Цифровая платформа кардиовизуализации как основа работы кардиокоманд

Бощенко А. А., Завадовский К. В., Попов С. В.

Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук,
Научно-исследовательский институт кардиологии

Кардиокоманда и ее роль в медицинском центре

В настоящее время ключевые клинические решения по выбору методов диагностики, стратификации риска больных, определению тактики лечения, особенностям оперативных доступов, оценке прогноза при целом ряде сердечно-сосудистых заболеваний принимаются кардиологическим консилиумом, или кардиокомандой (Heart Team)[1-5]. Роль кардиокоманды особенно высока при социально значимых сердечно-сосудистых заболеваниях и синдромах, во многом определяющих общественное здоровье и показатели заболеваемости и смертности.

Роль кардиокоманды при обследовании пациента с вероятным или установленным диагнозом ишемической болезни сердца

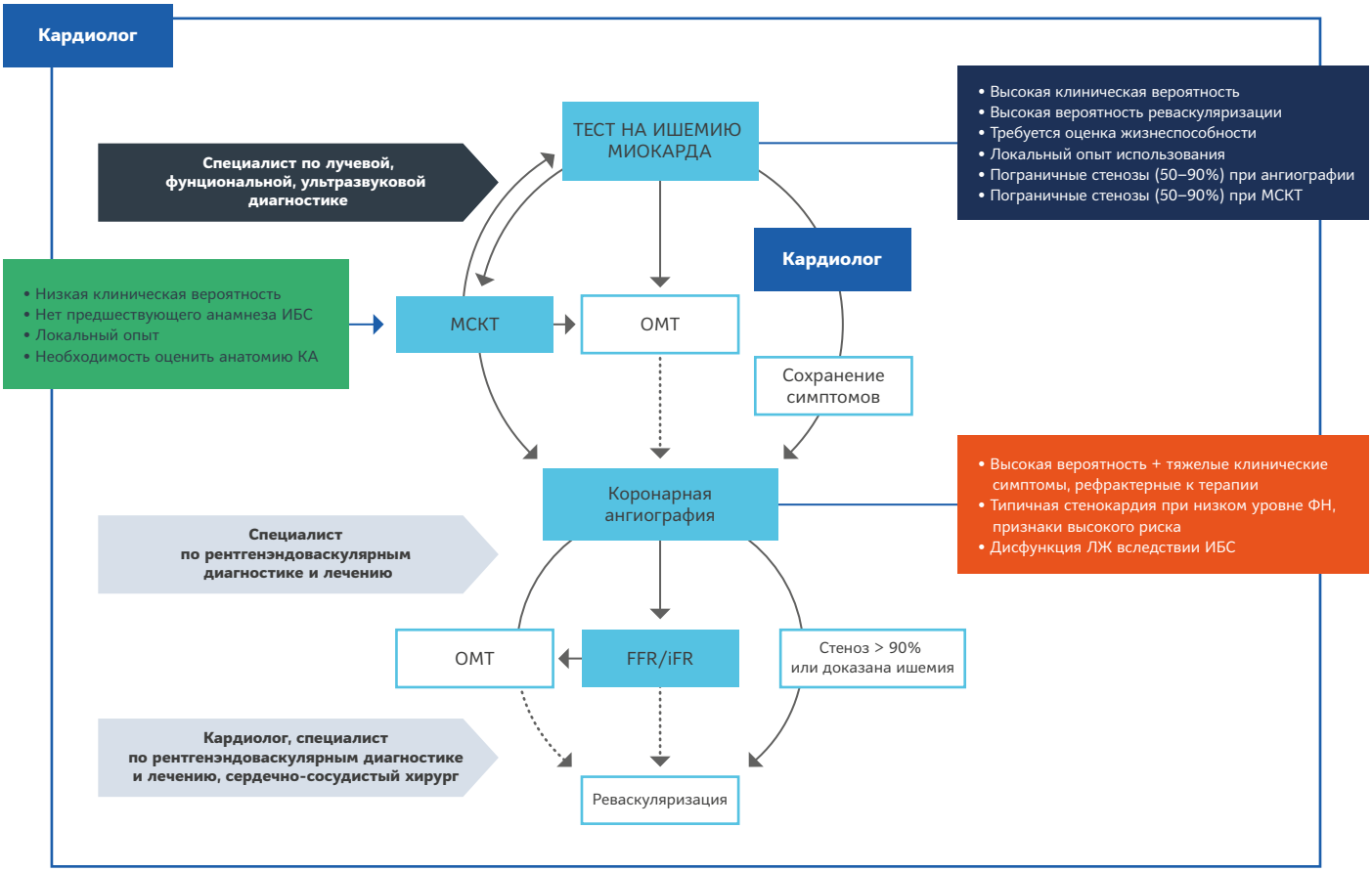


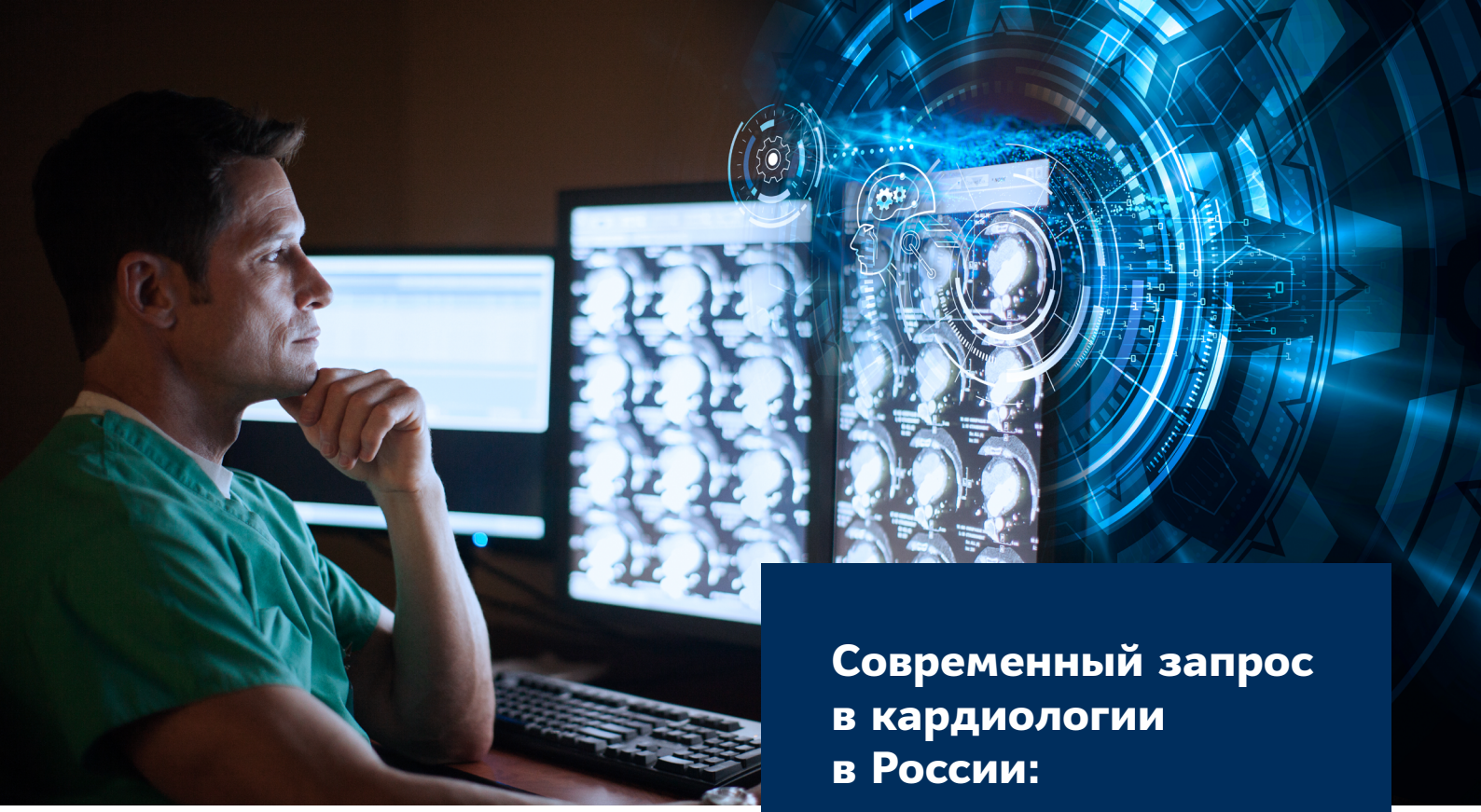
Рисунок 1. Пример работы кардиокоманд на разных этапах обследования пациентов с подозрением на стабильную ИБС или установленным диагнозом заболевания

В кардиологии решающую роль командная работа приобретает в случаях:

- дифференциальной диагностики острой боли в груди;
- решения вопроса о хирургическом или эндоваскулярном закрытии дефектов при механических осложнениях острого коронарного синдрома и гемодинамической нестабильности[1];
- создания и реализации протокола учреждения по реваскуляризации миокарда у пациентов со стабильной ИБС[2], сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса левого желудочка[3], острым коронарным синдромом без реваскуляризации или с неполной реваскуляризацией[1]; протокол учитывает наличие и выраженность ишемии миокарда, особенности анатомии коронарного русла, коморбидность и хирургический риск;
- решения вопроса о проведении катетерной или хирургической абляции у пациентов с симптомной персистирующей или длительно персистирующей фибрилляцией предсердий, рефрактерной к антиаритмической терапии[4].

Без командного обсуждения в настоящее время немыслима работа высокотехнологичных медицинских центров, определяющих тактику лечения и выполняющих эндоваскулярные и открытые хирургические вмешательства при врожденных (ВПС) и клапанных пороках сердца, особенно в случае митральной недостаточности, аортального стеноза, пороках трикуспидального клапана и многоклапанном поражении[5].

Решение кардиокоманд в большинстве случаев базируется на анализе данных клинического статуса пациента (жалобах, симптомах, признаках, анамнезе) и сведений, полученных с помощью современных кардиовизуализирующих диагностических технологий разных модальностей (ультразвуковых, томографических, электрофизиологических, инвазивных). При этом диагностические лаборатории и отделения часто территориально рассредоточены, имеют оборудование от разных производителей с разной давностью его ввода в эксплуатацию. Кардиокоманды (кардиологи, врачи-диагносты, сердечно-сосудистые хирурги, рентгенэндоваскулярные хирурги и т. д.) формируются с участием сотрудников разных структурных подразделений, также нередко расположенных на большом удалении друг от друга. Кроме того, во время консилиума обычно недостаточно знакомства с описаниями и заключениями протоколов диагностических исследований и необходим просмотр видеороликов, нативных и реконструированных ультразвуковых, томографических и ангиографических изображений. В отдельных случаях требуется пересмотр самих изображений и формирование второго экспертного / коллегиального мнения по диагностическому заключению.



Современный запрос в кардиологии в России:

- повседневная работа кардиокоманд (Heart Team)
- использование нескольких методов визуализации у одного пациента (мультимодальная кардиовизуализация)
- быстрота принятия решения
- телемедицинское консультирование и обсуждение
- удаленная офлайн-обработка и анализ изображений
- практико-ориентированное обучение
- возможность работы в условиях пандемии

Цифровая платформа как основа взаимодействия кардиокоманд

В текущих специальных эпидемиологических условиях, на территории страны с низкой плотностью населения и недостаточной транспортной доступностью, кардиокоманды концентрируются в высокотехнологичных федеральных медицинских центрах, а их встречи нередко проходят в режиме аудио- или видеоконференций. Кроме того, в федеральных центрах накапливается огромное количество текстовых и визуализационных данных пациентов из других центров и больниц, направленных для консультаций с целью отбора пациентов на госпитализацию и проведение высокотехнологичных вмешательств. Отдельной задачей является возможность очного и онлайн-разбора клинических случаев с демонстрацией полных данных истории болезни, включая визуализационный материал, как важного элемента современного образовательного процесса у ординаторов, аспирантов, студентов и повышения квалификации врачей. Наиболее быстрая, полноценная и эффективная реализация всех этих задач возможна за счет внедрения программно-аппаратного платформенного решения. В качестве такой организующей платформы может выступать цифровая, реализованная в виде системы хранения, мультивендорной обработки и просмотра медицинских изображений, интегрированная с медицинской информационной системой (МИС). Подобная платформа способна обеспечить доступ к текстовым, логическим, цифровым данным истории болезни пациента, с одной стороны, и статическим и динамическим изображениям разных визуализационных модальностей — с другой.

Ключевые требования к цифровой платформе

Основными сферами деятельности Научно-исследовательского института кардиологии (НИИ кардиологии), который мы представляем, являются научная, медицинская и образовательная. Основным инфраструктурным ядром института служит клиника на 400 коек, включающая диагностические подразделения, клинические кардиологические подразделения для детей и взрослых, рентгенэндоваскулярные отделения, отделения детской и взрослой сердечно-сосудистой хирургии и расположенная на трех территориально рассредоточенных площадках. Клиника оказывает стационарную специализированную и высокотехнологичную помощь более чем 11 тысячам детей и взрослых в год. Кардиологический диспансер, созданный на базе института, принимает более 50 тысяч амбулаторных пациентов в год. В свою очередь, НИИ кардиологии является структурным подразделением Томского национального исследовательского медицинского центра (Томский НИМЦ), с клиниками на 1106 коек с объемом оказания помощи более 140 тысяч пациентов в год по профилям «сердечно-сосудистые заболевания», «онкологические заболевания», «психические заболевания», «генетические заболевания».

На основании запроса времени, с учетом профиля и типов оказания медицинской помощи были сформированы ключевые требования нашего института к подобной системе.

Полное соответствие системы современным требованиям к получению, хранению и обработке диагностических изображений, в том числе:

Требования к хранилищу

Хорошая глубина

- достаточный объем и качественная структура архива долгосрочного хранения глубиной до 10 лет;
- достаточный объем и удобная структура краткосрочного хранения;
- масштабируемость – увеличение физического хранилища с ростом потребностей учреждения.

Мультимодальность

- возможность подключения к хранилищу оборудования различных модальностей (УЗИ, КТ, МРТ, ангиографов, ЭФИ-систем).

Мультиформатность

- возможность экспорта/импорта изображений и результатов обработки первичных данных в распространенных форматах обработки — DICOM, jpg, экспорт динамических изображений в avi и mp4.

Высокая скорость

- высокая скорость передачи и акцептирования данных.

Требования к интерфейсу

Комплаентность к пользователю

- современный дизайн;
- удобный интерфейс;
- русифицированный интерфейс;
- возможность гибкой настройки для решения нетривиальных задач, в том числе обновления/добавления/коррекции пакетов протоколов и алгоритмов расчета показателей.

Требование к обработке визуализационных данных

Анализ здесь и сейчас / не здесь и позже

- возможность онлайн- и постпроцессинговой обработки изображений для основных кардиологических модальностей;
- возможность территориального разобщения зон назначения исследований (МИС), получения данных (обследование пациентов в диагностических лабораториях) и анализа изображений (работа врачей-диагностов).

Широта оценки

- обработка данных ультразвуковых, изотопных, томографических (КТ и МРТ), ангиографических исследований.

Глубина оценки

- оценка показателей эхокардиографии, начиная от рутинных (показатели структуры и функции сердца в М-, В-, допплеровских режимах, глобальной продольной деформации ЛЖ), до количественной оценки миокардиальной перфузии, коронарного кровотока, трех-

мерной и четырехмерной эхокардиографии, автоматического анализа полостей и др.;
- определение сцинтиграфических показателей перфузии, гемодинамики, сократимости ЛЖ, миокардиального кровотока и резерва;
- оценка КТ-показателей структуры коронарных артерий, количественной оценки стенозов и структуры атеросклеротических бляшек, перфузии, гемодинамики, сократимости ЛЖ, возможность оценки размеров и объемов камер и сосудов, др.;
- определение МРТ-показателей камер сердца, динамического контрастирования миокарде, количественного анализа диффузных изменений в миокарде, для скорости и направления потоков крови;
- ангиографическая количественная оценка коронарного русла, внутрисердечной гемодинамики.

Мультивендерность
- возможность обработки изображений, полученных на оборудовании различных вендоров, включая как известных, так и не очень распространенных, имеющих срок эксплуатации от 0 до 10 лет.

Динамика процессов
- возможность сравнения процессов в динамике при повторной/многократной оценке.

Полная интеграция системы хранения с выбранной МИС

- единый уникальный ID пациента и врача;
- возможность прямого назначения исследований на прибор / группу приборов;
- возможность получения результатов исследования врачом-клиницистом сразу после формирования заключения врачом-диагностом.

Просмотр изображений всех модальностей на рабочих местах врачей-клиницистов и диагностов, принимающих клиническое решение

- возможность дистанционного просмотра изображений /видеоклипов;
- возможность просмотра изображений/видеоклипов в МИС;
- возможность одновременного просмотра изображений несколькими специалистами – участниками удаленного кардиоконсилиума

Структурированная база большого объема клинических и визуализационных данных пациентов для научных исследований

Возможность масштабирования проекта с НИИ кардиологии до Томского НИМЦ

Выбор и организация цифрового решения

Опираясь на опыт внедрения подобных систем в США и Европе, мы полагали, что приобретение и внедрение подобной системы позволит нам не только облегчить и систематизировать работу врачей-диагностов и клиницистов, но и изменить и выстроить ряд содружественных бизнес-процессов в науке и клинике. К моменту принятия решения (2019 год) в России в установленном порядке были зарегистрированы две системы хранения и анализа изображений, потенциально соответствующие нашим потребностям. После предварительного тестирования обеих мы остановили свое внимание на Centricity Universal Viewer* / EchoPAC** (Cardio UV) компании GE Healthcare. Решающим фактором при выборе стало то обстоятельство, что она оказалась единственной русифицированной цифровой системой, обеспечивающей задачи мультивендерной диагностики, хранения и просмотра и потенциально способной к интеграции с нашей МИС «1С:Больница».

Программно-аппаратный комплекс Centricity Universal Viewer / EchoPAC был сконфигурирован под описанные выше задачи. В него вошли:

01 **Система хранения изображения (PACS) – Centricity Enterprise Archive*****

02 **Система просмотра изображений с рабочих мест всех врачей (веб-просмотровщик) Centricity Universal Viewer**

03 **Система постобработки лучевых изображений (КТ, МРТ, ангиоблок) на рабочих станциях, установленных на рабочих местах врачей-рентгенологов, радиологов и рентгенэндоваскулярных хирургов – AW Server******

04 **Система постобработки ультразвуковых изображений на рабочей станции EchoPac версии 204, интегрированной через Centricity Universal Viewer, на рабочих местах врачей ультразвуковой диагностики**

05 **МИС «1С:Больница», интегрированная с программно-аппаратным комплексом Centricity Universal Viewer / EchoPAC.**

Рисунок 2. Архитектура цифровой трансформации процессов НИИ кардиологии Томского НИМЦ

Результатом внедрения проекта стало созданное и организованное хранилище данных большого объема, к которому в режиме загрузки и выгрузки данных в формате DICOM подключены более 30 единиц тяжелого оборудования (ангиографы, томографы, ультразвуковые аппараты) НИИ кардиологии. Небольшую часть (10%) наиболее старого оборудования (давностью более 10 лет) не удалось подключить к хранилищу из-за отсутствия возможности отгрузки данных в DICOM-формате, в ближайшее время это оборудование предполагается к замене. Система хранения интегрирована с МИС, в частности создан и настроен сервис рабочего списка диагностического оборудования (DICOM Modality Worklist, или DMWL). На сервис в формате расписания через интерфейс HL7 приходит назначение диагностических исследований из МИС и поступает оповещение о поступлении в хранилище готовых диагностических данных, которые можно начинать просматривать и анализировать. К хранилищу данных в режиме выгрузки подключен и настроен веб-просмотровщик Centricity Universal Viewer, который по запросу из МИС входит в хранилище и обеспечивает просмотр сохраненных изображений в соответствующих протоколах МИС с рабочих мест врачей (рис. 2).

Соответственно, самая многочисленная группа врачей-кардиологов и сердечно-сосудистых хирургов, работающих в МИС, получает возможность сделать назначение на любое визуализирующее исследование, которое предписывается конкретному врачу-диагносту на конкретный прибор, прописывается на приборе и после выполнения исследования становится доступным для врача-клинициста в виде изображений, роликов, протокола исследования и заключения. Интеграция

с МИС «1С:Больница» оказалась одной из самых сложных задач внедрения проекта, поскольку мы были первой организацией, на которой эта связка проходила пилотную отработку. В настоящее время она реализована и для стационарного, и для амбулаторного пациента.

На рабочих местах врачей лучевой, ультразвуковой и функциональной диагностики дополнительно подключены рабочие станции и возможен дистанционный постпроцессинговый анализ, обработка изображений и формирование заключений (рис. 3). При этом на рабочих местах специалистов лучевой диагностики качественная и количественная постпроцессинговая обработка изображений, полученных на оборудовании различных вендоров, возможна в полном объеме, включая не только рутинные, но и продвинутые, и исследовательские опции.

Постпроцессинговая обработка ультразвуковых изображений на системе EchoPAC (версия 204, клиническая апробация) возможна в полном объеме, включая исследовательские опции, для изображений, полученных на любых системах компании GE Healthcare. Для изображений, полученных на приборах сторонних вендоров, ультразвуковой постпроцессинг полностью реализован для просмотра и всех рутинных клинических измерений, включая линейные измерения, измерение скоростей потоков, глобальной продольной деформации в виде AFI-анализа для левого желудочка. Для медицинской деятельности организации этого достаточно. Продвинутые измерения, в частности оценка деформационных свойств правого желудочка, предсердий, количественная оценка трехмерных изображений, полученных на приборах сторонних вендоров (не GE Healthcare), на данном этапе развития системы невозможны. Однако система является гибкой, продолжает совершенствоваться вместе со своими пользователями, и мы рассчитываем на появление такой возможности в недалеком будущем.

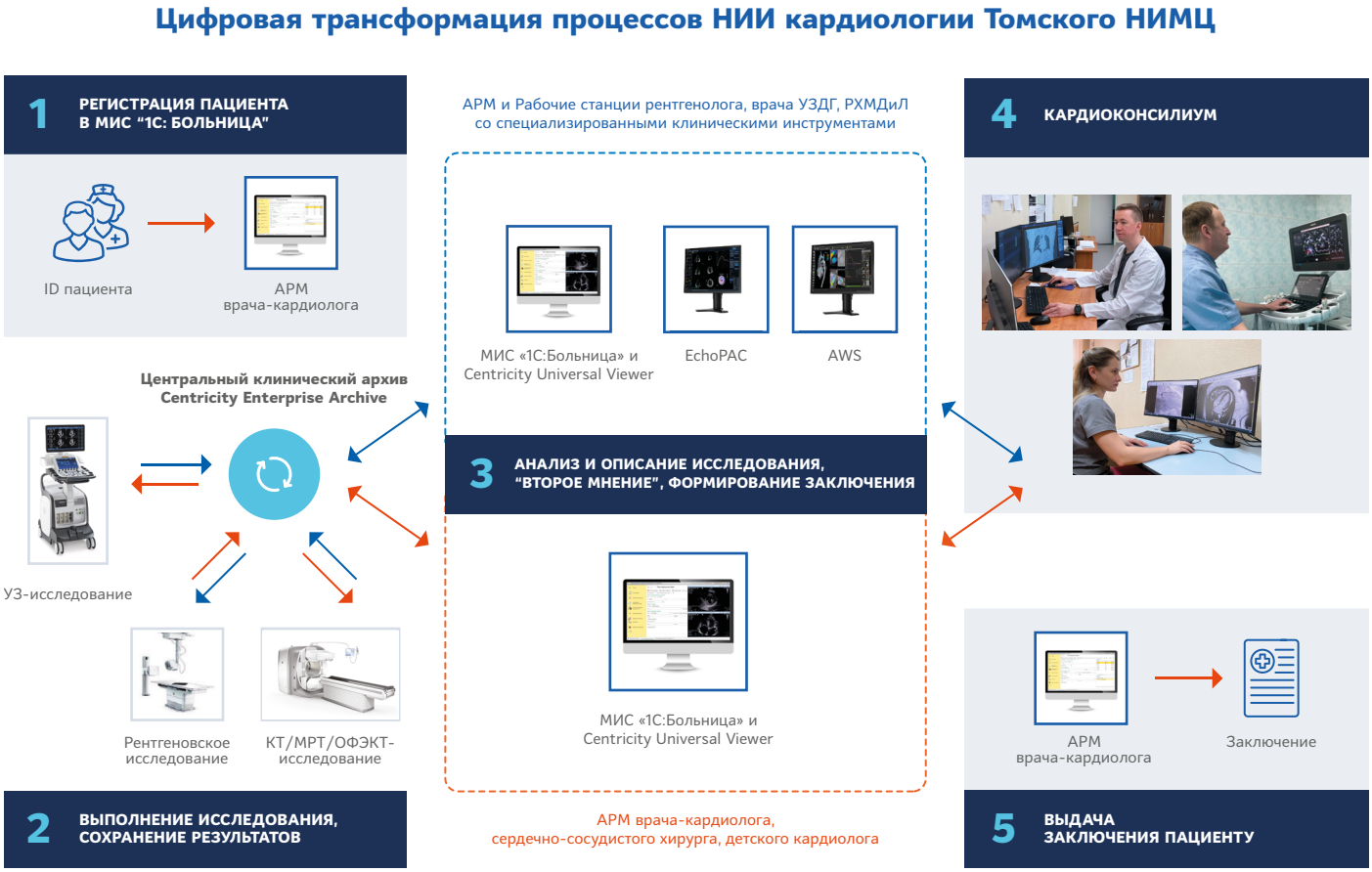


Рисунок 3. Цифровая трансформация процессов НИИ кардиологии Томского НИМЦ

Особенности Centricity Universal Viewer для лучевого диагноста

Важной особенностью решения Centricity Universal Viewer является возможность его гибкой настройки под разные категории пользователей. В НИИ кардиологии были сформированы следующей основные категории: администратор системы (технический), врач-радиолог, кардиолог – специалист по эхокардиографии, клиницист (врач, не являющийся специалистом по кардиовизуализации), медицинский регистратор. Число групп можно увеличивать, исходя из особенностей рабочего процесса.

Помимо базовых функций приложения для просмотра и анализа DICOM-данных, Centricity Universal Viewer может быть сконфигурирован для выполнения клинических задач, требующих специализированных программных решений. В частности, в НИИ кардиологии для врачей-рентгенологов доступно ограниченное число лицензий для анализа коронарных артерий, функционального состояния сердца (с определением объемов и фракции выброса левого и правого желудочков), совмещения анатомических и молекулярных (PET, SPECT) изображений и др. Таким образом, функционал Centricity Universal Viewer позволяет полноценно заменить рабочую станцию, в том числе при обработке изображений, требующих высокой вычислительной или графической мощности.

Так как CUV является частью архива медицинских изображений, нет необходимости предварительно загружать данные для их просмотра. CUV имеет доступ ко всем изображениям, хранящимся в Centricity PACS. По сути, у врача-диагноста нет необходимости работать отдельно с архивом и отдельно с просмотровщиком. Это единое целое.

Более того, инструменты Centricity Universal Viewer позволяют скрывать с изображений личные данные пациента (ФИО, пол, возраст, дату исследования), что делает возможным удобное использование данного решения в образовательных целях, в том числе с использованием облачных платформ для проведения онлайн-вебинаров и видеоконференций.

Для лучевого диагноста ключевые преимущества Centricity Universal Viewer — это:

- Экономия времени врача-диагноста
- Неограниченное число рабочих мест для просмотра изображений с использованием Centricity Universal Viewer
- Гибкая система настройки групп пользователей
- Единый интерфейс для разных модальностей и оборудования, который можно освоить в кратчайшие сроки
- Доступ к системе просмотра из любого места в любое время
- Интеграция с архивом изображений (Centricity PACS)
- Интеграция учетной записи Centricity Universal Viewer с МИС учреждения
- Возможность использования в образовательном процессе

Инструменты CUV доступны в любое время и из любого места: авторизированные пользователи могут подключиться к системе из дома, по защищённому протоколу, и просмотреть необходимые изображения. Благодаря данному функционалу у врача имеется возможность получить консультацию коллег во время их отсутствия на рабочем месте при анализе исследований сложных пациентов.

Одним из сценариев использования CUV является загрузка диагностических исследований, поступающих в учреждение, для получения второго мнения или решения вопроса о госпитализации единой службой, при этом лучевые диагносты получают данные пациента, которого необходимо проанализировать, не тратя свое время на импорт изображений. Это позволяет сократить до 15–20 минут рабочего времени врача-диагноста на описание одного исследования. До внедрения данной системы цепочка процесса была длиннее и сложнее — сотрудники отдела госпитализации получали изображения по почте, записывали их на USB-носители, приносили в отдел визуализации, где изображения загружали на станцию обработки врачи или рентген-лаборанты, и только после этого специалисты могли проанализировать исследование. Существенным недостатком такого подхода являлось то, что исследование пациента не загружалось в хранилище автоматически и стиралось при очистке дискового пространства рабочей станции.

Сложности при реализации проекта и пути их преодоления

На этапе внедрения системы мы столкнулись с целым рядом задач и вызовов, которые хотелось бы суммировать. Возможно, они будут полезны для других организаций, планирующих заниматься конфигурированием и внедрением подобных проектов.

Условия эффективного внедрения:

- ***Политическая воля руководителя/руководства организации. Проект направлен на управление изменениями в рабочих процессах и напрямую сталкивается с сопротивлением изменениям, часто более выраженным, чем внедрение МИС***
- ***Формирование проектных команд по внедрению с участием специалистов в области аппаратной части цифровых технологий, программной части, медицинскому оборудованию, врачей-диагностов соответствующих модальностей и менеджера проекта с обеих сторон (заказчика и продавца)***
- ***Проектное обследование сетей, АРМ, ПО, лицензий, помещений, серверной части, медицинского оборудования и их модификация / замена до старта проекта. Даже полное внедрение проекта при низкой пропускной способности сетей в зоне кардиовизуализации способно свести все усилия по внедрению проекта к нулю***
- ***Терпеливая командная работа с регулярной обратной связью***

Работа с подобными проектами является несомненным трендом современной медицины, но самое сложное в них — не поиск средств и закупка оборудования, а именно этап внедрения. У нас внедрение проекта заняло более одного года; кроме того, мы расцениваем его как незавершенное, так как видим возможности для дальнейшего масштабирования и совершенствования системы и планируем продолжать работу в этом направлении. При этом, помимо основных ожидаемых эффектов, упомянутых выше, мы получили дополнительный информационный и организационный бонус.

Внедрение системы позволило нам:

- ***Структурировать и стандартизировать отдельные протоколы диагностических исследований***
- ***Выбрать и использовать ряд количественных и качественных показателей для использования системы интеллектуальной поддержки принятия решений (нормативные значения ряда показателей при эхокардиографии, МСКТ-ангиографии, выраженность отклонения показателей от нормативных значений, интеллектуальное формирование заключения на основе количественных значений)***
- ***Получить большой архив мультимодальных структурированных данных, что для научного центра является критически важным моментом***

Будем рады, если наш опыт окажется полезным не только для нас. Компания GE Healthcare проводит гибкую политику по модификации системы и продолжает совершенствовать свой продукт по мере развития цифровых технологий в мире, откликаясь на медицинские и научные запросы.

Список литературы

1. Collet J.-P., Thiele H., Barbato E. et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. Eur Heart J 2021 Apr 7;42(14):1289-1367. doi:10.1093/eurheartj/ehaa575.
2. Neumann F.-J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. European Heart Journal (2019) 40, 87–165; doi:10.1093/eurheartj/ehy394.
3. McDonagh T., Metra M., Adamo M. et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. European Heart Journal (2021) 42, 3599-3726; doi:10.1093/eurheartj/ehab368.
4. Hindricks G., Potpara T., Dagres N. et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. European Heart Journal, Volume 42, Issue 5, 1 February 2021, Pages 373–498; https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612.
5. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F. et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. European Heart Journal (2022) 43, 561–632; https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395.

---

* *Комплекс программно-аппаратный медицинский Centricity Universal Viewer с принадлежностями. Комплекс программно-аппаратный для получения, просмотра, обработки, архивирования и передачи медицинских изображений и данных Centricity Universal Viewer с принадлежностями.*

** *Программное обеспечение для внешней рабочей станции для хранения, обработки и анализа ультразвуковых данных EchoPAC Software Only с принадлежностями.*

*** *Программно-аппаратный комплекс Centricity Enterprise Archive для хранения медицинской диагностической информации с принадлежностями.*

**** *Комплекс медицинский программно-аппаратный для получения, просмотра, обработки, архивирования и передачи медицинских изображений и данных AW Server с принадлежностями.*

JB01428RU