

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. Ломоносова

XXX Международная конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
по фундаментальным наукам



Международный
молодежный научный форум

“ЛОМОНОСОВ–2023”

Секция **“ФИЗИКА”**

Подсекция
“МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА”,

Сборник тезисов докладов

МОСКВА
Физический факультет МГУ
2023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕТРОСПЕКТИВНОГО СТРОБИРОВАНИЯ ДЛЯ МРТ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГКИХ В ДОКЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ В СВЕРХВЫСОКОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Колесникова П.С.¹, Павлова О.С.^{1,2}, Гуляев М.В.²

*МГУ имени М.В. Ломоносова, ¹физический факультет,
²факультет фундаментальной медицины, Москва, Россия
e-mail: kolesnikova.ps19@physics.msu.ru*

Респираторные заболевания являются одной из главных причин смертности и недееспособности среди населения [1]. В настоящее время для диагностики легких используется в основном метод компьютерной томографии, использующий рентгеновское излучение, в связи с чем его не рекомендуется применять часто, а также в педиатрических исследованиях [2]. Разработка безопасных методов диагностики легких является важной задачей в медицине. Кроме того, высокий процент людей, страдающих респираторными заболеваниями, рождает спрос на проведение доклинических исследований легких малых лабораторных животных для изучения патогенеза этих заболеваний и новых методов их лечения.

В настоящее время метод магнитно-резонансной томографии (МРТ) широко используется в клинической практике и является безопасным для организма. Однако использование стандартных методов МРТ для визуализации легких оказывается затруднительным, ввиду низкой протонной плотности в них, а также артефактов магнитной восприимчивости, проявляющихся на границе ткани легких с воздухом и приводящих к быстрой релаксации протонов воды (T_2^*) и, соответственно, к быстрому затуханию МРТ сигнала [3].

Исследование малых лабораторных животных проводится в более высоких магнитных полях (от 4.7 Тл) по сравнению с клиническими исследованиями (как правило, до 3 Тл). При увеличении магнитного поля, с одной стороны, возрастает регистрируемый МРТ сигнал, но, с другой стороны, влияние всех артефактов (движения, магнитной восприимчивости) увеличивается, и T_2^* в легких становится менее 1 мс [4]. Это приводит к необходимости использования импульсных последовательностей (ИП) со сверхбыстрым сбором сигнала (например, UTE – ultra-short time of echo, или ИП со сверхкоротким временем эхо) [5,6].

В настоящее время существует всего несколько работ, посвященных исследованию легких малых лабораторных животных с помощью ИП UTE, при этом только часть из них [4,7,8] относится к исследованиям в сверхвысоких магнитных полях (более 7 Тл). Целью данной работы являлось выявление информативности метода ^1H МРТ для диагностики патологий легких в доклинической практике в сверхвысоких магнитных полях.

Работа проводилась на 7-Тл МРТ сканере Bruker BioSpec 70/30 USR. В исследовании использовались крысы Wistar с легочной гипертензией (ЛГ). ЛГ – хроническое заболевание, характеризующееся гипертрофией правого желудочка сердца и повышенным давлением в малом круге кровообращения, что приводит к отеку и фиброзу легких. МРТ изображения получали с помощью ИП UTE, характерной особенностью которой является то, что пространство сырых данных (k-пространство) заполняется радиально (по “спицам”, идущим из центра k-пространства). При этом магнитуда первой точки каждой такой “спицы” моделируется дыханием животного, что позволяет отделить “спицы”, полученные на фазах вдоха и выдоха, и, тем самым, получить отдельно МРТ изображения, соответствующие этим фазам. Данный метод имеет название ретроспективного стробирования.

В исследования проводился мониторинг развития ЛГ у малых лабораторных животных (крыс) в течение 5 недель после создания модели патологии. В ходе работы по-

лучали МРТ изображения легких крыс на фазах вдох и выдоха, из которых были построены карты вентиляции, а также определен дыхательный объем легких.

В результате, начиная со 2-ой недели после воспроизведения модели ЛГ, у животных наблюдались участки поражения в легких, соответствующие эдеме, сокращение дыхательного объема легких и их вентиляции.

Таким образом, в работе была продемонстрирована возможность диагностики эдемы легких у малых лабораторных животных (крыс) с ЛГ в сверхвысоком магнитном поле 7 Тл. Также стоит отметить перспективность данной методики для клинического применения в более низких магнитных полях.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-75-10038. Благодарности: Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарных научно-образовательных школ Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» и «Молекулярные технологии живых систем и синтетическая биология».

Литература:

1. Levine SM, Marciniuk DD. Global Impact of Respiratory Disease: What Can We Do, Together, to Make a Difference? *Chest*. 2022;161(5):1153-1154. doi: 10.1016/j.chest.2022.01.014.
2. Position Statement of the Health Physics Society PS010-4: Radiation Risk in Perspective. *Health Phys*. 2020;118(1):79-80. doi: 10.1097/HP.0000000000001157.
3. Campbell-Washburn AE, Malayeri AA, Jones EC, Moss J, Fennelly KP, Olivier KN, Chen MY. T₂-weighted Lung Imaging Using a 0.55-T MRI System // *Radiol Cardiothorac Imaging*, 2021.
4. Guo J, Cao X, Cleveland ZI, Woods JC. Murine pulmonary imaging at 7T: T₂* and T₁ with anisotropic UTE. *Magn Reson Med*. 2018;79(4):2254-2264. doi: 10.1002/mrm.26872.
5. Tyler DJ, Robson MD, Henkelman RM, Young IR, Bydder GM. Magnetic resonance imaging with ultrashort TE (UTE) PULSE sequences: technical considerations. *J Magn Reson Imaging*. 2007. doi: 10.1002/jmri.20851.
6. Johnson KM, Fain SB, Schiebler ML, Nagle S. Optimized 3D ultrashort echo time pulmonary MRI. *Magn Reson Med*. 2013. doi: 10.1002/mrm.24570.].
7. Zhang J, Feng L, Otazo R, Kim SG. Rapid dynamic contrast-enhanced MRI for small animals at 7T using 3D ultra-short echo time and golden-angle radial sparse parallel MRI. *Magn Reson Med*. 2019;81(1):140-152. doi: 10.1002/mrm.27357.
8. Stecker IR, Freeman MS, Sitaraman S, Hall CS, Niedbalski PJ, Hendricks AJ, Martin EP, Weaver TE, Cleveland ZI. Preclinical MRI to Quantify Pulmonary Disease Severity and Trajectories in Poorly Characterized Mouse Models: A Pedagogical Example Using Data from Novel Transgenic Models of Lung Fibrosis. *J Magn Reson Open*. 2021;6-7:100013. doi: 10.1016/j.jmro.2021.100013.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВИСМУТА ДЛЯ РАДИОСЕНСИБИЛИЗАЦИИ ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ С УЧЁТОМ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Коротких С.К., Белихин М.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

E-mail: sonya12k34@mail.ru

Радиосенсибилизация — это процесс повышения восприимчивости опухолевых тканей к поражению радиационным воздействием. Применение наночастиц висмута является одним из наиболее перспективных способов сенсибилизации лучевой терапии по нескольким причинам [1].

Радиосенсибилизирующий эффект наночастиц хорошо изучен для низкоэнергетического рентгеновского излучения, но его использование остается ограниченным из-за малой глубины проникновения в тело пациента. В отличие от рентгеновского излуче-