

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

Роль телерадиологии в интерпретации изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи

A. Kalyanpur¹, N. Mathur²¹ Teleradiology Solutions, Бангалор, Индия;² Image Core Lab, Бангалор, Индия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Телерадиология — важный инструмент в условиях неотложной медицинской помощи, особенно при интерпретации изображений, полученных в ходе проведения ультразвуковых исследований. В чрезвычайных ситуациях, когда время имеет решающее значение, своевременная диагностика и лечение могут стать решающим фактором в спасении жизни пациентов. Телерадиология — инновационная альтернатива, позволяющая расширить кадровый состав и устранить нехватку радиологов, работающих в отделениях неотложной помощи в штатном режиме или в сверхурочное время.

Цель — оценить эффективность и влияние телерадиологии на интерпретацию изображений, полученных в ходе проведения ультразвуковых исследований, в условиях неотложной медицинской помощи.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование, в котором приняли участие 33 616 пациентов из 86 больниц США, обратившихся за медицинской помощью в период с января по декабрь 2022 года. Сертифицированные специалисты Американского радиологического общества — официального провайдера телерадиологических услуг со штаб-квартирой в Бангалоре (Индия) — выполнили радиологическую оценку 37 253 изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи.

Результаты. Предложенная модель телемедицинской помощи обеспечила своевременную и качественную интерпретацию 37 253 снимков ультразвукового исследования пациентов со средним временем выполнения 35,71 мин (95% доверительный интервал 35,50–35,91).

Заключение. Данное исследование демонстрирует, что структурированная программа дистанционного ультразвукового исследования с установленными протоколами получения изображений, их передачи и последующей коммуникации между участниками процесса позволяет оперативно обмениваться данными в условиях неотложной медицинской помощи.

Ключевые слова: телерадиология; неотложная медицинская помощь; ультразвуковое исследование; время получения результатов; здравоохранение.

Как цитировать:

Kalyanpur A., Mathur N. Роль телерадиологии в интерпретации изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

Role of teleradiology in the interpretation of ultrasound images acquired in the emergency setting

Arjun Kalyanpur¹, Neetika Mathur²

¹ Teleradiology Solutions, Bangalore, India;

² Image Core Lab, Bangalore, India

ABSTRACT

BACKGROUND: Teleradiology has become an important tool in emergency medicine, particularly in the interpretation of emergency ultrasonography. In emergency situations, where time is essential, rapid diagnosis and treatment can mean the difference between life and death. Teleradiology is an innovative alternative to augment the staffing and fill the gaps of onsite radiology personnel in emergency departments or during off-hours.

AIM: To assess the effectiveness/impact of teleradiology in emergency ultrasound interpretation.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective study was performed in a cohort of 33,616 patients from 86 hospitals across the USA between January and December 2022. The study involved radiological interpretations of 37,253 ultrasound images acquired in the emergency setting by American Board Certified Radiologists empaneled by a teleradiology service provider, headquartered in Bangalore, India.

RESULTS: The proposed telehealth model provided timely and quality reporting of 37,253 scans of patients with a mean turnaround time of 35.71 min (95% confidence interval 35.50–35.91).

CONCLUSION: This study demonstrates that a structured teleultrasonography program with defined protocols for image capture, transmission, and clinical communication can allow for successful immediate reporting of ultrasound data in the emergency care setting.

Keywords: teleradiology; emergency; ultrasound; turnaround time; healthcare.

To cite this article:

Kalyanpur A, Mathur N. Role of teleradiology in the interpretation of ultrasound images acquired in the emergency setting. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

Submitted: 15.12.2023

Accepted: 24.01.2024

Published online: 17.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

远程放射学在急诊超声图像解读中的作用

Arjun Kalyanpur¹, Neetika Mathur²

¹ Teleradiology Solutions, Bangalore, India;

² Image Core Lab, Bangalore, India

摘要

论证。 远程放射学是急诊医疗环境中的一项重要工具，尤其是在解读超声波图像时。在时间紧迫的紧急情况下，及时诊断和治疗是挽救病人生命的关键因素。远程放射学是一种创新的替代方法，可以扩大人员编制，解决急诊科放射科医生正常工作或加班不足的问题。

目的是 评估远程放射学对急症护理环境中超声波图像解读的效果和影响。

材料和方法。 这项回顾性研究涉及 2022 年 1 月至 12 月期间在美国 86 家医院就诊的 33 616 名患者。美国放射学会（总部位于印度班加罗尔的远程放射学服务官方提供商）的认证专家对急诊超声检查中获得的 37 253 张图像进行了放射学评估。

结果。 拟议的远程医疗护理模式为 37 253 名患者提供了及时、高质量的超声图像解读，平均周转时间为 35.71 分钟（95% 置信区间为 35.50–35.91）。

结论。 这项研究表明，结构化远程超声计划具有既定的图像采集、传输和参与者之间后续沟通的协议，能够在急症护理环境中实现快速的数据共享。

关键词： 远程放射学； 紧急医疗护理； 超声检查； 得出结果的时间； 卫生保健。

引用本文：

Kalyanpur A, Mathur N. 远程放射学在急诊超声图像解读中的作用. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

收到: 15.12.2023

接受: 24.01.2024

发布日期: 17.07.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Телерадиология представляет собой способ воплощения инновационных идей в здравоохранении и эффективного оказания медицинской помощи, а также является примером успешного развития телемедицины [1]. Эта быстро развивающаяся область включает передачу радиологических изображений из одного места в другое для последующей интерпретации радиологом [2]. Телерадиология — незаменимый инструмент в условиях неотложной медицинской помощи, который значительно улучшает оказание медицинских услуг пациентам. Оперативная интерпретация и предоставление телерадиологом результатов рентгенологических исследований при оценке специфических неотложных состояний являются важной частью диагностической парадигмы экстренных медицинских служб [3].

В последние годы число пациентов в отделениях неотложной помощи (ОНП) неуклонно растёт, что связано с ростом населения, и увеличилось ещё больше во время пандемии COVID-19¹. Кроме того, ОНП могут быть переполнены во время стихийных бедствий, таких как землетрясения, цунами, циклоны и наводнения в городских застройках [4]. По данным Национального исследования уровня медицинской помощи, предоставляемой в амбулаторных учреждениях за 2020 год, общее число обращений в ОНП в больницах США составило 131,3 млн [5], что вызывает беспокойство. По данным главного аналитического центра государственной политики правительства Индии NITI Aayog 2021 года, 16% всех пациентов, обращающихся в медицинские учреждения, составляют пациенты с неотложными состояниями и травмами. В год на их долю приходится 19–36% госпитализаций в районных больницах [4]. Кроме того, в отчёте о неотложной медицинской помощи и помощи при травмах в медицинских центрах вторичного и третичного уровня в Индии, опубликованном кафедрой неотложной медицины Всеиндийского института медицинских наук в Дели (AIIMS), говорится, что количество койко-мест в ОНП составляет всего 3–5% общего числа койко-мест в стране². При ежегодном росте числа пациентов, обращающихся в ОНП, почти половина всех отделений работают на пределе своих возможностей или превышают их. Эта тенденция вызывает серьёзную обеспокоенность и требует решения [6]. Кроме того, существует проблема нехватки врачей, в частности радиологов. Так, на 1,2 миллиарда человек

населения страны приходится около 22 000 радиологов, что приводит к значительному перекошу в соотношении 1:100 000 [7]. Учитывая тяжесть травм, инсультов и других критических заболеваний у пациентов, поступающих в ОНП, задержки в диагностике и лечении могут привести к серьёзным последствиям. Таким образом, своевременная и точная интерпретация снимков пациентов имеет решающее значение. Однако количество штатных радиологов в ОНП, прошедших специальную подготовку, ограничено, особенно в нерабочее время или в праздники. Задача состоит в том, чтобы работать над эффективностью и качеством предоставляемых медицинских услуг, несмотря на растущую нагрузку и нехватку медицинского персонала³. В таких условиях телерадиология является очевидной альтернативой для расширения кадрового состава, помощи и устранения нехватки штатного радиологического персонала, а также удовлетворения растущего спроса на диагностическую визуализацию при травмах и острых заболеваниях в условиях неотложной медицинской помощи [6].

Экстренное ультразвуковое исследование (УЗИ) — это метод диагностической визуализации, использующий высокочастотные звуковые волны для создания изображений внутренних органов и структур [8]. Это быстрый и неинвазивный метод оценки различных клинических состояний, включая травмы, абдоминальную и тазовую боль, аппендицит, холецистит, острую дисфункцию почек, абсцесс, осложнения беременности, осложнения при трансплантации органов [9].

Допплерография — это технология визуализации в режиме реального времени, которая играет ключевую роль в неотложной радиологии для быстрой оценки состояния сосудов и кровотока. Она позволяет выявить потенциально фатальные состояния, такие как тромбоз глубоких вен, закупорка артерий и недостаточная перфузия органов. Диагностика повреждений сосудов при травмах способствует своевременному проведению хирургического вмешательства [10].

Основным преимуществом телерадиологии при экстренном УЗИ является обеспечение не только своевременной диагностики и лечения, но и адекватного круглосуточного обслуживания и помощи специалистов, включая штатных технических специалистов и врачей ультразвуковой диагностики. Телерадиология в случаях экстренного УЗИ также может способствовать сокращению расходов для больниц и пациентов [11]. Так, в ряде

¹ Kalyanpur A. Emergency radiology: Why the need for another subspecialty? 30.05.2023. India : The Times of India [Internet]. Bennett, Coleman & Co. c2024. Режим доступа: <https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/emergency-radiology-why-the-need-for-another-subspecialty/>

² Only 3-5 pc of total hospital beds available for emergency care: Report. 10.12.2021. India : The Times of India [Internet]. Bennett, Coleman & Co. c2024. Режим доступа: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/only-3-5-pc-of-total-hospital-beds-available-for-emergency-care-report/articleshow/88212746.cms>

³ Teleradiology may diminish the use of ultrasound and reduce radiologists' skill in its use says French expert. 31.10.2017. European Society of Radiology blog [Internet]. Режим доступа: <https://blog.mysr.org/teleradiology-may-diminish-the-use-of-ultrasound-and-reduce-radiologists-skill-in-its-use-says-french-expert/>

исследований были зафиксированы преимущества телерадиологии для пациентов [1, 12–14]. В данном исследовании была поставлена задача оценить преимущества телерадиологии при интерпретации изображений УЗИ в экстренных ситуациях.

Появление технологий цифровой визуализации, систем архивирования и передачи изображений (PACS), радиологических информационных систем (RIS), высокоскоростного интернет-соединения и искусственного интеллекта ещё больше повысило ценность телерадиологии в предоставлении своевременных радиологических услуг в экстренных ситуациях, даже в отдалённых и малообслуживаемых районах [12, 15, 16]. Более того, строгие соглашения об уровне обслуживания между больницей и телерадиологической службой гарантируют максимально короткое время получения результатов (turnaround time, TAT), что выгодно как для пациента, так и для врача неотложной помощи. Таким образом, благодаря телерадиологии повысился стандарт обслуживания пациентов в условиях неотложной медицинской помощи [1, 17].

ЦЕЛЬ

Оценка роли телерадиологии при проведении УЗИ у группы пациентов в условиях неотложной медицинской помощи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено ретроспективное наблюдательное многоцентровое выборочное неконтролируемое исследование.

В ретроспективное исследование было включено 33 616 пациентов из 86 больниц США, обратившихся за медицинской помощью в период с января по декабрь 2022 года. Исследование включало радиологическую оценку изображений УЗИ, выполненных в условиях неотложной медицинской помощи сертифицированными специалистами Американского радиологического общества, являющегося официальным провайдером телерадиологических услуг со штаб-квартирой в Бангалоре (Индия). Статические изображения стандарта DICOM и серии изображений УЗИ пациентов загружались на платформу RADspa (Telera Tech, Индия), облачную систему RIS/PACS, через высокоскоростное интернет-соединение. Вместе с изображениями специалисты также передавали свои наблюдения в виде рабочего листа, который, как правило, представлял собой аннотированные графические данные с измерениями и комментариями к снимкам в свободной форме. Изображения УЗИ (статические снимки или серии снимков) и рабочие листы просматривались радиологами, затем заключения врачей передавались обратно в больницы через ту же рабочую платформу (либо, в критических случаях, — в устной форме, в телефонном режиме). Вместе с передаваемыми снимками в систему RIS могли

загружаться также дополнительные данные (предыдущие снимки пациентов и медицинские заключения, записи из истории болезни пациентов), чтобы врач мог составить полную картину заболевания.

Мы также проанализировали распределение исследований в зависимости от проводимых процедур, выполненных в условиях неотложной медицинской помощи. Рассчитывалось среднее время TAT с момента получения DICOM-изображений экстренных УЗИ в виде рабочего списка до момента загрузки врачебных заключений на платформу RADspa или устного сообщения направляющему врачу.

Критерии соответствия

В исследование были включены пациенты, поступившие в приёмные отделения больниц и прошедшие УЗИ.

Продолжительность исследования

В исследование было включено 33 616 пациентов из 86 больниц США, обратившихся за медицинской помощью в период с января по декабрь 2022 года.

Этическая экспертиза

Данное ретроспективное исследование было одобрено Институциональным наблюдательным советом (Бангалор, Индия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выборка исследования (участники/респонденты)

Всего было проанализировано 37 253 снимка УЗИ 33 616 пациентов из 86 больниц США.

Основные результаты

Больницы были разделены по категориям в зависимости от количества койко-мест и числа полученных снимков (табл. 1).

Среди всех исследуемых больниц 28 учреждений имели штатных специалистов для проведения УЗИ, из них в 4 больницах в выходные дни работали специалисты по вызову. Кроме того, в 51 больнице работали только специалисты по вызову, в одной больнице УЗИ проводили ординаторы-рентгенологи. В 6 больницах УЗИ не проводилось после 11 ч вечера.

В телерадиологической практике специалисты общаются и передают телерадиологам краткие описания случаев тремя способами:

- 1) создают рабочие листы с данными наблюдений за пациентами и загружают их на платформу RADspa в формате pdf или jpeg;
- 2) конвертируют снимки в файлы формата DICOM;
- 3) вносят свои комментарии или заметки непосредственно в текстовое поле на платформе RADspa.

Таблица 1. Распределение больниц по количеству койко-мест и изображений, полученных в ходе ультразвуковых исследований

Число койко-мест	Количество больниц	Количество случаев
Больницы малой мощности (менее 100 койко-мест)	22	1621
Больницы средней мощности (100–499 койко-мест)	54	29 692
Больницы большой мощности (более 500 койко-мест)	7	981
Диагностические медицинские центры	3	4959
Всего	86	37 253

В данном исследовании из 37 253 сканов УЗИ специалисты прокомментировали 27 138 случаев (72,84%), для остальных прилагались рабочие листы.

Демографические данные, такие как пол и возраст пациентов, также были загружены на облачный сервер. Из 33 616 пациентов в нашем исследовании 70,56% составляли женщины, 29,44% — мужчины. Средний возраст пациентов составил 40,95 года (95% доверительный интервал 40,73–41,17). Максимальное количество пациентов пришлось на группу в возрасте 21–40 лет (рис. 1).

Для помощи в постановке диагноза и принятии решения о лечении проводилось УЗИ различных частей тела (табл. 2):

- УЗИ нижних и верхних конечностей составило 26,28% ($n=9792$) всех проведённых исследований;
- УЗИ брюшной полости — 18,62% ($n=6937$);
- гинекологическое УЗИ — 17,41% ($n=6488$);
- УЗИ органов малого таза — 15,62% ($n=5820$).

Из 33 616 пациентов компьютерная томография была выполнена 9496 пациентам.

Телерадиологические услуги предоставлялись пациентам в различных клинических ситуациях. Жалобы пациентов в письменной форме были распределены

по категориям на основании имеющихся симптомов, при этом применялся системный подход (рис. 2). Большинство симптомов были классифицированы как репродуктивные (35%), желудочно-кишечные (31%), сердечно-сосудистые (9%) и опорно-двигательные (6%). Другие категории, представленные на рис. 2, составляют меньшую часть симптомов, наблюдавшихся в общей когорте исследования.

Кроме того, на облачный сервер для интерпретации телерадиологами загружались серии снимков 4025 пациентов. Из этих снимков 1731 (43%), 1048 (26,03%) и 655 (16,27%) были выполнены по вопросам, связанным с репродуктивной, желудочно-кишечной и сердечно-сосудистой системами соответственно (рис. 3).

В данном исследовании 1262 пациентам была проведена доплерография, из них 569 пациентам с клинической картиной боли в мошонке или яичках, отёком, перекрутом и водянкой яичек была проведена доплерография сосудов мошонки. Кроме того, 497 пациентам с кистами, подозрением на перекрут яичника, тазовыми болями, спазмами, вагинальными кровотечениями во время беременности, постменопаузальными кровотечениями и болями в нижней части живота была проведена доплерография органов малого таза.

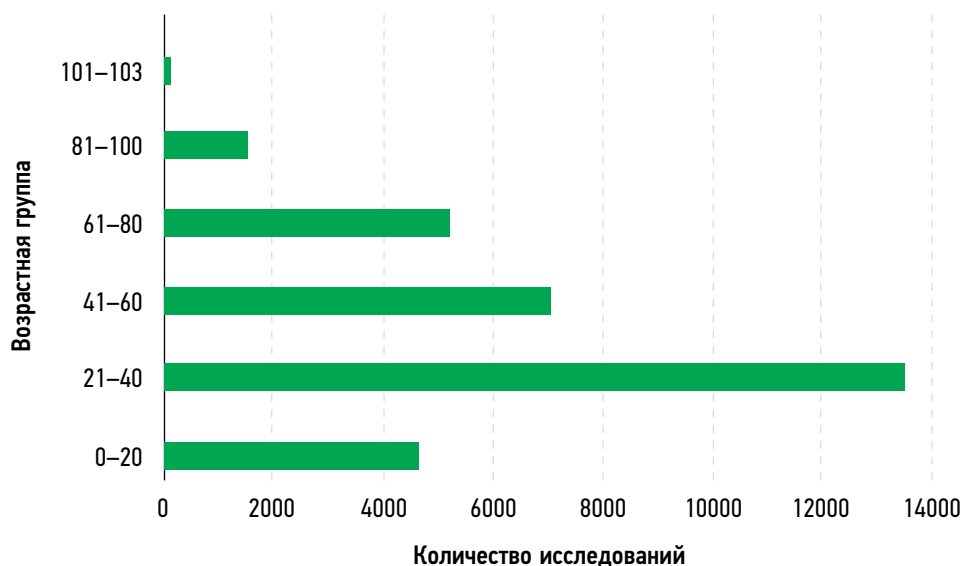
**Рис. 1.** Распределение пациентов по возрастным группам.

Таблица 2. Распределение исследований в зависимости от проведённых процедур

Процедуры	Количество случаев
Допплерография вен (нижние/верхние конечности)	9792
УЗИ органов брюшной полости	6937
Гинекологическое исследование биофизического профиля	6488
УЗИ органов малого таза (небеременные женщины)/трансвагинальное/эндовагинальное УЗИ	5820
УЗИ желчного пузыря/правого верхнего квадранта/аппендикса/печени/правого нижнего квадранта	3965
Допплерография мошонки/тестикул/простаты	1977
УЗИ почек	1393
УЗИ молочных желёз	184
Допплерография сонных артерий	152
УЗИ сосудов шеи	115
УЗИ мягких тканей	79
УЗИ кишечника	69
Дуплексное сканирование сонных артерий	60
УЗИ паховой области	35
УЗИ органов грудной клетки	29
УЗИ мочевого пузыря	24
Экстракраниальное сканирование	19
Эндоуректальное УЗИ внутренних свищей	18
УЗИ сосудов головы	18
УЗИ щитовидной железы	18
Сканирование почечных трансплантатов	12
Другие процедуры	49

Примечание. УЗИ — ультразвуковое исследование.



Рис. 2. Распределение случаев в зависимости от клинической картины и симптомов заболевания с использованием системного подхода.

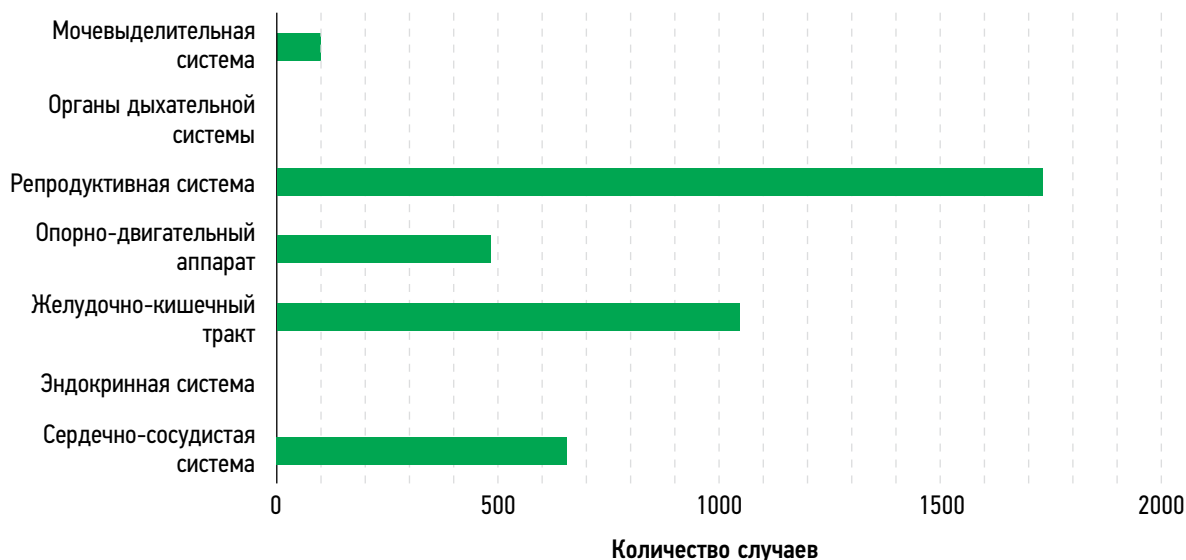


Рис. 3. Распределение случаев с сериями снимков при использовании системного подхода.

Допплерография сонных артерий была проведена 152 пациентам с онемением, головокружением, невнятной речью, обмороками, инфарктом миокарда, транзиторным ишемическим инсультом и стенозом сонных артерий. Допплерографию сосудов печени выполнили 28 пациентам с патологией желчного пузыря, печени или селезенки, печёночной энцефалопатией, печёночной недостаточностью, циррозом, тромбозом печёночных вен и трансплантацией печени. Допплерография сосудов почек была проведена 16 пациентам с почечной недостаточностью (рис. 4).

Среднее время ТАТ для всех экстренных УЗИ составило 35,71 мин (95% доверительный интервал 35,50–35,91).

Дополнительные результаты

Все снимки УЗИ прошли экспертную оценку в рамках программы обеспечения качества для улучшения диагностической точности и клинической эффективности. Из 37 253 снимков в 99,9% случаев отмечалась высокая точность и согласованность интерпретации, в 39 случаях (0,1%) были выявлены расхождения. В 24 случаях из 39 расхождения были клинически незначимыми, в 15 — клинически значимыми.

ОБСУЖДЕНИЕ

Неотложная медицинская помощь — это экстренное вмешательство, необходимое для предотвращения

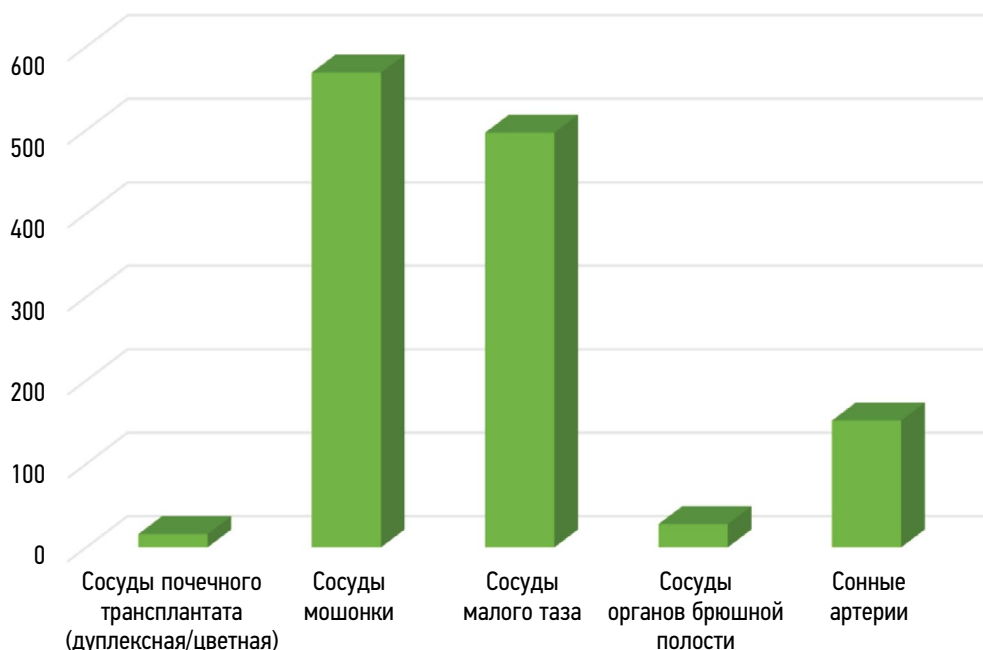


Рис. 4. Распределение случаев проведения доплерографии.

смерти и инвалидности пациента. Любые задержки в оказании помощи, даже в течение нескольких часов, могут ухудшить прогноз или снизить эффективность вмешательства [18]. Развитие неотложной радиологии как отдельной радиологической специальности подразумевает, что для быстрой и точной диагностики критических заболеваний или травм необходим уникальный набор специальных знаний и навыков [12].

Телерадиология — это инновационное направление в медицине, которое позволяет быстро интерпретировать изображения и точно диагностировать состояние пациентов с критическими травмами или заболеваниями, требующими немедленной реанимации, интенсивной терапии или срочного хирургического вмешательства, что позволяет врачам неотложной помощи принимать обоснованные решения по уходу за пациентами и тактике лечения. Кроме того, предлагаемая модель неотложной телерадиологии предполагает круглосуточное предоставление медицинских услуг, что может стать передовым фактором в здравоохранении. Так, снимки экстренного УЗИ, выполненного ночью в США, могут получить оценку сертифицированных радиологов из Индии и передаться обратно в этот же день. В настоящее время обучение по специализации «неотложная радиология» или специальные штатные должности в области неотложной радиологии отсутствуют. Несколько организаций — а именно Общество неотложной радиологии, Европейское общество радиологов и рентгенологов, Американское радиологическое общество, Общество неотложной медицины Индии и Индийское общество травматологии и неотложной помощи — были созданы для обмена передовым опытом в этой области и обеспечения интеграции клинической помощи и диагностической визуализации [19].

Наше ретроспективное исследование включает оценку и интерпретацию снимков экстренного УЗИ, поступивших из 86 больниц США. Согласно данным Ежегодного обзора медицинских услуг, оказываемых в больничных учреждениях, во всех больницах США насчитывается в общем 919 649 штатных койко-мест [20]. В зависимости от числа койко-мест больницы подразделяются на учреждения малой мощности (менее 100 койко-мест), средней мощности (100–499 койко-мест) и большой мощности (более 500 койко-мест). В нашем исследовании больницы были разделены на категории в зависимости от числа койко-мест и количества полученных снимков (см. табл. 1). Большинство изображений (79,7%) было передано 54 больницами средней мощности, 13% — тремя медицинскими диагностическими центрами. Наше исследование свидетельствует о том, что дистанционное УЗИ может быть полезным в больницах любого масштаба.

Дистанционное УЗИ могут эффективно практиковать как штатные технические специалисты, так и специалисты по вызову. Из 86 больниц США только в 28 учреждениях

работают штатные специалисты. В этом случае коммуникация между врачами осуществляется более оперативно и эффективно, по сравнению с больницами, в которых работают только специалисты по вызову.

Из всех изображений УЗИ 17 333 снимка (35%) были получены от пациентов с заболеваниями репродуктивной системы, 15 653 (31%) — желудочно-кишечного тракта/желчевыводящих путей, 4295 (9%) — сердечно-сосудистой системы и 2952 (6%) — опорно-двигательного аппарата. Все пациенты требовали немедленной медицинской помощи. Другие более мелкие категории включали 1531 снимок УЗИ, связанного с заболеваниями кожи, 1398 — с проблемами мочевыделительной системы, 365 — с неврологическими проблемами и 280 — с заболеваниями дыхательных путей (см. рис. 2). Таким образом, телерадиология в сфере УЗИ охватывает все системы органов и клинические проявления заболеваний, что позволяет удовлетворять неотложные клинические потребности.

Среднее время TAT — это промежуток времени от момента получения DICOM-изображений экстренного УЗИ в виде рабочего списка до момента загрузки врачебных заключений на платформу RADspa или устного информирования направляющего врача/отправки результатов в больницы. Среднее время TAT по всем экстренным УЗИ составило 35,71 мин (95% доверительный интервал 35,50–35,91). I. Szabo и соавт. опубликовали данные о среднем времени TAT для УЗИ в ОНП штатными рентгенологами, которое составило 58,27 мин. В настоящем исследовании среднее время TAT с использованием возможностей телерадиологии является вполне обоснованным и удовлетворительным по сравнению со средним временем выполнения УЗИ штатными радиологами, о котором сообщалось в других опубликованных исследованиях. Это свидетельствует об эффективности использования телерадиологии при обслуживании пациентов в условиях неотложной медицинской помощи [21].

Кроме того, данное исследование демонстрирует, что статических изображений в стандартных проекциях, сопровождаемых рабочими листами врача, в большинстве случаев достаточно для интерпретации снимков УЗИ. В сложных случаях для получения дополнительной информации рекомендуется использовать дополнительные последовательности.

Что касается передачи результатов, то в критических случаях, требующих немедленного медицинского вмешательства, направляющие врачи контактировали либо по телефону непосредственно с радиологом, либо через сотрудников колл-центра (поставщика телерадиологических услуг) [22]. В нашем исследовании для связи с больницами было сделано в общей сложности 752 звонка. Из них 49 звонков были совершены непосредственно между радиологом и направляющим врачом, 70 звонков были сделаны вспомогательным персоналом для передачи положительных результатов

и 47 звонков — для передачи отрицательных результатов. Кроме того, 619 звонков были сделаны для передачи важных результатов в устной форме ассистентам врачей в больницах, где уже впоследствии предпринимались дальнейшие действия.

Экспертная оценка играет незаменимую роль в программе контроля качества при интерпретации результатов исследования в диагностической радиологии. Программа контроля качества — наиболее распространённый метод оценки точности диагностики и клинических показателей. В нашем исследовании при экспертной оценке была отмечена очень высокая точность интерпретации (99,9%). Только в 39 случаях (0,1%) были выявлены несоответствия. В 24 случаях из 39 были выявлены клинически незначимые расхождения, в 15 — клинически значимые. В исследовании Луег и др. (2013) в 85,9% случаев имела место высокая согласованность интерпретаций. Среди расхождений, отмеченных в ходе экспертного анализа, отмечались:

- недооценка или переоценка специалистами результатов исследования;
- ошибочные аргументы;
- неспособность провести соответствующую дифференциальную диагностику;
- опечатки;
- отсутствие консультации перед проведением визуализационного исследования;
- неспособность предложить дополнительные методы визуализации или последующее наблюдение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Телерадиология стала важным инструментом в неотложной медицине, где время играет решающую роль, а оперативная диагностика и лечение могут стать решающим фактором в спасении жизни пациентов. Во многих ОНП нет врача-радиолога, который мог бы интерпретировать изображения УЗИ, что может приводить к задержкам в постановке диагноза в дальнейшем ведении пациентов. В таких условиях развёртывание телерадиологических служб могло бы изменить ситуацию в лучшую сторону. Быстрая и точная диагностика может способствовать более оперативному и безопасному лечению пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kalyanpur A. The role of teleradiology in emergency radiology provision // *Radiol Manage*. 2014. Vol. 36, N 3. P. 46–49.
2. Burute N., Jankharia B. Teleradiology: The Indian perspective // *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2009. Vol. 19, N 1. P. 16–18. doi: 10.4103/0971-3026.45337
3. Michalke J.A. An overview of emergency ultrasound in the United States // *World J Emerg Med*. 2012. Vol. 3, N 2. P. 85–90. doi: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2012.02.001
4. Misra A., Yadav D.C., Kole T. Emergency care in India beyond 75 years of independence — problems and solutions // *J Glob Health*. 2023. Vol. 13. P. 03015. doi: 10.7189/jogh.13.03015
5. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2020 Emergency Department Summary Tables [Internet]. US : National Center for Health Statistics. Доступ по ссылке: https://www.cdc.gov/nchs/data/nhamcs/web_tables/2020-nhamcs-ed-web-tables-508.pdf

Данное исследование демонстрирует, что структурированная программа дистанционного УЗИ с установленными протоколами получения изображений, их передачи и последующей коммуникации между участниками процесса позволяет оперативно обмениваться данными УЗИ в условиях неотложной медицинской помощи. Результаты предложенной модели телемедицинских услуг послужат платформой для построения аналогичной модели дистанционного УЗИ в развивающихся странах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом: A. Kalyanpur — концепция и проведение исследования, написание обзорной части и редактирование рукописи, научное руководство; N. Mathur — проведение исследования, написание первичного варианта рукописи.

ADDITIONAL INFORMATION

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

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

A. Kalyanpur — conceptualization, formal analysis and investigation, writing and editing, supervision; N. Mathur — formal analysis and investigation, writing, original draft preparation.

6. Perotte R., Lewin G.O., Tambe U., et al. Improving Emergency Department Flow: Reducing Turnaround Time for Emergent CT Scans // *AMIA Annu Symp Proc.* 2018. Vol. 2018. P. 897–906.
7. Agrawal A., Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India // *Emerg Radiol.* 2016. Vol. 23, N 2. P. 101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
8. Abdolrazaghnejad A., Banaie M., Safdari M. Ultrasonography in Emergency Department; a Diagnostic Tool for Better Examination and Decision-Making // *Adv J Emerg Med.* 2018. Vol. 2, N 1. P. e7. doi: 10.22114/AJEM.v0i0.40
9. Nicola R., Dogra V. Ultrasound: the triage tool in the emergency department: using ultrasound first // *Br J Radiol.* 2016. Vol. 89, N 1061. P. 20150790. doi: 10.1259/bjr.20150790
10. Islam S.N., Deka N., Hussain Z. Role of Doppler Ultrasound in Assessing the Severity of Peripheral Arterial Diseases of the Lower Limb // *J Med Ultrasound.* 2021. Vol. 29, N 4. P. 277–280. doi: 10.4103/JMU.JMU_137_20
11. Kalyanpur A., Meka S., Joshi K., Somashekar Nair H.T., Mathur N. Teleradiology in Tripura: Effectiveness of a Telehealth Model for the Rural Health Sector // *International Journal of Health Technology and Innovation.* 2022. Vol. 1. P. 7–12. doi: 10.60142/ijhti.v1i02.36
12. Agrawal A. Emergency Teleradiology—Past, Present, and, Is There a Future? // *Front Radiol.* 2022. Vol. 2. P. 866643. doi: 10.3389/fradi.2022.866643
13. Kalyanpur A., Weinberg J., Neklesa V., et al. Emergency radiology coverage: technical and clinical feasibility of an international teleradiology model // *Emerg Radiol.* 2003. Vol. 10, N 3. P. 115–118. doi: 10.1007/s10140-003-0284-5
14. Agrawal A., Agrawal A., Pandit M., Kalyanpur A. Systematic survey of discrepancy rates in an international teleradiology service // *Emerg Radiol.* 2011. Vol. 18, N 1. P. 23–29. doi: 10.1007/s10140-010-0899-2
15. Chandramohan A., Krothapalli V., Augustin A., et al. Teleradiology and technology innovations in radiology: status in India and its role in increasing access to primary health care // *The Lancet Regional Health — Southeast Asia.* 2023. Vol. 23. doi: 10.1016/j.lansea.2023.100195
16. Thrall J.H. Teleradiology Part I. History and Clinical Applications // *Radiology.* 2007. Vol. 243, N 3. P. 613–617. doi: 10.1148/radiol.2433070350
17. Duarte M.L., Dos Santos L.R., Iared W., Peccin M.S. Telementored ultrasonography: a narrative review // *Sao Paulo Med J.* 2022. Vol. 140, N 2. P. 310–319. doi: 10.1590/1516-3180.2020.0607.R2.15092021
18. Bergquist H.B., Burkholder T.W., Muhammad Ali O.A., Omer Y., Wallis L.A. Considerations for service delivery for emergency care in low resource settings // *African Journal of Emergency Medicine.* 2020. Vol. 10. P. S7–S11. doi: 10.1016/j.afjem.2020.07.002
19. Agrawal A., Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India // *Emerg Radiol.* 2016. Vol. 23, N 2. P. 101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
20. Fast Facts on U.S. Hospitals [Internet]. US : American Hospital Association. c2024. Доступ по ссылке: <https://www.aha.org/statistics/fast-facts-us-hospitals>
21. Szabo I., Zag L., Takács I., et al. Quantile regression and an application: performance improvement of an emergency department in Eastern Europe // *Hungarian Statistical Review.* 2020. Vol. 3, N 1. P. 60–76. doi: 10.35618/hsr2020.01.en060
22. Honig S.E., Honig E.L., Babiarz L.B., et al. Critical findings: timing of notification in neuroradiology // *AJNR Am J Neuroradiol.* 2014. Vol. 35, N 8. P. 1485–1492. doi: 10.3174/ajnr.A3918

REFERENCES

1. Kalyanpur A. The role of teleradiology in emergency radiology provision. *Radiol Manage.* 2014;36(3):46–49.
2. Burute N, Jankharia B. Teleradiology: The Indian perspective. *Indian Journal of Radiology and Imaging.* 2009;19(1):16–18. doi: 10.4103/0971-3026.45337
3. Michalke JA. An overview of emergency ultrasound in the United States. *World J Emerg Med.* 2012;3(2):85–90. doi: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2012.02.001
4. Misra A, Yadav DC, Kole T. Emergency care in India beyond 75 years of independence — problems and solutions. *J Glob Health.* 2023;13:03015. doi: 10.7189/jogh.13.03015
5. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2020 Emergency Department Summary Tables [Internet]. US: National Center for Health Statistics. Available from: https://www.cdc.gov/nchs/data/nhamcs/web_tables/2020-nhamcs-ed-web-tables-508.pdf
6. Perotte R, Lewin GO, Tambe U, et al. Improving Emergency Department Flow: Reducing Turnaround Time for Emergent CT Scans. *AMIA Annu Symp Proc.* 2018;2018:897–906.
7. Agrawal A, Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India. *Emerg Radiol.* 2016;23(2):101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
8. Abdolrazaghnejad A, Banaie M, Safdari M. Ultrasonography in Emergency Department; a Diagnostic Tool for Better Examination and Decision-Making. *Adv J Emerg Med.* 2018;2(1):e7. doi: 10.22114/AJEM.v0i0.40
9. Nicola R, Dogra V. Ultrasound: the triage tool in the emergency department: using ultrasound first. *Br J Radiol.* 2016;89(1061):20150790. doi: 10.1259/bjr.20150790
10. Islam SN, Deka N, Hussain Z. Role of Doppler Ultrasound in Assessing the Severity of Peripheral Arterial Diseases of the Lower Limb. *J Med Ultrasound.* 2021;29(4):277–280. doi: 10.4103/JMU.JMU_137_20
11. Kalyanpur A, Meka S, Joshi K, Somashekar Nair HT, Mathur N. Teleradiology in Tripura: Effectiveness of a Telehealth Model for the Rural Health Sector. *International Journal of Health Technology and Innovation.* 2022;1:7–12. doi: 10.60142/ijhti.v1i02.36
12. Agrawal A. Emergency Teleradiology—Past, Present, and, Is There a Future? *Front Radiol.* 2022;2:866643. doi: 10.3389/fradi.2022.866643
13. Kalyanpur A, Weinberg J, Neklesa V, et al. Emergency radiology coverage: technical and clinical feasibility of an international teleradiology model. *Emerg Radiol.* 2003;10(3):115–118. doi: 10.1007/s10140-003-0284-5
14. Agrawal A, Agrawal A, Pandit M, Kalyanpur A. Systematic survey of discrepancy rates in an international teleradiology service. *Emerg Radiol.* 2011;18(1):23–29. doi: 10.1007/s10140-010-0899-2
15. Chandramohan A, Krothapalli V, Augustin A, et al. Teleradiology and technology innovations in radiology: status

in India and its role in increasing access to primary health care. *The Lancet Regional Health — Southeast Asia*. 2023;23. doi: 10.1016/j.lansea.2023.100195

16. Thrall JH. Teleradiology Part I. History and Clinical Applications. *Radiology*. 2007;243(3):613–617. doi: 10.1148/radiol.2433070350

17. Duarte ML, Dos Santos LR, Iared W, Peccin MS. Telementored ultrasonography: a narrative review. *Sao Paulo Med J*. 2022;140(2):310–319. doi: 10.1590/1516-3180.2020.0607.R2.15092021

18. Bergquist HB, Burkholder TW, Muhammad Ali OA, Omer Y, Wallis LA. Considerations for service delivery for emergency care in low resource settings. *African Journal of Emergency Medicine*. 2020;10:S7–S11. doi: 10.1016/j.afjem.2020.07.002

19. Agrawal A, Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India. *Emerg Radiol*. 2016;23(2):101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6

20. Fast Facts on U.S. Hospitals [Internet]. US: American Hospital Association. c2024. Available from: <https://www.aha.org/statistics/fast-facts-us-hospitals>

21. Szabo I, Zag L, Takács I, et al. Quantile regression and an application: performance improvement of an emergency department in Eastern Europe. *Hungarian Statistical Review*. 2020;3(1):60–76. doi: 10.35618/hsr2020.01.en060

22. Honig SE, Honig EL, Babiarz LB, et al. Critical findings: timing of notification in neuroradiology. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014;35(8):1485–1492. doi: 10.3174/ajnr.A3918

ОБ АВТОРАХ

* **Neetika Mathur**, PhD;

address: Plot No. 7G, Opposite Graphite India, Whitefield, Bengaluru, Karnataka 560048, India;

ORCID: 0009-0002-8884-2060;

e-mail: neetika.mathur@imagecorelab.com

Arjun Kalyanpur, MD;

ORCID: 0000-0003-2761-7273;

e-mail: arjun.kalyanpur@telradsol.com

AUTHORS' INFO

* **Neetika Mathur**, PhD;

address: Plot No. 7G, Opposite Graphite India, Whitefield, Bengaluru, Karnataka 560048, India;

ORCID: 0009-0002-8884-2060;

e-mail: neetika.mathur@imagecorelab.com

Arjun Kalyanpur, MD;

ORCID: 0000-0003-2761-7273;

e-mail: arjun.kalyanpur@telradsol.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author