

Магнитно-резонансно совместимый инкубатор для обследования недоношенных и рожденных в срок новорожденных

T. Loenneker-Lammers*, R. Srinivasan†, S. Ghods‡, P. Friedlich, I. Seri, S. Erberich‡, M. Nelson‡, and S. Bluml‡

*Lammers Medical Technology, Германия

†Advanced Imaging Research, США

Отделения ‡ радиологии и неонатологии, Детская Больница Лос-Анджелеса (ДБЛА), США.

Введение

Магнитно - резонансная томография - универсальный инструмент, который хорошо подходит для неинвазивного обследования новорожденных [1]. Хотя нет никакой опасности, связанной с ЯМР сканерами, их применение у новорожденных ограничено из-за связанных с этим материально-технических задач транспортировки пациента, комфорта, поддержки жизненно-важных функций и контроля за физиологическими процессами. Был создан модульный прототип (опытный образец) инкубатора с регуляцией температуры воздуха и влажности и встроенной радиочастотной катушкой с высоким коэффициентом отношения сигнала к шуму [2]. Мы проверили работу инкубатора, изучая 13 новорожденных, которые были уже запланированы для ЯМРТ обследования головы или тела.

Методики и материалы обследования пациентов

Весь фантомные исследования и обследования пациентов были выполнены на GE Signa CNV/I 1.5T магнитно-резонансном томографе в детской больнице Лос-Анджелеса (ДБЛА), Лос-Анджелес, США. Тринадцать пациентов, 4 женского пола и 9 мужского пола, были обследованы. Гестационный возраст при рождении располагался между 24-41 неделями, возраст на момент проведения экспертизы был от 4 недель для недоношенных до 12 недель. Вес тела был между 1,2 – 4,6 кг и окружности головы были 29,5 - 37 см. Пациенты были предоставлены неонатальным отделением интенсивной терапии (НОИТ) и педиатрическим отделением интенсивной терапии (ПОИТ). Пациенты транспортировались в кабинет ЯМРТ и получили основание для ЯМРТ обследования, основываясь на применении обычных ДБЛА протоколов, но были помещены в ЯМРТ инкубатор. Пациентам дали седативные средства, как требуется для клинического сканирования. Исследования были одобрены Внутренним Наблюдательным Советом (ВНС) ДБЛА. Согласие на исследование было получено от всех родителей перед проведением обследования.

ЯМРТ инкубатор

Инкубатор показан на *рис. 1*. На нем изображены традиционные радиочастотные катушки (для обследования головы, тела), которые удовлетворяют потребности для охвата 95 % новорожденных, специально разработанные для использования в комбинации с инкубатором. Окруженный двойной стенкой отсек пациента имеет несколько отверстий для рук для свободного доступа с любой стороны ЯМРТ стола. Для деталей об инкубаторе, пожалуйста см. ссылку [2].



Рис. 1 а



Рис. 1 б

Рис. 1. Модульный ЯМРТ инкубатор на GE 1.5T ЯМРТ столе пациента. Расположение катушки / пациента, местоположение отверстий для рук для легкого доступа к пациенту, входы на инкубаторе для направления назальных канюль, ЭКГ проводов, кабеля пульсоксиметра и оптико - волоконного температурного зонда (b).

Размещение пациента

Инкубатор был помещен на ЯМРТ стол. Температура пациента была измерена в подмышечной впадине до и после ЯМРТ обследования, используя стандартные одноразовые температурные датчики. Пациенты были помещены внутрь инкубатора и подключены к оборудованию для жизнеобеспечения, типа кислородных шлангов, вентилятора и инфузионных насосов, и к оборудованию, мониторирующему функции жизнеобеспечения (пульс, сердечные сокращения, насыщение кислородом). Температура воздуха инкубатора была установлена (28,5 - 36 °C) в соответствии с требованиями персонала НОИТ. Обследования проводились при умеренных уровнях влажности (< 55 % относительной влажности воздуха). Для контроля температуры кожи пациента во время ЯМРТ обследования использовалось коммерческое оптоволоконное оборудование для измерения температуры (Luxtron Corporation, Санта - Клара, Калифорния). Датчик был помещен на голову или живот в зависимости от того, проводилось ли обследование мозга или брюшной полости. Точность Luxtron оборудования и химического термометра была в пределах $\pm 0,1$ °C. Жизненноважные параметры пациента, температура кожи (зарегистрированная Luxtron) и показатели инкубатора (температура, влажность) контролировались и регистрировались в течение всего ЯМРТ обследования. Расположение пациента внутри педиатрической катушки для исследования тела, показано на **рис. 2**. Пожалуйста см. соответствующие снимки для получения деталей о соответствующем обследовании и диагнозе. Наши катушки приспособлены для пациентов, чтобы никак затруднять применение вентилятора, назальных канюль и эндотрахеальной трубки или контролирующих проводов (ЭКГ, насыщение кислородом). Все они были пропущены через отверстия на инкубаторе (см. **рис.**

1b) и подсоединены к соответствующим устройствам, расположенным внутри помещения ЯМРТ.



Рис. 2

Рис. 2. Размещение катушки для исследования тела / пациента, для установки инкубатора на GE 1.5T ЯМРТ столе пациента (а). Показаны корональные снимки, чтобы проиллюстрировать охват педиатрической катушки для исследования тела (от таза до колена), изображены осевые SPGR T1 fat sat (отображение с подавлением жира) снимки до и после (гадолиний 0.9cc) контраста, чтобы показать преобладание изображения консистенции мягкого тканевого образования с лимфангиомой (b) над остальной частью снимка (не показано), не было никаких признаков вовлечения мышц или костей.

Эксперименты на фантоме

Функционирование инкубатора относительно поддержания температуры, уровня кислорода и влажности было проверено внутри МРТ прежде, чем какое-либо ЯМРТ обследование было проведено. После этого, было выполнено несколько экспериментов с использованием образца, чтобы проверить:

- a) МР функционирование радиочастотной катушки без инкубатора,
- b) МР функционирование радиочастотной катушки с инкубатором - инкубатор выключен,
- c) МР функционирование радиочастотной катушки с инкубатором - инкубатор включен.

Коэффициент отношения сигнал-шум (КОСШ) был получен при обследованиях и сравнен с КОСШ, полученным при исследованиях, проведенных со стандартной GE катушкой для исследования головы. У катушки для исследования головы новорожденных КОСШ был улучшен в 3 раза по сравнению со стандартной катушкой для обследования. Перед проведением любых обследований пациентов радиочастотные катушки, созданные для инкубатора были настроены и согласованы на нескольких пациентах, чтобы изучить вопросы нагрузки и оптимизировать работу с широким диапазоном размеров пациентов. Эти согласования были сделаны в НОИТ ДБЛА и были одобрены ВНС ДБЛА.

МР последовательности

Использовался конфигурационный ряд стандартной взрослой катушки для

обследования головы с дополнительным ослаблением (затуханием) в 9 дВ, так как требовались более низкие величины напряжения для наших экспериментов. Этот конфигурационный ряд использовался для педиатрического обследования головы и тела, чтобы гарантировать, что смещение радиочастотной мощности остается ниже требований FDA (Food and Drug Administration, США) для удельной скорости поглощения (SAR).

ЯМРТ обследование мозга:

- аксиальный T2w быстрого спин эха (FSE)
- сагитальный T1w, аксиальная FLAIR
- аксиальный T1w, FLAIR
- аксиальный, FLAIR
- единично-воксельная локальная МР спектроскопия

МР обследование тазовой и брюшной полости:

- коронарный T2w FSE
- аксиальный и коронарный fat sat (отображение с подавлением жира) T2w FSE
- коронарный, аксиальный и сагитальный T1w SE
- сагитальный T2w однократная импульсная последовательность FSE
- аксиальный и коронарный T1w fat sat (отображение с подавлением жира) упрежденное градиентное эхо (ГД) до и после контрастирования

МР обследование сердца:

- аксиальное и коронарное ГД сегментированное k-пространство CINE (динамической фазо-контрастной МРТ)
- аксиальное и коронарное T1w выходное спин эхо
- рентгеноконтрастная МР ангиография

Результаты обследования пациентов

Не проявилось никаких неблагоприятных эффектов. При всех исследованиях были получены МР снимки отличного качества. Данные ЯМРТ / ЯМРСпектроскопии, полученные у 9-недельного ребенка мужского пола с гидроцефалией показана на **рис. 3**. Функционирование инкубатора оставалось неизменным в помещении МРТ. Увеличение температуры кожи, зарегистрированное Luxtron оборудованием, достигало не более 0,5 °С у всех пациентов кроме одного, у которого она достигла 1,0 °С.



Рис. 3

Рис. 3. МРТ / МРС 9 недельного ребенка мужского пола пациент с гидроцефалией. Сагитальный T1 и аксиальный FSE T2 снимки показывают

однородный охват мозга новорожденного. Аксиальный FLAIR и диффузные снимки показывают отличный показатель контраст/шум дополнительно к высокому КОСШ. Протонный спектр, как и ожидалось, имел низкие уровни N-ацетил-аспартата (нейронного маркера), которые могли быть связаны с низкой массой мозга.

Фантомные исследования

КОСШ катушек был в пределах 1-2 % с инкубатором, как включенным, так и выключенным, который был толерантен в соответствии с требованием изготовителя к воздействию МРТ системы. Не было никаких обнаружимых различий в качестве снимков, полученных как с включенным, так и с выключенным инкубатором, соответственно. Это продемонстрировало совместимость инкубатора с МРТ.

Обсуждения и заключения

Мы не сталкивались ни с какими проблемами при помещении пациентов в инкубатор. Увеличение температуры кожи у одного пациента могло быть скорее из-за длительного МР обследования (~65 минут) и температурной ауторегуляции организма, чем из-за смещения радиочастотного напряжения. Температура, измеренная медсестрой до и после обследования, была в пределах 0,5 °С для всех, кроме одного, у которого наблюдалось снижение на 0,7 °С, вероятно, из-за анестезии, замедляющей метаболизм. Этого снижения можно было бы избежать, задав более высокую температуру для инкубатора. Разрешение и качество снимков намного превосходят таковые на снимках, полученных на обычном оборудовании. Благодаря этому исследованию мы продемонстрировали, что ЯМРТ обследование может быть успешно выполнено с использованием инкубаторной системы, которая обеспечивает контролируемые уровни температуры, кислорода и влажности без снижения качества. Это может в будущем расширить границы группы пациентов для магнитно-резонансного обследования, которые в настоящем классифицируются как недостаточно крепкие или нестабильные для ЯМРТ обследования.

ССЫЛКИ

- [1] Нейротомография в педиатрии (Pediatric Neuroimaging), ЯМР томографические Клиники Северной Америки, февраль 2001, и ссылки там же.
- [2] Srinivasan, R. и другие. 10-ый съезд Международного Общества Магнитно-Резонансных Исследований (ISMR), Книга отзывов, стр. 799, 2002
- [3] Dumoulin, C.L. и другие. . 10-ый съезд Международного Общества Магнитно-Резонансных Исследований (ISMR), Книга отзывов, стр. 2558, 2002