**Оценка функционального состояния легких человека методом 19F МРТ с использованием октафторциклобутана**

***Лебедев Д.Б.1, Гуляев М.В.2, Павлова О.С.1,2***

*студент, старший научный сотрудник, научный сотрудник*

*1 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*2 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*факультет фундаментальной медицины, Москва, Россия*

*E–mail:* [*ldbldb@yandex.ru*](mailto:ldbldb@yandex.ru)

Поиск новых средств оценки функционального состояния легких человека методом магнитно-резонансной томографии (МРТ) по-прежнему остается актуальной задачей. Перспективным представляется применение для этих целей инертных фторсодержащих газов, в частности, октафторциклобутана (C4F8, ОФЦБ) – отечественного хладона R318C [1]. В этом случае МРТ легких проводится не на частоте ядер протия (1H) – стандартный метод диагностики, а на резонансной частоте ядер фтора-19 (19F).

Отметим, что резонансные частоты ядер 1H и 19F довольно близки друг к другу – разница составляет ~6.3%, благодаря чему возможна адаптация МРТ оборудования, рассчитанного на передачу и прием 1H сигнала ядерного магнитного резонанса (ЯМР), к проведению исследований на резонансной частоте ядер 19F. Так, в настоящей работе использовались две стандартные 1H радиочастотные (РЧ) катушки. Одна катушка является передающей, предназначена для исследования всего тела человека. Другая РЧ катушка – приемная, для исследования брюшной полости человека. Для перенастройки частоты их колебательного контура были рассчитаны и затем изменены их РЧ схемы согласования.

Для подачи фторсодержащего газа в легкие человека была разработана система доставки газовой смеси – газа ОФЦБ (70%) и O2 (30%). Газ ОФЦБ является парниковым, поэтому при применении подобных газов необходимо уменьшить их выброс в атмосферу. В связи с этим система доставки газов изготовлена в виде замкнутого дыхательного контура, обеспечивающего поступление газовой смеси в легкие на вдохе, а также ее последующего отведения с абсорбцией углекислого газа.

19F МРТ легких проводили в магнитном поле 1.5 Тл на одном добровольце – молодом человеке, 19 лет, без вредных привычек и острых/хронических заболеваний легких. Перед исследованием получено письменное добровольное согласие на участие в эксперименте.

Функциональное состояние легких оценивали двумя методиками: wash-in/wash-out [2] и single-breath [3] с применением импульсной последовательности 2D спойлинговое градиентное эхо. Параметры сканирования задавали следующими: TR: 6 мс, TE: 2.0 мс, FA: 30°, количество срезов: 1, толщина среза: 35 см, область сканирования: 35 см × 35 см, матрица: 60 × 60, пространственное разрешение: 0.58 см × 0.58 см, количество накоплений: 14, ширина пропускания частот: 25 кГц, время сканирования: 5 с.

Методика wash-in/wash-out позволяет отследить накопление газа в легких в ходе серии циклов дыхания газовой смесью (wash-in: поступление газа ОФЦБ в легкие) и воздухом (wash-out: вымывание газа ОФЦБ из легких). За время первого сканирования длительностью 5 секунд доброволец вдыхал газовую смесь и задерживал дыхание, в ходе второго аналогичного сканирования он медленно выдыхал. Спустя 7 таких вдохов и выдохов газовой смеси доброволец делал вдохи и выдохи воздухом до тех пор, пока на получаемых 19F МРТ изображениях легких не пропал 19F сигнал ЯМР. Вторая методика – single-breath - была предложена в нашей лаборатории в 2022 г [3] и апробирована впервые на МР томографе с более низким магнитным полем 0.5 Тл. Для реализации методики single-breath серия 19F МРТ изображений легких получается за один дыхательный цикл без задержек дыхания – на одном глубоком вдохе и долгом выдохе. По ощущениям добровольца этот способ более прост в осуществлении ввиду отсутствия задержек дыхания.

Полученные 19F МРТ изображения легких анализировали путем построения карт частичной вентиляции легких (FV-карт), характеризующих относительное изменение количества газа в единице объема с каждым вдохом/выдохом. Распределения плотности значений FV по всем легким близки к нормальным со следующими медианами: 0.31 и 0.35 – для wash-in и wash-out процесса, соответственно; 0.34 и 0.44 – для эксперимента single-breath, получены на глубоком вдохе и выдохе, соответственно. Значения FV оказались близки для обеих методик за исключением FV значения, рассчитанного для методики single-breath на выдохе, что, по-видимому, обусловлено большей глубиной и длительностью выдоха по сравнению с коротким и отрывистым дыханием в эксперименте wash-in/wash-out. Для качественного анализа были построены также временные τ-карты, отражающие эффективное время накопления ОФЦБ в легких.

Проведенная работа показала эффективность применения газа ОФЦБ в качестве соединения для оценки функционального состояния легких. Для получения статистических данных по регистрируемым значений частичной вентиляции легких (FV) необходимо провести подобные исследования на большем количестве пациентов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 21-75-10038 и Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Молекулярные технологии живых систем и синтетическая биология».

**Литература**

1. Pavlova OS, Anisimov NV, Gervits LL, Gulyaev MV, Semenova VN, Pirogov YA, Panchenko VY. 19F MRI of human lungs at 0.5 Tesla using octafluorocyclobutane. Magn Reson Med. 2020; 84:2117-2123.
2. Gutberlet M, Vogel-Claussen J. Fluorinated-Gas MRI. MRI of the lung. 2nd ed. Cham (CH): Springer; 2018, p. 125–135.
3. Pavlova OS, Anisimov NV, Gulyaev MV, Gervits LL, Pirogov YA. Ventilation Study of the Human Lungs by 19F MRI at 0.5 Tesla. Appl Magn Reson. 2022; 53:1587-1595.