

ISSN 2079-5343

Научно-практический рецензируемый журнал
ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ

Магнитно-резонансная томография, ультразвуковая диагностика, рентгенология, компьютерная томография,
ядерная медицина, лучевая терапия

AI

Церебральные глиомы

MPT

Рак прямой кишки

КТ

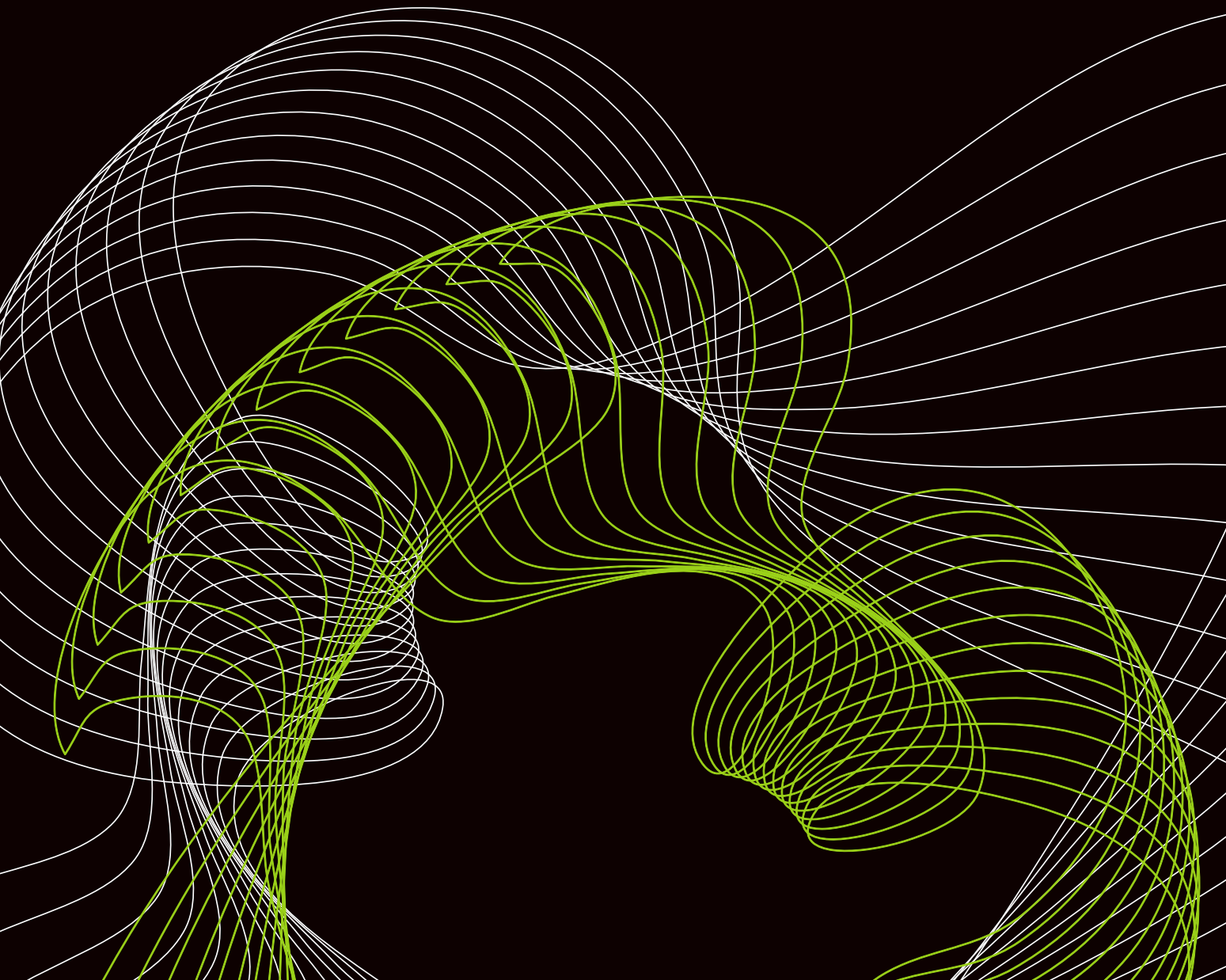
Пневмония при
интерстициальных
заболеваниях легких

№

2019 г.

2

(10)



ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ

Магнитно-резонансная томография, ультразвуковая диагностика, рентгенология, компьютерная томография, ядерная медицина, лучевая терапия

№ 2⁽¹⁰⁾
2019

Учредители: Санкт-Петербургское радиологическое общество
ФГБУН Институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой РАН
Медицинская компания «АВА ПЕТЕР» и «Скандинавия»
Балтийский медицинский образовательный центр

Президент журнала

академик РАН
С. К. Терновой
(Москва)

Главный редактор

профессор
Т. Н. Трофимова
(Санкт-Петербург)

Заместители главного редактора

чл.-корр. РАН
А. Ю. Васильев
(Москва)

профессор
В. И. Амосов
(Санкт-Петербург)

доктор медицинских наук
В. П. Сокурено
(Санкт-Петербург)

Ответственный секретарь

кандидат медицинских наук
Я. П. Зорин
(Санкт-Петербург)

Журнал рекомендован ВАК для публикации материалов диссертаций

Издатель: Балтийский медицинский образовательный центр
Адрес журнала: 191024, Невский пр., 137, Лит. А, пом. 22-Н. оф. 10Г,
Санкт-Петербург, Россия
Тел.: +7 921 956-92-55
<http://radiag.bmoc-spb.ru/jour> <https://radiomed.ru>
e-mail: ooo.bmoc@mail.ru

подписные индексы:
Агентство «Роспечать» **57991**
Объединенный каталог
«Пресса России» **42177**

Редколлегия:

профессор *Н. И. Ананьева* (Санкт-Петербург)
академик РАН *С. Ф. Багненко* (Санкт-Петербург)
академик РАН *Н. А. Беляков* (Санкт-Петербург)
профессор *М. Ю. Вальков* (Архангельск)
академик РАН *В. Р. Вебер* (В. Новгород)
профессор *Г. М. Жаринов* (Санкт-Петербург)
профессор *Н. А. Карлова* (Санкт-Петербург)
профессор *А. В. Мищенко* (Санкт-Петербург)
профессор *В. А. Ратников* (Санкт-Петербург)
профессор *В. Е. Савелло* (Санкт-Петербург)
профессор *П. Г. Таразов* (Санкт-Петербург)
профессор *Л. А. Тютин* (Санкт-Петербург)
профессор *В. М. Черемисин* (Санкт-Петербург)
профессор *М. А. Чибисова* (Санкт-Петербург)

Редсовет:

профессор *М. В. Вишнякова* (Москва)
профессор *А. П. Дергилев* (Новосибирск)
академик РАН *Б. И. Долгушин* (Москва)
профессор *В. И. Домбровский* (Ростов-на-Дону)
профессор *В. Д. Завадовская* (Томск)
д.м.н. *И. С. Желязняк* (Санкт-Петербург)
академик РАН *В. Н. Корниенко* (Москва)
профессор *П. М. Котляров* (Москва)
чл.-корр. РАН *Ю. Б. Лишманов* (Томск)
профессор *В. Н. Макаренко* (Москва)
академик РАН *С. В. Медведев* (Санкт-Петербург)
профессор *М. К. Михайлов* (Казань)
профессор *С. П. Морозов* (Москва)
профессор *А. В. Поморцев* (Краснодар)
академик РАН *И. Н. Пронин* (Москва)
профессор *Р. И. Рахимжанова* (Астана)
профессор *Р. Риенмюллер* (Грац)
профессор *В. А. Рогожин* (Киев)
профессор *Н. А. Рубцова* (Москва)
профессор *В. Е. Синицын* (Москва)
профессор *Г. Е. Труфанов* (Санкт-Петербург)
профессор *И. Е. Тюрин* (Москва)
профессор *Б. Е. Шахов* (Н. Новгород)
профессор *А. Л. Юдин* (Москва)

DIAGNOSTIC RADIOLOGY AND RADIOTHERAPY

Magnetic resonance imaging, diagnostic ultrasound, roentgenology, computed tomography, nuclear medicine, radiotherapy

№ 2⁽¹⁰⁾
2019

Founders: St. Petersburg Society of Radiology
N. P. Bechtereva Institute of the Human
Brain of the Russian Academy of Sciences
Russian Finnish Medical Holding Company «AVA PETER Scandinavia»
Baltic Medical Educational Center

President of the journal S. K. Ternovoy, Full Member of RAS (Moscow)
Editor-in-chief T. N. Trofimova, professor (St. Petersburg)

Associate Editors

A. Yu. Vasilyev, associate member of RAS (Moscow) V. I. Amosov, professor (St. Petersburg)
V. P. Sokurenko, M.D. (St. Petersburg)

Executive Secretary Ya. P. Zorin (St. Petersburg)

Editorial Board and Editorial Council:

N. I. Ananyeva, prof. (St. Petersburg)	V. A. Ratnikov, prof. (St. Petersburg)
S. F. Bagnenko, full member of RAS (St. Petersburg)	R. I. Rakhimzhanova, prof. (Astana)
N. A. Belyakov, full member of RAS (St. Petersburg)	R. Rienmuller, prof. (Graz)
V. M. Cheremisin, prof. (St. Petersburg)	V. A. Rogozhin, prof. (Kiev)
M. A. Chibisova, prof. (St. Petersburg)	N. A. Rubtsova, prof. (Moscow)
A. P. Dergilev, prof. (Novosibirsk)	V. E. Savello, prof. (St. Petersburg)
B. I. Dolgushin, full member of RAS (Moscow)	V. E. Sinitsin, prof. (Moscow)
V. I. Dombrowskiy, prof. (Rostov-on-Don)	B. E. Shakhov, prof. (Nizhniy Novgorod)
N. A. Karlova, prof. (St. Petersburg)	P. G. Tarazov, prof. (St. Petersburg)
P. M. Kotlyarov, prof. (Moscow)	G. E. Trufanov, prof. (St. Petersburg)
V. N. Korniyenko, full member of RAS (Moscow)	I. E. Tyurin, prof. (Moscow)
Yu. B. Lishmanov, associate member of RAS (Tomsk)	L. A. Tyutin, prof. (St. Petersburg)
V. N. Makarenko, prof. (Moscow)	M. Yu. Valkov, prof. (Arkhangelsk)
S. V. Medvedev, full member of RAS (St. Petersburg)	V. R. Veber, full member of RAS (Novgorod)
M. K. Mikhaylov, prof. (Kazan)	M. V. Vishnyakova, prof. (Moscow)
A. V. Mishenko, prof. (St. Petersburg)	A. L. Yudin, prof. (Moscow)
S. P. Morozov, prof. (Moscow)	V. D. Zavadovskaya, prof. (Tomsk)
A. V. Pomortsev, prof. (Krasnodar)	G. M. Zharinov, prof. (St. Petersburg)
I. N. Pronin, full member of RAS (Moscow)	I. S. Zheleznyak, M.D. (St. Petersburg)

Key title: Lucevaa diagnostika i terapia **Abbreviated key title:** Lucevaa diagn. ter.

Publisher: Baltic Medical Educational Center
Address: 191024, Nevskiy pr., 137, Lit. A, pom.22-N. of. 10G,
St. Petersburg, Russia
Tel.: +7 921 956-92-55
<http://radiag.bmoc-spb.ru/jour> <https://radiomed.ru>
e-mail: ooo.bmoc@mail.ru

Subscription indexes:
Agency «Rospechat» 57991
Union Catalogue
«The Russian Press» 42177

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ

- ПРЕНАТАЛЬНАЯ ПРОТОННАЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ
СПЕКТРОСКОПИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА 5
Т. Н. Трофимова, А. Д. Халиков, М. Д. Семенова, А. А. Богдан

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ

- СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ГЛИОМ 15
*Н. А. Костеников, А. В. Поздняков, В. Ф. Дубровская, О. Ю. Миролюбова,
Ю. Р. Илющенко, А. А. Станжевский*
- МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СЕГМЕНТАЦИИ ГЛИОМ
ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ 24
*А. В. Далечина, М. Г. Беляев, А. Н. Тюрин, С. В. Золотова,
И. Н. Пронин, А. В. Голанов*

ЛЕКЦИЯ

- КОМПЬЮТЕРНАЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ
В ДИАГНОСТИКЕ ПЕРИТОНЕАЛЬНОГО КАРЦИНОМАТОЗА 32
*Н. А. Рубцова, А. В. Левшакова, А. О. Пешков, В. М. Хомяков,
А. Б. Уткина, Д. В. Сидоров, Н. А. Гришин*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

- ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА MN(II) С ГЕКСАМЕТИЛПРОПИЛЕН-
АМИНОКСИМОМ В КАЧЕСТВЕ ПАРАМАГНИТНОГО КОНТРАСТНОГО
ПРЕПАРАТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ
НОВООБРАЗОВАНИЙ 42
*В. Ю. Усов, М. Л. Белянин, В. Д. Филимонов, М. Г. Данилец, И. В. Мильто,
Ж. В. Веснина, М. А. Зоркальцев, М. А. Лучич, Н. Л. Шимановский*

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- МР-МОРФОМЕТРИЯ СУБПОЛЕЙ И СУБРЕГИОНОВ ГИПОКАМПА
В НОРМЕ И ПРИ РЯДЕ ПСИХИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ 50
*Н. И. Ананьева, Е. В. Андреев, Т. А. Саломатина, Л. Р. Ахмерова, Р. В. Ежова,
Н. Г. Незнанов, Н. М. Залуцкая*
- ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ФРАКЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ В ОЦЕНКЕ РИСКА КОГНИТИВНЫХ
НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ДИСЦИРКУЛЯТОРНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ
ГОЛОВНОГО МОЗГА 59
И. М. Левашкина, С. В. Серебрякова, О. В. Тихомирова, Е. В. Китаigorodskaya
- МР-МОРФОМЕТРИЯ И ДИФФУЗИОННО-ТЕНЗОРНАЯ МРТ В ОЦЕНКЕ
ИЗМЕНЕНИЙ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА У ДЕТЕЙ СО СПАСТИЧЕСКОЙ
ДИПЛЕГИЕЙ 66
*В. С. Львов, А. В. Поздняков, Д. О. Иванов, Т. А. Александров, Т. В. Мелашенко,
Л. М. Макаров, О. Ф. Позднякова, В. А. Александрович*
- ОСОБЕННОСТИ ЛУЧЕВОЙ КАРТИНЫ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ
ПНЕВМОНИИ ПРИ ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЛЕГКИХ 72
В. П. Золотницкая, А. А. Сперанская, Н. С. Яковлева
- МР-ЭЛАСТОГРАФИЯ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: МЕТОДИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОКАЗАТЕЛИ В НОРМЕ, ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ПРИМЕНЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С АДЕНОКАРЦИНОМОЙ
ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ
ПАНКРЕАТОДУОДЕНАЛЬНОЙ РЕЗЕКЦИИ 80
М. Я. Беликова, Т. Н. Трофимова, М. Ю. Кабанов, К. В. Семенов
- РУБЕЦ НА МАТКЕ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ КЕСАРЕВА СЕЧЕНИЯ
И ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ЕГО СОСТОЯНИЯ 85
О. Н. Ножничева, И. А. Семенов, В. Ф. Безенарь
- МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ МЫШЦ В ДИАГНОСТИКЕ
ПОСТНАГРУЗОЧНОГО РАБДОМИОЛИЗА 91
*С. Н. Бардаков, А. Н. Бельских, Н. Н. Рыжман, И. С. Железняк,
С. С. Багненко, В. А. Царгуш, А. А. Емельянцева, Г. Г. Романов,
М. О. Мавликеев, Р. В. Деев*
- СТАНДАРТЫ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ
СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ МРТ
ПРИ РАКЕ ПРЯМОЙ КИШКИ 102
П. Ю. Гришко, А. В. Мищенко, Ю. А. Грифельд, Д. В. Самсонов, А. М. Карачун
- ХРОНИКА 108
- НЕКРОЛОГ 110

EDITORIAL

- PRENATAL PROTON MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY
OF THE BRAIN 5
T. N. Trofimova, A. D. Khalikov, M. D. Semenova, A. A. Bogdan

ANALYTICAL REVIEWS

- MODERN METHODS OF DIAGNOSTIC IMAGING OF GLIOMAS 15
*N. A. Kostenikov, A. V. Pozdnyakov, V. F. Dubrovskaya, O. Yu. Mirolyubova,
Yu. R. Ilyushchenko, A. A. Stanzhevsky*
- MACHINE LEARNING IN GLIOMA SEGMENTATION
FOR STEREOTACTIC RADIATION THERAPY PLANNING 24
*A. V. Dalechina, M. G. Belyaev, A. N. Tyurina, S. V. Zolotova,
I. N. Pronin, A. V. Golanov*

LECTURE

- COMPUTED AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING
IN THE DIAGNOSIS OF PERITONEAL CARCINOMATOSIS 32
*N. A. Rubtsova, A. V. Levshakova, A. O. Peshkov, V. M. Khomyakov,
A. B. Utkina, D. V. Sidorov, N. A. Grishin*

EXPERIMENTAL ARTICLE

- THE ORETICAL BASIS AND EXPERIMENTAL STUDY
OF COMPLEX OF MANGANESE (II) WITH
HEXAMETHYL-PROPILENAMIN-OXIME
AS PARAMAGNETIC CONTRAST AGENT
FOR MR-IMAGING OF MALIGNANT TUMORS 42
*W. Yu. Ussov, M. L. Belyanin, V. D. Filimonov, M. G. Danilets, I. V. Milto,
Zh. V. Vesnina, M. A. Zorkaltsev, M. A. Lucic, N. L. Shimanovskiy*

ORIGINAL RESEARCH

- MR MORPHOMETRY OF THE HIPPOCAMPUS IN NORMAL
VOLUNTEERS AND PATIENTS WITH PSYCHOTIC DISORDERS DISEASE 50
*N. I. Ananyeva, E. V. Andreev, T. A. Salomatina, L. R. Akhmerova,
R. V. Ezhova, N. G. Neznanov, N. N. Zalutskaya*
- THRESHOLD FRACTION ANISOTROPY LEVEL
AND VASCULAR DEMENTIA PREDICTION
FOR SUBJECTS WITH DIAGNOSED
ENCEPHALOPATHY 59
I. M. Levashkina, S. V. Serebryakova, O. V. Tikhomirova, E. V. Kitaigorodskaya
- MR-MORPHOMETRY AND DTI IN ASSESSING
CHANGES OF CORPUS CALLOSUM IN CHILDREN
WITH SPASTIC DIPLEGIA 66
*V. S. Lvov, A. V. Pozdnyakov, D. O. Ivanov, T. A. Aleksandrov,
T. V. Melashenko, L. M. Makarov, O. F. Pozdnyakova, V. Yu. Aleksandrovich*
- THE FEATURES OF THE RADIOLOGICAL IMAGE OF COMMUNITY-ACQUIRED
PNEUMONIA AT INTERSTITIAL LUNG DISEASES 72
V. P. Zolotnitskaia, A. A. Speranskaia, N. S. Yakovleva
- MR-ELASTOGRAPHY OF THE PANCREAS: RESEARCH
TECHNIQUE, NORMAL VALUES, FIRST RESULTS
OF APPLICATION IN PATIENTS WITH PANCREATIC
ADENOCARCINOMA AT THE PLANNING
OF PANCREATODUODENAL RESECTION 80
M. Ya. Belikova, T. N. Trofimova, M. Yu. Kabanov, K. V. Sementsov
- THE SCAR ON THE UTERUS AFTER CESAREAN SECTION
AND THE OPTIMAL ALGORITHM FOR DIAGNOSTICS 85
O. N. Nozhnitseva, I. A. Semenov, V. F. Bezhenar
- THE APPLICATION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING
FOR DIAGNOSTICS OF ACUTE POSTEXERCISE RHABDOMYOLYSIS 91
*S. N. Bardakov, A. N. Belskykh, N. N. Ryzhman, I. S. Zheleznyak,
S. S. Bagnenko, M. V. Zakharov, V. A. Tsargush, A. A. Emelyantsev,
G. G. Romanov, M. O. Mavllikeev, R. V. Deev*
- STANDARDS OF MEDICAL CARE
MODERN METHODIC APPROACH FOR MRI STUDY
OF RECTAL CANCER 102
P. Yu. Grishko, A. V. Mishchenko, Y. A. Grinfeld, D. V. Samsonov, A. M. Karachun
- CHRONICLE OF EVENTS 108
- NECROLOGY 110

РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ

УДК 616.12-007.2-073.8

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-5-14>

ПРЕНАТАЛЬНАЯ ПРОТОННАЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА

^{1,2,3}Т. Н. Трофимова, ^{1,2}А. Д. Халиков, ^{3,4}М. Д. Семенова, ³А. А. Богдан¹ООО «НМЦ-Томография», клиника «Скандинавия», Санкт-Петербург, Россия²Санкт-Петербургский государственный университет, Россия³Институт мозга человека им. Н. П. Бехтерева Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия⁴Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова, Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

В статье продемонстрирован первый российский опыт пренатальной протонной магнитно-резонансной спектроскопии (¹H МРС) головного мозга, проанализированы результаты полученного исследования, оценены изменения метаболитов в зависимости от срока гестации. Нейровизуализационные методы оценки метаболизма могут играть определенную роль в диагностике и прогнозе неврологических нарушений перинатального генеза, поэтому информация о нормальных церебральных метаболических процессах крайне важна. ¹H МРС головного мозга представляет собой информативный, неинвазивный метод исследования, выполняемый комплементарно к МРТ и предоставляющий уникальную информацию о церебральном биохимическом составе. Метаболические изменения головного мозга могут предшествовать структурным, т.е. появление изменений на спектрограммах может опережать появление таковых на традиционной МРТ, а следовательно, метод может быть полезен в раннем выявлении патологии. Ранняя диагностика нарушения нормальных метаболических процессов головного мозга может быть полезна в выявлении будущих потенциальных терапевтических стратегий.

Ключевые слова: МРТ, плод, головной мозг, спектроскопия, ¹H МРС

PRENATAL PROTON MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY OF THE BRAIN

^{1,2,3}T. N. Trofimova, ^{1,2}A. D. Khalikov, ^{3,4}M. D. Semenova, ³A. A. Bogdan¹ООО «NMC-Tomography», «Scandinavia» clinic, St. Petersburg, Russia²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia³Institute of Human Brain named after N. P. Bekhtereva, Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg⁴Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies named after academic A. M. Granov, St. Petersburg, Russia

The article demonstrates the first Russian experience of prenatal proton magnetic resonance spectroscopy (¹H MRS) of the brain. The results of the study are analyzed, the metabolic changes during the gestation period is evaluated. Neuroimaging methods of assessing brain metabolism may play a role in the diagnosis and prognosis of some perinatal neurological disorders, that is why the information about normal cerebral metabolic processes is extremely important. Prenatal ¹H MRS of the brain is an informative, non invasive diagnostic method that is performed complementary to MRI and provides unique information about the cerebral biochemical composition. Brain metabolic changes may precede structural, e.g. the appearance of changes in the spectrograms may outgo the changes in traditional MRI, therefore, the method may be useful in the early detection of a pathology. Early detection of abnormal metabolic brain processes may be helpful in identifying future potential therapeutic strategies.

Key words: MRI, fetus, brain, spectroscopy, ¹H MRS

Для цитирования: Трофимова Т.Н., Халиков А.Д., Семенова М.Д., Богдан А.А. Пренатальная протонная магнитно-резонансная спектроскопия головного мозга. обзор литературы и собственные данные // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 5–14, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-5-14>.

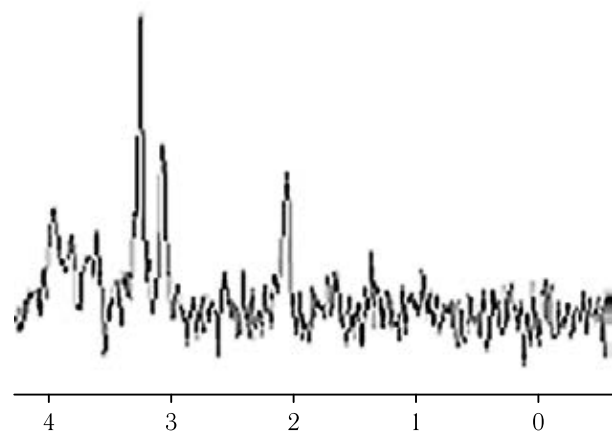


Рис. 12. Спектрограмма головного мозга плода, полученная с помощью PRESS-ИП с параметрами TR — 2000 мс, TE — 70 мс

Нейровизуализационные методы оценки метаболизма могут играть определенную роль в прогнозе и коррекции неврологических нарушений перинатального генеза. Например, снижение уровня отношения NAA/Cho может рассматриваться как предиктор патологического нервно-психического развития у детей, страдающих от перинатальной асфиксии или недоношенности [33–35]. Представляется важным

Т а б л и ц а
Значения полученных амплитуд различных метаболитов на длинном и коротком времени эхо

Метаболит	Группа «А»: TE 35 мс, TR 1500 мс		Группа «Б»: TE 70 мс, TR 2000 мс	
	концентрация, ммоль/кг (min)	концентрация, ммоль/кг (max)	концентрация, ммоль/кг (min)	концентрация, ммоль/кг (max)
NAA	5	14	4	9
Cho	4	27	11	19
Cr	5	16	5	8
mI	4	21	3	11

определить прогностическую способность спектроскопических данных для прогнозирования нарушений нервной системы. Такие знания необходимы для углубления понимания состояний недоношенности, ЗВУР, разработки прогностических биомаркеров.

Максимально раннее выявление плодов в группе риска может позволить провести конкретные действия для коррекции развития нервной системы [36–38]. Диагностика нарушения нормальных метаболических процессов головного мозга может быть полезна в выявлении будущих потенциальных терапевтических стратегий.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sanz Cortes M., Bargallo N., Arranz A., Simoes R., Figueras F., Gratacos E. Feasibility and Success Rate of a Fetal MRI and MR Spectroscopy Research Protocol Performed at Term Using a 3.0-Tesla Scanner // *Fetal Diagn Ther.* 2017. Vol. 41 (2). P. 127–135. DOI: 10.1159/000445947.
2. Evangelou I.E., du Plessis A.J., Vezina G., Noeske R., Limperopoulos C. Elucidating Metabolic Maturation in the Healthy Fetal Brain Using ¹H-MR Spectroscopy // *Am. J. Neuroradiol.* 2016. Feb. Vol. 37 (2). P. 360–366. doi: 10.3174/ajnr.A4512. Epub 2015 Sep 24.
3. Коростышевская А.М. Диагностические возможности магнитно-резонансной спектроскопии (обзор перспективных направлений) // *Медицинская визуализация.* 2007. № 3. С. 130–147. [Korostyshevskaya A.M. Diagnosticheskie vozmozhnosti magnitno-rezonansnoj spektroskopii (obzor perspektivnyh napravlenij). *Medicinskaya vizualizaciya*, 2007, No. 3, pp. 130–147 (In Russ.).]
4. Sinson G., Bagley L.J., Cecil K.M. et al. Magnetization Transfer Imaging and Proton MR Spectroscopy in the Evaluation of Axonal Injury: Correlation with Clinical Outcome after Traumatic Brain Injury // *Am. J. Neuroradiol.* 2001. Vol. 22. P. 143–151.
5. Mascalchi M., Cosottini M., Lolli F. et al. Proton MR Spectroscopy of the Cerebellum and Pons in Patients with Degenerative Ataxia // *Radiology.* 2002. Vol. 223. P. 371.
6. Bapat R., Narayana P.A., Zhou Y., Parikh N.A. Magnetic Resonance Spectroscopy at Term-Equivalent Age in Extremely Preterm Infants: Association With Cognitive and Language Development // *Pediatric Neurology.* 2014. Vol. 51, Issue 1. P. 53–59.
7. Woodard L.E., Anderson P.J., Austin N.C. et al. Neonatal MRI to predict neurodevelopmental outcomes in preterm infants // *N. Engl. J. Med.* 2006. Vol. 355. P. 685–694.
8. Bartha A.I., Yap K.R., Miller S.P. et al. The normal neonatal brain: MR imaging, diffusion tensor imaging, and 3D MR spectroscopy in healthy term neonates // *Am. J. Neuroradiol.* 2007. Vol. 28. P. 1015–1021.
9. Xu D., Bonifacio S.L., Charlton N.N. et al. MR spectroscopy of normative premature newborns // *J. Magn. Reson. Imaging.* 2011. Vol. 33. P. 306–311.
10. Gadin E., Lobo M., Paul D.A. et al. Volumetric MRI and MRS and early motor development of infants born preterm // *Pediatr. Phys. Ther.* 2012. Vol. 24. P. 38–44.
11. Wisnowski J.L., Bluml S., Paquette L. et al. Altered glutamatergic metabolism associated with punctate white matter lesions in preterm infants // *PLoS One.* 2013. Vol. 8. P. e56880.
12. Card D., Nossin-Manor R., Moore A.M. et al. Brain metabolite concentrations are associated with illness severity scores and white matter abnormalities in very preterm infants // *Pediatr. Res.* 2013. Vol. 74 P. 75–81.
13. Sanz-Cortes M., Simoes R.V., Bargallo N., Masoller N., Figueras F., Gratacos E. Proton magnetic resonance spectroscopy assessment of fetal brain metabolism in late-onset ‘small for gestational age’ versus ‘intrauterine growth restriction’ fetuses // *Fetal Diagn. Ther.* 2015. Vol. 37 (2). P. 108–116. DOI: 10.1159/000365102. Epub 2014 Aug 9.
14. Story L., Damodaram M.S., Allsop J.M., McGuinness A., Patel A., Wylezinska M., Hagberg H., Kumar S., Rutherford M.A. Brain metabolism in fetal intrauterine growth restriction: a proton magnetic resonance spectroscopy study // *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2011. Vol. 205. P. 483. e481–e488.
15. Limperopoulos C., Tzortzis W., McElhinney D.B., Newburger J.W., Brown D.W., Robertson R.L. Jr., Guizard N.,

- McGrath E., Geva J., Annese D., Dunbar-Masterson C., Trainor B., Laussen P.C., du Plessis A.J. Brain volume and metabolism in fetuses with congenital heart disease: evaluation with quantitative magnetic resonance imaging and spectroscopy // *Circulation*. 2010. Vol. 121. P. 26–33.
16. Miller S.P., McQuillen P.S., Hamrick S., Xu D., Glidden D.V., Charlton N., Karl T., Azakie A., Ferriero D.M., Barkovich A.J., Vigneron D.B. Abnormal brain development in newborns with congenital heart disease // *N. Engl. J. Med.* 2007. Nov. 8; Vol. 357 (19). P. 1928–1938.
17. Egaña-Ugrinovic G., Sanz-Cortes M., Figueras F., Bargallo N., Gratacós E. Differences in cortical development assessed by fetal MRI in late-onset intrauterine growth restriction // *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2013. Vol. 209. P. 126.
18. Sanz-Cortes M., Figueras F., Bonet-Carne E., Padilla N., Tenorio V., Bargallo N., Amat-Roldan I., Gratacós E. Fetal brain MRI texture analysis identifies different microstructural patterns in adequate and small for gestational age fetuses at term // *Fetal Diagn. Ther.* 2013. Vol. 33. P. 122–129.
19. Sanz-Cortes M., Egana-Ugrinovic G., Zupan R., Figueras F., Gratacós E. Brain stem and cerebellar differences and its association with neurobehavior in term small for gestational age (SGA) fetuses assessed by fetal MRI // *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2014. Vol. 210. P. 452.
20. Богданов А.В. Магнитно-резонансная спектроскопия (обзор литературы) // *Вестник КРСУ*. 2016. Т. 16, № 3. С. 151–156. [Bogdanov A.V. Magnitno-rezonansnaya spektroskopiya (obzor literatury). *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta*, 2016, Vol. 16, No. 3, pp. 151–156 (In Russ.)].
21. Shetty A.N., Gabr R.E., Rendon D.A., Cassady Ch.I., Mehollin-Ray A.R., Lee W. Improving spectral quality in fetal brain magnetic resonance spectroscopy using constructive averaging // *Prenatal Diagnosis*. 2015. Vol. 35. P. 1294–1300.
22. Weinreb J.C., Lowe T., Cohen J.M., Kutler M. / Human fetal anatomy: MR-imaging // *Radiology*. 1985. No. 157. P. 715–720.
23. Berger-Kulemann V., Brugger P.C., Pugash D., Krssak M., Weber M., Wielandner A., Prayer D.A. MR spectroscopy of the fetal brain: is it possible without sedation? // *Am. J. Neuroradiol.* 2013. Feb; Vol. 34 (2). P. 424–431. doi: 10.3174/ajnr.A3196. Epub 2012 Jul 19.
24. Kok R.D., van den Berg P.P., van den Bergh A.J., Nijland R., Heerschap A. Maturation of the human fetal brain as observed by ¹H MR spectroscopy // *Magn. Reson. Med.* 2002. Oct; Vol. 48 (4). P. 611–616.
25. Kreis R., Ernst T., Ross B.D. Development of the human brain: in vivo quantification of metabolite and water content with proton magnetic resonance spectroscopy // *Magn. Reson. Med.* 1993. Oct; Vol. 30 (4). P. 424–437.
26. Danielsen E.R., Ross B. Magnetic resonance spectroscopy diagnosis of neurological diseases. New York, Basel: *Marcel Dekker, Inc.* 1999.
27. Girard N., Gouny S.C., Viola A., Le Fur Y., Viout P., Chaumoitte K., D'Ercole C., Gire C., Figarella-Branger D., Cozzone P.J. Assessment of normal fetal brain maturation in utero by proton magnetic resonance spectroscopy // *Magn. Reson. Med.* 2006. Oct.; Vol. 56 (4). P. 768–775.
28. Cetin I., Barberis B., Brusati V., Brighina E., Mandia L., Arighi A., Radaelli T., Biondetti P., Bresolin N., Pardi G., Rango M. Lactate detection in the brain of growth-restricted fetuses with magnetic resonance spectroscopy // *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2011. Oct; Vol. 205 (4). P. 350. e1–7. doi: 10.1016/j.ajog.2011.06.020. Epub 2011 Jun 15.
29. Kreis R., Hofman L., Kuhlmann B., Boesch C., Bossi E., Hüppi P.S. Brain metabolite composition during early human brain development as measured by quantitative in vivo 1 h magnetic resonance spectroscopy // *Magn. Reson. Med.* 2002. Vol. 48. P. 949–958.
30. Heerschap A., Kok R.D., van den Berg P.P. Antenatal proton MR spectroscopy of the human brain in vivo // *Child Nerv. Syst.* 2003. Vol. 19. P. 418–421.
31. Lorek A., Takei Y., Cady E.B., Wyatt J.S., Penrice J., Edwards A.D., Peebles D., Wylezinska M., Owen-Reece H., Kirkbride V. et al. Delayed ('secondary') cerebral energy failure after acute hypoxia-ischemia in the newborn piglet: Continuous 48-hour studies by phosphorus magnetic resonance spectroscopy // *Pediatr. Res.* 1994. Vol. 36. P. 699–706.
32. Imamura K. Proton MR spectroscopy of the brain with a focus on chemical issues // *Magn. Reson. Med. Sci.* 2003. Vol. 2. P. 117–132.
33. Robertson N.J., Cox I.J., Cowan F.M., Counsell S.J., Azzopardi D., Edwards A.D. Cerebral intracellular lactic alkalosis persisting months after neonatal encephalopathy measured by magnetic resonance spectroscopy // *Pediatr. Res.* 1999. Vol. 46. P. 287–296.
34. Miller S.P., Newton N., Ferriero D.M., Partridge J.C., Glidden D.V., Barnwell A., Chuang N.A., Vigneron D.B., Barkovich A.J. Predictors of 30-month outcome after perinatal depression: role of proton MRS and socioeconomic factors // *Pediatr. Res.* 2002. Vol. 52. P. 71–77.
35. Augustine E.M., Spielman D.M., Barnes P.D., Sutcliffe T.L., Dermon J.D., Mirmiran M., Clayton D.B., Ariagno R.L. Can magnetic resonance spectroscopy predict neurodevelopmental outcome in very low birth weight preterm infants? // *J. Perinatol.* 2008. Vol. 28. P. 611–618.
36. Maulik P.K., Darmstadt G.L. Communitybased interventions to optimize early childhood development in low resource settings // *J. Perinatol.* 2009. Vol. 29. P. 531–542.
37. Vanderveen J.A., Bassler D., Robertson C.M., Kirpalani H. Early interventions involving parents to improve neurodevelopmental outcomes of premature infants: a meta-analysis // *J. Perinatol.* 2009. Vol. 29. P. 343–351.
38. Isaacs E.B., Fischl B.R., Quinn B.T., Chong W.K., Gadian D.G., Lucas A. Impact of breast milk on intelligence quotient, brain size, and white matter development // *Pediatr. Res.* 2010. Vol. 67. P. 357–362.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 19.02.2019 г.

Контакт: Семенова Мария Дмитриевна, maria@sokurenko.name

Сведения об авторах:

Трофимова Татьяна Николаевна — доктор медицинских наук, профессор, руководитель НК и ОЦ «Лучевая диагностика и ядерная медицина» Института высоких медицинских технологий ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», главный научный сотрудник ФГБУН «Институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой» Российской академии наук; 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9; Халиков Азиз Джауланович — к.м.н., врач-рентгенолог, главный врач НМЦ — «Томография» клиники «Скандинавия», доцент НК и ОЦ «Лучевая диагностика и ядерная медицина» института высоких медицинских технологий СПбГУ; Семенова Мария Дмитриевна — врач-рентгенолог отделения МРТ, ассистент кафедры радиологии, хирургии и онкологии ФГБУ «РНЦРХТ им. академика А. М. Гранова» МЗ РФ; Богдан Андрей Александрович — врач-рентгенолог, м.н.с. ФГБУН «Институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой» Российской академии наук.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ

УДК 616-006.486+616-073.75

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-15-23>

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ГЛИОМ

Н. А. Костеников, А. В. Поздняков, В. Ф. Дубровская, О. Ю. Миролюбова, Ю. Р. Илющенко,
А. А. Станжевский

Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова,
Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

В обзоре представлен анализ литературы, посвященной диагностике глиомных опухолей головного мозга и изучению их структурных и биологических особенностей на базе внедрения в клиническую практику новых технологий лучевой визуализации. К ним относятся перфузионные технологии многосрезовой спиральной компьютерной томографии (МСКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ), функциональная МРТ, протонная магнитно-резонансная спектроскопия (МРС), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) и позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) с различными радиофармпрепаратами (РФП), в первую очередь, с мечеными аминокислотами, такими как ^{11}C -L-метионин и ^{18}F -фторэтилтирозин. Показано, что с помощью двух методов: МРТ с КУ и ПЭТ с аминокислотами — могут быть изучены неинвазивным путем важнейшие биохимические процессы, лежащие в основе онкогенеза злокачественных новообразований. Полученные данные могут иметь решающее значение для раннего выявления опухолевого поражения, определения степени злокачественности глиомных опухолей, стадирования патологического процесса, обоснования лечебной тактики, персонализации лечения, оценки эффективности терапии в ранние сроки и прогнозирования исхода заболевания.

Ключевые слова: глиомные опухоли, лучевые методы диагностики, молекулярная визуализация, МСКТ, МРТ, МРС, ОФЭКТ, ПЭТ-КТ, и РФП

MODERN METHODS OF DIAGNOSTIC IMAGING OF GLIOMAS

N. A. Kostenikov, A. V. Pozdnyakov, V. F. Dubrovskaya, O. Yu. Mirolyubova, Yu. R. Ilyushchenko,
A. A. Stanzhevsky

A. M. Granov Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia

The review presents an analysis of the literature on the diagnosis of gliomas and the study of their structural and biological features based on implementation of new techniques in clinical practice of diagnostic imaging. These techniques include perfusion technologies for multislice spiral computed tomography (MSCT), magnetic resonance imaging (MRI), functional MRI, proton magnetic resonance spectroscopy (MRS), single photon emission computed tomography (SPECT), and positron emission tomography (PET) with various radiopharmaceuticals (RPHs), first and foremost, labeled amino acids, such as ^{11}C -L-methionine and ^{18}F -Fluoroethyltyrosine. There is presented that with the application of these two methods (MRI and PET), the most important biochemical processes underlying oncogenesis of malignant tumors might be studied by non-invasive way. The obtained data can be crucial for an early detection of tumor lesions, staging the pathological process, rationale for therapeutic tactics, personalization of treatment, evaluation of the efficiency of therapy at early stages and prognosis of the disease result.

Key words: gliomas, imaging modalities, molecular visualization, MSCT, MRI, MRS, SPECT, PET-CT, & radiopharmaceuticals

Для цитирования: Костеников Н.А., Поздняков А.В., Дубровская В.Ф., Миролюбова О.Ю., Илющенко Ю.Р., Станжевский А.А. Современные методы лучевой диагностики глиомных опухолей (обзор литературы) // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 15–23, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-15-23>.

Введение. Среди более чем 146 видов первичных опухолей головного мозга (ГМ) половину (53–61%) составляют глиомы, причем большинство глиом (61–70%) являются злокачественными (глиобласто-

мы, анапластические астроцитомы). Глиомы занимают четвертое место в структуре онкологической смертности и одинаково часто встречаются как у женщин, так и у мужчин [1]. На опухоли сосудисто-

ренциальную диагностику между рецидивом опухоли и лучевым некрозом. Однако прямое сравнение диагностических возможностей ^{18}F -DOPA и ^{18}F -флюоротимидина (^{18}F -FLT) показало, что ^{18}F -FLT позволяет более точно прогнозировать результаты выживаемости пациентов с рецидивом злокачественной глиомы, чем ^{18}F -DOPA [41]. Сообщается, что у пациентов с рецидивом глиомы уровень накопления ^{18}F -FLT в опухоли (ИН- ^{18}F -FLT), коррелирует с уровнем пролиферативной активности в опухоли, определенным по Ki-67 [42]. Результаты одновременного применения ^{18}F -DOPA и ^{18}F -FLT в определении выживаемости больных глиомой практически не отличались от данных, полученных только с ^{18}F -FLT [41].

Помимо меченых аминокислот для диагностики опухолей исследовались и другие меченые биологически активные вещества, такие как ацетат, холин, жирные кислоты, путресцин, депренил. Продолжаются попытки применения ^{11}C -ацетата для дифференциальной диагностики глиом [43]. В последнее десятилетие отмечен возрастающий интерес к применению ^{11}C - и ^{18}F -холина в нейроонкологической практике [27, 44]. В ФГБУ РНЦРХТ им. акад. А.М. Гранова совместно с ИТЭФ была синтезирована короткоцепочечная жирная кислота, меченная углеродом-11 — ^{11}C -бутират натрия (^{11}C -БН). При изучении этого нового РФП было обнаружено его повышенное накопление в новообразованиях и показана перспектива дальнейших исследований его диагностических свойств в нейроонкологии.

Изучение возможностей методов лучевой визуализации в нейроонкологии позволило выделить наиболее эффективный вариант комплексного обследования, включающий сочетание возможностей МРТ с КУ и ПЭТ с мечеными аминокислотами, такими как ^{11}C -L-метионин, ^{18}F -фторэтилтирозин, или ОФЭКТ с $^{99\text{mTc}}$ -МИБИ или ^{123}I -а-метилтирозином. Важнейшим достоинством МРТ с КУ является возможность выделения точных анатомических границ новообра-

зования, определения его структуры, степени васкуляризации, соотношения с прилежащими тканями. К достоинствам метода ПЭТ с мечеными аминокислотами следует отнести возможность определения биологических свойств опухоли, таких как метаболическая активность, характеризующая агрессивность новообразования, а также способность определять ее метаболические границы. Прогресс в диагностике и дифференциальной диагностике опухолей ГМ обусловлен главным образом разработкой и развитием производства новых РФП, а также новыми данными о свойствах этих РФП. Поиск новых радиофармпрепаратов для ПЭТ-диагностики опухолей головного мозга ведется постоянно. Какие РФП войдут в клиническую практику — покажет время.

Заключение. Таким образом в настоящее время наиболее прогрессивным в нейроонкологии представляется удачное сочетание диагностических свойств МРТ и ПЭТ с мечеными аминокислотами, причем для этого может использоваться не только комбинированный аппарат ПЭТ-МРТ, но и данные, полученные на отдельных МРТ и ПЭТ-КТ. Использование совмещенных аппаратов, разработка и производство новых РФП, экспериментальный поиск молекулярных мишеней генетических альтераций, выявление биомаркеров глиобластом позволяет существенно продвинуться как в диагностике на всех этапах обследования пациентов, так и в повышении эффективности лечебных мероприятий. Следует отметить, что сочетание возможностей этих двух методов (МРТ и ПЭТ) позволяет решать наиболее сложные дифференциально-диагностические проблемы и привносит принципиально новые дополнительные данные в суммарное представление об исследуемом образовании. Однако если для МРТ последовательная разработка возможностей метода проводится повсеместно на протяжении нескольких десятилетий, то изучение возможностей метода ПЭТ, и особенно в сочетании с МРТ с КУ, нуждается в дальнейшем развитии.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. *Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность)*. М.: Изд-во МНИОИ им. П. А. Герцена, 2012. 12 с. [Chissov V.I., Starinskij V.V., Petrova G.V. *Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2010 godu (zabolevaemost' i smertnost')*. Moscow: Izdatel'stvo MNIIOI im. P. A. Gercena, 2012, 12 p. (In Russ.)].
2. Карташев А.В., Петрова А.Б. Возможности навигационной транскраниальной магнитной стимуляции в подготовке больных с опухолями головного мозга к курсу лучевой терапии // *Лучевая диагностика и терапия*. 2017. № 2. С. 52–53. [Kartashev A.V., Petrova A.B. *Vozmozhnosti navigacionnoj transkraniальной magnitnoy stimulyacii v podgotovke bol'nyh s opuholyami golovnogogo mozga k kursu luchevoj terapii*. *Luchevaya diagnostika i terapiya*, 2017, No. 2, pp. 52–53. (In Russ.)].
3. Коновалов А.Н., Корниенко В.Н., Пронин И.Н. *Магнитно-резонансная томография в нейрохирургии*. Общество с ограниченной ответственностью «Видар», 1997. [Konovalov A.N., Kornienko V.N., Pronin I.N. *Magnitno-rezonansnaya tomografiya v nejrohirurgii*. Moscow: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Vidar», 1997. (In Russ.)].
4. Server A., Orheim T.E., Graff B.A., Josefsen R., Kumar T., Nakstad P.H. Diagnostic examination performance by using microvascular leakage, cerebral blood volume, and blood flow derived from 3-T dynamic susceptibility-weighted contrast-enhanced perfusion MR imaging in the differentiation of glioblastoma multiforme and brain metastasis // *Neuroradiology*. 2011. May 1; Vol. 53 (5). P. 319–330. <https://doi.org/10.1007/s00234-010-0740-3>.

5. Butzen J., Prost R., Chetty V., Donahue K., Neppi R., Bowen W., Li S.J., Haughton V., Mark L., Kim T., Mueller W. Discrimination between neoplastic and nonneoplastic brain lesions by use of proton MR spectroscopy: the limits of accuracy with a logistic regression model // *American journal of neuroradiology*. 2000. Jun 1; Vol. 21 (7). P. 1213–1219.
6. Möller-Hartmann W., Herminghaus S., Krings T., Marquardt G., Lanfermann H., Pilatus U., Zanella F. Clinical application of proton magnetic resonance spectroscopy in the diagnosis of intracranial mass lesions // *Neuroradiology*. 2002. May 1. Vol. 44 (5). P. 371–381. <https://doi.org/10.1007/s00234-001-0760-0>.
7. Сергеев П.В., Поляев Ю.А., Юдин А.Л., Шимановский Н.Л. *Контрастные средства*. М.: Известия, 2007. [Sergeev P.V., Polyayev Yu.A., Yudin A.L., Shimanovskij N.L. *Kontrastnye sredstva*. Moscow: Izdatel'stvo Izvestiya, 2007 (In Russ.)].
8. Takenaka S., Asano Y., Shinoda J., Nomura Y., Yonezawa S., Miwa K., Yano H., Iwama T. Comparison of ¹¹C-methionine, ¹¹C-choline, and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose-PET for distinguishing glioma recurrence from radiation necrosis // *Neurologia medico-chirurgica*. 2014. Vol. 54 (4). P. 280–289. <https://doi.org/10.2176/nmc.0a2013-0117>.
9. Brandsma D, van den Bent M.J. Pseudoprogression and pseudoresponse in the treatment of gliomas // *Current opinion in neurology*. 2009. Dec 1; Vol. 22 (6) P. 633–638. <https://doi.org/10.1097/WCO.0b013e328332363e>.
10. Бывальцев В.А., Степанов И.А., Белых Е.Г., Яруллина А.И. Молекулярные аспекты ангиогенеза в глиобlastомах головного мозга // *Вопросы онкологии*. 2017. № 63 (1). С. 19–27. [Byval'cev V.A., Stepanov I.A., Belyh E.G., Yarullina A.I. Molekulyarnye aspekty angiogeneza v glioblastomah golovnogo mozga. *Voprosy onkologii*, 2017, No. 63 (1), pp. 19–27 (In Russ.)].
11. Guan L.M., Qi X.X., Xia B., Li Z.H., Zhao Y., Xu K. Early changes measured by CT perfusion imaging in tumor microcirculation following radiosurgery in rat C6 brain gliomas // *Journal of neurosurgery*. 2011. Jun; Vol. 114 (6). P. 1672–1680. <https://doi.org/10.3171/2011.1.JNS101513>.
12. Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Арутюнов Н.В., Захарова Н.Е., Подопригра А.Е., Серков С.В., Фадеева Л.М., Родионов П.В., Такуш С.В. Нейрорадиология в начале XXI века. Достижения и перспективы развития // *Лучевая диагностика и терапия*. 2012. № 3. С. 8–19. [Kornienko V.N., Pronin I.N., Arutyunov N.V., Zaharova N.E., Podoprigrora A.E., Serkov S.V., Fadeeva L.M., Rodionov P.V., Takush S.V. Nejroraadiologiya v nachale XXI veka. Dostizheniya i perspektivy razvitiya. *Luchevaya diagnostika i terapiya*, 2012, No. 3, pp. 8–19 (In Russ.)].
13. Грибанова Т.Г., Фокин В.А., Мартынов Б.В., Труфанов Г.Е., Пашкова А.А. Возможности магнитно-резонансной перфузии в дифференциальной диагностике рецидива глиальных опухолей головного мозга и постлучевых изменений // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2014. № 4. С. 54–57. [Gribanova T.G., Fokin V.A., Martynov B.V., Trufanov G.E., Pashkova A.A. Vozmozhnosti magnitno-rezonansnoj perfuzii v differencial'noj diagnostike recidiva glial'nyh opuholej golovnogo mozga i postluchevykh izmenenij. *Vestnik Rossijskoj voenno-medicinskoj akademii*, 2014, No. 4, pp. 54–57 (In Russ.)].
14. Granov A.T.L., Schwartz T. *Positron emission tomography*. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 2013. 384 p.
15. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. и др. *Национальное руководство по радионуклидной диагностике*. В 2 т. Томск: STT, 2010. [Lishmanov Yu.B., Chernov V.I. et al. *Nacional'noe rukovodstvo po radionuklidnoj diagnostike*. V 2 t. Tomsk: Izdatel'stvo STT, 2010 (In Russ.)].
16. Декан В.С., Мартынов Б.В., Труфанов Г.Е., Свистов Д.В. Возможности усовершенствованной методики однофотонной эмиссионной компьютерной томографии головного мозга с ^{99m}Tc-метоксиизобутилизонитрилом в определении степени злокачественности глиальных опухолей // *Бюллетень сибирской медицины*. 2008. № 7 (5–1). [Dekan V.S., Martynov B.V., Trufanov G.E., Svistov D.V. Vozmozhnosti usovershenstvovannoj metodiki odnofotonnoj emissionnoj komp'yuternoj tomografii golovnogo mozga s ^{99m}Tc-metoksiizobutilizonitriлом v opredelenii stepeni zlokachestvennosti glial'nykh opuholej. *Byulleten' sibirskoj mediciny*, 2008, No. 7 (5–1) (In Russ.)].
17. Декан В.С., Парфенов В.Е., Труфанов Г.Е., Мартынов Б.В., Свистов Д.В., Романов Г.Г. Выявление злокачественных новообразований головного мозга методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и совмещенной ОФЭКТ МРТ // *Лучевая диагностика и терапия*. 2010. № 4. С. 28–36. [Dekan V.S., Parfenov V.E., Trufanov G.E., Martynov B.V., Svistov D.V., Romanov G.G. Vyyavlenie zlokachestvennykh novoobrazovanij golovnogo mozga metodom odnofotonnoj emissionnoj komp'yuternoj tomografii i sovmeshchennoj OFEKT MRT. *Luchevaya diagnostika i terapiya*, 2010, No. 4, pp. 28–36 (In Russ.)].
18. Chaskis C., Neyns B., Michotte A., De Ridder M., Everaert H. Pseudoprogression after radiotherapy with concurrent temozolomide for high-grade glioma: clinical observations and working recommendations // *Surgical neurology*. 2009. Oct. 1; Vol. 72 (4). P. 423–428. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2008.09.023>.
19. Vander Borgh T, Asenbaum S., Bartenstein K. EANM Procedure Guidelines for Brain Tumour Imaging using Labelled Amino Acid Analogues // *EANM-2016*. URL: https://www.eanm.org/publications/guidelines/gl_neuro_brain_tumor_060327.pdf
20. Skuridin V.S., Stasyuk E.S., Ilyina E.A., Rogov A.S. Obtaining Technetium-99m-Labeled Glucose Derivatives // *Advanced Materials Research*. 2014. Nov. 16. 1084 p.
21. Хмелев А.В. *Позитронная эмиссионная томография: физико-технические аспекты*. М.: Тривант, 2016. [Hmelev A.V. *Pozitronnaya emissionnaya tomografiya: fiziko-tekhnicheskie aspekty*. Moscow: Izdatel'stvo Trovant, 2016. ISBN 978-5-89513-392-7 (In Russ.)]. ISBN 978-5-89513-392-7.
22. Taggart M.P., Tarn M.D., Esfahani M.M., Schofield D.M., Brown N.J., Archibald S.J., Deakin T., Pamme N., Thompson L.F. Development of radiodetection systems towards miniaturised quality control of PET and SPECT radiopharmaceuticals // *Lab on a Chip*. 2016. Vol. 16 (9). P. 1605–1616.
23. Burt T, Yoshida K., Lappin G., Vuong L., John C., de Wildt SN., Sugiyama Y., Rowland M. Microdosing and other phase 0 clinical trials: facilitating translation in drug development. // *Clinical and translational science*. 2016 Apr 1; Vol. 9 (2). P. 74–88. <https://doi.org/10.1111/cts.12390>.
24. Holzgreve A., Brendel M., Gu S., Carlsen J., Mille E., Böning G., Mastrella G., Unterrainer M., Gildehaus F.J., Rominger A., Bartenstein P. Monitoring of Tumor Growth with [¹⁸F]-FET PET in a Mouse Model of Glioblastoma: SUV Measurements and Volumetric Approaches // *Frontiers in neuroscience*. 2016. Jun. 14; Vol. 10, 260 p. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00260>.
25. Trikalinos N.A., Nihashi T., Evangelou E., Terasawa T. Positron emission tomography (PET) for prediction of glioma histology: pro-

- tol for an individual-level data meta-analysis of test performance // *BMJ open*. 2018. Feb. 1, Vol. 8 (2). e020187. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020187>.
26. Скворцова Т.Ю., Бродская З.Л., Савинцева Ж.И. Современные методы нейровизуализации в дифференциальной диагностике лучевых поражений головного мозга у больных с церебральными опухолями // *Бюллетень сибирской медицины*. 2011. № 10 (4). С. 130–136. [Skvorcova T.Yu., Brodskaya Z.L., Savinceva Zh.I. Sovremennye metody nejrovizualizacii v differencial'noj diagnostike luchevyh porazhenij golovnogo mozga u bol'nyh s cerebral'nymi opuholyami. *Vyulleten' sibirskoj mediciny*, 2011, No 10 (4), pp. 130–136 (In Russ.)].
 27. Костеников Н.А., Фадеев Н.П., Тютин Л.А. и др. Сравнительное изучение особенностей визуализации глиальных опухолей при ПЭТ с различными туморотропными радиофармпрепаратами // *Медицинская визуализация*. 2013. № 2. С. 83–90. [Kostenikov N.A., Fadeev N.P., Tyutin L.A. et al. Sravnitel'noe izuczenie osobennostej vizualizacii glial'nyh opuholej pri PET s razlichnymi tumorotropnymi radiofarmpreparatami. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2013, No. 2, pp. 83–90 (In Russ.)].
 27. Костеников Н.А., Тютин Л.А., Фадеев Н.П., Панфиленко А.Ф., Зыков Е.М., Илющенко Ю.Р., Макеева О.Ю. Дифференциальная диагностика глиом головного мозга методом позитронной эмиссионной томографии с различными радиофармпрепаратами // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2016. № 28 (5). С. 13–18. [Kostenikov N.A., Tyutin L.A., Fadeev N.P., Panfilenko A.F., Zykov E.M., Ilyushchenko Yu.R., Makeeva O.Yu. Differencial'naya diagnostika gliom golovnogo mozga metodom pozitronnoj emissionnoj tomografii s razlichnymi radiofarmpreparatami. *Vestnik rentgenologii i radiologii*, 2016, No. 28 (5), pp. 13–18. (In Russ.)] <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2014-0-5-13-18>.
 28. Скворцова Т.Ю., Зах Д.В., Гурчин А.Ф. ПЭТ с ^{11}C -метионином в диагностике глиальных опухолей головного мозга. *Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН*, 2016. № 27 (4), С. 61–69 [Skvorcova T.Yu., Zakhs D.V., Gurchin A.F. PET Using [^{11}C]-Methionine in Diagnosis of Gliomas Brain Tumor. *Journal of N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center RAS*, 2016, No. 27 (4), pp. 61–69 (In Russ.)].
 29. Скворцова Т.Ю., Бродская З.Л., Гурчин А.Ф. Возможности позитронно-эмиссионной томографии с ^{11}C -метионином в распознавании псевдопрогрессии церебральных глиом после комбинированного лечения // *Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. 2014. № 78 (4). С. 50–58. [Skvortsova T.Yu., Brodskaya Z.L., Gurchin A.F. PET using ^{11}C -methionine in recognition of pseudoprogession in cerebral glioma after combined treatment. «Voprosy neirokhirurgii» imeni N.N. Burdenko, 2016, No. 78 (4), pp. 50–58 (In Russ.)].
 30. Filss C.P., Cicone F., Shah N.J., Galldiks N., Langen K.J. Amino acid PET and MR perfusion imaging in brain tumours // *Clinical and translational imaging*. 2017. Jun. 1; Vol. 5 (3). P. 209–223. <https://doi.org/10.1007/s40336-017-0225-z>.
 31. Bush N.O., Cha S., Chang S., Clarke J.L. Pseudo-Progression in Neuro-Oncology: Overview, Pathophysiology, and Interpretation // *Handbook of Brain Tumor Chemotherapy, Molecular Therapeutics, and Immunotherapy*. 2nd ed. 2018. P. 729–746. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812100-9.00058-9>.
 32. Jansen N.L., Suchorska B., Wenter V., Eigenbrod S., Schmid-Tannwald C., Zwergal A., Niyazi M., Drexler M., Bartenstein P., Schnell O., Tonn J.C. Dynamic ^{18}F -FET PET in newly diagnosed astrocytic low-grade glioma identifies high-risk patients // *Journal of Nuclear Medicine*. 2014. Feb. 1. jnumed-113. <https://doi.org/10.2967/jnumed.113.122333>.
 33. Grosu A.L., Astner S.T., Riedel E., Nieder C., Wiedenmann N., Heinemann F., Schwaiger M., Molls M., Wester H.J., Weber W.A. An interindividual comparison of O-(2-[^{18}F]fluoroethyl)-L-tyrosine (FET)-and L-[methyl- ^{11}C] methionine (MET)-PET in patients with brain gliomas and metastases // *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2011. Nov 15, Vol. 81 (4). P. 1049–1058. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2010.07.002>.
 34. Dunet V., Rossier C., Buck A., Stupp R., Prior J.O. Performance of ^{18}F -fluoro-ethyl-tyrosine (^{18}F -FET) PET for the differential diagnosis of primary brain tumor: a systematic review and Metaanalysis // *Journal of Nuclear Medicine*. 2012. Feb. 1, Vol. 53 (2). P. 207–214. <https://doi.org/10.2967/jnumed.111.096859>.
 35. Jansen N.L., Graute V., Armbruster L., Suchorska B., Lutz J., Eigenbrod S., Cumming P., Bartenstein P., Tonn J.C., Kreth F.W., La Fougère C. MRI-suspected low-grade glioma: is there a need to perform dynamic FET PET? // *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2012. Jun. 1, Vol. 39 (6). P. 1021–1029. <https://doi.org/10.1007/s00259-012-2109-9>.
 36. Harat M., Malkowski B., Makarewicz R. Pre-irradiation tumour volumes defined by MRI and dual time-point FET-PET for the prediction of glioblastoma multiforme recurrence: a prospective study // *Radiotherapy and Oncology*. 2016. Aug. 1, Vol. 120 (2). P. 241–247. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2016.06.004>.
 37. Albert N.L., Winkelmann I., Suchorska B., Wenter V., Schmid-Tannwald C., Mille E., Todica A., Brendel M., Tonn J.C., Bartenstein P., La Fougere C. Early static ^{18}F -FET-PET scans have a higher accuracy for glioma grading than the standard 20–40 min scans // *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2016. Jun. 1, Vol. 43 (6). P. 1105–1114. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3276-2>.
 38. Poulsen S.H., Urup T., Grunnet K., Christensen I.J., Larsen V.A., Jensen M.L., af Rosenschöld P.M., Poulsen H.S., Law I. The prognostic value of FET PET at radiotherapy planning in newly diagnosed glioblastoma // *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2017. Mar. 1, Vol. 44 (3). P. 373–381. <https://doi.org/10.1007/s00259-016-3494-2>.
 39. Lundemann M., Costa J.C., Law I., Engelholm S.A., Muhic A., Poulsen H.S., af Rosenschöld P.M. Patterns of failure for patients with glioblastoma following O-(2-[^{18}F] fluoroethyl)-L-tyrosine PET-and MRI-guided radiotherapy // *Radiotherapy and Oncology*. 2017. Mar. 1; Vol. 122 (3). P. 380–386. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2017.01.002>.
 40. Лююсов А.С., Долгушин М.Б., Пронин А.И., Оджарова А.А., Михайлов А.И., Бекяшев А.Х., Невзоров Д.И., Нечипай Э.А., Ильялов С.Р. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФЭТ в дифференциальной диагностике рецидивов и постлучевых изменений при метастатическом поражении головного мозга // *Медицинская визуализация*. 2016. № 6. С. 15–25. [Lyuosev A.S., Dolgushin M.B., Pronin A.I., Odzharova A.A., Mihajlov A.I., Bekyashev A.H., Nevzorov D.I., Nechipaj E.A., Il'yalov S.R. PET/KT s ^{18}F -FET v differencial'noj diagnostike recidivov i postluchevykh izmenenij pri metastaticheskom porazhenii golovnogo mozga. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2016, No. 6, pp. 15–25.
 41. Wardak M., Schiepers C., Cloughesy T.F., Dahlbom M., Phelps M.E., Huang S.C. ^{18}F -FLT and ^{18}F -FDOPA PET kinetics

- in recurrent brain tumors // *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2014, Jun 1, Vol. 41 (6). P. 1199–1209. <https://doi.org/10.1007/s00259-013-2678-2>.
42. Yamamoto Y., Ono Y., Aga F., Kawai N., Kudomi N., Nishiyama Y. Correlation of ^{18}F -FLT uptake with tumor grade and Ki-67 immunohistochemistry in patients with newly diagnosed and recurrent gliomas // *Journal of Nuclear Medicine*. 2012. Dec. 1; Vol. 53 (12). P. 1911. <https://doi.org/10.2967/jnumed.112.104729>.
43. Hatazawa J. ^{11}C -acetate PET/CT: a potential alternative of transcranial biopsy for grading cerebral gliomas // *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2018. Vol. 45 (6). P. 1011. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs00259-018-3950-2>.
44. Долгушин М.Б., Оджарова А.А., Тулин П.Е., Вихрова Н.Б., Невзоров Д., Меньков М.А., Нечипай Э.А., Кобыякова Е.А., Бекяшев А.Х. ПЭТ с ^{18}F -холином в диагностике глиальных опухолей головного мозга // *Медицинская визуализация*. 2014. № 3. С. 73–83. [Dolgushin M.B., Odzharova A.A., Tulin P.E., Vihrova N.B., Nevzorov D., Men'kov M.A., Nechipaj E.A., Kobayakova E.A., Bekyashev A.H. PET с ^{18}F -holinom v diagnostike glial'nyh opuholej golovnogo mozga. *Medicinskaya vizualizaciya*, 2014, No. 3, pp. 73–83 (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 12.03.2019 г.

Контакт: Костеников Николай Анатольевич, nkostenikov@yandex.ru

Сведения об авторах:

Костеников Николай Анатольевич — доктор медицинских наук, Руководитель «Лаборатории доклинических исследований радиофармпрепаратов» ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; e-mail: nkostenikov@yandex.ru;

Поздняков Александр Владимирович — доктор медицинских наук, профессор, руководитель «Лаборатории нейровизуализации» ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70;

Дубровская Виолетта Фёдоровна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник «Лаборатории доклинических исследований радиофармпрепаратов» ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70;

Илющенко Юрий Ренальдович — научный сотрудник лаборатории доклинических испытаний РФП ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70;

Миролюбова Ольга Юрьевна — кандидат медицинских наук старший научный сотрудник «Лаборатории доклинических исследований радиофармпрепаратов» ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70;

Станжевский Андрей Алексеевич — доктор медицинских наук, заместитель директора по науке ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70.



Уважаемые коллеги!

Издательством «Балтийский медицинский образовательный центр» опубликована книга **«Коморбидные состояния при ВИЧ-инфекции. Часть II.**

Вторичные и сопутствующие инфекции»

под редакцией Н. А. Беякова, В. В. Рассохина

В книге, написанной в жанре учебного пособия, избранных лекций и клинических рекомендаций для врачей, рассмотрены коморбидные — вторичные и сопутствующие заболевания при ВИЧ-инфекции на разных стадиях иммуносупрессии и периодах развития инфекции. Авторы, основываясь на собственном опыте и мировых достижениях в области ВИЧ-инфекции, освещают вопросы, связанные с причинами, патофизиологией, диагностикой оппортунистических инфекций, клиническими особенностями формирования поражения жизненно важных органов и систем, ролью хронических вирусных инфекций, туберкулеза, соматической, в том числе онкологической и психоневрологической патологии. Предложены алгоритмы формулирования развернутого диагноза, тактики лечения коморбидных заболеваний на фоне ВИЧ-инфекции. Книга предназначена и рекомендуется для врачей различных специальностей, клинических ординаторов, аспирантов, стажеров и студентов медицинских вузов.

Получить более подробную информацию об издании можно на сайте Балтийского медицинского образовательного центра:

<http://www.bmoc-spb.ru>

УДК 616.831-006.484:615.849

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-24-31>

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СЕГМЕНТАЦИИ ГЛИОМ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

¹А. В. Далечина, ²М. Г. Беляев, ³А. Н. Тюрина, ³С. В. Золотова, ³И. Н. Пронин, ³А. В. Голанов¹АО «Деловой центр нейрохирургии» (Центр «Гамма-нож»), Москва, Россия²Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия³НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко, Москва, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Глиома является одной из наиболее распространенных первичных опухолей головного мозга среди взрослого населения. Наиболее агрессивная форма глиомы — глиобластома — характеризуется крайне неблагоприятным прогнозом. Медиана общей выживаемости пациентов с глиобластомами составляет около 15 месяцев. Лечение глиом требует комплексного подхода, сочетающего применение хирургии, химиотерапии и лучевой терапии. Определение границ опухоли — важнейший этап планирования лучевого лечения. Стремительно развивающиеся методы диагностики позволили существенно шагнуть вперед в решении этой проблемы. Однако выбор оптимального объема облучения по-прежнему остается спорным вопросом в силу сложной биологической природы и высокой инвазивности опухоли, а также субъективности восприятия данных нейровизуализации специалистом. Применение методов машинного обучения для анализа медицинских изображений на сегодняшний день представляет собой многообещающий инструмент для решения проблемы сегментации глиом на основании данных различных МРТ-последовательностей. Работа посвящена обзору наиболее современных методов, используемых для автоматической сегментации глиом различной степени злокачественности.

Ключевые слова: глиома, глиобластома, сегментация, радиотерапия, глубокое обучение, машинное обучение, сверточная нейронная сеть

MACHINE LEARNING IN GLIOMA SEGMENTATION FOR STEREOTACTIC RADIATION THERAPY PLANNING

¹A. V. Dalechina, ²M. G. Belyaev, ³A. N. Tyurina, ³S. V. Zolotova, ³I. N. Pronin, ³A. V. Golanov¹JSC «Neurosurgery business Center» (Moscow Gamma Knife Center), Moscow, Russia²Skolkovo institute of science and technology, Moscow, Russia³Burdenko neurosurgical institute, Moscow, Russia

Glioma is one of the most common primary tumors among adults. Glioblastoma multiforme (GBM) is the most aggressive form of glioma with very poor prognosis. The median patient survival is about 15 months. Treatment of glioma requires a complex approach combining surgical resection, chemotherapy and radiation therapy. Definition of the tumor border is the important step of radiation therapy treatment planning. The rapid development of the diagnostic methods made it possible to address this challenging task. However, the optimal treatment volume is still a matter of debate due to the complex biological behavior and high invasiveness of the tumor. Furthermore, the subjective interpretation of the visual information by the expert existed. So far, the application of machine learning in image analysis is a promising tool for glioma segmentation in multimodal MRI imaging. This review aims to summarize recent works using machine learning in high — and low — grade glioma segmentation.

Key words: glioma, glioblastoma, segmentation, radiation therapy, deep learning, machine learning, convolutional neural network

Для цитирования: Далечина А. В., Беляев М. Г., Тюрина А. Н., Золотова С. В., Пронин И. Н., Голанов А. В. Методы машинного обучения в сегментации глиом для планирования стереотаксической лучевой терапии // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 24–31, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-24-31>.

Введение. Глиома является одной из наиболее распространенных первичных опухолей головного мозга среди взрослого населения. Наиболее агрессивная форма глиомы, глиобластома, характеризуется крайне

ском профиле из различных участков опухоли, с захватом всего объема исследуемой области. Преимуществом 3D МРС является возможность наложения цветных параметрических карт распределения метаболитов опухолевого роста и их соотношений (Cho/NAA, NAA/Cr, Cho/Cr) на анатомические изображения (T1, T2, T2 Flair). Это позволяет определить границы опухоли и неизменного вещества головного мозга, что существенно повышает диагностическую эффективность данной методики.

Заключение. Анализ литературы и собственный опыт показывают, что на практике невозможно достичь согласия между экспертами в оконтуривании глиомы, особенно при определении границ опухоли для проведения лучевой терапии. Применение алгоритма автоматического создания контура позволит

снизить вариабельность контуров между экспертами, однако по-прежнему не решит задачу точного определения границ патологического образования. В основе алгоритма автоматического оконтуривания должны лежать не только данные визуализации, но и морфологические, генетические особенности опухоли, а также клинические характеристики пациентов. При формировании открытых наборов данных для построения моделей автосегментации следует внедрить систему экспертной оценки как контуров, используемых для обучения, так и результатов автоматического анализа.

* * *

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант РФФИ № 18-29-01054).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Dupont C., Betrouni N., Reyns N. et al. On image segmentation methods applied to glioblastoma: state of art and new trends // *IRBM, Elsevier Masson*. 2016. Vol. 37 (3). P. 131–143.
- Zhao F., Li M., Kong L. et al. Delineation of radiation therapy target volumes for patients with postoperative glioblastoma: A review // *Onco Targets Ther*. 2016. Vol. 9. P. 3197–3204.
- Colman H., Berkey B.A., Maor M.H. et al. Phase II Radiation Therapy Oncology Group trial of conventional radiation therapy followed by treatment with recombinant interferon-beta for supratentorial glioblastoma: results of RTOG 9710 // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2006. Vol. 66 (3). P. 818–824.
- Chang E.L., Akyurek S., Avalos T. et al. Evaluation of peritumoral edema in the delineation of radiotherapy clinical target volumes for glioblastoma // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2007. Vol. 68 (1). P. 144–150.
- Akkus Z., Galimzianova A., Hoogi A. et al. Deep Learning for Brain MRI Segmentation: State of the Art and Future Directions // *J. Digit. Imaging*. 2017. Vol. 30. P. 449–459.
- Lotan E., Jain R., Razavian N. et al. State of the Art: Machine Learning Applications in Glioma Imaging // *AJR. Am. J. Roentgenol*. 2019. Vol. 212. P. 26–37.
- Bauer S., Wiest R., Nolte L. et al. A survey of MRI-based medical image analysis for brain tumor studies // *Phys. Med. Biol.* 2013. P. 58. R97–R129.
- Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
- LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // *Nature*. 2015. Vol. 521 (7553). P. 436.
- Bakas S. et al. *Identifying the best machine learning algorithms for brain tumor segmentation, progression assessment, and overall survival prediction in the BRATS challenge*. arXiv preprint arXiv:1811.02629. 2018.
- Pereira S., Pinto A., Alves V., Silva C.A. Brain tumor segmentation using convolutional neural networks in MRI images // *IEEE Trans Med Imaging*. 2016. Vol. 35. P. 1240–1251.
- Kamnitsas K., Ledig C., Newcombe V.F.J. et al. Efficient multi-scale 3D CNN with fully connected CRF for accurate brain lesion segmentation // *Med. Image Anal. P.* 2017. Vol. 36. P. 61–78.
- Zhang W., Li R., Deng H. et al. Deep convolutional neural networks for multi-modality isointense infant brain image segmentation // *Neuroimage*. 2015. Vol. 108. P. 214–224.
- Dvorak P., Menze B. Structured prediction with convolutional neural networks for multimodal brain tumor segmentation // *Proceedings of the Multimodal Brain Tumor Segmentation Challenge (MICCAI-BRATS)*. Munich: Springer, 2015. P. 13–24.
- Zhao L., Jia K. Deep feature learning with discrimination mechanism for brain tumor segmentation and diagnosis // *IEEE Xplore Digital Library website*. ieeexplore.ieee.org/document/7415818/. Published 2015. Accessed August 15, 2018.
- Havaei M., Davy A., Warde-Farley D. et al. Brain tumor segmentation with deep neural networks // *Med. Image Anal.* 2017. Vol. 35. P. 18–31.
- Urban G., Bendszus M., Hamprecht F.A. et al. Multi-modal brain tumor segmentation using deep convolutional neural networks // *Proceedings of the Multimodal Brain Tumor Segmentation Challenge (MICCAI-BRATS)*. Boston, MA, 2014. P. 31–35.
- Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation // *IEEE Xplore Digital Library website*. ieeexplore.ieee.org/document/7298965/. Published 2015.
- Chang P. Fully convolutional deep residual neural networks for brain tumor segmentation. // *Proceedings of Brainlesion: glioma, multiple sclerosis, stroke and traumatic brain injuries*. Athens, Greece: Springer, 2016. P. 108–118.
- Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: convolutional networks for biomedical image segmentation // *MICCAI: International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*. Munich, Germany: Springer, 2015. P. 234–241.
- Kamnitsas K., Bai W., Ferrante S. et al. Ensembles of multiple models and architectures for robust brain tumour segmentation // *Proceedings of Brainlesion: glioma, multiple sclerosis, stroke and traumatic brain injuries*. Quebec City, Canada: Springer, 2017. P. 450–462.
- Myronenko A. *3D MRI brain tumor segmentation using auto-encoder regularization* // arXiv preprint arXiv:1810.11654. 2018.

23. Ghafoorian M., Mehrtash A., Kapur T. et al. *Transfer learning for domain adaptation in MRI: application in brain lesion segmentation*. arXiv preprint arXiv:1702.07841. 2017.
24. Valindria V. V., Lavdas I., Bai W. et al. *Domain adaptation for MRI organ segmentation using reverse classification accuracy* // arXiv preprint arXiv:1806.00363. 2018.
25. Mabray M.C., Barajas R.F., Cha S. Modern brain tumor imaging Brain Tumor // *Res. Treat.* 2015. Vol. 3. P. 8–23.
26. Agn M., Munck P., Puonti O. et al. A modality-adaptive method for segmenting brain tumors and organs-at-risk in radiation therapy planning // *Medical Image Analysis*. 2019. Vol. 54. P. 220–237.
27. Lustberg T., van Soest J., Gooding M. et al. Clinical evaluation of atlas and deep learning based automatic contouring for lung cancer // *Radiother. Oncol. J. Eur. Soc. Ther. Radiol. Oncol.* 2017. Vol. 126. P. 312–317.
28. Nikolov S. et al. *Deep learning to achieve clinically applicable segmentation of head and neck anatomy for radiotherapy* // arXiv preprint arXiv:1809.04430. 2018.
29. Masch W.R. et al. Comparison of Diffusion tensor imaging and magnetic resonance perfusion imaging in differentiating recurrent brain neoplasm from radiation necrosis // *Acad Radiol.* 2016. Vol. 23 (5). P. 569–576.
30. Тюрина А.Н., Фадеева Л.М., Пронин И.Н. 3D-протонная МР-спектроскопия в диагностике глиальных опухолей головного мозга // Научные материалы III Съезда национального общества нейрорентгенологов, СПб., 2016. С. 116–117. [Tyurina A.N., Fadeeva L.M., Pronin I.N. 3D-proton MR spectroscopy in the diagnosis of glial brain tumors. *Scientific materials of the III Congress of the National Society of Neuro X-ray Genol.*, St. Petersburg, 2016, pp. 116–117 (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 17.06.2019 г.

Контакт: Тюрина Анастасия Николаевна, aturina@nsi.ru

Сведения об авторах:

Далечина Александра Владимировна — кандидат физико-математических наук, медицинский физик, АО «Деловой центр нейрохирургии»; 125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской переулок, д. 13/5; e-mail: adalechina@nsi.ru;

Беляев Михаил Геннадьевич — кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, Сколковский институт науки и технологий, 121205, МО, ул. Нобеля, д. 3; e-mail: m.belyaev@skoltech.ru;

Тюрина Анастасия Николаевна — младший научный сотрудник, ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко; 125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., д. 13/5; e-mail: aturina@nsi.ru;

Золотова Светлана Вячеславовна — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения радиотерапии и радиохирургии, ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко; 125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., д. 13/5; e-mail: szolotova@nsi.ru;

Пронин Игорь Николаевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением рентгеновских и радионуклидных методов диагностики, академик РАН, ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко; 125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., д. 13/5; e-mail: pronin@nsi.ru;

Голанов Андрей Владимирович — доктор медицинских наук, профессор, член-корр РАН, заведующий отделением радиотерапии и радиохирургии, ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко; 125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., д. 13/5; e-mail: golanov@nsi.ru.

Министерство здравоохранения РФ
Министерство здравоохранения Самарской области
Самарский государственный медицинский университет
Российское Общество рентгенологов и радиологов
информируют, что 19–20 сентября 2019 года в г. Самара состоится

ПОВОЛЖСКАЯ РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Приглашаются все желающие!

По вопросам участия обращаться:

Мария Кисилева

+7 (495) 646-01-55, доб 203

Моб.: +7 (915) 335-36-11

e-mail: radiology2016@ctogroup.ru

www.radiology-school.ru

ЛЕКЦИЯ

УДК 616-006.04+611.381-092-07-08:577

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-32-41>**КОМПЬЮТЕРНАЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ
ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПЕРИТОНЕАЛЬНОГО
КАРЦИНОМАТОЗА**

*Н. А. Рубцова, А. В. Левшакова, А. О. Пешков, В. М. Хомяков,
А. Б. Уткина, Д. В. Сидоров, Н. А. Гришин*

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена — филиал
Национального медицинского исследовательского центра радиологии, Москва, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Перитонеальный карциноматоз является распространенным вариантом метастазирования злокачественных опухолей органов брюшной полости и малого таза. Современные методы комплексного и комбинированного лечения перитонеального карциноматоза позволяют достоверно увеличить выживаемость пациентов с данной патологией. Определяющее значение как для планирования, так и для анализа эффективности лечения имеет оценка распространенности поражения брюшины. В лекции представлены анатомия и функция брюшины, эпидемиология перитонеального карциноматоза, анализ возможностей существующих методик компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии в обнаружении признаков опухолевой диссеминации по брюшине, отражены принципы оценки индекса перитонеального карциноматоза (ИПК) и его роль в выборе лечебной стратегии у онкологических больных.

Ключевые слова: перитонеальный карциноматоз, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, индекс перитонеального карциноматоза

**COMPUTED AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE
DIAGNOSIS OF PERITONEAL CARCINOMATOSIS**

*N. A. Rubtsova, A. V. Levshakova, A. O. Peshkov, V. M. Khomyakov,
A. B. Utkina, D. V. Sidorov, N. A. Grishin*

P. A. Hertsen Moscow Oncology Research Institute — branch Federal State Budgetary Institution
National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Moscow, Russia

Peritoneal carcinomatosis is a common variant of metastasis of malignant tumors of the abdominal cavity and pelvis. Modern methods of complex and combined treatment of peritoneal carcinomatosis can significantly increase the survival of patients with this pathology. Determining the prevalence of peritoneal lesions is crucial for both planning and evaluating treatment. The lecture presents the anatomy and function of the peritoneum, the epidemiology of peritoneal carcinomatosis, the analysis of the capabilities of existing methods of computed tomography and magnetic resonance imaging in detecting signs of tumor dissemination of the peritoneum, reflects the principles for assessing the peritoneal carcinomatosis index (PCI) and its role in choosing a treatment strategy in cancer patients.

Key words: peritoneal carcinomatosis, CT, MRI, PCI

Для цитирования: Рубцова Н.А., Левшакова А.В., Пешков А.О., Хомяков В.М., Уткина А.Б., Сидоров Д.В., Гришин Н.А. Компьютерная и магнитно-резонансная томография в диагностике перитонеального карциноматоза (лекция) // *Лучевая диагностика и терапия*, 2019. № 2. С. 32–41, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-32-41>.

Анатомия и функция брюшины. Перитонеальный карциноматоз является распространенным вариантом метастазирования злокачественных опухолей органов брюшной полости и малого таза. Важный

аспект в выявлении опухолевого поражения брюшины — знание ее анатомии, позволяющее определять локализацию патологического процесса и проводить дифференциальную диагностику.

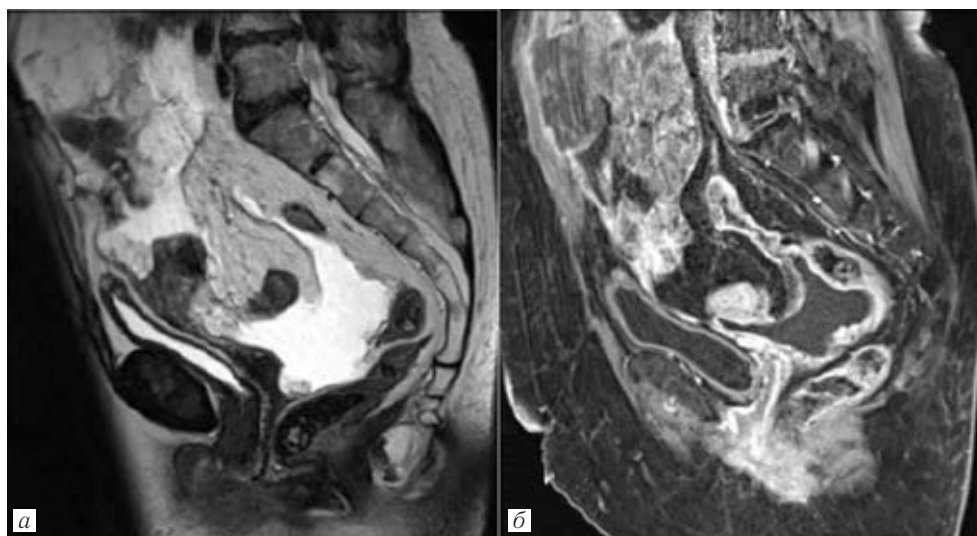


Рис. 12. Магнитно-резонансная томография малого таза, сагиттальная проекция: *a* — T2-ВИ. В полости малого таза определяется свободная жидкость, другие патологические изменения убедительно не визуализируются; *б* — T1-ВИ с контрастированием. Отмечается интенсивное накопление контрастного препарата тазовой брюшиной — карциноматоз

но-взвешенных изображениях позволяет использовать МРТ как метод выбора в диагностике перитонеальных диссеминатов менее 5 мм, в том числе в анатомически трудных областях [38]. Несмотря на эти преимущества, МРТ гораздо реже назначается для диагностики перитонеальной диссеминации.

Заключение. Перитонеальный карциноматоз, рассматриваемый в прошлом как терминальное состояние в последние два десятилетия считается процессом, поддающимся лечению. Появление современных методов комбинированного лечения позволило увеличить выживаемость пациентов с опухолевым поражением брюшины. Однако эти методы лечения имеют строгие показания и ограничения, основанные в первую очередь на определении распространенности процесса. Применение КТ и МРТ позволяет получить значи-

тельный объем информации о состоянии брюшины как на дооперационном этапе, так и в ходе лечения. Несмотря на развитие медицинских технологий и появление новых визуализационных методик, подсчет ИПК остается трудной задачей ввиду сложной анатомической конфигурации и обширной площади поверхности брюшины, а также низкой чувствительности в обнаружении мелких перитонеальных диссеминатов. Проведенный анализ источников литературы выявил существенные расхождения диагностической эффективности КТ и МРТ в выявлении перитонеальной диссеминации, что, безусловно, диктует необходимость дальнейшего усовершенствования томографических методик для выбора правильной тактики лечения этой категории пациентов.

Примечание: все иллюстрации получены в результате собственных исследований.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Соломенный С.В. *Перитонеальный канцероматоз и особенности лимфатической системы в его развитии*: дис. ... канд. мед. наук / ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ. М., 2018. 132 с. [Solomenny S. V. *Peritoneal canceromatosis and features of the lymphatic system in its development*: dis. ... kand. med. nauk / FSBI «NMRRC» of the Ministry of Health of the Russian Federation. Moscow, 2018. 132 p. (In Russ.)].
2. Meyers M.A. Distribution of intra-abdominal malignant seeding: dependency on dynamics of flow of ascitic fluid // *Am. J. Roentgenol. Radium. Ther. Nucl. Med.* 1973. Vol. 119. P. 198–206.
3. Coakley F.V., Hricak H. Imaging of peritoneal and mesenteric disease: key concepts for the clinical radiologist // *Clin. Radiol.* 1999. Vol. 54. P. 563–574. DOI: 10.1016/S0009-9260(99)90018-1.
4. Степанов И.В., Падеров Ю.М., Афанасьев С.Г. Перитонеальный канцероматоз // *Сибирский онкологический журнал*. 2014. № 5. С. 45–53. [Stepanov I.V., Paderov Yu.M., Afanas'ev S.G. Peritoneal canceromatosis // *Siberian Oncology Journal*, 2014, No. 5, pp. 45–53 (In Russ.)].
5. Coakley F.V., Choi P.H., Gougoutas C.A. et al. Peritoneal metastases: detection with spiral CT in patients with ovarian cancer // *Radiology*. 2002. Vol. 223. P. 495–499.
6. Соломенный С.В., Минигазимов Р.С. Перитонеальный канцероматоз. Обзор мирового опыта // *Креативная хирургия и онкология*. 2013. № 4. С. 115–119. [Solomenny S.V., Minigazimov R.S. Peritoneal canceromatosis. World experience review. *Creative surgery and oncology*, 2013, Vol. 4, pp. 115–119. (In Russ.)].
7. Tentes A.A., Pallas N., Karamveri C., Kyziridis D., Hristakis C. Cytoreduction and HIPEC for peritoneal carcinomatosis of pancreatic cancer // *J. Buon.* 2018. Mar-Apr; Vol. 23, No. 2. P. 482–487.
8. Flanagan M., Solon J., Chang K.H., Deady S., Moran B., Cahill R., Shields C., Mulsow J. Peritoneal metastases from extra-abdominal cancer — A population-based study // *European Journal of Surgical Oncology*. 2018. Vol. 44 (11). P. 1811–1817.
9. Sadeghi B., Arvieux C., Glehen O., Beaujard A.C., Rivoire M., Baulieux J., Fontaumard E., Brachet A., Caillot J.L., Faure J.L.,

- Porcheron J., Peix J.L., François Y., Vignal J., Gilly F.N. Peritoneal carcinomatosis from non-gynecologic malignancies: results of the EVOCAPE 1 multicentric prospective study // *Cancer*. 2000. Jan. 15; Vol. 88 (2). P. 358–363.
10. Давыдов М.И., Тер-ованесов М.Д., Буйденко Ю.В., Полоцкий Б.Е., Горбунова В.А., Абдуллаев А.Г. Гипертермическая интраоперационная интраперитонеальная химиотерапия при раке желудка: существует ли реальная возможность изменить прогноз? // *Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН*. 2010. Т. 21, № 1. С. 11–20. [Davydov M.I., Ter-ovanesov M.D., Buydenok Yu.V., Polotskiy B.E., Gorbunova V.A., Abdullaev A.G. Hyperthermic intraoperative intraperitoneal chemotherapy for gastric cancer: is there a real possibility to change the prognosis? *Bulletin RCRC them. N.N. Blokhina RAMS*, 2010, Vol. 21 (1), pp. 11–20 (In Russ.)].
11. Sugarbaker P.H. Surgical responsibilities in the management of peritoneal carcinomatosis // *J. Surg. Oncol.* 2010. Vol. 101. P. 713–724.
12. Nougaret S., Addley H.C., Colombo P.E., Fujii S., Al Sharif S.S., Tirumani S.H., Jardon K., Sala E., Reinhold C. Ovarian carcinomatosis: how the radiologist can help plan the surgical approach // *Radiographics*. 2012. Vol. 32, No. 6. P. 1775–800; discussion 1800–1803. DOI: 10.1148/rg.326125511.
13. Saif M.W., Siddiqui I.A., Sohail M.A. Management of ascites due to gastrointestinal malignancy // *Ann. Saudi Med.* 2009. Sep-Oct., Vol. 29 (5). P. 369–377.
14. Diop A.D., Fontarensky M., Montoriol P.F., Da Ines D. CT imaging of peritoneal carcinomatosis and its mimics // *Diag. and Interv. Imaging*. 2014. Vol. 95. P. 861–872.
15. Dühr C.D., Kenn W., Kickuth R. et al. Optimizing of preoperative computed tomography for diagnosis in patients with peritoneal carcinomatosis // *World J. Surg. Oncol.* 2011. Vol. 9. P. 171. DOI: 10.1186/1477-7819-9-171.
16. Pasqual E.M., Bertozzi S., Bacchetti S., Londero A.P., Basso S.M., Santeufemia D.A., Lo Re G., Lumachi F. Preoperative assessment of peritoneal carcinomatosis in patients undergoing hyperthermic intraperitoneal chemotherapy following cytoreductive surgery // *Anticancer Res.* 2014. Vol. 34 (5). P. 2363–2668.
17. Klump B., Aschoff P., Schwenzler N. et al. Correlation of preoperative magnetic resonance imaging of peritoneal carcinomatosis and clinical outcome after peritonectomy and HIPEC after 3 years of follow-up: preliminary results // *Cancer Imaging*. 2014. Vol. 13 (4). P. 540–547. DOI: 10.1102/1470-7330.2013.0044.
18. Смирнова Г.Ф., Кириченко А.Д., Фетисова Т.И., Лопатин О.Л., Вержибская Н.Е., Егоров А.А. Редкий случай диссеминированного перитонеального лейомиоматоза // *Сибирский онкологический журнал*. 2010. № 1. С. 85–87. [Smirnova G.F., Kirichenko A.D., Fetisova T.I., Lopatin O.L., Verzhbitskaya N. E., Egorov A.A. Rare case of disseminated peritoneal leiomyomatosis. *Siberian Oncology Journal*, 2010, No. 1, pp. 85–87. (In Russ.)].
19. Woodward P.J., Hosseinzadeh K., Saenger J.S. From the archives of the AFIP: radiologic staging of ovarian carcinoma with pathologic correlation // *Radiographics*. 2004. Vol. 24. P. 225–246. DOI: 10.1148/rg.241035178.
20. Matsuoka Y., Itai Y., Ohtomo K., Nishikawa J., Sasaki Y. Calcification of peritoneal carcinomatosis from gastric carcinoma: a CT demonstration // *Eur. J. Radiol.* 1991. Vol. 13. P. 207–208. DOI: 10.1016/0720-048X(91)90031-P.
21. Matsuoka Y., Ohtomo K., Itai Y., Nishikawa J., Yoshikawa K., Sasaki Y. Pseudomyxomateritonei with progressive calcifications: CT findings // *Gastrointest. Radiol.* 1992. Vol. 17. P. 16–18. DOI: 10.1007/BF01888499.
22. Mitchell D.G., Hill M.C., Hill S., Zaloudek C. Serous carcinoma of the ovary: CT identification of metastatic calcified implants // *Radiology*. 1986. Vol. 158. P. 649–652.
23. Amin Z., Reznick R.H. Peritoneal metastases // Husband J.E., Reznick R.H., eds. *Imaging in oncology*. 3rd ed. *Informa Healthcare*, 2009. P. 1094–1114.
24. Pannu H.K., Bristow R.E., Montz F.J., Fishman E.K. Multidetector CT of peritoneal carcinomatosis from ovarian cancer // *Radiographics*. 2003. Vol. 23. P. 687–701. DOI: 10.1148/rg.233025105.
25. Pannu H.K., Horton K.M., Fishman E.K. Thin section dual-phase multidetector-row computed tomography detection of peritoneal metastases in gynecologic cancers // *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2003. Vol. 27. P. 333–340. DOI: 10.1097/00004728-200305000-00006.
26. Mazzei M.A., Khader L., Cirigliano A. et al. Accuracy of MDCT in the preoperative definition of Peritoneal Cancer Index (PCI) in patients with advanced ovarian cancer who underwent peritonectomy and hyperthermic intraperitoneal chemotherapy (HIPEC) // *Abdom. Imaging*. 2013. Vol. 38. P. 1422–1430.
27. Franiet T., Diederichs G., Engelken F., Elgeti T., Rost J., Rogalla P. Multi-detector CT in peritoneal carcinomatosis: diagnostic role of thin slices and multiplanar reconstructions // *Abdom. Imaging*. 2009. Vol. 34. P. 49–54. DOI: 10.1007/s00261-008-9372-z.
28. Marin D., Catalano C., Baski M. et al. 64-Section multi-detector row CT in the preoperative diagnosis of peritoneal carcinomatosis: correlation with histopathological findings // *Abdom. Imaging*. 2010. Vol. 35. P. 694–670. DOI: 10.1007/s00261-008-9464-9.
29. Low R.N. MR imaging of the peritoneal spread of malignancy // *Abdom. Imaging*. 2007. Vol. 32. P. 267–283. DOI: 10.1007/s00261-007-9210-8.
30. De Bree B.E., Koops W., Kroger R., Van Ruth S., Witkamp A.J., Zoetmulder F.A. Peritoneal carcinomatosis from colorectal or appendiceal origin: correlation of preoperative CT with intraoperative findings and evaluation of interobserver agreement // *J. Surg. Oncol.* 2004. Vol. 86. P. 64–73. DOI: 10.1002/jso.20049.
31. Иозефи Д.Я., Винидченко М.А., Демченко Н.С. Применение магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике и оценке терапевтического эффекта при метастатическом поражении брюшины: обзор литературы и собственный опыт // *Главный врач Юга России*. 2018. Vol. 1, No. 59. P. 15–22. [Iozefi D.Ya., Vinidchenko M.A., Demchenko N.S. The use of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis and evaluation of the therapeutic effect in metastatic peritoneal lesions: a review of the literature and personal experience // *Head Doctor of the South of Russia*. 2018. Vol. 1, No. 59. P. 15–22 (In Russ.)].
32. Zhang H., Dai W., Fu C. et al. Diagnostic value of whole-body MRI with diffusion-weighted sequence for detection of peritoneal metastases in colorectal malignancy // *Cancer Biol. Med.* 2018. Vol. 15 (2). P. 165–170.
33. Low R.N., Sigeti J.S. MR imaging of peritoneal disease: comparison of contrast-enhanced fast multiplanar spoiled gradient-recalled and spin-echo imaging // *AJR Am. J. Roentgenol.* 1994. Vol. 163. P. 1131–1140.

34. Fujii S., Matsusue E., Kanasaki Y. et al. Detection of peritoneal dissemination in gynecological malignancy: evaluation by diffusion-weighted MR imaging // *Eur. Radiol.* 2008. Vol. 18. P. 18–23. DOI: 10.1007/s00330-007-0732-9.
35. Low R.N., Sebrecchts C.P., Barone R.M., Muller W. Diffusion-weighted MRI of peritoneal tumors: comparison with conventional MRI and surgical and histopathologic findings — a feasibility study // *AJR Am. J. Roentgenol.* 2009. Vol. 193. P. 461–470. DOI: 10.2214/AJR.08.1753.
36. Low R.N., Barone R.M., Lacey C., Sigeti J.S., Alzate G.D., Sebrecchts C.P. Peritoneal tumor: MR imaging with dilute oral barium and intravenous gadolinium-containing contrast agents compared with unenhanced MR imaging and CT // *Radiology.* 1997. Vol. 204. P. 513–520.
37. Klumpp B.D., Aschoff P., Schwenzer N., Fenchel M., Koenigsrainer I., Falch C., Bruecher B., Claussen C.D., Koenigsrainer A., Pfannenberger C., Kramer U., Miller S. Peritoneal carcinomatosis: comparison of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging with surgical and histopathologic findings // *Abdom. Imaging.* 2012. Oct. Vol. 37 (5). P. 834–842.
38. Low R.N. Diffusion-weighted MR imaging for whole body metastatic disease and lymphadenopathy // *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2009. Vol. 17. P. 245–261. DOI: 10.1016/j.mric.2009.01.006.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 20.03.2019 г.

Контакт: *Пешков Алексей Олегович, dr.apeshkov@gmail.com.*

Сведения об авторах:

Рубцова Наталья Алефтиновна — доктор медицинских наук, заведующая отделом лучевой диагностики, МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: rna17@ya.ru;

Левшакова Антонина Валерьевна — доктор медицинских наук, заведующая отделением КТ и МРТ, МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: levshakova71@mail.ru;

Пешков Алексей Олегович — врач-рентгенолог отделения рентгенодиагностики — МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: dr.apeshkov@gmail.com;

Хомяков Владимир Михайлович — кандидат медицинских наук, заведующий торакоабдоминальным хирургическим отделением МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: vladimirkhom@mail.ru;

Уткина Анна Борисовна — врач-онколог торакоабдоминального хирургического отделения МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: abuk90@bk.ru;

Сидоров Дмитрий Владимирович — доктор медицинских наук, заведующий абдоминальным хирургическим отделением МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: dvsidorov_65@mail.ru;

Гришин Николай Александрович — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник абдоминального хирургического отделения МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» МЗ РФ; 125284, Москва, 2-й Боткинский пр., д. 3; e-mail: grishinlap@mail.ru.

Глубокоуважаемые коллеги!

Разрешите Вас проинформировать, что 26–29 сентября 2019 в Санкт-Петербурге по адресу Большой пр. П.С. д. 37 — конференц зал отеля Веденский пройдет конференция «Радиология в педиатрии».

Мероприятие будет проведено по инициативе и при поддержке главного внештатного специалиста по лучевой и инструментальной диагностике Минздрава РФ по СЗФО и Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга профессора Татьяны Николаевны Трофимовой, Региональной общественной организации «Санкт-Петербургское радиологическое общество». Главными лекторами выступают специалисты из Швейцарии: Джулия Гейгер, Патрис Гретхен, Кристиан Келенбергер и Камила Саладин (Цюрих, Швейцария).

Участие в семинаре **платное** — 3500 рублей!

Заявки принимаются до 24 сентября 2019 года.

Необходимо пройти он-лайн регистрацию и оплатить участие на сайте технического организатора АНО «БНИЦ» — anobnic.ru

Заявка считается принятой ТОЛЬКО после оплаты, письменного ответа и подтверждения от организаторов семинара. После получения оплаты, организационный комитет отправит индивидуальное подтверждение на указанный e-mail.

Координационный совет по развитию непрерывного медицинского и фармацевтического образования Министерства здравоохранения РФ одобрил 12 баллов (кредитов) по специальности рентгенология.

Дополнительную информацию Вы можете получить в оргкомитете
по телефону: +7 (921) 956-92-55, e-mail: anobnic@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 616-073.755.4

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-42-49>

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МН(II) С ГЕКСАМЕТИЛПРОПИЛЕНАМИНОКСИМОМ В КАЧЕСТВЕ ПАРАМАГНИТНОГО КОНТРАСТНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

^{1,2}В. Ю. Усов, ¹М. Л. Белянин, ¹В. Д. Филимонов, ³М. Г. Данилец, ⁴И. В. Мильто,
²Ж. В. Веснина, ⁴М. А. Зоркальцев, ⁵М. А. Лучич, ⁶Н. Л. Шимановский

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Научно-исследовательский институт кардиологии Томского Национального исследовательского
медицинского центра Российской академии наук, г. Томск, Россия

³Научно-исследовательский институт фармакологии и регенеративной медицины им. Е. Д. Гольдберга Томского
Национального исследовательского медицинского центра Российской академии наук, г. Томск, Россия

⁴Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

⁵Центар за Импиджинг Дијагностику Института за Онкологију у Сремској Каменици, Нови Сад, Србија

⁶Национальный исследовательский Московский медицинский университет им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Цель исследования. Предпринята попытка получить комплекс Мп-гексаметилпропиленаминоксим (Мп-ГМПАО, Мангоксим) и оценить в эксперименте возможность использования его как парамагнитного средства для контрастного усиления при МРТ-визуализации опухолей. **Материалы и методы.** Синтез ГМПАО по методике R. D. Neirincx и соавт. (1987), в модификации J. Piąarowska-Kruszyna и соавт. (2017), без разделения рацемических форм. Мп-ГМПАО получали смешением в водной среде ГМПАО и карбоната марганца, с рН 6,2–6,5, концентрация в растворе 0,5 М. Выполнены квантовохимические расчеты структуры Мп-ГМПАО методом функционала плотности DFT $rb3lyp/6-31+g(d,p)$ для изолированных молекул и водных растворов. МРТ накопления Мп-ГМПАО проведена у 12 лабораторных мышей с саркомой Льюиса. Сканирование в T1-взвешенном спин-эхо режиме, TR=500 мс, TE=15 мс, матрица 256×256, поле зрения 15×15 см, срез 3 мм, на 15–17-й минуте и на 55–60-й минуте после внутривенного введения. Поглощение Мп-ГМПАО оценивалось с расчетом индекса усиления (ИУ): $ИУ = (Инт. T1-взв.МРТ) Мп-ГМПАО / (Инт. T1-взв.МРТ) исходн.$ **Результаты.** N,N-Мп-диоксим термодинамически более стабилен, чем O,O-Мп-диоксим, на 50,5 ккал/моль, и в природе образуется только он. R1 — релаксивность Мп-ГМПАО 3,35 1/(мм·с), меньше, чем R1 гадопентетата в тех же условиях — 3,96 1/(мм·с). Наибольшая величина ИУ в ранние сроки после инъекции Мп-ГМПАО отмечена для перевитой опухоли (3,36±0,31) и для легких (3,07±0,43). На сроке 60–90 мин ИУ опухоли снижался до 1,58±0,14, но был больше, чем для легких на этом сроке (1,37±0,19), и больше, чем для любой другой локализации. **Заключение.** Комплекс Мп-ГМПАО обладает свойствами, достаточными для использования как парамагнетика для МРТ и вероятно позволит более селективно контрастировать опухолевые новообразования.

Ключевые слова: МРТ; парамагнитное контрастное усиление; марганец-усиленная визуализация (МУВ); Мп-ГМПАО; ^{99m}Tc-ГМПАО

THE THEORETICAL BASIS AND EXPERIMENTAL STUDY OF COMPLEX OF MANGANESE (II) WITH HEXAMETHYL- PROPILENAMIN-OXIME AS PARAMAGNETIC CONTRAST AGENT FOR MR-IMAGING OF MALIGNANT TUMORS

^{1,2}W. Yu. Ussov, ¹M. L. Belyanin, ¹V. D. Filimonov, ³M. G. Danilets, ⁴I. V. Milto, ²Zh. V. Vesnina,
⁴M. A. Zorkaltsev, ⁵M. A. Lucic, ⁶N. L. Shimanovskiy

¹National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

²Research Institute of Cardiology of the Tomsk National Medical Research Center of the Russian Academy
of Sciences, Tomsk, Russia

³E. D. Goldberg Research Institute of pharmacology and regenerative medicine of the Tomsk National Medical Research Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

⁴Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

⁵Center of Diagnostic Imaging of the Institute of Oncology in Sremska Kamenica, Novi Sad, Serbia

⁶National Research Moscow N. I. Pirogov Medical University, Moscow, Russia

Aim of the study. We attempted to obtain the Mn-HMPAO complex (Mangoxim) and to evaluate the possibility to apply as a paramagnetic contrast agent for enhancement of tumors at MRI. *Materials and methods.* The synthesis of HMPAO was carried out by using R. D. Neirinckx — J. Pijarowska-Kruszyna technique (2017), without separation of enantiomers. The Mn-HMPAO was obtained by mixing Manganese(II) carbonate with HMPAO, pH 6,2–6,5, 0,5 M. Also the quantum chemistry calculations were carried out on the structure of Mn-HMPAO using method of functional of density DFT $rb3lyp/6-31+g(d,p)$ for isolated molecules and for water solutions (CPCM). MRI study of Mn-HMPAO uptake carried out in twelve laboratory mice with transplanted Lewis sarcoma, in T1-w. SE mode, TR=500 ms, TE=15 ms, 256×256 matrix, FOV 15×15 cm, 3 mm thin slice. MRI acquired in 15–17 min and 60–90 min after intravenous injection of the Mn-HMPAO. The uptake was quantified as index of enhancement: $IE = (Int. T1-w.MRI)Mn-HMPAO / (Int. T1-w.MRI)pre-contrast$. *Results.* The N,N-Mn-dioxim is more stable than O,O-Mn-dioxim for 50,5 KCal/mol, so in the nature only N,N-Mn-dioxim exists. R1 of Mn-HMPAO was 3,35 1/(mM·s), below R1 of gadopentetate=3,96 1/(mM·s). The highest value of early IE was over the tumor (3,36±0,31) and over lungs (3,07±0,43). At 60 min the IE over tumor decreased to 1,58±0,14, remaining far over IE values over any other location. *Conclusion.* The Mn-HMPAO complex demonstrates paramagnetic properties for the application as the contrast MRI agent and probably will improve the selective enhancement of tumors.

Key words: MRI; paramagnetic contrast enhancement; manganese-enhanced magnetic resonance imaging (MEMRI); Mn-HMPAO; ^{99m}Tc-HMPAO

Для цитирования: Усов В.Ю., Белянин М.Л., Филимонов В.Д., Данилец М.Г., Мильто И.В., Веснина Ж.В., Зоркальцев М.А., Лучич М.А., Шимановский Н.Л. Теоретическое обоснование и экспериментальное исследование комплекса Mn(II) с гексаметилпропиленаминоксимом в качестве парамагнитного контрастного препарата для визуализации злокачественных новообразований // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 42–49, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-42-49>.

Введение. Точная визуальная ранняя диагностика злокачественных опухолей средствами томографических исследований сегодня в клинической медицине является едва ли не главным направлением полного и своевременного диагноза онкологической патологии — единственного залога полноценной и адекватной тактики лечения и возможности излечить таких пациентов или заметно улучшить прогноз их жизни и труда [1].

МР-томография развивается наиболее быстро и эффективно среди всех томографических технологий в диагностической онкологии и стремится визуализировать онкологические поражения с учетом всех патофизиологических особенностей и характеристик опухолей [2] и благодаря этому визуализировать их как можно раньше [3]. Парамагнитное контрастное усиление (ПМКУ) с комплексными соединениями Gd (III) сыграло в этом едва ли не решающую роль. Такие препараты, как гадопентетат-димерглимин — Магневист и его аналоги, гадобутрол — Гадовист, другие циклические комплексы гадолина [4, 5] — сыграли решающую роль в разработке методов ранней МРТ-диагностики опухолей практически всех локализаций. Основным патофизиологическим механизмом накопления линейных и циклических полиацетатных комплексов Gd в тканях является повышенная проницаемость поврежденных гистогематических барьеров для гидрофильных макромолекул, благодаря чему эти комплексы Gd устойчиво проникают и задерживаются в интерстиции опухолей [3–5]. Однако заметным «белым пятном» на оптимистичной картине развития ПМКУ для МРТ в онкологии остается практическое отсутствие специфичных контрастных препаратов, тропных к определенным процессам, тканям или органам. Это обусловлено тем фактом, что категорически недопустимо высвобождение Gd в организме из комплексного контрастного соединения, поскольку в несвязанном виде он высокотоксичен, вплоть до того, что воздействию Gd приписывается даже определенный синдром — контраст-индуцированный неспецифический интерстициальный фиброз [6], возможность которого для циклических комплексов Gd так, впрочем, и осталась недоказанной [7].

Одним из подходов к созданию онкотропных парамагнитных контрастных препаратов является использование в составе исследуемых комплексов в качестве парамагнетика такого атома, как марганец (II) [8]. Марганец, как и все двухвалентные металлы, в высоких дозировках в чистом виде токсичен и, в частности, ответственен за развитие паркинсоноподобных синдромов у наркоманов — за счет его высокого содержания в кустарных наркотических смесях, в изготовлении которых использу-

ция. Такие комплексы, как Mn-метоксиизобутилонитрил [20], Mn-димеркаптосукцинат [8], обладают заметной тропностью к тканям сердечной мышцы или опухолей соответственно. С использованием технециевой метки и радионуклидных методов визуализации было показано, что такое соединение, как гексаметилпропиленаминоксим (ГМПАО), благодаря его реакционной способности с SH-группами глутатиона визуализирует не только нервные структуры ЦНС, но и злокачественные новообразования [21, 22]. ^{99m}Tc -ГМПАО также уже давно широко используется для ОФЭКТ-исследований нарушений мозгового кровообращения и визуализации опухолей [14, 23–26].

Ранее удалось показать, что комплексы Mn с метоксиизобутилонитрилом [20] и с димеркаптоянтарной кислотой [8] обладают специфичностью соответственно к ткани миокарда и к опухолям, экспрессирующим на поверхности и в межклеточном пространстве значительное количество SH-групп. Таких экспрессирующих (-SH)-группы опухолей во всем спектре злокачественных новообразований немало, настолько, что воздействие на метаболизм глутатиона рассматривается как один из путей совершенствования противоопухолевой химиотерапии [27]. И поэтому логично расширять спектр парамагнетиков, визуализирующих опухоли по этому пути. ^{99m}Tc -ГМПАО при ОФЭКТ и сцинтиграфических исследованиях также задерживается в тканях и в клетках крови при их мечении этим радиофармпрепаратом по глутатион-зависимому механизму [28]. Mn-ГМПАО фактически повторяет его путь.

Конечно, же нельзя не указать здесь на ряд пока не преодоленных недостатков и проблем исследования Mn-ГМПАО в нашей работе. Мы использовали для мечения парамагнетиком марганцем полученный нами рацемат ГМПАО, тогда как для обеспечения проникновения этого препарата в мозг для оценки мозгового кровотока важно и разделение ГМПАО на право- и левовращающие энантиомеры [14, 18]. Хотя для исследования мозгового кровото-

ка средствами МРТ такой препарат вряд ли добавит значительную новую информацию, для других анатомических локализаций это может оказаться важным. Кроме того, нельзя исключить различий право- и левовращающих энантиомеров ГМПАО в устойчивости комплексов с Mn и в релаксивности.

Связывание ГМПАО с SH-группами в опухоли не носит необратимого характера, в связи с чем, как можно видеть в нашем случае, уже спустя час препарат Mn-ГМПАО заметно вымывается из тканей, но в относительно меньшей степени — из опухолевой. Такие особенности могут позволить добиться наиболее высоких показателей отношения опухоль/фон, варьируя время сканирования.

В настоящее время на более крупных животных (лабораторные крысы) ведется исследование устойчивости Mn-ГМПАО в средах организма. Если окажется, что Mn-ГМПАО достаточно устойчив по показателям термодинамической и кинетической устойчивости и нетоксичен в соответствии с требованиями в первую очередь ГОСТ Р 56702-2010, ГОСТ Р 56702-2015 и ГОСТ Р 54063-2010, то станет реальным его применение в клинике в качестве функционально-биохимического контраста-парамагнетика для визуализации опухолей. Кроме того, нельзя исключать, что использование в комплексе с Mn других химически возможных оксимных комплексных соединений может оказаться еще более эффективным, чем для случая ГМПАО.

Заключение. Однако уже сегодня представляется обоснованным полагать, что существующие и хорошо апробированные радиофармпрепараты на основе ^{99m}Tc открывают путь к получению широкого спектра патофизиологически специфичных контрастных препаратов, заменяя технеций на марганец, а представленный здесь комплекс Mn-ГМПАО обладает свойствами, достаточными для использования в рутинной МРТ с ПМКУ и вероятно позволит более селективно контрастировать при МРТ опухолевые новообразования.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Субботин Ю.А., Бахтиозин Р.Ф. Последние достижения магнитно-резонансной томографии всего тела в онкологии // *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2018. № 8 (3). С. 74–82. [Subbotin Yu.A., Bakhtiozin R.F. The recent advances of whole-body MRI in oncology. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2018, Vol. 8, No. 3, pp. 74–82 (In Russ.).]
2. Коростышевская А.М. Диагностические возможности магнитно-резонансной спектроскопии (обзор перспективных направлений) // *Медицинская визуализация*. 2007. № 3. С. 130–143. [Korostyshevskaya A.M. Diagnostic abilities of the magnetic resonance spectroscopy (review of advanced studies). *Meditynskaya vizualizatsiya*, 2007, No. 3, pp. 130–143 (In Russ.).]
3. Шимановский Н.Л., Епинетов М.А., Мельников М.Я. *Молекулярная и нанофармакология*. М.: Физико-математическая литература, 2009. 624 с. [Shimanovskii N.L., Epinetov M.A., Melnikov M.Ya. *Molecular and Nano-pharmacology*. Moscow: Physics and Mathematical Literature Publ., 2009, 624 p. (In Russ.).]
4. Трофимова Т.Н., Шимановский Н.Л. Новые возможности улучшения дифференциальной диагностики инсульта и опухолей головного мозга с помощью МРТ с контрастным усилением гадовистом // *Лучевая диагностика и терапия*. 2016. № 2 (7). С. 93–109. [Trophimova T.N., Shimanovskii N.L. New opportunities to improve the differential diagnosis of stroke and brain tumors by MRI with contrast enhancement with gadovist. *Luchevaya diagnostika i terapiya*, 2016, No. 2 (7), pp. 93–109 (In Russ.).]
5. Шимановский Н.Л. 20 лет клинического применения магнитно-резонансных контрастных средств // *Диагностическая*

- и интервенционная радиология. 2009. № 3 (1). С. 5–13. [Shimanovskii N.L. 20 years of clinical use of magnetic resonance contrast media. *Diagnostic and interventional radiology*, 2009, No. 3 (1), pp. 5–13 (In Russ.).]
6. Раптанова В.А., Сперанская А.А., Прошин С.Н. Контраст-индуцированные нефропатии. *Педиатр*. 2016. № 7 (1). С. 97–105. [Raptanova V.A., Speranskaya A.A., Proshin S.N. Contrast-induced nephropathy. *Pediatr*, 2016, No. 7 (1), pp. 97–105. (In Russ.).]
 7. Beam A.S., Moore K.G., Gillis S.N., Ford K.F., Gray T., Steinwinder A.H., Graham A. GBCAs and Risk for Nephrogenic Systemic Fibrosis // *Radiol. Technol*. 2017. Jul; Vol. 88 (6). P. 583–589.
 8. Ussov W.Yu., Belyanin M.L., Kovalenko A.Yu., Bezlepkin A.I., Filimonov V.D., Shimanovsky N.L. Evaluation of manganese dimer-captosuccinate (Mn-DMSA) complex as contrast agent for paramagnetic enhancement in MRI studies of malignant fibroepithelial tumors in animals // *Russian Electronic journal of Radiology*. 2017. Vol. 7, No. 4. С. 108–116.
 9. Носатовский И.А. Лечение «марганцевого паркинсонизма», вызванного злоупотреблением наркотиками // *Наркология*. 2013. № 12 (4). С. 40–46. [Nosatovskii I.A. Treatment of «manganese parkinsonism» induced by abuse of narcotics. *Narkologia*, 2013, No. 12 (4), pp. 40–46 (In Russ.).]
 10. Шестова Г.В., Иванова Т.М., Ливанов Г.А., Сизова К.В. Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2014. № 4. С. 59–65. [Shestova G.V., Ivanova T.M., Livanov G.A., Sizova K.V. Toxic effects of manganese as risk factor for the public health. *Medicine of extreme situations*, 2014, Vol. 4, pp. 59–65 (In Russ.).]
 11. Скальный А.В. *Микроэлементы*. М.: Эксмо, 2010. 286 с. [Skalny A.V. *Microelements*. Moscow: Eksmo Publ., 286 p. (In Russ.).]
 12. Neirinckx R.D., Canning L.R., Piper I.M., Nowotnik D.P., Pickett R.D., Holmes R.A., Volkert W.A., Forster A.M., Weisner P.S., Marriou J.A., Chaplin S.B. Technetium-99m d,l-HM-PAO: A New Radiopharmaceutical for SPECT Imaging of Regional Cerebral Blood Perfusion // *J. Nucl. Med*. 1987. Vol. 28. P. 191–202.
 13. Pijarowska-Kruszyna J., Karczmarczyk U., Jaroń A., Laszuk E., Radzik M., Garnuszek P., Mikołajczak R. New synthesis route of active substance d,l-HMPAO for preparation ^{99m}Tc Exametazime // *Nuclear Medicine Review*. 2017. Vol. 20 (2). P. 88–94. DOI: 10.5603/NMR.2017.0014.
 14. Andersen A.R. ^{99m}Tc-D,L-hexamethylene-propyleneamine oxime (^{99m}Tc-HMPAO): basic kinetic studies of a tracer of cerebral blood flow // *Cerebrovasc Brain Metab. Rev*. 1989. Vol. 1 (4). P. 288–318.
 15. Pettersson H., Slone R.M., Spanier S., Gillespie Th., Fitzsimmons J.R., Scott K.N. Musculoskeletal Tumors: T1 and T2 relaxation Times // *Radiology*. 1988. Vol. 167. P. 783–785.
 16. Зевацкий Ю.Э., Самойлов Д.В. Эмпирический метод учета влияния растворителя на константы диссоциации карбоновых кислот // *Журнал органической химии*. 2008. № 44 (1). С. 59–68. [Zevatskiy Yu.E., Samoilov D.V. Empiric method of quantification of influence of dissolver on dissociation constants of carbonic acids. *Zhurnal organicheskoi khimii*, 2008, No. 44 (1), pp. 59–68 (In Russ.).]
 17. Kaviani S., Shahab S., Sheikhi M., Ahmadianarog M. DFT study on the selective complexation of meso-2,3-dimercaptosuccinic acid with toxic metal ions (Cd²⁺, Hg²⁺ and Pb²⁺) for pharmaceutical and biological applications // *Journal of Molecular Structure*. 2019. Vol. 1176. P. 901–907.
 18. Saha G.B., MacIntyre W.J., Go R.T. Radiopharmaceuticals for brain imaging // *Semin. Nucl. Med*. 1994. Vol. 24 (4). P. 324–349.
 19. Шимановский Н.Л. Оценка морфологических изменений и функции гепатобилиарной системы с помощью гадооксетоной кислоты (примовиста) // *Анналы хирургической гепатологии*. 2014. Т. 19 (2). С. 42–48. [Shimanovskii N.L., Evaluation of morphologic changes and function of hepatobiliary system using gadoxetic acid (primovist). *Annals of surgical hepatology*. 2014. Vol. 19 (2), pp. 42–48 (In Russ.).]
 20. Усов В.Ю., Белянин М.Л., Кодина Г.Е., Афанасьев С.А., Безлепкин А.И., Гуляев В.М., Шимановский Н.Л. МР-томография миокарда с парамагнитным контрастным усилением Мп-етоксизобутилизонитрилом (Мп-МИБИ) в эксперименте // *Медицинская визуализация*. 2016. № 1. С. 31–38. [Ussov W.Yu., Belyanin M.L., Kodina G.E., Afanasyev S.A., Bezlepkin A.I., Gulyaev V.M. Shimanovskii N.L. MRI of myocardium with paramagnetic contrast enhancement with Mn-metoxi-sobutylysonitriole (Mn-MIBI) in experiment. *Medical visualization*, 2016, No. 1, pp. 31–38 (In Russ.).]
 21. Усов В.Ю., Скопинаро Ф., Попадич С., Медведева А.А., Обладович В., Барышева Е.В., Петрович Н., Величко С.А., Стуканов С.Л. Сцинтиграфическая визуализация рака молочной железы с помощью ^{99m}Tc-гексаметилпропиленаминоксима (Теоксима) // *Медицинская визуализация*. 2002. № 3. С. 113–116. [Ussov W.Yu., Skopinaro F., Popadic S., Medvedeva A.A., Obradovic V., Barysheva E.V., Petrovic N., Velichko S.A., Stukanov S.L. Scintigraphic imaging of breast cancer with ^{99m}Tc-hexamethylpropylenaminoxim (Teoksim). *Medical visualization*, 2002, No. 3, pp. 113–116 (In Russ.).]
 22. Солодяникова О.И., Скляр С.Ю., Войт Н.Ю., Джужа Д.О., Шмаков Ю.Г. Алгоритм применения маммосцинтиграфии в комплексной диагностике рака молочной железы // *Український радіологічний журнал*. 2010. Т. 18 (3). С. 326–330. [Solodyannikova O.I., Sklyar S.Yu., Voigt N.Yu., Dzhuzha D.O., Shmakov Yu.G. Algorityhm of use of mammoscintigraphy in complex diagnosis of the breast cancer. *Ukrainian Radiologic Journal*, 2010, Vol. 18 (3), pp. 326–330 (In Russ.).]
 23. Collazo De La Maza A.A., Borrón Molino M.C., Quesada Cepero W., Rebustillo M., León Landín V., Sánchez Monzón I., Ortiz R.M., Oliver B., Abreu M., Oliva González J.P. Detection of the cutaneous melanomas, their metastasis and relapses by scintigraphies with ^{99m}Tc-HMPAO // *Rev. Esp. Med. Nucl*. 2002. Vol. 21 (1). P. 17–23.
 24. Durak H., Durak I., Capa Kaya G., Değirmenci B., Ada E., Kargi A. ^{99m}Tc-HMPAO and Tl-201 uptake patterns in a malignant undifferentiated orbital neoplasm // *Clin. Nucl. Med*. 2001. Vol. 26 (7). P. 651–652.
 25. Makeev S.S. *Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія у діагностиці пухлин головного мозку*: дис. д-ра мед. наук: спец. 14.01.23.— променева діагностика, променева терапія. Київ, 2008. 290 с. [Makeev S.S. *Single-photon emission computed tomography in the diagnosis of brain tumors*: dis. ... dr. sci. med. Kiev, 2008, 290 p. (In Russ.).]
 26. Makeev S.C., Коваль С.С., Гук Н.А. Применение радиофармпрепаратов для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии аденом гипофиза // *Український нейрохірургічний жур-*

- нал. 2014. № 2. С. 20–24. [Makeev S.S., Koval S.S., Guk N.A. Use of radiopharmaceuticals for the SPECT diagnosis of pineal adenomas. *Ukrainian neurosurgical journal*, 2014, No. 2, pp. 20–24 (In Russ.)].
27. Pljesa-Ercegovac M., Savic-Radojevic A., Matic M., Coric V., Djukic T., Radic T., Simic T. Glutathione Transferases: Potential Targets to Overcome Chemoresistance in Solid Tumors // *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19 (12). pii: E3785. DOI: 10.3390/ijms19123785.
28. Ussov W.Y., Aktolun C., Myers M.J., Jamar F., Peters A.M. Granulocyte margination in bone marrow: comparison with margination in the spleen and liver // *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 1995. Vol. 55 (1). P. 87–96.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 04.06.2019 г.

Контакт: Усов Владимир Юрьевич, ussov1962@yandex.ru

Сведения об авторах:

- Усов Владимир Юрьевич* — профессор, доктор медицинских наук, заведующий отделением рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр» РАН; 634009, Томск, Кооперативный пер., д. 5; e-mail: ussov1962@yandex.ru;
- Белянин Максим Львович* — доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии и биотехнологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; 634050, Томск, пр. Ленина, д. 30; e-mail: m_belyanin@mail.ru;
- Филимонов Виктор Дмитриевич* — профессор, доктор химических наук, профессор кафедры органической химии и биотехнологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; 634050, Томск, пр. Ленина, д. 30; e-mail: filimonov@tpu.ru;
- Безлепки Александр Иванович* — директор ООО «Ветеринарная клиника «Айболит»; 634009, Томск; ул. Карла Маркса, д. 63;
- Данилец Марина Григорьевна* — доктор биологических наук, заведующий отделом экспериментальных биологических моделей НИИ фармакологии и регенеративной медицины им. Е. Д. Гольдберга ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр» РАН; 634009, Томск, Кооперативный пер., д. 5;
- Мильто Иван Васильевич* — профессор, доктор медицинских наук, профессор кафедры морфологии и общей патологии медико-биологического факультета ГОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет»; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2;
- Веснина Жанета Владимировна* — доктор медицинских наук, заведующая клинической лабораторией радионуклидных методов исследования НИИ кардиологии ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр» РАН; 634009, Томск, Кооперативный пер., д. 5;
- Зоркальцев Максим Александрович* — доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики ГОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет»; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2;
- Лучич Милош А.* — профессор, доктор медицинских наук, врач МРТ отдела визуализации Института в Сремской Каменице, Нови Сад, Сербия;
- Шимановский Николай Львович* — профессор, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой молекулярной фармакологии им. акад. П. С. Сергеева ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский Московский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» МЗ РФ; 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: shiman@rsmu.ru.

Уважаемые коллеги!

13 декабря 2018 года состоится международная телеконференция **«Современные международные стандарты анализа лучевых изображений: RADS и другие»**

В фокусе внимания — современные критерии анализа изображений головного мозга (черепно-мозговая травма, ишемический инсульт), ЛОР-органов, поджелудочной железы (рак и псевдотуморозные поражения), позвоночника (дистрофические процессы), легких (интерстициальные заболевания), предстательной железы (неоплазии), принципы и подходы при лучевых исследованиях в педиатрии.

Целевая аудитория: лучевые диагносты, врачи УЗД, представители смежных специальностей

Предполагаемое количество участников до 120 на месте проведения и до 300 по on-line трансляции. Возможно подключение в формате YouTube.

Материалы конференции будут изданы в виде руководства для врачей.

Приглашаются все желающие!

Подробная информация:

тел.: +7 921 956-92-55

на сайте: <https://radiomed.ru/>

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 616-027.7

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-50-58>**МР-МОРФОМЕТРИЯ СУБПОЛЕЙ И СУБРЕГИОНОВ
ГИППОКАМПА В НОРМЕ И ПРИ РЯДЕ ПСИХИЧЕСКИХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ**

^{1,2}Н. И. Ананьева, ¹Е. В. Андреев, ¹Т. А. Саломатина, ¹Л. Р. Ахмерова, ¹Р. В. Ежова,
¹Н. Г. Незнанов, ¹Н. М. Залуцкая

¹Национальный медицинский исследовательский центр неврологии и психиатрии им. В. М. Бехтерева,
Санкт-Петербург, Россия

²Научно-клинический и образовательный центр «Лучевая диагностика и ядерная
медицина» Института высоких медицинских технологий Санкт-Петербургского государственного
университета, Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Исследования гиппокампа имеют большое прикладное значение, так как нарушением функционирования этой структуры сопровождаются многие психические заболевания. Целью работы являлось уточнение изменения объемов гиппокампа, его субрегионов и субполей на примере БА на ранней стадии, сосудистой деменции, депрессии в сравнении с нормальным возрастным старением. Обследовано четыре группы по 10 пациентов. В 1-ю группу (основную) вошли пожилые люди (мужчины и женщины) в возрасте от 55 лет, страдающие БА (10 человек). Всем испытуемым контрольной группы был поставлен диагноз БА на стадии ранней деменции. Во 2-ю группу (контрольную) включены условно-здоровые добровольцы в возрасте от 55 лет (10 человек) без неврологической и психопатологической симптоматики. 3-ю группу составили пациенты с СД (10 человек), диагноз у которых был выставлен в соответствии с критериями МКБ-10 и NINDS-ADRDA. В 4-ю группу вошли пациенты с депрессией (10 человек), диагноз которым был выставлен в соответствии с клинико-психиатрическими и нейропсихологическими шкалами. В работе проанализированы данные МРТ морфометрии субрегионов и субполей гиппокампа у здоровых добровольцев, пациентов с болезнью Альцгеймера (БА) на ранней стадии, сосудистой деменцией (СД), депрессией. Определен способ выявления и измерения объемов различных субполей гиппокампа. Выявлены различия в объемах субполей и субрегионов гиппокампов у пациентов на ранней стадии БА в СА3 поле Бродмана, молекулярных слоях гиппокампа и зубчатой фасции, для группы пациентов с СД — в объемах хвоста гиппокампа, молекулярного слоя зубчатой фасции и СА3 поля, для группы пациентов с депрессией — в молекулярном слое зубчатой фасции, СА3 поле Бродмана и фимбрии. Это указывает на то, что уже на ранней стадии заболеваний страдают те субполя гиппокампа, которые ответственны за координацию его деятельности и распределение потоков информации, поступающих от других структур головного мозга.

Ключевые слова: болезнь Альцгеймера, гиппокамп, депрессия, МРТ, поле Бродмана, сегментация, сосудистая деменция

**MR MORPHOMETRY OF THE HIPPOCAMPUS IN NORMAL
VOLUNTEERS AND PATIENTS WITH PSYCHOTIC DISORDERS
DISEASE**

^{1,2}N. I. Ananyeva, ¹E. V. Andreev, ¹T. A. Salomatina, ¹L. R. Akhmerova, ¹R. V. Ezhova,
¹N. G. Neznanov, ¹N. N. Zalutskaya

¹V. M. Bekhterev National Research Medical Center of Psychiatry and Neurology, St. Petersburg, Russia

²Scientific and clinical educational centre «Medical Radiology and Nuclear medicine» St. Petersburg
State University, St. Petersburg, Russia

Role of limbic system, first of all, hippocampal formation, is carefully analyzed in literature because of its involvement in different psychiatric diseases. Results are contradictory, may be because of insufficient data of normal volumes of structures involving in cognitive and affective functioning of the brain. Hippocampus is very complex organized structure consisting of different subfields and subregions which probably differently changes in different psychiatric diseases. Aim of our study was to analyzed

changes in volumes of the whole hippocampus, its subregions and subfields in different psychiatric diseases. In our study we have analyzed MRI morphometry of hippocampal formation in healthy volunteers, patients with Alzheimer disease (AD) in early stage, vascular dementia (VD), depression based on medical literature and our experience. Patients were divided on 4 groups: 10 patients with early Alzheimer disease, 10 normal volunteers, 10 patients with vascular dementia and 10 patients with depression. We have determined method of definition and volume evaluation of different hippocampal subfields. We find difference in the volumes of CA3, molecular stratum and fascia dentata in early stage of AD; in the volume of hippocampal tail, molecular stratum of fascia dentata and CA3 in patients with VD; in molecular stratum of fascia dentata, fimbria and CA3 in patients with depression because of role of these fields in coordination of hippocampal activity.

Key words: Brodman area, depression, hippocampus, MRI, segmentation, vascular dementia.

Для цитирования: Ананьева Н.И., Андреев Е.В., Саломатина Т.А., Ахмерова Л.Р., Ежова Р.В., Незнанов Н.Г., Залуцкая Н.М. МР-морфометрия субполей и субрегионов гиппокампа в норме и при ряде психических заболеваний // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 50–58, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-50-58>.

Введение. Бурное развитие нейронаук требует более детальных нейроморфологических данных об анатомии внутримозговых структур с учетом их индивидуальной вариабельности. Одним из современных и наиболее перспективных методов изучения анатомии головного мозга является магнитно-резонансная томография (МРТ), которая позволяет получать прижизненную морфометрическую характеристику головного мозга и его структур [1–3]. Однако, несмотря на уже 25-летний опыт использования МРТ, многие вопросы морфометрии и вариантов строения различных отделов головного мозга при психических заболеваниях до настоящего времени носят противоречивый характер и остаются до конца невыясненными. Это касается и лимбической системы, в первую очередь гиппокампа.

Вероятнее всего конфликтность результатов связана с неоднородностью как обследованных пациентов, так и здоровых добровольцев по полу и возрасту, сопутствующей патологии [4, 5]. Кроме того, нельзя исключить, что на результаты нейровизуализационных исследований могут значимо влиять факторы, связанные с течением заболевания (длительность заболевания, терапевтическая доступность и использование специфической терапии) [6, 7]. Именно поэтому количественные данные о размерах структур головного мозга в норме и при психических заболеваниях чрезвычайно актуальны не только для понимания вариантов нормы, но и для уточнения патологических изменений, особенно на ранних стадиях заболеваний головного мозга [1, 8–10].

В связи с этим исследования, проведенные методами нейровизуализации, позволяющие получать такие данные, столь важны для неврологии, психиатрии, медицинской психологии [1, 2, 4–6, 11, 12]. В большинстве источников литературы по МРТ представлен качественный [2, 11–13] и, в меньшей степени, количественный анализ структур головного мозга [5, 14, 15]. Такие данные востребованы, прежде всего, как основа оценки изменений структур головного мозга при различной его патологии.

В настоящее время в мировой литературе широко обсуждается вопрос о заинтересованности структур

лимбической системы, в том числе гиппокампа, в реализации различных патологических состояний головного мозга [6, 7, 12, 15]. Однако получаемые результаты противоречивы. В том числе это может быть связано с недостаточной разработанностью нормы объемных и линейных размеров структур головного мозга, ответственных за функционирование когнитивной и эмоциональной сферы человека, в том числе в разные возрастные периоды [2, 4, 15]. Кроме того, гиппокампальная формация является сложно организованной структурой, состоящей из нескольких отделов — субрегионов (головка, тело, хвост) и субполей (CA1-CA4, subiculum, presubiculum, fasciamentatus), вероятно, по-разному меняющихся в зависимости от тех или иных психических нарушений.

В связи с этим в данной работе мы попытались уточнить изменения объемов гиппокампа, его субрегионов и субполей, на примере БА на ранней стадии, СД, депрессии в сравнении с нормальным возрастным старением.

Материалы и методы. Проведено обследование 150 человек, проходивших психолого-психиатрическое обследование на геронтологическом отделении ФГБУЗ НМИЦ НП им. В. М. Бехтерева. Все пациенты без выраженной неврологической и психопатологической симптоматики, а также без сахарного диабета, выраженных повышений артериального давления, атеросклероза и нейроинфекций в возрасте от 55 до 75 лет.

В тесте MMSE пациенты набрали от 23 до 27 баллов (среднее значение — 25 баллов), в тесте «Рисование часов» — от 2 до 10 баллов (среднее значение — 7 баллов), в тесте «Батарея лобной дисфункции» — от 10 до 17 баллов (среднее значение — 13 баллов).

Из этого числа пациентов было выделено четыре группы по 10 пациентов. В 1-ю группу (основную) вошли пожилые люди (мужчины и женщины) в возрасте от 55 лет, страдающие БА (10 человек). Всем испытуемым контрольной группы был поставлен диагноз БА на стадии ранней деменции. Во 2-ю группу (контрольную) включены условно-здоровые добровольцы в возрасте от 55 лет (10 человек) без

го исследования мозга и их несомненные достоинства, многие вопросы морфологических особенностей медиобазального отдела височной доли, вариантов его строения, до сих пор остаются неясными. Вероятно, функциональные нарушения, приводя-

щие к клинической симптоматике, опережают структурные (атрофические) изменения головного мозга на ранней стадии деменции.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Психиатрия: Национальное руководство*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 1008 с. [*Psychiatry: National Leaders*. The 2nd ed. processed and added. Moscow: Izdatel'stvo GEOTAR-Media, 2018, 1008 p. (In Russ.)].
2. Boutet C. et al. Detection of volume loss in hippocampal layers in Alzheimer's disease using 7 TMRI: A feasible study // *Neuroimage Clin*. 2014. Vol. 5. P. 341–348.
3. Bogdanov A., Degtyarev A., Guschanskiy D., Lysov K., Ananyeva N., Zalutskaya N., Neznanov N. Analog-digital approach in human brain modeling // *2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, CCGRID 2017. Bk: Proceedings*. 2017. Vol. 17. P. 807–812.
4. Ананьева Н.И., Ежова Р.В., Гальсман И.Е., Давлетханова М.А., Ростовцева Т.М., Стулов И.К., Вассерман Л.И., Шмелева Л.М., Чуйкова А.В., Сорокина А.В., Иванов М.В. Гиппокамп: Лучевая анатомия, варианты строения // *Лучевая диагностика и терапия*. 2015. № 1. С. 39–44. [Ananyeva N.I., Ezhova R.V., Galsman I.E., Davletkhanova M.A., Rostovtseva T.M., Stulov I.K., Wasserman L.I., Shmelyova L.M., Chuykova A.V., Sorokina A.V., Ivanov M.V. Hippocampus: Beam anatomy, building options. *Radiodiagnosis and therapy*, 2015, No. 1, pp. 39–44 (In Russ.)].
5. Ананьева Н.И., Ежова Р.В., Ганзенко М.А. Исследование гендерных и возрастных особенностей анатомии гиппокампа при депрессивных расстройствах методом магнитно-резонансной морфометрии // *Психическое здоровье*. 2016. Т. 14, № 9 (124). С. 18–25. [Ananyeva N.I., Ezhova R.V., Ganzenko M.A. A research of gender and age features of anatomy of a hippocampus at depressive frustration by method of a magnetic and resonant morphometry // *Mental health*, 2016, Vol. 14, No. 9 (124), pp. 18–25 (In Russ.)].
6. Гайкова О.Н., Ананьева Н.И., Забродская Ю.М. *Морфологические проявления общепатологических процессов в нервной системе*. СПб., 2015. [Gaykova O.N., Ananyeva N.I., Zabrodskaya Yu.M. *Morphological manifestations of all-pathological processes in nervous system*. Saint Petersburg, 2015 (In Russ.)].
7. Ежова Р.В., Шмелева Л.М., Ананьева Н.И., Киссин М.Я., Давлетханова М.А., Гальсман И.Е. Применение воксельной морфометрии для диагностики поражения лимбических структур при височной эпилепсии с аффективными расстройствами // *Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В. М. Бехтерева*. 2013. № 2. С. 23. [Ezhova R.V., Shmelyova L.M., Ananyeva N.I., Kissin M.Ya., Davletkhanova M.A., Galsman I.E. Application of a voxelwise morphometry for diagnostics of defeat of limbic structures at temporal epilepsy with affective disorders. *The Review of psychiatry and medical psychology of V.M. Bekhterev*, 2013, No. 2, pp. 23. (In Russ.)].
8. Malykhin N. et al. Three-dimensional volumetric analysis and reconstruction of amygdala and hippocampal head, body and tail // *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 2007. Vol. 2. P. 155–165.
9. McLean J. The investigation of hippocampal and hippocampal subfield volumetry, morphology and metabolites using 3T MRI // *Thesis for the degree of Ph.D.* University Glasgow. 2012. P. 354.
10. Shen L. et al. Comparison of Manual and Automated Determination of Hippocampal Volumes in MCI and Early AD // *Brain Imaging and Behavior*. 2010. Vol. 4. P. 86–95.
11. Вассерман Л.И., Ананьева Н.И., Горелик А.Л., Ежова Р.В. и др. Аффективно-когнитивные расстройства: методология исследования структурно-функциональных соотношений на модели височной эпилепсии // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология*. 2013. Т. 6, № 1. С. 67–71. [Wasserman L.I., Ananyeva N.I., Gorelik A.L., Ezhova R.V., etc. Affective and cognitive frustration: methodology of a research structurally functional a ratio on model of temporal epilepsy. *The Bulletin of the Southern Ural State University. Series: Psychology*, 2013, Vol. 6, No. 1, pp. 67–71. (In Russ.)].
12. *Лучевая диагностика и терапия заболеваний головы и шеи. Национальное руководство*. Сер. Национальные руководства по лучевой диагностике и терапии. М., 2013. [*Radiodiagnosis and therapy of diseases of the head and neck. National leaders*. It is gray. National leaders on radiodiagnosis and therapy. Moscow, 2013 (In Russ.)].
13. Киссин М.Я., Ананьева Н.И., Шмелева Л.М. и др. Особенности нейроморфологии тревожных и депрессивных расстройств при височной эпилепсии // *Обзор психиатрии и медицинской психологии*. 2012. № 2. С. 11–17. [Kissin M.Ya., Ananyeva N.I., Shmelyova L.M., etc. Features of neuromorphology of disturbing and depressive frustration at temporal epilepsy. *The Review of psychiatry and medical psychology*, 2012, No. 2, pp. 11–17. (In Russ.)].
14. Вассерман Л.И., Ананьева Н.И., Иванов М.В., Сорокина А.В., Ершов Б.Б., Ежова Р.В., Янушко М.Г., Чередникова Т.В., Крижановский А.С., Чуйкова А.В. Комплексная диагностика эндогенных депрессий с использованием нейровизуализационных и когнитивных показателей // *Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В. М. Бехтерева*. 2014. № 2. С. 39–44. [Wasserman L.I., Ananyeva N.I., Ivanov M.V., Sorokina A.V., Yershov B.B., Ezhova R.V., Yanushko M.G., Cherednikova T.V., Krizhanovsky A.S., Chuykova A.V. Complex diagnosis of endogenous depressions with use of neurovisualization and cognitive indicators. *The Review of psychiatry and medical psychology of V. M. Bekhterev*, 2014, No. 2, pp. 39–44. (In Russ.)].
15. Трофимова Т.Н., Медведев Ю.А., Ананьева Н.И. и др. Использование посмертной магнитно-резонансной томографии головного мозга при патологоанатомическом исследовании // *Архив патологии*. 2008. Т. 70, № 3. С. 23–28. [Trofimova T.N., Medvedev Yu.A., Ananyeva N.I., etc. Use of posthumous magnetic resonance imaging of a brain at a pathoanatomical research. *Arkhiv patologiya*, 2008, Vol. 70, No. 3, pp. 23–28. (In Russ.)].
16. Chupin M. et al. Segmenting the subregions of the human hippocampus at 7 Tesla // *NeuroImage*. 2009. Vol. 47. P. 122.
17. Harper L., Barkhof F. et al. An algorithmic approach to structural imaging in dementia // *Neurology Neurosurgery Psychiatry*. 2014. Vol. 85. P. 692–698.

18. Балун О.А., Ананьева Н.И., Лукина Л.В. Сравнительные данные МРТ головного мозга у пациентов с дисциркуляторной и с посттравматической энцефалопатией // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2005. Т. 105, № 6. С. 39–44. [Balunov O.A., Ananyeva N.I., Lukina L.V. Comparative data of MRT of a brain at patients with distsirkulyatorny and with post-traumatic encephalopathy. *The Magazine of neurology and psychiatry of S.S. Korsakova*, 2005, Vol. 105, No. 6, pp. 39–44. (In Russ.)].
19. Богданов А.В., Гушанский Д.Е., Дегтярев А.Б., Лысов К.А., Ананьева Н.И., Незнанов Н.Г., Залуцкая Н.М. Гибридные подходы и моделирование активности человеческого мозга // *Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В. М. Бехтерева*. 2017. № 1. С. 19–25. [Bogdanov A.V., Gushchansky D.E., Degtyarev A.B., Lysov K.A., Ananyeva N.I., Neznanov N.G., Zalutskaya N.M. Hybrid approaches and modeling of activity of a human brain. *Review of psychiatry and medical psychology of V. M. Bekhterev*, 2017, No. 1, pp. 19–25 (In Russ.)].
20. Незнанов Н.Г., Ананьева Н.И., Залуцкая Н.М., Стулов И.К., Гальсман И.Е., Бельцева Ю.А. Визуальная шкальная МРТ оценка атрофических изменений головного мозга в диагностике ранней стадии болезни Альцгеймера (1 этап исследования) // *Обзор психиатрии и медицинской психологии имени В. М. Бехтерева*. 2016. № 4. С. 61–66. [Neznanov N.G., Ananyeva N.I., Zalutskaya N.M., Stulov I.K., Galsman I.E., Beltseva Yu.A. Visual school MRT assessment of atrophic changes of a brain in diagnostics of an early stage of Alzheimer's disease (1 investigation phase) // *The Review of psychiatry and medical psychology of V. M. Bekhterev*, 2016, No. 4, pp. 61–66. (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 22.04.2019 г.

Контакт: Ананьева Наталья Исаевна, ananieva_n@mail.ru

Сведения об авторах:

Ананьева Наталья Исаевна — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель отделения клинической диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; профессор Института высоких медицинских технологий ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет» и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина»; e-mail: ananieva_n@mail.ru;

Андреев Евгений Валерьевич — младший научный сотрудник отделения клинико-диагностических исследований, нейрофизиологии и нейровизуализации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: ev.andreev94@gmail.com;

Саломатина Татьяна Александровна — младший научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: tani.salomatina@gmail.com;

Ахмерова Линара Ринатовна — младший научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: akhmerovalinaris94@gmail.com;

Ежова Руслана Владимировна — врач-рентгенолог рентгеновского отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: ruslana411@gmail.com;

Незнанов Николай Григорьевич — доктор медицинских наук, профессор, директор Национального медицинского исследовательского центра психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева, научный руководитель отделения гериатрической психиатрии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: spbinstb@bekhterev.ru;

Залуцкая Наталья Михайловна — кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отделения гериатрической психиатрии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева» МЗ РФ; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: nzalutskaya@yandex.ru.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2019 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис”» 42177

УДК 616.89 073.75:614.876 (477.41)

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-59-65>

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФРАКЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ В ОЦЕНКЕ РИСКА КОГНИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ДИСЦИРКУЛЯТОРНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

И. М. Левашкина, С. В. Серебрякова, О. В. Тихомирова, Е. В. Китайгородская
Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

У пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией (ДЭ) отмечаются частые проявления расстройств когнитивной сферы, что является следствием органического поражения головного мозга. Методика диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии (ДТ-МРТ) позволяет производить количественную оценку целостности проводящих путей. Цель исследования: разработать прогностические критерии изменений белого вещества головного мозга при ДЭ, выявить пороговые значения фракционной анизотропии, способные стать предикторами когнитивных нарушений (КН). Произведено сопоставление результатов ДТ-МРТ с данными нейропсихологического тестирования у пациентов с ДЭ. У пациентов с КН отмечалось статистически достоверное ($p < 0,005$) снижение коэффициента фракционной анизотропии (КФА) в трактах передних отделов лучистого венца (лобные доли), в нижнем продольном пучке (височные доли) и в переднем бедре внутренней капсулы. Рассчитаны пороговые значения КФА в данных областях, являющиеся предикторами КН, что дает возможность определить вероятность риска их развития у пациентов с ДЭ. Количественный анализ изменений в структурах мозга, отвечающих за когнитивную функцию, является актуальным для прогнозирования вероятности наступления у пациентов сосудистой деменции.

Ключевые слова: диффузионно-тензорная МРТ, коэффициент фракционной анизотропии, когнитивные нарушения, дисциркуляторная энцефалопатия, сосудистая деменция

THRESHOLD FRACTION ANISOTROPY LEVEL AND VASCULAR DEMENTIA PREDICTION FOR SUBJECTS WITH DIAGNOSED ENCEPHALOPATHY

I. M. Levashkina, S. V. Serebryakova, O. V. Tikhomirova, E. V. Kitaigorodskaya
Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

As a consequence of the cerebral tracts' damages, encephalopathy comes with cognitive disorders. Diffusion-tensor MRI is a cerebral tracts' integrity quantitative measurement method. The main purpose of the study was to develop criteria of cerebral tracts integrity using DT-MRI to predict vascular dementia, to find threshold CFA level in liable tracts to measure dementia risk. DT-MR results were compared with neuropsychological tests of subjects with diagnosed encephalopathy. Identified statistically significant ($p < 0,005$) FA decrease in three regions for those subjects with cognitive impairment: front sections of corona radiata, inferior longitudinal fasciculi and anterior horn of internal capsule. Threshold FA level calculated for these 3 region of interests, they can be predictors of the risk of cognitive disorders for subjects with diagnosed encephalopathy.

Key words: diffusion-tensor MRI (DT-MRI), fractional anisotropy (FA), cognitive disorders, encephalopathy, vascular dementia

Для цитирования: Левашкина И.М., Серебрякова С.В., Тихомирова О.В., Китайгородская Е.В. Диагностические критерии пороговых значений фракционной анизотропии в оценке риска когнитивных нарушений у пациентов с дисциркуляторной патологией головного мозга // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 59–65, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-59-65>.

Введение. Социальная значимость дисциркуляторной энцефалопатии (ДЭ) определяется выраженностью и скоростью прогрессирования когнитивных нарушений (КН), которые вызывает данное заболе-

ся значения КФА ниже 549 в правом и ниже 545 в левом полушарии. Благоприятный прогноз в отношении когнитивной дисфункции (при специфичности, стремящейся к единице) дают значения КФА выше 631 в правом и выше 639 в левом полушарии.

По данным проведенного исследования, нарушение целостности проводящих путей связано со снижением КФА и отражает степень когнитивных расстройств, что совпадает с мнением исследователей в этой области [19]. У пациентов, имеющих когнитивную дисфункцию, отмечалось снижение фракционной анизотропии в трактах передних отделов лучистого венца, в нижнем продольном пучке и в пучках переднего бедра внутренней капсулы. Снижение КФА наблюдалось в большей степени по ассоциативным волокнам, связывающим различные доли одного полушария. Это подтверждает гипотезу о том, что функционально значимыми для КН являются в основном лобные доли [20] и проводящие пути, связанные с таламусами и с лимбической системой.

Микроструктурные изменения проводящих путей головного мозга могут быть зафиксированы с помощью ДТ-МРТ еще до появления активных жалоб пациентов на снижение когнитивных функций. Начальные изменения микроструктуры проводящих путей головного мозга, количественно учитываемые с помощью значений КФА, достоверно не определяются ни клиническими (нейропсихологическое тестирование), ни диагностическими (рутинное МРТ) методами. Авторами рекомендовано в рамках МР-исследования у больных с ДЭ проведение дополнительной программы ДТ с целью прогноза когнитивной дисфункции.

Заключение.

1. Выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) снижение коэффициента фракционной анизотропии

у пациентов с когнитивными нарушениями в трактах лобных, височных долей и переднего бедра внутренней капсулы.

2. Измерение коэффициента фракционной анизотропии в передних отделах лучистого венца, в нижнем продольном пучке и в переднем бедре внутренней капсулы позволяет количественно оценить вероятность развития снижения когнитивных функций.

3. Неблагоприятным признаком для развития когнитивных нарушений у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией являются следующие значения КФА: для передних отделов лучистого венца — ниже 282 в правом и 289 в левом полушарии, для нижнего продольного пучка — ниже 400 в обоих полушариях, для переднего бедра внутренней капсулы — ниже 549 в правом и 545 в левом полушарии.

4. Благоприятный прогноз в отношении сохранности когнитивных функций у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией дают значения коэффициента фракционной анизотропии: для передних отделов лучистого венца — выше 369 в правом и 367 в левом полушарии, для нижнего продольного пучка — выше 498 в правом и 497 в левом полушарии, для переднего бедра внутренней капсулы — выше 631 в правом и 639 в левом полушарии.

5. Пациенты, у которых значения анизотропии попадают в диапазон между вышеуказанными значениями, относятся к группе риска в отношении снижения когнитивных функций и нуждаются в дополнительном обследовании.

6. Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать метод диффузионно-тензорной МРТ как дополнительный к клинко-психопатологическому методу исследования головного мозга у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Парфенов В.А., Захаров В.В., Преображенская И.С. *Когнитивные расстройства*. М.: Ремедиум, 2015. 192 с. [Parfenov V.A., Zakharov V.V., Preobrazhenskaya I.S. *Kognitivnyye rasstroistva [Cognitive impairments]*. Moscow: Izdatel'stvo Remedium, 2015. 192 p. (In Russ.)].
2. Scrobot O.A., O'Brien J., Black S. et al. The vascular impairment of cognition classification consensus study // *Alzheimers Dement.* 2016. Vol. 13, No. 6. P. 624–633.
3. Локшина А.Б., Захаров В.В. Вопросы терапии хронической ишемии головного мозга // *Неврология и психиатрия*. 2017. № 3 С. 48–54. [Lokshina A.B., Zakharov V.V. Therapy issues of chronic cerebral ischemia // *Neurologiya i Psikiatriya [Neurology and Psychiatry]*, 2017, No. 3, pp. 48–54 (In Russ.)].
4. Лобзин В.Ю. Комплексная ранняя диагностика нарушений когнитивных функций // *Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2015. Т. 115, № 11. С. 72–79. [Lobzin V.Yu. Comprehensive early diagnosis of cognitive impairment. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S. S. Korsakova [S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry]*, 2015, Vol. 115, No. 11, pp. 72–79. (In Russ.)].
5. Ходжаева Д.Т., Хайдарова Д.К. Поражения проводящих путей при различных типах умеренно-когнитивных расстройств на фоне хронической ишемии мозга // *Евразийский союз ученых*. 2015. № 10. С. 122–124. [Khodzhaeva D.T., Khaydarova D.K. Lesions of pathways in different types of moderate cognitive disorders on the background of chronic ischemia of the brain. *Zhurnal Evraziyskogo Soyuza uchenykh=Eurasian Union of Scientists*, 2015, No. 10, pp. 122–124. (In Russ.)].
6. Engelhardt E., Moreira D.M., Laks J. The brain subcortical white matter and aging: A quantitative fractional anisotropy analysis // *Dement Neuropsychol.* 2009. Vol. 3 (3). P. 228–233. DOI: 10.1590/S1980-57642009DN30300009.
7. Wang S., Yuan J., Guo X. Teng et al. Correlation between prefrontal-striatal pathway impairment and cognitive impairment in patients with leukoaraiosis // *Medicine*. 2017. Vol. 96 (17). DOI: 10.1097/MD.00000000000006703.

8. Wu Y.F., Wu W.B., Liu Q.P. et al. Presence of lacunar infarctions is associated with the spatial navigation impairment in patients with mild cognitive impairment: a DTI study // *Oncotarget*. 2016. Vol. 7 (48). P. 78310–78319. DOI: 10.18632/oncotarget.13409.
9. Максудов Г.А. Классификация сосудистых поражений головного и спинного мозга // *Сосудистые заболевания нервной системы / под ред. Е. В. Шмидта. М., 1975. С. 12–17. [Maksudov G.A. Vascular involvements of brain and spinal cord classification. Ed. E. V. Schmidt, Moscow, 1975, pp. 12–17. (In Russ.)]*.
10. Folstein M.F., Folstein S.E., McHugh P.R. Mini-Mental State: a practical guide for grading the mental state of patients for the clinical // *J. Psych. Res.* 1975. Vol. 12. P. 189–198.
11. Dubois B., Slachevsky A., Litvan I. et al. The FAB: A frontal assessment battery at bedside // *Neurology*. 2000. Vol. 55, No. 11. P. 1621–1626.
12. Mori S., Wakana S., Nagae-Poetscher L.M., Van Zijl P.C.M. MRI atlas of human white matter // *Elsevier*. 2010. 284 p.
13. Nakulinen U. et al. Repeatability and variation of region-of-interest methods using quantitative diffusion tensor MR imaging of the brain // *BMC Medical Imaging*. 2012. Vol. 12. DOI: 10.1186/1471-2342-12-30.
14. Левашкина И.М., Серебрякова С.В., Кожевникова В.В., Алексанин С.С. Возможности диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии в комплексной оценке когнитивных расстройств у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде (клинико-лучевые сопоставления) // *Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях*. 2017. № 4. С. 13–19. [Levashkina I.M., Serebryakova S.V., Kozhevnikova V.V., Aleksanin S.S. Diffusion tensor MRI potential of integrated assessment for Chernobyl accident liquidators' cognitive disorders at the remote period (clinical and radiological juxtapositions). *Medico-Biological and Socio-Psychological problems of safety in emergency situations*, 2017, No. 4, pp. 13–19. (In Russ.)].
15. Zakszewski E., Adluru N., Tromp do P.M. et al. A diffusion-tensor-based white matter atlas for rhesus macaques // *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9 (9). DOI: 10.1371/journal.pone.0107398.
16. Abdallah C.G., Tang C.Y., Mathew S.J. et al. Diffusion tensor imaging in studying white matter complexity: a gap junction hypothesis // *Neurosci Lett*. 2010. Vol. 475 (3). P. 161–164. DOI: 10.1016/j.neulet.2010.03.070.
17. Catani M., Thiebaut de Schotten M. A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dis-sections // *Cortex*. 2008. Vol. 44 (8). P. 1105–1132. doi: 10.1016/j.cortex.2008.05.004.
18. Калашникова Л.А. Когнитивные нарушения и деменция при цереброваскулярных заболеваниях // *Нервные болезни*. 2005. № 2. С. 36–40. [Kalashnikova L.A. Cerebrovascular Disease, Cognitive Impairment and Dementia. *Neurological disorders*, 2005, No. 2, pp. 36–40. (In Russ.)].
19. Фокин В.А., Одинак М.М., Шамрей В.К. и др. Возможности количественной диффузионной тензорной магнитно-резонансной трактографии в диагностике неопухолевых заболеваний головного мозга // *Вестн. Рос. Воен.-мед. акад.* 2009. № 3. С. 145–150. [Fokin V.A., Odinak M.M., Shamrei V.K. et al. Diffusion tensor magnetic resonance imaging tractography in diagnostics of non-tumor neurodegenerative diseases // *Vestnik Rossiiskoi Voenno-meditsinskoi akademii [Bulletin of Russian Military medical Academy]*, 2009, No. 3, pp. 145–150. (In Russ.)].
20. Liu J., Liang P., Yin L. et al. White Matter Abnormalities in Two Different Subtypes of Amnesic Mild Cognitive Impairment // *PLoS One*. 2017. Vol. 12 (1). doi: 10.1371/journal.pone.0170185.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 18.04.2019 г.

Контакт: Левашкина Ирина Михайловна, levashkina ldc@yandex.ru

Сведения об авторах:

Левашкина Ирина Михайловна — врач-рентгенолог кабинета магнитно-резонансной томографии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России; 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2; e-mail: levashkina ldc@yandex.ru; Серебрякова Светлана Владимировна — доктор медицинских наук, зав. кабинетом магнитно-резонансной томографии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России; 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2; e-mail: medicine@arcegm.spb.ru;

Тихомирова Ольга Викторовна — доктор медицинских наук, зав. отделом клинической неврологии и медицины сна Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России; 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2; e-mail: Tikhomirova2@rambler.ru;

Китайгородская Елена Викторовна — математик, независимый системный аналитик; e-mail: kitaygorodskaya@gmail.com.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2019 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис”» 42177

МР-МОРФОМЕТРИЯ И ДИФФУЗИОННО-ТЕНЗОРНАЯ МРТ В ОЦЕНКЕ ИЗМЕНЕНИЙ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА У ДЕТЕЙ СО СПАСТИЧЕСКОЙ ДИПЛЕГИЕЙ

¹В. С. Львов, ^{1,2,3}А. В. Поздняков, ¹Д. О. Иванов, ¹Т. А. Александров, ¹Т. В. Мелашенко,
^{1,4}Л. М. Макаров, ^{1,2,3}О. Ф. Позднякова, ¹В. А. Александрович

¹Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

²Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

³Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова,
Санкт-Петербург, Россия

⁴Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Целью исследования являлась сравнительная оценка объема мозолистого тела по данным МР-морфометрии и показателей диффузии в мозолистом теле по данным диффузионно-тензорной МРТ (ДТ-МРТ) у детей со спастической диплегией. *Методы:* основную группу составили 12 детей в возрасте от 1 года 8 мес до 4 лет 3 мес, группу сравнения — 5 детей с нормальным моторным развитием, не имевших двигательных нарушений, в возрасте от 1 года 3 мес до 3 лет 8 мес. Обследуемым выполнялась МР-морфометрия, диффузионно-тензорная МРТ. Проводилось сравнение объемов мозолистого тела и показателей диффузии между группами. *Результаты:* выявлены достоверные различия ($p < 0,05$) в объеме колена, валика и средней трети ствола мозолистого тела. Также выявлены достоверные различия ($p < 0,05$) показателей диффузии в средней и задней трети ствола, валике мозолистого тела. Полученные данные демонстрируют диффузный характер патологических изменений в мозолистом теле у детей со спастической диплегией.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, магнитно-резонансная томография, воксель-базируемая морфометрия, диффузионно-тензорная МРТ

MR-MORPHOMETRY AND DTI IN ASSESSING CHANGES OF CORPUS CALLOSUM IN CHILDREN WITH SPASTIC DIPLEGIA

¹V. S. Lvov, ^{1,2,3}A. V. Pozdnyakov, ¹D. O. Ivanov, ¹T. A. Aleksandrov, ¹T. V. Melashenko,
^{1,4}L. M. Makarov, ^{1,2,3}O. F. Pozdnyakova, ¹V. Yu. Aleksandrovich

¹St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

²North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

³A. M. Granov Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia

⁴Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, Russia

The aim of the study was to compare the volumes according to MR morphometry and diffusion values according to diffusion-tensor MRI (DT-MRI) of the corpus callosum in children with spastic diplegia. *Methods:* the main group consisted of 12 children aged from 1 year 8 months to 4 years 3 months, the comparison group — 5 children with normal motor development, who did not have motor impairments, at the age from 1 year and 3 months up to 3 years 8 months. All patients underwent MR-morphometry, DTI. A comparison was made between the volumes and diffusion values of the corpus callosum between groups. *Results:* Significant differences were found ($p < 0,05$) in the volume of the genu, splenium and the middle third of the trunk of the corpus callosum. Significant differences ($p < 0,05$) of diffusion values in the middle and posterior third of the trunk of the corpus callosum were also revealed. The data obtained demonstrate the diffuse nature of pathological changes in the corpus callosum in children with spastic diplegia.

Key words: cerebral palsy, magnetic resonance imaging, voxel-based morphometry, diffusion tensor imaging

Для цитирования: Львов В.С., Поздняков А.В., Иванов Д.О., Александров Т.А., Мелашенко Т.В., Макаров Л.М., Позднякова О.Ф., Александрович В.А. МР-морфометрия и диффузионно-тензорная МРТ в оценке изменений мозолистого тела у детей со спастической диплегией // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 66–71, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-66-71>.

противоположное мнение. Однако все эти авторы в своих работах использовали различные методики оценки объема и/или площади данной структуры. Таким образом, выявленные в данном исследовании результаты подтверждаются лишь частично.

Обнаружено достоверное уменьшение показателя ФА в задней трети ствола по данным ДТ-МРТ, что отражает микроструктурное повреждение проводящих путей на данном уровне при отсутствии достоверных различий в объеме данной структуры. Несмотря на продемонстрированную тенденцию к уменьшению ФА в передней и средней трети ствола мозолистого тела у детей с ДЦП, различия в этих областях нельзя считать достоверными ($p=0,07$ и $p=0,09$ для передней и средней трети соответственно). Полученные данные лишь частично подтверждаются результатами исследования Andrews и соавт. [10], демонстрирующих уменьшение ФА по всему объему ствола. Однако следует обратить внимание на то, что исследователи анализировали только лишь этот показатель. При сравнении АДСв стволе мозолистого тела нами выявлено достоверное увеличение данного коэффици-

ента в средней и задней трети этой анатомической области ($p=0,04$ и $p=0,003$ соответственно) у детей с диплегией. Также отмечалась тенденция к увеличению данного показателя и в передней трети ($p=0,06$). Полученные данные отражают более низкую упорядоченность проводящих путей на этом уровне, что свидетельствует об их микроструктурном повреждении.

Можно сделать вывод, что обнаруженные изменения являются характерными для детей со спастической диплегией. Повреждение мозолистого тела во всех его регионах отражает диффузный характер гипоксически-ишемического воздействия на головной мозг недоношенного новорожденного (рис. 2, 3). Однако данная проблема требует дальнейшего изучения. Согласно современным представлениям, мозолистое тело — это структура, непосредственно не связанная с двигательными функциями. В то же время повреждение этой структуры головного мозга ассоциировано с когнитивными, умственными, речевыми, поведенческими нарушениями [4, 6, 12, 13], что усугубляет тяжесть и ограничивает реабилитационный потенциал больных с ДЦП.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Пальчик А.Б., Федорова Л.А., Понятишин А.Е. *Неврология недоношенных детей*. М.: МЕДпресс-информ, 2014. 376 с. [Pal'chik A.B., Fedorova L.A., Ponyatishin A.E. *Neurologiya nedonoshennykh detey* [Neurology of preterm infants]. Moscow: Izdatel'stvo MEDpress-inform, 2014. 376 p. (In Russ.)].
2. Volpe J.J. Brain injury in premature infants: a complex amalgam of destructive and developmental disturbances // *Lancet Neurol.* 2009. № 8 (1). P. 110–124.
3. Varghese B., Xavier R., Manoj V.C. et al. Magnetic resonance imaging spectrum of perinatal hypoxic-ischemic brain injury // *Indian J. Radiol. Imaging.* 2016. No. 26 (3). P. 316–327.
4. Nosarti C., Rushe T.M., Woodruff P.W. et al. Corpus callosum size and very preterm birth: relationship to neuropsychological outcome // *Brain.* 2004. No. 9. P. 2080–2089.
5. Cooke R.W., Abernethy L.J. Cranial magnetic resonance imaging and school performance in very low birthweight infants in adolescence // *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal Ed.* 1999. Vol. 2. P. 116–121.
6. Narberhaus A., Segarra D., Caldu X. et al. Corpus callosum and prefrontal functions in adolescents with history of very preterm birth // *Neuropsychologia.* 2008. No. 1. P. 111–116.
7. Rademaker K.J., Lam J.N., van Haastert I. et al. Larger corpus callosum size with better motor performance in prematurely born children // *Semin Perinatol.* 2004. No. 4. P. 279–287.
8. Зыкин П.А., Ялфимов А.Н., Александров Т.А. и др. Особенности развития мозолистого тела мозга детей по данным МРТ // *Педиатр.* 2018. Т. 9, № 1. С. 37–48. [Zykin P.A., Yal'fimov A.N., Aleksandrov T.A. et al. Osobennosti razvitiya mozolistogo tela mozga detey po dannym MRT [Developmental features of corpus callosum in children revealed by MRI] // *Pediatr.* 2018, Vol. 9, No. 1, pp. 37–48 (In Russ.)].
9. Mullen K.M., Vohr B.R., Katz K.H. et al. Preterm birth results in alterations in neural connectivity at age 16 years // *Neuroimage.* 2011. No. 54. P. 2563–2570.
10. Andrews J.S., Ben-Shachar M., Yeatman J.D. et al. Reading performance correlates with white-matter properties in preterm and term children // *Developmental Medicine & Child Neurology.* 2010. No. 52. E94–100.
11. De Bruine F.T.D., Van Wezel-Meijler G., Leijser L.M. et al. Tractography and 2-year Follow-Up in Preterm Infants // *Developmental Medicine & Child Neurology.* 2013. No. 55. P. 427–433.
12. Allin M., Nosarti C., Narberhaus A. et al. Growth of the corpus callosum in adolescents born preterm // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 2007. No. 12. P. 1183–1189.
13. Taylor H.G., Filipek P.A., Juranek J. et al. Brain volumes in adolescents with very low birthweight: effects on brain structure and associations with neuropsychological outcomes // *Dev. Neuropsychol.* 2011. No. 1. P. 96–117.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 11.05.2019 г.

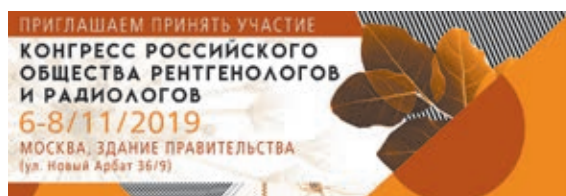
Контакт: Львов Виктор Сергеевич, viktorlvov@list.ru

Сведения об авторах:

Львов Виктор Сергеевич — аспирант кафедры медицинской биофизики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: viktorlvov@list.ru;

Поздняков Александр Владимирович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением лучевой диагностики, заведующий кафедрой медицинской биофизики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» МЗ РФ; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41;

руководитель лаборатории нейровизуализации ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; e-mail: Pozdnyakovalex@yandex.ru;
Иванов Дмитрий Олегович — доктор медицинских наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: Radiology@mail.ru;
Александров Тимофей Александрович — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: Radiology@mail.ru;
Мелашенко Татьяна Владимировна — кандидат медицинских наук, невролог отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: Radiology@mail.ru;
Макаров Леонид Михайлович — кандидат технических наук, доцент факультета информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»; 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22, к. 1; доцент кафедры медицинской биофизики, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: viktorlvov@list.ru;
Позднякова Ольга Федоровна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской биофизики, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; научный сотрудник лаборатории нейровизуализации ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; e-mail: Radiology@mail.ru;
Александрович Виктория Юрьевна — студентка V курса педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: Radiology@mail.ru.



Уважаемые коллеги и друзья!

Приглашаем Вас принять участие в ежегодном
Конгрессе Российского Общества рентгенологов и радиологов 2019!

Даты проведения: 06–08 ноября 2019 г.

Место проведения: Конгресс-центр здания Правительства Москвы (Москва, ул. Новый Арбат 36/9)

Тема Конгресса 2019 года — «Лучевая диагностика травм и неотложных состояний. Быстро и точно!»

Важные даты и события:

Подача заявок на публикацию тезисов **до 1 сентября 2019 г.**

Гарантированное бронирование проживания в отеле **до 10 сентября 2019 г.**

На Конгрессе 2019 Вас ждут:

- Совместная сессия POPP и Белорусского общества радиологов (БОР)
- Лекции от специального гостя Конгресса — Президента ESR Boris Brkljačić
- Проведение экзамена на получение диплома радиолога европейского образца (EDIR)
- Интересная и разносторонняя программа секций по всем областям лучевой диагностики

Регистрации по адресу: <http://congress-ph.ru/event/popp19>

УДК 616-079:616.24-002-07

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-72-79>

ОСОБЕННОСТИ ЛУЧЕВОЙ КАРТИНЫ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ ПРИ ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЛЕГКИХ

В. П. Золотницкая, А. А. Сперанская, Н. С. Яковлева

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Внебольничная пневмония (ВП) у пациентов с интерстициальными заболеваниями легких (ИЗЛ) является грозным осложнением и имеет атипичное течение. Диагностика ВП затруднена, так как клинические симптомы воспаления сходны с таковыми при ИЗЛ. Результаты лучевых методов исследования не патогномичны, не всегда правильно трактуются, что приводит к ошибкам в диагностике, затягиванию обследования и лечения больного. *Цель:* оценить возможности КТ в выявлении и дифференциальной диагностике пневмонии у больных ИЗЛ. *Материалы и методы.* При проведении комплексного клиничко-рентгенорадиологического обследования 336 пациентов с ИЗЛ у 48 больных выявлены инфильтративные изменения в легких, не характерные для основного процесса. *Результаты.* Неспецифические воспалительные изменения в легочной ткани проявлялись следующими КТ-симптомами: альвеолярного типа локальной инфильтрацией легочной ткани, соответствующей сегментарному строению легких (сегмент, доля), появлением перибронхиальных участков инфильтрации легочной ткани альвеолярного типа, не характерных для лучевой семиотики основного заболевания. *Выводы.* Выполнение КТ и высокоразрешающей КТ позволяет выявить появление атипичных для ИЗЛ инфильтративных и очаговых изменений, характерных для специфических и неспецифических воспалительных процессов, что влияет на тактику лечения больных.

Ключевые слова: пневмония, МСКТ, интерстициальные заболевания легких

THE FEATURES OF THE RADIOLOGICAL IMAGE OF COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA AT INTERSTITIAL LUNG DISEASES

V. P. Zolotnitskaia, A. A. Speranskaia, N. S. Yakovleva

Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

Community-acquired pneumonia (CAP) in patients with interstitial lung diseases is a terrible complication and has an atypical course. Diagnosis of CAP is difficult, since the clinical symptoms of inflammation are similar to those of ILD. The results of radiation studies are not pathognomonic, they are not always correctly interpreted, which leads to errors in diagnosis, delay in the examination and treatment of the patient. *Aims:* to evaluate the possibilities of CT in the detection and differential diagnosis of pneumonia in patients with ILD. *Material and methods.* The results of a complex clinical and radiological studies of 336 patients with IZL, 48 patients showed infiltrative changes in the lungs that were not characteristic of the main process. *Results.* Nonspecific inflammatory changes in the lung tissue were manifested by the following CT symptoms: alveolar type with local infiltration of the lung tissue corresponding to the segmental structure of the lungs (segment, lobe), the appearance of peribronchial alveolar type lung tissue that is not characteristic of radiation semiotics of the underlying disease. *Conclusions:* performing CT and VRKT reveals the appearance of infiltrative and focal changes that are atypical for IL, characteristic of specific and non-specific inflammatory processes, which affects the treatment tactics of patients.

Key words: pneumonia, multidetector computed tomography, interstitial lung diseases.

Для цитирования: Золотницкая В.П., Сперанская А.А., Яковлева Н.С. Особенности лучевой картины внебольничной пневмонии при интерстициальных заболеваниях легких // *Лучевая диагностика и терапия.* 2019. № 2. С. 72–79, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-72-79>.

Введение. У пациентов с интерстициальными заболеваниями легких (ИЗЛ) внебольничная пневмония является наиболее частым осложнением, которое усугубляет течение основного заболевания,

тивовоспалительную терапию, провести дифференциальную диагностику с другими процессами (ТЭЛА, рак легкого, специфическое воспаление), а также выявить развитие «*thrombosis in situ*», так как на фоне гипоксемии увеличивается риск тромбообразования, что требует назначения антитромботических препаратов.

Кроме того, лечение таких пациентов длительное, с риском образования остаточного фиброза на месте воспалительной инфильтрации, что связано с сокращением капиллярного русла легких и необратимыми изменениями в сосудах легочной артерии (бескле-

точный фиброз, разрастание гладкомышечных клеток и утолщение стенок сосуда).

Выполнение КТ и ВРКТ позволяет выявить появление атипичных для ИЗЛ инфильтративных и очаговых изменений, характерных для специфических и неспецифических воспалительных процессов, что влияет на тактику лечения больных.

Выявление КТ-симптомов, характерных для воспалительных процессов, требует выполнения динамического КТ-исследования, в ряде случаев — проведения КТ-ангиографии и перфузионной сцинтиграфии для дифференциальной диагностики с ТЭЛА.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Peroš-Golubičić T., Om P. *Clinical Atlas of Interstitial Lung Disease* [Internet]. London: Springer, 2006. 207 p. DOI: 10.1007/978-1-84628-326-0.
2. Rod R. Atypical Pulmonary Infections. *Oxford Medicine Online* [Internet]. Oxford: Oxford University Press, 2016. Nov. DOI: 10.1093/med/9780199976805.003.0027.
3. Zumla A. Towards improving outcomes of fatal pulmonary infections // *Current Opinion in Pulmonary Medicine*. 2005. Vol. 11, No. 3. P. 187–198. DOI: 10.1097/01.mcp.0000159624.44472.0211.
4. Илькович М.М. *Интерстициальные и орфанные заболевания легких*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 560 с. [Ilkovich M.M. *Interstitial and orthopedic lung diseases*. Library specialist doctor. Moscow: Izdatel'stvo GEHOTAR-Media, 2016, 560 p. (In Russ.)].
5. Herold C., Franquet T. Pulmonary infections // *The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine*. 2018. Dec. P. 409–411. DOI: 10.1093/med/9780198784906.003.0080.
6. Gupta N., Rajwanshi A. Pulmonary Infections. Pulmonary Infection [Internet] // *InTech*. 2012. Mar. 14. DOI: 10.5772/31053.
7. Diethalm. Imaging of pulmonary infections // *Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health)*. 2008. Aug; Vol. 30, No. 2. P. 225–226. DOI: 10.1097/01.shk.0000286292.25715.
8. Kishi K., Homma S., Kurosaki A., Motoi N., Yoshimura K. High-Resolution Computed Tomography Findings of Lung Cancer Associated With Idiopathic Pulmonary Fibrosis // *Journal of Computer Assisted Tomography [Internet]*. *Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health)*. 2006. Jan. Vol. 30, No. 1, P. 95–109. DOI: 10.1097/01.rct.0000188650.66527.d2.
9. Makinodan K., Itoh T., Tomoda K. Acute pulmonary thromboembolism associated with interstitial pneumonia // *Intern. Med*. 2008. Vol. 47. P. 647–650. DOI: 10.2169/internalmedicine.47.0588.
10. Morello F.A., Ali S.A., Cesani F. Sarcoid: an unusual mimicker of classic pulmonary embolus // *Clin. Nucl. Med*. 1998. Vol. 23, No. 10. P. 654–656. DOI: 10.1097/00003072-199810000-00002.
11. Баранова О.П., Новикова Л.Н., Сперанская А.А., Золотницкая В.П., Перлей В.Е., Гичкин А.Ю. Трудности диагностики тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) у больных интерстициальными заболеваниями легких // *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2016. № 4. С. 16–18. [Baranova O.P., Novikova L.N., Speranskaia A.A., Zolotnitskaia V.P., Perley V.E., Gichkin A.Yu. Difficulties in diagnosing pulmonary thromboembolism (PE) in patients with interstitial lung diseases. *Ulyanovsk Biomedical Journal*, 2016, No. 4, pp. 16–18. (In Russ.)].
12. Manitsopoulos N., Frantzeskaki F., Kotanidou A., Orfanos S. Pulmonary Endothelium in Health and Viral Infections // *Human Respiratory Viral*. 2014. Vol. 29, Apr. P. 45–70. DOI: 10.1201/b16778-6.
13. Сперанская А.А. МСКТ-ангиография и ОФЭКТ в оценке причин неблагоприятного течения редких интерстициальных заболеваний легких (лимфангиолейомиоматоз, гистиоцитоз X) // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2013. Т. 45, № 1. С. 58–64. [Speranskaia A.A. MDST-Angiography and SPECT in assessing the causes of the unfavorable course of rare interstitial lung diseases (lymphangiomyomatosis, histiocytosis X). *Regional blood circulation and microcirculation*, 2013, Vol. 1 (45), pp. 58–64 (In Russ.)] DOI: 10.1378/1682-6655-2013-15-1.
14. Амосов В.И., Сперанская А.А. *Лучевая диагностика интерстициальных заболеваний легких*. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2015. 176 с. [Amosov V.I., Speranskaia A.A. *Radiological diagnosis of interstitial lung diseases*. Saint Petersburg: Izdatel'stvo ELBI-SPb, 2015, 176 p. (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 11.04.2019 г.

Контакт: Золотницкая Валентина Петровна, zolotnitskaja68@yandex.ru.

Сведения об авторах:

Золотницкая Валентина Петровна — доктор биологических наук, старший научный сотрудник НИИ пульмонологии ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; тел.: +7 (921) 772-97-60; e-mail: zolotnitskaja68@yandex.ru;

Сперанская Александра Анатольевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры рентгенологии и радиационной медицины ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: a.spera@mail.ru;

Яковлева Наталья Сергеевна — врач отделения рентгеновской компьютерной томографии №1 ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: nataljayakovleva@yandex.ru.

УДК 616.36-004.6-073.432

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-80-84>

МР-ЭЛАСТОГРАФИЯ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОКАЗАТЕЛИ В НОРМЕ, ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С АДЕНОКАРЦИНОМОЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПАНКРЕАТОДУОДЕНАЛЬНОЙ РЕЗЕКЦИИ

^{2,3}М. Я. Беликова, ¹Т. Н. Трофимова, ^{2,3}М. Ю. Кабанов, ^{2,3}К. В. Семенцов

¹Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

²Госпиталь для ветеранов войн, Санкт-Петербург, Россия

³Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Цель исследования: оптимизация методики и изучение возможностей МР-эластографии в оценке жесткости паренхимы поджелудочной железы в норме, при фиброзных изменениях и аденокарциноме. *Материалы и методы.* МР-эластография проведена 15 пациентам с отсутствием анамнеза и клинико-лабораторных данных о наличии заболеваний поджелудочной железы, 20 пациентам с аденокарциномой поджелудочной железы на этапе планирования радикального оперативного вмешательства для оценки жесткости опухоли и паренхимы, не вовлеченной в опухолевый процесс, с целью прогнозирования вероятности развития панкреатической фистулы. С помощью специального программного обеспечения рассчитывались количественные значения жесткости в килопаскалях (кПа), проводился качественный анализ состояния паренхимы по цветовым параметрическим картам. *Результаты.* Жесткость паренхимы поджелудочной железы в норме составила от 1,54 до 2,87 кПа, в среднем 2,5 кПа. Неизменная паренхима характеризовалась синим окрашиванием на цветовых параметрических картах в диапазоне жесткости от 0 до 8 кПа, фиолетовым — в диапазоне от 0 до 20 кПа. У пациентов с опухолевым процессом во всех случаях имела место низкодифференцированная аденокарцинома головки поджелудочной железы, верифицированная по данным гистологического исследования. Жесткость аденокарцином варьировала от 6 до 9 кПа, на цветовых параметрических картах отмечалось красное окрашивание опухоли в диапазоне жесткости 0–8 кПа, желтое — в диапазоне 0–20 кПа. Нормальные показатели жесткости в паренхиме тела и хвоста поджелудочной железы у пациентов с аденокарциномой отмечены у 8 больных, умеренное повышение жесткости от 3 до 5 кПа — у 9, значительное от 5 до 9 кПа — у 3 человек. Панкреатическая фистула в постоперационном периоде на фоне предоперационной подготовки сформировалась только у 3 пациентов с нормальными по данным эластографии показателями жесткости паренхимы поджелудочной железы. *Заключение.* МР-эластография является информативным методом количественной и качественной оценки жесткости паренхимы поджелудочной железы, эффективна в прогнозировании развития панкреатической фистулы.

Ключевые слова: МР-эластография, поджелудочная железа, аденокарцинома, показатели жесткости, панкреатодуоденальная резекция, панкреатическая фистула.

MR-ELASTOGRAPHY OF THE PANCREAS: RESEARCH TECHNIQUE, NORMAL VALUES, FIRST RESULTS OF APPLICATION IN PATIENTS WITH PANCREATIC ADENOCARCINOMA AT THE PLANNING OF PANCREATODUODENAL RESECTION

^{2,3}M. Ya. Belikova, ¹T. N. Trofimova, ^{2,3}M. Yu. Kabanov, ^{2,3}K. V. Sementsov

¹Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State Budgetary Medical Institution «Hospital for the War Veterans» St. Petersburg, Russia

³North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

Objective: optimization of the technique and study of the possibilities of MR-elastography in assessing the rigidity of the pancreatic parenchyma under normal conditions, with fibrotic changes and adenocarcinoma. *Materials and methods.* MR elastography was performed for 15 patients with no history and clinical laboratory data indicating the presence of pancreatic diseases, 20 patients with pancreatic adenocarcinoma at the stage of preoperative planning to assess the rigidity

of the tumor and parenchyma, in order to predict the probability of pancreatic fistulas. With the application of special software, the quantitative values of stiffness in kPa were calculated, a qualitative analysis of the state of the parenchyma was carried out using color parametric maps. *Results.* The stiffness of the pancreatic parenchyma normally ranged from 1,54 to 2,87 kPa, averaging 2,5 kPa. The unchanged parenchyma was characterized by blue staining on color parametric maps in the hardness range from 0 to 8 kPa, violet in the range from 0 to 20 kPa. In patients with a tumor process in all cases there was a low-grade adenocarcinoma of the pancreatic head, verified by histological data. The rigidity of adenocarcinoma varied from 6 to 9 kPa, on the color parametric maps there was a red staining of the tumor in the range of hardness of 0–8 kPa, yellow in the range of 0–20 kPa. In the postoperative period, the pancreatic fistula on the background of preoperative preparation was formed only in 3 patients with normal pancreatic parenchyma, according to elastography rigidity indicators. *Conclusion.* MR-elastography is an informative method for quantitative and qualitative analysis of the stiffness of pancreatic parenchyma, and effective instrument for predicting the development of pancreatic fistulas.

Key words: MR-elastography, pancreas, adenocarcinoma, rigidity, pancreatoduodenal resection, pancreatic fistula

Для цитирования: Трофимова Т.Н., Кабанов М.Ю., Беликова М.Я., Семенцов К.В. МР-эластография поджелудочной железы. Методика исследования. Показатели в норме. Первые результаты применения у пациентов с аденокарциномой поджелудочной железы на этапе планирования панкреатодуоденальной резекции // *Лучевая диагностика и терапия.* 2019. № 2. С. 80–84, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-80-84>.

Введение. МР-эластография — методика неинвазивной оценки жесткости тканей, доступная на МР-томографах с напряженностью магнитного поля 3 Т при наличии специального оборудования и программного обеспечения. Под жесткостью понимается устойчивость тканей к деформации при действии механической силы и давления.

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе имеются немногочисленные статьи, посвященные методике МР-эластографии печени, изучению значений жесткости органа в норме, возможностям метода в выявлении диффузных заболеваний и цирроза печени, сравнению полученных данных с результатами УЗ-эластографии. Доказана корреляция показателей жесткости паренхимы печени в кПа, полученных при МР-эластографии со шкалой стадий фиброза печени METAVIR [1, 2], что позволяет в ряде случаев отказаться от проведения биопсии. В иностранной литературе имеются единичные работы по методике МР-эластографии поджелудочной железы и изучению показателей жесткости паренхимы в норме [3]. Исследований, посвященных изучению возможностей метода в оценке жесткости тканей при заболеваниях поджелудочной железы, использованию в предоперационном планировании на поджелудочной железе, в доступной нам литературе не встретилось.

В связи с совершенствованием хирургической техники расширяются показания к выполнению радикальных оперативных вмешательств у пациентов с аденокарциномой поджелудочной железы. Однако неизменно высоким остается уровень послеоперационных осложнений — от 24 до 75%. Одним из наиболее опасных осложнений ПДР является развитие панкреатической фистулы, частота которой составляет в среднем 10–25%. Панкреатическая фистула — это аномальное сообщение между эпителием протоков поджелудочной железы и другими эпителиальными поверхностями, содержащее жид-

кость с повышенным уровнем панкреатических ферментов. На этапе предоперационного планирования хирургу важно иметь представление о текстуре (плотности) ткани поджелудочной железы и диаметре главного панкреатического протока. У пациентов с хроническим панкреатитом участки фиброза хорошо удерживают панкреатоеюноанастомоз, тогда как мягкая текстура органа часто приводит к развитию его несостоятельности. В случае неизменной «мягкой» паренхимы применение схем пред- и послеоперационной терапии позволяет снизить частоту развития панкреатической фистулы и тем самым повлиять на благоприятный результат радикального оперативного вмешательства [4].

Цель: оптимизировать методику МР-эластографии поджелудочной железы, оценить показатели жесткости паренхимы в норме, при фиброзных изменениях и аденокарциноме.

Материалы и методы. МР-эластография выполнена 15 пациентам в возрасте от 22 до 68 лет (средний возраст 45 лет) с отсутствием анамнестических и клинико-лабораторных данных о наличии заболеваний поджелудочной железы (ПЖ), в 20 случаях пациентам с аденокарциномой головки ПЖ в возрасте от 44 до 85 лет (средний возраст 64,5 года). В последующем все пациенты с аденокарциномой были оперированы в объеме панкреатодуоденальной резекции с гистологической верификацией изменений. Исследования выполнены на магнитно-резонансном томографе Discovery 750W GE 3Т с частотой генерируемых механических волн 60 Гц. Постпроцессорная обработка проведена на рабочей станции Advantage Work Station Server 3.1 с помощью программного пакета Ready View.

Методика МР-эластографии ПЖ и обработка данных. Все исследования проведены в плановом порядке натощак. Акустическая мембрана диаметром 19 см (пассивный источник механических волн), связанная посредством пластмассового проводника с активным

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Лукьянченко А.В., Синицын В.Е., Панов В.О. Абдоминальная радиология в онкологии: новые возможности в свете прогресса компьютерной и магнитно-резонансной томографии (обзор литературы) // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2016. № 97 (2). С. 118–124. [Lukyanchenko A.V., Sinitsyn V.E., Panov V.O. Abdominal radiology in oncology: new opportunities in the light of the progress of computer and magnetic resonance imaging (literature review). *Vestnik of radiology and radiology*, 2016, No. 97 (2), pp. 118–124 (In Russ.)].
2. Dulai P.S., Sirlin C.B., Loomba R. Magnetic resonance imaging and elastography as a non-invasive quantitative evaluation of steatosis and fibrosis in non-alcoholic fatty liver disease: from clinical studies to clinical practice // *Journal of Hepatology*. 2016. Vol. 65. P. 1006–1016.
3. Sudhakar K. Venkatesh et al. Magnetic Resonance Elastography of Abdomen // *Abdom. Imaging*. 2015. Vol. 40 (4). P. 745–759.
4. Кабанов М.Ю., Семенцов К.В., Яковлева Д.М., Алексеев В.В. Состояние проблемы развития панкреатической фистулы у пациентов, перенесших панкреатодуоденальную резекцию (обзор литературы) // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова*. 2017. Т. 12, № 11. С. 112–116. [Kabanov M.Yu., Sementsov K.V., Yakovleva D.M., Alekseev V.V. The state of the problem of the development of pancreatic fistula in patients undergoing pancreatoduodenal resection (literature review). *Bulletin of the National Medical-Surgical Center named after N. I. Pirogov*, 2017, vol. 12, No. 11, pp. 112–116 (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 20.05.2019 г.

Контакт: *Беликова Мария Яковлевна, belikova.mariya@mail.ru*

Сведения об авторах:

Беликова Мария Яковлевна — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, заведующая отделением КТ СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн»; доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» МЗ РФ; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: belikova.mariya@mail.ru;

Трофимова Татьяна Николаевна — доктор медицинских наук, профессор, главный внештатный специалист по лучевой диагностике Минздрава по СЗФО и Комитета здравоохранения Санкт-Петербурга, профессор кафедры рентгенологии и радиационной медицины ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» МЗ РФ; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: trofimova-tn@avaclinic.ru;

Кабанов Максим Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн», профессор кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» МЗ РФ; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: chief@gvv-spb.ru;

Семенцов Константин Валерьевич — кандидат медицинских наук, врач-хирург, заместитель начальника СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» по хирургии; доцент кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» МЗ РФ; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: konstantinsementsov@gmail.com.



Уважаемые коллеги!

Издательством «Балтийский медицинский образовательный центр» в серии «Библиотека журнала „Лучевая диагностика и терапия“» под редакцией профессора Т. Н. Трофимовой выпущено руководство для врачей **«Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения»** под редакцией проф. Т. Н. Трофимовой

Руководство для врачей предназначено для подготовки врачей-лучевых диагностов и врачей-клиницистов по вопросам современных подходов анализа лучевых изображений, в соответствии с критериями, принятыми в международной клинической практике, на основе обучения формированию структурированных отчетов. Такой подход обеспечивает повышение качества интерпретации изображений и достоверности заключений, а также способствует улучшению междисциплинарной коммуникации. Оно является логичным продолжением руководств для врачей «Современные стандарты анализа лучевых изображений», 2017 и «Современные классификации RADS и принципы построения заключения», 2018. Настоящее издание может использоваться для подготовки в системе постдипломного образования и дополнительного профессионального образования, а также в системе ОМС и ДМС для контроля качества оказываемой медицинской помощи.

Получить более подробную информацию об издании можно на сайте Балтийского медицинского образовательного центра:
<http://www.bmoc-spb.ru>

УДК 618.5-089.888.61

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-85-90>

РУБЕЦ НА МАТКЕ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ КЕСАРЕВА СЕЧЕНИЯ И ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ЕГО СОСТОЯНИЯ

О. Н. Ножнищева, И. А. Семенов, В. Ф. Беженарь

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Коллектив авторов, 2019 г.

Введение. В публикациях, посвященных изучению морфологических изменений рубца на матке после кесарева сечения (КС) у небеременных женщин, описаны различные методики визуализации и определения «аномалий» рубца на матке. **Целью исследования** явилось определение оптимального алгоритма диагностики локальных истончений рубца на матке вне беременности. **Материалы и методы.** Пациенткам не ранее 6 месяцев после КС проведено УЗИ органов малого таза. Выявлено 40 пациенток, имевших истончение рубца на матке в виде «ниши». Вторым этапом обследованным выполнена МРТ. Кроме того, у одной пациентки использовалось УЗИ с внутриматочным введением изотонического раствора натрия хлорида (физиологического раствора), у другой — УЗИ с применением микропузырькового препарата гексафторида серы. Всем пациенткам с диагностированной «нишей» рубца проводилась гистероскопия. **Результаты.** По данным проведенного УЗИ выявлено, что остаточная толщина миометрия рубца на матке составила в среднем $3,3 \pm 1,54$ мм. Чувствительность метода 63%, специфичность 62%. В результате проведенной МРТ выявлено, что остаточная толщина миометрия $3,44 \pm 1,64$ мм. Чувствительность метода 80%, специфичность 71% ($p < 0,05$). При проведении гистероскопии «нишу» удалось визуализировать в 95% случаев. **Заключение.** Для уменьшения погрешности измерений и решения вопроса о необходимости хирургического лечения необходимо использовать минимум два различных исследования (рутинное УЗИ, УЗИ с контрастированием, МРТ). В сложных диагностических случаях необходимо в качестве третьей методики использовать гистероскопию, позволяющую точно визуализировать дефект. **Ключевые слова:** кесарево сечение, рубец на матке, «ниша» рубца, диагностика рубца на матке

THE SCAR ON THE UTERUS AFTER CESAREAN SECTION AND THE OPTIMAL ALGORITHM FOR DIAGNOSTICS

O. N. Nozhnitseva, I. A. Semenov, V. F. Bezhenar

Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

Introduction. The technique of visualization, the definition of «anomalies» of the uterine scar differ in all of publications devoted to the study of morphological changes of the uterine scar after cesarean section (CS) in non-pregnant women. **The aim** of our study was to determine the optimal algorithm for the diagnosis of uterine scar local thinning. **Materials and methods.** The ultrasound examination of pelvic organs was performed for the patients not less than 6 months after CS. 40 women had scar thinning creating the shape of «niche». Next there was performed the MRI study. One patient had ultrasound the contrast examination with the intrauterine introduction of the physiological solution and for the other one we performed the contrast examination with microbubble preparation of the sulfur hexafluoride. All the patients with the «niche» detected underwent the hysteroscopy. **Results.** The ultrasound examination revealed that the residual thickness of the myometrium of the uterine scar was $3,3 \pm 1,54$ mm. The sensitivity of the method was 63% and specificity was 62%. The MRI revealed the residual thickness of the myometrium $3,44 \pm 1,64$ mm. The sensitivity of the method was 80% and the specificity was 71% ($p < 0,05$). During the hysteroscopy the «niche» was visualized in 95% of cases. **Conclusion.** To reduce the measurement error and to detect the necessity of surgical treatment there is necessary to apply at least two different studies (routine ultrasound, ultrasound with contrast agent and MRI). In the severe cases there is important to use hysteroscopy as the additional technique, which allows to visualize the defect accurately. **Key words:** cesarean section, scar on the uterus, «niche» of the scar, diagnostics of the scar on the uterus

Для цитирования: Ножнищева О.Н., Семенов И.А., Беженарь В.Ф. Рубец на матке после операции кесарева сечения и оптимальный алгоритм диагностики его состояния // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 85–90, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-85-90>.

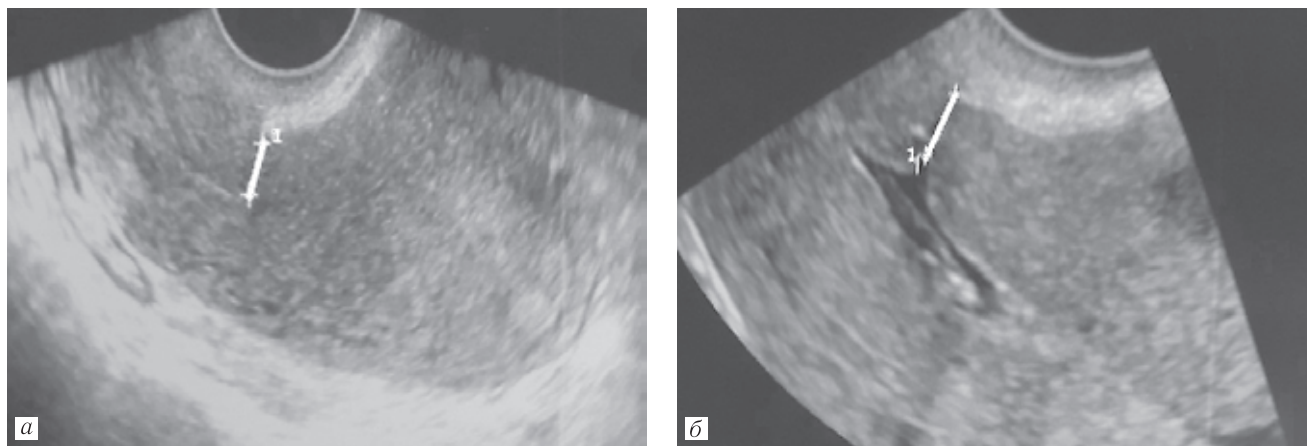


Рис. 5. Пациентка Б.: *a* — трансвагинальное УЗИ без внутриматочных инстилляций растворов. ОТМ (1) 6,2 мм; *б* — трансвагинальное УЗИ с внутриматочным введением изотонического раствора натрия хлорида. ОТМ (1) 5,3 мм

необходимо использовать минимум два исследования (УЗИ+МРТ; УЗИ+гистероскопия; МРТ+гистероскопия).

ту, при больших различиях результатов неинвазивных исследований) необходимо в качестве третьей

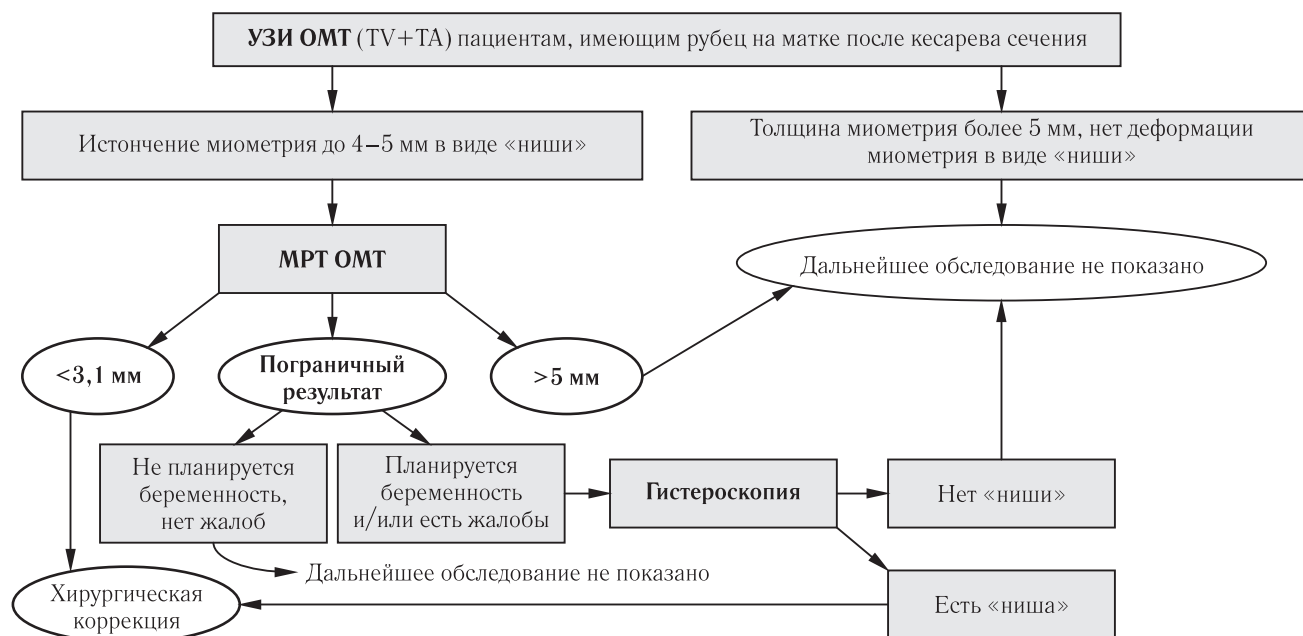


Рис. 6. Алгоритм диагностики состояния рубца на матке после операции кесарева сечения

В сложных диагностических случаях (при пограничных размерах миометрия, при несоответствии клинических проявлений обнаруживаемому дефек-

методики использовать гистероскопию, позволяющую точно визуализировать дефект (рис. 6).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Guise J.M., Eden K., Emeis C., Denman M.A., Marshall N., Fu R.R., Janik R., Nygren P., Walker M., McDonagh M. Vaginal birth after cesarean: new insights // *Evid. Rep. Technol. Assess (Full Rep)*. 2010. Vol. 191. P. 1–397.
2. Mathai M., Hofmeyr G.J., Mathai N.E. Abdominal surgical incisions for caesarean section // *Cochrane Database Syst Rev*. 2013. Vol. 5. CD004453. DOI: 10.1002/14651858.CD004453.pub3.
3. Monteagudo A., Carreno C., Timor-Tritsch I.E. Saline infusion sonohysterography in nonpregnant women with previous cesarean delivery: the «niche» in the scar // *J. Ultrasound. Med*. 2001. Vol. 20. P. 1105–1115.
4. Vervoort A.J., Uittenbogaard L.B., Hehenkamp W.J., Brölmann H.A., Mol B.W., Huirne J.A. Why do niches develop in Caesarean uterine scars? Hypotheses on the aetiology of niche development // *Hum. Reprod*. 2015. Dec; Vol. 30, No. 12 P. 2695–2702. DOI: 10.1093/humrep/dev240. Epub 2015 Sep 25. PubMed PMID: 26409016.
5. Sholapurkar S.L. Etiology of Cesarean Uterine Scar Defect (Niche): Detailed Critical Analysis of Hypotheses and Prevention Strategies and Peritoneal Closure Debate // *J. Clin. Med. Res*. 2018 Mar; Vol. 10, No. 3. P. 166–173. doi: 10.14740/jocmr3271w.
6. Ofili-Yebovi D., Ben-Nagi J., Sawyer E., Yazbek J., Lee C., Gonzalez J., Jurkovic D. Deficient lower-segment Cesarean section

- scars: prevalence and risk factors // *Ultrasound. Obstet. Gynecol.* 2008. Vol. 31. P. 72–77. PMID:18061960.
7. Bij de Vaate A.J., Brolmann H.A., van der Voet L.F., van der Slikke J.W., Veersema S., Huirne J.A. Ultrasound evaluation of the Cesarean scar: relation between a niche and postmenstrual spotting // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2011. Vol. 37. P. 93–99.
 8. Vikhareva Osser O., Jokubkiene L., Valentin L. High prevalence of defects in Cesarean section scars at transvaginal ultrasound examination // *Ultrasound. Obstet. Gynecol.* 2009. Vol. 34. P. 90–97.
 9. Wang C.B., Chiu W.W., Lee C.Y., Sun Y.L., Lin Y.H., Tseng C.J. Cesarean scar defect: correlation between Cesarean section number, defect size, clinical symptoms and uterine position // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2009. Vol. 34. P. 85–89.
 10. Menada Valenzano M., Lijoi D., Mistrangelo E., Costantini S., Ragni N. Vaginal ultrasonographic and hysterosonographic evaluation of the low transverse incision after caesarean section: correlation with gynaecological symptoms // *Gynecol. Obstet. Invest.* 2006. Vol. 61. P. 216–222.
 11. Regnard C., Nosbusch M., Fellemans C., Benali N., van Rysselberghe M., Barlow P., Rozenberg S. Cesarean section scar evaluation by saline contrast sonohysterography // *Ultrasound. Obstet. Gynecol.* 2004. Vol. 23. P. 289–292.
 12. Armstrong V, Hansen W.F., Van Voorhis B.J., Syrop C.H. Detection of cesarean scars by transvaginal ultrasound // *Obstet. Gynecol.* 2003. Vol. 101. P. 61–65.
 13. Burger N.F., Darazs B., Boes E.G. An echographic evaluation during the early puerperium of the uterine wound after caesarean section // *J. Clin. Ultrasound.* 1982. Vol. 10. P. 271–274.
 14. Краснополяский В.И., Логутова Л.С., Буянова С.Н. Несостоятельный рубец на матке после кесарева сечения: причины формирования и лечебная тактика // *Акушерство и гинекология.* 2013. № 12. С. 28–33. [Krasnopol'skij V.I., Logutova L.S., Buyanova S.N. Nesostoyatel'nyj rubec na matke posle kesareva sesheniya: prichiny formirovaniya i lechnaya taktika. *Akusherstvo i ginekologiya*, 2013, No. 12, pp. 28–33 (In Russ.)].
 15. Буянова С.Н., Щукина Н.А., Чечнева М.А., Мгелиашвили М.В., Титченко Ю.П., Пучкова Н.В., Барто Р.А. Современные методы диагностики несостоятельности швов или рубца на матке после кесарева сечения // *Российский вестник акушера-гинеколога.* 2013. № 1. С. 73–77. [Buyanova S.N., Shchukina N.A., Chechneva M.A., Mgeliasvili M.V., Titchenko Yu.P., Puchkova N.V., Barto R.A. Sovremennye metody diagnostiki nesostoyatel'nosti shvov ili rubca na matke posle kesareva secheniya. *Rossijskij vestnik akushera-ginekologa*, 2013, No. 1, pp. 73–77. (In Russ.)].
 16. Naji O., Abdallah Y., Bij De Vaate A.J., Smith A., Pexsters A., Stalder C., McIndoe A., Ghaem-Maghani S., Lees C., Brölmann H.A., Huirne J.A., Timmerman D., Bourne T. Standardized approach for imaging and measuring Cesarean section scars using ultrasonography // *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2012. Mar. Vol. 39, No. 3. P. 252–259. DOI: 10.1002/uog.10077. Review. PubMed PMID: 21858885.
 17. Vikhareva O.O., Valentin L. Clinical importance of appearance of cesarean hysterotomy scar at transvaginal ultrasonography in non-pregnant women // *Obstet. Gynecol.* 2011. Vol. 117. P. 525–532.
 18. Valentin L. Prediction of scar integrity and vaginal birth after caesarean delivery // *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 2013. Vol. 27. P. 285–295. DOI: 10.1016/j.bpobgyn.2012.09.003.
 19. Цхай В.Б., Леванович Е.В., Ростовцева Е.С. Сравнительный анализ методов диагностики несостоятельного рубца на матке после операции кесарева сечения // *Забайкальский медицинский журнал.* 2017. № 1. С. 39–42. [Chkhaj V.B., Levanovich E.V., Rostovceva E.S. Sravnitel'nyj analiz metodov diagnostiki nesostoyatel'nogo rubca na matke posle operacii kesareva secheniya. *Zabajkal'skij medicinskij zhurnal*, 2017, No. 1, pp. 39–42 (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 25.02.2019 г.

Контакт: Ножнищева Ольга Николаевна, 9111631880@mail.ru

Сведения об авторах:

Ножнищева Ольга Николаевна — ассистент кафедры акушерства, гинекологии и репродуктологии, врач отделения стационар дневного пребывания клиники акушерства и гинекологии ФГБУ ВО «ПСПБГМУ имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения РФ; Россия, 197022, Санкт-Петербург, улица Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: 9111631880@mail.ru;

Семенов Игорь Александрович — ассистент кафедры акушерства, гинекологии и неонатологии, врач отделения функциональной диагностики клиники акушерства и гинекологии ФГБУ ВО «ПСПБГМУ имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения РФ; Россия, 197022, Санкт-Петербург, улица Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: 7520203@mail.ru;

Беженарь Виталий Федорович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой акушерства, гинекологии и неонатологии, заведующий кафедрой акушерства, гинекологии и репродуктологии, руководитель клиники акушерства и гинекологии гинекологии ФГБУ ВО «ПСПБГМУ имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения РФ; Россия, 197022, Санкт-Петербург, улица Льва Толстого, д. 6–8; e-mail: bez-vitaly@yandex.ru.

УДК 616.74-009-073.756.8:537.635

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-91-101>

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ МЫШЦ В ДИАГНОСТИКЕ ПОСТНАГРУЗОЧНОГО РАБДОМИОЛИЗА

¹С. Н. Бардаков, ¹А. Н. Бельских, ¹Н. Н. Рыжман, ¹И. С. Железняк, ¹С. С. Багненко,
¹В. А. Царгуш, ¹А. А. Емельянцеv, ¹Г. Г. Романов, ²М. О. Мавликееv, ^{3,4}Р. В. Дееv

¹Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

³Институт стволовых клеток человека, Москва, Россия

⁴Рязанский государственный медицинский университет, г. Рязань, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Введение. Рабдомиолиз — это синдром деструкции мышечных волокон поперечнополосатой скелетной мускулатуры, характеризующийся миалгией, резким повышением уровня креатинфосфокиназы (КФК), миоглобина сыворотки и миоглобулинурией. **Материалы и методы.** В статье представлен анализ пяти случаев острого постнагрузочного рабдомиолиза различной степени выраженности у молодых людей мужского пола (Т., 21 год; Л., 22 года; С., 30 лет; П., 20 лет; Ф., 17 лет), осложненного пигментной нефропатией с описанием клинико-лабораторных показателей, магнитно-резонансной томографии (МРТ), электронейромиографических и морфологических особенностей. **Цель:** оценить возможность клинического применения МРТ при постнагрузочном рабдомиолизе. **Результаты исследований.** Сравнительная оценка показала, что в представленных клинических случаях в мышечных группах с минимальными отеками отмечалось повышение МР-сигнала на T2-ВИ-SPAIR, а также на диффузионно-взвешенных изображениях при факторах взвешенности b=0, b=500 и b=1000, при этом на всех остальных импульсных последовательностях (в том числе на STIR) изменений интенсивности сигнала не определялось. **Выводы.** В легких случаях рабдомиолиза регресс МР-проявлений соответствует снижению лабораторных показателей КФК и миоглобина, тогда как при тяжелых формах рабдомиолиза регресс МР-проявлений существенно замедлен относительно лабораторных показателей, а на месте участков некроза формируются очаги жировой дегенерации (гиперинтенсивные на T1 и T2-ВИ, гипоинтенсивные на T1-ВИ-SPIR и T2-ВИ-SPAIR). Морфологически подтвержден факт выраженных кровоизлияний при компартмент-синдроме вследствие постнагрузочного рабдомиолиза (гиперинтенсивные участки на T1-ВИ и T1-ВИ-SPIR, изо-, гипоинтенсивные на T2-ВИ, T2-ВИ-SPAIR).

Ключевые слова: острый компартмент-синдром, постнагрузочный рабдомиолиз, МРТ мышц, экстракорпоральная гемокоррекция

THE APPLICATION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING FOR DIAGNOSTICS OF ACUTE POSTEXERCISE RHABDOMYOLYSIS

¹S. N. Bardakov, ¹A. N. Belskykh, ¹N. N. Ryzhman, ¹I. S. Zheleznyak, ¹S. S. Bagnenko, ¹M. V. Zakharov, ¹V. A. Tsargush, ¹A. A. Emelyantsev, ¹G. G. Romanov, ²M. O. Mavllikeev, ^{3,4}R. V. Deev

¹Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

²Kazan (Volga region) Federal University, Kazan University, Russia

³Institute of Human Stem Cells, Moscow, Russia

⁴Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

Introduction. Rhabdomyolysis is destruction syndrome of striated skeletal muscle characterized by myalgia, an increase of creatine phosphokinase level (CPK), serum myoglobin and myoglobulinuria. This review presents the analysis of five cases of acute postexercise rhabdomyolysis happened to militaries, complicated by pigmentary nephropathy with the description of clinical and laboratory studies, magnetic resonance imaging (MRI), electroneuromyographic and morphological features. The purpose of the study is the clinical assessment of MRI for the diagnosis of postexercise rhabdomyolysis. **Results.** A comparative assessment demonstrated that in the presented clinical cases in the muscle groups with minimal edematous changes, an increase in the MR signal was observed at T2-WI-SPAIR, as well as in diffusion-weighted images (factor b — 0, 500, 1000), at the same time on all other pulse sequences (including STIR) changes in signal intensity were not detected. **Conclusion.** There was shown that in mild cases of rhabdomyolysis, the regression of MR manifestations corresponds to a decrease in laboratory parameters of

CPK and myoglobin, whereas in severe forms of rhabdomyolysis, the regression of MR manifestations is significantly slowed down relative to laboratory indicators, and in the place of necrosis areas, the foci of degeneration form (hyperintensive on T1 and T2-WI, hypo-intensive on T1-WI-SPIR and T2-WI-SPAIR). Morphologically confirmed the fact of pronounced hemorrhage in the compartment syndrome due to postload rhabdomyolysis (hyperintensive sites on T1-WI and T1-WI-SPIR, iso-, hypointensive on T2-WI, T2-WI-SPAIR).

Key words: acute compartment syndrome, postexercise rhabdomyolysis, muscle MRI, extracorporeal hemocorrection

Для цитирования: Бардаков С.Н., Бельских А.Н., Рыжман Н.Н., Железняк И.С., Багненко С.С., Царгуш В.А., Емельянцева А.А., Романов Г.Г., Мавликеев М.О., Деев Р.В. Магнитно-резонансная томография мышц в диагностике постнагрузочного рабдомиолиза // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 91–101, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-91-101>.

Введение. Рабдомиолиз — это синдром деструкции мышечных волокон поперечно-полосатой скелетной мускулатуры, характеризующийся миалгией, резким повышением уровня креатинфосфокиназы (КФК), миоглобина сыворотки и миоглобулинурией [1]. Повышение уровня КФК более чем в 5 раз (норма 175 Ед/л) имеет 100% чувствительность для диагностики рабдомиолиза [2], тогда как в острый период рабдомиолиза (6–8 ч) концентрация миоглобина является более специфичным маркером рабдомиолиза [3, 4]. Кроме того, измерение уровня миоглобина более эффективно для оценки динамики заболевания, так как миоглобин выводится быстрее КФК (время полувыведения 2–3 ч и 36–72 ч соответственно) [5]. В то же время при небольшом объеме поражения мышечной ткани уровни КФК и миоглобина могут повышаться незначительно [6, 7]. Миоглобинурия является одним из дополнительных, необязательных маркеров рабдомиолиза, повышающийся в 19% случаев [8, 9].

Этиологически рабдомиолиз делится на травматический (прямое повреждение или сдавление мышцы, отморожение или ожог) и нетравматический (ишемический, токсический, воспалительный, дисметаболический). Токсические факторы, приводящие к рабдомиолизу, включают наркотические вещества (кокаин, героин, метадон, амфетамин, ЛСД), статины, фибраты, салицилаты, нейролептики, местные анестетики, угарный газ [1, 8, 10].

В зависимости от объема повреждений выделяют два типа рабдомиолиза. Первый тип рабдомиолиза часто встречается при постнагрузочном рабдомиолизе, тогда как второй тип чаще наблюдается при передозировке наркотическими веществами, алкоголем, окклюзии сосудов, отравлении угарным газом [8].

Одним из наиболее частых нетравматических видов является постнагрузочный рабдомиолиз, который развивается в ответ на чрезмерную и/или непривычную длительную повторную физическую нагрузку с эксцентрическими характеристиками, часто на фоне предрасполагающих факторов (высокая влажность и жаркий климат) [11]. Постнагрузочный рабдомиолиз может возникнуть как у тренированных лиц (чаще после перерыва в тренировках), так и у нетренированных [12, 13].

Вне зависимости от этиологии при рабдомиолизе наблюдаются ряд осложнений. Ранние осложнения включают гиперкалиемию, гипокальциемию, аритмию, реактивный гепатит, компартмент-синдром [8, 14]. Поздние осложнения включают острое почечное повреждение (ОПП), ДВС-синдром, парезы и параличи [15–17]. Диагностика основана на оценке клинических признаков (боль при пальпации и растяжении; напряженность, блеск кожного покрова; нарушение чувствительности, бледность, контрактуры, отсутствие пульса) и определении внутрифасциального давления. Так при повышении внутритканевого давления более 50 мм рт.ст. прекращается тканевая перфузия, через 4–6 ч развивается ишемия, а через 12 ч — некроз [19, 20].

Перспективным является применение МРТ для визуализации повреждения мышечной ткани и определения тактики лечения. В ряде публикаций показано, что МРТ позволяет своевременно и точно определить локализацию и выраженность мышечного некроза, отека окружающих тканей [10, 21–23].

В исследовании были сопоставлены результаты МРТ и клинико-инструментальных исследований при постнагрузочном рабдомиолизе различной степени тяжести.

Материалы и методы. Обследование и лечение пациентов. Исследования проводились после подписания пациентами добровольного информированного согласия. Обследовано пять пациентов мужского пола (Т., 21 год; Л., 22 года; С., 30 лет; П., 20 лет; Ф., 17 лет) с клиническими признаками острого постнагрузочного рабдомиолиза, осложненного острой пигментной нефропатией. Выполнение физических упражнений осуществлялось на фоне полного здоровья и достаточной тренированности, при отсутствии анамнестических данных о патологии мышц или метаболических расстройств. Всем пациентам проводилась комплексная интенсивная терапия (инфузионная, регидратационная, диуретическая, антикоагулянтная, гепатопротективная, гастропротективная), включая методы экстракорпоральной гемокоррекции (ЭГК), в частности гемодиализа и плазмообмена.

Лабораторные и инструментальные исследования. Всем пациентам проводилось динамиче-

рабдомиолизом мышц бедер I типа и очагами кровоизлияний, а также двусторонним рабдомиолизом II типа в передних мышечных группах голени с развитием компартмент-синдромов, потребовавших фасциотомии, которые были подтверждены пункционным методом оценки внутрифасциального давления [8].

Во случае пациента Л., 22 лет, несмотря на достаточно высокие показатели КФК и миоглобина, наблюдались умеренные МР-признаки рабдомиолиза I типа в мышцах таза и бедер, уменьшающиеся при нормализации лабораторных показателей.

В случае пациента С., 30 лет, патологических изменений не было выявлено, так как МРТ выполнено в период регресса клинико-лабораторных проявлений (на 9-е сутки).

Только в случаях Т., 21 года, и Ф., 17 лет, определялись признаки субфасциального скопления жидкости, подкожного отека, описываемые достаточно часто среди пациентов с рабдомиолизом (60% и 100% случаев соответственно) [26]. У пациента Ф., 17 лет, на фоне выраженного отека подкожно-жировой клетчатки и фасциита имелись минимальные проявления отека мышечной ткани, сохраняющиеся более 5 суток, что превышает физиологическую норму [16, 27].

В случае тяжелого рабдомиолиза (пациент Т., 21 год) отмечается сохранение высокой интенсивности сигнала от поврежденной мышечной ткани, при значительном снижении активности КФК и уровню миоглобина в крови. В мягких случаях (пациенты Л., 22 года; С., 30 лет, П., 20 лет, Ф., 17 лет) интенсивности сигнала коррелировала и восстанавливалась параллельно с нормализацией клиническо-лабораторных показателей [16, 28].

Сравнительная оценка показала, что в представленных клинических случаях в мышечных группах с минимальными отеками изменениями отмечалось повышение МР-сигнала на T2-VI-SPAIR, а также на диффузионно-взвешенных изображениях при факторах взвешенности b-0, b-500 и b-1000, при этом на всех остальных импульсных последовательностях (в том числе на STIR) изменений интенсивности сигнала не определялось. Данные наблюдения подтверждают высокую чувствительность T2-VI-SPAIR.

МР-паттерн поражения мышц при беге включал преимущественное вовлечение запирательных мышц, квадрицепса бедра, в меньшей степени вовлечения

приводящих мышц бедра. При этом в голени преимущественно поражались передние мышцы и в меньшей степени — задние большеберцовые.

МР-паттерн поражения мышц при рабдомиолизе, обусловленном приседаниями, включает ягодичные мышцы, переднюю и медиальную группы мышц бедер при минимальном вовлечении *m. rectus femoris*, что обусловлено преимущественным участием *m. rectus femoris* в сгибании бедра, *m. vastus intermedius* приоритетно обеспечивает разгибание голени. Данная особенность в совокупности с максимально выраженным поражением *m. vastus intermedius* выделена в качестве дифференциального признака такого вида рабдомиолиза [24].

Таким образом, использование МРТ мышц в диагностике рабдомиолиза позволяет своевременно выявить участки отека мышечной ткани до формирования очагов некроза, инфекционного поражения, скопления жидкости и компартмент-синдрома. МРТ позволяет визуализировать поражение глубоких мышц и многоуровневые поражения крупных мышечных массивов, которые представляют особые трудности в диагностике и принятии решения о фасциотомии, и которые не всегда возможно дифференцировать и охарактеризовать с помощью клинической оценки и инъекционного метода определения внутрифасциального давления. Кроме того, выявлены специфические паттерны распределения поражения мышечных групп при рабдомиолизе, которые могут способствовать установлению этиологического фактора заболевания.

Заключение. МРТ является эффективным методом визуализации отека и повреждения скелетных мышц, что позволяет своевременно диагностировать участки мионекроза и компартмент-синдром при рабдомиолизе. Результаты исследования влияют на тактику лечения рабдомиолиза, позволяя неинвазивно оценить необходимость проведения фасциотомии в острейший период заболевания. Отсутствие либо выраженное уменьшение проявлений отека является одним из критериев выписки пациента. Наибольшей информативностью и высокой чувствительностью в диагностике минимальных отека изменений и рабдомиолиза обладают T2-VI-SPAIR, STIR, в совокупности с DWI с факторами взвешенности b-0, b-500 и b-1000.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Long S. et al. Multimodality imaging findings in rhabdomyolysis and a brief review of differential diagnoses // *Emerg. Radiol.* 2017. Vol. 24 (4). P. 387–392.
2. Beetham R. Biochemical investigation of suspected rhabdomyolysis // *Ann. Clin. Biochem.* 2000. Vol. 37 (Pt 5). P. 581–587.
3. Jabur W.L. et al. An Observational Epidemiological Study of Exercise-induced Rhabdomyolysis Causing Acute Kidney Injury: A Single-center Experience // *Indian J. Nephrol.* 2018. Vol. 28 (2). P. 101–104.
4. Huerta-Alardin A.L., Varon J., Marik P.E. Bench-to bedside review: Rhabdomyolysis — an overview for clinicians // *Crit Care.* 2005. Vol. 9 (2). P. 158–169.
5. Lappalainen H. et al. Elimination kinetics of myoglobin and creatine kinase in rhabdomyolysis: implications for follow-up // *Crit Care Med.* 2002. Vol. 30 (10). P. 2212–2215.

6. Pierson E.H., Bantum B.M., Schaefer M.P. Exertional rhabdomyolysis of the elbow flexor muscles from weight lifting // *Pmr*. 2014. Vol. 6 (6). P. 556–559.
7. Mattiassich G. et al. Paravertebral compartment syndrome after training causing severe back pain in an amateur rugby player: report of a rare case and review of the literature // *BMC Musculoskeletal Disord*. 2013. Vol. 14. P. 259.
8. Kok S.X.S., Tan T.J. Clinics in diagnostic imaging (179). Severe rhabdomyolysis complicated by myonecrosis // *Singapore Med. J*. 2017. Vol. 58 (8). P. 467–472.
9. Melli G., Chaudhry V., Cornblath D.R. Rhabdomyolysis: an evaluation of 475 hospitalized patients // *Medicine (Baltimore)*. 2005. Vol. 84 (6). P. 377–385.
10. Ji J.W. Acute Compartment Syndrome Which Causes Rhabdomyolysis by Carbon Monoxide Poisoning and Sciatic Nerve Injury Associated with It: A Case Report // *Hip Pelvis*. 2017. Vol. 29 (3). P. 204–209.
11. Shellock F.G. et al. Acute effects of exercise on MR imaging of skeletal muscle: concentric vs eccentric actions // *AJR Am. J. Roentgenol*. 1991. Vol. 156 (4). P. 765–768.
12. Vanholder R. et al. Rhabdomyolysis // *J. Am. Soc. Nephrol*. 2000. Vol. 11 (8). P. 1553–1561.
13. Tibana R.A., Sousa N.M.F. *Exertional Rhabdomyolysis after an Extreme Conditioning Competition. A Case Report*. 2018. Vol. 6 (2).
14. Moratalla M.B., Braun P., Fornas G.M. Importance of MRI in the diagnosis and treatment of rhabdomyolysis // *Eur. J. Radiol*. 2008. Vol. 65 (2). P. 311–315.
15. Mehta P. et al. Magnetic Resonance Imaging of Musculoskeletal Emergencies // *Semin Ultrasound CT MR*. 2017. Vol. 38 (4). P. 439–452.
16. May D.A. et al. Abnormal signal intensity in skeletal muscle at MR imaging: patterns, pearls, and pitfalls // *Radiographics*. 2000. Vol. 20 Spec. No. P. 295–315.
17. De Meijer A.R. et al. Serum creatine kinase as predictor of clinical course in rhabdomyolysis: a 5-year intensive care survey // *Int. Care Med*. 2003. Vol. 29 (7). P. 1121–1125.
18. Takeda S. et al. Two cases of unidentified acute compartment syndrome // *BMJ Case Rep*. 2018. Vol. January 2018.
19. Hargens A.R. et al. Quantitation of skeletal-muscle necrosis in a model compartment syndrome // *J. Bone Joint Surg Am*. 1981. Vol. 63 (4). P. 631–636.
20. Whitesides T.E. et al. Tissue pressure measurements as a determinant for the need of fasciotomy // *Clin Orthop Relat Res*. 1975. Vol. 113. P. 43–51.
21. Lamminen A.E. et al. Acute rhabdomyolysis: evaluation with magnetic resonance imaging compared with computed tomography and ultrasonography // *Br. J. Radiol*. 1989. Vol. 62 (736). P. 326–330.
22. Nakahara K. et al. The value of computed tomography and magnetic resonance imaging to diagnose rhabdomyolysis in acute renal failure // *Nephrol. Dial. Transplant*. 1999. Vol. 14 (6). P. 1564–1567.
23. Kakuda W. et al. Rhabdomyolysis lesions showing magnetic resonance contrast enhancement // *J. Neuroimaging*. 1999. Vol. 9 (3). P. 182–184.
24. Yeon E.K. et al. Characteristic MR image finding of squatting exercise-induced rhabdomyolysis of the thigh muscles // *Br. J. Radiol*. 2017. Vol. 90 (1072). P. 20160740.
25. Theodorou, D.J., S.J. Theodorou, and Y. Kakitsubata, Skeletal muscle disease: patterns of MRI appearances // *Br. J. Radiol*. 2012. Vol. 85 (1020). P. e1298–1308.
26. Lu C.H. et al. Rhabdomyolysis: magnetic resonance imaging and computed tomography findings // *J. Comput Assist Tomogr*. 2007. Vol. 31 (3). P. 368–374.
27. Fleckenstein J.L. et al. Acute effects of exercise on MR imaging of skeletal muscle in normal volunteers // *AJR Am. J. Roentgenol*. 1988. Vol. 151 (2). P. 231–237.
28. Shintani S., Shiigai T. Repeat MRI in acute rhabdomyolysis: correlation with clinicopathological findings // *J. Comput. Assist. Tomogr*. 1993. Vol. 17 (5). P. 786–791.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 09.06.2019 г.

Контакт: Емельянцева Александр Александрович, yemelyantsev@gmail.com

Сведения об авторах:

Бардаков Сергей Николаевич — кандидат медицинских наук, врач-невролог, преподаватель кафедры нефрологии и эфферентной терапии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: epistaxis@mail.ru;

Бельских Андрей Николаевич — член-корреспондент РАН, профессор, заведующий кафедрой нефрологии и эфферентной терапии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: belskich@mail.ru;

Рыжман Николай Николаевич — кандидат медицинских наук, врач-терапевт, заместитель начальника ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: vmeda-na@mail.ru;

Железняк Игорь Сергеевич — доктор медицинских наук, врач-рентгенолог, доцент, начальник кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: igzh@bk.ru;

Багненко Сергей Сергеевич — доктор медицинских наук, врач-рентгенолог, доцент кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: bagnenko_ss@mail.ru;

Царгуш Вадим Андреевич — врач-рентгенолог, адъюнкт кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: tsargushvni@mail.ru;

Емельянцева Александр Александрович — врач-рентгенолог, адъюнкт кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: yemelyantsev@gmail.com;

Романов Геннадий Геннадиевич — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» МО РФ; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: romanov_gennadiy@mail.ru;

Мавликеев Михаил Олегович — преподаватель кафедры морфологии и общей патологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Минобрнауки России; 420008, г. Казань, Кремлёвская ул., д. 18; e-mail: mmaulikееv@gmail.com;

Девев Роман Вадимович — кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой патологической анатомии с курсом субдальной медицины ФГБВОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. И. П. Павлова» Минздрава России; 390026, г. Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9; e-mail: romdey@gmail.com.

СТАНДАРТЫ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

УДК 616.351-006.6-073.756.8:537.635

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-102-107>

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ МРТ ПРИ РАКЕ ПРЯМОЙ КИШКИ

П. Ю. Гришко, А. В. Мищенко, Ю. А. Гринфельд, Д. В. Самсонов, А. М. Карачун
Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова,
Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Статья посвящена разбору правильной методики проведения МР-исследования пациентам с раком прямой кишки (РПК). Рассматриваются технические аспекты сканирования, преимущества и недостатки различных используемых последовательностей и методик, особенности подготовки и укладки, а также их обоснование. Соблюдение правильной методики позволяет добиться получения качественных изображений, обладающих хорошей информативностью, тем самым давая возможность с высокой точностью оценить степень распространенности процесса, инвазии соседних органов и структур.

Ключевые слова: рак прямой кишки, методика, диагностика, оценка распространенности, магнитно-резонансная томография (МРТ)

MODERN METHODIC APPROACH FOR MRI STUDY OF RECTAL CANCER

P. Yu. Grishko, A. V. Mishchenko, Y. A. Grinfeld, D. V. Samsonov, A. M. Karachun
National Medical Research Center of Oncology named after N. N. Petrov, St. Petersburg, Russia

This article reviews the correct methodology of MRI in patients with rectal cancer (RC). The technical aspects of scanning, the advantages and disadvantages of the various sequences and methods used, the particularities of preparation and positioning, and their rationale are considered. Compliance with the correct methodology allows to obtain high-quality and high-informative images, thereby allowing to assess the extent of the process, the invasion of adjacent organs and structures with high accuracy.

Key words: rectal cancer, method, diagnostics, disease extent assessment, magnetic resonance imaging (MRI)

Для цитирования: Гришко П.Ю., Мищенко А.В., Гринфельд Ю.А., Самсонов Д.В., Карачун А.М. Современный методический подход к проведению МРТ при раке прямой кишки // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 2. С. 102–107, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-2-102-107>.

Введение. В настоящее время колоректальный рак (КРР) является одним из самых распространенных онкологических заболеваний. Ежегодно в мире выявляется около 1 млн новых случаев рака данной локализации. Опухоли прямой кишки составляют до трети от всех случаев КРР и при этом характеризуются наиболее частым формированием отдаленных метастазов (12–50%) и послеоперационных местных рецидивов (5–20%) по сравнению с поражением других отделов толстой кишки [1–3].

В связи с тем, что выбор тактики лечения напрямую зависит от стадии опухолевого процесса, диагностические методы (компьютерная томография, магнитно-резонансная томография — МРТ, ультразву-

ковое исследование и эндоскопия) занимают ведущие позиции в планировании лечения и оценки его эффективности. Точная диагностика степени местного распространения позволяет определиться с резектабельностью опухоли и объемом оперативного вмешательства, оценить эффективность проведенного неoadъювантного лечения и спрогнозировать риск возникновения рецидивов [4]. Благодаря высокой мягкотканной контрастности и возможности получения изображений высокого разрешения МРТ является одним из наиболее информативных методов определения местной распространенности РПК [5–8].

Однако для получения наиболее качественных изображений необходимо придерживаться правильной

от кишечника можно использовать утяжелители (например, подушки с песком), размещаемые на животе. При этом, как правило, отсутствует необходимость освобождения кишки от каловых масс. Для снижения тонуса кишки, в качестве стандартной подготовки к исследованию рекомендуется принимать препараты из группы спазмолитиков (бускопан, дротаверин, глюкагон) [31].

Таким образом, для достижения цели точного стадирования и оценки эффекта НХЛТ используется высокопольная МРТ, высокая информативность кото-

рой достигается использования правильного ориентирования Т2-ВИ высокого разрешения относительно оси опухолевых изменений, особое внимание следует уделять подготовке пациента к исследованию. Выполнение всех этих рекомендаций позволит достичь высокого качества изображений, благодаря которому мы сможем предоставить развернутую информацию лечащему врачу. Использование протоколов с контрастированием и ДВИ не доказало существенного повышения эффективности диагностики и могут рассматриваться в качестве дополнительной оценки.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Harji D.P., Sagar P.M. Advancing the surgical treatment of locally recurrent rectal cancer // *British Journal of Surgery*. 2012. Vol. 99, No. 9. P. 1169–1171. DOI: 10.1002/bjs.8879.
2. Sagar P.M., Pemberton J.H. Surgical management of locally recurrent rectal cancer // *British Journal of Surgery*. 1996. Vol. 83, No. 3. P. 293–304.
3. Siddiqui M.R.S., Simillis C., Hunter C., Chand M., Bhoday J., Garant A., Vuong T., Artho G., Rasheed S., Tekkis P., Abulafi A., Brown G. A meta-analysis comparing the risk of metastases in patients with rectal cancer and MRI-detected extramural vascular invasion (mrEMVI) vs mrEMVI-negative cases // *British Journal of Cancer*. 2017. Vol. 116, No. 12. P. 1513–1519. DOI: 10.1038/bjc.2017.99.
4. Карачун А.М., Петров А.С. Рак среднеампулярного отдела прямой кишки — какую операцию выбрать? — Низкая передняя резекция прямой кишки // *Злокачественные опухоли*. 2013. Т. 2, № 2 (6). С. 23–32. [Karachun A.M., Petrov A.S. Cancer of the middle third of rectum — which operation choose? — Low anterior resection. *Malignant tumours*, 2013, Vol. 2, No. 2, pp. 23–32 (In Russ.)]. DOI: 10.18027/2224-5057-2013-2-23-32.
5. Rodel C., Sauer R., Fietkau R. The Role of Magnetic Resonance Imaging to Select Patients for Preoperative Treatment in Rectal Cancer // *Strahlentherapie Und Onkologie*. 2009. Vol. 185, No. 8. P. 488–492. DOI: 10.1007/s00066-009-2043-3.
6. Al-Sukhni E., Milot L., Fruitman M., Beyene J., Victor J. C., Schmoeker S., Brown G., McLeod R., Kennedy E. Diagnostic Accuracy of MRI for Assessment of T Category, Lymph Node Metastases, and Circumferential Resection Margin Involvement in Patients with Rectal Cancer: A Systematic Review and Meta-analysis // *Annals of Surgical Oncology*. 2012. Vol. 19, No. 7. P. 2212–2223. DOI: 10.1245/s10434-011-2210-5.
7. Karatag O., Karatag G.Y., Ozkurt H., Degirmenci H.K., Avlanmis O., Basak M., Baykan A. The ability of phased-array MRI in preoperative staging of primary rectal cancer: correlation with histopathological results // *Diagnostic and Interventional Radiology*. 2012. Vol. 18, No. 1. P. 20–26. DOI: 10.4261/1305-3825.DIR.3394-10.2.
8. Kim S.H., Lee J.M., Park H.S., Eun H.W., Han J.K., Choi B.I. Accuracy of MRI for Predicting the Circumferential Resection Margin, Mesorectal Fascia Invasion, and Tumor Response to Neoadjuvant Chemoradiotherapy for Locally Advanced Rectal Cancer // *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2009. Vol. 29, No. 5. P. 1093–1101. DOI: 10.1002/jmri.21742.
9. Beets-Tan R.G.H., Lambregts D.M.J., Maas M., Bipat S., Barbaro B., Curvo-Semedo L., Fenlon H.M., Gollub M.J., Gourtsoyianni S., Halligan S., Hoeffel C., Kim S.H., Laghi A., Maier A., Razaelsen S.R., Stoker J., Taylor S.A., Torkzad M.R., Blomqvist L. Magnetic resonance imaging for clinical management of rectal cancer: Updated recommendations from the 2016 European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR) consensus meeting // *European Radiology*. 2018. Vol. 28, No. 4. P. 1465–1475. DOI: 10.1007/s00330-017-5026-2.
10. Nougaret S., Reinhold C., Mikhael H. W., Rouanet P., Bibeau F., Brown G. The Use of MR Imaging in Treatment Planning for Patients with Rectal Carcinoma: Have You Checked the «DISTANCE»? // *Radiology*. 2013. Vol. 268, № 2. С. 329–343. DOI: 10.1148/radiol.13121361.
11. Patel U.B., Taylor F., Blomqvist L., George C., Evans H., Tekkis P., Quirke P., Sebag-Montefiore D., Moran B., Heald R., Guthrie A., Bees N., Swift I., Pennert K., Brown G. Magnetic Resonance Imaging-Detected Tumor Response for Locally Advanced Rectal Cancer Predicts Survival Outcomes: MERCURY Experience // *Journal of Clinical Oncology*. 2011. Vol. 29, No. 28. P. 3753–3760. DOI: 10.1200/JCO.2011.34.9068.
12. Laghi A., Ferri M., Catalano C., Baeli I., Iannaccone R., Iafrate F., Ziparo V., Passariello R. Local staging of rectal cancer with MRI using a phased array body coil // *Abdominal Imaging*. 2002. Vol. 27, No. 4. P. 425–431. DOI: 10.1107/s00261-001-0123-7.
13. Gualdi G.F., Casciani E., Guadalaxara A., d'Orta C., Poletini E., Pappalardo G. Local staging of rectal cancer with transrectal ultrasound and endorectal magnetic resonance imaging — Comparison with histologic findings // *Diseases of the Colon & Rectum*. 2000. Vol. 43, No. 3. P. 338–345.
14. Samdani T., Garcia-Aguilar J. Imaging in Rectal Cancer Magnetic Resonance Imaging Versus Endorectal Ultrasonography // *Surgical Oncology Clinics of North America*. 2014. Vol. 23, No. 1. P. 59–77. DOI: 10.1016/j.soc.2013.09.011.
15. Burdan F., Sudol-Szopinska I., Staroslawska E., Kolodziejczak M., Klepacz R., Mocarska A., Caban M., Zelazowska-Cieslinska I., Szumilo J. Magnetic resonance imaging and endorectal ultrasound for diagnosis of rectal lesions // *European Journal of Medical Research*. 2015. Vol. 20. DOI: 10.1186/s40001-014-0078-0.
16. Piippo U., Paakko E., Makinen M., Makela J. Local staging of rectal cancer using the black lumen magnetic resonance imaging technique // *Scandinavian Journal of Surgery*. 2008. Vol. 97, No. 3. P. 237–242. DOI: 10.1177/145749690809700306.
17. Mulla M., Deb R., Singh R. MRI in T staging of rectal cancer: How effective is it? // *The Indian journal of radiology & imaging*. 2010. Vol. 20, No. 2. С. 118–121. DOI: 10.4103/0971-3026.63055.

18. Brown G., Radcliffe A.G., Newcombe R.G., Dallimore N.S., Bourne M.W., Williams G.T. Preoperative assessment of prognostic factors in rectal cancer using high-resolution magnetic resonance imaging // *British Journal of Surgery*. 2003. Vol. 90, No. 3. P. 355–364. DOI: 10.1002/bjs.4034.
19. Blomqvist L., Glimelius B. The 'good', the 'bad', and the 'ugly' rectal cancers // *Acta Oncologica*. 2000. Vol. 47, No. 1. P. 5–8. DOI: 10.1080/02841860701802585.
20. Vliegen R.F.A., Beets G.L., von Meyenfeldt M.F., Kessels A.G.H., Lemaire E., van Engelshoven J.M.A., Beets-Tan R.G.H. Rectal cancer: MR Imaging in local staging — Is gadolinium-based contrast material helpful? // *Radiology*. 2005. Vol. 234, No. 1. P. 179–188. DOI: 10.1148/radiol.2341031403.
21. Jao S.Y., Yang B.Y., Weng H.H., Yeh C.H., Lee L.W. Evaluation of gadolinium-enhanced T1-weighted magnetic resonance imaging in the preoperative assessment of local staging in rectal cancer // *Colorectal Disease*. 2010. Vol. 12, No. 11. P. 1139–1148. DOI: 10.1111/j.1463-1318.2009.01959.x.
22. Okizuka H., Sugimura K., Yoshizako T., Kaji Y., Wada A. Rectal carcinoma: Prospective comparison of conventional and gadopentetate dimeglumine enhanced fat-suppressed MR imaging // *Jmri-Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 1996. Vol. 6, No. 3. P. 465–471.
23. Lim J.S., Kim D., Baek S.-E., Myoung S., Choi J., Shin S.J., Kim M.-J., Kim N.K., Suh J., Kim K. W., Keum K.C. Perfusion MRI for the prediction of treatment response after preoperative chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer // *European Radiology*. 2012. Vol. 22, No. 8. P. 1693–1700. DOI: 10.1007/s00330-012-2416-3.
24. Yeo D.M., Oh S.N., Choi M.H., Lee S.H., Lee M.A., Jung S.E. Histogram Analysis of Perfusion Parameters from Dynamic Contrast-Enhanced MR Imaging with Tumor Characteristics and Therapeutic Response in Locally Advanced Rectal Cancer // *Biomed Research International*. 2018. DOI: 10.1155/2018/3724393.
25. Intven M., Reerink O., Philippens M.E.P. Dynamic contrast enhanced MR imaging for rectal cancer response assessment after neo-adjuvant chemoradiation // *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2015. Vol. 41, No. 6. P. 1646–1653. DOI: 10.1002/jmri.24718.
26. Lu Z.H., Hu C.H., Qian W.X., Cao W.H. Preoperative diffusion-weighted imaging value of rectal cancer: preoperative T staging and correlations with histological T stage // *Clinical Imaging*. 2016. Vol. 40, No. 3. P. 563–568. DOI: 10.1016/j.clinimag.2015.12.006.
27. Van Heeswijk M.M., Lambregts D.M.J., Palm W.M., Hendriks B.M.F., Maas M., Beets G.L., Beets-Tan R.G.H. DWI for Assessment of Rectal Cancer Nodes After Chemoradiotherapy: Is the Absence of Nodes at DWI Proof of a Negative Nodal Status? // *American Journal of Roentgenology*. 2017. Vol. 208, No. 3. P. W79–W84. DOI: 10.2214/AJR.16.17117.
28. Lambregts D.M.J., Vandecaveye V., Barbaro B., Bakers F.C.H., Lambrecht M., Maas M., Haustermans K., Valentini V., Beets G.L., Beets-Tan R.G.H. Diffusion-Weighted MRI for Selection of Complete Responders After Chemoradiation for Locally Advanced Rectal Cancer: A Multicenter Study // *Annals of Surgical Oncology*. 2011. Vol. 18, No. 8. P. 2224–2231. DOI: 10.1245/s10434-011-1607-5.
29. Foti P.V., Privitera G., Piana S., Palmucci S., Spatola C., Bevilacqua R., Raffaele L., Salamone V., Caltabiano R., Magro G., Destri G.L., Milone P., Ettorre G.C. Locally advanced rectal cancer: Qualitative and quantitative evaluation of diffusion-weighted MR imaging in the response assessment after neoadjuvant chemoradiotherapy // *European Journal of Radiology Open*. 2016. Vol. 3. P. 145–152. DOI: 10.1016/j.ejro.2016.06.003.
30. Wu L.M., Zhu J., Hu J.L., Yin Y., Gu H.Y., Hua J., Chen J., Xu J.R. Is there a benefit in using magnetic resonance imaging in the prediction of preoperative neoadjuvant therapy response in locally advanced rectal cancer? // *International Journal of Colorectal Disease*. 2013. Vol. 28, No. 9. P. 1225–1238. DOI: 10.1007/s00384-013-1676-y.
31. Kim S.H., Lee J.M., Lee M.W., Kim G.H., Han J.K., Choi B.I. Sonography transmission gel as endorectal contrast agent for tumor visualization in rectal cancer // *American Journal of Roentgenology*. 2008. Vol. 191, No. 1. P. 186–189. DOI: 10.2214/AJR.07.3067.

Поступила в редакцию: 29.04.2019 г.

Контакт: Гришко Павел Юрьевич, dr.grishko@mail.ru

Сведения об авторах:

Гришко Павел Юрьевич — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: dr.grishko@mail.ru;

Мищенко Андрей Владимирович — доктор медицинских наук, заведующий научным отделением диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; профессор научно-клинического и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9; e-mail: dr.mishchenko@mail.ru;

Гринфельд Юлия Александровна — оператор магнитно-резонансного томографа отделения лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: juliasik.05@mail.ru;

Самсонов Денис Владимирович — кандидат медицинских наук, врач-онколог хирургического отделения абдоминальной онкологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: desavl@mail.ru;

Карачун Алексей Михайлович — доктор медицинских наук, заведующий хирургическим отделением абдоминальной онкологии, ведущий научный сотрудник научного отделения опухолей желудочно-кишечного тракта ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: dr.a.Karachun@gmail.com.

ХРОНИКА

**ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА
XI «НЕВСКИЙ РАДИОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ-2019»**

С 12 по 13 апреля 2019 года в Санкт-Петербурге состоялся Международный конгресс XI «Невский радиологический форум-2019», который собрал специалистов из 13 стран мира и 78 городов — из России, стран СНГ, Европы, Америки и Азии. В мероприятии приняло участие более 2,5 тысяч человек — рентгенологов, радиологов, врачей УЗД, лучевых терапевтов, рентгенолаборантов, врачей смежных специальностей, организаторов здравоохранения. На НРФ-2019 были приглашены как ведущие российские лекторы, так и зарубежные ученые, имеющие наибольший опыт по ключевым научным направлениям.

Программа отличалась большим разнообразием, насыщенностью и интенсивностью. На протяжении двух дней — с 12 по 13 апреля 2019 года — в тридцати залах конгресс-центра отеля Park Inn by Radisson Прибалтийская было проведено 40 школ, 11 научных секций, 8 сателлитных симпозиумов и 2 мастер-класса по применению современного оборудования для лучевой диагностики, заседание главных специалистов по лучевой диагностике Северо-Запада России. Заседания проходили в 13 залах, причем посещаемость некоторых из них значительно превысила ожидаемую. Большое количество участников свидетельствует о неугасающем интересе к конгрессу и стимулирует Санкт-Петербургское радиологическое общество на дальнейшее совершенствование и развитие.

Состоялись оживленные дискуссии, в фокус которых попали и узкоспециализированные вопросы диагностики и лечения различных видов онкологических заболеваний, используемые для этого технологии и методики. В приоритете были вопросы диагностики опухолевых и сердечно-сосудистых заболеваний, острого коронарного синдрома и инфаркта миокарда, проблемы абдоминальной радиологии и нейрорадиологии, анализ возможностей гибридных и информационных технологий и искусственного интеллекта, вопросы закупок и технического обслуживания техники.

Особо следует отметить 6 конкурсов для студентов, ординаторов и аспирантов, где молодые ученые могли представить свои знания, опыт, навыки пре-

зентаций и самостоятельной работы. Комиссиями Программного комитета РОО «СПРО» выявлены лучшие выступления, и победители торжественно награждены призами и памятными грамотами.

В рамках конгресса была представлена выставочная экспозиция производителей медицинского оборудования, фармацевтических компаний и специализированных медицинских изданий, в которой приняли участие 28 партнеров конгресса и РОО «СПРО». От имени Санкт-Петербургского радиологического общества и Оргкомитета конгресса «НРФ-2019» выражаем благодарность всем спонсорам конгресса, без поддержки которых высокий уровень мероприятия был бы невозможен.

В 2020 году Невский радиологический форум состоится 10–11 апреля. Решением Президиума Президентом XII международного конгресса «Невский радиологический форум-2020» был избран профессор Поздняков Александр Владимирович. Наряду с традиционными тематиками НРФ, одной из основных будет: «Лучевая диагностика в педиатрии, перинатологии и неонатологии».

По итогам регистрации в конгрессе приняло участие 2622 делегата, и это является хорошим показателем для Невского радиологического форума, так как в прошлом, 2018 году участников было 2 тысячи.

Форум был аккредитован в системе непрерывного медицинского образования (НМО) по 6 баллов за каждый день, что позволяет присутствовавшим за одно мероприятие набрать 12 баллов и закрыть текущий год, при необходимых 14 баллах. Нужно отметить, что научная жизнь общества на этом не заканчивается. Приглашаем и ждем врачей на еженедельных аккредитованных НМО семинарах РОО «СПРО» для продолжения обучения. Вход для участников свободный без предварительной регистрации. Информация на сайте www.spbra.ru в разделе «Календарь». Семинары проходят по адресу: на ул. Рентгена, д. 8, 2-й этаж, конференц-зал.

Ждем ваших предложений по научным школам и докладам НРФ-2020 на spbra.register@gmail.com и rozdneyakovalex@yandex.ru. В письме просим указывать тему: Предложения «НРФ-2020» или Предложение на семинар РОО «СПРО».

**Дорогие друзья, спасибо за ваше участие и поддержку!
До новых встреч!**

Оргкомитет НРФ

ЭКСПЕРТИЗА, СТОИМОСТЬЮ \$30 МЛН

Солнечным октябрьским утром 2018 г. в диагностическое отделение госпиталя Humanitas, расположенного в итальянском городке Бергамо, в сопровождении усиленной охраны доставили особого пациента, картину «Воскресение Христа», принадлежащую кисти выдающегося художника эпохи раннего Ренессанса Андреа Мантеньи (1431–1506 гг.), современника Леонардо да Винчи и Сандро Боттичелли. Живописные полотна и гравюры, созданные Мантеньи в период расцвета итальянского искусства — Кватроченто — снискали художнику признание далеко за пределами его родины.

Полотно, датированное приблизительно 1492 г., в запасниках Академии Каррара случайно обнаружил куратор музея сеньор Джованни Валагусса, составляя каталог собрания живописи XIV и XV веков. В подсобном помещении Академии картина хранилась с 30-х гг. прошлого века, когда американский специалист по итальянскому Возрождению Бернард Беренсон отнес ее к числу «копий утраченных работ».

Однако, изучая свою находку, сеньор Валагусса не торопился делать столь однозначный вывод. «Качество изображения и некоторые его детали показались мне просто поразительными», — говорит искусствовед. В частности, ученый заметил между камнями у нижнего края картины маленький золотой крест. Эта деталь указывала на то, что внизу, по всей видимости, не достает части изображения. Это открытие стало поводом для целого детективного расследования.

Пролить свет на загадку куратору музея Каррара помогли эксперты по истории искусства. После досконального исследования они выяснили, что, на первый взгляд, свободно парящий в пространстве золотой крест на «Воскресении» венчает собой посох Христа на другой картине Мантеньи — «Сошествие в Лимб» (ок. 1492). Эта картина, подлинность которой никогда не ставилась под сомнение, в 2003 г. была продана на аукционе Sotheby's в Нью-Йорке за более чем 28 млн долларов. Расположенные рядом обе картины образуют композиционное целое, обретающее утраченный некогда смысл.

Теорию Валагуссы о том, что «Воскресение Христа» и «Сошествие в Лимб» были некогда единым живописным полотном, поддержал Кит Кристиансен — эксперт по творчеству Мантеньи и куратор собрания европейских картин Метрополитен-музея в Нью-Йорке.

Истина была установлена, и «Воскресение Христа» отстояло право на проведение комплексных реставрационных работ, которые включали в себя и сканирование на компьютерном томографе.

Сканирование проводилось на компьютерном томографе Revolution CT1 производства GE Healthcare. Сканирование, выполненное на компьютерном томографе Revolution CT1 (GE Healthcare), позволило получить точное представление о заднике картины: проследить расположение древесных волокон, опреде-

лить очаги заражения личинками жука-точильщика, выявить наличие инородных тел (например, гвоздей).

Рентгенолог Энцо Анжели рассказывает: «Исследование позволило досконально проанализировать полотно, рассмотреть его, что называется, под лупой — как пазл, состоящий из сотен тысяч мельчайших фрагментов размером 0,6 мм. В результате мы



Фото. Момент сканирования картины «Воскресение Христа». Revolution CT (GE Healthcare). Диагностика позволила выявить детали, невидимые человеческому глазу.

Фото предоставлено Humanitas Group

смогли оценить степень сохранности древесины, дифференцировать целый ряд патологических изменений, в частности — наличие сколов, поврежденных частиц, а также выявить последовательность наложения слоев краски. Все эти сведения были необходимы для того, чтобы сопоставить методы создания найденного полотна и других произведений художника и подтвердить гипотезу об авторской принадлежности картины».

«Спустя всего несколько дней после того, как новость о сделанном открытии стала достоянием широкой общественности, с нами связался представитель Лондонской Национальной галереи. Музей хотел убедиться в достоверности полученных сведений о «Воскресении Христа» и договориться об экспонировании шедевра в рамках готовящейся выставки, посвященной Андреа Мантеньи. О лучшем премьерном показе мы не могли и мечтать!» — восклицает сеньор Валагусса.

Так спустя 500 лет после своего создания, в 1000 километрах от своей родины воссоединились разлученные на долгие десятилетия живописные полотна, принадлежащие кисти одного из величайших мастеров Возрождения.

По материалам сайта GE Reports в России и СНГ
<https://www.ge.com/reports/rucis/>

НЕРОЛОГ

ПАМЯТИ ВИКТОРА ИОСИФОВИЧА ДОМБРОВСКОГО



29 мая 2019 года ушел из жизни наш друг и коллега доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, руководитель центра лучевой диагностики и отделения магнитно-резонансной и рентгеновской компьютерной томографии Ростовского государственного медицинского университета Виктор Иосифович Домбровский.

Вся жизнь Виктора Иосифовича — яркий пример служения любимой профессии, верности своим идеалам и убеждениям.

Окончив в 1973 году Ростовский государственный медицинский институт, В.И. Домбровский работал в Научно-исследовательском институте медицинской радиологии АМН СССР (г. Обнинск), где в 1982 году защитил кандидатскую диссертацию, по результатам которой был удостоен премии Ленинского комсомола в области науки и техники.

Без малого 30 лет своей трудовой деятельности он отдал Ростовскому государственному медицинскому университету, в котором впервые на Юге России начал осваивать и внедрять в клиническую практику магнитно-резонансную томографию — выдающуюся медицинскую инновацию XX века. Изучению воз-

можностей этого метода в диагностике опухолей и других заболеваний почек Виктор Иосифович посвятил свою докторскую диссертацию, успешно защитив ее в 2004 году.

Виктор Иосифович Домбровский — член редколлегии «Российского электронного журнала лучевой диагностики», журналов «Лучевая диагностика и терапия», «Вестник урологии», постоянный член Оргкомитета Национального конгресса радиологов, член Российского общества специалистов по лучевой диагностике, Международного общества магнитного резонанса в медицине (ISMRM), Европейского общества радиологов (ESR), Европейского общества онкологических изображений (ESOI).

Утрата тяжела и безвременна. Мы искренне разделяем скорбь и горечь этой невозполнимой потери с родственниками и близкими Виктора Иосифовича.

Светлая память об этом энергичном, жизнерадостном и талантливом человеке сохранится в наших сердцах, а его имя — в истории отечественной медицинской науки.

Друзья, коллеги, родные и близкие

Ушел из жизни замечательный человек, врач, ученый, педагог, наш большой друг. Эта утрата невозполнима. Позвольте высказать слова соболезнования и скорби от лица лучевых диагностов Санкт-Петербурга, Северо-западного федерального округа, Санкт-Петербургского радиологического общества.

Главный редактор журнала «Лучевая диагностика и терапия»,
главный рентгенолог Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга и Минздрава РФ по СЗФО,
вице-президент Санкт-Петербургского радиологического общества,
профессор *Т. Н. Трофимова*

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Статьи для публикации должны быть написаны на русском языке, иметь реферат (резюме), ключевые слова (3–4) на русском и английском языках.
2. К статье должен быть приложен пакет документов: экспертное заключение о возможности открытого опубликования, направление на печать от организации, заполненный лицензионный договор (Соглашение на передачу прав). Все документы должны быть подписаны и заверены печатями организаций.

Без сопроводительных документов статья в печать не принимается.

3. Статьи представляются в редакцию на электронных и бумажных носителях. Если у автора есть затруднения с пересылкой статьи по почте, предоставление материала возможно в электронном виде. Все страницы должны быть пронумерованы от первой до последней страницы, без пропусков и литерных добавлений (например, 2а и т. п.).

3. Объем статьи не должен превышать:

3.1. Передовая статья, обзор, лекция — до 25 страниц;

3.2. Оригинальная статья — до 15 страниц;

3.3. Рекомендации для врачей — до 5 страниц;

3.4. Рецензии, информация, хроника — до 3 страниц.

4. Статья должна иметь следующие разделы.

4.1. Титульный лист — указываются название статьи, инициалы и фамилии авторов, полное название учреждения, город на русском и английском языках. Титульный лист должен быть подписан всеми авторами.

4.2. Резюме — 200–250 слов — должны быть структурированы согласно разделам статьи (введение, цели, задачи, материалы и методы, результаты исследования, выводы).

4.3. Основной текст должен включать в себя следующие разделы, расположенные в установленном порядке:

4.3.1. Введение;

4.3.2. Материалы и методы исследования — обязательно указываются сведения о статистической обработке экспериментального или клинического материала;

4.3.3. Результаты и их обсуждение;

4.3.4. Выводы или заключение;

4.3.5. Литература.

5. Каждая таблица должна иметь номер и название. Рисунки, графики, схемы должны быть черно-белыми с различной штриховкой, выполнены в электронном (отдельными файлами с сохранением возможности редактирования) и бумажном вариантах отдельно от текста, а также иметь подрисовочные подписи без сокращений и дублироваться в тексте. При включении в публикацию растровой графики (сканированных, цифровых снимков, снимков с экрана мониторов и т. п.) предпочтение отдается рисункам с размером меньшей стороны не менее 5 см (640 пикселей), в форматах pdf, tiff, jpeg (максимальное качество).

6. Библиографический список.

6.1. В журнале используется Ванкуверский формат цитирования, который подразумевает отсылку на источник в квадратных скобках и последующее упоминание источников в списке литературы в порядке упоминания. Страница указывается внутри скобок, через запятую и пробел после номера источника: [6, с. 8].

6.1. Библиографические описания источников располагают в порядке упоминания их в тексте статьи и нумеруют арабскими цифрами.

6.2. В лекции можно давать список рекомендуемой литературы, и тогда в тексте ссылаться на источники не обязательно.

6.3. Библиографический список оформляют в соответствии с действующим ГОСТом, указываются все авторы цитируемых работ.

6.4. Ссылки на цитируемые работы в тексте дают в виде порядковых номеров, заключенных в квадратные скобки. В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии), упоминающиеся в тексте статьи. Не следует включать в список литературы авторефераты, диссертации, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах, на сайтах и в блогах. **Если необходимо сослаться на данные источники, следует поместить информацию о них в сноску.**

6.5. Примеры:

1. Кузнецов Н. Т., Климчук Г. С. Додекагидрохлорододекабораты щелочных металлов // Журн. неорганической химии. — 1971. — Т. 16. — С. 1218–1223.

2. Корниенко В. Н., И. Н. Пронин. Диагностическая нейрорадиология. — М., 2006. — 1327 с.

3. Lu G, Ahn D, Johnson G. et al. Diffusion-tensor MR imaging of intracranial neoplasia and associated peritumoral edema: introduction of the tumor infiltration index // Radiology. — 2004. — Vol. 232, № 1. — P. 221–228.

4. Bencardino J. T., Rosenberg Z. S. Sports-related injuries of the wrist: an approach to MRI interpretation // Clin. Sports Med. — 2006. — Vol. 25. — P. 409–432.

6.6. При описании источника следует указывать его DOI.

Например: ¹Фамилия И.О., ²Фамилия И.О. Название статьи. Название журнала. Год; Том(Номер):0000. DOI: 10.13655/1.6.1234567.

7. Данные об авторах статьи должны включать следующие сведения: фамилия, имя, отчество, место работы с указанием города и страны, адрес для переписки и номер телефона для связи, e-mail.

8. Все термины, употребляемые в статье, должны строго соответствовать действующим номенклатурам (анатомической, гистологической и др.), названия лекарственных средств — Государственной Фармакопее, единицы физических величин — системе единиц СИ.

9. Все статьи, поступившие в редакцию, подвергаются тщательному рецензированию. Рукопись, содержащая статистические данные, направляется помимо рецензента по соответствующей рубрике и рецензенту по статистике. Если у рецензентов возникают вопросы, статья возвращается авторам на доработку. Редакция имеет право запросить исходную базу данных, на основании которой производились расчеты в случаях, когда возникают вопросы о качестве статистической обработки. Окончательным сроком для постановки в план печати считать дату поступления доработанного варианта рукописи. Редакция оставляет за собой право внесения редакторских изменений в текст, не искажающих смысла статьи.

10. Авторское право на конкретную статью принадлежит авторам статьи, что отмечается знаком ©. За издательством остается право на оформление, издание, распространение и доведение до всеобщего сведения публикаций, а также включение журнала в различные базы данных и информационные системы. При перепечатке статьи или ее части ссылка на журнал обязательна.

11. Редакция высылает авторам 1 копию журнала, в котором опубликована статья.

12. Редакция не выплачивает гонорара за статьи и не взимает плату за опубликование рукописей.

13. Журнал публикует рекламу по профилю журнала в виде отдельных рекламных модулей, статей, содержащих коммерческую информацию по профилю журнала с указанием «Публикуется на правах рекламы». Размещение рекламы в журнале платное. Объем размещения рекламной информации в журнале ограничен.

14. Материалы в электронном виде следует направлять Трофимовой Татьяне Николаевне по электронной почте: *Trofimova-TN@avaclinic.ru*, включая их как вложенный файл (документ Word, для растровых рисунков и фотографий — tiff, pdf, jpeg).

Мы рады всем Вашим статьям, представленным в наш журнал!

Редакция оставляет за собой право сокращения и стилистической правки текста без дополнительных согласований с авторами.
Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов опубликованных материалов.
Редакция не несет ответственности за последствия, связанные с неправильным использованием информации.

Лучевая диагностика и терапия

Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС77 38910 от 17.02.2010 г.

Корректор: Т. В. Руксина
Верстка: К. К. Ершов