

Медицинские технологии

Журнал для лидеров в медицинской индустрии

Русский реформатор в диагностической визуализации

Основатель Лечебно-диагностического центра Международного Института Биологических систем
д-р Аркадий Столпнер:
«Все говорили нам, что у нас ничего не получится из-за высоких затрат».



«Методы в медицине, ранее считавшиеся безукоризненными и не имеющими аналогов, отходят на второй план, пропуская новые технологии, способные показывать лучшие возможности и результаты».

Евгений Городный,
директор региона в структурном подразделении «Здравоохранение»
в ведущей стране России

Евгений Городный,
директор региона в структурном
подразделении «Здравоохранение»
в ведущей стране России



Дорогие читатели,

мир не стоит на месте, каждый день мы видим все новые технические возможности, которые окружают нас почти во всех сферах жизни и конечно же в медицине, которая, безусловно, является одной из наиважнейших областей. Методы в медицине, ранее считавшиеся безукоризненными и не имеющими аналогов, отходят на второй план, пропуская новые технологии, способные показывать лучшие возможности и результаты. И это очень важный момент — ведь речь идет о жизни людей.

Важным фактором также представляется обучение новым технологиям и возможностям медицинского оборудования специалистов, которые каждый день трудятся в своей непростой нише.

Бывает, увы, что у многих медицинских работников нет возможностей съездить на обучающие тренинги, конференции или мероприятия, которые дадут им новую пищу для размышлений.

В настоящем выпуске нашего корпоративного журнала мы постарались собрать интересные клинические случаи в разных областях медицины; статьи, рассказывающие о применении современного диагностического оборудования и технологических решений для обслуживания пациентов — средств для профилактики, своевременного обнаружения, диагностики, лечения и дальнейшего ухода; многое другое и конечно же последние новости компании «Сименс».

Статьи, содержащиеся в данном журнале, разделены тематически, что, мы полагаем, поможет оптимизировать процесс нахождения интересующей вас области.

Каждый тематический раздел содержит несколько статей, исследований, клинических случаев, которые позволяют оценить разработки с различных точек зрения и, возможно, найти область интереса, нечто новое, что ранее не принималось во внимание.

Надеемся, что данный журнал окажется полезным и интересными!

С уважением,
Евгений Городный



- 6 Роль лизинга в развитии медицинских организаций во всем мире

Содержание

Сименс в России

- 6 Роль лизинга в развитии медицинских организаций во всем мире (исследование)

Заглавная статья

- 10 Русский реформатор в диагностической визуализации

Компьютерная томография

- 14 TwinBeam Dual Energy: новый эталон двухэнергетического исследования для КТ с одним источником рентгеновского излучения
- 16 Устранение артефактов от металла при травматологическом обследовании
- 18 SAFIRE в цифрах



38

Своевременная визуализация позволяет спасти жизнь



71

Успешное взаимодействие позволило внедрить низкодозовую цифровую маммографию

Магнитно-резонансная томография

- 20 Новое поколение систем для параметрического картирования сердца: клиническое значение T1- и T2-взвешенного картирования
- 24 Клинический случай: визуализация метастазов в печени с помощью последовательности CAIPIRINHA-Dixon-TWIST-VIBE
- 27 Бесконтрастная периферическая МР-ангиография QISS (Quiescent-Interval Single-Shot)

Медицинские IT-технологии

- 34 Видеть все — для блага пациента
- 38 Своевременная визуализация позволяет спасти жизнь

Ультразвуковое оборудование

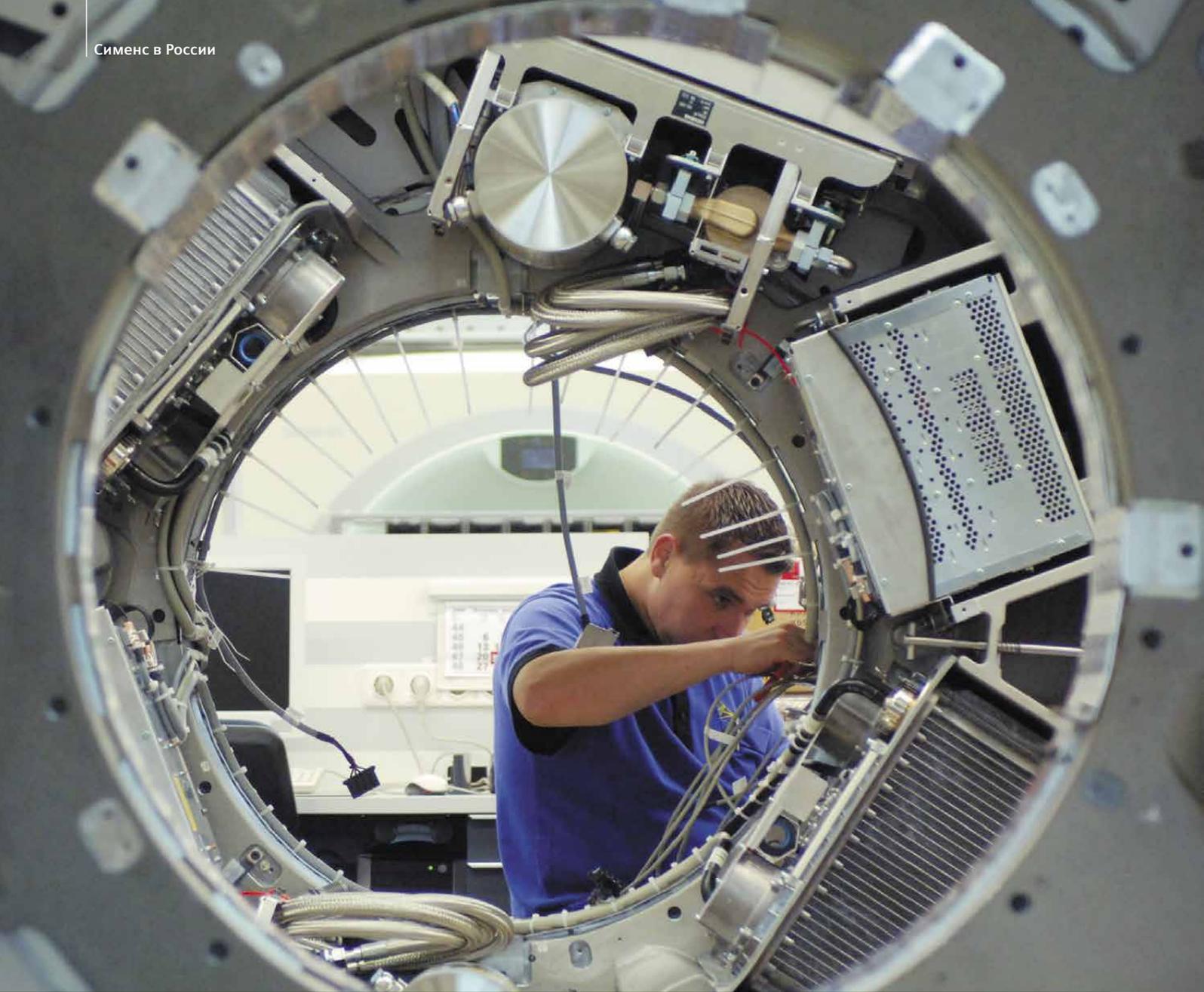
- 45 Автоматическая сонотография молочных желез (3D ABVS): интеграция УЗ-метода в радиологические стандарты томографии; клиническое применение сонотографии в диагностике рака молочных желез
- 61 Ультразвуковая ассистенция при проведении эндоваскулярных вмешательств

Рентгенология

- 64 Лечение наиболее твердых камней в почках
- 66 Успешное взаимодействие позволило внедрить низкодозовую цифровую маммографию

Лабораторная диагностика

- 70 Постигая объемы



Принимая вызов

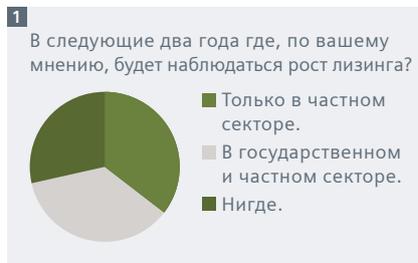
Роль лизинга в развитии
медицинских организаций
во всем мире (исследование)

Чтобы понять глобальные тенденции лизинга медицинского оборудования, Siemens Financial Services (SFS) организовал исследование среди 40 ведущих производителей медицинского оборудования, представляющих около 75% мирового рынка мед. изделий¹. В каждой опрашиваемой компании были определены респонденты, либо отвечающие за регион мира (например, Америка, Европа и т.д.), либо имеющие глобальную зону ответственности. Также представлен краткий обзор разных аспектов производительности, развития и финансового давления, оказываемого на системы здравоохранения десяти стран мира: Китая, Франции, Германии, Индии, Польши, России, Испании, Турции, Великобритании и США. В свете этих полученных результатов обобщается масштаб финансового вызова, преимуществ лизинга и поддержки, которую он оказывает в создании доступного и качественного здравоохранения в мире.

В зрелых системах здравоохранения оказание медицинских услуг становится более проблематичным по мере того, как возрастает спрос на них либо в результате старения населения, либо в силу новых факторов и тенденций (например, растущий уровень ожирения). В условиях развивающихся систем здравоохранения быстрый рост инфраструктуры привел к массовому спросу на капитал, так как страны стремятся сделать такие услуги здравоохранения более доступными для населения.

Одна черта объединяет здравоохранение во всех странах мира — потребность в устойчивом финансировании. Безусловно, современная медицинская технология ведет к снижению необходимости дорогостоящей инвазивной хирургии. Тем не менее, оборудование на замену устаревшему — достаточно дорогостоящее, и отвлечение капитала зачастую проблематично. При этом иногда неразумно списывать инвестиции на оборудование в течение десяти лет, когда высокая вероятность значительного технологического прорыва уже в течение трех-пяти лет.

¹См.: MDDI, Top 40 Medical Device Companies, 17 Oct 2013 — рейтинг по общей прибыли; MDO, Top 30 Medical Device Manufacturers, 2013.



Основные результаты в 10 странах, участвующих в исследовании

- 68% ведущих мировых производителей медицинского оборудования сообщили, что за последние два года возрос спрос их клиентов на лизинг, при этом ни один из них не отметил снижения спроса.
- За это время доля лизинговых сделок в глобальных продажах медицинского оборудования возросла в среднем почти на 7% в год.
- Более 60% респондентов полагают, что доля продаж медицинского оборудования в лизинг продолжит расти в течение следующих двух лет, в среднем более чем на 3% в год. С учетом прогнозируемого темпа роста рынка медицинских услуг (около 7% в год²) общий рост проникновения лизинга приближается к 10%.
- В то время как в последние два года рост спроса на лизинг медицинского оборудования в большинстве стран наблюдался со стороны как государственных, так и частных медучреждений, в следующие два года ожидается более сильный спрос со стороны частных клиник.
- 64% респондентов отмечают, что медучреждения во всем мире испытывают недостаток средств на обновление основных средств.
- 57% отмечают рост спроса медучреждений на лизинг для приобретения нового оборудования, что отражает тенденцию по обращению этих учреждений к лизингу для преодоления стесненности в капитальных средствах.
- 64% ведущих мировых производителей медицинского оборудования отметили, что их клиенты все чаще используют концепцию совокупной стоимости владения, учитывая прочие расходы (обслуживание, содержание, поломки, энергопотребление) при принятии решения о замене устаревающей медицинской техники.

²Sources: Espicom, World Medical Market to 2017; World Medical Market to 2018.

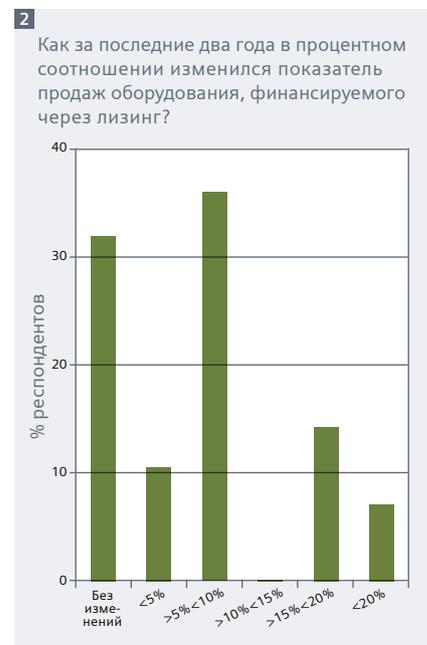
Лизинг в приобретении медицинского оборудования

Лизинг — рост, стабильность или спад?

Исследование касалось тенденций спроса на лизинг со стороны медучреждений во всем мире, прогнозов, а также отличий в спросе на лизинг и его основных стимулирующих факторов.

В целом, результаты исследования свидетельствуют о том, что лизинг играет ключевую и/или все более важную роль в финансировании медицинского оборудования.

По-видимому, спрос на лизинг за последние несколько лет вырос либо в результате низкой экономической активности зрелых экономик, либо в результате нехватки финансовых ресурсов у экономик, быстрыми темпами выстраивающих инфраструктуру здравоохранения.



Где наблюдается рост?

Респондентов также попросили назвать регионы мира, где наблюдается наибольшая динамика популярности лизинга медицинского оборудования, как в процентном, так и в абсолютном отношении.

В ответах респондентов, вне зависимости от их индивидуальной ответственности за тот или иной географический регион мира, наблюдался консенсус: в течение следующих трех

лет наиболее высокий спрос будет наблюдаться в следующих регионах:

- Больницы уровня 1 и 2 в Китае³.
- Частные больницы и клиники в России и Индии.
- Восточная Европа.
- Ближний Восток и Турция.
- Южная Америка (все страны).
- Крайне стесненные в средствах учреждения здравоохранения Южной Европы.

Оборудование с широкими возможностями

Врачи и финансовые директора отмечают, что вынуждены зачастую приобретать оборудование, которое «в целом соответствует потребностям», а не является «абсолютно топовым по техническим возможностям». С другой стороны, их подавляющее большинство рассматривают лизинг как средство освоения нужной им технологии и получения лучших и наиболее эффективных результатов лечения.

Еще одно общее наблюдение — и государственные и частные медучреждения изменили свое отношение: от идеи «владения» оборудованием они перешли к понятию «стоимости использования». Действительно, это выражение используется все чаще и чаще. Возможно, это связано с тем, что некоторые респонденты отметили постепенную передачу принятия решений об инвестициях от врачей профессионалам в финансовой сфере (например, финансовым директорам).

Помимо количества медицинских аппаратов, по общему мнению, важно также учитывать возраст оборудования и его сложность, поскольку эти факторы являются ключевыми с точки зрения качества услуг⁴.

³Китайская система здравоохранения разбита на три уровня. Больницы уровня 1 обслуживают менее 100 койко-мест и оказывают базовые медицинские услуги внутри сообществ. Больницы уровня 2 обслуживают от 100 до 500 койко-мест и охватывают города и ближайшие сообщества. Больницы уровня 3 — это очень крупные больницы с более чем 500 койко-местами, они располагаются в основных городах. Это наиболее оснащенные больницы, которые являются исследовательскими и образовательными центрами. Эти лучшим образом оснащенные больницы оказывают медицинские услуги на высоком уровне и обслуживают пациентов по месту жительства и из удаленных регионов.

⁴См., например, Fraser Institute, Old and Outdated Medical Equipment, May/June 2011; also Esmail, Nadeem, and Michael Walker. How Good is Canadian Health Care? An International Comparison of Health Care Systems. 2008 Report.

Каждая новая технология может сократить время осмотра и операции, улучшить качество клинического исхода, а также предоставить возможность оказания дополнительных услуг. Новые процедуры в целом являются менее инвазивными и означают меньший риск для пациентов. Современная компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная визуализация (МРТ), двухфотонная эмиссионная томография, радиационная медицина, ангиография — иными словами, технологии медицинской диагностической визуализации повышают качество медицинских услуг и предлагают простор для рационализации.

В частном медицинском секторе с учетом ограничений, связанных с расстоянием до места проживания пациентов, технологический потенциал является одним из ключевых факторов. Эта идея становится также все более применимой к государственным учреждениям здравоохранения. Ставки возмещения устанавливаются государством, но решение пациента о том, где лечиться, а средства, направляемые на его лечение, уже сейчас являются показателем качества оказываемых медицинских услуг во Франции и Германии, и постепенно становятся таковыми в Великобритании и Польше.

Совокупная стоимость владения

Другая причина, по которой медицинское оборудование не обновляется, — понятие совокупной стоимости владения (ССВ). Этот подход признает, что авансирование капитала является лишь частью общих операционных расходов на технологию. ССВ принимает во внимание администрирование, содержание, обслуживание, бездействие, обучение пользова-

телей и может во много раз превышать стоимость оборудования⁵.

Таким образом, устаревшее оборудование предполагает гораздо более высокие затраты на обслуживание и содержание⁶. **Эффективное управление общей «стоимостью использования», особенно там, где обслуживание и содержание включены в фиксированный ежемесячный платеж на протяжении всего периода лизинга, было названо большинством респондентов основным преимуществом лизинга для приобретения медицинского оборудования.**

По мнению респондентов, сейчас особенно важна гибкость и способность финансовых организаций обеспечить особые для рынка здравоохранения требования: 57% отметили возрастающий интерес в индивидуально разработанных лизинговых решениях. В частности, возрастает спрос на:

- сочетание оборудования, расходных материалов, программного обеспечения и обслуживания;
- лизинг со скидкой на организационный период (отсрочка погашения);
- финансирование непрерывных клинических или диагностических процессов;
- сделки по рефинансированию;
- экспресс-финансирование.

Такой спрос требует привлечения услуг специализированных финансовых учреждений (зачастую финансовых подразделений компаний, занимающихся технологическими разработками). Их преимущество — знание специфики оборудования, которое необходимо профинансировать, и того, как это повлияет на улучшение производительности.

«Качество и спектр услуг — основа репутации медицинского центра. Поэтому мы не только осуществляем постоянный контроль за точностью диагностики, но и приобретаем современное оборудование для самых разных обследований. В этом нам уже который раз помогает „Сименс Финанс“».

Кастырин Александр Игоревич,
генеральный директор сети диагностических центров

⁵HFMA, Estimate Less: Pay More, 1 Feb 2013.

⁶См. различные источники: SFS, The Transformation of Total Cost of Ownership, March 2013.

Это позволяет финансовым организациям предлагать гибкие схемы погашения без увеличения риска для клиентов.

«Качество и спектр услуг — основа репутации медицинского центра. Поэтому мы не только осуществляем постоянный контроль за точностью диагностики, но и приобретаем современное оборудование для самых разных обследований, — так проект по приобретению оборудования прокомментировал Кастырин Александр Игоревич, генеральный директор сети диагностических центров. — В этом нам уже который раз помогает „Сименс Финанс“ — представители компании отлично знают специфику работы медицинских учреждений и предлагают оптимальные варианты сделок лизинга медицинского оборудования. Я имею в виду не только оптимальное ценовое предложение, но и скорость рассмотрения сделки, что иногда является более важным параметром. Сотрудники представительства компании в Воронеже решают все вопросы, связанные с поставками оборудования, поэтому мы спокойно занимаемся своей работой — улучшаем обслуживание пациентов, не отвлекая собственные ресурсы».

Чтобы предлагать жителям региона обследование по европейским стандартам, руководство «МедЭксперт» приняло решение о привлечении заемных средств — рентген был приобретен в лизинг с помощью представительства «Сименс Финанс» в Воронеже. При этом, как уточняют в «МедЭксперт», именно такой вид финансирования позволяет компании оптимизировать расходы и открывать новые подразделения.

«Конечно, финансирование медицинского оборудования имеет свои особенности, и в этой сфере работают далеко не все лизинговые компании, — считает Максим Шумилов, директор представительства „Сименс Финанс“ в Воронеже. — Но мы сотрудничаем с компаниями российского рынка частной медицины с 2011 года и даже создали отдельный экспресс-продукт с одобрением достаточно крупных сумм инвестиций всего за несколько дней. Отмечу, что у „МедЭксперт“ отличная репутация среди пациентов Воронежа и Москвы, а мы теперь знаем эту компанию и как клиента,

«Конечно, финансирование медицинского оборудования имеет свои особенности, и в этой сфере работают далеко не все лизинговые компании, но мы сотрудничаем с компаниями российского рынка частной медицины с 2011 года».

Максим Шумилов,
директор представительства «Сименс Финанс» в Воронеже

который выполняет свои обязательства и использует все технологические преимущества оборудования „Сименс“ для улучшения диагностики».

В России еще в январе 2013 г. правительство одобрило национальный план развития системы здравоохранения на период с 2013 по 2020 гг. Программа состоит из 11 инициатив, направленных на несколько секторов, в том числе профилактику, здоровье и благополучие матерей и детей, а также медицинское восстановление/физиотерапию⁷. Это дополняет инициативу Здоровье-2020, разработанную с целью увеличения охвата сектора здравоохранения всеобщей системой медицинского страхования⁸. В 2014 г. была запущена пилотная программа возмещения затрат на лечение пациентов в нескольких регионах. Она охватит все регионы в 2015 г. и выйдет на полную мощность в 2019 г. Однако все это должно рассматриваться в свете бюджетных сокращений в секторе здравоохранения в пользу увеличения расходов на оборону⁹.

В российской системе здравоохранения частный сектор играет все более значительную роль. Он развился почти так же, как и частный сектор других услуг после введения принципа свободного рынка. Либерализация началась в 1990-х годах, а за последние 10 лет на частном рынке остались только успешные и устойчивые учреждения. Активнее всего частные клиники действуют в областях стоматологии, урологии, гинекологии и офтальмологии¹⁰.

⁷Источник: Espicom.

⁸PM Live, Russia's approach to health reform, 2013.

⁹RIA Novosti, Russia to Boost Spending on Defense Contracts by 25% in 2014, 20 Nov 2013.

¹⁰Источник: Frost & Sullivan.

В некоторых областях, в то же время, даже эти ниши рынка остаются недостаточно заполненными. Поэтому для дальнейшего развития простора достаточно. Ожидается, что частный рынок здравоохранения России сохранит текущий высокий темп роста, равный 12%, в ближайшем будущем¹¹. Препятствия на пути роста — жесткие правительственные инициативы, кредитоспособность граждан и нехватка квалифицированных специалистов¹² (в этом плане наблюдается схожесть с секторами здравоохранения Китая и Турции).

Основными стимулами роста в частном секторе являются проблемы с качеством, организованностью и оперативностью обслуживания в государственных медучреждениях¹³. В США здравоохранение опирается на развитую систему частных медицинских учреждений, составляющих не менее 60% медицинских учреждений страны; напротив, около 20% затрат на здравоохранение России приходится на частный сектор, но эта доля быстро растет.

Таким образом, оказание качественных услуг здравоохранения — универсальная задача для всех стран мира. Однако достижение этой цели возможно только при наличии устойчивого финансирования, особенно в России. ■

➔ www.siemens.com/finance

¹¹Источник: Russian Ministry of Health.

¹²Moscow Times, How Russian Middle Class is Driving Private Healthcare, 12 Dec 2012.

¹³The Russia Corporate World, The Future of the Russian Private Healthcare Market, 2013.

¹⁴MD Clinics, Our Markets.

⁵⁸Источники: Espicom, Forrester, PMR, Business Monitor, EMDT, National Depts of Business & Export, et al.

⁵⁹Источники: Previous column, World Bank, OECD, various others. 2014(e) — ожидается публикация до конца 2014 г.

⁶⁰Источник: World Bank.

Русский реформатор в диагностической визуализации

Десять лет назад доктор Аркадий Столпнер открыл в России первый частный центр магнитно-резонансной томографии. На сегодняшний день принадлежащие д-ру Столпнеру диагностические центры выполняют 20 процентов всех проводимых в России МРТ-исследований. И все эти десять лет Аркадий Столпнер сохраняет верность оборудованию «Сименс».

Текст: **Мориц Гатманн**. Фотографии: **Фабиан Вайс**

Двигаясь солнечным июньским днем на своем автомобиле через сосновые леса к северу от Санкт-Петербурга, Аркадий Столпнер просит по телефону своего помощника приобрести билет на следующую неделю на авиарейс до Казахстана — новый диагностический центр будет открыт именно там. И д-р Столпнер лично контролирует подготовку к открытию. У указателя «Центр „Гамма-нож“» д-р Столпнер поворачивает направо — и мы оказываемся в самом сердце принадлежащей ему «империи», которая помогла изменить положение дел в российском здравоохранении.

В свои 56 лет Аркадий Столпнер остается энергичным приветливым человеком и является хорошим примером того, как можно добиться всего своим трудом и талантами. В 80-е годы он начинал свою карьеру врачом, но как только горбачевская перестройка открыла перед ним новые возможности, д-р Столпнер основал первую в России клинику традиционной китайской медицины. В нестабильные 90-е от эксперимента пришлось отказаться, но к 2003 г. обстановка снова изменилась. Его старый приятель и известный врач Сергей Березин предложил Аркадию Столпнеру открыть частные диагностические центры магнитно-резонансной томографии. «В те времена, чтобы пройти МРТ-исследование в одной из государственных клиник Санкт-Петербурга, приходилось ждать четыре месяца», — рассказывает д-р Столпнер, сидя в своем кабинете в центре «Гамма-нож», который сегодня является лечебно-диагностическим учреждением на 50 коек и включает в себя отделения лучевой терапии, хирургии и химиотерапии.

Интуиция и доверие

«В то время в государственных клиниках катастрофически не хватало оборудования, а частных диагностических центров, оснащенных оборудованием для МРТ, не было вовсе», — поясняет Аркадий Столпнер. — Но все говорили нам,

что у нас ничего не получится из-за высоких затрат». Однако д-р Столпнер поверил своей интуиции и основал Лечебно-диагностический центр Международного Института Биологических систем имени С. М. Березина (ЛДЦ МИБС). В результате его основной посыл о необходимости высококлассной медицинской диагностики, отсутствием которой страдали государственные медицинские учреждения, полностью себя оправдал. Центр приобрел свой первый МР-томограф компании «Сименс» и принял первого пациента в августе 2003 г. В декабре 2004-го открылся второй центр — в Твери, а в 2005-м — третий, в Красноярске, расположенном в пяти с половиной тысячах километров от Санкт-Петербурга. «Мы поняли: если мы можем управлять центром, который находится далеко отсюда, то сможем делать это в любой точке страны», — рассказывает д-р Столпнер. Поскольку техническое обслуживание при таких больших расстояниях превращается в значительную проблему, ЛДЦ МИБС с самого начала начал обучать своих собственных сервисных инженеров.

Сегодня ЛДЦ МИБС насчитывает 77 диагностических центров в России и некоторых соседних странах, таких как Украина и Армения, большинство из которых оборудовано МРТ- и КТ-сканерами компании «Сименс» по программе ecoline.



Лечебно-диагностический центр в Санкт-Петербурге — лишь один из 77 центров, входящих в «империю» д-ра Столпнера.



*«Все говорили нам,
что у нас ничего
не получится из-за
высоких затрат».*

Д-р **Аркадий Столпнер**,
основатель Лечебно-
диагностического центра
Международного Института
Биологических систем имени
С. М. Березина (ЛДЦ МИБС),
Россия



1,2 миллиона МРТ-исследований в год подтверждают, что д-р Столпнер оказался прав, а скептики ошибались.

Системы esoline — это бывшее в эксплуатации оборудование «Сименс», которое восстанавливается, проходя процедуры чистки, дезинфекции, полной покраски поверхности, конфигурирования по индивидуальному заказам, модернизации, оснащения новейшим аппаратным и программным обеспечением. Восстановление систем Siemens esoline — комплексный процесс, который начинается с тщательной диагностики состояния системы перед демонтажем в учреждении, где она использовалась, и дает начало совершенно новому жизненному циклу под контролем специалистов компании «Сименс».

По выражению Столпнера он осуществляет «стратегическое партнерство с компанией „Сименс“». Только в этом году он заказал 12 МР-томографов и три КТ-сканера по программе esoline. «В области визуализационного оборудования „Сименс“ — лучшая компания», — говорит д-р Столпнер, идя по залитому светом коридору, соединяющему старую часть клиники с вновь построенным центром позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). В этой клинике установлен сканер Siemens BiographCT, который помогает локализовать опухоли. Компанию «Сименс» и д-ра Столпнера роднит отношение к качеству и надежности, что позволяет рассчитывать на долгосрочную перспективу их сотрудничества. «Наши отношения развивались долгие годы и дошли

до стадии, когда мы можем полностью доверять друг другу», — говорит он. Центры д-ра Столпнера ежегодно проводят 1,2 миллиона МРТ-исследований, что составляет 20 процентов от общего числа подобных исследований в России. Но предмет его особой гордости — клиника к северу от Санкт-Петербурга. Получая отчеты, в первую очередь от молодых врачей из региональных клиник, самые опытные врачи из консультационного центра дают около 340 заключений в день. При необходимости пациенты направляются в Санкт-Петербург. Здесь ежегодно проходят лечение 2500 пациентов.

Пионер в области радиохирургии

Д-р Столпнер гордится тем, что его центр оснащен высококласным оборудованием для радиохирургии и лучевой терапии. Еще несколько лет назад радиохирургия не применялась в России, просто не было соответствующего оборудования. В 2008 г. ЛДЦ МИБС стал вторым центром в стране, где появилось оборудование, использующее гамма-нож. Сегодня в его клинике используется кибер-нож CyberKnife® от компании Accuray, а с недавнего времени — и система True Beam от компании Varian.

Но д-р Столпнер считает, что у него еще есть возможности для развития. По его оценкам, в России можно

открыть не более 100 диагностических центров, но для расширения есть еще соседние страны. «В ближайшем будущем мы планируем открыть центр „Гамма-нож“ в Новосибирске, чтобы облегчить лечение для пациентов из Сибири», — поясняет д-р Столпнер.

Времена меняются. По словам д-ра Столпнера, в последние несколько лет конкуренция стала жестче: «Появились другие частные клиники, которые предлагают диагностические услуги, а с 2008 г. государственные больницы стали инвестировать большие средства в оборудование». Впрочем, Аркадий Столпнер с самого начала понимал: одного оборудования недостаточно. Важной составляющей успеха ЛДЦ МИБС стало обучение врачей работе на оборудовании — с 2003 г. такое обучение прошли более 300 человек. Перед началом работы с новым высокотехнологичным оборудованием, которое они до этого никогда не видели, новые сотрудники из регионов на несколько месяцев приезжают в клинику Санкт-Петербурга, где проходят интенсивные курсы, сертифицированные Министерством образования РФ.

Один из них, 29-летний нейрохирург Александр Кузьмин из Тюмени, только что закончил МРТ-исследование молодого пациента. Он работает в центре Столпнера с 2010 г. «Здесь

Российское здравоохранение: факты и цифры

Общие затраты на здравоохранение
на душу населения в долл. США (2011 г.): **1316**

Общие затраты на здравоохранение
в процентах от ВВП (2011 г.): **6,2**

Затраты государства на здравоохранение (2011 г.):

413 млрд руб.

(12,73 млрд долл. США)

Затраты государства на здравоохранение
в процентах от ВВП (2011 г.): **3,7**

Рынок услуг медицинского страхования (2011 г.).
Обязательное страхование:

604 млрд руб.

(18,61 млрд долл. США)

Страхование в частных компаниях:

95 млрд руб.

(2,93 млрд долл. США)

Частный рынок медицинских услуг (2012 г.):

500—540 млрд руб.

(15,41—16,64 млрд долл. США)

Источники: ВОЗ <http://www.who.int/countries/rus/en/index.html>,
Росстат, http://www.raexpert.ru/researches/publications/dms_2014,
исследование РБК, http://marketing.rbc.ru/news_research/21/01/2013/562949985553852.shtml

имеется новейшее оборудование и применяются новейшие методы лечения», — говорит Кузьмин. Именно поэтому он не раздумывал, получив предложение от д-ра Столпнера, когда закончил университет. Как и Кузьмину, большинству работающих у д-ра Столпнера врачей от 25 до 40 лет. «Наши врачи, особенно в регионах, пользуются большим спросом у конкурентов, — говорит Столпнер. — Но обычно они остаются работать с нами. И мы ценим их лояльность».

Еще одной составляющей успеха Аркадия Столпнера является сотрудничество с государственными структурами, что крайне важно в системе, где в здравоохранении все еще доминирует государство. Большинство граждан все еще пользуются государственным медицинским страхованием, хотя данный вид страхования открывает доступ лишь в государственные клиники. Именно поэтому 9,5 пациентов д-ра Столпнера имеют дополнительный полис медицинского страхования частных компаний, а 90 процентам пациентов приходится платить за себя самим. «В регионах мы заключаем взаимовыгодные соглашения с местными властями», — объясняет д-р Столпнер. Применительно к Санкт-Петербургу это означает, что город оплачивает лечение в клинике д-ра Столпнера некоторым категориям граждан, которые не в состоянии сделать это сами.

Д-р Столпнер надеется также войти в государственную медицинскую программу под эгидой Министерства здравоохранения. Это позволит лечиться в его центрах «обычным» людям, не имеющим дополнительных полисов от частных страховых компаний. «Государство вкладывает много средств в свои клиники, но мы убеждены, что можем работать лучше и эффективнее», — говорит д-р Столпнер. ■

Мориц Гатманн (Moritz Gathmann) работает в России с 2008 г. в качестве корреспондента различных немецких журналов и газет. Его статьи публиковались в Der Spiegel, Süddeutsche Zeitung, Frankfurter Allgemeine Zeitung и многих других изданиях.

Дополнительная информация

www.siemens.com/ecoline

TwinBeam Dual Energy: новый эталон двухэнергетического исследования для КТ с одним источником рентгеновского излучения

TwinBeam Dual Energy — это инновационная технология, имеющаяся только у компании «Сименс». По сравнению с другими технологиями, она позволяет проводить исследования более гибко, поскольку дает возможность одновременно получать наборы данных высоко- и низкоэнергетических изображений, что вкпе со снижением дозы обеспечивает формирование изображений отличного качества.

Сюзанна Хольцер и Йоханнес Георг Корпораал, PhD

Отделение компьютерной томографии структурного подразделения «Здравоохранение», Форхайм, Германия

Расширение возможностей двухэнергетического исследования

Технология Dual Source Dual Energy (DSDE), представленная компанией «Сименс» в 2005 г., считается признанным эталоном в области компьютерной томографии с двумя источниками рентгеновского излучения. С самого начала целью разработки было получить технологию, пригодную для клинического применения, а не просто исследовательский инструмент.

Чтобы преимуществами двухэнергетического исследования могли воспользоваться больше пользователей, компания «Сименс» внедрила технологию Dual Energy в модельный ряд томографов от 16 до 128 срезов с одним источником рентгеновского

излучения и режимом сканирования Dual Spiral.

Набор возможностей двухэнергетического исследования теперь расширен, с внедрением технологии Dual Energy TwinBeam¹ в томографы SOMATOM Definition Edge. Технология Dual Energy позволяет одновременно получать высоко- и низкоэнергетические наборы данных с использованием одного источника рентгеновского излучения, расширяя возможности контрастного исследования.

В клинической практике технология Dual Energy компании «Сименс» применяется практически у любых пациентов, без снижения качества изображений или чрезмерного увеличения дозы облучения.

TwinBeam Dual Energy: принцип работы

TwinBeam Dual Energy — новая технология, в которой реализован принципиально новый метод КТ-сканирования с двумя энергетическими уровнями (Dual Energy). Для создания одновременно двух спектров из одной рентгеновской трубки поток излучения предварительно фильтруется через два различных материала: золото (Au) и олово (Sn). В результате рентгеновский пучок 120 кВ разделяется на высоко- (Sn) и низкоэнергетический (Au) пучки рентгеновского спектра, и только затем проходит через тело пациента (рис. 1).

Вследствие дополнительной фильтрации излучения при этой техно-

1



1

На схеме визуализации КТ-сканирования с технологией TwinBeam видно, что получение наборов данных происходит одновременно.

логии рентгеновская трубка должна обеспечить достаточные резервы мощности, легкодоступные на томографах компании «Сименс» с трубкой STRATON®.

Изображения можно получать при всех значениях времени оборота гентри (до 0,28 секунды) и по всему полю зрения размером 50 см. Кроме того, в отличие от других КТ-технологий двухэнергетического сканирования на одном источнике рентгеновского излучения, для обоих спектров остается доступен весь набор проекций, что позволяет не ухудшать качество изображений. С точки зрения получения сигнала, при одновременном наборе низко- и высокоэнергетических данных реконструкцию можно проводить по отдельности, формируя серию изображений, полученных с высокой и низкой энергией. Эти наборы данных можно анализировать независимо друг от друга. Кроме того, доступна объединенная реконструкция (с игнорированием спектральных различий), позволяющая получить набор одноэнергетических изображений без ущерба для качества изображения.

Клинические преимущества технологии TwinBeam Dual Energy

Технология TwinBeam Dual Energy позволяет одновременно получать высоко- и низкоэнергетические наборы данных. Поэтому возможно использование клинических приложений True Dual Energy на КТ с одним источником рентгеновского излучения, не повышая дозу облучения. Можно последовательно внедрять, в соответствии с принципом ALARA, полный набор методов снижения доз, таких как ADMIRE² и CARE Dose4D. Среди основных клинических преимуществ можно назвать, например, обследование при тромбоэмболии легочной артерии с помощью программного обеспечения *syngo*. CT DE Lung Analysis. Это приложение позволяет немедленно, буквально одним взглядом, проанализировать диагностическую информацию, например, о локализации пораженного сосуда, и подробно осмотреть область нарушения кровоснабжения в паренхиме легкого. Сочетание программного обеспечения TwinBeam Dual Energy и DE Direct Angio позволяет визуализировать сосудистую систему



2 КТ ангиография всего тела с помощью программного обеспечения Dual Energy TwinBeam; визуализируется инфраренальная аневризма брюшной аорты (AAA). После автоматического удаления костных структур можно легко сформировать VRT-изображения (рис. 2B).
С разрешения университета Эрлангена-Нюрнберга, Эрланген, Германия.

без отображения костных структур, что облегчает диагностику сердечно-сосудистых заболеваний.

Первые клинические результаты подтвердили эффективность сочетания технологий TwinBeam и Dual Energy. Карты распределения йодсодержащего контрастного вещества в ткани легких, печени и почек позволяют визуализировать распределение препарата по всему обследуемому объему и формировать виртуально неконтрастированные изображения (VNC) без появления артефактов. Также технология Dual Energy очень эффективна для удаления изображения костной ткани при сканировании как грудной, так и брюшной полости, а также головы. Это означает, что новый метод получения изображений TwinBeam Dual Energy позволяет получать высококачественные изображения и надежно диагностировать поражения.

Заключение

Программное обеспечение TwinBeam Dual Energy полностью и без каких-либо ограничений отвечает техническим требованиям к использованию в повседневной клинической практике. Набор возможностей программного обеспечения Dual Energy для КТ на платформе *syngo.via* в настоящее время можно применять и в случаях визуализации с использованием одного источника рентгеновского излучения. ■

¹ Система TwinBeam Dual Energy в настоящее время ожидает сертификации 510(k) и в США в продажу еще не поступила.

² В клинической практике использование при КТ алгоритма ADMIRE позволяет, в зависимости от клинических показаний, размеров тела пациента, анатомической локализации и клинического опыта, уменьшить дозу облучения. Чтобы определить подходящую дозу для получения изображений диагностического качества для конкретной задачи, необходимо проконсультироваться с рентгенологом и дозиметристом.

Устранение артефактов от металла при травматологическом обследовании

Клиника Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik одной из первых установила томограф SOMATOM® Definition Edge вместе с технологией двухэнергетического сканирования Dual Energy для уменьшения артефактов от металла.

Юрген Мерц, PhD

Отделение компьютерной томографии структурного подразделения «Здравоохранение», Форхайм, Германия

Клиника Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik (BGU), расположенная недалеко от университетской больницы Тюбингена, является основным травматологическим центром на юго-западе Германии.

В середине 2012 г. клиника решила заменить старый КТ на систему SOMATOM Definition Edge. Клиника BGU одним из первых клиентов установила томограф SOMATOM® Definition Edge вместе с технологией двухэнергетического сканирования Dual Energy для уменьшения артефактов от металла. Высокотехнологичный КТ с одним источником рентгеновского излучения компании «Сименс» оснащен широко известным детектором Stellar и рядом дополнительных технологий, позволяющих снижать дозу облучения. Теперь врачам в BGU легче оценивать состояние тканей и костных структур вблизи металлических имплантатов (шурупы, винты, пластины), по сравнению с томографами предыдущих поколений. Соответственно, металлические имплантаты можно удалять раньше.

Клинические задачи травматологического центра

Клинические задачи травматологического центра BGU в основном включают в себя медицинские услуги при всех видах травм, от переломов до операций на позвоночнике и политравмы. Большому количеству пациентов на несколько недель устанавливают металлические имплантаты, чтобы зафиксировать сложные переломы или области дегенерации костной ткани. Кроме того, многим пациентам требуется проводить томографию более одного раза — к примеру, для динамического наблюдения после операции. Главный рентгенолог клиники BGU, Оливер Лус, MD, является опытным пользователем томографа SOMATOM Definition Edge и приложения для моноэнергетической визуализации КТ-изображений с двумя энергетическими уровнями. Для клиники важно, что недавно установленный КТ позволяет получить изображения высокой диагностической ценности при наименее возможной дозе облучения, а с другой стороны — позво-

ляет повысить значимость клиники как специализированного регионального травматологического центра.

Трудности визуализации при наличии металлических объектов, вызывающих артефакты

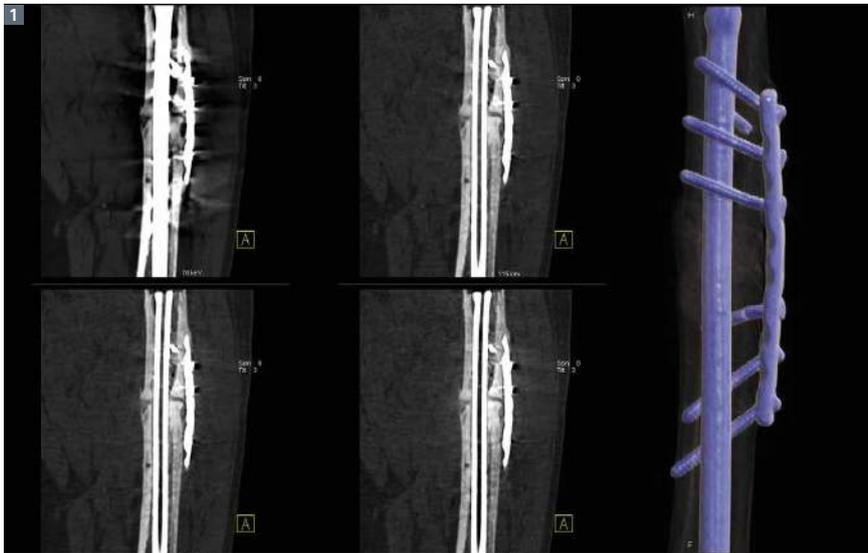
Металлические имплантаты часто вызывают появление линейных артефактов, и это затрудняет дифференцирование тканей вблизи такого металлического объекта, стабилизирующего массивные сложные переломы или фиксирующего хрупкие позвонки. «Просто для безопасности мы прежде предпочитали оставлять имплантат в организме дольше необходимого, чем слишком рано его извлечь», — говорит доктор Лус.

Моноэнергетическая визуализация с программным обеспечением Dual Energy позволяет рентгенологам просматривать изображения при различных уровнях энергии (при различных значениях кЭВ), и, в соответствии с потребностями, уменьшать помехи от металлических объектов (артефакты).

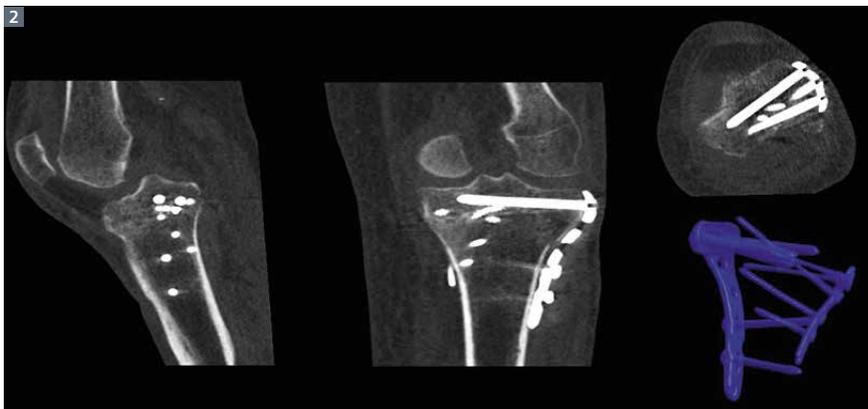
«Наш опыт визуализации с помощью системы SOMATOM Definition Edge позволяет избегать ненужных оперативных вмешательств, и в то же время извлекать пластины и другие имплантаты на более ранних сроках, чем прежде. Это снижает стоимость лечения и позволяет избежать множества неудобств и нам, и нашим пациентам».

Оливер Лус,
MD, врач-рентгенолог университетской больницы и клиники BGU,
Тюбинген, Германия





1 Исследование снимка нижней конечности мужчины, полученного при дозе всего 0,18/0,20 мЗв. Четко визуализируется внутрикостный штифт в бедренной кости, при этом помехи от этого металлического объекта снижены, что повышает точность диагностики. С разрешения клиники BGU, Тюбинген, Германия.



2 Моноэнергетическая КТ-визуализация; визуализируется перелом дистальной части лучевой кости с синостозом костей предплечья. С разрешения клиники BGU, Тюбинген, Германия.

Отличное качество визуализации — быстро и при низкой дозе облучения: технические характеристики

Помимо быстрого сканирования со значением pitch 1,7, позволяющего визуализировать поражение при травме со скоростью до 23 см/с, томограф SOMATOM Definition Edge снабжен детектором Stellar, обеспечивающим высокое соотношение сигнал/шум. Сочетание технологии Edge, толщины срезов 0,5 мм и алгоритма SAFIRE обеспечивает отличное качество изображений при снижении дозы облучения на 60%¹. «Система SOMATOM Definition Edge позволяет проводить исследование при крайне низкой дозе облучения и с отличным качеством», — отмечает доктор Лус.

Безопасные удаления имплантата в более ранние сроки

SOMATOM Definition Edge и технология Dual Energy позволяют нам лучше оценивать состояние костной ткани при наличии металлических объектов. «В среднем мы, как правило, предлагаем удалять металлические имплантаты раньше, чем при обследовании на старых системах», — заключает доктор Лус. Пациенту можно раньше начинать реабилитацию, и восстановление после травмы происходит быстрее. Клинике данный томограф также выгоден: новая технология позволяет привлечь дополнительных пациентов и помогает предотвратить проведение ненужных хирургических вмешательств вследствие неверной интерпретации диагностических изображений. ■

Дополнительная информация

www.siemens.com/SOMATOM-Definition-Edge

¹В клинической практике использование при КТ-исследовании алгоритма SAFIRE позволяет, в зависимости от клинических показаний, размеров тела пациента, анатомической локализации и клинического опыта, уменьшить дозу облучения. Чтобы определить подходящую дозу для получения изображений диагностического качества для конкретной задачи, необходимо проконсультироваться с рентгенологом и дозиметристом. Снижение лучевой нагрузки на 54–60% при использовании алгоритма реконструкции SAFIRE было определено с помощью описанного ниже метода тестирования. Шумы, КТ-показатели, однородность, низкоконтрастное разрешение и высококонтрастное разрешение оценивали с помощью фантома Gammex 438. По результатам этого теста данные с низкой лучевой нагрузкой, реконструированные с помощью алгоритма SAFIRE, продемонстрировали то же качество изображений, что и данные с полной лучевой нагрузкой.

SAFIRE в цифрах

Государственная больница Бисетр, расположенная в южной части Парижа, входит в состав обширного комплекса университетской больницы Пари-Зюд. Больница приобрела компьютерный томограф SOMATOM® Definition AS компании «Сименс» в марте 2010 г., и обновила его, добавив программное обеспечение для итерационных реконструкций SAFIRE (итерационная реконструкция с подтверждением по синограммам — Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction) в сентябре 2013 г. Больнице Бисетр, крупному учреждению общественного здравоохранения, приходится использовать дежурный сканер буквально круглосуточно. В ней проводят около 22 000 обследований в год у примерно 15 000 пациентов.

Текст: **Билл Хинчбергер**, фотографии: **Антуан Дуайен**

Поскольку доказательных данных о способности программного обеспечения SAFIRE реконструировать изображения хорошего качества при более низких дозах облучения обычно всегда оказывается недостаточно, лаборант больницы Бисетр Альфредо Кантарина и доктор Лоуренс Роше, MD, провели подробные сравнительные исследования у одних и тех же пациентов до и после обновления программного обеспечения.

Их главный вывод: в среднем SAFIRE¹ позволяет при различных настройках снизить дозы облучения на 30 процентов без какого-либо существенного ухудшения качества изображений. Снижение дозы особенно важно в случаях повышенной чувствительности больных к облучению, например у беременных женщин и при заболеваниях, требующих многократных исследований в динамике для оценки прогрессирования болезни и эффективности методов лечения.

Альфредо Кантарина, рентгенолаборант, больница Бисетр, Париж, Франция



Как бы вы описали SAFIRE людям, ранее с ним не сталкивавшимся?

Кантарина: SAFIRE означает «итерационная реконструкция с подтверждением по синограммам». Звучит сложно, но я нашел этому простое объяснение. Формируя изображение, вы получаете сигнал, но также и шум. SAFIRE распознает шум и устраняет его, таким образом вы получаете более качественное изображение.

Почему больница Бисетр приобрела программное обеспечение SAFIRE?

Роше: Это государственное учреждение, поэтому решение принимал отдел закупок AGEPS (Генерального агентства по оборудованию и продукции в сфере здравоохранения). Я знала, сколько это будет стоить, и что сумма была значительной, поэтому спросила себя, стоит ли оно того. Перед обновлением программного обеспечения я собрала подробную информацию,

так что впоследствии могла сравнить ее с полученными результатами. Я не участвую в принятии решений о расходовании средств, но мы с удовольствием отметили, что лица, принимающие решения в AGEPS, действовали в интересах пациентов.

Что вы обнаружили, когда сравнили данные до и после обновления?

Кантарина: Например, я изучил данные о произведении дозы на длину, в мГр на см, с учетом индекса массы тела у онкологических больных до и после обновления. Построив график, например, для исследований органов грудной клетки и брюшной полости, я обнаружил, что дозы благодаря SAFIRE снизились в среднем на 30 процентов.

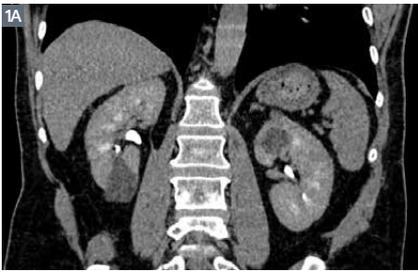
Расскажите подробно, какие преимущества обеспечивает SAFIRE?

Кантарина: В двух словах, оно уменьшает шум. SAFIRE распознает



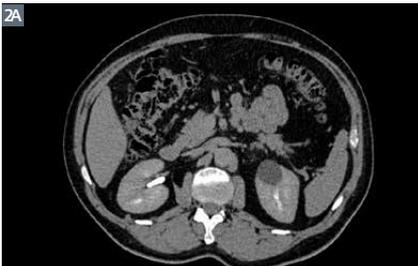
«В конце концов, нужно помнить, что мы работаем для пациентов».

Лоуренс Роше, MD,
Больница Бисетр, Париж,
Франция



1

Рис. 1А был получен до подключения программного обеспечения SAFIRE при дозе $CTDI_{vol}$ равной 17 мГр. Рис. 1В представляет собой аналогичное изображение, полученное с помощью SAFIRE при дозе всего 9 мГр.



2

Снижение дозы в сочетании с применением программного обеспечения SAFIRE позволяет обеспечить стабильность визуального качества получаемых изображений. Рис. 2А представляет аксиальное изображение при первоначальной дозе, а на рис. 2В показано применение программного обеспечения SAFIRE в сочетании с уменьшением дозы.

и устраняет шум, что позволяет повысить качество изображения. Кроме того, метод CARE kV автоматически настраивает напряжение на трубке до более низкого, в зависимости от проводимого вида исследования. При сканировании с использованием контрастных средств и если позволяют размеры тела пациента, CARE kV автоматически подстраивает напряжение до меньших значений в кВ. Тем самым обеспечиваются два преимущества: снижение напряжения на трубке, что значительно снижает дозу для пациента, и более качественное контрастирование.

В каких клинических ситуациях это особенно важно?

Кантарина: Программное обеспечение SAFIRE несомненно полезно для визуализации и настройки оборудования в очень многих клинических ситуациях. В случае рака почки оно обеспечивает 41-процентное снижение дозы облучения. Это просто феноменально. И очень важно для этой группы больных, поскольку в ходе курса химиотерапии их нужно обследовать каждые шесть месяцев.

Насколько важно рентгенологу контролировать процесс работы при использовании SAFIRE?

Кантарина: Может быть, это сравнение прозвучит немного напыщенно, но даже самыми красивыми машинами, такими как новейшие реактивные самолеты, должен управлять пилот. В этом и состоит наша, рентгенологов, работа — держать штурвал, пока машина работает.

Насколько трудно было приспособиться к SAFIRE после использования других систем?

Роше: Как-то мне этот вопрос задали на профессиональной конференции. До установки сканера SOMATOM Definition в марте 2010 г. у нас был сканер производства другой компании. Понятно, что на ознакомление с новой машиной нужно некоторое время, но после шести месяцев работы все пошло на лад. Спустя четыре года о старой системе никто уже не вспоминает. После установки SAFIRE прошло восемь месяцев. Рентгенологи могут подтвердить, что использование SAFIRE стало привычным, и они полностью приспособились к программному обеспечению. ■

Билл Хинчбергер, ранее работавший корреспондентом The Financial Times и Business Week в Южной Америке, теперь работает внештатным автором в Париже. Он публиковался в таких изданиях, как The Lancet и Science, и писал репортажи для сети медицинского образования Канады.

Чтобы определить подходящую дозу для получения изображений диагностического качества для конкретной задачи, необходимо проконсультироваться с рентгенологом и дозиметристом. Снижение лучевой нагрузки на 54–60% при использовании алгоритма реконструкции SAFIRE было определено с помощью описанного ниже метода тестирования. Шумы, КТ-показатели, однородность, низкоконтрастное разрешение и высококонтрастное разрешение оценивали с помощью фантома Gammex 438. В этом тесте выявлено, что данные для низкой дозы при реконструкции с помощью алгоритма SAFIRE обеспечили такое же качество изображений, как и данные исследования с полной дозой облучения. Данные приведены в файле.

Результаты, о которых сообщают здесь клиенты концерна «Сименс», были получены с помощью имеющихся у них уникальных конфигураций. В связи с отсутствием «стандартной» конфигурации для лечебного учреждения и наличием множества изменяемых факторов (размер учреждения, состав пациентов, уровень внедрения ИТ и пр.), нельзя гарантировать, что другие пользователи смогут достичь аналогичных результатов.

Дополнительная информация

www.siemens.com/care-right

¹ В клинической практике использование при КТ алгоритма SAFIRE позволяет, в зависимости от клинических показаний, размеров тела пациента, анатомической локализации и клинического опыта, уменьшить дозу облучения.

Новое поколение систем для параметрического картирования сердца: клиническое значение T1- и T2-взвешенного картирования

Вивиана Местрини; Амна Абдель-Гадир; Анна С. Херри; Джеймс С. Мун

Центр визуализации кардиологической больницы, больница университетского колледжа Лондона, Лондон, Великобритания

Введение

Магнитно-резонансная томография сердечно-сосудистой системы — важный метод исследования сердца, позволяющий правильно оценить функцию и перфузию сердечной мышцы. Однако ключевым и уникальным преимуществом является возможность непосредственно изучить основные свойства ткани миокарда — «охарактеризовать состояние ткани миокарда».

В период с 2001 по 2011 гг. основными методами описания состояния тканей были последовательности, «взвешенные» по магнитным свойствам — T1-взвешенные изображения для рубцов (LGE) и T2-взвешенные для отеочной ткани (зона риска, миокардит). Эти методы визуализации, особенно LGE, изменили теоретические представления и клиническую практику в кардиологии.

Однако для этих методов существует ряд ограничений: их оба трудно оценить количественно — в частности, метод LGE позволяет точно диагностировать инфаркт миокарда, но гораздо труднее дает количественную оценку неишемической кардиомиопатии.

Более фундаментальное отличие состоит в том, что эти последовательности предназначены для оптимизации контрастирования между здоровой и патологической тканями, то есть проведения дифференциации между здоровыми и патологическими клетками. В результате не обнаруживаются необратимые поражения миокарда, например диффузная инфильтрация (фиброз; отложение амилоида, железа, липидов; тотальное воспаление).

Недавно благодаря быстрому развитию технологий были предложены новые инновационные методы картирования. Вместо «взвешенных» изображений они формируют пиксельную карту, где цвет каждого пикселя отражает значение показателей T1 или T2 (или T2*). Эти новые последовательности можно получить за один цикл задержки дыхания, они более надежные, и в настоящее время стали широко доступны. С помощью T1-картирования при рациональном проведении контрастирования предоставляется возможность измерить объем внеклеточного пространства (ECV) и количественно определить состояние интерстиции (отек, фиброз или отложение амилоида), и представить их в виде карты. Первые результаты применения этих методов очень благоприятны, таким образом, они могут открыть новую эру в МРТ в кардиологии.

T1-картирование

Первоначально методы измерения T1 предусматривали кратковременную задержку дыхания. Их проводили длительно, и они были некомфортны для пациента, но при этом позволяли количественно оценить выраженность диффузного фиброза в миокарде — фундаментального показателя состояния миокарда, потенциально имеющего высокое клиническое значение [1]. Степень выраженности диффузного фиброза у здоровых добровольцев и у больных различалась [2], и это различие оказалось значимым при ряде заболеваний.

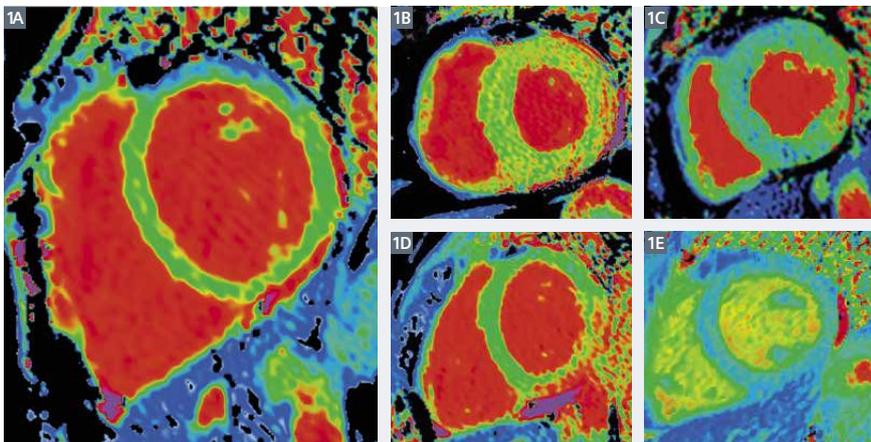
Методы T1-картирования основаны на подходе MOLLI* с изменениями, позволяющими сократить период задержки дыхания, меньше зависеть от сердечного ритма и лучше регистрировать изображения для получения более четких карт; однако при этом требуется преобразование поля — хотя сохраняется возможность использования целого ряда последовательностей [3–5]. Существует два основных способа использования T1-картирования: без или до проведения контрастирования — нативное T1-картирование; и с контрастированием, обычно путем вычитания нативных карт до и после с коррекцией по гематокриту для определения ECV [6].

Нативный T1

Нативное T1-картирование (T1 до введения контраста) позволяет изучить внутреннюю контрастность миокарда (рис. 1). При увеличенном объеме внеклеточного пространства время T1, измеряемое в миллисекундах, оказывается более высоким. Примерами являются фиброз (фокальный, как при инфаркте миокарда, или диффузный) [7–8], отек [9–10] и амилоидоз [11]. При накоплении сфинголипидов (болезнь Андерсона-Фабри, БАФ) параметр T1 снижается [12], как и при накоплении железа [13].

При некоторых редких заболеваниях эти изменения оказываются значительными. Большие изменения миокарда, даже на ранней стадии заболевания, хорошо обнаруживаются и без контрастирования. При болезнях, связанных с накоплением

*Данный продукт находится на стадии разработки и не продается в США. Нельзя гарантировать доступность этого продукта в будущем.



1 Нативные T1-карты (1A) у здоровых добровольцев (автор VM): миокард однородно зеленого цвета, и кровь окрашивается в красный цвет; (1B) повышенный показатель T1 (красный цвет) в миокарде из-за амилоидоза сердца; (1C) болезнь Андерсона-Фабри: за счет отложений липидов миокард характеризуется сниженным временем T1 (синий цвет) — за исключением нижней боковой стенки, где имеется зона фиброза (красный цвет); миокардит (1D), за счет локального отека миокард характеризуется повышенным значением T1 (красный цвет); перегрузка железом (1E): сниженное значение T1 (синий цвет) в миокарде за счет отложения железа.

железа, амилоида и при БАФ эти изменения появляются раньше любых других нарушений, например, на их фоне может не выявляться гипертрофия левого желудочка, при нормальной ЭКГ данные МРТ будут в норме — таким образом, T1-картирование позволит получить совершенно новую информацию. На фоне уже развившейся болезни Андерсона-Фабри низкие значения T1 позволяют абсолютно точно отличить патогенез БАФ от патогенеза при гипертрофии левого желудочка [12], в то время как на фоне уже развившегося амилоидоза повышение значения T1 отражает изменения других известных маркеров поражения сердца [11].

Однако, несмотря на то, что результат нативного определения T1 у здоровых добровольцев стабилен в соотношении 1 к 30, это все же зависит от исходных данных (производитель магнита, использованные последовательности и вариант последовательностей, напряженность поля) [14]. Поэтому необходимо знать диапазоны нормальных значений для вашего набора настроек системы.

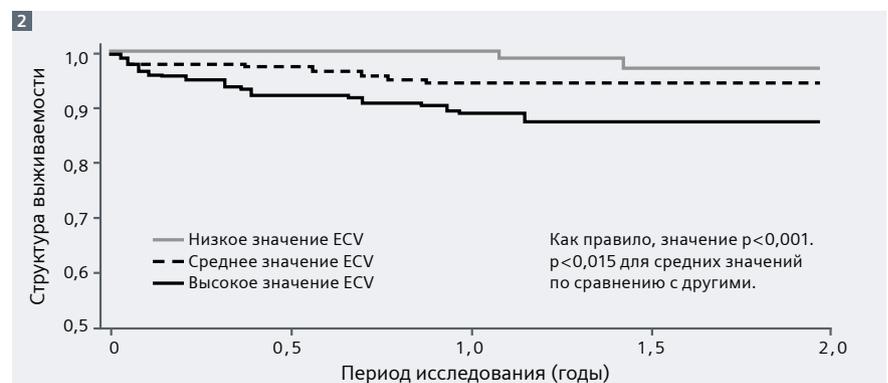
Полученный сигнал является суммационным — он включает компонент и от интерстиция, и от миоцитов. Введение внеклеточного контрастного вещества добавляет к T1-картированию еще одно измерение и позволяет изолированно охарактеризовать внеклеточное пространство.

Объем внеклеточного пространства (ECV)

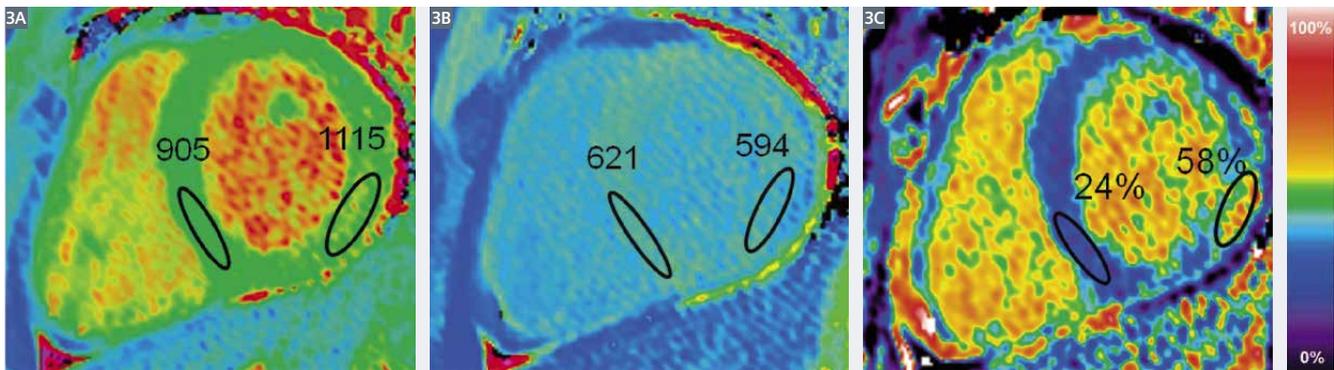
Первоначально определяли величину T1 после контрастирования, но результаты измерения оказывались искаженными из-за почечного

клиренса, дозы гадолиния, конституции тела пациента, времени после введения контраста, наличия гематокрита. Поэтому лучше измерять показатель ECV. Соотношение изменения значения T1 между кровью и тканью миокарда после контрастирования, когда контрастное вещество распределилось по тканям (например, через 15 минут после введения контраста — дополнительное введение обычно не требуется) [15, 16] представляет собой коэффициент разделения контрастного вещества [17] с поправкой на гематокрит. Данный коэффициент отражает объем внеклеточного пространства в миокарде, т. е. величину ECV [1]. ECV является специфическим и проверенным показателем расширения внеклеточного пространства. В клинической практике оно наблюдается при фиброзе, амилоидозе и отеках. Чтобы различить их, важно учитывать степень изменения ECV в каждом клиническом контексте. Поэтому может быть полезен многопараметрический подход (например, T2-картирование или дополнительный анализ T2-взвешенных изображений).

Значения ECV при амилоидозе могут становиться значительно выше, чем при любой другой болезни [18], тогда как при старении происходят небольшие изменения, близкие к порогу чувствительности метода, но имеющие большое клиническое значение [19, 20]. Для заболеваний, сопровождающихся небольшим увеличением ECV, необходимо тщательно анализировать погрешности вследствие ошибок оценки частичного объема крови. Тем не менее, даже незначительные изменения ECV влияют на дальнейший прогноз. Среди 793 пациентов, наблюдаемых в динамике, с интервалом более 1 года (были исследованы все поступившие пациенты, после исключения амилоидоза и гипертрофической кардиомиопатии, причем измерения проводили вне областей LGE), глобально показатель ECV позволяет прогнозировать краткосрочный летальный исход (рис. 2) [21]. Также в этой группе были выявлены высокие ($n = 1000$) значения ECV у диабетиков. После терапии блокаторами ренин-ангио-



2 Значение ECV в тканях внерубцовых изменений (области LGE исключены) коррелирует с общей смертностью (вне зависимости от причин) [21].



3 Пациент с миокардитом. Слева представлена нативная T1-карта, на которой T1 имеет самое высокое значение в нижнебоковой стенке (1115 мс); в центре — T1-карта после контрастирования, на которой показано укороченное значение T1 после введения контраста (594 мс); справа — сформированная ECV-карта, на которой визуализируется более высокое, по сравнению с отдаленными участками миокарда, значение ECV (58%).

тензин-альдостероновой системы значения ECV были снижены. При сахарном диабете ECV также позволяет прогнозировать смертность и/или случаи неплановой госпитализации из-за сердечной недостаточности [22].

Возможности использования количественной оценки ECV постоянно расширяются. Методы T1-картирования совершенствуются, и в настоящее время появилась возможность применять встроенные карты ECV, на которых каждый пиксель непосредственно отражает значение ECV (рис. 3), имеющее большее клиническое значение, чем показатели T1 [6].

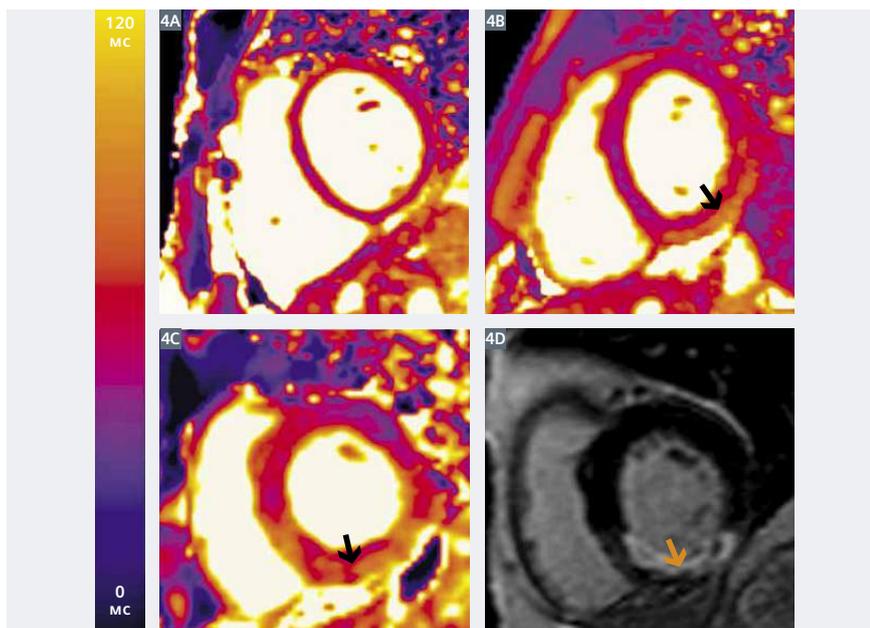
T2-картирование

При T2-взвешенной МРТ можно выявить отек миокарда как при воспалительных заболеваниях, так и при острой ишемии, что позволяет определить зону риска. Однако эти методы визуализации (например, последовательность STIR) при исследованиях сердца достаточно ненадежны, и сложно оценить их результат в отношении как получения, так и интерпретации изображений. Были получены предварительные благоприятные данные относительно использования T2-взвешенных последовательностей SSFP, с помощью которых удалось уменьшить число ложноположительных

и ложноположительных результатов [23, 24]. Дополнительные преимущества может обеспечить T2-картирование [25] (рис. 4). Как и при T1-картировании, с помощью T2-картирования можно выявлять необратимые поражения сердца, например панкардит, и предварительные результаты свидетельствуют о его эффективности при ряде ревматологических заболеваний (волчанка, синдром системной повышенной проницаемости капилляров) и при отторжении трансплантата, позволяя выявлять его на ранних сроках, когда они не визуализируются другими методами [26, 27].

Заключение

Картирование методами T1, T2, ECV-картирование миокарда привлекают все больше внимания, поскольку могут оказаться мощным инструментом для выявления и количественной оценки диффузных процессов в миокарде без необходимости проведения биопсии. Были получены первые данные, что этот метод позволяет выявлять ранние стадии болезни, которые не визуализируются при анализе другими методами, и потенциально может применяться для прогнозирования, в качестве суррогатной конечной точки в клинических исследованиях, а также для мониторинга терапии. Прогресс движется быстро, а клинические проблемы требуют решения. В настоящее время, по мере подготовки проектов новых директив по T1-картированию, доступность этих методов в клиниках увеличивается, и проводится их стандартизация. Следите за новостями! ■



4 (4A) T2-картирование у здоровых добровольцев (автор VM). (4B) Высокое значение T2 у пациента с миокардитом, диагностирован эпикардиальный отек. (4C) Отек при остром инфаркте миокарда — частично вследствие обструкции микрососудов — см. LGE (4D).

Список литературы

- 1 Flett AS, Hayward MP, Ashworth MT, Hansen MS, Taylor AM, Elliott PM, McGregor C, Moon JC. Equilibrium Contrast Cardiovascular Magnetic Resonance for the measurement of diffuse myocardial fibrosis: preliminary validation in humans. *Circulation* 2010;122:138–144.
- 2 Sado DM, Flett AS, Banyersad SM, White SK, Maestrini V, Quarta G, Lachmann RH, Murphy E, Mehta A, Hughes DA, McKenna WJ, Taylor AM, Hausenloy DJ, Hawkins PN, Elliott PM, Moon JC. Cardiovascular magnetic resonance measurement of myocardial extracellular volume in health and disease. *Heart* 2012;98:1436–1441.
- 3 Piechnik SK, Ferreira VM, Dall'Armellina E, Cochlin LE, Greiser A, Neubauer S, Robson MD. Shortened Modified Look-Locker Inversion recovery (ShMOLLI) for clinical myocardial T1-mapping at 1.5 and 3 T within a 9 heartbeat breathhold. *J Cardiovasc Magn Reson* 2010;12:69.
- 4 Messroghli DR, Greiser A, Fröhlich M, Dietz R, Schulz-Menger J. Optimization and validation of a fully-integrated pulse sequence for modified look-locker inversion-recovery (MOLLI) T1 mapping of the heart. *J Magn Reson Imaging* 2007;26:1081–1086.
- 5 Fontana M, White SK, Banyersad SM, Sado DM, Maestrini V, Flett AS, Piechnik SK, Neubauer S, Roberts N, Moon JC. Comparison of T1 mapping techniques for ECV quantification. Histological validation and reproducibility of ShMOLLI versus multibreath-hold T1 quantification equilibrium contrast CMR. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011;14:88.
- 6 Kellman P, Wilson JR, Xue H, Ugander M, Arai AE. Extracellular volume fraction mapping in the myocardium, part 1: evaluation of an automated method. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012;14:63.
- 7 Dass S, Suttie JJ, Piechnik SK, Ferreira VM, Holloway CJ, Banerjee R, Mahmood M, Cochlin L, Karamitsos TD, Robson MD, Watkins H, Neubauer S. Myocardial tissue characterization using magnetic resonance non contrast T1 mapping in hypertrophic and dilated cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012; 6:726–33.
- 8 Puntmann VO, Voigt T, Chen Z, Mayr M, Karim R, Rhode K, Pastor A, Carr-White G, Razavi R, Schaeffter T, Nagel E. Native T1 mapping in differentiation of normal myocardium from diffuse disease in hypertrophic and dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiovasc Imaging* 2013;6:475–84.
- 9 Ferreira VM, Piechnik SK, Dall'Armellina E, Karamitsos TD, Francis JM, Choudhury RP, Friedrich MG, Robson MD, Neubauer S. Non-contrast T1-mapping detects acute myocardial edema with high diagnostic accuracy: a comparison to T2-weighted cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012; 14:42.
- 10 Dall'Armellina E, Piechnik SK, Ferreira VM, Si QI, Robson MD, Francis JM, Cuculi F, Kharbanda RK, Banning AP, Choudhury RP, Karamitsos TD, Neubauer S. Cardiovascular magnetic resonance by non contrast T1-mapping allows assessment of severity of injury in acute myocardial infarction. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012;14:15.
- 11 Karamitsos TD, Piechnik SK, Banyersad SM, Fontana M, MD, Ntusi NB, Ferreira VM, Whelan CJ, Myerson SG, Robson MD, Hawkins PN, Neubauer S, Moon JC. Non-contrast T1 Mapping for the Diagnosis of Cardiac Amyloidosis. *J Am Coll Cardiol Img* 2013;6:488–97.
- 12 Sado DM, White SK, Piechnik SK, Banyersad SM, Treibel T, Captur G, Fontana M, Maestrini V, Flett AS, Robson MD, Lachmann RH, Murphy E, Mehta A, Hughes D, Neubauer S, Elliott PM, Moon JC. Identification and assessment of Anderson-Fabry Disease by Cardiovascular Magnetic Resonance Non-contrast myocardial T1 Mapping clinical perspective. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:392–398.
- 13 Pedersen SF, Thrys SA, Robich MP, Paaske WP, Ringgaard S, Bøtker HE, Hansen ESS, Kim WY. Assessment of intramyocardial hemorrhage by T1-weighted cardiovascular magnetic resonance in reperfused acute myocardial infarction. *J Cardiovasc Magn Reson* 2012; 14:59.
- 14 Raman FS, Kawel-Boehm N, Gai N, Freed M, Han J, Liu CY, Lima JAC, Bluemke DA, Liu S. Modified look-locker inversion recovery T1 mapping indices: assessment of accuracy and reproducibility between magnetic resonance scanners. *J Cardiovasc Magn Reson* 2013; 15:64.
- 15 White SK, Sado DM, Fontana M, Banyersad SM, Maestrini V, Flett AS, Piechnik SK, Robson MD, Hausenloy DJ, Sheikh AM, Hawkins PN, Moon JC. T1 Mapping for Myocardial Extracellular Volume measurement by CMR: Bolus Only Versus Primed Infusion Technique, 2013 Apr 5 [Epub ahead of print].
- 16 Schelbert EB, Testa SM, Meier CG, Ceyrolles WJ, Levenson JE, Blair AJ, Kellman P, Jones BL, Ludwig DR, Schwartzman D, Shroff SG, Wong TC. Myocardial extravascular extracellular volume fraction measurement by gadolinium cardiovascular magnetic resonance in humans: slow infusion versus bolus. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011, Mar 4;13–16.
- 17 Flacke SJ, Fischer SE, Lorenz CH. Measurement of the gadopentetate dimeglumine partition coefficient in human myocardium in vivo: normal distribution and elevation in acute and chronic infarction. *Radiology* 2001;218: 703–10.
- 18 Banyersad SM, Sado DM, Flett AS, Gibbs SDG, Pinney JH, Maestrini V, Cox AT, Fontana M, Whelan CJ, Wechalekar AD, Hawkins PN, Moon JC. Quantification of myocardial extracellular volume fraction in systemic AL amyloidosis: An Equilibrium Contrast Cardio-vascular Magnetic Resonance Study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:34–39.
- 19 Ugander M, Oki AJ, Hsu LY, Kellman P, Greiser A, Aletras AH, Sibley CT, Chen MY, Bandettini WP, Arai AE. Extracellular volume imaging by magnetic resonance imaging provides insights into overt and sub-clinical myocardial pathology. *Eur Heart J* 2012; 33: 1268–1278.
- 20 Liu CY, Chang Liu Y, Wu C, Armstrong A, Volpe GJ, van der Geest RJ, Liu Y, Hundley WG, Gomes AS, Liu S, Nacif M, Bluemke DA, Lima JAC. Evaluation of age related interstitial myocardial fibrosis with Cardiac Magnetic Resonance Contrast-Enhanced T1 Mapping in the Multi-ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *J Am Coll Cardiol* 2013 Jul 3 [Epub ahead of print].
- 21 Wong TC, Piehler K, Meier CG, Testa SM, Klock AM, Aneizi AA, Shakespere J, Kellman P, Shroff SG, Schwartzman DS, Mulukutla SR, Simon MA, Schelbert EB. Association between extracellular matrix expansion quantified by cardiovascular magnetic resonance and short-term mortality. *Circulation* 2012 Sep 4;126(10):1206–16.
- 22 Wong TC, Piehler KM, Kang IA, Kadakkal A, Kellman P, Schwartzman DS, Mulukutla SR, Simon MA, Shroff SG, Kuller LH, Schelbert EB. Myocardial extracellular volume fraction quantified by cardiovascular magnetic resonance is increased in diabetes and associated with mortality and incident heart failure admission. *Eur Heart J* 2013 Jun 11 [Epub ahead of print].
- 23 Giri S, Chung YC, Merchant A, Mihai G, Rajagopalan S, Raman SV, Simonetti OP. T2 quantification for improved detection of myocardial edema. *J Cardiovasc Magn Reson* 2009; 11:56.
- 24 Verhaert D, Thavendiranathan P, Giri S, Mihai G, Rajagopalan S, Simonetti OP, Raman SV. Direct T2 Quantification of Myocardial Edema in Acute Ischemic Injury. *J Am Coll Cardiol Img* 2011;4: 269–78.
- 25 Ugander M, Bagi PS, Oki AB, Chen B, Hsu LY, Aletras AH, Shah S, Greiser A, Kellman P, Arai AE. Myocardial oedema as detected by Pre-contrast T1 and T2 CMR delineates area at risk associated with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol Img* 2012;5:596–603.
- 26 Thavendiranathan P, Walls M, Giri S, Verhaert D, Rajagopalan S, Moore S, Simonetti OP, Raman SV. Improved detection of myocardial involvement in acute inflammatory cardiomyopathies using T2 Mapping. *Circ Cardiovasc Imaging* 2012;5:102–110.
- 27 Usman AA, Taimen K, Wasielewski M, McDonald J, Shah S, Shivraman G, Cotts W, McGee E, Gordon R, Collins JD, Markl M, Carr JC. Cardiac Magnetic Resonance T2 Mapping in the monitoring and follow-up of acute cardiac transplant rejection: A Pilot Study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012; 6:782–90.



Контактные данные

Dr. James C. Moon
 Institute of Cardiovascular Science
 University College London
 The Barts Heart Centre
 16-18 Westmoreland Street
 London W1G 8PH
 UK
 Тел.: +44 (20) 34563081
 james.moon@uclh.nhs.uk

Клинический случай: визуализация метастазов в печени с помощью последовательности CAIPIRINHA-Dixon-TWIST-VIBE

Ван Сюань¹; Сюэ Хуадан¹; Лю Хуэ²; Ан Цзин³; Доминик Никел⁴; Кифер Бертольд⁴; Джин Женгуй¹

¹Отделение радиологии, больница Пекинского объединенного медицинского колледжа, Пекин, Китай

²MPT-сообщество, подразделение «Здравоохранение», компания Siemens Ltd, Китай, Шанхай, Китай

³MPT-отдел по клиническому применению, компания «Сименс» Шэньчжэнь Магнетик Резонанс Лтд, Шэньчжэнь, Китай

⁴MPT-отдел по разработке оборудования, подразделение «Здравоохранение», компания Siemens AG, Эрланген, Германия

Введение

Магнитно-резонансная томография (МРТ) играет важную роль в выявлении и характеристике фокальных и диффузных поражений печени. В настоящее время выпущено большое количество статей, описывающих значение T1-взвешенной (T1w) МРТ с динамическим контрастным усилением (DCE) с использованием внеклеточных контрастных веществ и контрастов, специфичных для печени. Характер повышения контрастности, в сочетании с другими механизмами контрастирования (диффузионно-взвешенные изображения, изображения в фазе/противофазе, T2-взвешенные изображения (T2w), и т.д.), позволяет выявлять поражения печени и определять их тип.

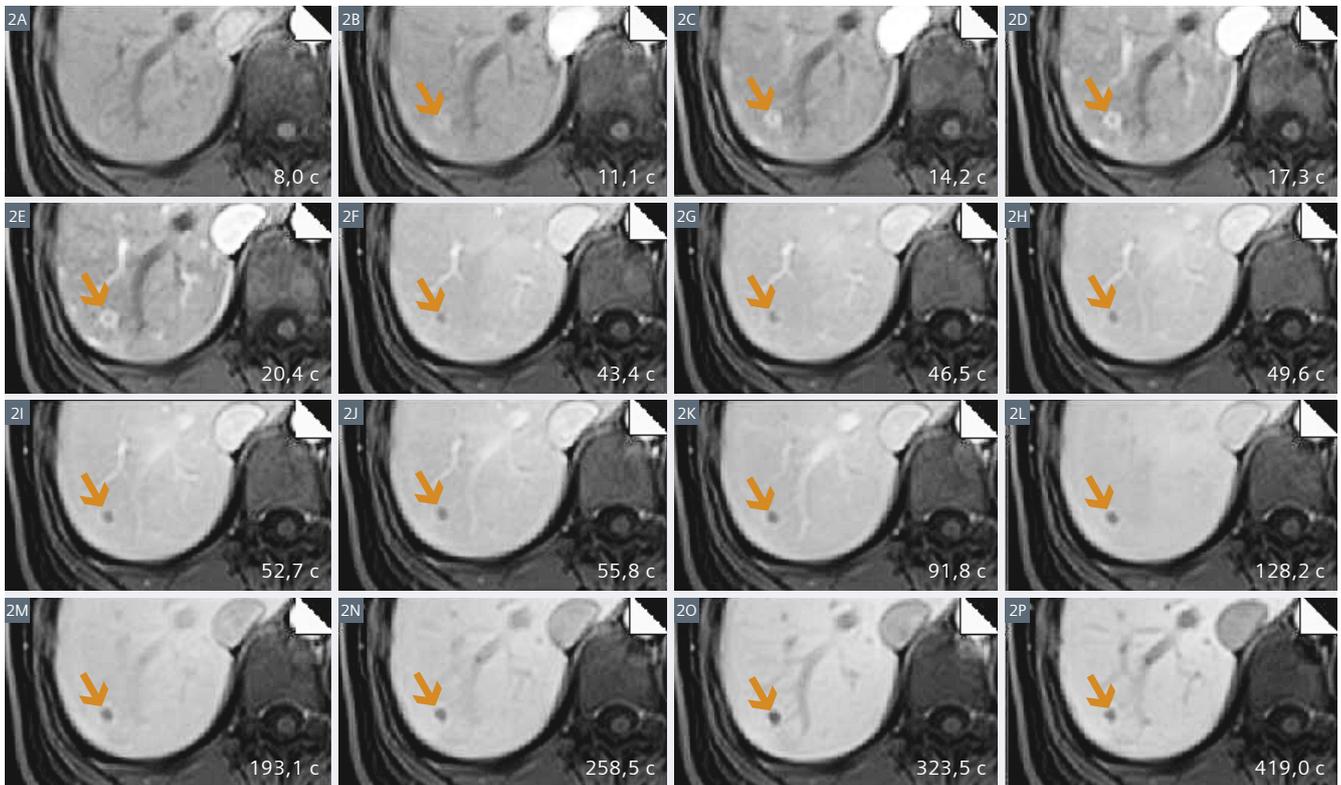
Однако при стандартной визуализации печени в режиме DCE-T1w требуется однократная задержка дыхания (15—20 с) для одной фазы, и в этом случае участок накопления контраста для некоторых типов поражений может быть малозаметен или пропущен из-за неправильного срока получения изображения или быстрого накопления и вымывания контрастного вещества. Чтобы устранить этот риск компания «Сименс» недавно разработала последовательность CAIPIRINHA-Dixon-TWIST-VIBE (CDT-VIBE)*, позволяющую получать 3D T1w-изображения с высоким временным разрешением при сохранении высокого пространственного разрешения.

В предшествующем исследовании показано, что CDT-VIBE позволяет улучшить диагностику небольших поражений на 21 % [1].

В нашей больнице мы изучили использование последовательности CDT-VIBE в сочетании со специфичным контрастированием ткани печени (препарат Primovist, Bayer Healthcare, Берлин, Германия) для оценки характера усиления сигнала в артериальной фазе, воротной венозной фазе, гепатобилиарной фазы, и для получения динамических графиков зависимости «интенсивность сигнала-время» для метастазов нейроэндокринного рака поджелудочной железы в печень.



1 Задержку дыхания по протоколу CDT-VIBE после введения контрастного вещества Primovist подбирают для оценки кровоснабжения (множественные артериальные и воротные венозные фазы) и контрастирования поражения/паренхимы (отсроченной и гепатобилиарной фазы). Это исследование по протоколу CDT-VIBE проводят с пространственным разрешением 1,3 × 1,3 × 3 мм на системе MAGNETOM Skyra с напряженностью поля 3 Тл. Для исследования на других системах доступны диффузионно-взвешенная визуализация в поперечном срезе, последовательность VIBE с использованием поперечных T1w-изображений в фазе и в противофазе, последовательность TSE с использованием T2w-визуализации с задержкой дыхания и последовательность PACE с триггерированием по T2, корональная последовательность HASTE с T2w-визуализацией и корональная последовательность VIBE с T1w-визуализацией после контрастирования.



2 Серию динамических T1w-изображений ткани печени с контрастированием, полученных с использованием последовательности CDT-VIBE. Поражение указано стрелкой.

Протокол

Последовательность CDT-VIBE позволяет в течение 20-секундной задержки дыхания получать по отдельности 5 артериальных и воротных венозных фаз. Отсроченная и гепатобилиарная фазы визуализируются только по 1 фазе за каждую задержку дыхания, при тех же параметрах исследования, что и для артериальной и воротной венозной фазы. Получение изображений в артериальной фазе начинается через 8 с после введения контраста. Протокол исследования приведен на рис. 1.

Данные визуализации

Известно, что визуализация в гепатобилиарной фазе позволяет повысить чувствительность выявления метастазов, поскольку благодаря поглощению паренхимой печени специфического контрастного вещества она лучше контрастируется с областью поражения. Однако специфичность описания метастазов только в гепатобилиарной фазе не изучена. В частности, по-прежнему остается сложная задача дифференцировать метастазы злокачественных (например, ГЦК, которая в гепатобилиарной фазе

также образует область сниженной интенсивности) и доброкачественных поражений (например, кист и гемангиом, которые в гепатобилиарной фазе также имеют сниженную интенсивность), не говоря уже о классификации метастазов.

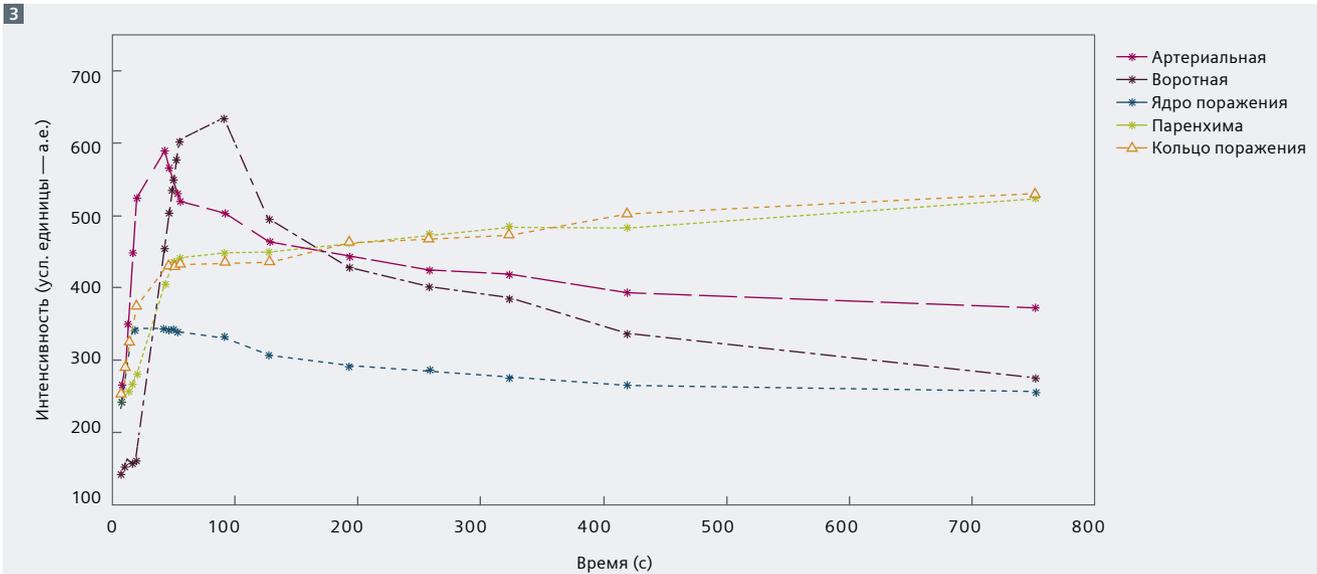
В различной литературе освещается применение сочетания свойств артериального усиления и повышения контрастирования поражения и паренхимы в гепатобилиарной фазе с целью дифференцировать метастазы от других поражений, используя обычную однофазную визуализацию для каждой последовательности задержки дыхания. Метастазы выглядят как кольцевидное повышение интенсивности в артериальной фазе, в гепатобилиарной фазе оказывающееся гипоинтенсивным.

Новые возможности для изучения особенностей усиленного сосудистого рисунка появляются при анализе множественных изображений в артериальной и воротной венозных фазах. Получить несколько изображений в артериальной и воротной венозных фазах позволяет последовательность CDT-VIBE.

На рис. 2 показана контрастированная T1w динамическая серия изображений

метастаза нейроэндокринного рака поджелудочной железы, полученная с помощью вышеуказанного протокола CDT-VIBE.

В последующей артериальной фазе поражение проявляется кольцевидным образованием повышенной интенсивности, а в более поздней гепатобилиарной фазе поражение по сравнению с паренхимой гипоинтенсивное. Эти наблюдения согласуются с предшествующей информацией в литературе о повышении интенсивности изображений метастазов [2]. Мы также отметили, что в ранней артериальной фазе (11,1 с) кольцевидный более интенсивный характер поражения не столь очевиден, как в последующей артериальной фазе (20,4 с). Как видно на рис. 3, приблизительно максимальная разница контрастности между ядром и кольцом поражения определяется на пике артериальной фазы. В этом случае, если используется обычный протокол с однократной задержкой дыхания, кольцевидное более интенсивное поражение можно пропустить, хотя визуализация нескольких артериальных фаз позволяет увеличить поле обзора.



3 Динамический график зависимости «интенсивность сигнала-время» для артериальной фазы, воротной венозной фазы, ядра поражения (определенное как область сниженной интенсивности в гепатобилиарной фазе), кольца вокруг ядра поражения и паренхимы. Вертикальной пунктирной линией указан предполагаемый пик артериальной фазы.



4 На 3D субтракционных изображениях в артериальной фазе визуализируется сосуд, питающий область поражения.

направленное хирургическое вмешательство; для составления плана терапии особенно полезно определить питающий сосуд.

Вывод

Последовательность CDT-VIBE позволяет лучше рассмотреть особенности поражения в артериальной и воротной венозной фазах, поскольку лучше оказываются возможности визуализации по множественным изображениям в артериальной и воротной венозной фазах. Объединив эти результаты с данными, полученными в гепатобилиарной фазе, можно достаточно хорошо описать метастазы. Для описания метастазов используется последовательность CDT-VIBE, позволяющая не только выявить типичное кольцевидное усиление интенсивности,

но и четко визуализировать питающий область поражения сосуд. Кроме того, применяя фармакокинетическое моделирование с двойным вводом для ткани печени, с помощью CDT-VIBE будет возможно провести количественный анализ поражений. ■

Список литературы

- 1 Michaely HJ, Morelli JN, Budjan J, Riffel P, Nickel D, Kroeker R, Schoenberg SO, Attenberger UI, CAIPIRINHA-Dixon-TWIST (CDT)-volume-interpolated breath-hold examination (VIBE): a new technique for fast time-resolved dynamic 3-dimensional imaging of the abdomen with high spatial resolution. Invest Radiol. 48(8):590–7, 2013 Aug.
- 2 Van Beers BE, Pastor CM, Hussain HK., Primovist, Eovist: what to expect? J Hepatol. 57(2):421–9, 2012 Aug.

Представленные здесь изделия и функции доступны к продаже не во всех странах. В связи с требованиями нормативных актов в будущем нельзя гарантировать их продажу в различных странах.



Сюань Ван, MD



Хуадан (Данна) Сюэ, MD

Контактные данные

Xuan Wang, MD
Dept. of Radiology
Peking Union Medical
College Hospital
Beijing, Китай, 100730
Тел.: +86-13661147518 90 00
wxpumc@163.com

Huadan (Danna) Xue, MD
Associate Professor
Dept. of Radiology
Peking Union Medical
College Hospital
Beijing, China, 100730
Тел.: +86-13146115223 90 00
xuehd@pumch.cn

Бесконтрастная периферическая МР-ангиография QISS (Quiescent-Interval Single-Shot)

Роберт Р. Эдельман^{1,2}; Шивраман Гири³; Евгений Данкл¹; Йоаннис Кокцолоу^{1,4}

¹Система здравоохранения университета Нортшор, Эванстон, Иллинойс, США

²Медицинская школа Фейнберг Северо-Западного университета, Чикаго, штат Иллинойс, США

³Структурное подразделение «Здравоохранение» компании «Сименс», Иллинойс, США

⁴Медицинская школа Притцкер Университета Чикаго, Чикаго, Иллинойс, США

Введение

Более 200 миллионов человек во всем мире страдают от заболевания периферических артерий (PAD) [1, 2]. За последнее десятилетие заболеваемость PAD возросла приблизительно на 13% в странах с высоким уровнем дохода и на 29% в странах с низким уровнем дохода [3]. У пациентов с заболеванием PAD на 40% выше риск смерти в течение 10-летнего периода, в 3 раза выше риск смерти от всех заболеваний и в 6 раз выше риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний, чем у пациентов без PAD. Таким образом, точная диагностика имеет решающее значение для лечения болезни.

С появлением точных неинвазивных методов визуализации во время исследования при PAD потребность в предоперационной цифровой субтракционной ангиографии (DSA) снизилась. Лодыжечно-плечевой индекс (ABI) — стандарт для скрининга на PAD, который для повышения точности диагностики может использоваться в сочетании с анализом доплеровского сигнала и измерением сегментарного давления.

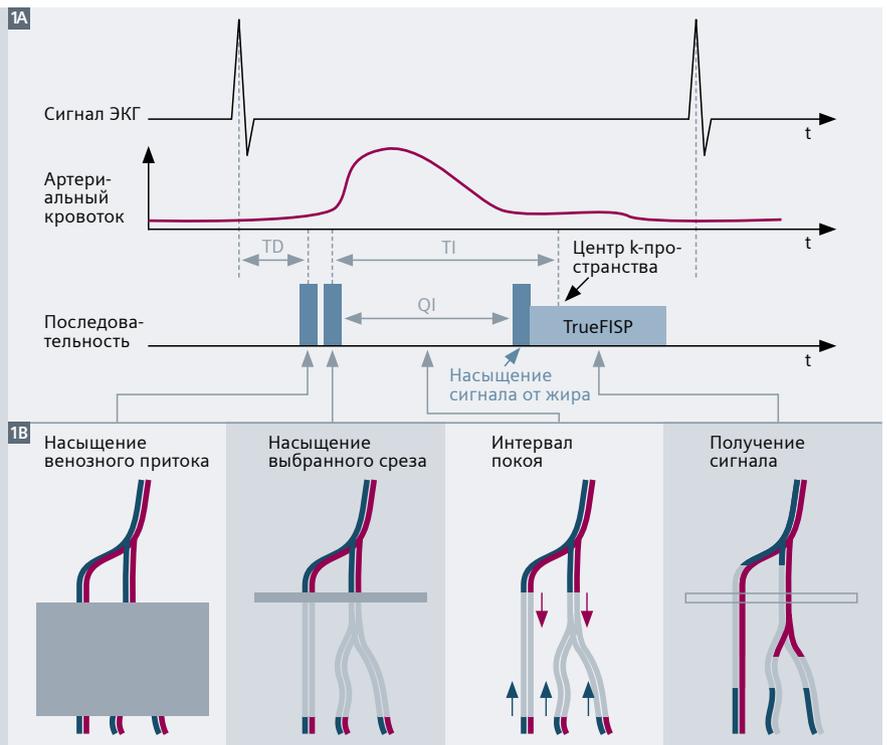
Тем не менее, у пожилых и больных сахарным диабетом его чувствительность низкая [6]. Кроме того, для составления плана интервенционных вмешательств часто требуется дополнительная информация.

Более высокое пространственное разрешение и скорость сканирования без возникновения рисков, связанных с проведением DSA, обеспечивает КТ-ангиография (КТА) [7].

В случае стенозов более чем 50% чувствительность КТА периферических сосудов составляет порядка 89–100%, а специфичность 92–100% [8]. Тем не менее, клиническая ценность КТА периферических сосудов уменьшается на фоне кальцификации стенки сосуда, которая может наблюдаться при диабете, сердечно-сосудистых заболеваниях и в преклонном возрасте [9]. Недостатком КТ-ангиографии является необходимость облучения пациентов, а также риск развития контраст-индуцированной

1

Диаграмма импульсной последовательности QISS* (1A, сверху) и схема сосудистого русла (1B, внизу), показывающая влияние синхронизации импульсов на манипуляцию сигналом с целью максимизировать визуализацию артерий. Здесь используется насыщение в плане и РЧ-импульсы с TD ≈ 100 мс после R-волны, позволяющие отслеживать насыщение венозной крови; эти импульсы подавляют фоновый и венозный сигнал. После заданного интервала покоя (QI), равного 228 мс, в ходе которого в выбранный срез притекает ненасыщенная артериальная кровь, применяются РЧ-импульсы для подавления сигнала от жировой ткани, и затем считывают однокадровую последовательность TrueFISP. Этот процесс повторяют при последующих сердечных сокращениях для визуализации других срезов, обычно в направлении ноги-голова. В базовой конфигурации, используемой для скрининга, за каждый интервал RR получают один 3-мм срез с пространственным разрешением 1×1 мм и плоскостным срезом толщиной 3 мм.



нефропатии (CIN), особенно высокий при PAD, поскольку почти в 40% случаев она сопровождается значительным нарушением функции почек [10]. Высокую точность обнаружения стеноза более 50% в пределах артериального русла нижних конечностей также обеспечивает магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением (CEMRA) [11]. К сожалению, введение контрастных веществ на основе гадолиния при тяжелых нарушениях функции почек противопоказано из-за риска развития нефрогенного системного фиброза (NSF) [12].

Методы MPA без усиления сигнала

MPA без усиления сигнала (NEMRA, т. е. MPA без введения контрастного вещества) позволяет избежать потенциальных рисков, связанных с NSF и CIN, а также облучением пациентов. Двумерные времяпролетные методы NEMRA известны уже несколько десятилетий [13, 14].

Однако длительное время сбора данных (обычно час и более) и появление артефактов на изображении ограничило их применения

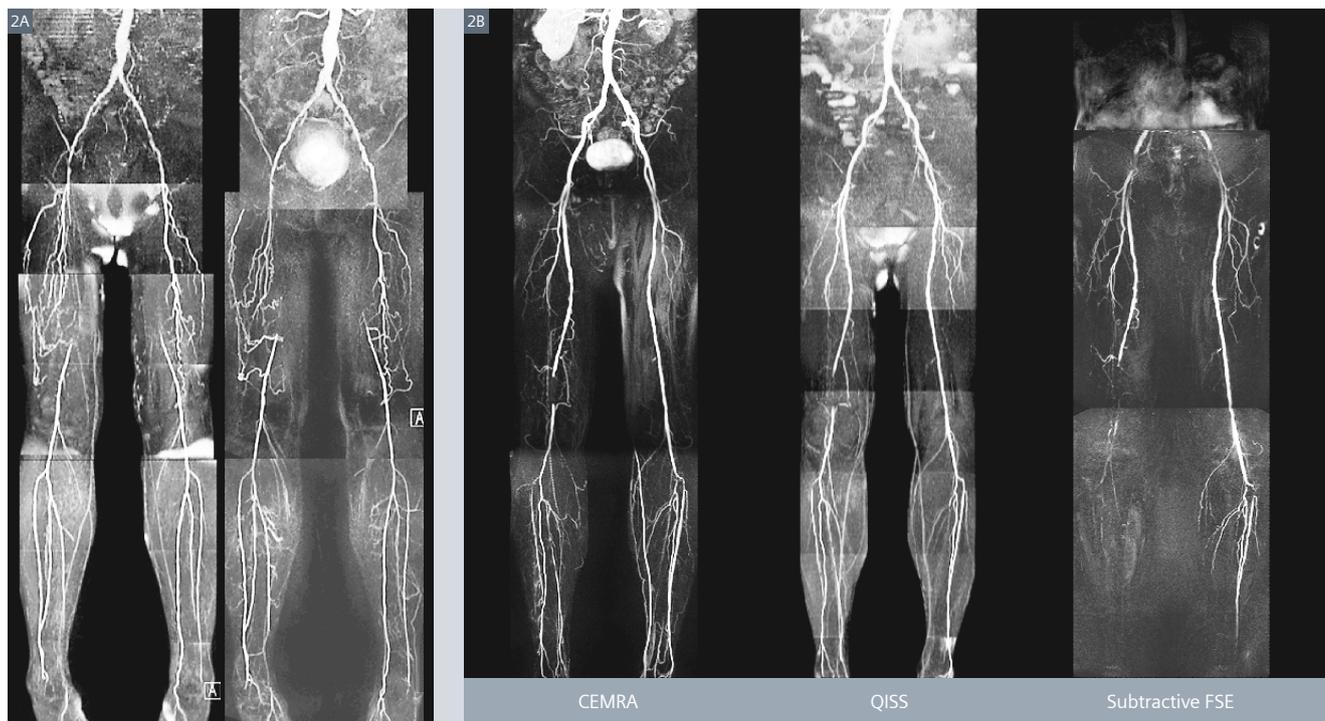
в рутинной практике в пользу методов с контрастным усилением.

Были предложены новые методы субтрактивной NEMRA периферических артерий, которые позволяют эффективно визуализировать артерии на больших полях обзора и подавлять венозный сигнал. К ним относятся субтрактивная 3D «турбо-спин-эхо» (TSE) последовательность с синхронизацией по ЭКГ, например MPT с визуализацией сигнала от свежей крови (FBI) [15] и NATIVE SPACE (NATIVE = бесконтрастная ангиография артерий и вен; SPACE = оптимизированные последовательности с регулируемым углом отклонения спина) [16], а также варианты, основанные на 3D сбалансированной свободной прецессии в установленном состоянии (bSSFP¹), например поток-зависимое дефазирование [17]. Из них клинически наиболее изучены и представлены на рынке субтрактивные методы TSE MPA. Однако субтрактивная TSE MPA ненадежна, поскольку чувствительна к движениям пациента, синхронизации импульсов и нарушениям кровотока [16].

Метод QISS был разработан в качестве более безопасной, простой (требующей лишь нажать кнопку) и не требующей контрастирования альтернативы КТ или МР-ангиографии с контрастом (рис. 1) [18]. Кроме того, при QISS MPA исчезает необходимость получать образцы крови на месте для определения eGFR, и обеспечивается значительная экономия (180 долларов США на обследование в нашем учреждении) по сравнению с CEMRA, поскольку не требуется МР-контрастного вещества и инъекционного набора. QISS обеспечивает по сравнению с ранее описанными методами NEMRA ряд преимуществ (рис. 2) [19]. Этот метод очень надежный, с минимальной чувствительностью к движению пациента и сердечным аритмиям. Его дополнительные преимущества — возможность простой и эффективной организации рабочего процесса, не требующей специального обучения лаборантов.

*QISS ожидает сертификации 510(k) и еще не поступил в продажу в США.

¹Данный продукт в настоящее время разрабатывается и не предлагается к продаже. Гарантировать его наличие в будущем нельзя.



2 (2A) 91-летний курильщик с двусторонней окклюзией поверхностных бедренных артерий (SFA). Данные QISS MPA (слева) и CEMRA (справа) сопоставимы. (2B) CEMRA, QISS и субтрактивная TSE MPA (NATIVE SPACE) у пациента с PAD. При CEMRA и QISS MPA выявляются множественные стенозы на $\geq 50\%$ в правой передней и задней больших берцовых артериях и окклюзия левой задней большой берцовой артерии. При субтрактивной TSE MPA обнаруживается обширный артефакт в виде выпадения сигнала от брюшной полости, верхней части таза и правой голени. (Выпадение сигнала в середине правой SFA обусловлено наличием стента.) Приводится с разрешения из [19].

Клиническая проверка

Метод QISS MPA был оценен при напряженности поля от 1,5 до 7 тесла*, и выявили, что при 1,5 и 3 тесла точность исследования, как правило, близка или соответствует точности метода CEMRA [20–26]. Метод также специально оценивали при диабете, при котором проведение КТА может оказаться проблематичным из-за часто встречающейся кальцификации сосудов и снижения функции почек [27]. При использовании в качестве эталонного метода CEMRA выявлено, что QISS обеспечивает превосходную эффективность диагностики, с чувствительностью 89,8%, специфичностью 96,4%, положительным прогностическим значением 92,4% и отрицательной прогностической ценностью 95,0%. Пример, иллюстрирующий преимущество QISS MPA над КТА при PAD на фоне сахарного диабета, приведен на рис. 3.

*Исследования томографа MAGNETOM 7T продолжаются. Все представленные данные получены с использованием некоммерческой системы, с разрешения экспертного совета организации. Томограф MAGNETOM 7T в настоящее время разрабатывается и в настоящее время не предлагается к продаже. Гарантировать его доступность в будущем нельзя.

QISS как разведочный и резервный метод для CEMRA

В настоящее время многие центры проводят разведочную многоплоскостную визуализацию с множественными станциями, с помощью которой планируют размещение исследуемых объемов для стола с шаговым перемещением при CEMRA. Эта процедура может оказаться довольно сложной, поскольку разведочные изображения не позволяют визуализировать артерии на всем протяжении. Для таких ситуаций получение изображений методом QISS может быть разведочным для последующего проведения исследований методом CEMRA; хотя это займет больше времени, чем обычная разведочная визуализация, но позволит визуализировать артериальное дерево для CEMRA более полного и подробного получения диагностической информации, даже в случае технического сбоя при CEMRA. Например, между получением шаблонов изображений до и после контрастирования пациент может сместиться, что приведет к артефакту смещения на субтракционных изображениях при CEMRA. Поскольку QISS —

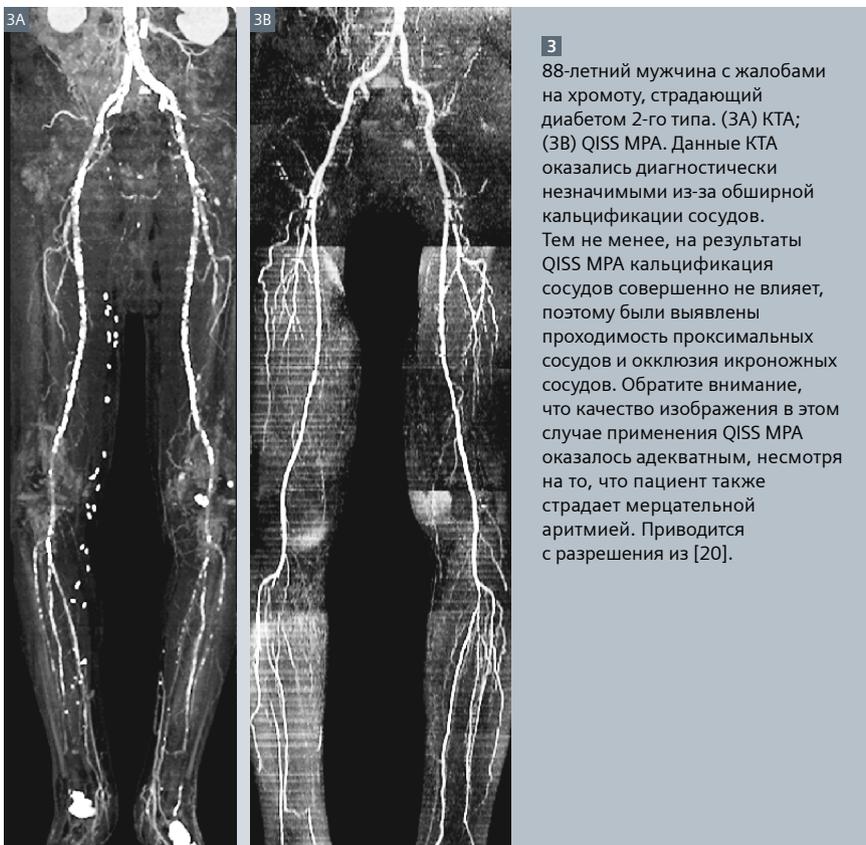
несубтрактивный однокадровый метод с очень коротким временем сканирования (< 1/3 секунды на срез), он устойчив к артефактам движения. Кроме того, сроки получения изображения при CEMRA могут быть выбраны неточно, и артериальное затемнение будет некачественным, или произойдет перекрытие в венозной фазе (например, из-за асимметричного атеросклеротического поражения, вызывающего замедление кровотока с одной из сторон, или из-за ошибки оператора). Во всех этих ситуациях QISS может стать запасным методом, позволяющим все же получить диагностическую информацию, несмотря на диагностически незначимые результаты CEMRA (рис. 4).

QISS на 3 тесла

До появления QISS ни один из методов NEMRA не смог доказать свою эффективность при напряженности магнитного поля 3 тесла, которое обычно считается оптимальным для CEMRA. Визуализация на 3 тесла будет необходима для реализации полного клинического потенциала метода NEMRA, а также для конкуренции с методом КТА, обеспечивающим отличное пространственное разрешение. Чтобы увеличение соотношения сигнал/шум (SNR) при повышении напряженности магнитного поля до 3 тесла было эффективно, необходимо преодолеть проблемы, связанные с высокой удельной скоростью поглощения (SAR) и снижением однородности магнитного поля B_1 (табл. 1).

Уменьшение продолжительности получения кадра при bSSFP, пропорционально уменьшающее выделение РЧ-энергии, может уменьшить влияние повышенной SAR при исследованиях на 3 тесла.

На 1,5 тесла мы обнаружили, что при использовании факторов ускорения метода GRAPPA выше двух качество изображения при QISS ухудшается. Более высокие факторы ускорения (от 3 до 4) могут использоваться для уменьшения продолжительности получения кадра на 3 тесла. При улучшении соотношения SNR благодаря более высокой напряженности поля можно дополнительно уменьшить продолжительность получения кадра за счет увеличения полосы пропускания выборки (≈ 962 Гц/пиксел на 3 тесла против



658 Гц/пиксель на 1,5 тесла).

Более высокая полоса пропускания выборки обеспечивает дополнительное преимущество, уменьшая артефакты чувствительности к магнитному полю в области таза, связанные с кишечником.

Мы обнаружили, что комбинации фактора ускорения 3 метода GRAPPA и полосы пропускания выборки, равной 962 Гц/пиксель, достаточно, чтобы обеспечить угол отклонения вектора 90° от уровня стоп до уровня середины бедра. Тем не менее, самой по себе этой стратегии для визуализации в области таза и брюшной полости недостаточно, поскольку SAR-ограничения более выражены из-за более значительных размеров областей тела. Ухудшение качества изображений при использовании угла отклонения $<90^\circ$ максимально в области таза из-за дополнительного воздействия неоднородности поля B_1 . К сожалению, угол отклонения менее 90° в области таза при QISS MPA часто приводит к односторонней потере сигнала от артерий. Простым решением может быть запуск любой другой R-волны, которая за счет удвоения времени сканирования поделит усредненное по времени выделение энергии пополам. Поскольку SAR-ограничения имеют значение только в области от верхней части бедра до брюшной полости, запуск любой другой R-волны используют только для трех верхних станций. Общее время сканирования для исследования всей ноги увеличивается приблизительно на 2—3 минуты (например, общее время сканирования составляет около 10 минут**), что достаточно немного.

Итоговой проблемой, связанной с полем в области B_1 , оказывается то, что при предварительном сканировании для коррекции разброса интенсивности РЧ-сигналов между катушками, как правило, используют графические фильтры, которые не позволяют адекватно нормализовать изменения сигнала, вызванные неоднородностью поля в области B_1 на 3 тесла. Это изменение сигнала, как правило, скрывает артериальный сигнал на ПМИ на полную глубину,

**Это число показывает время получения изображений, без учета времени на корректировку частоты и шиммирования. Эти корректировки проводятся однократно для каждой станции у каждого пациента.

даже когда сосуд явно виден на тонкой ПМИ. Эффективность фильтра до сканирования в области таза снижается вследствие усиления шума в центральных областях тела в результате использования высокого фактора ускорения GRAPPA. Этого ограничения можно в значительной степени избежать, используя «широкий» вариант фильтрации до сканирования.

На рис. 5 показано улучшение качества изображения, которого можно добиться, объединив несколько оптимизаций последовательности импульсов (например, высокий фактор ускорения GRAPPA, широкую полосу пропускания выборки, подавление венозного сигнала методом FOCI, запуск любой другой R-волны для верхних станций, оптимизацию фильтрации изображений).

Таблица 1. Резюме по проблемам и решениям для метода QISS на 3 тесла

Проблемы при МРТ на 3 тесла	Решения
Повышение SAR	<ul style="list-style-type: none"> Снижение продолжительности получения кадра, используя высокий фактор ускорения GRAPPA (3–4) и широкую полосу пропускания выборки Запуск через одну R-волну QISS с последовательностью FLASH
Неоднородность B_0	<ul style="list-style-type: none"> QISS с применением спинного метода маркировки артериальной крови (Arterial Spin Labeling, ASL)
Неоднородность B_1	<ul style="list-style-type: none"> Малочувствительные к области B_1 импульсы РЧ-насыщения Инверсия РЧ-импульсов методом FOCI B_1-зависимая фильтрация изображений Прокладка с высокой диэлектрической проницаемостью



4 Клинические наблюдения, в которых метод QISS MPA помогает получить диагностическую информацию при неинформативности результатов CEMRA. (4А) Пациент с аневризмой брюшной аорты. Медленный кровоток в аневризме отсрочил повышение контрастности тазовых артерий, в результате чего данные CEMRA оказались диагностически неинформативны. Тем не менее, тазовые артерии хорошо визуализировались при разведочной QISS. (4В) Пациент с окклюзией аорто-подвздошной и двусторонней окклюзией поверхностной бедренной артерии. Движение левой ноги вызвало артефакт смещения в части изображения, полученного методом CEMRA (стрелка), в то время как разведочные изображения, полученные методом QISS, показали диагностически значимые результаты. Приводится с разрешения из [20].

Разработка методов клинического применения

Хотя в клинических условиях основные усилия при использовании QISS MPA направлены на исследование периферических артерий нижних конечностей, этот метод представляется перспективным и для ряда других областей тела. Например, QISS MPA может быть использована для оценки состояния артерий верхних конечностей и вен нижних конечностей (рис. 6).

Для визуализации вен нижних конечностей мы обычно размещаем передвижной импульс насыщения выше среза и выключаем импульс плоскостного насыщения (например, установив нулевое РЧ-напряжение). Другие потенциальные области применения включают визуализацию артерий и вен внутренних органов, легочных сосудов и экстракраниальных отделов сонных артерий. Тем не менее, для других сосудистых территорий потребуется проводить дополнительные технические разработки и клиническую валидацию.

Возможные ошибки

Хотя QISS MPA оказалась надежным методом визуализации, существуют потенциальные ограничения, которые следует иметь в виду, чтобы избежать артефактов:

1. Сердечный ритм: по умолчанию окно получения изображений для метода QISS составляет примерно 700 мс. При средней или низкой частоте сердечных сокращений за один RR-интервал визуализируется один срез изображения. При высокой частоте сердечных сокращений, когда RR-интервал составляет менее 700 мс, один срез будет визуализироваться через каждые 2 RR-интервала. Скорость визуализации можно повысить до одного RR-интервала, несмотря на высокий пульс, путем уменьшения окна получения изображений. Это может быть достигнуто путем небольшого уменьшения как TD (в специальной карте, значение по умолчанию 100 мс), так и TI (в контрастной карте, значение по умолчанию 350 мс). Однако если эти значения сильно уменьшить, сигнал от кровотока может, вследствие недостаточного притока крови или получения изображений во время систолической фазы сердечного цикла, исчезнуть.



5 Изображения у здорового добровольца, полученные на 3 тесла. (5A) Связанная с полем B_1 потеря визуализации левой наружной подвздошной артерии (стрелка), не компенсируемая адекватно «средней» настройкой фильтра до начала сканирования. (5B) Визуализация артерии улучшается при «широкой» настройке фильтра до сканирования. (5C) Визуализация методом QISS MPA с импульсами FOCI для подавления сигнала от венозной крови, фактор GRAPPA = 3, полоса пропускания выборки равна 962 Гц/пиксел, запуск через один зубец R для станций в малом тазу и брюшной полости, и оптимальный фильтр изображения. Отличное качество изображения, без явного ухудшения вследствие ограничений SAR, неоднородности поля B_1 или эффектов чувствительности к магнитному полю.



6 Разработка потенциальных будущих клинических приложений для QISS MPA. (6A) Здоровый обследуемый. QISS MPA (визуализация срезами толщиной 1,2 мм), по сравнению с TWIST CEMRA, позволяет визуализировать артерии предплечья. (6B) Сравнение QISS артериографии (низкое насыщение) с QISS-венографией (максимальное насыщение).

В целом, метод QISS малочувствителен к аритмии. Тем не менее, при выраженной неравномерности сердечного ритма (или при неточном запуске из-за недостаточной мощности сигнала ЭКГ) качество изображения может пострадать. В настоящее время ведется работа по разработке версий QISS, которые не требуют синхронизации по ЭКГ.

2. Подавление сигнала от жировой ткани: метод QISS предусматривает для оптимальной визуализации контуров сосудов единообразное подавление сигнала от жировой ткани. В некоторых участках тела, в которых подавление сигнала от жировой ткани малоэффективно (например, в паховой области), простым приемом является удаление патологической области в проекции максимальной интенсивности. Однако адекватно шиммировать некоторые области (например, ноги) может оказаться довольно трудно, поэтому подавление сигнала от жировой ткани и, следовательно, качество изображения методом QISS может стать субоптимальным. Для сосудов ног мы обнаружили, что качество изображения можно дополнительно улучшить, поставив между верхней частью каждой ноги и катушкой Peripheral Angio 36 небольшую подушку, так как контакт катушки с ногой может ухудшать качество шиммирования.

3. Артефакт чувствительности: метод регистрации сигнала TrueFISP наряду с подавлением сигнала от жировой ткани позволяет повысить чувствительность QISS к магнитным артефактам чувствительности (например, от протезов суставов или газов в кишечнике), по сравнению с CEMRA (при котором используется 3D-получение изображений с коротким TE). Такие артефакты можно минимизировать с помощью регистрации сигнала с высокой полосой пропускания без подавления сигнала от жировой ткани.

4. Направление кровотока: использование венозной сатурации ухудшает возможности метода QISS в отношении отображения обратного направления артериального кровотока, особенно когда разворот направления кровотока распространяется по длинному сосудистому

сегменту. В случаях подозрения на разворот кровотока можно получить дополнительный набор данных QISS, используя вместо венозной сатурации артериальную. На этих изображениях будет отображаться обратное направление артериального кровотока (а также будут визуализироваться вены).

5. Пространственное разрешение: для наиболее периферических сегментов артерий для выявления стеноза достаточно используемой по умолчанию толщины среза 3 мм без перекрытия срезов. Более тонкие срезы (например, 1,2 мм с перекрытием срезов на 20%) позволяют избежать частичного усреднения объемов в горизонтально ориентированных сегментах сосудов (например, в проксимальном отделе передней большеберцовой артерии) и визуализировать сосуды малого калибра (например, сосуды ног).

Будущие разработки

1. Альтернативные траектории заполнения k-пространства: в существующей реализации метода QISS используются декартовы траектории k-пространства. Однако изображением методом QISS также возможно получить с помощью радиальной траектории заполнения k-пространств [30].

Существуют некоторые преимущества и недостатки радиальной траектории. Одним из преимуществ радиального метода является возможность почти произвольно снижать количество проекций и, следовательно, время сканирования в течение каждого сердечного цикла, с минимальным влиянием на пространственное разрешение. Этот метод может быть полезен для сканирования пациентов с учащенным сердцебиением. Однако соотношение сигнал/шум (SNR) также снижается, радиальные артефакты в виде полос, если количество проекций сильно уменьшается, могут стать нежелательными. Используя «золотое» значение приращения угла обзора при радиальной траектории k-пространства, данные можно получать на протяжении всего сердечного цикла.

Затем можно сгенерировать киносерию QISS-изображений

с временным разрешением, показывающую распространение артериальной пульсовой волны по артериальному дереву [31].

2. Альтернативные стратегии выборки: хотя регистрация сигнала TrueFISP позволяет максимизировать скорость получения изображений и SNR, в определенных условиях для считывания может оказаться полезным использовать другие импульсные последовательности. Например, использование метода быстрой экспозиции с малым углом отклонения (FLASH) в сочетании со снижением угла наклона вектора возбуждения позволяет избежать ограничений SAR на 3 тесла. Использование сверхкороткой регистрации TE-сигнала может уменьшить артефакты чувствительности вокруг протезов суставов.

3. Альтернативные стратегии синхронизации: в настоящее время изображения органов таза и брюшной полости методом QISS получают с задержкой дыхания. Чтобы пациенту было удобнее, может оказаться целесообразным внедрить методы получения изображений без задержки дыхания путем синхронизации с датчиком на ремне, закрепленном на передней брюшной стенке, или путем самостоятельной синхронизации [32].

4. 3D QISS: тонкостенная 3D-реализация метода QISS позволяет получать очень тонкие срезы (например, толщиной 0,3 мм). Хотя разработка таких методов еще только начинается, уже имеется техническая возможность превысить пространственное разрешение, обеспечиваемое методом CEMRA, и почти достичь разрешения, обеспечиваемого КТА.

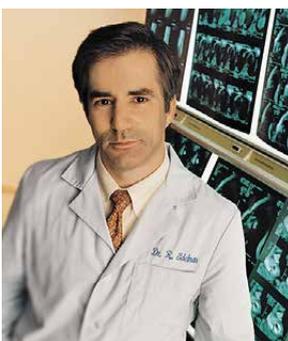
Выводы

QISS MPA — надежный, быстрый и простой в применении метод визуализации периферических артерий в системах с напряженностью магнитного поля 1,5 и 3 тесла. В этом случае нет необходимости адаптировать параметры сканирования под каждого пациента. Кроме того, этот метод может служить в качестве дублирующего для CEMRA или использоваться отдельно. Несмотря на внешнее

сходство проекционных ангиограмм, методы QISS и SEMRA основаны на различных физических принципах, следует уделить отдельное внимание каждому методу, чтобы избежать ошибок, характерных для каждого метода. Новые разработки в будущем позволят сократить время сканирования, уменьшить артефакты и разработать новые клинические приложения. ■

Список литературы

- Leng GC, Lee AJ, Fowkes FG, Whiteman M, Dunbar J, Housley E, et al. Incidence, natural history and cardiovascular events in symptomatic and asymptomatic peripheral arterial disease in the general population. *Int J Epidemiol.* 1996 Dec;25(6):1172–81.
- Selvin E, Erlinger TP. Prevalence of and risk factors for peripheral arterial disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2000. *Circulation.* 2004 Aug 10;110(6):738–43.
- Hirsch AT, Duval S. The global pandemic of peripheral artery disease. *Lancet.* 2013 Oct 19;382(9901):1312–4. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61576–7. Epub 2013 Aug 1.
- Arain FA, Cooper LT. Peripheral Arterial Disease: Diagnosis and Management. *Mayo Clin Proc.* 2008;83(8):944–950.
- Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, Bakal CW, Creager MA, Halperin JL, et al. ACC/AHA 2005 guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic). *J Am Coll Cardiol.* 2006 Mar 21;47(6):1239–312.
- Dachun Xu, Jue Li, Liling Zou, Yawei Xu, Dayi Hu, Pagoto SL, Yunsheng Ma. Sensitivity and specificity of the ankle-brachial index to diagnose peripheral artery disease: a structured review. *Vasc Med.* 2010 Oct;15(5):361–9. doi: 10.1177/1358863X10378376.
- Hessel SJ, Adams DF, Abrams HL. Complications of angiography. *Radiology.* 1981; 138(2): 273–281.
- Catalano C, Fraioli F, Laghi A, Napoli A, Bezzi M, Pediconi F, Danti M, Nofroni I, Passariello R. Infrarenal aortic and lower-extremity arterial disease: diagnostic performance of multi-detector row CT angiography. *Radiology.* 2004;231:555–563.
- Ouwendijk R, Kock MC, van Dijk LC, van Sambeek MR, Stijnen T, Hunink MG. Vessel wall calcifications at multi-detector row CT angiography in patients with peripheral arterial disease: effect on clinical utility and clinical predictors. *Radiology.* 2006 Nov;241(2):603–8.
- Tranche-Iparraguirre S, Marín-Iranzo R, Fernández-de Sanmamed R, Riesgo-García A, Hevia-Rodríguez E, García-Casas JB. Peripheral arterial disease and kidney failure: a frequent association. *Nefrologia.* 2012 May 14;32(3):313–20. doi: 10.3265/Nefrologia.pre2011.Nov.11172. Epub 2012 Jan 27.
- Menke J, Larsen J. Meta-analysis: Accuracy of contrast-enhanced magnetic resonance angiography for assessing steno-occlusions in peripheral arterial disease. *Ann Intern Med.* 2010 Sep 7;153(5):325–34. doi: 10.7326/0003-4819-153-5-201009070-00007.
- Prince MR, Zhang H, Morris M, MacGregor JL, Grossman ME, Silberzweig J, DeLapaz RL, Lee HJ, Magro CM, Valeri AM. Incidence of nephrogenic systemic fibrosis at two large medical centers. *Radiology.* 2008 Sep;248(3):807–16. doi: 10.1148/radiol.2483071863.
- Koelemay MJ, Lijmer JG, Stoker J, Legemate DA, Bossuyt PM. Magnetic resonance angiography for the evaluation of lower extremity arterial disease: a meta-analysis. *JAMA.* 2001 Mar 14;285(10):1338–45.
- Owen RS, Carpenter JP, Baum RA, Perloff LJ, Cope C. Magnetic resonance imaging of angiographically occult runoff vessels in peripheral arterial occlusive disease. *N Engl J Med.* 1992 Jun 11;326(24):1577–1581.
- Miyazaki M, Takai H, Sugiura S, Wada H, Kuwahara R, Urata J. Peripheral MR angiography: separation of arteries from veins with flow-spoiled gradient pulses in electrocardiography-triggered three-dimensional half-Fourier fast spin-echo imaging. *Radiology.* 2003 Jun;227(3):890–896. Epub 2003 Apr 17.
- Lim RP, Hecht EM, Xu J, Babb JS, Oesingmann N, Wong S, Muhs BE, Gagne P, Lee VS. 3D nongadolinium-enhanced ECG-gated MRA of the distal lower extremities: preliminary clinical experience. *J Magn Reson Imaging.* 2008 Jul;28(1):181–189. doi: 10.1002/jmri.21416.
- Fan Z, Sheehan J, Bi X, Liu X, Carr J, Li D. 3D noncontrast MR angiography of the distal lower extremities using flow-sensitive dephasing (FSD)-prepared balanced SSFP. *Magn Reson Med.* 2009 Dec;62(6):1523–32. doi: 10.1002/mrm.22142.
- Edelman RR, Sheehan JJ, Dunkle E, Schindler N, Carr J, Koktzoglou I. Quiescent-interval single-shot unenhanced magnetic resonance angiography of peripheral vascular disease: technical considerations and clinical feasibility. *Magn Reson Med.* 2010;63:951–958.
- Ward EV, Galizia MS, Usman A, Popescu AR, Dunkle E, Edelman RR. Comparison of quiescent inflow single-shot and native space for nonenhanced peripheral MR angiography. *J Magn Reson Imaging.* 2013;38:1531–1538.
- Hodnett PA, Koktzoglou I, Davarpanah AH, Seanlon TG, Collins JD, Sheehan JJ, Dunkle E, Gupta N, Carr JC, Edelman RR. Evaluation of Peripheral Arterial Disease with Nonenhanced Quiescent-Interval Single Shot MR Angiography. *Radiology.* July 2011; 260(1):282–93. R01 HL096916; PMID: PMC3121010.
- Klasen J, Blondin D, Schmitt P, Bi X, Sansone R, Wittsack HJ, et al. Nonenhanced ECG-gated quiescent-interval single-shot MRA (QISS-MRA) of the lower extremities: comparison with contrast-enhanced MRA. *Clin Radiol.* 2012 May;67(5):441–6. doi: 10.1016/j.crad.2011.10.014. Epub 2011 Dec 3.
- Amin P, Collins JD, Koktzoglou I, Molvar C, Markl M, Edelman RR, Carr JC. Evaluating peripheral arterial disease with unenhanced quiescent-interval single-shot MR angiography at 3 T. *AJR Am J Roentgenol.* 2014 Apr;202(4):886–93. doi: 10.2214/AJR.13.11243. PMID: 24660721
- Knobloch G, Gielen M, Lauff MT, Romano VC, Schmitt P, Rick M, et al. ECG-gated quiescent-interval single-shot MR angiography of the lower extremities: initial experience at 3 T. *Clin Radiol.* 2014 May;69(5):485–91. doi: 10.1016/j.crad.2013.12.006. Epub 2014 Mar 7. PMID:24613581.
- Thierfelder KM, Meimarakis G, Nikolaou K, Sommer WH, Schmitt P, Kazmierczak PM, et al. Non-contrast-enhanced MR angiography at 3 Tesla in patients with advanced peripheral arterial occlusive disease. *PLoS One.* 2014 Mar 7;9(3):e91078. doi: 10.1371/journal.pone.0091078. eCollection 2014. PMID:24608937.
- Hansmann J, Morelli JN, Michaely HJ, Riester T, Budjan J, Schoenberg SO, Attenberger UI. Nonenhanced ECG-gated quiescent-interval single shot MRA: image quality and stenosis assessment at 3 tesla compared with contrast-enhanced MRA and digital subtraction angiography. *J Magn Reson Imaging.* 2014 Jun;39(6):1486–93. doi: 10.1002/jmri.24324. Epub 2013 Oct 10. PMID:24338813.
- Johst S, Orzada S, Fischer A, Schäfer LC, Nassenstein K, Umütlu L, et al. Sequence comparison for non-enhanced MRA of the lower extremity arteries at 7 Tesla. *PLoS One.* 2014 Jan 16;9(1):e86274. doi: 10.1371/journal.pone.0086274. eCollection 2014.
- Hodnett PA, Ward EV, Davarpanah AH, Seanlon TG, Collins JD, Glielmi CB, Bi X, et al. Peripheral arterial disease in a symptomatic diabetic population: prospective comparison of rapid unenhanced MR angiography (MRA) with contrast-enhanced MRA. *AJR Am J Roentgenol.* 2011 Dec;197(6):1466–73. doi: 10.2214/AJR.10.6091. PMID:22109304.
- Oridge RJ, Wylezinska M, Hugg JW, Butterworth E, Franconi F. Frequency offset corrected inversion (FOCI) pulses for use in localized spectroscopy. *Magn Reson Med.* 1996;36(4):562–566.
- Payne GS, Leach MO. Implementation and evaluation of frequency offset corrected inversion [FOCI] pulses on a clinical MR system. *Magn Reson Med.* 1997;38: 828–833.
- Edelman RR, Giri S, Dunkle E, Galizia M, Amin P, Koktzoglou I. Quiescent-inflow single-shot magnetic resonance angiography using a highly undersampled radial k-space trajectory. *Magn Reson Med.* 2013;70(6):1662–1668.
- Koktzoglou I, Mistretta CA, Giri S, Dunkle EE, Amin P, Edelman RR. Simultaneous static and cine nonenhanced MR angiography using radial sampling and highly constrained back projection reconstruction. *Magn Reson Med.* 2013 Nov 11. doi: 10.1002/mrm.25008. [Epub ahead of print]
- Larson AC, Kellman P, Arai A, Hirsch GA, McVeigh E, Li D, Simonetti OP. Preliminary investigation of respiratory self-gating for free-breathing segmented cine MRI. *Magn Reson Med.* 2005 Jan;53(1):159–68.



Контактные данные

Robert R. Edelman, MD
 Dept. of Radiology
 NorthShore University HealthSystem
 Feinberg School of Medicine
 Northwestern University
 Chicago, IL
 USA
 REdelman@northshore.org

Видеть все — для блага пациента

Доцент Рольф Джанка, MD, из больницы университета Эрлангена объясняет, как система *syngo.via* компании «Сименс» помогает ему эффективно получать соответствующую информацию при медицинской визуализации — чтобы в конечном итоге лучше помочь пациентам высококачественной диагностикой.

Текст: **Оливер Клаффке**. Фотографии: **Кристиан Кайн**

«Чтобы повысить качество визуализации и производительности труда радиологов, нужен интеллектуальный способ представления огромного количества информации, получаемой при современной медицинской визуализации», — говорит радиолог доцент Рольф Джанка, MD. Он работает в больнице университета Эрлангена в Германии и мог своими глазами наблюдать развитие методов медицинской визуализации за последнее десятилетие. В настоящее время в среднем при обследовании формируется 1500 изображений. Если еще учесть, сколько обследуется больных, это число быстро достигнет 100 тысяч изображений ежедневно.

Специалисты-медики сегодня часто анализируют диагностические изображения, полученные различными методами, такими как позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), компьютерная томография (КТ) или магнитно-резонансная томография (МРТ), большое количество изображений от предыдущих обследований и визуальные данные из других источников. При обследовании больного с уже выявленным злокачественным заболеванием, например, по ранее полученным, возможно даже другими методами, изображениям можно выявить ключевую информацию для точной оценки прогрессирования заболевания. «Для обработки и анализа изображений такого объема и сложности необходимо использовать сложное программное обеспечение», — говорит доктор Джанка. Больница университета Эрлангена использует для визуализации стандартных и специализированных 3D-изображений последнюю версию программного обеспечения *syngo®.via*

компании «Сименс». *syngo.via* используется здесь уже несколько лет, и помогает повысить качество визуализации и производительность труда радиологов. «С момента внедрения *syngo.via* мы стали получать значительно лучшие результаты за то же время», — отмечает он.

Быстрая диагностика: действительная польза для пациента

В некоторых случаях использование изображений, полученных различными методами, помогает улучшить диагностику. Независимо от метода визуализации, *syngo.via* позволяет отображать и просматривать их на одном экране, в том числе в режиме слияния изображений. «С помощью различных методов визуализации часто удается провести анализ более тщательно, чем одним методом», — говорит доктор Джанка. Он приводит убедительный пример: пациентка обратилась с жалобами на боли в спине. Ранее у нее был диагностирован рак молочной железы, и его коллеги решили проверить, не могла ли боль быть вызвана метастазами в кости позвоночника или каким-то воспалением. «Мы объединили данные сцинтиграфии и КТ», — говорит доктор Джанка. При сцинтиграфии были выявлены области высокой метаболической активности, в то время как на КТ получены изображения костей. «Объединив изображения этих двух методов визуализации с помощью *syngo.via*, мы легко установили, что высокая метаболическая активность локализовалась между двумя позвонками», — замечает он. Благодаря этому стало ясно, что заболевание было ортопедическим, а не онко-

логическим. «Это очень успокоило пациента, — вспоминает он. — Возможность установить диагноз в более короткий период времени очень полезна для наших пациентов».

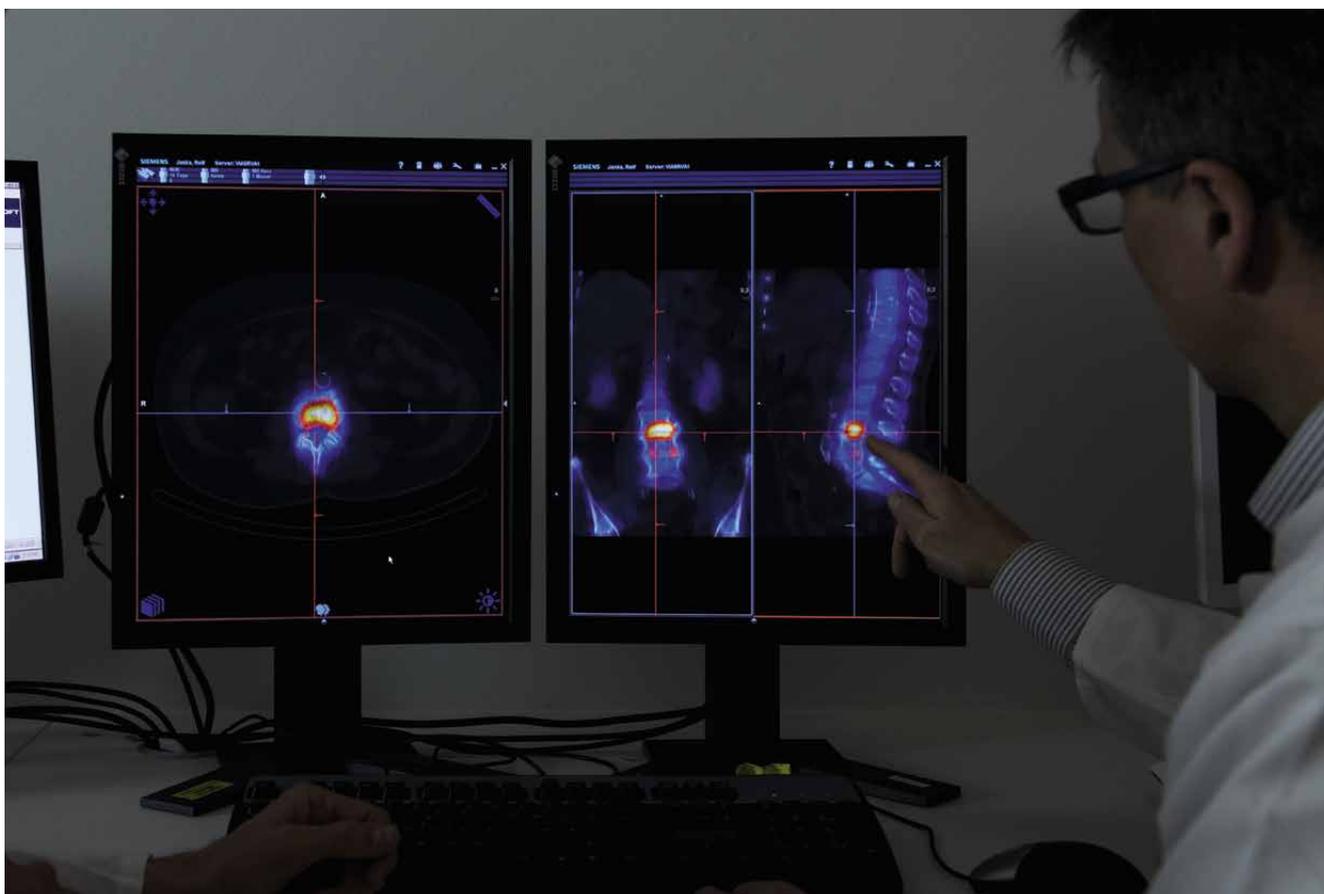
Возьмем, к примеру, пациентов, приходящих для регулярного осмотра при ремиссии опухоли. Пока не будут готовы результаты обследования, они очень боятся и переносят значительный стресс. «Чем раньше они получают результаты, тем лучше они себя чувствуют».

Интеллектуальные функции помогают повысить качество и производительность работы

Радиологи высоко ценят ускорение и повышение эффективности рабочих процессов, достигаемые без ущерба для качества. С помощью *syngo.via* они получают доступ и анализируют клинические наблюдения быстро и легко, причем с обеспечением таких функций, как предварительная загрузка данных предшествующих обследований для сравнения и автоматическая предобработка изображений. «Возьмем пример сценария динамического наблюдения, о котором я только что говорил: в течение нескольких секунд система автоматически отображает данные предшествующих и текущего обследования», — говорит доктор Джанка.

Автоматизированная предварительная загрузка данных пациента позволяет надежно обеспечить легкий доступ к необходимым изображениям. Не нужно терять время на получение данных, и можно забыть о тех временах, когда любому рентгенологу приходилось долго ожидать, пока ему принесут изображения из архива.





Независимо от метода визуализации, *syngo.via* позволяет отображать и просматривать изображения на одном экране.

syngo.via. Эффективная. Гибкая. Интеллектуальная.

Система *syngo®.via* компании «Сименс» представляет собой программное обеспечение для анализа стандартных и специализированных 3D-изображений, предназначенное для повышения качества и производительности работы радиолога. Она эффективно организует отображение данных, полученных различными методами, и ускоряет процесс радиологического обследования, таким образом экономя драгоценное время. Клинические наблюдения можно анализировать быстро, поскольку легко доступны такие функции, как предварительная загрузка данных предыдущих обследований и автоматическая обработка полученных данных. Не теряется время на ожидание изображений, что позволяет врачу сосредоточиться на его основных задачах.

В последней версии системы представлены такие передовые функции и инструменты 3D-анализа, например автоматическая маркировка позвоночника, наращивание областей или анатомическая регистрация изображений. Они позволяют еще больше повысить эффективность применения системы *syngo.via* в любом радиологическом отделении. Такие инструменты, как 3D-визуализация, помогают проводить анализ изображений не только быстрее, но и более надежно. Радиологи и направляющие на обследование пациентов врачи высоко оценивают эту функцию экономии времени, которая также позволяет им быстрее выявлять случаи, когда информации на полученном обычном изображении недостаточно.

syngo.via способствует гибкости в работе. Радиологи могут настроить приложения системы *syngo.via* и различные вкладки согласно своим потребностям и предпочтениям, что позволяет им работать с максимальным удобством. Используя функциональность для мобильных устройств, радиологи могут получить гибкий доступ к изображениям даже на ходу. Кроме того, модули системы можно настроить для удовлетворения индивидуальных требований клиентов.

Модульная модель лицензирования системы *syngo.via* позволяет применять ее как в специализированных врачебных практиках, так и в крупных университетских больницах. Ее гибкость является одной из наиболее привлекательных особенностей для менеджеров, которые должны постоянно учитывать затраты на инвестиции.

syngo.via, интеллектуальное программное обеспечение, помогает радиологам в ходе всего процесса анализа изображений. Она автоматически предварительно обрабатывает изображения, собирает результаты исследований и обеспечивает мощную функциональность при количественном анализе. Эти функции помогают эффективно представлять соответствующую информацию, необходимую для достижения наиболее высокого качества диагностической визуализации и ухода за пациентами.

«Возможность установить диагноз в более короткий период времени очень полезна для наших пациентов».

Профессор Рольф Джанка, MD, больница университета Эрлангена, Германия

Доктор Джанка также объясняет, каким образом автоматическая предварительная обработка изображений, например при кардиологической визуализации, положительно повлияла на работу лаборантов: когда изображения появляются на экране, они уже предварительно обработаны программой. Это значит, например, что анатомические структуры, не требующиеся для анализа, такие как ребра, автоматически скрываются, в то время как значимые структуры, такие как коронарные артерии, отображаются и уже готовы для анализа — без необходимости прикладывать усилия для ручной обработки изображений. Поскольку этот этап анализа отсутствует, лаборанты могут уделить время решению других задач.

«Рабочие процессы имеют в нашей повседневной деятельности очень большое значение», — отмечает доктор Джанка. В этой связи одна из самых полезных особенностей программного обеспечения *syngo.via* — это помощь системам радиологам в ходе всего процесса диагностики. «Это позволяет им проводить диагностический просмотр стандартным способом, что в конечном итоге помогает экономить время и поддерживать стандарты качества», — говорит он. Поскольку *syngo.via* помогает радиологам автоматически шаг за шагом в течение всего процесса диагностики, им больше не нужно беспокоиться о следующих этапах работы. «Я могу сосредоточиться непосредственно на анализе изображений, не беспокоясь, все ли шаги рабочего процесса я учел», — объясняет доктор Джанка. Использование четко определенных рабочих процессов служит хорошим способом поддержания стандартов качества в любой организации, которой приходится решать сложные задачи. Поскольку все рентгенологи

больницы университета Эрлангена проходят одни и те же этапы рабочего процесса, диагностика становится высокостандартизированной и полученные заключения можно легко сравнивать. «В будущем я был бы очень рад пользоваться структурированными заключениями по нашим анализам, что позволит ускорить подготовку отчетов о результатах анализа», — говорит доктор Джанка. На сегодня он диктует их в автоматизированную систему распознавания речи.

«Использование *syngo.via* позволяет намного проще решать ряд задач, — отмечает доктор Джанка. — Очень полезны включенные в последнюю версию *syngo.via* новые функции 3D-визуализации, специфичные для количественного анализа, а также функция автоматической маркировки позвоночника». Последняя на основании распознавания анатомических ориентиров автоматически идентифицирует позвонки и соответствующим образом маркирует их. «Это может казаться незначительным, — говорит он, — но это очень удобно». Программное обеспечение также предназначено для надежной поддержки количественного анализа. Измерения, например, объема опухоли и степени окклюзии сосудов, проводятся с высокой степенью автоматизации, и оказываются хорошо воспроизводимыми. Эти функции позволяют получить информацию, имеющую решающее значение для диагностики и принятия решения о методах лечения.

«Я думаю, что пациенты имеют право получить исчерпывающую информацию по результатам визуализации, — говорит он. — С помощью *syngo.via* мы, как врачи, получаем удобное средство для предоставления нашим пациентам информации, которую они хотели бы увидеть, — и предоставления ее эффективным образом». ■

Оливер Клаффке — журналист (наука и бизнес), проживающий в Швейцарии и Франции. Он публиковался, в частности, в журналах *New Scientist* и *Nature*.

syngo.via можно использовать как автономно, так и в сочетании с дополнительными программными опциями.

Дополнительная информация

www.siemens.com/syngovia



Больница университета Эрлангена с помощью *syngo.via* повысила производительность работы рентгенологического отделения.

Все для экономии времени и повышения качества

Ни пациенты, опасаясь услышать неприятный диагноз, ни рентгенологи, ожидающие получить изображения для анализа, не хотят долго ждать. Также и руководству больниц не нравится работать с плохо организованными и неэффективными процессами.

В области радиологии им может быть интересно изучить *syngo.via*. Это программное обеспечение для стандартной и специализированной 3D-визуализации знаменует собой новую эру в области анализа рентгеновских изображений. Рабочие процессы в *syngo.via* стандартизованы и рационализированы, а широкий спектр задач, требующих больших расходов времени, выполняет компьютер.

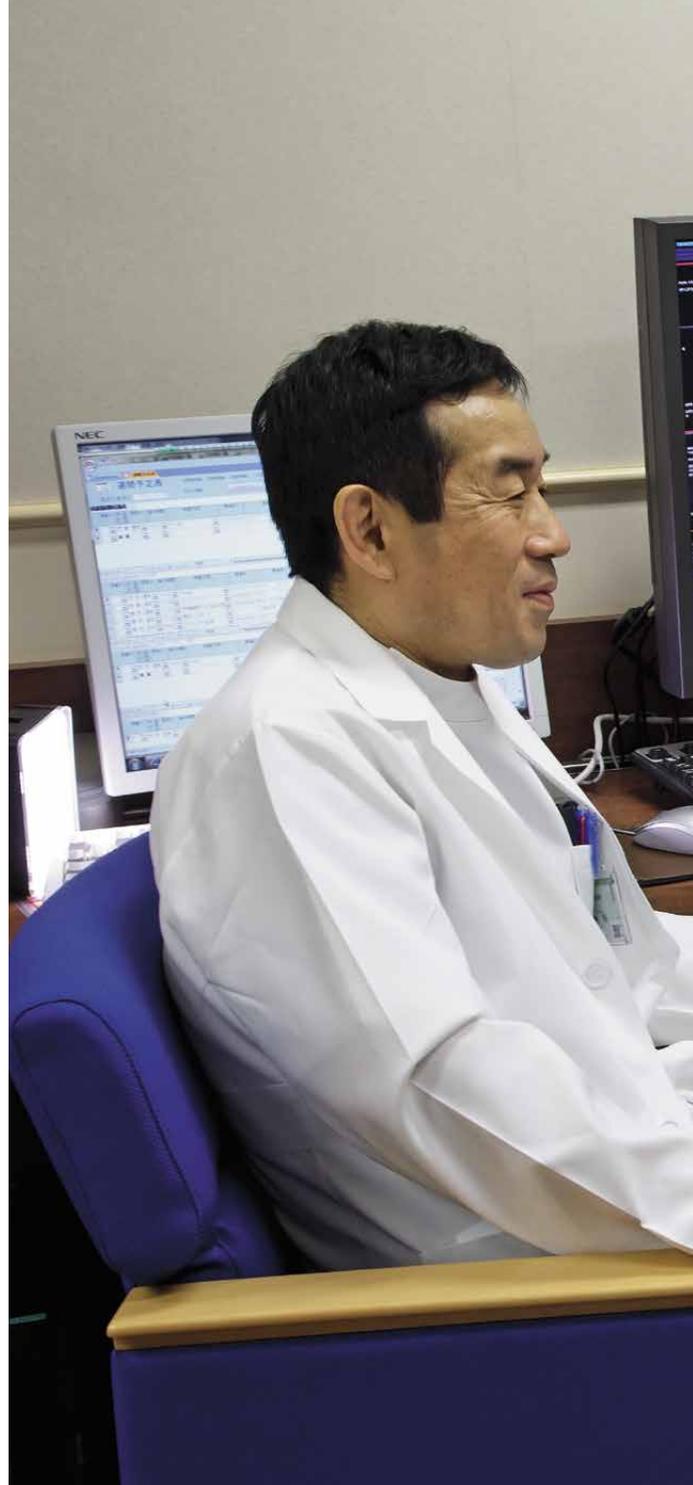
Таким образом, работа с медицинскими изображениями становится легкой и эффективной. *syngo.via* автоматически, без участия радиологов, проводит предварительную обработку, освобождая их от выполнения всех задач, не относящихся непосредственно к интерпретации изображений.

Благодаря этому они могут полностью сосредоточиться на анализе изображений, полученных с помощью различных методов визуализации. Независимо от того, используется ли позитронно-эмиссионная томография, компьютерная томография или магнитно-резонансная томография, система *syngo.via* обеспечивает анализ изображений, предлагает врачам широкие возможности оперативной диагностики.

Своевременная визуализация позволяет спасти жизнь

Для врачей и лаборантов в больнице Сайсекай Уцунюмия возможность получать изображения быстрее и с большим числом подробностей стала ключевой для повышения и сохранения качества круглосуточного обслуживания пациентов в рамках крупной больницы — особенно в отделении неотложной помощи и при визуализации и проведении вмешательств на сердечно-сосудистой системе.

Текст: Чарльз Т. Уиппл. Фото: Ханс Зойттер





syngo.via и *syngo.plaza* не только помогают доктору Хонда (справа) и его коллеге экономить драгоценное время, но и способствуют своевременному проведению вмешательств, в том числе жизненно важных видов терапии.

Город Уцунomia, в котором проживают чуть более полумиллиона человек, расположен в 110 км к северу от Токио, на главном острове Японии Хонсю. Исторически город развивался вокруг замка, а в настоящее время стал столицей префектуры Тотиги, и в нем была построена больница Сайсекай Уцунomia (Saiseikai Utsunomiya Hospital — SUH). Больница SUH была открыта в 1972 г. Кроме того, в 1981 г. она была назначена центром неотложной помощи для всей префектуры. На сегодня больница SUH, как крупнейшая больница префектуры, обеспечивает медицинскую помощь почти 1500 амбулаторным больным и более чем 600 стационарным больным ежедневно,

и проводит медицинское обслуживание города и префектуры, используя наиболее передовые медицинское оборудование и методы лечения. В 1998 г., когда больница переехала в новое, более крупное здание, ее администраторы воспользовались возможностью оснастить больницу новейшим оборудованием для визуализации. «Оглядываясь назад, — говорит Масанори Хонда, доктор медицинских наук, вице-президент больницы, радиолог-диагност и интервенционалист, — можно оценить наше развитие. Например, посмотрите на компьютерную томографию [КТ]: в 1998 г. у нас не было многосрезовых томографов — всего два односрезовых. Каждое обследование продолжалось



Если ранее в больнице ежегодно проводили около 2000 томографических исследований, то с внедрением системы *syngo.via* это значение увеличилось почти до 2700 исследований.

очень долго. Даже потом, уже получив 16-срезовые аппараты, нам приходилось для получения 3D-изображений сердца использовать бета-блокаторы, а значит, во время сканирования в кабинете должен был присутствовать врач». Больнице SUN пришлось столкнуться с проблемой, значимой для всего медицинского сообщества Японии: нехваткой врачей. Позже больница решила приобрести систему SOMATOM Definition компании «Сименс». «Мы были просто в восторге от системы SOMATOM Definition, — отмечает д-р Хонда. — Поскольку она обеспечивала наиболее высокое разрешение по времени, четкость изображения была выше, чем у любых других представленных на рынке КТ-систем». Затем больница SUN приобрела две системы SOMATOM Definition AS. Более того, так как SUN проводила выбор среди систем с наиболее высоким технологическим потенциалом при весьма разумной цене, то в результате было приобретено целое семейство систем компании «Сименс», в том числе MAGNETOM® Skyra (система для магнитно-резонансной томографии на 3 тесла),

MAGNETOM Aera (1,5 тесла), MAGNETOM Avanto (1,5 тесла), ангиографические системы Artis® zeego и Artis Zee biplane.

Надежность позволяет получить больше инвестиций

В больнице SUN проводят не только специализированные исследования. Она также играет ключевую роль в оказании неотложной медицинской помощи жителям префектуры круглосуточно, каждый день в году.

Для этого необходима соответствующая технология, позволяющая сотрудникам проводить высококачественные диагностику и терапию; конечно, к этому стремятся все крупные больницы с отделением неотложной помощи (ER). «К счастью, необходимая технология у нас имеется, — добавил доктор Хонда. — Потому что все наши подразделения теперь подключены к одной общей компьютерной платформе для визуализации — Siemens *syngo imaging IT*».

«Ключевое значение придать скорости проведения диагностической визуализации и оказания услуг экстренной медицинской помощи.

Для эффективного оказания медицинской помощи наиболее важно как можно скорее установить диагноз», — говорит д-р Хонда.

«Чтобы создать такого рода среду, мы в основном и выбрали решения Siemens IT», — отмечает д-р Хонда. «Для быстрой и эффективной диагностической визуализации при оказании неотложной помощи требуется как можно скорее передавать врачу изображения, полученные при реконструкции и 3D-визуализации, причем они должны быть достаточно высокого качества», — продолжает он. «Не будет большим преувеличением сказать, что *syngo.via*, снабженная архитектурой клиент-сервер с постобработкой на сервере, идеально подходит для оказания неотложной помощи. Она позволяет легко отображать подготовленные изображения, и автоматически обрабатывает изображения, автоматически отправляемые различными устройствами», — объясняет доктор Хонда.

Сочетание *syngo.plaza* и *syngo.via* позволяет быстро визуализировать поражение и при стандартных, и в сложных случаях. *syngo.plaza* —



Больница Сайсекай Уцуномия широко известна благодаря службе лечения сердечно-сосудистых заболеваний.

это система передачи и архивирования изображений (PACS), поддерживающая визуализацию с высокой пропускной способностью. Тесная интеграция *syngo.plaza* и *syngo.via* для 3D стандартной и специализированной визуализации помогает во всех режимах диагностики ускорить рабочие процессы.

Много производителей, одно решение

SUN была первой больницей в Японии, установившей решения *syngo.plaza* и *syngo.via* в сочетании. Когда в больнице SUN решили обновить ИТ-среду для томографов, в ней использовалось оборудование для визуализации от различных производителей.

«Все наше оборудование для клинической визуализации, независимо от производителя, связано с решениями *syngo.via* и *syngo.plaza*, — отмечает д-р Хонда. — Но вот что важнее всего: пока мы не создали действующую сейчас интегрированную систему, для диагностики с помощью 3D-изображений требовалось слишком много времени».

Когда его спросили, почему это так, доктор Хонда ответил: «Традиционно, 3D-изображения следовало обрабатывать вручную с помощью 3D-рабочей станции. Поэтому пост-обработка, особенно в ER, занимала слишком много времени. Но в этих случаях важна каждая секунда. Для врачей время действительно оказывается крайне существенно».

Никто не хочет ждать полчаса до получения 3D-изображения. Например, кардиологи регулярно проводят измерения размеров по 3D-изображениям, позволяющие установить эндоваскулярные стент-графты и подготовить соответствующий стент. В условиях ER необходимость ожидать 30 минут, пока на экране не появится 3D-изображение, при разрыве аневризмы аорты может просто привести к гибели пациента. Стент должен быть измерен и подготовлен как можно быстрее.

«С помощью системы *syngo.via*¹ нам удалось полностью перестроить систему работы», — отметил д-р Хонда. — На проведение измерений, которое раньше занимало 30 минут, теперь требуется две-три минуты. Получается, что кардиолог отделения неотложной помощи начинает консультацию с рентгенологом сразу же, как только получает на рабочей станции КТ аксиальное изображение. Мы, радиологи, сообщаем ему точные результаты диагностической визуализации с помощью *syngo.via*. Система *syngo.via* сразу же представляет соответствующим образом подготовленное изображение, и радиологи могут немедленно начинать измерения и оценивать их результат, например проводить предоперационное планирование размера стента. Затем на основании этих детальных данных можно подбирать лечение».

Доктор Хонда выводит 3D-изображение, на котором представлены сердце, артерии и вены внутри тела пациента. Сердце и кровеносные сосуды имеют цветовую маркировку: «Посмотрите, — говорит он, — и выводит еще одно изображение

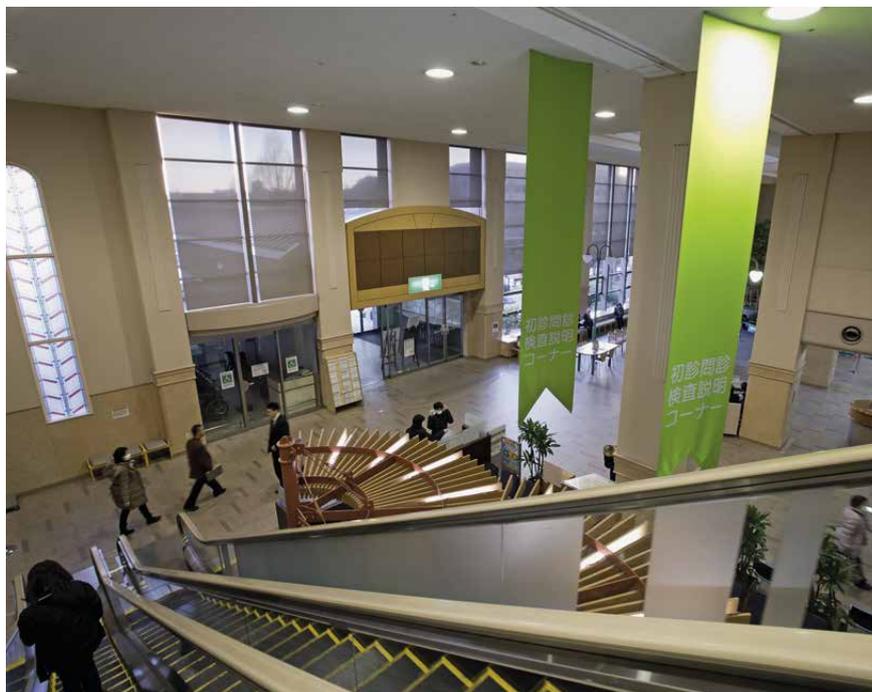
«Могу с удовольствием заметить, что работа с платформой ни у кого не вызвала никаких проблем».

Масанори Хонда, доктор медицинских наук, вице-президент и специалист по сердечно-сосудистой диагностике, больница Сайсекай Уцуномия, город Уцуномия, Япония



той же системы органов того же пациента, но уже после лечения. Теперь у этого пациента установлены несколько стентов, и он чувствует себя здоровым. Более того, ему не нужно принимать ингибиторы агрегации тромбоцитов, поскольку ему установлен стент с лекарственным покрытием».

Доктор Хонда улыбается, его радует, что он может проводить спасующую жизнь терапию. «Не так давно, — вспоминает он, — по скорой привезли человека с остановкой сердца [СРА]. Мы подключили систему жизнеобеспечения, и кровообращение самостоятельно восстановилось. Проведя КТ, мы заподозрили разрыв аневризмы брюшной аорты. Как только диагностическая визуализация была завершена, пациента транспортировали в ангиографический кабинет, где была установлена система Artis zeego, и в нисходящую грудную аорту ввели окклюзионный аортальный баллонный катетер».



Регистратура больницы представляет собой обширный зал, и обслуживает ежемесячно до 1700 амбулаторных больных и 650 стационарных больных.



Здравоохранение в Японии

Хотя Япония расходует на здравоохранение только половину от сумм, затрачиваемых в Соединенных Штатах, живут японцы значительно дольше. Ожидаемая продолжительность жизни для среднего японского гражданина составляет 83 года.

В Японии действует единая система страхования. Около 60 процентов японцев участвуют в корпоративных системах страхования и значительную часть взносов платят работодатели. Остальные 40 процентов японцев участвуют в системах страхования на уровне муниципалитетов или префектур. По закону все жители должны участвовать в какой-либо из схем медицинского страхования. Вопросы медицинского обслуживания не решены только для нелегалов.

Национальная система медицинского страхования покрывает расходы на амбулаторное и стационарное лечение, покупку лекарств по рецепту и на большинство видов стоматологической помощи. Однако подбор очков из системы исключен. Местные органы власти поддерживают систему дополнительного страхования, покрывающую оплату долгосрочного ухода за больными.

Пациенты, не достигшие 70-летнего возраста, должны оплачивать 30 процентов всех медицинских расходов, вплоть до максимума около 80 000 иен (около 860 долларов США) ежемесячно. От всех превышающих его расходов они оплачивают только 1 процент.

На ежегодные затраты на медицинское обслуживание в сумме до 2 миллионов иен (21 500 долларов США) предоставляется налоговый вычет. Первичную медицинскую помощь, как правило, предоставляют местные клиники. В среднем, японцы посещают врача 13,9 раз в год (2009 год), по сравнению с 6,2 посещениями в Европе и 3,9 посещениями в США.

Получить неотложную помощь может оказаться нелегко. Количество врачей на душу населения в Японии примерно на 30% ниже, чем в других странах ОЭСР. Этот недостаток врачей привел к тому, что некоторые больницы закрыли отделения неотложной помощи или серьезно ограничили объем предоставляемой неотложной медицинской помощи.

Врачи иногда принимают до 100 пациентов в день без предварительной записи, и пациентам не приходится долго ожидать приема. Большинство клиник открыты пять с половиной или шесть дней в неделю, и часто оборудованы рентгенологическим и эндоскопическим отделениями.

Несмотря на некоторые недостатки, многое в системе здравоохранения Японии может служить примером для подражания. Основные виды медицинской помощи доступны и оказываются на высоком уровне. Хотя японское долголетие частично обусловлено деятельностью системы здравоохранения, важную роль также играют свойственные жителям навыки здорового питания и привычка к выполнению физических нагрузок.

В этом случае, к моменту, когда пациент был доставлен в ангиографический кабинет, мы с помощью *syngo.via* уже подобрали стент соответствующего размера. Без всяких проблем были подобраны необходимые материалы, и начата срочная операция.

Несколько дней спустя этот пациент был выписан из больницы и даже не узнал, что находился между жизнью и смертью».

Делать больше с меньшими ресурсами

По словам доктора Хонда, оба решения *syngo* предназначены в том числе для обеспечения более высокой эффективности и рациональности проведения рабочего процесса. Лучший способ избежать человеческих ошибок — это автоматизировать все рабочие процессы.

Автоматическая обработка и анализ изображений с помощью *syngo.via* позволяет достичь оптимальной эффективности работы, а это играет

довольно важную роль в обеспечении клинической безопасности. Это позволяет медикам уделять основное внимание пациентам, и меньше времени тратить на обработку изображения, что в свою очередь облегчает больнице задачу поиска необходимого баланса между автоматизацией и человеческим взаимодействием.

Итак, какие же преимущества видит больница SUH от внедрения платформы *syngo*, состоящей из решений *syngo.via* и *syngo.plaza*?

С точки зрения рабочего процесса лаборантов, платформа *syngo* может помочь при проведении соответствующих исследований, даже если они не очень хорошо разбираются в проведении исследований в данной области тела. С точки зрения работы радиологов, поскольку пользовательский интерфейс *syngo.via* и *syngo.plaza* новее, чем установленный на томографе, он выглядит и ощущается немного по-другому. Но, поскольку его функциональные

средства аналогичны установленным на сканере, сотрудникам оказывается несложно начать его использовать.

«Честно говоря, мы беспокоились, смогут ли рентгенологи-диагносты справиться с *syngo.via*, поскольку она была первым из решений компании „Сименс“ для постобработки на сервере, установленном в Японии, и содержит довольно сложный набор клинических приложений», — говорит д-р Хонда.

«Но на помощь пришла компания „Сименс“, проведя обучение и организовав последующую поддержку, которые мы оценили очень высоко. Могу с удовольствием заметить, что работа с платформой ни у кого не вызвала никаких проблем. И мы уверены, что обеспечиваемые платформой возможности позволяют и нашим пациентам, и нам получить ряд дополнительных клинических преимуществ: я могу назвать по крайней мере три таких преимущества», — отмечает д-р Хонда.



Накопив опыт работы с оборудованием компании «Сименс», больница дополнительно приобрела ангио- и кардиографическую системы в двух проекциях и систему для проведения сосудистых вмешательств.

1) Сочетая решения *syngo.plaza* и *syngo.via*, все сотрудники могут легко работать в рамках единой платформы. Это означает, что они могут без дополнительного обучения работать не только со сканерами, но и с ИТ-системой компании «Сименс».

2) Связывая устройства с помощью *syngo.via*, и автоматически отправляя данные с устройств на сервер, можно просматривать изображения практически в режиме реального времени, уже предварительно обработанные и готовые к проведению диагностических исследований. Это особенно важно для ER.

3) С помощью *syngo.plaza* эти изображения можно через web2-клиент *syngo.plaza* без затруднений передавать по всему учреждению, архивировать и легко вызывать при обследованиях в динамике.

«Мы и сейчас очень довольны *syngo.via* и *syngo.plaza*, — отмечает д-р Хонда. — Они позволили нам почти на 50 процентов увеличить число обследуемых пациентов. Мы с нетерпением ждем выхода новых версий с еще более широкими возможностями». ■

Чарльз Т. Уиппл — писатель и журналист из Японии, лауреат международных наград. Его статьи публикуются в ряде журналов и газет, в том числе в журнале *Newsweek*, газете *Chicago Tribune*, *International Herald Tribune*. Он живет в Японии с 1977 г. и свободно говорит на японском языке.

¹*syngo.via* можно использовать как автономно, так и в сочетании с дополнительными программными опциями.

²Для диагностической интерпретации изображений с использованием веб-обозревателя необходим монитор медицинского класса. Результаты, о которых сообщают здесь клиенты концерна «Сименс», были получены с помощью имеющихся у них уникальных конфигураций. В связи с отсутствием «стандартной» конфигурации для лечебного учреждения и наличием множества изменяемых факторов (размер учреждения, состав пациентов, уровень внедрения ИТ и пр.), нельзя гарантировать, что другие пользователи смогут достичь аналогичных результатов.

Сводка для руководства

Задачи

Население Японии стремительно стареет, и нагрузка на больницы значительно увеличилась — и больница Сайсекай Уцуномия не стала исключением. Тем не менее, штатное расписание больницы практически не изменяется. Поэтому больнице приходится обслуживать больше пациентов силами ограниченного количества врачей и лаборантов. Это, в свою очередь, вызывает дополнительные проблемы. Каким образом можно с помощью единой платформы связать многочисленные устройства от различных производителей? Каким образом можно быстро получать высококачественные изображения — в том числе 3D-изображения — для быстрой диагностики? Как сгладить кривые на графиках обучения, чтобы сэкономить время? Наконец, каким образом можно достичь максимально возможного безбумажного документооборота и ограничить время и усилия врачей на работу с системой?

Решение

Для решения этих проблем больница Сайсекай Уцуномия выбрала пакеты *syngo.via* и *syngo.plaza* компании «Сименс». Поскольку в больнице SUN используются системы визуализации от различных поставщиков, системы компании «Сименс» должны обеспечивать автоматическую

передачу данных от всех этих устройств. Врачи могут сразу же получать из пакетов *syngo.plaza* и *syngo.via* изображения, без задержек проводить диагностику и назначать терапию.

Результат

В настоящее время в больнице SUN обеспечивается непрерывное и круглосуточное оказание высококачественной медицинской помощи, без необходимости привлекать дополнительный медицинский персонал. Установленный пакет *syngo.via* позволяет получать диагностические изображения в течение нескольких минут. Быстрое обнаружение опасных для жизни поражений позволяет немедленно проводить вмешательства, что повышает выживаемость пациентов. Использование пакета *syngo.plaza* позволяет минимизировать документооборот; поэтому нет необходимости содержать архивы рентгеновских пленок. Все устройства связаны между собой, что обеспечивает врачам наилучшие возможности визуализации. Теперь в больнице SUN появилась возможность принимать, обследовать и лечить большее, чем ранее, количество пациентов.

Дополнительная информация

www.siemens.com/syngo

Автоматическая сонотомография молочных желез (3D ABVS)

Часть 1. Интеграция УЗ-метода в радиологические стандарты томографии

В.Е. Гажонова, Е.М. Бачурина, Е.М. Хлюстина, Т.Н. Кулешова

ФГБУ «Учебно-научный медицинский центр» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия
ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

Введение

Во всем мире рак молочной железы (РМЖ) является наиболее частым злокачественным новообразованием у женщин — ежегодно диагностируется примерно 1,4 миллиона новых случаев, и заболеваемость РМЖ неуклонно растет. В России число вновь выявленных случаев рака молочной железы в 2012 г. составило 56 154 пациентов. В структуре смертности женщин от злокачественных новообразований в России в 2012 г. РМЖ занимал лидирующее место (17,4 %) [1, 2].

Как известно, выживаемость напрямую зависит как от выбора правильного лечения, так и от стадии заболевания. Показатель общей выживаемости больных с неинвазивным РМЖ при условии адекватного лечения приближается к 100%, тогда как 5-летняя выживаемость больных с IV стадией РМЖ не превышает 10% [3]. Таким образом, разработка неинвазивных методов уточняющей диагностики непальпируемых образований МЖ, по-прежнему, является приоритетным направлением в современной маммологии. Общеизвестно, что современная диагностика заболеваний МЖ представляет собой комплекс методов, состоящий из клинического, лабораторного и лучевого обследования, а также методик интервенционной радиологии. Рентгеновская маммография (РМГ) на сегодняшний день является «золотым стандартом» скрининга РМЖ, поскольку это быстрый, недорогой, легко воспроизводимый, объективный, оператор-независимый метод, который позволяет выявлять доклинические формы

РМЖ, в связи с наиболее благоприятным прогнозом [4].

Однако способность РМГ к выявлению злокачественных опухолей непосредственно связана с количеством и соотношением в МЖ соединительнотканного компонента, железистой и жировой тканей. В том случае, когда в МЖ преобладает железистая ткань, рентгенологически не всегда возможно дифференцировать доброкачественные и злокачественные процессы [5]. У более чем половины женщин до 50 лет имеется более 50% сохраненной железистой ткани (у женщин после 50 лет около 30% сохраненной железистой ткани), и чувствительность маммографии у этих женщин составляет 30–48% [6].

Ультразвуковое исследование МЖ (УЗИ) благодаря разработке более чувствительных и высокочастотных датчиков, совершенствованию доплеровских технологий, внедрению соноэластографии сегодня является высокоинформативным методом выявления раннего РМЖ.

Дополнительное проведение УЗИ позволяет повысить частоту выявления непальпируемого рака молочной железы на 42% [7–11]. Однако до настоящего времени качество ультразвукового исследования определялось опытом проводящего исследование врача, поскольку датчиком ультразвукового аппарата управляли вручную. Кроме того, такое исследование требовало много времени.

Идеи создания автоматического трехмерного УЗИ МЖ, позволяющего снизить операторозависимость,

относятся еще к 1970-м годам [12]. Однако только в последние годы экспертам концерна «Сименс» удалось разработать инновационную систему ACUSON S2000 с модулем ABVS с датчиком для автоматического объемного сканирования молочных желез. Благодаря технологии автоматического сканирования молочной железы обеспечивается стабильно высокое качество изображения. Такой стандартизированный подход повышает сопоставимость получаемых результатов, что создает предпосылки для получения изображения еще более высокого качества.

Дополнительные преимущества: 3D-визуализация позволяет тщательно осмотреть срезы ткани молочной железы, от кончика соска до грудной стенки, что может быть очень полезно для диагностики или планирования хирургических вмешательств. До недавнего времени такие возможности диагностики невозможно было себе даже представить. Автоматизация значительно сокращает время обследования пациентов. Это может обеспечить значительные преимущества и возможности экономии, особенно в программах скринингового обследования, при которых необходимо осмотреть значительный поток пациентов.

В Европе уже установлено более 160 ультразвуковых систем ACUSON S2000 с модулем ABVS (Automated Breast Volume Scanning) для ультразвукового исследования молочных желез, в том числе в Германии, Великобритании, Франции, Испании, Италии, Австрии и Швейцарии. И интерес к возможностям этой методики при РМЖ во всем мире

огромен. Уже во многих научных работах отмечена высокая воспроизводимость метода, специфичность и чувствительность при РМЖ [13–26]. Американский колледж сети радиологических изображений (ACRIN) опубликовал результаты исследования 6666 женщин, при котором сочетанное применение 2-х методик: РМГ и 3D УЗИ позволило выявить больше опухолей у женщин с факторами риска РМЖ и плотной железистой тканью. Данная программа показала, что подключение к скринингу дополнительно 3D УЗИ повышает чувствительность выявления опухолей до 77,5% [27].

В России эта технология пока только апробируется и поэтому еще недостаточно изучена. В недавней публикации Якобс и соавт. (2014), которые провели испытание системы у 97 пациентов, чувствительность метода автоматизированного сканирования в выявлении патологии молочных желез составила 100%, специфичность 40%, диагностическая точность 88%. Первый опыт использования АВВС в России показал обнадеживающие результаты: ни один из случаев РМЖ не был пропущен. Высказана необходимость дальнейших клинических испытаний автоматизированной системы сканирования молочных желез [28].

В своей работе мы разработали стандартизированный алгоритм применения автоматической соно-

томографии для диагностики рака молочных желез, путем сопоставления данных СТГ с рентгеновской маммографией, усовершенствовали технические аспекты анализа трехмерных данных, предложив специальные укладки, изучили показания, недостатки и преимущества нового метода при различных заболеваниях молочных желез.

Общие принципы работы автоматической сонотомографии (3D АВВС)

Система ACUSON S2000 с модулем АВВС включает в себя непосредственно УЗ-аппарат и специальное стационарное автоматическое устройство в виде стойки с укрепленным на нем на подвижной рукоятке линейным широкополосным датчиком для объемного сканирования 14L5BV Siemens (максимальная частота 14 МГц, средняя частота сканирования 10 МГц, шириной 15,4 см, с 768 пьезоэлектрическими элементами), позволяющее получить изображение всего объема молочной железы (рис. 1).

Во время автоматического сбора трехмерной информации этот датчик проходит 16,8 см примерно за 1 минуту (55–65 секунд), что позволяет получить около 300 срезов высокого разрешения для последующей компьютерной обработки (разрешение: аксиальное = 0,09 мм, латеральное = 0,16 мм, сагитальное =

0,44 мм). Технические параметры улучшения изображения в трехмерном режиме описаны в предыдущих работах [28].

На датчик для снижения артефактов движения и создания адекватного контакта с кожей надевается сменная мембрана. На поверхность железы для лучшего соприкосновения и улучшения сканирующих свойств датчика накладывают специальный лосьон, равномерно распределяя его на поверхности (Polysonic Ultrasound Lotion, Parker Laboratories, Inc, Fairfield, NJ). Датчик устанавливают над исследуемой железой, прижимают к железе с умеренным давлением и фиксируют перед проведением сканирования.

На аппарате задается глубина сканирования от А до D+ (в основу положен размер чашечки бюстгалтера), далее выбирается область сканирования: правая или левая молочные железы.

Позиционирование датчика на железе проводится с учетом выбранных срезов (R AP, R LAT, R MED, R SUP, R INF, R AXILLA, R OTHER или L AP, L LAT, L MED, L SUP, L INF, L AXILLA, L OTHER соответственно области интереса) переднезадний, медиальный, латеральный, верхний, нижний, аксиллярный, другой согласно стандартным позициям (рис. 2).

Далее выбирается направление сканирования датчика кнопкой, расположенной на самом сканирующем устройстве.



1 Общий вид системы ACUSON S2000 с модулем АВВС (Automated Breast Volume Scanning) для ультразвукового исследования молочных желез.



2 Выбор позиций для сканирования на экране монитора при работе датчика 14L5ABVS.

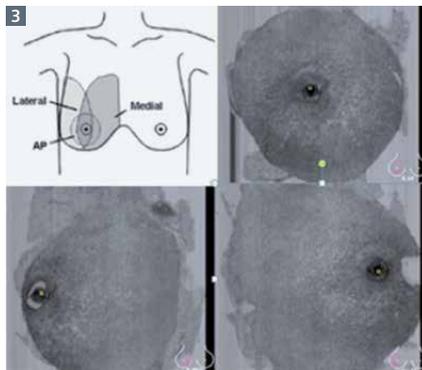
Сбор объемной информации может осуществляться снизу вверх или сверху вниз. Затем начинается этап собственно сбора информации, задержки дыхания во время процедуры не требуется. При этом датчик автоматически движется в заданном поле и при окончании сканирования автоматически разблокируется, после чего его можно снять с железы. Процедуру автоматического сканирования в любой момент можно прервать, нажав на кнопку CANCEL (Отменить) на экране монитора.

Собранная информация представляется на экране в виде массива корональных срезов, которые можно сразу просмотреть послойно. В нижнем левом углу экрана располагается пиктограмма выполненного среза. При удовлетворительном качестве собранной информации оператором маркируется позиция соска и подтверждается сохранение собранной информации кнопкой SAVE (Сохранить), тогда все данные сохраняются на УЗ-аппарате. При неудовлетворительном снимке изображение можно не сохранять, нажав REJECT (Отменить).

После первого среза автоматически УЗ-аппарат предлагает выполнить следующие в порядке алгоритма срезы. Согласно рекомендуемой технологии производят корональный, латеральный и медиальный срезы каждой железы (рис. 3).

Количество срезов зависит от размера груди. Чем больше размер груди, тем больше требуется выполнить срезов.

Завершив сбор трехмерной информации, все данные пересылаются на рабочую станцию для более



3 Стандартная схема сканирования молочных желез по методике 3D ABVS.

углубленного изучения и формирования окончательного протокола.

Начав свою работу с данной технологией, мы на первых этапах использовали стандартную рекомендованную схему осмотра. Все исследователи проводили сканирование при положении пациентки лежа на спине [13–28]. Полученные таким способом томографические срезы молочной железы невозможно было соотнести со снимком при рентгеновской маммографии. В то время как сонотомография и маммография должны работать как два взаимодополняющих, а не самостоятельных метода. Автоматическая сонотомография выполняется, как правило, на втором этапе после РМГ у пациенток после 40 лет для уточнения выявленных изменений, для поиска или для топографии дополнительных патологических образований. Проявления РМЖ настолько разнообразны и многолики, что только комплексное обследование РМГ на первом и УЗИ на втором этапах, где один метод дополняет другой, позволяет обнаружить специфический симптомокомплекс, свидетельствующий о малигнизации молочных желез. Мы не встретили в литературе вариантов позиционирования датчика и укладки пациентки при сборе трехмерной информации. При отсутствии единого стандарта сканирования невозможно говорить о дообследовании с ее помощью и также о воспроизводимости методики 3D ABVS.

Проведя исследование с 11.2013 г. по 05.2014 г. 125 пациенток с различной патологией молочных желез на аппарате ACUSON S2000 с модулем ABVS компании «Сименс» мы разработали и предложили собственную методику исследования, которая позволила сопоставлять срезы 3D-сонотомографии (СТГ) со стандартно выполняемыми при РМГ, что позволило наиболее полно интегрировать СТГ в алгоритм диагностики заболеваний молочных желез.

Нами были исследованы 125 пациенток, согласившихся пройти дополнительно сонотомографию молочных желез по нашей программе на аппарате ACUSON S2000 с модулем ABVS компании «Сименс», из них 16 исследований были выполнены повторно в динамике для исследования воспроизводимости методики. Из всех 125

пациенток 73 женщины (после 40 лет) были направлены на дообследование после маммографии в связи с выявленными теньевыми образованиями, выраженным плотным железистым фоном, диффузной мастопатией, высоким риском развития рака груди. 28 из 125 пациенток (до 40 лет) прошли обследование в связи с болевым синдромом, уплотнениями в груди, выделениями из сосков без предшествующей маммографии, а также 24 женщины (от 18 до 79 лет) без патологических изменений в груди для разработки методики и изучения эхосемиотики структуры желез.

Алгоритм исследования включал в себя несколько этапов:

- автоматический сбор трехмерной информации (собственно сонотомография);
- обработка серий 3D на УЗ-аппарате (для оценки качества полученных томограмм);
- оценка доплеровских и соноэластографических характеристик выявленных образований с помощью качественных и количественных параметров (этап 2D УЗИ);
- осмотр аксиллярных областей, зон регионарного лимфооттока (этап 2D УЗИ);
- обработка 3D-данных на рабочей станции (сопоставление серий 3D при мониторинге);
- сопоставление с данными маммографии;
- формирование окончательного протокола (определение классификации по BIRADS).

Автоматический сбор трехмерной информации при СТГ

Для получения СТГ-срезов мы разработали и рекомендуем следующие специальные укладки.

Первый — фронтальный (передне-задний, центральный) срез. Согласно нашей методике, выполнялся для топографии с центральной позицией соска и равноудаленностью внутренних и наружных квадрантов от него. Для получения этого среза использовалась стандартная позиция лежа на спине, с рукой, соответствующей стороне исследования, запрокинутой за голову.

Второй — латеромедиальный срез. Для его получения использовалась схожая техника с РМГ, только пациентка находилась в положении



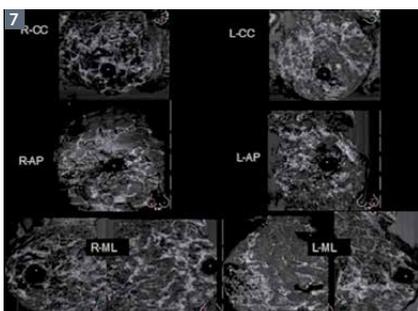
4 Положение пациентки и датчика для получения переднезадних и нижних срезов.



5 Положение пациентки при выполнении латеромедиальных срезов.



6 Положении пациентки для исследования верхних квадрантов.



7 Серия сканограмм, выполненных у 1 пациентки.

лежа на боку, рука за головой. Сосковая зона была смещена максимально от сканирующего поля к краю мембраны с равноудаленностью верхних и нижних квадрантов. Маркером латеральной границы служила красная линия на датчике.

Третий верхний или прямой срез. Для его получения пациенткой принималось полусидячее положение (или с приподнятым головным концом кушетки), рука была прижата к телу. Сосковая зона смещена книзу от сканирующего поля, отступая 1 см от мембраны, латеральные и медиальные квадранты были равноудалены от соска (рис. 4–6).

Для улучшения визуализации позадиссосковой зоны рекомендована максимальная латерализация соска в боковых и прямых срезах. При локализации образований во внутреннем квадранте или в нижнем квадранте предпочтительнее дополнительно отсканировать соответственно медиальный или нижний сегмент отдельно. Для этого достаточно применить стандартную позицию лежа на спине.

Движение датчика по нашей методике при сборе информации всегда осуществлялось снизу вверх. Полученные сканограммы при этом соответствовали реальному расположению объекта сканирования: верхние квадранты при всех выполняемых срезах располагались вверху скана, наружные и внутренние квадранты соответствовали положению при осмотре (рис. 7).

Если у женщин с размером груди, соответствующим чашечке А,

достаточно выполнить 1 фронтальный топографический срез, то при больших размерах груди — срезы 1, 2, 3 являются обязательными у каждой пациентки. При макромастии (размер чашечки бюстгалтера — Е, F) нами производились дополнительно срезы медиолатеральный (4) или нижний (5).

Четвертый срез: медиолатеральный выполнялся лежа на спине, грудь смещена латерально, с максимальной латерализацией соска в сканирующем поле.

Пятый срез: нижний — производился также лежа на спине, руки за головой. Грудь смещалась кверху, сосок смещался максимально кверху сканирующей мембраны, отступая 1 см от края.

Для стандартизации и возможности последующего воспроизведения методики выполненные стандартные срезы и глубина сканирования (А, В, С, D, D+) фиксировались в протоколе исследования. Стандартные параметры мощности, яркости, глубины и другие настройки не изменялись при сканировании, и применялись рекомендуемые, заложенные в программное обеспечение (табл. 1).

Такой способ сбора информации при сонотомографии, разработанный нами, и документация основных параметров исследования обеспечивали сопоставимость с данными рентгеновской маммографии; воспроизводимость последующих мониторинговых снимков; сопоставимость симметричности изменений правой и левой молочных желез.

Таблица 1. Пример документального оформления технических параметров сонотомографии в протоколе УЗИ

Виды срезов	Глубина среза (А–D+)	Правая	Левая
A-P	C	+	+
LAT	D	+	+
MED	–	–	–
SUP (Ax)	D	+	+
INF	–	–	–

Где А-Р — переднезадний; фронтальный срез; LAT — латеромедиальная проекция; MED — медиолатеральная; SUP (Ax) — верхняя или прямая проекция с аксиллярной зоной; INF — нижний сегмент.

Обработка серий 3D на УЗ-аппарате (для оценки качества полученных томограмм)

Этот этап использовался для проведения предварительных топографических измерений: расстояний от образования до соска, кожи и грудной стенки. На экране монитора при вызове массива трехмерных данных из памяти аппарата активировался уровень продвинутого анализа 3D/4D (Advanced 3D/4D), выбиралось 2-проекционное отображение: стандартный поперечный срез и фронтальный срез. Путем навигации и прокрутки по стандартному изображению позиционировались образования на фронтальном срезе и проводились топографические измерения на поперечном срезе (рис. 8).

Этот этап в алгоритме также был необходим для отбора наиболее качественных серий сонотограмм для их анализа, передачи на рабочую станцию и дальнейшего хранения. С помощью этого этапа проводился быстрый предварительный анализ всего массива сонотограмм.

Оценивалась структура железы, уточнялась локализация объемных образований, их отображение на фронтальных срезах (рис. 8). На этом этапе принималось решение о достаточности выполненных позиций и необходимости в дополнительных сканах, оценивалось качество собранной информации. Необходимо отметить, что оценка качества сонотограмм была необходима именно на этом этапе, пока пациентка еще находилась на исследовании и имелась возможность дополнительного сбора данных.

Во время автоматического сканирования, в ряде случаев, возникали артефакты движения или разговора, ухудшавшие восприятие объемных

данных. Поэтому во время автоматического сбора данных необходимым условием для пациентки было не разговаривать и не производить движений в течение минуты. Дыхательные движения грудной клетки не создавали помех при сканировании и не отражались на качестве сонотограмм.

При недостаточном контакте сканирующей мембраны с кожей железы также возникали артефакты непроработанности, т. н. «немые» зоны, которых мы старались избегать. К сожалению, в ряде случаев этого было трудно добиться: например, у 3-х пациенток с рубцовой деформацией груди после секторальных резекций или лампэктомий, у 1 пациентки при инвазивном раке груди с втяжением соска и деформацией груди, в 6 случаях при грудных имплантатах, эспандерах (рис. 8). Эти пациентки были дообследованы по стандартной методике 2D и исключены из группы исследуемых.

Оценка доплеровских и соноэластографических характеристик выявленных образований с помощью качественных и количественных параметров (этап 2D УЗИ)

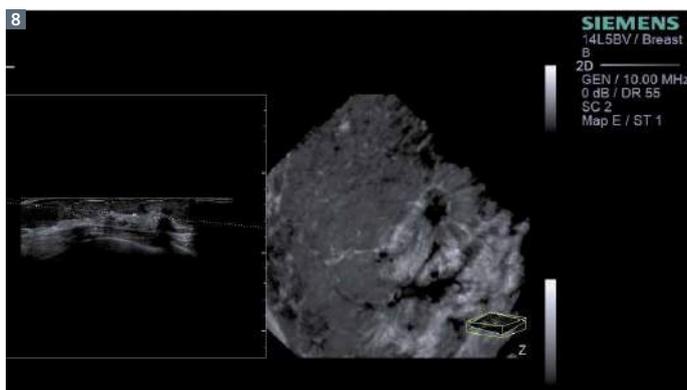
Многие исследователи отмечают, что в выявлении рака коэффициент различий ($k=80$) между заключениями нескольких экспертов при независимом анализе срезов ABVS высокий, тогда как при доброкачественных — низкий ($k=0,18$).

Таким образом, методика ABVS обладает высокой чувствительностью — 83–100% при очень низкой специфичности 51–68% и, следовательно, позволяет с высокой чувствительностью выявлять злокачественные новообразования в молочных

железах. Вероятность пропуска раковой опухоли при этом методе очень низкая. Многие исследователи утверждают, что ни один из раков МЖ не был пропущен, используя методику 3D СТГ [14, 17, 22, 28].

С другой стороны, отмечается значительная гипердиагностика, даже в случаях неизмененных молочных желез. Технология ABVS обладает низкой специфичностью с высоким числом ложноположительных заключений, что обуславливает необходимость повторного осмотра пациенток с доброкачественными изменениями. Руководствуясь этими данными, мы рекомендуем включать в алгоритм исследования этап 2D УЗИ с оценкой неясных случаев непосредственно во время обследования пациентки и не прибегать к повторному вызову для дообследования неясных образований. Это в свою очередь немного увеличивает продолжительность УЗИ молочных желез при СТГ по нашему алгоритму, но при этом повышается специфичность исследования. Если учитывать то, что лучше много ложноположительных заключений, чем один ложноотрицательный случай, то метод СТГ безвреден и не нанесет вреда. Лучше лишний раз посмотреть или досмотреть пациента, чем один раз пропустить рак. Малое число ложноотрицательных случаев, о чем свидетельствуют многочисленные работы, обнадеживает в плане будущего широкого клинического применения методики ABVS для диагностики рака груди.

После анализа данных СТГ на УЗ-аппарате, при недостаточности 3D данных и неясной эхокартине, в целях дообследования образований проводилось всестороннее изучение, используя функциональные возможности двумерного сканирования:



8 2-проекционное отображение рака молочной железы: стандартный поперечный срез и фронтальный срез с зоной «лучистости», соответствующей опухолевому узлу. Феномен «лучистости» отображается только на фронтальном срезе.

УЗ-ангиографию, доплерографию, акустическую эластографию, технологию Shear Wave.

Сканирование осуществлялось линейным датчиком 18L6 HD (5,5–18 МГц (Siemens), шириной сканирующего поля 5,6 см.

Для исследования более глубоких отделов молочной железы применялся также датчик 9L4 HD (4,5–9 МГц, шириной сканирующего поля 4 см). Все данные об образовании сохранялись на жесткий диск для последующего анализа.

Многие исследователи считают необходимость дообследования по стандартной методике с помощью обычного двумерного датчика одним из ограничений метода сонотографии [17].

Мы в своей работе всегда руководствовались правилом достаточности. Мы считали одним из достоинств методики наличие совмещенной технологии 2D и 3D на УЗ-сканнере ACUSON S2000 с модулем ABVS и всегда использовали этап 2D УЗИ, если были выявлены солидные неясные образования при 3D СТГ. Тогда как при отсутствии изменений этот этап пропускаться.

Выполнялось сканирование аксиллярных областей и зон регионарного лимфооттока по стандартной методике.

Обработка 3D-данных на рабочей станции

После окончания сбора объемных данных вся информация об исследовании отправлялась на специальную рабочую станцию (Breast ultrasound review workstation), где имелась база данных ABVS. После вызова диалогового окна проводился выбор соответствующего исследования пациентки, где каждая серия маркировалась соответствующим типом среза R или L (AP, LAT, MED, SUP, INF, AXILLA). Все серии срезов представлялись в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях. Навигатор помогал позиционировать каждую точку по трем осям X, Y, Z (сагиттальной, коронарной, аксиальной). Собранный объем обрабатывался в любых произвольных плоскостях и срезах, создавались сопоставимые с РМГ сонотограммы молочных желез, проводились топографические измерения в автоматическом режиме, с установкой курсора на интересующем объекте (рис. 9).



9 Обработка 3D-данных на рабочей станции. Множественные кисты молочной железы.

Сопоставление с данными маммографии

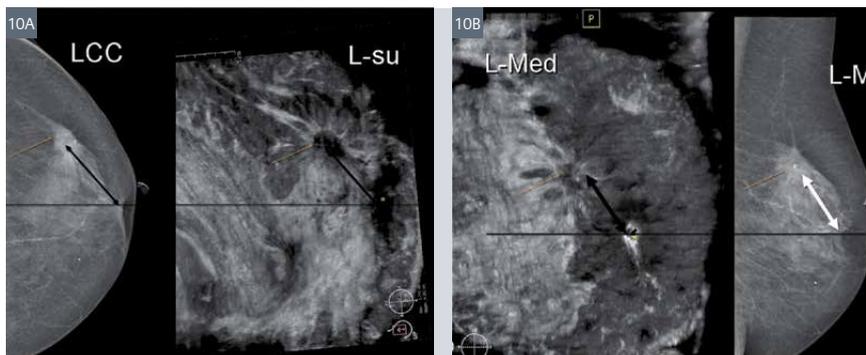
В случаях выполнения сонотографии на втором этапе после РМГ при описании УЗ-находок учитывались неясные плотные образования, найденные при ММГ, и другие тяжистые структуры. Все образования и структуры, которые были выявлены при РМГ, соотносились топографически по аналогичным срезам с СТГ. При сборе трехмерной информации по разработанной нами методике данные УЗИ и РМГ были полностью сопоставимы по основным реперным точкам. Мы рекомендуем использовать нижеописанный метод для поиска неясных теневых образований на маммограммах для их отображения при СТГ.

Для этого можно использовать программы навигации, разработанные для лучевых изображений syngo.via (Siemens) или доступные

программы Office для Windows (Word, Power Point и др.).

Сохраненные наиболее информативные срезы СТГ сравнивались со срезами при РМГ. Сопоставлялись изображения двух разных технологий по верхнему и нижнему контурам груди. Так как в обоих методах маркируется сосок, то было предложено использовать его как реперную точку. Далее проводилась воображаемая линия, проходившая по сосковым зонам на РМГ и СТГ (1-я линия). Любое крупное теневое образование на РМГ использовалось как ориентир — получалась вторая реперная точка. Проводилась вторая линия на РМГ через сосок и это образование. Измерялся угол между двумя линиями.

При наложении такого же угла на срез СТГ определялась проекция образования, корректировался угол и расстояние до соска (рис. 10).



10 Инвазивный рак левой молочной железы в верхненаружном квадранте. Сопоставление РМГ и СТГ по соответствующим проекциям. Феномен «лучистости» при инвазивном раке хорошо виден при СТГ, ретракция связей и тяжистость при РМГ. (А) Сравнительный анализ снимка в прямой проекции при РМГ и верхнего снимка при СТГ. Черная линия проведена через сосковые зоны. Черная стрелка маркирует сосок и образование. Углы между 2-мя линиями идентичны. Топография образования сопоставима при СТГ с РМГ. (В) Сравнительный анализ снимка в боковой проекции при РМГ и латеромедиального при СТГ. Топографически образование при 2-х методах расположены идентично.

Эти измерения проводились в 2-х проекциях: прямой и боковой при РМГ, латеромедиальной и верхней при СТГ. Для исследования топографической сопоставимости данных СТГ и РМГ оценивались 74 образования. Совпадение локализации образований относительно соска (разница числовых значений менее 0,5 см) и угла между соском и образованием (разница менее чем в 5 градусов) считались положительным тестом (что свидетельствовало о возможности сопоставления и сравнения двух методов по разработанной методике).

Формирование окончательного протокола (по BIRADS)

Современная интерпретация результатов любого маммологического исследования завершалась классификацией образований или выявленных изменений по BIRADS. Рабочая станция (Breast ultrasound review workstation) предоставляла возможность сформировать протокол автоматически, нажав на соответствующую функцию в рабочем окне. При маркировке образования компьютер автоматически просчитывал его топографию, и требовалось только определить, к какому классу относилось образование. Проводились измерения размеров образований в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях.

Все данные автоматически отправлялись в протокол. Количество маркированных образований не ограничивалось программой.

Оценка воспроизводимости методики автоматической сонотомографии

Воспроизводимость метода является важным критерием возможности его использования в скрининговых программах и при мониторинге. Нами проводились повторные СТГ-исследования по разработанной методике у 16 пациенток с различным временным промежутком от 2 до 4 месяцев. Проводились сопоставления всего выполненного СТГ-массива данных на рабочей станции (Breast ultrasound review workstation). Сопоставлялись однотипные фронтальные, латеральные (медиальные), верхние (нижние)

срезы по общим характеристикам (форма, локализация образований относительно квадранта, соска, кожи, размеров в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях).

Различия в топографии более чем в 0,5 мм считались отрицательным тестом и данный срез характеризовался как несопоставимый. Воспроизводимость измерений выявленных образований при СТГ оценивалась по следующим критериям: у образований с отсутствием динамики роста при 2D УЗИ разница более чем в 0,2 мм считалась критической и тест признавался отрицательным. Методика считалась воспроизводимой, а тест положительным при совпадении у пациентки всех выполненных срезов и измерений. Всего у 16 пациенток сопоставлялись 98 срезов.

Показания к использованию метода СТГ

Основным показанием для проведения СТГ на наш взгляд должна стать плотная железистая ткань (тип С и D). В то время как при фиброножировой инволюции ведущим методом остается маммография. Метод СТГ следует применять в дополнение к ММГ в неясных диагностических случаях или при выявленных на ММГ уплотнениях, сгруппированных микрокальцинатах. При этом проводится топографическая диагностика, когда выявленные изменения при ММГ в соответствующих проекциях находят на СТГ-срезах. И наоборот, выявленные изменения при СТГ проецируют на ММГ, определяя рентгенографические характеристики образований (рис. 11). С учетом возможности повторения аналогичных срезов при автоматической СТГ метод предоставляет неограниченные возможности при монито-

ринге доброкачественных изменений. За счет минимального сжатия груди, во время исследования на ACUSON S2000 с модулем ABVS обеспечивается более высокий уровень комфорта для пациентов в сравнении с традиционными маммографическими системами при имплантах молочных желез.

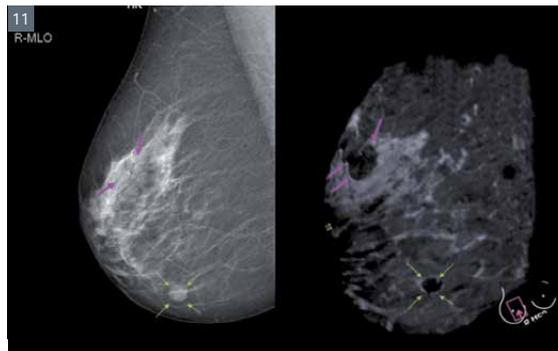
Одним из несомненных преимуществ методики сонотомографии перед другими лучевыми методами (маммографией и МРТ) является то, что снимки при СТГ получают в положении пациентки лежа на спине, при котором и проводятся операции на молочных железах.

Поэтому фронтальные срезы можно использовать при планировании операций. Эти снимки наиболее понятны для интерпретации не только рентгенологам, но и хирургам.

Несмотря на некоторые трудности при сканировании пациенток с макромастией, мы считаем, что она также является показанием к СТГ. Дополнительные проекции и укладки с исследованием нижних и медиолатеральных отделов позволяют полностью исследовать все отделы железы.

Перспективы применения СТГ

Необходимо определить, какую роль будет играть автоматическая сонотомография в скрининговых программах диагностики рака молочных желез. Конечно, для этого надо проводить мультицентровые исследования с включением значительного числа женщин. Пока таких исследований мало. Обычный двумерный ультразвук не может применяться в качестве скринингового метода, в связи с низкой воспроизводимостью и субъективностью трактовки данных. Однако это общепризнанная методика, дополняющая маммографию, повышающая диагностическую точность



11 Фиброаденомы правой молочной железы. Сопоставление данных РМГ и СТГ. На фоне плотной железистой ткани в верхнем отделе железы при РМГ образование не выявляется, тогда как 2-е образование в нижнем отделе на фоне жировой ткани отчетливо видно. При СТГ оба образования четко контурируются на фоне железистой ткани.

скрининга при раке груди. УЗИ позволяет выявлять непальпируемые формы рака, недооцененные при маммографии. Несмотря на общеизвестные достоинства, обычное УЗИ — времязатратная и оператор-зависимая методика. К сожалению, применение одного УЗИ в качестве скринингового метода неэффективно. С появлением СТГ у нас появился метод, который поможет избежать этих проблем и обеспечить возможность исследования у большего числа женщин.

При СТГ может быть снижена нагрузка на врача. Сбор информации при СТГ может проводить опытный, обученный ассистент врача или лаборант. Более того, при СТГ возможен отсроченный, удаленный просмотр и анализ снимков, а также двойное прочтение результатов сканирования другим специалистом. К сожалению, этот метод невозможно пока применять в качестве единственного из-за низкой специфичности. Без 2D УЗИ мы имеем дело с высоким числом повторных дообследований молочных желез после СТГ. В определенной степени помочь сможет технология двойного прочтения снимков двумя независимыми специалистами, о чем сообщается в некоторых статьях [25]. Несмотря на этот недостаток, многие исследователи уверены, что методика будет легко интегрирована в амбулаторно-поликлиническую практику и в условия многопрофильного стационара. Можно легко представить, что в будущем, возможно, после дальнейшего усовершенствования, разработки навигационных станций, эта методика будет применяться в качестве скринингового метода, а дополнительные исследования будут предложены пациенткам только из группы риска. ■

Список литературы

- Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2012 году (заболеваемость и смертность). — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2012. — 256 с.
- Злокачественные новообразования в России (Заболеваемость и смертность): стат. сборник. МЗРФ / Под ред. акад. РАМН Чиссова В.И. и соавт. — М.: Центр информ. техн. и эпидемиол. исследований в области онкологии, 2012. — 262 с.
- Аксель Е.М. Злокачественные новообразования молочной железы: состояние онкологической помощи, заболеваемость и смертность // Маммология. — 2006. — №1. — С. 9–13.
- Рожкова Н.И. (ред.) Лучевая диагностика в маммологии: руководство для врачей. М.: СИМК; 2013.
- Duijm LE, Louwman MW, Groenewoud JH, van de Poll-Franse LV, Fracheboud J, Coebergh JW. Inter-observer variability in mammography screening and effect of type and number of readers on screening outcome. *Br J Cancer*. 2009;13(6):901–907. doi: 10.1038/sj.bjc.6604954.
- Independent UK Panel on Breast Cancer Screening. The benefits and harms of breast cancer screening: an independent review. *Lancet*. 2012;13(9855):1778–1786.
- Корженкова Г.П. Комплексная рентгено-сонографическая диагностика заболеваний молочной железы. — М.: Стром, 2004. — 123 с.
- Заболотская Н.В., Заболотский В.С. Комплексное ультразвуковое исследование молочных желез // Sonoace international. — 2000. — №6. — С. 86–92.
- Zonderland HM, Coerkamp EG, Hermans J, van de Vijver MJ, van Voorthuisen AE. Diagnosis of breast cancer: contribution of US as an adjunct to mammography. *Radiology*. 1999;13(2):413–422. doi: 10.1148/radiology.213.2.r99nv05413.
- Buchberger W, Niehoff A, Obrist P, DeKoekkoek-Doll P, Dunser M. Clinically and mammographically occult breast lesions: detection and classification with high-resolution sonography. *Semin Ultrasound CT MR*. 2000;13(4):325–336. doi: 10.1016/S0887-2171(00)90027-1.
- Corsetti V, Ferrari A, Ghirardi M, Bergonzini R, Bellarosa S, Angelini O, Bani C, Ciatto S. Role of ultrasonography in detecting mammographically occult breast carcinoma in women with dense breasts. *Radiol Med*. 2006;13(3):440–448. doi: 10.1007/s11547-006-0040-5.
- Matturo VG, Zusmer NR, Gilson AJ, Smoak WM, Janowitz WR, Bear BE, Goddard J, Dick DE. Ultrasound of the whole breast utilizing a dedicated automated breast scanner. *Radiology*. 1980;13(2):457–463.
- Tozaki M, Isobe S, Yamaguchi M, et al. Optimal scanning technique to cover the whole breast using an automated breast volume scanner. *Jpn J Radiol*. 2010;28:325–328. Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) Mehrstufenkonzept Mammasonographie.
- Wojcinski S, Farokh A, Hille U, Wiskirchen J, Gyapong S, Soliman AA, Degenhardt F, Hillemanns P. The automated breast volume scanner (ABVS): initial experiences in lesion detection compared with conventional handheld B-mode ultrasound: a pilot study of 50 cases. *International journal of women's health*. 2011;13:337–346.
- Shin HJ, Kim HH, Cha JH, Park JH, Lee KE, Kim JH. Automated ultrasound of the breast for diagnosis: interobserver agreement on lesion detection and characterization. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;13(3):747–754. doi: 10.2214/AJR.10.5841.
- Golatta M, Franz D, Harcos A, Junkermann H, Rauch G, Scharf A, Schuetz F, Sohn C, Heil J. Interobserver reliability of automated breast volume scanner (ABVS) interpretation and agreement of ABVS findings with hand held breast ultrasound (HHUS), mammography and pathology results. *Eur J Radiol*. 2013;13(8):332–336.
- Lin X, Wang J, Han F, Fu J, Li A. Analysis of eighty-one cases with breast lesions using automated breast volume scanner and comparison with handheld ultrasound. *Eur J Radiol*. 2012;13(5):873–878. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.02.038.
- Wang HY, Jiang YX, Zhu QL, Zhang J, Dai Q, Liu H, Lai XJ, Sun Q. Differentiation of benign and malignant breast lesions: a comparison between automatically generated breast volume scans and handheld ultrasound examinations. *Eur J Radiol*. 2012;13(11):3190–3200. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.01.034.
- Wang ZL, Xu JH, Li JL, Huang Y, Tang J. Erratum to: comparison of automated breast volume scanning to hand-held ultrasound and mammography. *Radiol Med*. 2012;13(8):1443. doi: 10.1007/s11547-012-0855-1.
- Wang ZL, Xu JH, Li JL, Huang Y, Tang J. Comparison of automated breast volume scanning to hand-held ultrasound and mammography. *Radiol Med*. 2012;13(8):1287–1293. doi: 10.1007/s11547-012-0836-4.
- Zhang J, Lai XJ, Zhu QL, Wang HY, Jiang YX, Liu H, Dai Q, You SS, Xiao MS, Sun Q. Interobserver agreement for sonograms of breast lesions obtained by an automated breast volume scanner. *Eur J Radiol*. 2012;13(9):2179–2183.
- Tozaki M, Fukuma E. Accuracy of determining preoperative cancer extent measured by automated breast ultrasonography. *Jpn J Radiol*. 2010;13(10):771–773. doi: 10.1007/s11604-010-0499-9.
- Isobe S, Tozaki M, Yamaguchi M, Ogawa Y, Homma K, Satomi R, Saito M, Joo C, Fukuma E. Detectability of breast lesions under the nipple using an automated breast volume scanner: comparison with handheld ultrasonography. *Jpn J Radiol*. 2011;13(5):361–365. doi: 10.1007/s11604-010-0555-5.
- Egan RL, Egan KL. Automated water-path full-breast sonography: correlation with histology of 176 solid lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 1984;143:499–507.
- Kelly KM, Dean J, Lee SJ, Comulada WS. Breast cancer detection: radiologists' performance using mammography with and without automated whole-breast ultrasound. *Eur Radiol*. 2010;20:2557–2564.
- Wenkel E, Heckmann M, Heinrich M, et al. Automated breast ultrasound: lesion detection and BI-RADS classification — a pilot study. *Rofo*. 2008;180:804–808.
- Berg WA, Blume JD, Cormack JB, et al. Combined Screening With Ultrasound and Mammography vs Mammography Alone in Women at Elevated Risk of Breast Cancer. *JAMA*. — 2008. — Vol. 299. — P. 2151–2163.
- Якобс О.Э., Рожкова Н.И., Мазо М.Л., Микушин С.Ю. Опыт использования виртуальной сонографии молочной железы. Вестник рентгенологии и радиологии №1, 2014. с.23–32.

Оригинальная версия данной статьи находится в журнале «Поликлиника», спецвыпуск №3, 2014.

Часть 2. Клиническое применение сонотомографии в диагностике рака молочных желез

В.Е. Гажонова, Е.М. Бачурина, Е.М. Хлюстина, Т.Н. Кулешова, Е.В. Шатилова, М.П. Ефремова, А.Л. Лозоватор

ФГБУ «Учебно-научный медицинский центр» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия
ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва, Россия

Сонотомография в диагностике образований BIRADS 4 и 5

В первой части статьи нами были представлены технические аспекты и алгоритмы использования методики сонотомографии. Вторая часть посвящена клиническому применению этой технологии.

В первых работах, посвященных методике СТГ, были получены с одной стороны многообещающие, с другой стороны неоднозначные данные при раке: при абсолютно высокой чувствительности — 100%, отмечалась ограниченная точность метода — 66% и сомнительная специфичность — 52,8% [14]. Так, в США и Канаде этот метод активно позиционируется как скрининговый у женщин вне группы риска по раку груди. С другой стороны, в Европе исследователи считают, что его наиболее оптимально проводить у женщин с уже выявленными образованиями в группе BIRADS 3, 4, 5 не только для топографической их оценки, но и для исключения или подтверждения признаков малигнизации.

Классификация BIRADS (*Breast Imaging Report and Diagnosis*), о которой упоминается выше, была впервые предложена для рентгеновской маммографии, а затем и для сонографии. Она содержит информацию об условиях исследования, протоколе, типе железы и классе образования. Пока эта классификация еще не очень активно используется в России, хотя и создана рабочая группа, которая способствует продвижению этой классификации. Применение данной классификации может быть актуально для СТГ, так как позволит выделить группу лиц, которым показано дополнительное обследование с помощью этого метода. К такому выводу мы пришли, анализируя многочисленные зарубежные публикации и проведя собственное исследование.

В выявлении рака коэффициент различий ($k=80$) между заключениями нескольких независимых экспертов достаточно высок, тогда как при доброкачественных образованиях — низкий ($k=0,18$). Вероятность пропуска раковой опухоли при этом методе очень низкая. Согласно многочисленным данным, ни один из раков молочных желез не был пропущен, используя методику СТГ [14, 17, 22, 28]. Таким образом, если на основании данных СТГ делать заключение только о том, является ли такое образование раковым, то методика СТГ обладает высокой чувствительностью — 83–100%, следовательно, позволяет с высокой чувствительностью выявлять злокачественные новообразования в молочных железах. Это позволит максимально повысить специфичность и точность СТГ в выявлении рака в специально отобранной группе женщин, например с типом образований BIRADS 4 и 5.

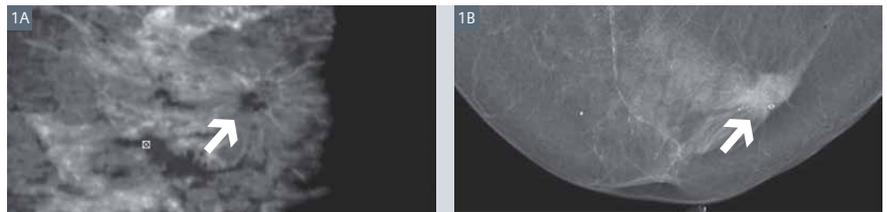
Такую высокую чувствительность обеспечивает методика за счет выявления феномена «лучистости» на фронтальном срезе. Этот симптом, согласно публикациям Lin X. и соавт., обладает специфичностью 100%, чувствительностью 80%, точностью 91,4% в дифференциации доброкачественных и злокачественных обра-

зований [17]. Именно этот феномен «ретракции связок», наряду с микрокальцинатами, позволяет выявить признаки злокачественности образования на РМГ и установить диагноз рака. Феномен «ретракции» соотносится с патологическим типом и гистологической степенью дифференцировки рака молочной железы.

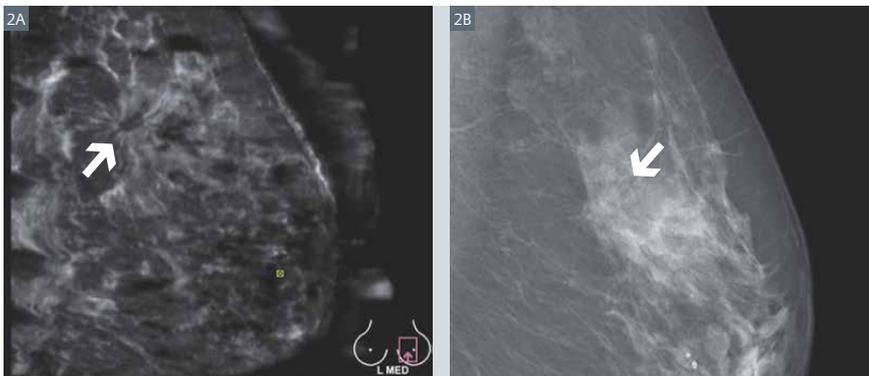
До эры трехмерного УЗИ молочных желез увидеть этот феномен с помощью обычной технологии 2D УЗИ не представлялось возможным. Различные помехи при механическом сборе 3D-данных также не позволяли в полной мере его выявить и оценить значимость этой находки для УЗИ в диагностике рака молочных желез.

Однако с помощью СТГ этот признак выявляется убедительно на всех срезах: фронтальном, прямом (или верхнем) и боковых (латеральном или медиальном). Причем, чем больше образование, тем ярче выражен этот симптом (рис. 1–4).

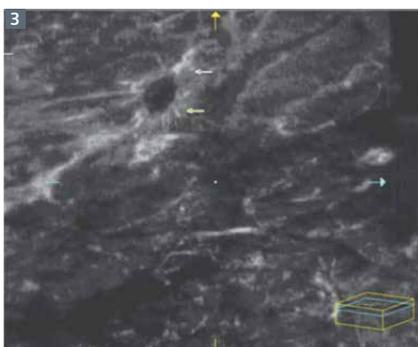
Существенным признаком растущей опухоли при СТГ может быть также изменение структурного рисунка железы на ограниченном участке. Более того, если сравнить сонотомограммы правой и левой молочных желез, что позволяет режим сопоставления на УЗ-сканере ACUSON S 2000 ABVS, то можно заметить



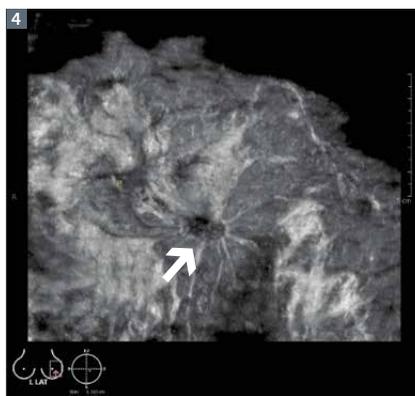
1 Инфильтративный протоковый рак левой молочной железы. (А) Сонотомограмма. Фронтальный скан. Четко виден опухолевый узел с эффектом «лучистости». По контуру узла располагается железистая ткань, изображенная более светлыми тонами при СТГ. (В) Рентгеновская маммограмма. Прямая проекция. Тяжистый опухолевый узел с микрокальцинатами.



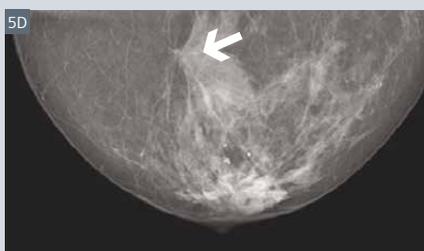
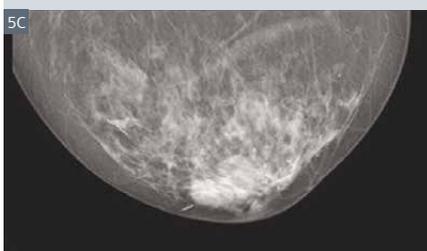
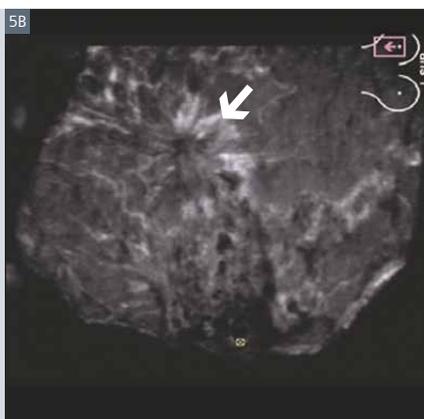
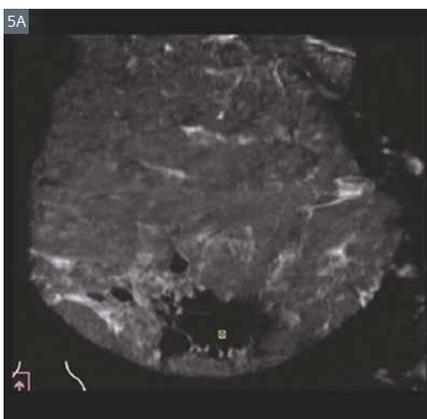
2 Инфильтративный протоковый рак левой молочной железы. (А) Сонотомограмма. Латеромедиальная проекция. В верхнем квадранте имеется образование малых размеров с эффектом «лучистости». (В) Рентгеновская маммограмма. Медиолатеральный косой боковой симок. Отображение узла с микрокальцинацией и выраженной ретракцией связок.



3 Инфильтративный протоковой рак правой молочной железы. Сонотомограмма. Трехмерная мультимпланарная реконструкция фронтального среза. Узел гипозоногенный округлой формы с отчетливым эффектом «лучистости».



4 Инфильтративный протоковый рак левой молочной железы. Сонотомограмма. Латеромедиальная проекция.

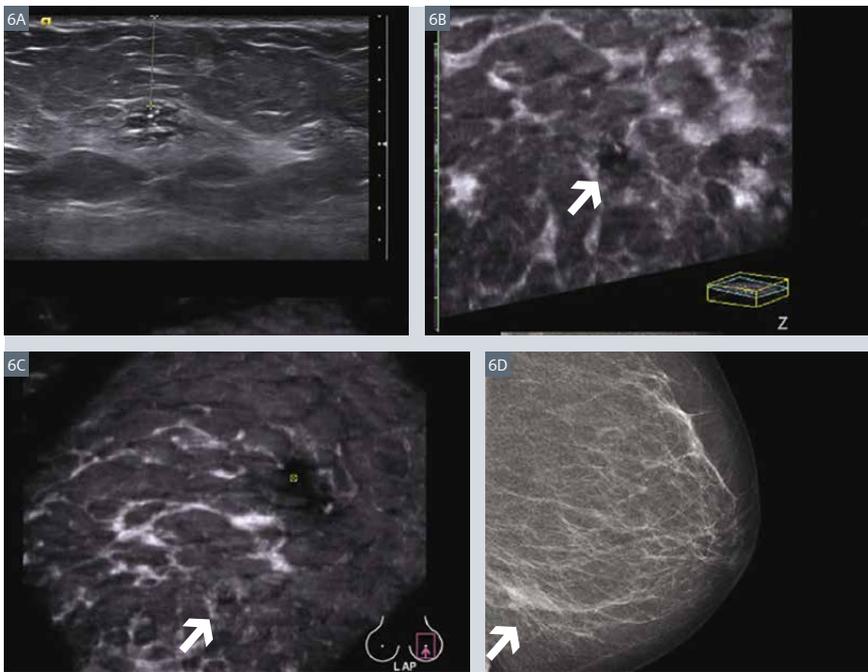


5 Инфильтративный протоковый рак левой молочной железы (стрелки). Сопоставление однотипных срезов обеих молочных желез при СТГ и РМГ. (А, В) Правая молочная железа. (С, D) Левая молочная железа. (А) СТГ. Верхний срез. На фоне фиброно-жировой инволюции тяжистых образований нет. Киста в субареолярной зоне. (В) РМГ. Прямая проекция. В субареолярной зоне видно теневое образование округлой формы без «тяжистости». Фиброно-жировая инволюция. (С) СТГ. Верхний срез. Тяжистый опухолевый узел в верхневнутреннем квадранте. (D) РМГ. Прямая проекция. Плотное образование с признаками ретракции связок в верхневнутреннем квадранте.

и локальную асимметрию их структуры в зоне растущей опухоли (рис. 5).

С определенными трудностями врач лучевой диагностики сталкивается при внутритротоковой карциноме *in situ* (ductal carcinoma *in situ* — DCIS), так как примерно в 72% случаев она проявляется лишь очагами микрокальцификации.

Микрокальцинаты обычно расположены в центральных участках опухоли на месте распадающихся раковых клеток, в просвете протоков. Чем больше определяется микрокальцинатов на ограниченном участке, тем выше вероятность злокачественного образования. Особое значение выявление микрокальцинатов приобретает в тех случаях, когда не удается с уверенностью очертить изображение новообразования. Тогда симптом микрокальцинации может оказаться решающим. В 12% наблюдений микрокальцификация сочетается с очагом уплотнения, в 10% имеется только уплотнение и, наконец, в 6% случаях DCIS протекает рентгенологически бессимптомно. При УЗИ трудно визуализировать очаги микрокальцинации менее 5 мм в диаметре. Однако, с помощью высокочастотных датчиков более 10 МГц, можно добиться достаточно высокого разрешения для визуализации микрокальцинатов менее 1 мм в диаметре.



6 Внутрипротоковая карцинома *in situ* левой молочной железы.
 (А) Обычная сонограмма. В-режим. Видно гипозоногенное образование малых размеров 6 мм. С присутствующими микрокальцинатами.
 (В) Сонотомограмма. На фронтальном срезе в нижненаружном квадранте выявляется образование, которое имеет незначительно выраженный эффект «лучистости».
 (С) Сонотомограмма. Признаки «лучистости» более отчетливо видны в режиме увеличения.
 (D) Рентгеновская маммограмма. В нижнем квадранте на медиолатеральном боковом снимке отмечается тягистое уплотнение малых размеров.

Мы приводим случай, который относится к раку DCIS, размер которого не превышал 6 мм (рис. 6). И при этих размерах опухолевого узла также отмечался симптом «лучистости», который наряду с микрокальцинацией, отчетливо выявляемой при УЗИ высокочастотным датчиком со средней рабочей частотой 16 МГц, указывал на образование с высокой степенью вероятности наличия рака.

РМЖ нередко представляет собой мультицентричный или мультифокальный процесс. Мультицентричность опухоли — наличие нескольких опухолевых очагов, располагающихся в разных квадрантах (сегментах); мультифокальность — наличие нескольких очагов в одном квадранте или сегменте. Чаще всего это ложная множественность, так как в срез попадает одна и та же опухоль, растущая по извитому протоку. При подозрении на мультицентричность опухоли, помимо маммографии, иногда дополнительно применяется МРТ. СТГ также позволяет определить характер роста опухоли за счет создания полноформатного изображения молочной железы. Выявление дольковой карциномы *in situ* (*lobular carcinoma in situ* — LCIS) зачастую осложняется тем, что при этом процессе микрокальцинация наблюдается намного реже, чем при DCIS. При инфильтрирующем дольковом

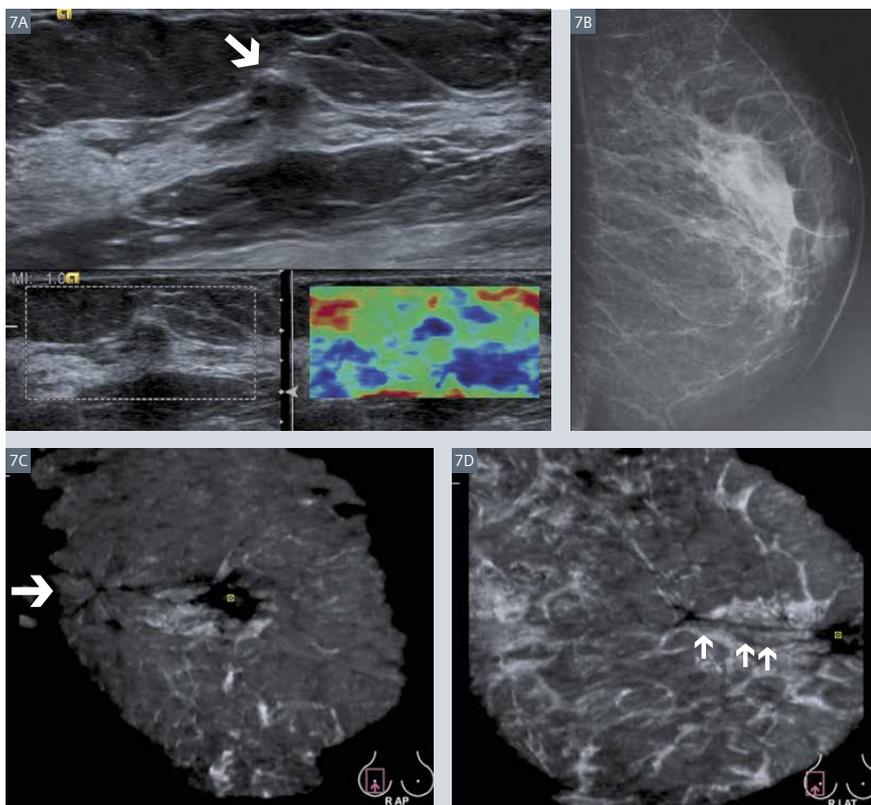
раке преобладают более крупные, иногда одиночные микрокальцинаты с неровными контурами, которые могут встречаться и при доброкачественном процессе. Кроме того, этот вариант характеризуется образованием узла меньшей интенсивности по плотности тени по сравнению с инфильтрирующим протоковым раком, кроме того, преобладают оvoidные формы с ровными, но нечеткими контурами, что также может встречаться при доброкачественных образованиях. Используя комплексный подход при УЗИ, поиск мультифокальных и мультицентрических опухолей становится проще. Соноэластография определяет подозрительные зоны с эффектом высокой плотности, а СТГ выявляет эффект «лучистости», что помогает поиску дополнительных опухолевых узлов за счет полноформатного изображения молочной железы.

Образования и структурные изменения молочных желез с эффектом «лучистости»

К сожалению, маммография при своей высокой чувствительности в выявлении образований обладает низкой специфичностью. Некоторые маммографические признаки могут встречаться как при доброкачественных, так и при злокачественных заболеваниях. Так, симптом «лучистости» может наблюдаться не только при раке,

но и при ряде других доброкачественных процессов: склерозирующем аденозе, послеоперационном рубце, радиальном рубце, при посттравматических изменениях. Установить правильный диагноз только на основании данных РМГ не представляется возможным. И при обычном УЗИ эти изменения выглядят похожими на раковые узлы — гипозоногенными, и иногда имеют дистальную акустическую тень, за счет плотных фиброзных волокон. Соноэластография не всегда способна дифференцировать фиброзную и опухолевую ткань. Одной из технологий, которая потенциально сможет решить эту проблему, является СТГ за счет объемного многоплоскостного сканирования.

При трехмерной СТГ в рубцово-деформированных тканях эффект «лучистости», подозрительный на злокачественное образование, выявляется только на фронтальных срезах (рис. 7). И в отличие от опухолевых узлов, при раке эти изменения не наблюдаются в других проекциях и срезах. На латеромедиальном или прямом верхнем срезах вместо «лучистости» прослеживается гипозоногенная линия от сосковой зоны вглубь ткани железы — зона разреза или рубца. Рубцовые изменения в железистой ткани прослеживаются всегда в виде гипозоногенной линии при СТГ и, сопоставляя с контрлатеральной железой, можно



7 Послеоперационный рубец правой молочной железы. Секторальная резекция. (А) Обычная сонограмма. В-режим. В структуре железистой ткани определяется умеренно темное гипозоногенное образование, плотное при соноэластографии. (В) РМГ. Медиолатеральная проекция. Выраженная тягистость и плотность ткани — не исключает наличие признаков злокачественности. (С) СТГ. Фронтальный срез. На границе наружных квадрантов выявлено образование с эффектом «лучистости» (стрелка). (D) СТГ. Латеромедиальный срез через образование и сосковую зону. Видна гипозоногенная линия от сосковой зоны к образованию — послеоперационный рубец (маленькие стрелки).



8 Фиброзно-кистозная болезнь. Киста правой молочной железы. (А) СТГ. Латеромедиальная проекция. На границе наружных квадрантов видно анэхогенное образование без капсулы, характерное для кисты. (В) РМГ. Медиолатеральная проекция. В той же зоне определяется уплотнение с четкими контурами, округлой формы.

выявить структурную деформацию железистого рисунка в оперированной груди, причем независимо от давности операции.

Имеются данные о том, что рецидивы рака в рубце могут возникать после секторальных резекций или лампэктомий. Поэтому наблюдение в этой группе больных должно проводиться с особой тщательностью, и здесь оправдано применение СТГ как метода, выявляющего признаки злокачественности. Важно помнить, что ни один из существующих методов не исключает проведение пункционной биопсии в сомнительных случаях.

СТГ при доброкачественных заболеваниях молочных желез

Риск развития рака молочной железы на фоне мастопатии увеличивается в 4–37 раз, причем частота малигнизации возрастает при кистозных изменениях, кальцификации, а также при пролиферативных процессах в эпителии, выстилающем протоки и стенки кист.

Кисты являются самой частой находкой при УЗИ у пациенток с фиброзно-кистозной болезнью. При СТГ на фронтальных срезах кисты выглядят как анэхогенные четко отграниченные «пустоты», причем гиперэхогенная капсула в неосложненных кистах не видна (рис. 8). Сложные кисты имеют эхогенное содержимое, перегородки или папиллярные компоненты, а также образуют конгломерат. Важной особенностью сложных кист является то, что процент их малигнизации составляет около 30% [6]. Иногда такие кисты могут потребовать проведение аспирационной пункции или биопсии для уточнения их характера. С учетом частой множественности кист возникает вопрос топографии патологически измененной кисты для ее пункционной биопсии, в чем может помочь методика СТГ.

Фиброаденомы — наиболее частые доброкачественные опухоли молочных желез, возникающие из эпителия железистых долек, имеющие капсулу и четкие границы. На рентгенограммах они визуализируются как образования правильной овальной или округлой формы с четкими контурами без перифокальной реакции.

Иногда внутри фиброаденом наблюдаются кальцинаты как следствие дегенеративных процессов.

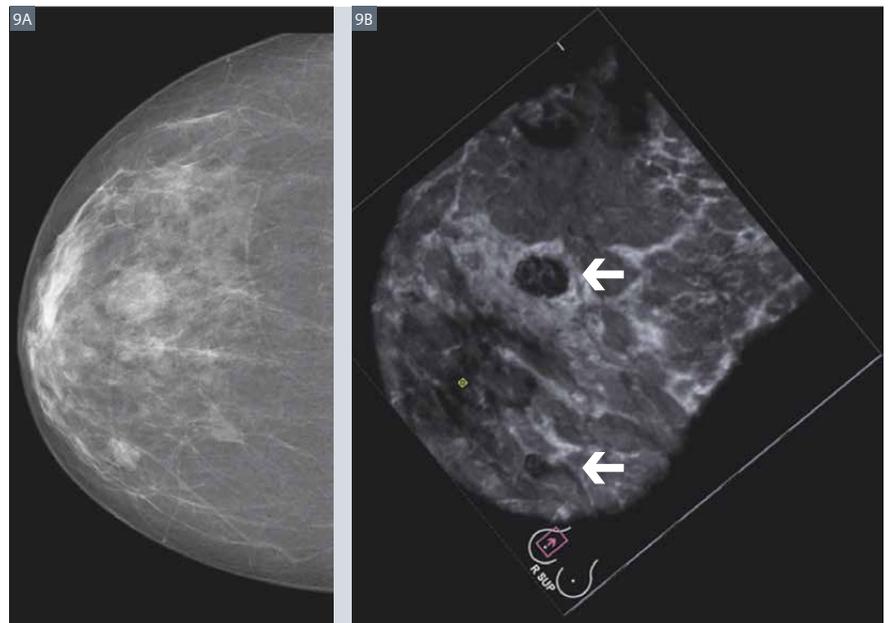
Отличительной особенностью фиброаденом от кист при СТГ является характерный гиперэхогенный четко очерченный ободок. Эхогенность фиброаденом выше, чем эхогенность кист в режиме СТГ. При фиброаденомах чаще встает вопрос о топографии образования для проведения пункционной биопсии, поэтому данные 3D ABVS важны как для последующей пункции, так и для дальнейшего мониторинга (рис. 9).

Пациенткам с фиброаденомами показано динамическое наблюдение. В связи с тем, что возможен рост и прогрессирование их количества при изменении гормонального фона, гормональной контрацепции и ряде других состояний. Такую объективную информацию может предоставить СТГ. Воспроизводимость метода является важным критерием возможности его использования не только в скрининговых программах, но и при мониторинге. Методика СТГ воспроизводима, что подтверждают и зарубежные публикации, и наше исследование, и поэтому можно сопоставлять однотипные срезы более точно, чем при обычном двумерном УЗИ. Исследуя форму, локализацию образований, изменение размеров в трех взаимно перпендикулярных плоскостях можно точнее проследить динамику роста опухоли. Данные СТГ являются более достоверными, так как сканирование проводится в автоматическом режиме, исключая оператор-зависимость и субъективность оценки (рис. 10).

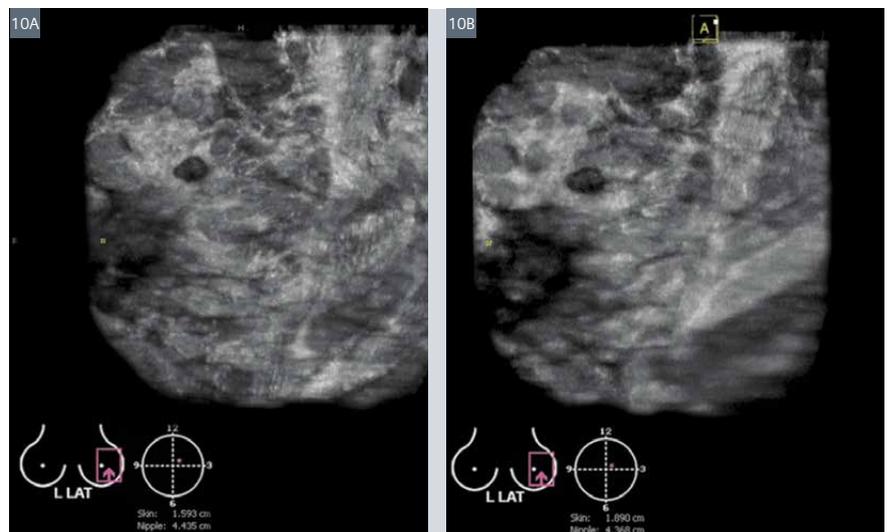
Сопоставимость СТГ и РМГ в оценке структуры желез

Исследование структурных особенностей молочных желез при СТГ и РМГ позволяет сделать вывод о сопоставимости изображений, полученных с помощью двух разных технологий. В настоящее время общепризнанным «золотым стандартом» для оценки структуры и плотности молочных желез признается РМГ.

С возрастом количество железистой ткани в молочной железе уменьшается и в постменопаузу наблюдается жировая инволюция



9 Фиброно-кистозная болезнь. Фиброаденомы правой молочной железы. (А) РМГ. Прямой срез. В наружном и внутреннем квадрантах видны два образования умеренной плотности с четкими наружными контурами. (В) СТГ. Верхний срез. В тех же отделах и располагаясь в той же проекции относительно соска выявляются два гипозоногенных образования с капсулой, характерной для фиброаденом.



10 Фиброно-кистозная болезнь. Фиброаденома левой молочной железы. Исследование с помощью СТГ одной и той же пациентки в динамике через 3 месяца. Латеромедиальная проекция. Анализ на рабочей станции. (А) Образование овальной формы в верхненаружном квадранте, согласно схематическому изображению на пиктограмме снизу расположено в зоне двух часов условного циферблата, что указывает красная точка. По топографии образование расположено 1,59 см от поверхности кожи и на расстоянии 4,4 см от соска. (В) Исследование по той же программе выполнено через 3 месяца для контроля и оценки сопоставимости и воспроизводимости СТГ. Образование той же локализации на пиктограмме согласно условному циферблату располагается 1,89 см от поверхности кожи и на расстоянии 4,3 см от соска.

молочных желез, так как преобладает жировая ткань, а железистая и фиброзная ткани атрофируются. На этом «прозрачном» фоне при РМГ отчетливо отображаются любые

уплотнения. Однако не всегда в постменопаузу наблюдается тотальная жировая инволюция. Около 40% женщин имеют в этот период выраженный плотный

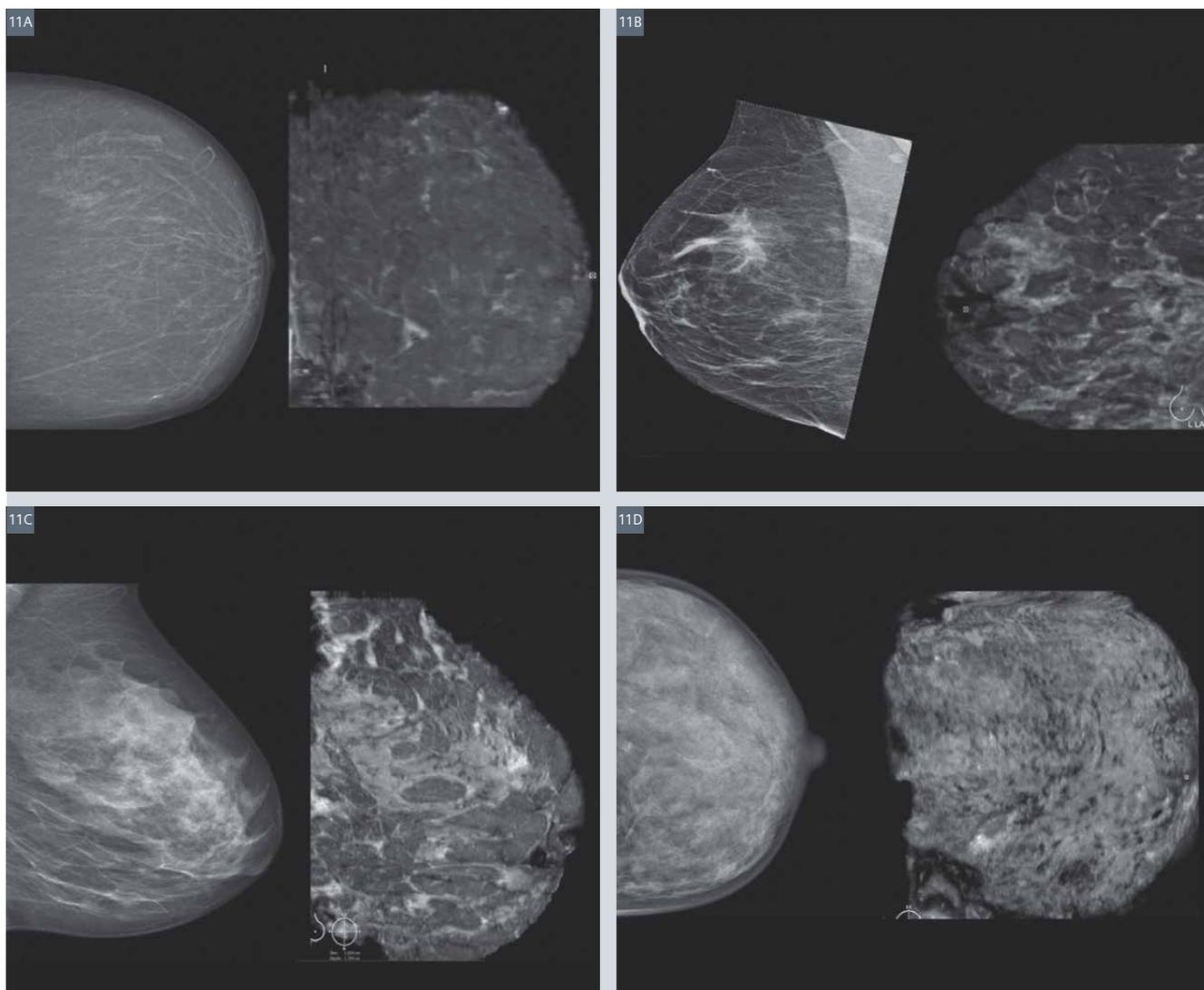
железистый компонент при РМГ за счет индивидуальных особенностей организма, вследствие приема заместительной гормональной терапии, конституциональных особенностей. Многие исследователи связывают увеличение плотности железистого компонента молочной железы с развитием патологии. Большинство исследователей сходятся во мнении, что плотность железистого компонента, превышающая в менопаузе 20–25%, может рассматриваться как фактор риска развития рака молочной железы.

В связи с этим представляется важным оценивать тип железы любым методом.

Содержание железистой ткани, по данным маммографического изображения, подразделяется на 4 группы (А — 0% железистой ткани, В — до 50% железистой ткани, С — более 50%, но менее 100% железистой ткани, D — абсолютно плотная железа). У женщин с типом желез С и D обязательным в алгоритме скрининга должно присутствовать УЗИ, так как чувствительность РМГ в выявлении рака снижается в половину.

При СТГ также можно определить количественное содержание железистой ткани по аналогии с РМГ (рис. 11А–D).

Достаточно высокую сопоставимость в структурной оценке железы в целом при СТГ и РМГ показывает совпадение заключений о железистом типе. Жировая ткань на сонотомограмме также выглядит «прозрачной» или гипоехогенной, как и на маммограмме. А железистая ткань и фиброзные элементы на этом фоне ярко выделяются своей гиперэхогенностью или светлыми тонами, как на маммограмме. Разработанная нами техника выполнения сопоставимых с РМГ срезов позволяет оценивать не только тип железы по Boyd, но и проводить проецирование неясных теневых образований на сонотомограмму.



11 Исследование структуры молочных желез. Оценка типа железы по Boyd отражает степень выраженности железистого компонента. Сопоставление данных по однотипным срезам при рентгеновской маммографии и сонотомографии. (А) Жировой тип. 0% железистого компонента. Полная сопоставимость данных РМГ и СТГ. (В) Железистый компонент составляет менее 50%. Локализован в верхнем отделе. Сопоставимое отображение структуры на СТГ и РМГ. (С) Железистый компонент более 51%, но менее 100%. Локализация — весь верхний и часть нижнего отдела железы. Однотипность отображения данных при СТГ и РМГ. (D) Железистый компонент около 100%. Абсолютно плотная железа. Выраженность железистого компонента одинаково отображается на СТГ и РМГ.

Ограничения метода СТГ

Как у любой технологии, и у СТГ есть свои недостатки. Несмотря на то, что эта методика позволяет быстро провести осмотр всей молочной железы даже больших размеров, эту процедуру трудно проводить при макромастии. Несмотря на большой объем сканирующей поверхности, все-таки периферические отделы железы не получают столь качественного отображения, как срединные. У пациенток с размером чашечки F и более размер сканирующего поля 17 см не позволяет включить в один скан весь объем железы. Поэтому в таких случаях мы рекомендуем руководствоваться принципом последовательного исследования всех интересующих зон с максимальным захватом всех отделов и получением дополнительных срезов тех квадрантов, которые не вошли в срез. Первоначально следует выполнять сканирование центральной зоны, получая фронтальный срез с центральным расположением соска. Далее выполнять латеромедиальную проекцию в два этапа: максимальный захват верхнего квадранта при первом срезе, а при втором — нижнего. Также по аналогии проводить сканирование в прямой или верхней проекции с исследованием сначала наружных квадрантов, а затем — внутренних. Если образование на маммограмме у пациентки выявлено в нижних или внутренних квадрантах, то можно дополнить исследование сканированием из медиолатерального доступа или отдельно захватить нижние квадранты, соответственно.

К сожалению, линейная сканирующая плоскость объемного датчика не позволяет отсканировать аксиллярную область. Данный недостаток СТГ отмечают все исследователи, и это ограничивает возможности использования СТГ при скрининге. Известно, что в ряде случаев одним из проявлений рака молочных желез на сонограмме является увеличенный или измененный лимфатический узел в аксиллярной области.

Во время автоматического сканирования в ряде случаев возникают артефакты движения или разговора, ухудшающие восприятие объемных

данных. Поэтому для адекватного качества сонотомограммы во время автоматического сбора данных пациентка не должна разговаривать и двигаться. Обычные дыхательные движения грудной клетки не создают помех при сканировании и не отражаются на качестве сонотомограмм.

При недостаточном контакте сканирующей мембраны с кожей железы также возникают артефакты непроработанности, т. н. «немые» зоны, которых необходимо избегать. К сожалению, иногда этого трудно добиться. Например, при рубцовой деформации груди после секторальных резекций или лампэктомий, при выраженном втяжении соска и деформации груди при инфильтрирующем раке груди, при грудных имплантатах, эспандерах, иногда в случаях выраженной болезненности при мастите. В этих случаях следует проводить исследование по стандартной методике 2D.

Несмотря на общеизвестные достоинства, СТГ, так же как и обычное двумерное УЗИ, — времязатратная технология. Ряд работ, посвященных СТГ, указывали на то, что их исследование с использованием 3D ABVS занимало меньше времени, чем обычное 2D УЗИ [13, 14]. На проведение УЗИ по методике СТГ на 1 пациентку в среднем в нашей работе затрачивалось 21 ± 6 минут. Продолжительность обработки и анализа данных СТГ на рабочей станции добавляло еще 15 ± 4 минуты. Таким образом, в среднем временные затраты врача на 1 пациентку по методике СТГ, включая двумерное сканирование, вместе с анализом данных на рабочей станции и написанием протокола составляли от 25 до 45 минут, в зависимости от выявленных изменений. Это значительно больше, чем при проведении обычного исследования.

Нами отмечалась прямая зависимость увеличения времени исследования при большем размере груди, при наличии изменений на РМГ, при подозрении на злокачественность. Исходя из этого, применение данной методики в качестве скрининговой пока не совсем оправдано. Эта методика, которая требует обучения не только врачебного, но и среднего медицинского персонала для сокращения затрат врача на проведение технических процедур. А также необ-

ходимо определить четкие показания к его использованию.

Пока остается открытым вопрос об определении четких показаний и выделении группы риска, у которой клинически и экономически будет оправдано применение СТГ. Кроме того, необходимо определить скрининговый интервал для этой группы пациенток и оптимальный возраст начала и окончания скрининга.

На наш взгляд, исходя из изучения возможностей СТГ, основными показаниями к использованию могут быть:

- исключение или подтверждение признаков «злокачественности» образований BIRADS 3–5, выявленных при УЗИ или РМГ;
- в дополнение к РМГ при исследовании женщин с высокой плотностью железистой ткани (типы C, D);
- при макромастии;
- как метод контроля у пациенток с выявленными доброкачественными образованиями;
- у женщин с ранее оперированными молочными железами;
- для уточнения топографии образований для пункционной биопсии или операции.

Потенциальными показаниями при более расширенном изучении возможностей СТГ могут стать поиск рака в группе молодых пациенток с высоким риском выявления РМЖ, определение мультицентричности и мультифокальности (особенно при DCIS), исследование контралатеральной молочной железы при уже имеющейся опухоли молочной железы (при наследственной форме заболевания риск опухоли в контралатеральной груди достигает 65%), выявление резидуальных опухолевых тканей после нерадикальных органосохраняющих операций, выявление occultного рака (при первичном выявлении регионарных или отдаленных метастазов, маммографически и УЗ-негативные опухоли), оценка истинного размера опухоли (при рентгенологически плотной ткани, дольковой карциноме, при обширном внутрипротоковом компоненте или DCIS, при подозрении на поражение прилегающих тканей и регионарных лимфатических узлов), исследование «ответа» опухоли на предоперационное лечение.



Заключение

СТГ — высоко чувствительный метод в выявлении рака молочных желез за счет выявления признака «лучистости». Это оператор-независимый метод, демонстрирующий высокую воспроизводимость, который может обеспечить возможность повторного прочтения снимков, независимого анализа и последующего сравнения данных, что актуально в скрининговых программах. Разработанная нами технология сканирования молочных желез при СТГ дает возможность сопоставления соответствующих проекций с РМГ, что открывает перспективы для содружественного применения этих технологий. Фронтальные СТГ-срезы позволяют оценить топографию образований во всех проекциях, что помогает при планировании операции и проведении пункционной биопсии. Методика СТГ может быть интегрирована в работу любого отделения УЗД. ■

Список литературы

- Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2012 году (заболеваемость и смертность). — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2012. — 256 с.
- Злокачественные новообразования в России (заболеваемость и смертность): стат. сборник. МЗРФ / Под ред. акад. РАМН Чиссова В.И. и соавт. — М.: Центр информ. техн. и эпидемиол. исследований в области онкологии, 2012. — 262 с.
- Аксель Е.М. Злокачественные новообразования молочной железы: состояние онкологической помощи, заболеваемость и смертность // Маммология. — 2006. — №1. — С. 9–13.
- Рожкова Н.И. (ред.) Лучевая диагностика в маммологии: руководство для врачей. М.: СИМК; 2013.
- Duijm LE, Louwman MW, Groenewoud JH, van de Poll-Franse LV, Fracheboud J, Coebergh JW. Inter-observer variability in mammography screening and effect of type and number of readers on screening outcome. *Br J Cancer*. 2009;13(6):901–907. doi: 10.1038/sj.bjc.6604954.
- Independent UK Panel on Breast Cancer Screening. The benefits and harms of breast cancer screening: an independent review. *Lancet*. 2012;13(9855):1778–1786.
- Корженкова Г.П. Комплексная рентгено-сонографическая диагностика заболеваний молочной железы. — М.: Стром, 2004. — 123 с.
- Заболотская Н.В., Заболотский В.С. Комплексное ультразвуковое исследование молочных желез // Sonoace international. — 2000. — №6. — С. 86–92.
- Zonderland HM, Coerkamp EG, Hermans J, van de Vijver MJ, van Voorhuisen AE. Diagnosis of breast cancer: contribution of US as an adjunct to mammography. *Radiology*. 1999;13(2):413–422. doi: 10.1148/radiology.213.2.r99nv05413.
- Buchberger W, Niehoff A, Obrist P, DeKoekkoek-Doll P, Dunser M. Clinically and mammographically occult breast lesions: detection and classification with high-resolution sonography. *Semin Ultrasound CT MR*. 2000;13(4):325–336. doi: 10.1016/S0887-2171(00)90027-1.
- Corsetti V, Ferrari A, Ghirardi M, Bergonzini R, Bellarosa S, Angelini O, Bani C, Ciatto S. Role of ultrasonography in detecting mammographically occult breast carcinoma in women with dense breasts. *Radiol Med*. 2006;13(3):440–448. doi: 10.1007/s11547-006-0040-5.
- Maturo VG, Zusmer NR, Gilson AJ, Smoak WM, Janowitz WR, Bear BE, Goddard J, Dick DE. Ultrasound of the whole breast utilizing a dedicated automated breast scanner. *Radiology*. 1980;13(2):457–463.
- Tozaki M, Isobe S, Yamaguchi M, et al. Optimal scanning technique to cover the whole breast using an automated breast volume scanner. *Jpn J Radiol*. 2010;28:325–328. Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) Mehrstufenkonzept Mammasonographie.
- Wojcinski S, Farrokh A, Hille U, Wiskirchen J, Gyapong S, Soliman AA, Degenhardt F, Hillemanns P. The automated breast volume scanner (ABVS): initial experiences in lesion detection compared with conventional handheld B-mode ultrasound: a pilot study of 50 cases. *International journal of women's health*. 2011;13:337–346.
- Shin HJ, Kim HH, Cha JH, Park JH, Lee KE, Kim JH. Automated ultrasound of the breast for diagnosis: interobserver agreement on lesion detection and characterization. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;13(3):747–754. doi: 10.2214/AJR.10.5841.
- Golatta M, Franz D, Harcos A, Junkermann H, Rauch G, Scharf A, Schuetz F, Sohn C, Heil J. Interobserver reliability of automated breast volume scanner (ABVS) interpretation and agreement of ABVS findings with hand held breast ultrasound (HHUS), mammography and pathology results. *Eur J Radiol*. 2013;13(8):332–336.
- Lin X, Wang J, Han F, Fu J, Li A. Analysis of eighty-one cases with breast lesions using automated breast volume scanner and comparison with handheld ultrasound. *Eur J Radiol*. 2012;13(5):873–878. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.02.038.
- Wang HY, Jiang YX, Zhu QL, Zhang J, Dai Q, Liu H, Lai XJ, Sun Q. Differentiation of benign and malignant breast lesions: a comparison between automatically generated breast volume scans and handheld ultrasound examinations. *Eur J Radiol*. 2012;13(11):3190–3200. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.01.034.
- Wang ZL, Xu JH, Li JL, Huang Y, Tang J. Erratum to: comparison of automated breast volume scanning to hand-held ultrasound and mammography. *Radiol Med*. 2012;13(8):1443. doi: 10.1007/s11547-012-0855-1.
- Wang ZL, Xw JH, Li JL, Huang Y, Tang J. Comparison of automated breast volume scanning to hand-held ultrasound and mammography. *Radiol Med*. 2012; 13(8):1287–1293. doi: 10.1007/s11547-012-0836-4.
- Zhang J, Lai XJ, Zhu QL, Wang HY, Jiang YX, Liu H, Dai Q, You SS, Xiao MS, Sun Q. Interobserver agreement for sonograms of breast lesions obtained by an automated breast volume scanner. *Eur J Radiol*. 2012;13(9):2179–2183.
- Tozaki M, Fukuma E. Accuracy of determining preoperative cancer extent measured by automated breast ultrasonography. *Jpn J Radiol*. 2010;13(10):771–773. doi: 10.1007/s11604-010-0499-9.
- Isobe S, Tozaki M, Yamaguchi M, Ogawa Y, Homma K, Satomi R, Saito M, Joo C, Fukuma E. Detectability of breast lesions under the nipple using an automated breast volume scanner: comparison with handheld ultrasonography. *Jpn J Radiol*. 2011;13(5):361–365. doi: 10.1007/s11604-010-0555-5.
- Egan RL, Egan KL. Automated water-path full-breast sonography: correlation with histology of 176 solid lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 1984;143:499–507.
- Kelly KM, Dean J, Lee SJ, Comulada WS. Breast cancer detection: radiologists' performance using mammography with and without automated whole-breast ultrasound. *Eur Radiol*. 2010;20:2557–2564.
- Wenkel E, Heckmann M, Heinrich M, et al. Automated breast ultrasound: lesion detection and BI-RADS classification — a pilot study. *Rofo*. 2008;180:804–808.
- Berg WA, Blume JD, Cormack JB, et al. Combined Screening With Ultrasound and Mammography vs Mammography Alone in Women at Elevated Risk of Breast Cancer. *JAMA*. — 2008. — Vol. 299. — P. 2151–2163.
- Якобс О.Э., Рожкова Н.И., Мазо М.Л., Микушин С.Ю. Опыт использования виртуальной сонографии молочной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии* №1, 2014. с. 23–32.

Оригинальная версия данной статьи находится в журнале «Поликлиника», выпуск №5(2)/2014.

Ультразвуковая ассистенция при проведении эндоваскулярных вмешательств

Гришин Г.П., Рязанцев А.А., Талов Н.А.

НУЗ «НКЦ ОАО «РЖД», г. Москва, Россия

Цель и задачи работы

Определить возможности применения ультразвуковой системы ACUSON Freestyle (Siemens Medical Solutions, USA) при проведении эндоваскулярных вмешательств в условиях ангиографической операционной.

Материалы и методы

В НУЗ «НКЦ ОАО «РЖД» в условиях ангиографической операционной у 8 пациентов в возрасте 51–69 лет была проведена ультразвуковая ассистенция при эндоваскулярных вмешательствах:

- баллонная ангиопластика и имплантация стента в просвет подвздошной артерии — 2 случая; бедренной артерии — 1 случай;
- установка стента-графта при аневризме инфраренального отдела аорты — 1 случай;
- лазерная коагуляция варикозно измененной большой подкожной вены (БПВ) — 4 случая.

Ультразвуковая навигация производилась на аппарате ACUSON Freestyle (Siemens Medical Solutions, USA) с использованием мультислотных линейных датчиков L8-3 и L13-5. Результаты ультразвукового исследования в В-режиме двумерной эхографии и ЦДК были соотнесены с данными ангиографии, проводимыми на цифровой ангиографической рентгеновской установке AXIOM Artis (Siemens Medical Solutions, Germany). Лазерная коагуляция варикозно измененной БПВ производилась на системе Dornier Medilas D LiteBeam + 1470 (Dornier, Germany).

Пункция магистральных сосудов нижних конечностей по методу Сельдингера проводилась под контролем линейных ультразвуковых датчиков L8-3 и L13-5 по длинной оси, которая позволяет провести коррекцию направления ввода иглы и своевременно выявить препятствия при установке J-образного проводника или катетера.

Проверка правильности установки стента проводилась при помощи контрастного препарата для внутрисосудистого введения Визипак 320 мг (Ирландия) — 50 мл. После оценки полученных ангиограмм непосредственно производили эндоваскулярные вмешательства.

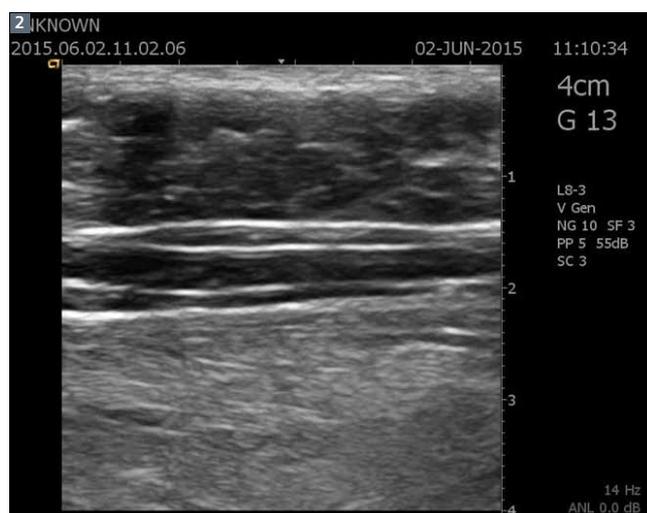
Результаты

После проведения баллонной ангиопластики и имплантации стента в просвет подвздошной или бедренной артерии применение ультразвуковой системы ACUSON Freestyle в режиме ЦДК позволило зарегистрировать изменение турбулентного «мозаичного» кровотока в бедренной артерии на ламинарный.

При установке стента-графта при аневризме инфраренального отдела аорты было выявлено отсутствие кровотока между стентом-графтом и внутренней стенкой аневризмы, подтвержденное при проведении контрольной ангиографии.



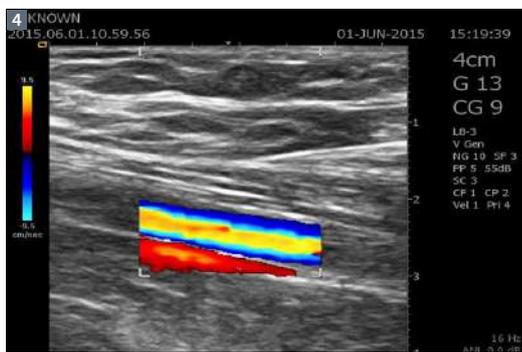
1 J-образный проводник на уровне остального клапана.



2 Лазерный световод в большой подкожной вене.



3 1 сутки после коагуляции большой подкожной вены. Тромбирование БПВ.



4 Стеноз ОПА и НПА. Турбулентный тип кровотока в БА ниже уровня стеноза.

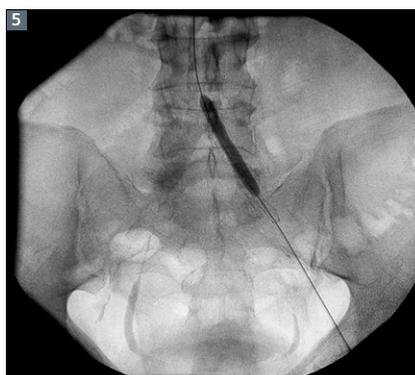
При варикозном изменении БПВ визуализировалась эффективность проведения тумесцентной анестезии (создания водной подушки вокруг ствола БПВ) и лазерной коагуляции вены до уровня остиального клапана.

Выводы

Применение ультразвуковой системы ACUSON Freestyle с беспроводными датчиками позволяет проводить ультразвуковую навигацию сосудистого доступа в режиме реального времени, что способствует:

- сокращению времени проведения пункции магистрального сосуда до 10–30 с;
 - уменьшению количества попыток пункции сосудов под контролем ультразвука до 1–2. Вероятность успеха пункции магистрального сосуда с первой попытки составила: при пункции бедренной артерии — 100%; при пункции БПВ — 80%;
 - уменьшению дозы местного анестезирующего препарата (0,1-% раствор лидокаина) для тумесцентной анестезии при лазерной коагуляции варикозно измененной БПВ на 10 мл;
 - уменьшению количества применяемого контрастного препарата (менее 100 мл — на нижнюю конечность);
 - минимизирует количество возможных осложнений.
- Не было выявлено ни одного осложнения, связанного с проведением малоинвазивных вмешательств под контролем УЗИ.

При отработке методики ультразвуковой навигации под контролем ультразвука сосудистый доступ может осуществляться одним специалистом-хирургом. ■



5 Ангиография. Баллонная ангиопластика стентированного сегмента.

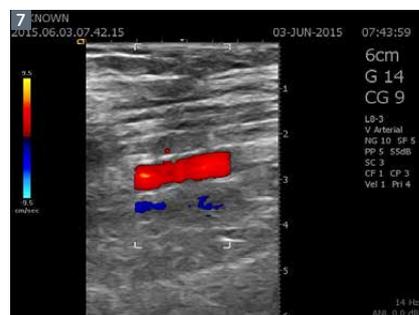


6 Ангиография. Восстановление гемодинамики левой бедренной артерии.

А.А. Рязанцев, д. м. н., заведующий отделением ультразвуковой диагностики НУЗ «Научный Клинический Центр ОАО «РЖД», доцент кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» Минздрава России.

Г.П. Гришин, к. м. н., заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 НУЗ «Научный Клинический Центр ОАО «РЖД».

Н.А. Талов, к. м. н., заведующий отделением сосудистой хирургии НУЗ «Научный Клинический Центр ОАО «РЖД».



7 1 сутки. Восстановление гемодинамики БА. Ламинарный тип кровотока.

Дополнительная информация

www.healthcare.siemens.com/ultrasound/ultrasound-point-of-care/acuson-freestyle-ultrasound-system

SIEMENS



ACUSON Freestyle

Свобода действий.

www.siemens.ru/healthcare

Ультразвуковая система ACUSON Freestyle — это высокоэффективное, компактное и портативное решение для ультразвуковой визуализации с инновационными беспроводными датчиками. Она обеспечивает исключительную клиническую эффективность в различных областях применения, а также высокое качество изображений. Благодаря беспроводным датчикам и беспровод-

ному дистанционному управлению в реальном времени эта система обладает значимыми преимуществами для выполнения процедур под контролем УЗД в условиях повышенных требований к стерильности. Для соблюдения правил асептики и антисептики датчики допустимо полностью погружать в дезинфицирующий раствор для предварительной очистки и последующей обработки.

Answers for life*.

*Ответы для жизни.

Лечение наиболее твердых камней в почках

Индийский институт и исследовательский центр заболеваний почек использует для лечения мочекаменной болезни современные литотриптеры.

Текст: Сарита Рай. Фотографии: Томас Штойер

Руководит институтом и исследовательским центром заболеваний почек (IKDRC) уролог доктор Пранджал Моди, курирующий лечение потока пациентов из города и соседних городов и деревень с помощью системы для литотрипсии. В настоящее время удаление камней в центре проводят в объеме до 6 больных в день, 6 дней в неделю. «В нашем регионе предрасположенность к мочекаменной болезни повышена, — говорит доктор Моди, — поскольку он расположен в засушливой зоне, которая тянется по всей северо-западной Индии».

Важность лечения

Недиагностированная или нелеченая мочекаменная болезнь может осложняться почечной недостаточностью, значительно снижающей качество жизни пациента и становящейся тяжелым экономическим бременем, которое многие индийские семьи просто не могут себе позволить.

Это серьезная проблема, отмечает доктор Моди, хирург-трансплантолог и ведущий глобальный эксперт по роботизированной трансплантации почки.

Сводка для руководства

Задачи

У жителей сухого северо-западного региона Индии в почках очень часто образуются камни. Без лечения камни в почках могут привести к развитию почечной недостаточности. Ее лечение становится значительной нагрузкой на семьи больных, в том числе финансовой.

Решение

Точная диагностика и своевременное проведение минимально

инвазивной литотрипсии в институте и исследовательском центре заболеваний почек позволяет разрушать камни в почках с минимальными побочными эффектами.

Результат

К настоящему моменту пролечено более 3000 больных, и количество побочных эффектов было минимальным. Эффективность составила 90 процентов.

Несмотря на широкую распространенность мочекаменной болезни, в Ахмадабаде, одном из самых богатых городов Индии, имеется очень мало систем для электромагнитной литотрипсии.

С помощью двух находящихся в IKDRC систем для электромагнитной литотрипсии к настоящему моменту проведено лечение более 3000 больных. Распространенный в регионе вариант мочекаменной



4 ноября 2014 г. Количество урологов в Ахмадабаде в Индии одно из наиболее высоких в мире, и им приходится лечить, в том числе, случаи мочекаменной болезни с образованием в почках чрезвычайно твердых камней. В этих случаях им помогают эффективные и доступные современные литотриптеры.

Для лечения потока пациентов институт оснащен двумя системами для электромагнитной литотрипсии.

Финансирование государственных больниц в Индии

Институт и исследовательский центр заболеваний почек (IKDRC) управляется трастом, старающимся сделать лечение как можно более доступным для пациентов. В обычных государственных больницах решения по бюджету (выбор оборудования для покупки, определение расходов на строительство и т. д.) принимают сотрудники министерства здравоохранения. В этом институте система принятия решений по бюджету иная, поскольку он управля-

ется некоммерческим трастом, и дополнительно финансируется правительством. Решения принимают реально практикующие врачи. Капитальные вложения в систему вносит правительство. Деятельность и эксплуатационные расходы института покрываются из оплаты пациентами. Благодаря эффективности системы, а также умеренной, фиксированной, соответствующей государственной зарплате врачей лечение в институте доступно.

«В нашем регионе предрасположенность к мочекаменной болезни повышена».

Доктор **Пранджал Моди**, главный уролог института и исследовательского центра заболеваний почек



болезни отличается образованием трудно поддающихся лечению твердых камней из оксалата кальция. «По сравнению с типом камней, часто встречающимся у европейских или американских пациентов, эти камни разрушить трудно», — говорит доктор Моди. Однако после получения литотриптора компании «Сименс» оказалось, что используемая в нем технология позволяет легко разрушать твердые камни.

Поток пациентов

Первый литотриптор Siemens в институте был установлен в 2010 г., после того как его специалисты изучили и сравнили этот литотриптор с другими системами. Тогда институт начал прием пациентов из региона и соседних штатов Мадхья-Прадеш и Раджастхан. Финансируемый правительством центр быстро принял решение для удовлетворения потребностей в потоке пациентов как можно скорее установить вторую систему, что было сделано в 2012 г.

Эффективность 90 процентов

Как объясняет доктор Моди, превыше всего — безопасность пациентов. Поскольку камни твердые, их приходится разрушать большим количеством ударных волн высоких энергий. При неточной фокусировке воздействия можно повредить ткань почки.

Передовая технология, используемая в литотрипторе компании «Сименс», позволяет подавать высокоэнергетические ударные волны на обширную локальную область. Разброс значений измеряется, время лечения записывается, и количество доставленной энергии указывается в документации.

Строгое соблюдение норм безопасности позволяет свести побочные эффекты к минимуму. Система подает 60–90 ударных волн в минуту, что позволяет предотвратить повреждение ткани почки.

«Если мы увеличиваем уровень энергии медленно, контроль более эффективен, а гематома в почечной ткани уменьшается», — говорит

доктор Моди; его внимание к этим вопросам, как хирурга, выполняющего трансплантацию почки, играет в деятельности центра большую роль. Почечная гематома образуется у 0,7% пациентов, перенесших литотрипсию.

Риск развития побочных эффектов, подтверждает доктор Моди, минимальный. Частота удаления камней очень высокая, выше 90% после первой процедуры. ■

Об авторе

Сарита Рай — индийский журналист. Рай получила научную степень в области журналистики в университете Бангалор, выпускница программы Knight Fellow Стэнфордского университета. В настоящее время она — пишущий редактор журнала Форбс Азия и пишущий редактор ведущей индийской газеты «Индийский Экспресс».



Успешное взаимодействие позволило внедрить низкодозовую цифровую маммографию

Взяв в качестве технического партнера компанию «Сименс», клиницист профессор Детлеф Уленброк, MD, руководитель Центра амбулаторной медицинской помощи в Дортмунде, Германия, нашел способ уменьшить дозу облучения при цифровой маммографии на величину до 30 процентов, причем без ущерба для качества изображения. Medical Solutions обсудил с обоими партнерами это успешное сотрудничество, которое привело к созданию устройства MAMMOMAT Inspiration PRIME Edition.

Текст: **Вибке Катманн**, PhD. Фотографии: **Вольфрам Шролл**

Устройство MAMMOMAT® Inspiration предназначено для использования рентгенологами и другими клиницистами, проводящими маммологическую профилактику и скрининговую маммографию в больницах и клиниках по всему миру. Риск облучения при маммографии, особенно при скрининге у здоровых женщин, вызывает все большую озабоченность. Тем не менее, методику исследования можно усовершенствовать.

В частности, профессор Уленброк задумался, насколько для получения высококонтрастных изображений при цифровой маммографии необходим отсеивающий растр. Во время интервью, вспоминая успешное партнерство с компанией «Сименс», он сказал: «Нам очень нужно было придумать способ работать без растра. Даже если бы изображения при этом получались чуть менее контрастными, это полностью оправдывалось бы снижением дозы облучения».

Вместе с Томасом Мертельмайером, PhD, руководителем службы технологии и концепций в бизнес-подразделении рентгенологической продукции (XP) компании «Сименс», он нашел партнера, не меньше него самого заинтересованного в том, чтобы найти решение.

Попытка работать без отсеивающего растра

Все началось в 2008 г. в Центре амбулаторной медицинской помощи в Дортмунде. Уленброк получил несколько экспериментальных изображений, не используя растра:

«Мы оценили изменения, и оказалось, что качество изображения сохранилось довольно хорошо», — вспоминает он. После этих первых измерений настала очередь подразделения исследований и разработок компании «Сименс». Физики компании «Сименс» разработали алгоритм, позволяющий на любом изображении исправить изменения, возникающие в результате удаления растра.

Работа с программно скорректированным рассеивающим растром

Алгоритм был разработан и проверен на фантомах в штаб-квартире компании в Эрлангене. Алгоритм пришлось адаптировать к различным

объемам и формам молочной железы, для чего во время измерений использовали пластины акрилового стекла различной толщины. Чтобы определить уровень, до которого можно было бы снизить дозу облучения — без снижения качества изображения, по сравнению с изображениями с растром — нужно было рассчитать величины отношения контраст/шум. Это означало необходимость неоднократно изменять алгоритм, пока не удалось бы полностью компенсировать влияние растра на контрастность изображения.

«Как и ожидалось при теоретическом анализе, контрастность изображений на фантомах при уменьшении дозы с программно скорректированным рассеивающим растром оказалась не



Изображения, полученные по технологий PRIME, были такого же качества, как полученные с рассеивающим растром — но при снижении дозы облучения почти на 30%.



Рентгенолог-маммолог доктор Уленброк, работая вместе с сотрудниками компании «Сименс», обнаружил способы дополнительно снизить дозы облучения при маммографии.

хуже, чем при использовании отсеивающего растра», — вспоминает Андреас Физельманн, PhD, инженер из службы Томаса Мертельмайера в компании «Сименс». Уленброк соглашается: «Качество изображений совершенно не различалось».

По словам доктора Уленброка, первоначально и он, и сотрудники компании «Сименс» не верили, что им удастся обойтись без растра. В этом отношении реальность превзошла все их ожидания. Возможности снизить дозу во время измерений на фантомах составили примерно 10–30 процентов — и эти результаты были достаточно обнадеживающими, чтобы начать клинические исследования.

Уже на этом этапе стало ясно, что это новое решение на основе программной коррекции отсеивающего растра, получившее название технологии PRIME (постепенной реконструкции с интеллектуальным снижением экспозиции), наиболее эффективно при наиболее мелких размерах молочной железы.

Клинические исследования — обследование женщин в клинических условиях

Планирование клинических испытаний началось в 2008 г. Испытания были предназначены для доказательства, что по эффективности технология PRIME не уступает технологии с отсеивающим растром; и что при использовании более низкой дозы облучения возможно обеспечить аналогичное качество изображения. В исследовании участвовали 75 женщин в возрасте 50–72 лет. Этот возрастной диапазон включал возрастную группу 50–69 лет, в которой в Германии каждые два года проводят маммографический скрининг (см. врезку «Немецкая программа маммографического скрининга»). Всех участниц исследования обследовали с целью диагностики, поскольку при ранее проведенной маммографии у них были выявлены подозрительные изменения. Участницам предлагали дать письменное согласие на проведение двух дополнительных маммографических исследований — одно с отсеи-

вающим растром, другое без него — помимо проводимой по клиническим показаниям цифровой маммографии в двух проекциях. Оба набора изображений получали при одинаковой степени компрессии молочной железы, чтобы они были сопоставимы.

«Весь процесс получения одобрения от официальных органов — Комитета по этике, Федеральной службы радиационной защиты (BfS) и страховых компаний пациентов — оказался весьма трудоемким, — вспоминает доктор Уленброк. — Однако все они проявили интерес к нашему новому решению без отсеивающего растра, и к осени 2011 г. все необходимые согласования с различными органами власти были получены».

Поскольку профессор Уленброк выступил гарантом для Немецкой программы маммографического скрининга, процесс набора участниц был проведен очень быстро: «На маммографию ежегодно приглашают около пяти миллионов женщин; около 54 % из них проходят это обследование. Это означает, что в Немецкой программе маммографического скрининга участвуют около 2,6 миллиона женщин в год», — говорит он, описывая огромные возможности для привлечения участниц в исследование.

Технология PRIME: превосходит все ожидания

Когда этап получения изображений спустя четыре месяца закончился, начался этап оценки изображений: «Результаты исследования¹ явно превзошли наши ожидания, даже несмотря на то, что уже после измерений на фантомах они были довольно высокими, — замечает доктор Уленброк. — Но результаты в клинических условиях оказались даже лучше — особенно в отношении целостности».

По данным статистического анализа изображения, полученные по технологии PRIME, были такого же качества, как полученные с рассеивающим растром — но при снижении дозы облучения почти на 30%. Они не уступали традиционным исследованиям по всем семи

¹Результаты исследования опубликованы в журнале *Physics of Medical Imaging*, доступны по приведенной ниже ссылке: Fieselmann, A., Fischer, D., Hilal, G., Dennerlein, F., Mertelmeier, T., and Uhlenbrock, D., "Full-field digital mammography with grid-less acquisition and software-based scatter correction: investigation of dose saving and image quality," в журнале: *Proceedings of SPIE Medical Imaging 2013: Physics of Medical Imaging*, Lake Buena Vista, FL, USA, vol. 8668, pp. 86685Y, (2013), doi:10.1117/12.2007490.

Немецкая программа маммографического скрининга

В Германии маммографические скрининговые программы начали внедрять довольно поздно. Национальная система была создана только в 2002 г., и в ее рамках всех женщин в возрасте 50–69 лет ежегодно стали приглашать для обследования. Стоимость скрининга покрывается из медицинской страховки каждой женщины. К 2008 г. были созданы 94 подразделения маммографического скрининга: каждое из них возглавляли один или два исполнительных директора/гаранта программы, и оно обслуживало от 800 000 до 1 000 000 человек населения.

Настоящим нововведением в немецкой программе стало выделение в ней позиции гаранта программы. Этот специалист обеспечивает все этапы работы — от проведения первой маммографии, обсуждения специалистами на конференции и запроса изображений, до проведения при необходимости биопсии и планирования терапии. Его участие позволяет

не только обеспечить высокие стандарты качества, но также уменьшить время ожидания женщинами и повысить степень их доверия при обследовании, поскольку им на протяжении всего процесса нужно посещать всегда одного и того же врача. Эта программа обеспечивает очень высокую надежность диагностики — отчасти потому, что все сотрудники регулярно проходят обучение.

Однако сохраняется вопрос о дозе облучения. Необходимость ежегодно облучать здоровых женщин вызвала горячие споры специалистов, что в свою очередь побудило клиницистов и лаборантов искать новые решения. Еще один шаг к решению этой проблемы удалось совершить благодаря тесному партнерству Центра амбулаторной медицинской помощи профессора Уленброка и партнеров в Дортмунде с подразделением исследований и разработок компании «Сименс».

изученным критериям. «Эти результаты доказывают, что правильный алгоритм позволяет устранить все недостатки контрастирования в системах без рассеивающего растра», — заключает профессор Уленброк.

Даже несмотря на то, что внедрение этой новой технологии в стандартную клиническую практику может занять годы, профессор Уленброк собирается использовать технологию PRIME уже сейчас. «В двух наших клиниках мы уже перешли на новую технологию обследования. Это означает, что мы можем предложить женщинам уменьшить дозу облучения при маммографии. Когда я говорю им, что теперь дозу облучения можно снизить до 30% от обычной дозы, они реагируют на это очень положительно. Я считаю, что система MAMMOMAT Inspiration PRIME Edition — это новый стандарт низкодозовой маммографии».

Медицинский писатель Вибке Катманн часто публикуется в немецкоязычных медицинских журналах для врачей. Она получила степень магистра в области биологии и степень доктора наук по теоретической медицине, и до начала работы фрилансером в 1999 г. много лет проработала редактором. Она проживает в Мюнхене, Германия. ■

Сводка для руководства

Задачей профессора Уленброка и Томаса Мертельмайера было минимизировать дозы облучения во время выполнения маммографии у здоровых женщин. Эта задача была не просто технической: придумать решение означало также преодолеть давнее убеждение, что при цифровой маммографии отсеивающий растр необходим для подавления рассеяния. Кроме того, им требовалось найти альтернативные средства фильтрации образующегося рассеяния.

Они нашли решение — удалили растр и заменили его программно скорректированным рассеивающим растром с использованием

технологии PRIME (постепенной реконструкции с интеллектуальным снижением экспозиции).

Результаты превзошли все ожидания:

- Качество изображения оказалось аналогичным получаемому при использовании растра.
- Доза облучения оказалась ниже почти на 30 процентов.
- Решение позволило повысить качество медицинской помощи женщинам.
- В результате тесного сотрудничества потребителя с компанией «Сименс» удалось создать новый товарный продукт.

Дополнительная информация

www.siemens.com/Prime-proof



Мумбаи

Население
13,8 млн человек

Постигая объемы

В централизованной лаборатории в пригороде Мумбаи, Индия, компания Thyrocare Technologies проводит каждую ночь по 100 000 диагностических исследований — больше, чем любая другая лаборатория сопоставимого размера по всему миру. Это стало возможным, когда идеи одного человека удалось совместить с самыми современными решениями в области автоматизации.

Текст: Архис Мохан. Фотографии: Атул Локе



В полночь в лаборатории размером с футбольное поле, расположенной в подвале невзрачного трехэтажного здания в пригороде Мумбаи, начинается бурная работа. Сотрудники в белых халатах устанавливают связки пробирок, снабженных штрих-кодами, на два выходящих по помещению конвейера, подходящие к нескольким лабораторным диагностическим автоматам.

В течение дня в лабораторию из всех уголков Индии доставляют почти 25 000 флаконов с образцами крови и мочи. Каждый образец подвергается на лабораторных диагностических автоматах производства компании «Сименс», состоящих из двух конвейеров длиной по 17 метров и 12 метров, оснащенных 14 иммуноферментными анализаторами на каждом конвейере, в среднем четырем исследованиям.

К рассвету автоматизированные решения в компании Thyrogare Technologies обрабатывают почти 100 000 исследований и размещают отчеты онлайн, почти без вмешательства человека.

Компанией Thyrogare руководит доктор А. Велумани. Его предпринимательский расчет, поддерживаемый современными автоматизированными решениями, позволил компании Thyrogare занять лидирующие позиции в области лабораторной диагностики в Индии. «Thyrogare — крупнейшая в мире одноэтажная централизованная полностью автоматизированная

лаборатория, оснащенная информационными технологиями», — говорит 54-летний генеральный директор и основатель компании. Thyrogare также первой в Индии начала использовать штрих-коды и двусторонний интерфейс диагностики и устранения ошибок.

Король объемов

В 1995 г. компания Thyrogare начала работать в качестве лаборатории для изучения функции щитовидной железы. На сегодня она стала самым молодым из четырех ключевых индийских игроков на рынке диагностики. Сейчас она занимает 60 процентов рынка.

Исследование показателей функции щитовидной железы продолжает генерировать 70 процентов доходов компании Thyrogare. Щитовидная железа расположена на шее, ниже Адамова яблока, по форме напоминает бабочку, и жизненно необходима организму, поскольку выделяет гормон, помогающий организму использовать энергию, вырабатывать тепло и обеспечивать нормальную работу всех органов. Предполагается, что заболеваниями щитовидной железы страдают 42 миллиона индийцев¹.

Бизнес-модель доктора Велумани состоит из четырех оснований: большие объемы, низкие цены, скорость и точность. «Мы — единая лаборатория для миллиарда человек. Мы работаем быстрее,

чем любая местная лаборатория, обслуживающая население какого-либо региона. Мы работаем быстрее всех на Земле», — гордо заявляет д-р Велумани.

Он сравнивает свой бизнес с газетной индустрией. Каждое утро франчайзи компании Thyrogare по всей стране собирают образцы крови в 20 000 пунктах сбора в больницах, домах престарелых и лабораториях. Образец от каждого пациента собирают в предварительно полученный от компании Thyrogare пустой флакон. Штрих-код позволяет идентифицировать каждого пациента непосредственно во время сбора и исключает большинство ошибок, возможных на доаналитической стадии. После ввода данных со штрих-кодов на веб-сервер франчайзи компании Thyrogare собирает все флаконы и упаковывает их в транспортную систему с контролируемой температурой для доставки самолетом в Мумбаи. Поэтому данные пациентов обычно поступают в компанию Thyrogare через пару минут, а партия флаконов — через несколько часов полета на самолете.

Большинство партий поступают в город к десяти часам вечера, их забирают сотрудники компании Thyrogare и за несколько часов доставляют их в централизованную лабораторию. Все образцы оказываются в лаборатории к двум часам ночи. Затем эти образцы погружают на два лабораторных конвейера с аппаратами для иммуноферментного анализа, которые считывают штрих-коды, проводят исследования и выводят отчеты онлайн к 6 часам утра.

Сотрудники лаборатории из всех регионов Индии вводят пароль на веб-сайте лаборатории, загружают с него отчеты и отправляют их клиентам. Компания Thyrogare гордится тем, что с момента сбора образцов при этом проходит менее 20 часов.

Имуноферментные анализаторы позволяют проводить более чем 275 анализов, предназначенных для скрининга, диагностики, оценки прогноза и контроля течения большинства заболеваний.

«На меня работает компания „Сименс“, и я этим горжусь», — говорит об этом десятилетнем сотрудничестве д-р Велумани.



Штаб-квартира компании Thyrogare расположена в подвале здания в лаборатории размером с футбольное поле.

¹Unnikrishnan AG, Menon UV. Thyroid disorders in India: An epidemiological perspective. Indian J Endocr Metab [онлайн-серия] 2011 [ссылка приводится на 22 октября 2013 г.];15:78–81. Для приобретения репринта обращаться: <http://www.ijem.in/text.asp?2011/15/6/78/83329>.

*«Мы — единая лаборатория
для миллиарда человек. И мы —
самые быстрые на Земле».*

Д-р А. Велумани, генеральный директор и основатель
компании Thyrogcare Technologies Ltd., Мумбаи, Индия



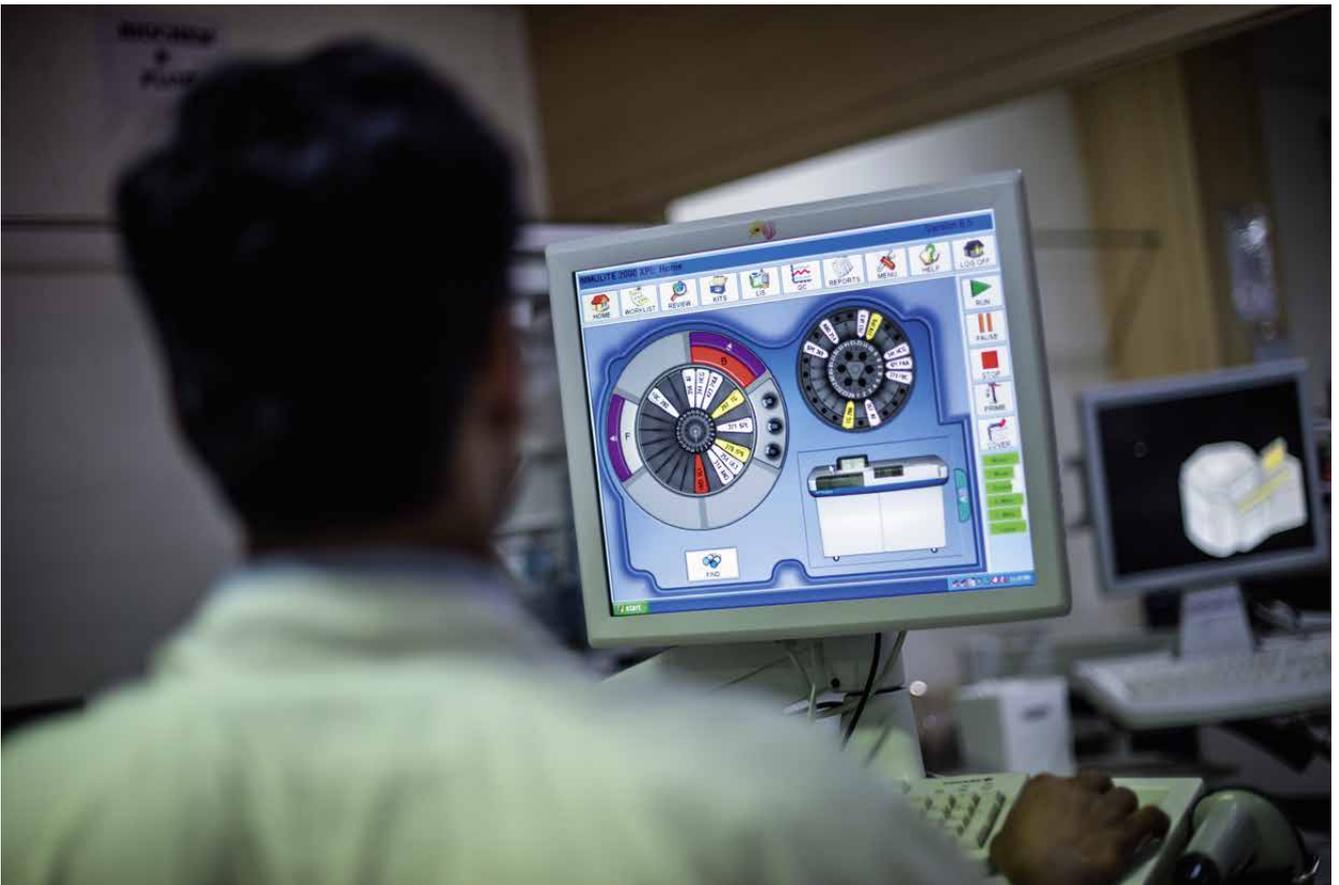


После поступления сумки-холодильника в компанию Thyrogare из аэропорта Мумбаи сотрудники лаборатории переносят флаконы в специальные лотки для пробирок.





Процесс автоматизированного проведения исследования контролируют несколько сотрудников. Все процедуры отражаются в централизованной ИТ-системе.



Thyrogare: ключевые факты

Thyrogare — **крупнейшая** централизованная лаборатория в мире, расположенная на одном этаже здания лаборатория в мире.

У нее **20 000** пунктов сбора образцов по всей Индии.

Она собирает **25 000** образцов крови из 1000 городов ежедневно.

Каждую ночь она выполняет **100 000** исследований.

В ней хранится запас реагентов на **90** дней.

Сроки проведения исследований составляют меньше **20** часов, включая время транспортировки.

Стоимость всего бизнеса: **20 000** миллионов рупий (300 млн долларов США).

Сеть достаточно обширна, чтобы проводить **500 000** исследований в день.

Расходы на рабочую силу в компании составляют **7%** оборота — самое низкое значение в отрасли.

Компания «Сименс» сопровождала д-ра Велумани на каждом шагу работы, и в целом обеспечила стремительный взлет компании Thyrogare.

Из грязи в князи

Д-р Велумани родом из очень бедной семьи из Аппанакенпатти Пудур (Appanaickenpatti Pudur), маленькой деревушки в 28 километрах от Коимбаторе, штат Тамил Наду, Индия. В возрасте 16 лет Велумани поступил в колледж в Коимбаторе, где изучал химию. Чтобы закончить обучение, ему даже пришлось поработать домашней прислужкой в доме богача. В 23 года Велумани приехал в Мумбаи, и ему удалось найти работу в государственном учреждении, исследователем в лаборатории атомного научно-исследовательского центра Баба (BARC). Это был первый из многих счастливых поворотов судьбы, в конечном итоге позволивших Велумани стать предпринимателем. В возрасте 37 лет Велумани понял, что его работа оказывается все более рутинной и однообразной. Он бросил удобную государственную службу и встал на рискованный путь предпринимательства.

В 1995 г. он открыл в маленьком гараже свою первую лабораторию, в то же время поступив обучаться на магистра, а затем — получать докторскую степень, чтобы усовершенствовать навыки проведения научных исследований.

Велумани снял гараж площадью 14 квадратных метров, арендовал не полностью загруженный лабораторный анализатор и предложил услуги по исследованию функции щитовидной железы за четверть от существующей рыночной цены, предполагая, что высокий объем работы позволит уменьшить дополнительные расходы на реагенты. Своим франчайзи он предложил почти 60 процентов прибыли, в то время как конкуренты предлагали только 15 процентов.

На рубеже века компания Thyrogare проводила исследование 4000 образцов в день. Бум в авиации позволил компании Thyrogare организовать транспортировку проб из всех регионов Индии по низкой цене, в то время как рост промышленности и телекоммуникационной

отрасли сделал возможным организовать отправку протоколов исследований и их загрузку на следующее утро даже в самых отдаленных уголках Индии.

Преимущества автоматизации

Со временем количество флаконов, ежедневно получаемых компанией Thyrogare, продолжает увеличиваться — как и количество аналитических систем в лаборатории. К 2011 г. объем исследований стал настолько высоким, что Thyrogare установила автоматизированное лабораторное решение с масштабируемыми конвейерами для подключения анализаторов в качестве единой сводной станции.

Автоматизация позволила значительно сократить расходы. Время проведения исследования снизилось на три часа, а производительность труда сотрудников повысилась, при одновременном снижении общей потребности в людских ресурсах и расходных материалах, таких как количество флаконов и количество реагентов. В настоящее время в компании Thyrogare по всей Индии работают 650 сотрудников, которые собирают и отправляют образцы в Мумбаи.

Д-р Велумани отмечает, что стоимость тестирования показателей функции щитовидной железы у них самая низкая на рынке. Объемы растут, а стоимость реагентов снижается, поскольку он покупает их оптом. Стоимость тестирования функции щитовидной железы снизилась на 75 процентов, и не увеличивается уже 18 лет.

«Мои расходы на реагенты низкие, потому что «Сименс» обеспечивает мне лучшую цену из возможных», — говорит он.

Своей задачей д-р Велумани видит предоставление полного спектра диагностических тестов по доступной цене. Он хочет обеспечить профиль из 125 тестов для оценки различных функций организма за цену менее 50 долларов США. «Медицинское страхование в Индии находится в зачаточном состоянии, и люди платят из своего кармана. Поэтому важно обеспечить доступность профилактического здравоохранения», — говорит д-р Велумани.



См. «Крупнейшая лаборатория Индии в действии»

Каким образом компании Thyrogare удается достигать столь впечатляющей пропускной способности? С какими проблемами она сталкивается? Генеральный директор д-р Велумани позволяет лучше изучить разработанную им бизнес-модель в нашем документальном фильме. www.siemens.com/lysiso-india



Чтобы посмотреть видео, отсканируйте QR-код с помощью соответствующего приложения на своем смартфоне, или наберите указанный адрес (URL) в браузере.

В середине 2014 г. компания Thyrogare для обработки возрастающих объемов заказов установила решение компании «Сименс» для автоматизации Artio с 93,5-метровым конвейером. В то время это был самый длинный в мире конвейер для автоматизированной лаборатории, а также первый конвейер в Индии. С помощью этого решения компания Thyrogare может выполнять примерно 200 000 исследований в день. Решение для автоматизации, закрепленное на конвейере, обеспечивает работу в общей сложности 24 систем для иммуноанализов и 7 биохимических систем. Система также включает в себя 10 погрузочно-разгрузочных роботов со стеллажами и 5 устройств для удаления колпачков. «На первом этапе был установлен 187-метровый конвейер, что позволило запустить систему. Сейчас она стала более продуктивной и менее дорогостоящей», — отмечает д-р Велумани.

Также д-р Велумани говорит, что его мечта — запустить 12 одноэтажных полностью автоматизированных лабораторий по всему миру, чтобы каждая обслуживала регион, доступный в течение трех часов летного времени. Помимо Мумбаи, эти узловые лаборатории можно разместить в Бахрейне, Йоханнесбурге, Нигерии, Бразилии, Нью-Йорке, Лос-Анджелесе, Париже, Москве, Джакарте, Гонконге и Шанхае.

На вопрос, не слишком ли эти мечты амбициозные, он отвечает: «А это не мечты. Я вообще никогда не мечтал быть предпринимателем. На самом деле единственное, что изменилось в моей жизни за последние 35 лет — это моя жена, Сумати».

А как насчет конкуренции? Д-р Велумани говорит, что воспроизвести его модель бизнеса невозможно. «Существует множество барьеров начального уровня, например стоимость грузовых авиаперевозок, — говорит он. — Если не будут необходимых объемов, этот показатель не станет выгодным. А без достаточно низкой цены невозможно будет обеспечить необходимые объемы. Шах и мат». ■

Описанные здесь результаты, полученные заказчиками компании «Сименс», были достигнуты с помощью конкретных конфигураций оборудования, установленного у этих заказчиков.

В связи с отсутствием «стандартной» конфигурации для лечебного учреждения и множества переменных факторов (размер учреждения, состав пациентов, уровень внедрения ИТ и пр.) нет никакой гарантии, что те же результаты смогут достичь и другие.

Дополнительная информация

www.siemens.com/laboratory-automation

Ввиду определенных региональных ограничений на права продажи и доступность услуг мы не можем гарантировать, что все продукты, указанные в данном журнале, будут доступны через подразделения продаж «Сименс» по всему миру. В некоторых странах продукты могут быть недоступны, а упаковка для разных стран может различаться и изменяться без уведомления. Некоторые/все функции и продукты, описанные в журнале, могут быть недоступны в США. Информация, приведенная в этом документе, содержит общее техническое

описание спецификаций и опций, а также стандартных и дополнительных возможностей, которые не всегда могут иметься в каждом конкретном случае. «Сименс» оставляет за собой право изменять описанные здесь конструкцию, упаковку, спецификации и опции без предварительного уведомления. Свяжитесь с местным представителем «Сименс» по продажам, чтобы получить самую актуальную информацию. Примечание. Все технические показатели, содержащиеся в этом документе, могут колебаться в допустимых пределах. Оригиналы изображений могут утратить некоторые детали при воспроизведении.

© ООО «Сименс», Москва, Россия, 2015 г.

Издатель:
ООО «Сименс»
Структурное подразделение
«Здравоохранение»
Москва, 115184,
ул. Большая Татарская, 9

Ответственный за содержание:
Мария Мясникова

Главный редактор:
Мария Мясникова

Производство:
ООО «Бюро переводов «Эники»
Москва, 123557,
Большой Тишинский пер., 38

Siemens Healthcare Headquarters

Siemens Healthcare GmbH
Henkestraße 127
91052 Erlangen
Germany
Тел.: +49 9131 84-0
siemens.com/healthcare

Контактная информация в России

Россия
ООО «Сименс»,
Структурное подразделение
«Здравоохранение»
Адрес: Москва, 115184,
ул. Большая Татарская, 9
Тел.: + 7 495 737 10 00
Факс: + 7 495 737 13 20
Эл. почта: info.healthcare.ru@siemens.com
www.siemens.ru/healthcare