

Телемедицина инсульта: вчера, сегодня и завтра

Андрей Марисович Алашеев[✉], Андрей Августович Белкин,
Елена Васильевна Праздничкова

Свердловская областная клиническая больница № 1, Екатеринбург, Россия
[✉] alashchev@live.ru

Аннотация

Введение. Телемедицина, вписываясь в длинную цепь событий судьбы пациента, осуществляет интегрирующую роль, что позволяет контролировать все этапы оказания помощи больным с инсультом. **Цель исследования** – проанализировать и систематизировать данные научной литературы в контексте развития телемедицины инсульта. **Материалы и методы.** Нарративный обзор составлен по литературным источникам, найденным в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU и информационной базе National Library of Medicine (PubMed.gov) по ключевым словам «телемедицина», «инсульт», “telemedicine”, “stroke”, “telestroke” за период с 1999 по 2022 годы. **Результаты и обсуждение.** Появление тромболитической терапии, воспринимаемой как рискованное лечение, недостаток специалистов для обеспечения круглосуточных дежурств, требование регулирующих органов повышать качество помощи и технологические улучшения в пропускной способности передачи данных послужили развитию телемедицины инсульта в первом десятилетии XXI века. Во втором десятилетии XXI века телемедицина инсульта, изначально зародившаяся в Северной Америке и Западной Европе, стала широко распространяться по всему миру. Пандемия новой коронавирусной инфекции на рубеже третьего десятилетия XXI века дала мощный импульс развитию телемедицины в целом и стала третьим стимулом развития телемедицины инсульта. Телемедицина инсульта расширяет границы клинической практики, делая специализированную помощь более доступной и менее зависимой от наличия кадров на местах. **Заключение.** Дальнейшее развитие телемедицины инсульта будет идти по трем направлениям: (1) дистанционное ведение больных станет рутинной клинической практикой; (2) телемедицина инсульта станет более персонализированной; и (3) региональные телемедицинские сети будут объединяться в национальные и международные, появятся сети инсультных телесетей.

Ключевые слова: телемедицина инсульта, телемедицина, инсульт, обзор, телекоммуникация, телеконсультация

Для цитирования: Алашеев А.М., Белкин А.А., Праздничкова Е.В. Телемедицина инсульта: вчера, сегодня и завтра. *Уральский медицинский журнал*. 2023;22(4):113–118. <http://doi.org/10.52420/2071-5943-2023-22-4-113-118>

© Алашеев А.М., Белкин А.А., Праздничкова Е.В., 2023
© Alashchev A.M., Belkin A.A., Prazdnichkova E.V., 2023

Stroke telemedicine: yesterday, today and tomorrow

Andrej M. Alasheev[✉], Andrej A. Belkin, Elena V. Prazdnichkova

Sverdlovsk Regional Clinical Hospital No 1

[✉] alasheev@live.ru

Abstract

Introduction Telemedicine, by fitting into the long chain of events of the patient's fate, plays an integrative role, allowing all stages of stroke care to be monitored. **The aim of the study** was to analyse and systematise the scientific literature in the context of the development of telemedicine for stroke. **Materials and methods** Narrative review is compiled from literature sources found in the scientific electronic library eLIBRARY.RU and the National Library of Medicine database (PubMed.gov) using the keywords "telemedicine", "stroke", "telestroke" for the years 1999 to 2022. **Results and discussion** The emergence of thrombolytic therapy perceived as a risk treatment, the lack of specialists to provide round-the-clock care, the requirement of regulatory authorities to improve the quality of care and technological improvements in data transmission capacity served to develop stroke telemedicine in the first decade of the 21st century. In the second decade of the 21st century telestroke, which initially originated in North America and Western Europe, began to spread widely around the world. The pandemic of a new coronavirus infection at the turn of the third decade of the 21st century provided the greatest impetus for the development of telemedicine in general and was the third impetus for the development of stroke telemedicine. Stroke telemedicine is pushing the boundaries of clinical practice, making specialised care more accessible and less dependent on local manpower. **Conclusion** Further evolution of telemedicine for stroke will proceed in three directions: (1) telemedicine for stroke will become routine clinical practice; (2) telemedicine for stroke will become more personalized; and (3) regional telestroke networks will be connected to national and international telestroke networks, and stroke telemedicine networks will develop.

Keywords: telestroke, telemedicine, stroke, review, telecommunication, remote consultation

For citation:

Alasheev AM, Belkin AA, Prazdnichkova EV. Stroke telemedicine: yesterday, today and tomorrow. *Ural Medical Journal*. 2023;22(4):113–118. (In Russ.). <http://doi.org/10.52420/2071-5943-2023-22-4-113-118>

ВВЕДЕНИЕ

Высокая заболеваемость и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний требует поиска новых путей решения проблемы, поскольку существующие подходы не являются целостными и универсальными [1]. Пациенты с инсультом составляют одну из самых сложных категорий неврологических больных. Для их успешного ведения необходима этапность оказания медицинской помощи и своевременная маршрутизация в больницы более высокого уровня, где есть современная нейровизуализация, нейрохирургия, нейрореанимация и нейрореабилитация. Однако не всех пациентов в силу возможной необратимости повреждения головного мозга целесообразно перенаправлять в медицинские организации следующего уровня. В таком случае телемедицина становится решением дилеммы маршрутизации и способствует доступности высококвалифицированных кадров. С помощью информационно-коммуникационных технологий медицинские организации получают доступ к знаниям и опыту редких высокоспециализированных специалистов, которыми являются нейрохирурги, нейрореаниматологи, нейрорентгенологи и нейрореабилитологи,

вне зависимости от удаленности больного. Узкий специалист с помощью дистанционного осмотра (телеприсутствия) помогает консультируемой стороне определиться с тактикой ведения больного: решить вопрос перевода больного на следующий этап оказания медицинской помощи (телемаршрутизация) или дать рекомендации по лечению на месте с последующим динамическим наблюдением (телемониторинг) для своевременного пересмотра тактики. В телеконсультациях подобного рода возможно дистанционное участие нескольких узких специалистов (телеконсилиум), в том числе из разных телеконсультирующих организаций. Таким образом, телемедицина, вписываясь в длинную цепь событий судьбы пациента, осуществляет интегрирующую роль, что позволяет контролировать все этапы оказания помощи больным с инсультом. В связи с этим актуальным становится обзор истории становления телемедицины инсульта и перспективы развития данного направления.

Цель исследования – проанализировать и систематизировать данные научной литературы в контексте развития телемедицины инсульта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск литературных источников был осуществ-

влен в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU и информационной базе National Library of Medicine (PubMed.gov) по ключевым словам: «телемедицина», «инсульт», “telemedicine”, “stroke”, “telestroke”. В исследование включены оригинальные или обзорные статьи, содержащие информацию по теме телемедицины инсульта и опубликованные за период с 1999 по 2022 годы на русском или английском языках.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным PubMed с 1999 года, когда S. Levine и M. Gorman впервые ввели термин «телемедицина инсульта» (telestroke) [2], по декабрь 2022 года опубликована 531 научная работа по теме телемедицины инсульта, которая относительно мало представлена в научной литературе. Для сравнения за аналогичный период времени по телемедицине (telemedicine) вышло 51 544 публикаций. За период с 2020 по 2022 годы по теме телемедицина инсульта опубликована 201 (38 %) научная работа, а по телемедицине – 20 071 (39 %), что отражает общий международный интерес к теме телемедицины за последние годы.

Становление телемедицины инсульта связано с появлением тромболитической терапии. Наличие эффективных технологий лечения, хотя и воспринимаемых как рискованные, недостаток специалистов для обеспечения круглосуточных дежурств, требования регулирующих органов о повышении качества помощи и технологические улучшения в пропускной способности передачи данных, – все это послужило развитию телемедицины инсульта. Это позволяет сельским и районным больницам проводить тромболитическую терапию пациентам на месте вместо того, чтобы переводить их в специализированные сосудистые центры [3].

За первое десятилетие XXI века отмечался рост числа телемедицинских инсультных сетей. Так по данным опроса, опубликованного в 2012 году, в США насчитывалось уже 56 сетей [4]. Одновременно наращивалась техническая оснащенность больниц и развитие компьютеризированных систем в здравоохранении. Произошел переход от простой видеоконференцсвязи к компьютеризированным телемедицинским системам, удовлетворяющим следующим требованиям: высококачественная видеоконференцсвязь, интеграция с нейровизуализацией, мобильность (портативность), поддержка принятых решений, техническая поддержка, интеграция с электронной историей болезни, быстрая доступность телеконсультанта [5]. В 2008 году при Saarland University Hospital (Гамбург, Германия) организована первая мобильная инсультная бригада, в работе которой применялась телемедицинская технология [6].

Во втором десятилетии XXI века телемедицина инсульта, изначально зародившаяся в Северной Америке и Западной Европе, стала широко распространяться по всему миру. Были созданы телемедицинские инсультные сети в России [7], странах Восточной Европы [8, 9], Азии [10, 11, 12], Южной

Америке [13, 14] и Австралии [15]. Между Камбоджей и Таиландом создана первая трансграничная телемедицинская сеть [16]. По мере роста числа телемедицинских инсультных сетей экспоненциально растет количество публикаций и накапливается научная доказательная база по данной теме [17–19]. Публикуются рекомендации по телемедицине инсульта в Северной Америке [20–22] и Европе [23].

Если в первой декаде XXI века стимулом развития телемедицины инсульта была тромболитическая терапия, то во втором десятилетии новым стимулом для телемедицины инсульта стала внутрисосудистая тромбэмболизмомия [24]. Необходимость отбора больных на внутрисосудистую тромбэмболизмомию не только укрепила сети первичных сосудистых отделений, но и ускорила развитие телемедицины догоспитального этапа [25] и мобильных инсультных бригад [26].

Пандемия новой коронавирусной инфекции на рубеже третьего десятилетия XXI века дала мощный импульс развитию телемедицины в целом и стала третьим стимулом развития телемедицины инсульта в частности [28, 29]. Телемедицину стали применять не только между различными больницами, но и внутри больниц [30]. Пандемия ускорила применение и интеграцию телемедицины на всех этапах оказания помощи больным с инсультом [31]. Фактически умение и практика дистанционного обследования и лечения больных стали необходимыми навыками современного врача.

Ожидается, что признание врачами и пациентами возможностей телемедицины и ее преимуществ, связанных с доступностью дистанционной медицинской помощи, приведет к расширению применения телемедицины на всем континуме оказания помощи больным с инсультом [28, 31].

Появление больниц, выполняющих внутрисосудистую тромбэмболизмомию при инсульте, потребовало более сложной маршрутизации [24], в связи с чем возросла роль телемедицины на догоспитальном этапе [25]. Применение телемедицинских технологий для отбора больных на внутрисосудистую тромбэмболизмомию на догоспитальном этапе сократит время от начала заболевания до выполнения вмешательства [33]. В случае доставки больного, подходящего для внутрисосудистой тромбэмболизмомии, в больницу, где данная манипуляция не выполняется, телемедицина позволит уточнить показания и оптимизировать дальнейшую маршрутизацию больного [34] или направить специализированную нейроинтервенционную бригаду для выполнения внутрисосудистой тромбэмболизмомии на месте [35].

Развитие роботизированной эндоваскулярной хирургии позволит с помощью телемедицинских технологий выполнять неотложные внутрисосудистые вмешательства при инсульте, такие как церебральная ангиография, внутрисосудистая тромбэмболизмомия и эмболизация аневризмы, в

центрах, где необходимые специалисты недоступны на месте или недостаточно опытны [36]. В будущем по мере развития роботизированной нейрохирургии аналогично возможно будет выполнять открытые нейрохирургические операции, прежде всего малоинвазивные [37].

Пандемия новой коронавирусной инфекции существенно ускорила развитие телемедицины критических состояний. Опробованные цифровые технологии, такие как теленаставничество, телеприсутствие, мониторинг с помощью робототехники и искусственного интеллекта, могут стать основой для создания национальных телемедицинских сетей экстренной и неотложной помощи [38].

Большинство пациентов нуждается в реабилитации после инсульта. Как правило, реабилитацию проводят медицинские специалисты в стационарах или в условиях поликлиники. Телереабилитация может быть более доступным, удобным и менее дорогостоящим способом обеспечения реабилитации, и использоваться для улучшения ряда исходов, включая физическое функционирование и эмоциональное состояние [39].

В целях диспансерного наблюдения больных после инсульта возможно проведение телемедицинских консультаций, в том числе на дому в формате «врач-пациент» [40]. Виртуальные визиты на дому были хорошо приняты пациентами, признаны врачами безопасными и позволили избежать ненужных поездок и расходов [41]. Теленеврология может способствовать выявлению и ведению постинсультных неврологических заболеваний [42].

Использование искусственного интеллекта с машинным обучением для быстрого анализа изображений и записей в электронных медицинских картах может стать революционным для телемедицины инсульта [43]. Сокращение времени принятия решений и повышение их точности позволит оптимизировать рабочий процесс. Искусственный интеллект – это развивающаяся технология, которая будет совершенствоваться со временем, имея бесконечный потенциал для улучшения медицинской помощи.

Усовершенствование смартфонов и их повсеместность сделают телемедицину общедоступной [44]. Носимые устройства, подключенные к смартфонам пациентов, могут выявить фибрилляцию предсердий, как возможную причину инсульта [45]. В будущем пациентов можно будет обследо-

вать удаленно через личные смартфоны, в том числе при обращении в службу скорой медицинской помощи [46].

Технология беспроводных сетей следующего поколения (5G) с ее высокой скоростью и надежностью, увеличенной пропускной способностью передачи данных и меньшим энергопотреблением трансформирует телемедицину и здравоохранение в целом. Эта технология содержит в себе большой потенциал. Дистанционное наблюдение за пациентами с помощью носимых устройств, лечебно-диагностические технологии на основе дополненной и виртуальной реальности, усиленные искусственным интеллектом роботизированные операции, сопровождение бригад скорой медицинской помощи в режиме реального времени – все это примеры использования 5G технологии [47].

Будущее медицины уже невозможно представить без телемедицины, которая расширяет границы клинической практики, делая специализированную помощь более доступной и менее зависимой от наличия кадров на местах. При этом необходимо учитывать, что даже при современном уровне развития информационно-коммуникационных технологий телемедицина неспособна заменить традиционное (очное) присутствие врача-невролога у постели больного, поэтому должна рассматриваться как вынужденная мера, когда телеприсутствие невролога лучше, чем его полное отсутствие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейшее развитие телемедицины инсульта будет идти по трем направлениям. Во-первых, дистанционное ведение больных станет рутинной клинической практикой на всем континууме оказания медицинской помощи больным с инсультом. Во-вторых, по мере развития технологий мобильной связи и увеличения количества носимых медицинских устройств телемедицина инсульта станет более персонализированной, а большинство телемедицинских консультаций будут проводиться в формате «врач – пациент». В-третьих, региональные телемедицинские сети будут объединяться в национальные и межнациональные – появятся сети инсультных телесетей (telestroke network of networks) с возможным их объединением в глобальную телемедицинскую инсультную сеть (global telestroke network), что ускорит распространение лучших клинических практик по всему миру.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования

Внешнее финансирование при проведении исследования отсутствовало.

Этическая экспертиза не требуется.

Информированное согласие не требуется.

Conflicts of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Funding source

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

Ethics approval is not required.

Informed consent is not required.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Косолапов В.П., Ярмонова М.В. Анализ высокой сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности взрослого населения как медико-социальной проблемы и поиск путей ее решения. Уральский медицинский журнал. 2021;(20)1:58–64. <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2021-20-1-58-64>.
Kosolapov VP, Yarmonova MV. The analysis of high cardiovascular morbidity and mortality in the adult population as a medical and social problem and the search for ways to solve it. *Ural medical journal*. 2021;(20)1:58–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2021-20-1-58-64>.
2. Levine SR, Gorman M. “Telestroke”: the application of telemedicine for stroke. *Stroke*. 1999;30(2):464–469. <https://doi.org/10.1161/01.str.30.2.464>.
3. Hess DC, Audebert HJ. The history and future of telestroke. *Nat Rev Neurol*. 2013;9(6):340–350. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2013.86>.
4. Silva GS, Farrell S, Shandra E et al. The status of telestroke in the United States: a survey of currently active stroke telemedicine programs. *Stroke*. 2012;43(8):2078–2085. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.645861>.
5. Switzer JA, Levine SR, Hess DC. Telestroke 10 years later – “telestroke 2.0”. *Cerebrovasc Dis*. 2009;28(4):323–330. <https://doi.org/10.1159/000229550>.
6. Walter S, Kostopoulos P, Haass A et al. Bringing the hospital to the patient: first treatment of stroke patients at the emergency site. *PLoS One*. 2010;5(10):e13758. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013758>.
7. Бадаев Ф.И., Алашеев А.М., Белкин А.А. с соавт. Организация нейрореанимационного роботизированного телеконсультирования (НРТ) в дистанционном мониторинге больных с острой церебральной недостаточностью в Свердловской области. Врач и информационные технологии. 2014;1:65–74.
Badaev F.I., Alasheev A.M., Belkin A.A. et al. Organization of neurological critical care robotic teleconsulting for remote monitoring of patients with acute cerebral failure in sverdlov region. *Medical doctor and IT = Vrach i informacionnye tehnologii*. 2014;1:65–74. (In Russ.).
8. Latifi R, Gunn JKL, Bakiu E et al. Access to specialized care through telemedicine in limited-resource country: initial 1,065 teleconsultations in Albania. *Telemed J E Health*. 2016;22(12):1024–1031. <https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0050>.
9. Zupan M, Zaletel M, Žvan B. Enhancement of Intravenous Thrombolysis by Nationwide Telestroke Care in Slovenia: A Model of Care for Middle-Income Countries. *Telemed J E Health*. 2020;26(4):462–467. <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0046>.
10. Yadav JK, Nepal G, Shing YK et al. An opportunity to improve Acute Ischemic Stroke care in the South Asian region through telestroke services. *Ann Med Surg*. 2021;72(October):103115. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103115>.
11. Imai T, Sakurai K, Hagiwara Y et al. Specific needs for telestroke networks for thrombolytic therapy in Japan. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014;23(5):811–816. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.07.004>.
12. Zhao G, Huang H, Yang F. The progress of telestroke in China. *Stroke Vasc Neurol*. 2017;2(3):168–171. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000084>.
13. Carvalho VS, Picanço MR, Volschan A, Bezerra DC. Impact of simulation training on a telestroke network. *Int J Stroke*. 2019;14(5):500–507. <https://doi.org/10.1177/1747493018791030>.
14. Mansilla E, Mazzon E, Cárcamo D et al. Telestroke in Chile: 1 year experience at 7 hospitals. *Rev Med Chil*. 2019;147(9):1107–1113. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872019000901107>.
15. Bladin CF, Moloczij N, Ermel S, et al. Victorian stroke telemedicine project: implementation of a new model of translational stroke care for Australia. *Intern Med J*. 2015;45(9):951–956. <https://doi.org/10.1111/imj.12822>.
16. Chutinet A, Keosodan S, Vorasayan P et al. The first 10 thrombolysis for acute ischemic stroke in Lao People’s Democratic Republic under teleconsultation from Thailand. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2019;28(11):104327. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104327>.
17. Rubin MN, Wellik KE, Channer DD, Demaerschalk BM. A systematic review of telestroke. *Postgrad Med*. 2013;125(1):45–50. <https://doi.org/10.3810/pgm.2013.01.2623>.
18. Zhai Y-k, Zhu W-j, Hou H-l et al. Efficacy of telemedicine for thrombolytic therapy in acute ischemic stroke: a meta-analysis. *J Telemed Telecare*. 2015;21(3):123–130. <https://doi.org/10.1177/1357633X15571357>.
19. Kepplinger J, Barlinn K, Deckert S et al. Safety and efficacy of thrombolysis in telestroke: A systematic review and meta-analysis. *Neurology*. 2016;87(13):1344–1351. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003148>.
20. Demaerschalk BM, Berg J, Chong BW et al. American Telemedicine Association: telestroke guidelines. *Telemed J E Health*. 2017;23(5):376–389. <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0006>.
21. Blacquiere D, Lindsay MP, Foley N et al. Canadian stroke best practice recommendations: telestroke best practice guidelines update 2017. *Int J Stroke*. 2017;12(8):886–895. <https://doi.org/10.1177/1747493017706239>.
22. Schwamm LH, Audebert HJ, Amarenco P et al. Recommendations for the implementation of telemedicine within stroke systems of care: a policy statement from the American Heart Association. *Stroke*. 2009;40(7):2635–2660. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.109.192361>.
23. Hubert GJ, Santo G, Vanhooren G et al. Recommendations on telestroke in Europe. *Eur stroke J*. 2019;4(2):101–109. <https://doi.org/10.1177/2396987318806718>.
24. Jauch EC, Schwamm LH, Panagos PD et al. Recommendations for regional stroke destination plans in rural, suburban, and urban communities from the prehospital stroke system of care consensus conference: a consensus statement from the American Academy of Neurology, American Heart Association. *Stroke*. 2021;52(5):e133–e152. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.033228>.
25. Kandimalla J, Vellipuram AR, Rodriguez G et al. Role of telemedicine in prehospital stroke care. *Curr Cardiol Rep*. 2021;23(6):71. <https://doi.org/10.1007/s11886-021-01473-8>.
26. Calderon VJ, Kasturiarachi BM, Lin E et al. Review of the mobile stroke unit experience worldwide. *Interv Neurol*. 2018;7(6):347–358. <https://doi.org/10.1159/000487334>.

27. Markus HS, Martins S. COVID-19 and stroke – Understanding the relationship and adapting services. A global World Stroke Organisation perspective. *Int J Stroke*. 2021;16(3):241–247. <https://doi.org/10.1177/17474930211005373>.
28. Iodice F, Romoli M, Giometto B, et al. Stroke and digital technology: a wake-up call from COVID-19 pandemic. *Neurol Sci*. 2021;42(3):805–809. <https://doi.org/10.1007/s10072-020-04993-3>.
29. Turner AC, Etherton MR. Utilization of telestroke prior to and following the COVID-19 pandemic. *Semin Neurol*. 2022;42(1):3–11. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1742181>.
30. Meyer D, Meyer BC, Rapp KS et al. A stroke care model at an academic, comprehensive stroke center during the 2020 COVID-19 pandemic. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2020;29(8):1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104927>.
31. Guzik AK, Martin-Schild S, Tadi P et al. Telestroke across the continuum of care: lessons from the COVID-19 pandemic. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2021;30(7):105802. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105802>.
32. Hollander JE, Carr BG. Virtually perfect? Telemedicine for Covid-19. *N Engl J Med*. 2020;382(18):1679–1681. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2003539>.
33. Al Kasab S, Mmallouhi E, Grant C et al. Telestroke consultation in the emergency medical services unit: a novel approach to improve thrombolysis times. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2021;30(5):105710. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105710>.
34. Modir R, Meyer D, Hamidy M et al. Brain emergency management initiative for optimizing hub-helicopter emergency medical systems-spoke transfer networks. *Air Med J*. 2020;39(2):103–106. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2019.10.003>.
35. Hubert GJ, Hubert ND, Maegerlein C et al. Association between use of a flying intervention team vs patient interhospital transfer and time to endovascular thrombectomy among patients with acute ischemic stroke in nonurban Germany. *JAMA*. 2022;327(18):1795–1805. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.5948>.
36. Beaman CB, Kaneko N, Meyers PM, Tateshima S. A review of robotic interventional neuroradiology. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2021;42(5):808–814. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A6976>.
37. Khanna O, Beasley R, Franco D, DiMaio S. The path to surgical robotics in neurosurgery. *Oper Neurosurg (Hagerstown, Md)*. 2021;20(6):514–520. <https://doi.org/10.1093/ons/opab065>.
38. Scott BK, Miller GT, Fonda SJ et al. Advanced digital health technologies for COVID-19 and future emergencies. *Telemed J E Health*. 2020;26(10):1226–1233. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.0140>.
39. Laver KE, Adey-Wakeling Z, Crotty M et al. Telerehabilitation services for stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;2020(1):CD010255. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010255.pub3>.
40. Garcia-Esperon C, Chew BLA, Minett F et al. Impact of an outpatient telestroke clinic on management of rural stroke patients. *Aust J Rural Health*. 2022;30(3):337–342. <https://doi.org/10.1111/ajr.12849>.
41. Appireddy R, Khan S, Leaver C et al. Home virtual visits for outpatient follow-up stroke care: cross-sectional study. *J Med Internet Res*. 2019;21(10):e13734. <https://doi.org/10.2196/13734>.
42. Hatcher-Martin JM, Adams JL, Anderson ER et al. Telemedicine in neurology: Telemedicine Work Group of the American Academy of Neurology update. *Neurology*. 2020;94(1):30–38. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000008708>.
43. Ali F, Hamid U, Zaidat O et al. Role of artificial intelligence in telestroke: an overview. *Front Neurol*. 2020;11(October):559322. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.559322>.
44. Allaert FA, Legrand L, Abdoul Carime N, Quantin C. Will applications on smartphones allow a generalization of telemedicine? *BMC Med Inform Decis Mak*. 2020;20(1):30. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-1036-0>.
45. Biersteker TE, Schalih MJ, Treskes RW. Impact of mobile health devices for the detection of atrial fibrillation: systematic review. *JMIR mHealth uHealth*. 2021;9(4):e26161. <https://doi.org/10.2196/26161>.
46. Dorsey ER, Glidden AM, Holloway MR et al. Teleneurology and mobile technologies: The future of neurological care. *Nat Rev Neurol*. 2018;14(5):285–297. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2018.31>.
47. Dananjayan S, Raj GM. 5G in healthcare: how fast will be the transformation? *Ir J Med Sci*. 2021;190(2):497–501. <https://doi.org/10.1007/s11845-020-02329-w>.

Сведения об авторах**А.М. Алашеев**

– кандидат медицинских наук, alashееv@live.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1610-2127>

А.А. Белкин

– доктор медицинских наук, belkin@neuro-ural.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-0544-1492>

Е.В. Праздничкова

– кандидат медицинских наук,
prazdnichkova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6537-1940>

Статья поступила в редакцию 20.01.2023;
 одобрена после рецензирования 31.01.2023;
 принята к публикации 03.07.2023.

Information about the authors**A.M. Alasheev**

– Ph.D. in medicine, alashееv@live.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1610-2127>

A.A. Belkin

– Doctor of Science (Medicine), belkin@neuro-ural.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-0544-1492>

E.V. Prazdnichkova

– Ph.D. in medicine, prazdnichkova@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-6537-1940>

The article was submitted 20.01.2023; approved
 after reviewing 31.01.2023; accepted for publication
 03.07.2023.