Udeh B., Rahman N. et al. Telemedicine/virtual ICU: where are we and where are we going? *Methodist Debakey Cardiovasc. J.*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 126–133. <https://doi.org/10.14797/mdcj-14-2-126>
38. Venkataraman R., Ramakrishnan N. Safety and quality metrics for ICU telemedicine: measuring success / eds by M. Koenig. *Telemedicine in the ICU*, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11569-2_8
39. Watanabe T., Ohsugi K., Suminaga Y. et al. An evaluation of the impact of the implementation of the Tele-ICU: a retrospective observational study. *J. Intensive Care*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 9. <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00657-4>
40. Yoo B. K., Kim M., Sasaki T. et al. Economic Evaluation of Telemedicine for Patients in ICUs. *Critical Care Medicine*, vol. 44, no. 2, pp. 265–274. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001426>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский
государственный медицинский университет
им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ,
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6/8

Полушин Юрий Сергеевич

д-р мед. наук, профессор, академик РАН,
руководитель Научно-клинического центра
анестезиологии-реаниматологии, зав. кафедрой
анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: yupolushin54@mail.ru, SPIN-код: 2006-1194,
ORCID: 0000-0002-6313-5856

Шлык Ирина Владимировна

д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры
анестезиологии и реаниматологии, заместитель
руководителя Научно-клинического центра
анестезиологии-реаниматологии по лечебной работе.
E-mail: irina_shlyk@mail.ru, SPIN: 1715-1770,
ORCID: 0000-0003-0977-8081

Смолин Никита Сергеевич

канд. мед. наук, врач анестезиолог-реаниматолог
Научно-клинического центра анестезиологии
и реаниматологии, ассистент кафедры анестезиологии
и реаниматологии.
E-mail: smolinnikitas@gmail.com, SPIN: 3540-8163,
ORCID: 0009-0002-4885-9108

Тимофеев Глеб Александрович

врач-кибернетик, MBA, член Совета по развитию
информационных технологий и цифровой экономики
торгово-промышленной палаты

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Pavlov University,
6/8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia

Polushin Yuri S.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian
Academy of Sciences, Head of the Scientific and Clinical
Center for Anesthesiology and Intensive Care, Head
of the Department of Anesthesiology and Intensive Care.
E-mail: yupolushin54@mail.ru, SPIN-код: 2006-1194,
ORCID: 0000-0002-6313-5856

Shlyk Irina V.

Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department
of Anesthesiology and Intensive Care, Deputy Head
of the Scientific and Clinical Center of Anesthesiology
and Intensive Care for Medical Work.
E-mail: irina_shlyk@mail.ru, SPIN: 1715-1770,
ORCID: 0000-0003-0977-8081

Smolin Nikita S.

Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist and Intensivist
of the Scientific and Clinical Center of Anesthesiology
and Intensive Care, Assistant of the Department
of Anesthesiology and Intensive Care.
E-mail: smolinnikitas@gmail.com, SPIN: 3540-8163,
ORCID: 0009-0002-4885-9108

Timofeev Gleb A.

Medical Cybernetician, MBA, Member of the Council
for the Development of Information Technology and Digital
Economy of the Chamber of Commerce and Industry