

# Телерадиологии в глобальной перспективе: достигнутый уровень

**С.П. Морозов, А.В. Владзимирский, Н.В. Ледихова**

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения Москвы», Москва, Российская Федерация

**Для корреспонденции:** Владзимирский Антон Вячеславович, a.vladzimirsky@npcmr.ru

## Teleradiology in Global Perspective: state-of-art

S.P. Morozov, A.V. Vladzimirsky, N.V. Ledikhova

Research and Practical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow, Russian Federation

The selective literature review summarizes data on the achieved level, possibilities and limitations of using telemedicine technologies in radiology in global prospect. The majority of papers are devoted to expertise outsourcing via teleradiology, also as second-opinion and decision support issues. There is a lack of papers and knowledge about teleradiology application for screening, quality control, management.

**Key words:** telemedicine, radiology, teleradiology, quality assurance, management.

Цифровые технологии являются неотъемлемой составляющей современной лучевой диагностики. В глобальной перспективе происходит замена аналогового оборудования на цифровое, повсеместно распространена дистанционная работа врачей, функционирует громадное количество отраслевых, специализированных информационных систем, созданы территориальные централизованные архивы изображений (от уровня города до уровня страны). С организационно-управленческой точки зрения современная лучевая диагностика базируется на системном применении телемедицинских технологий. Вместе с тем, цифровизация лучевой диагностики происходила эволюционным путем [1,2,6]. Для дальнейшего развития необходим системный подход, включающий обоснованное целеполагание, осо-

знание опыты, понимание трендов, вызовов, возможностей. Для реализации такого подхода необходима систематизация достигнутого уровня. Ранее нами выполнена работа по обобщению опыта применения телерадиологии в Российской Федерации [3]. В данной статье мы провели систематизацию в глобальной перспективе.

## ■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – систематизировать данные о достигнутом уровне, возможностях и ограничениях применения телемедицинских технологий в лучевой диагностике на международном уровне.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено информационно-аналитическое исследование, выполнен ►►

селективный обзор литературных источников. Отбор источников осуществлялся с применением библиографической базы данных «Pubmed», глубина поиска – 15 лет. В обзор включались только оригинальные научные статьи, опубликованные в рецензируемых журналах. Рассматривались публикации об опыте применения телерадиологии, в том числе, о применении телемедицинских технологий для повышения доступности, качества лучевых исследований, оптимизации управления ресурсами профильных диагностических служб.

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Распространенность

Достоверно систематизировать статистические данные о распространенности телерадиологии в глобальной перспективе затруднительно в силу того, что в публикациях обычно приводятся результаты социологических опросов, довольно разнообразных с позиций репрезентативности. Тем не менее, о стремительном распространении телерадиологии – как способа решения организационно-кадровых проблем и обеспечения доступности медицинской помощи – свидетельствует такая статистика. На рынке США работают сотни компаний, предоставляющих услуги по дистанционной интерпретации результатов лучевых исследований; а также – несколько крупных академических центров. Например, телемедицинский центр Аризонского университета в период 1997-2009 гг. провел свыше 1 миллиона телерадиологических консультаций для более чем 30 медицинских организаций [32-33]. В 2013 г. в странах Западной Европы не менее 65% врачей лучевой диагностики использовали возможности телерадиологии (большинство из них, 68% – коммерческие сервисы) [48-49]. По результатам опроса European Society of Radiology в 2016 г. около 71% европейских медицинских организаций использовали те или иные телерадиологические сервисы; при этом 20,8 % респондентов применяли дистанционные описания более чем для 25% собственных исследований [16,21-22]. В Японии с 2006 по 2012 гг. количество больниц и клиник, использующих телерадиологию, увеличилось на 69,6% и 18,1% соответственно; при этом медицинские организации, расположенные в малых городах и сельской местности, практиковали телемедицину достоверно чаще [42,43].

Опубликованные данные гетерогенны, но общая тенденция ясна – в период 2000-2015 гг.

произошел интенсивный рост телерадиологических услуг в глобальной перспективе. В настоящее время, с точки зрения глобального рынка, наибольший объем услуг в сфере телерадиологии приходится на США – здесь потребляется более 60% услуг по дистанционной интерпретации. А среди поставщиков таких услуг все более усиливают лидерство страны Азиатско-Тихоокеанского региона [29].

Стоит отметить, что на фоне широчайшего распространения телерадиологии, тем не менее, определенный критицизм сохраняется. В числе негативных результатов массового использования дистанционных услуг указываются «коммодизация», снижение качества, уменьшение тарифов на услуги [39]. Однако, такие работы носят единичный характер. Традиционной проблемой телерадиологии было и остается ограничение коммуникаций с лечащим врачом и недостаточный объем клинических данных о пациенте [48-49].

Примечательно, как со временем изменилась востребованность телерадиологии с позиций модальностей. В 1999 г. 95% дистанционных интерпретаций требовались для КТ, 84% – для ультразвуковых исследований, 69% – для радионуклидных, 47% – МРТ и лишь 43% – для классической рентгенографии [37]. А по данным современных маркетинговых анализов именно классическая рентгенография стала доминирующим сегментом на рынке телерадиологических услуг (отчасти это объясняется глобальным старением населения и увеличением числа исследований стоматологического и ортопедического профиля) [6,29].

В период 2000-2010 гг. в Европе и Северной Америке интенсивно разворачивались телерадиологические сети, охватывающие медицинские организации административно-территориальных единиц или целых стран. Применялись различные организационно-технические варианты создания единых цифровых пространств, исходя из местных особенностей, условий и специфических задач. Публикации этого периода посвящены более инженерным и концептуальным аспектам; интенсивно дискутировались вопросы международной телерадиологии, лицензирования и взаимного признания практик, систематизировались вопросы инсталляции и эксплуатации PACS. В качестве показателей эффективности многочисленные авторы из Австралии, Австрии, Германии, США, Финляндии, Франции и т.д. использовали, в основном, технологические параметры, характеризующие работу оборудования, сетей передачи данных и т.д. [5,7,12,20,34,46,47,59,60,63,64]. Появляются

отдельные публикации об экономической эффективности [18,25-27,44,51].

### Модели применения

Можно констатировать, что за последние 15 лет четко сформировались модели применения телерадиологии [11,14,41,45,51-52,58,67]:

- деятельность медицинских организаций с постоянной дистанционной работа врачей лучевой диагностики;

- обеспечение бесперебойной работы диагностических отделений (подключение дистанционных специалистов в ночные часы, по выходным дням);

- централизация описаний результатов лучевых исследований;

- экспертные консультации («второе мнение»);

- интерпретация результатов исследований врачами по субспециализациям;

- предоставление медицинских услуг, в том числе, профилактических, населению особых территорий (изолированные, труднодоступные, с крайне низкой плотностью населения);

- международные телерадиологические сети (неформальные объединения врачей, благотворительные проекты и т.д.).

Посредством телерадиологии реализуется возможность выполнения лучевых исследований без непосредственного наличия врача-рентгенолога или радиолога в медицинской организации. Для труднодоступных территорий, небольших больниц, учреждений в сельской местности, офисов общей практики такой подход оптимален. Создается возможность установить диагностический аппарат, принять на работу рентгенолаборанта (техника) и организовать выполнение исследований с дистанционной интерпретацией врачом-специалистом. В зависимости от особенностей законодательства той или иной страны возможны различные варианты реализации (например, в Германии больница может не иметь штатного радиолога, но «внешний» консультирующий специалист должен иметь возможность при необходимости прибыть в медицинскую организацию в установленный срок [52-52]). В зависимости от сложности методики отдаленный консультант может не только интерпретировать результаты, но и управлять исследованием, контролировать укладку, протокол и т.д. [25-28,40].

В Северной Америке очень распространено использование телерадиологии для обеспечения бесперебойной работы отделений и больниц. В дневные смены описания результатов исследований обеспечивается персоналом данной медицинской организации, а в ночные, по выходным и праздничным дням – «внешними»

консультантами дистанционно. Продуктивность диагностических служб, которые используют телерадиологию для обеспечения круглосуточной работы, превышает на 27% аналогичный показатель отделений, работающих исключительно «своими силами». Такой результат зафиксирован при анализе изменений трудовой нагрузки на врачей-радиологов за 17 лет [8]. Модель применения телерадиологии для обеспечения бесперебойной работы носит массовый характер. В последнее время ее значимость еще более возросла за счет предоставления дистанционных услуг по субспециализациям [32-33]; о чем более подробно будет сказано дальше.

Бесперебойность может быть обеспечена не только за счет «внешних» услуг (аутсорсинга), но и путем более рационального использования собственных ресурсов. Централизация описаний результатов лучевых исследований в пределах филиальной сети одной организации обеспечивает лучшее управление ресурсами; при этом описание выполняется в среднем за 30 минут [58,67]. Обычно в исследованиях фигурируют крупные сети академических или частных клиник, а потенциальная значимость централизации в первичном звене здравоохранения практически не изучена.

Распространенной моделью телерадиологии является «второе мнение» – проведение экспертных телемедицинских консультаций. Обычно в таких случаях врач лучевой диагностики выполняет некое исследование и, при наличии показаний или иной необходимости, отправляет его результаты для получения экспертного мнения квалифицированного коллеги. Изучаются технические, организационные и финансовые аспекты организации экспертных телерадиологических консультаций [50]. Показана эффективность экспертных телеконсультаций, проводимых с учетом субспециализаций между больницами в сельской местности и университетскими клиниками, профильными центрами: за 6 лет возрос уровень знаний и навыков консультируемых врачей, о чем свидетельствует снижение количества некорректных диагнозов с 27% до 3% [57].

Вместе с тем, остается неизученным вопрос определения потребности в объеме экспертных телемедицинских консультаций. Предпринимались попытки определения количества транспортировок и эвакуаций пациентов, которые потенциально можно «заменить» телерадиологическими консультациями [9], однако конкретные показатели потребности так и не были определены. Отсутствие объективных параметров затрудняет планирование и управление работой служб ►►

лучевой диагностики, следовательно требуются дальнейшие научные исследования данного вопроса, в том числе, анализ динамики обращаемости за подобными услугами.

### **Субспециализации**

Телерадиология представляет собой инструмент для организации описаний результатов лучевых исследований по субспециализациям. В таком случае дистанционно взаимодействуют клиницист и радиолог «узкой» специализации с целью экспертной интерпретации результатов исследования и оптимизации плана лечения; эффективная реализация модели улучшает качество и исходы медицинской помощи [15,19]. Особо подчеркивается важность субспециализации в педиатрии [10].

Детально изучено значение субспециализаций врачей в лучевой диагностике злокачественных опухолей. У пациентов с новообразованиями органов грудной клетки повторное стадирование, проводимое врачом-радиологом с субспециализацией (в условиях экспертного центра третьего уровня медицинской помощи), является достоверно более точным и оказывает позитивное влияние на всю тактику лечения [13]. В целом, показано, что удельный вес значимых расхождений между описаниями новообразований врачами-радиологами и радиологами-специалистами достигает 41-49%, при этом достоверно меняются классификация стадии процесса (34-56%), тактика лечения (38-98%) и прогноз (95%) [19].

В глобальной перспективе субспециализация в лучевой диагностике стала своеобразным стандартом [15]. Однако, практическая реализация этого стандарта крайне затруднена кадровой проблемой (наличием и доступностью врачей-экспертов требуемого профиля, особенно в первичном звене), а также более высокой стоимостью дистанционных описаний по субспециализациям [32-33,62]. Исходя из сказанного, можно утверждать, что дистанционные описания по субспециализациям чрезвычайно важны, однако требуется научная разработка механизмов их экономически доступной реализации, в том числе, на первичном уровне медико-санитарной помощи.

### **Скрининг**

Телемедицинские технологии успешно применяются для реализации массовых профилактических осмотров посредством лучевых методов. Например, в программах скрининга рака молочной железы хорошо изучены технические аспекты подготовки и, при необходимости, оцифровки результатов маммографии, особен-

ности их трансляции [24,54-56,66]. Применяется двойное чтение в виде экспертных телеконсультаций специалистами профильного онкологического центра для всех случаев, когда при первичном чтении выявлено злокачественное новообразование. При такой форме работы различные расхождения выявляются в 16% случаев, клиническая тактика изменяется в 7,1%, диагноз уточняется в 4,4% (включая идентификацию злокачественности, распространенности) [65].

Телерадиология успешно используется для организации скрининга колоректального рака посредством КТ-колонографии среди населения особых территорий.

Например, в Португалии для жителей архипелага Мадейра, в США – для населения индейских резерваций (КТ-скрининга колоректального рака на основе телерадиологии имеет чувствительность для полипов 6-9 мм составляет 46%, прогностическая ценность позитивного результата 41% [23]). Также португальскими исследователями зафиксированы более высокие результаты диагностическая точность дистанционной интерпретации КТ-колонографии: для аденом  $\geq 6$  мм чувствительность 98,11%, специфичность 90,97%, прогностическая ценность позитивного результата 56,52%, негативного – 99,75%; для неоплазий  $\geq 6$  мм чувствительность 100%, специфичность 87,07%, прогностическая ценность позитивного результата 34,78%, негативного – 100%. Для работы с изображениями применялась специализированная веб-система [38].

Таким образом, телерадиология может обеспечить реализацию превентивных задач системы здравоохранения. Телемедицинские технологии являются инструментом выбора при организации скрининга в условиях ограниченных ресурсов, для населения изолированных, удаленных, труднодоступных территорий [25-27]. Однако, приведенные публикации носят дискретный характер. Нет сведений о применении телерадиологии в рамках масштабных скрининговых программ (например, для более эффективного использования ресурсов и контроля качества).

### **Развивающиеся страны**

Во многих странах Африки и Азии успешно используется концепция «телемедицина в условиях ограниченных ресурсов». Она подразумевает применение самых простых и доступных информационных технологий (включая стандартизированными методиками) для обеспечения дистанционной поддержки, консультирования и обучения. Телемедицинское взаимодействие может происходить как внутри страны, так и на

международном уровне. Во множестве ситуаций для оцифровки результатов лучевых исследований применяются стандартные цифровые фотокамеры, в том числе, встроенные в мобильные устройства. Около 2010 г. для обеспечения стандартизации и качества цифровой фотосъемки проводились специальные исследования, публиковались методические рекомендации [36,61]. Для многих стран и отдельных ситуаций вопросы цифровой фотосъемки результатов лучевых исследований отчасти сохраняют свою актуальность и сейчас. В настоящее время существует целый ряд именно телерадиологических проектов для развивающихся стран, реализуемых благотворительными организациями. При этом активно публикуются сведения о количестве и качестве проведенных телеконсультаций [4,35,30-31,43,53-54,68-69]. Например, при дистанционной интерпретации случаев с подозрением на туберкулез коррекция диагноза зафиксирована для 10,5% случаев, тактика лечения меняется в 23,5%, а в 1,3% туберкулез был выявлен только благодаря телерадиологической консультации [17]. Сильная сторона концепции «телемедицина в условиях ограниченных ресурсов» – хорошо разработанные и апробированные методологии телемедицинского взаимодействия, которые, при необходимости, замечательно «переносятся» на более продвинутую техническую инфраструктуру. Более того, концепция «телемедицина в условиях ограниченных ресурсов» не всегда связана с экономическими проблемами. Ее принципы и подходы могут успешно применяться и на особых территориях (арктические, пустынные регионы, крайне низкая плотность населения и т.д.) экономически развитых государств.

В завершении селективного обзора необходимо констатировать следующий факт: с учетом объема публикаций и значимости вопросы применения телемедицинских технологий для контроля качества, оценки качества самих телерадиологических услуг, а также аспекты применения мо-

бильных технологий для дистанционной интерпретации результатов лучевых исследований требуют отдельных исследований. Практически не изучен вопрос предоставления телерадиологических услуг в формате «пациент-врач».

## ■ ВЫВОДЫ

Таким образом, можно констатировать следующие положения. Применение телемедицинских технологий в лучевой диагностике в целях обеспечения бесперебойной работы отделений, для обслуживания населения особых территорий, поддержки принятия решений является хорошо изученным подходом, эффективность которого не вызывает сомнений.

Вместе с тем, значение телемедицины в управлении ресурсами службы лучевой диагностики практически не изучено, отсутствуют подходы к определению потребности в разных формах и видах телемедицинских консультаций результатов лучевых исследований. Также, практически не изучены аспекты применения телерадиологии для внедрения описаний по субспециализациям в первичном звене здравоохранения. Требуют дальнейшего изучения возможности и методологии применения телемедицинских технологий для организации контроля качества в масштабах службы лучевой диагностики административно-территориальной единицы.

Не взирая на накопленный опыт и в глобальной перспективе требуют дальнейшего изучения методические аспекты применения телерадиологии в качестве инструмента организации, обеспечения непрерывного улучшения качества, управления ресурсами. Практически не изучена роль телерадиологии в обеспечении масштабных скрининговых программ. ▀

*Исследование не имело спонсорской поддержки.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## РЕЗЮМЕ

В глобальной перспективе телемедицинские технологии в лучевой диагностике широко и успешно применяются для обеспечения бесперебойной работы отделений (аутсорсинга услуг по описанию результатов исследований), для обслуживания населения особых территорий, поддержки принятия решений. Вместе с тем, требуют дальнейшего изучения вопросы применения телерадиологии в масштабных программах скрининга, в качестве инструмента организации, обеспечения непрерывного улучшения качества, управления ресурсами; не изучены вопросы применения телемедицины для обеспечения описаний по субспециализациям в первичном звене здравоохранения.

**Ключевые слова:** телемедицина, лучевая диагностика, телерадиология, контроль качества, управление.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов С.П., Переверзев М.О. Лучевая диагностика авангард информатизации здравоохранения //Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2013. Т. 3. № 3. С. 41–50.
2. Морозов С.П., Владимирский А.В. Применение телемедицины в лучевой диагностике в 1920–1980–е гг. История медицины. 2019. Т. 6. №2.
3. Морозов С. П., Владимирский А. В., Ледихова Н. В. Телерадиология в Российской Федерации: достигнутый уровень. Врач и информационные технологии. 2019. № 2. С. 67–73.
4. Andronikou S. Pediatric teleradiology in low-income settings and the areas for future research in teleradiology. *Front Public Health*. 2014 Aug 21;2:125. doi: 10.3389/fpubh.2014.00125.
5. Avrin D, Wiggins RH 3rd, Bahr C. Beyond PACS: getting images to referring physicians. *Semin Ultrasound CT MR*. 2003 Dec;24(6):428–33.
6. Bashshur RL, Krupinski EA, Thrall JH, Bashshur N. The Empirical Foundations of Teleradiology and Related Applications: A Review of the Evidence. *Telemed J E Health*. 2016 Nov;22(11):868–898.
7. Bauman RA, Gell G. The reality of picture archiving and communication systems (PACS): a survey. *J Digit Imaging*. 2000 Nov;13(4):157–69.
8. Bhargavan M, Kaye AH, Forman HP, Sunshine JH. Workload of radiologists in United States in 2006–2007 and trends since 1991–1992. *Radiology*. 2009 Aug;252(2):458–67. doi: 10.1148/radiol.2522081895.
9. Bible JE, Kadakia RJ, Kay HF, Zhang CE, Casimir GE, Devin CJ. How often are interfacility transfers of spine injury patients truly necessary? *Spine J*. 2014 Dec 1;14(12):2877–84. doi: 10.1016/j.spinee.2014.01.065.
10. Bielsa IR. Pediatric Nuclear Medicine and its Development as a Specialty. *Semin Nucl Med*. 2017 Mar;47(2):102–109. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2016.10.004.
11. Bradley WG Jr. Teleradiology. *Neuroimaging Clin N Am*. 2012 Aug;22(3):511–7. doi: 10.1016/j.nic.2012.05.001.
12. Caramella D, Reponen J, Fabbrini F, Bartolozzi C. Teleradiology in Europe. *Eur J Radiol*. 2000 Jan;33(1):2–7.
13. Carter BW, Erasmus JJ, Truong MT et al. Quality and Value of Subspecialty Reinterpretation of Thoracic CT Scans of Patients Referred to a Tertiary Cancer Center. *J Am Coll Radiol*. 2017 Aug;14(8):1109–1118. doi: 10.1016/j.jacr.2017.02.004.
14. Char A, Kalyanpur A, Puttanna Gowda VN, Bharathi A, Singh J. Teleradiology in an inaccessible area of northern India. *J Telemed Telecare*. 2010;16(3):110–3. doi: 10.1258/jtt.2009.009007.
15. Cheng LT, Ng SE. Teleradiology in Singapore—taking stock and looking ahead. *Ann Acad Med Singapore*. 2006 Aug;35(8):552–6.
16. Coppola F, Bibbolino C, Grassi R, Pierotti L, Silverio R, Lassandro F, Neri E, Regge D. Results of an Italian survey on teleradiology. *Radiol Med*. 2016 Aug;121(8):652–9. doi: 10.1007/s11547-016-0640-7.
17. Coulborn RM, Panunzi I, Spijker S, Brant WE, Duran LT, Kosack CS, Murowa MM. Feasibility of using teleradiology to improve tuberculosis screening and case management in a district hospital in Malawi. *Bull World Health Organ*. 2012 Sep 1;90(9):705–11. doi: 10.2471/BLT.11.099473.
18. Daucourt V, Sicotte C, Pelletier-Fleury N, Petitjean ME, Chateil JF, Michel P. Cost-minimization analysis of a wide-area teleradiology network in a French region. *Int J Qual Health Care*. 2006 Aug;18(4):287–93.
19. DiPiro PJ, Krajewski KM, Giardino AA, Braschi-Amirfarzan M, Ramaiya NH. Radiology Consultation in the Era of Precision Oncology: A Review of Consultation Models and Services in the Tertiary Setting. *Korean J Radiol*. 2017 Jan–Feb;18(1):18–27. doi: 10.3348/kjr.2017.18.1.18.
20. Engelmann U, Schwab M, Schröter A, Rusu P, Meinzer HP. [Evaluation of CHILI teleradiology network 4 years after clinical implementation]. *Radiologe*. 2002 Feb;42(2):87–93.
21. ESR teleradiology survey: results. *Insights Imaging*. 2016 Aug;7(4):463–79. doi: 10.1007/s13244-016-0485-6.
22. ESR white paper on teleradiology: an update from the teleradiology subgroup. *Insights Imaging*. 2014 Feb;5(1):1–8. doi: 10.1007/s13244-013-0307-z.
23. Friedman AC, Downing D, Chino J, Krupinski E, Kilian C, Lance P. Feasibility of remote CT colonography at two rural Native American medical centers. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 Nov;195(5):1110–7. doi: 10.2214/AJR.10.4383.
24. Fruehwald-Pallamar J, Jantsch M, Pinker K, Hofmeister R, Semturs F, Piegler K, Staribacher D, Weber M, Helbich TH. Teleradiology with uncompressed digital mammograms: clinical assessment. *Eur J Radiol*. 2013 Mar;82(3):412–6. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.03.004.
25. Jacobs JJ, Jacobs JP, van Sonderen E, van der Molen T, Sanderman R. Fracture diagnostics, unnecessary travel and treatment: a comparative study before and after the introduction of teleradiology in a remote general practice. *BMC Fam Pract*. 2015 May 6;16:53. doi: 10.1186/s12875-015-0268-z.
26. Jacobs JJ, Ekkelboom R, Jacobs JPAM, van der Molen T, Sanderman R. Patient satisfaction with a teleradiology service in general practice. *BMC Fam Pract*. 2016 Feb 10;17:17. doi: 10.1186/s12875-016-0418-y.
27. Jacobs JJ, Jacobs JP, Wiersma D, Sanderman R. [Teleradiology in a family practice on the Dutch island of Ameland: a cost-benefit analysis]. *Ned Tijdschr Geneesk*. 2013;156(51):A5428.
28. Garg R, Sevilla A, Garberich R, Fleishman CE. Remote delivery of congenital cardiac magnetic resonance imaging services: a unique telemedicine model. *Pediatr Cardiol*. 2015 Jan;36(1):226–32. doi: 10.1007/s00246-014-0991-6.
29. Global Teleradiology Market Size, Share & Trends Analysis Report. Research and Market. <https://clck.ru/Ebn5J>.
30. Griggs R, Andronikou S, Nell R, O Connell N, Dehaye A, Boechat MI. World Federation of Pediatric Imaging (WFPI) volunteer outreach through tele-reading: the pilot project in South Africa. *Pediatr Radiol*. 2014 Jun;44(6):648–54. doi: 10.1007/s00247-014-2948-6.
31. Halton J, Kosack C, Spijker S, Joekes E, Andronikou S, Chetcuti K, Brant WE, Bonnardot L, Wootton R. Teleradiology usage and user satisfaction with the telemedicine system operated by mûdecins sans frontières. *Front Public Health*. 2014 Oct 28;2:202. doi: 10.3389/fpubh.2014.00202.
32. Hunter TB, Krupinski EA. University-Based Teleradiology in the United States. *Healthcare (Basel)*. 2014 Apr 15;2(2):192–206
33. Hunter TB, Krupinski EA, Weinstein RS. Factors in the selection of a teleradiology provider in the United States. *J Telemed Telecare*. 2013 Sep;19(6):354–9. doi: 10.1177/1357633X13503428.
34. Hurlen P. Teleradiology—opportunities and challenges. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2012 Dec 11;132(23–24):2622–4. doi: 10.4045/tidsskr.12.0876.
35. Khodaie M, Askari A, Bahaadinbeigy K. Evaluation of a very low-cost and simple teleradiology technique *J Digit Imaging*. 2015 Jun;28(3):295–301. doi: 10.1007/s10278-014-9756-2.
36. Krupinski E, Gonzales M, Gonzales C, Weinstein RS. Evaluation of a digital camera for acquiring radiographic images for telemedicine applications. *Telemed J E Health*. 2000 Fall;6(3):297–302.
37. Larson DB, Cypel YS, Forman HP, Sunshine JH. A comprehensive por-

## ЛИТЕРАТУРА

- trait of teleradiology in radiology practices: results from the American College of Radiology's 1999 Survey. *AJR Am J Roentgenol.* 2005 Jul;185(1):24–35.
38. Lefere P, Silva C, Gryspeerdt S, Rodrigues A, Vasconcelos R, Teixeira R, de Gouveia FH. Teleradiology based CT colonography to screen a population group of a remote island; at average risk for colorectal cancer. *Eur J Radiol.* 2013 Jun;82(6):e262–7. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.02.010.
39. Levin DC, Rao VM. Outsourcing to teleradiology companies: bad for radiology, bad for radiologists. *J Am Coll Radiol.* 2011 Feb;8(2):104–8. doi: 10.1016/j.jacr.2010.08.017
40. Mangano MD, Bennett SE, Gunn AJ, Sahani DV, Choy G. Creating a Patient-Centered Radiology Practice Through the Establishment of a Diagnostic Radiology Consultation Clinic. *AJR Am J Roentgenol.* 2015 Jul;205(1):95–9. doi: 10.2214/AJR.14.14165.
41. Marti-Bonmati L, Morales A, Donoso Bach L. [Toward the appropriate use of teleradiology]. *Radiologia.* 2012 Mar–Apr;54(2):115–23. doi: 10.1016/j.rx.2011.05.020.
42. Matsumoto M, Koike S, Kashima S, Awai K. Geographic Distribution of Radiologists and Utilization of Teleradiology in Japan: A Longitudinal Analysis Based on National Census Data. *PLoS One.* 2015 Sep 30;10(9):e0139723. doi: 10.1371/journal.pone.0139723.
43. Matsumoto K, Vongsa S, Nakajima I, Ejima K, Kohinata K, Suzuki T, Hosono S, Aboshi H, Kuwata F, Otsuka K. Assessment of quality and interpretation of panoramic radiographs obtained in the Lao People's Democratic Republic as part of a teleradiology collaboration with Japan. *J Oral Sci.* 2015 Sep;57(3):235–9. doi: 10.2334/josnusd.57.235.
44. Miyahara S, Tsuji M, Iizuka C, Hasegawa T, Taoka F, Teshima M. An economic evaluation of Japanese telemedicine, focusing on teleradiology and telepathology. *J Telemed Telecare.* 2006;12 Suppl 1:29–31.
45. Mun SK, Tohme WG, Platenberg RC, Choi I. Teleradiology and emerging business models. *J Telemed Telecare.* 2005;11(6):271–5.
46. Pattynama PM. Legal aspects of cross-border teleradiology. *Eur J Radiol.* 2010 Jan;73(1):26–30. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.019.
47. Pechet TC, Girard G, Walsh B. The value teleradiology represents for Europe: a study of lessons learned in the U.S. *Eur J Radiol.* 2010 Jan;73(1):36–9. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.019.
48. Ranschaert ER, Binkhuysen FH. European Teleradiology now and in the future: results of an online survey. *Insights Imaging.* 2013 Feb;4(1):93–102. doi: 10.1007/s13244-012-0210-z.
49. Ranschaert ER, Boland GW, Duerinckx AJ, Barneveld Binkhuysen FH. Comparison of European (ESR) and American (ACR) white papers on teleradiology: patient primacy is paramount. *J Am Coll Radiol.* 2015 Feb;12(2):174–82. doi: 10.1016/j.jacr.2014.09.027.
50. Reis SP, Lefkowitz Z, Kaur S, Seiler M. Interpretation of outside imaging studies: solutions from a tertiary care trauma center. *J Am Coll Radiol.* 2012 Aug;9(8):591–594.e1. doi: 10.1016/j.jacr.2012.01.008.
51. Rosenberg C, Kroos K, Rosenberg B, Hosten N, Flessa S. Teleradiology from the provider's perspective—cost analysis for a mid-size university hospital. *Eur Radiol.* 2013 Aug;23(8):2197–205. doi: 10.1007/s00330-013-2810-5.
52. Rosenberg C, Langner S, Rosenberg B, Hosten N. [Medical and legal aspects of teleradiology in Germany]. *Rofo.* 2011 Sep;183(9):804–11. doi: 10.1055/s-0031-1273220.
53. Ross P, Sepper R, Pohjonen H. Cross-border teleradiology—experience from two international teleradiology projects. *Eur J Radiol.* 2010 Jan;73(1):20–5. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.016.
54. Salazar AJ, Aguirre DA, Ocampo J, Diaz XA, Camacho JC. Diagnostic accuracy of digitized chest X-rays using consumer-grade color displays for low-cost teleradiology services: a multireader-multicase comparison. *Telemed J E Health.* 2014 Apr;20(4):304–11. doi: 10.1089/tmj.2013.0236.
55. Salazar AJ, Romero J, Bernal O, Moreno A, Velasco S, Diaz X. Evaluation of low-cost telemammography screening configurations: a comparison with film-screen readings in vulnerable areas. *J Digit Imaging.* 2014 Oct;27(5):679–86. doi: 10.1007/s10278-014-9695-y.
56. Salazar AJ, Romero JA, Bernal OA, Moreno AP, Velasco SC. Reliability of the BI-RADS Final Assessment Categories and Management Recommendations in a Telemammography Context. *J Am Coll Radiol.* 2017 May;14(5):686–692.e2. doi: 10.1016/j.jacr.2016.08.004.
57. Sangari M, Tanner L, Voss S, Laureys F, Hollow D, Touri M. A national teleradiology programme in Mali: implementation and results. *J Telemed Telecare.* 2015 Apr;21(3):131–8. doi: 10.1177/1357633X15569966.
58. Seithe T, de Bucourt M, Busse R, Rief M, Doyscher R, Albrecht L, Rathke H, Jonczyk M, Poschmann R, Tepe H, Hamm B. [Teleradiological report turnaround times: An internal efficiency and quality control analysis]. *Radiologe.* 2015 May;55(5):4
59. Shieh YY, Tsai FY, Shieh M. The impact of globalisation on teleradiology practice. *Int J Electron Healthc.* 2008;4(3–4):290–8. 09–16. doi: 10.1007/s00117-015-2858-0.
60. Sutton LN. PACS and diagnostic imaging service delivery—a UK perspective. *Eur J Radiol.* 2011 May;78(2):243–9. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.05.012.
61. The Swinfen Charitable Trust Digital Camera Guide/ Ed. By R.Wootton.—Department of Health Government of Western Australia, 2004.—45 p.
62. Tublin M, Brown C, Pacella C, Tublin D, Yealy D. Overnight subspecialty radiology coverage: review of a practice model and analysis of its impact on CT utilization rates in academic and community emergency departments. *AJR Am J Roentgenol.* 2012 Sep;199(3):623–6. doi: 10.2214/AJR.11.8377.
63. Tually P, Stavrianou C, Walker J. User acceptance of the Web-based distribution of radiology services in regional and remote centres of Western Australia. *J Telemed Telecare.* 2005;11 Suppl 2:S93–5.
64. Vogl R. [Teleradiology and PACS—strategy of the Innsbruck University Hospital]. *Radiologe.* 2005 Aug;45(8):704–11.
65. Whorms DS, Giess CS, Golshan M, Freedman RA, Bunnell CA, Alper EC, Losk K, Khorasani R. Clinical Impact of Second Opinion Radiology Consultation for Patients With Breast Cancer. *J Am Coll Radiol.* 2019 Jun;16(6):814–823. doi: 10.1016/j.jacr.2018.10.010.
66. Wollenweber T, Freund M. [Is telemammography an option for screening programs?—A phantom study]. *Rofo.* 2005 Sep;177(9):1284–9. German.
67. Wong WS, Roubal I, Jackson DB, Paik WN, Wong VK. Outsourced teleradiology imaging services: an analysis of discordant interpretation in 124,870 cases. *J Am Coll Radiol.* 2005 Jun;2(6):478–84.
68. Wootton R, Wu W, Bonnardot L. Store-and-forward teleradiology in the developing world—the Collegium Telemedicus system. *Pediatr Radiol.* 2014 Jun;44(6):695–6. doi: 10.1007/s00247-014-2904-5.
69. Zennaro F, Oliveira Gomes JA, Casalino A, Lonardi M, Starc M, Paoletti P, Gobbo D, Giusto C, Not T, Lazzarini M. Digital radiology to improve the quality of care in countries with limited resources: a feasibility study from Angola. *PLoS One.* 2013 Sep 25;8(9):e73939. doi: 10.1371/journal.pone.0073939.