

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL RESEARCH

УДК 616.858-008.6

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-1-33-37>

© Исхакова Э.В., Труфанов А.Г., Юрин А.А., Лепёхина А.С., Ефимцев А.Ю., Фокин В.А., 2020 г.

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ МОРФОМЕТРИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ МУЛЬТИСИСТЕМНОЙ АТРОФИИ¹Э. В. Исхакова, ²А. Г. Труфанов, ²А. А. Юрин, ¹А. С. Лепёхина, ¹А. Ю. Ефимцев, ¹В. А. Фокин¹Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия²Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Нейродегенеративные заболевания занимают значительное место в структуре болезней центральной нервной системы и обладают высокой социальной и экономической значимостью. Одним из методов более точной нейровизуализационной оценки течения нейродегенеративного процесса является магнитно-резонансная морфометрия с использованием специализированного программного обеспечения. **Цель исследования:** оценить возможности магнитно-резонансной морфометрии в качестве метода дифференциальной диагностики отдельных синдромов паркинсонизма и исследовать характерные волнометрические изменения отдельных структур головного мозга при различных вариантах мультисистемной атрофии. **Материалы и методы.** Проанализированы морфометрические маркеры развития вариантов мультисистемной атрофии с помощью постпроцессинговой обработки нативных МР-изображений на программном обеспечении Freesurfer. Обследовано 24 пациентов с стриатонигральной дегенерацией и 20 пациентов с оливопонтocerebellарной дегенерацией. В качестве контрольной группы были обследованы пациенты без актуальной неврологической патологии соответствующего возраста. Магнитно-резонансная томография выполнялась на магнитно-резонансном томографе фирмы «Siemens» с индукцией магнитного поля 1,5 Тл. Статистическому анализу подвергались 240 структур из правого и левого полушария головного мозга. Получены достоверные различия в распределении атрофии среди структур ствола головного мозга и полушарий у пациентов с оливопонтocerebellарной и стриатонигральной дегенерацией. **Выводы.** Полученные нами данные об атрофии зон коры головного мозга, участвующих в реализации когнитивных функций, показали отличие между вариантами мультисистемной атрофии. Так, для стриатонигральной атрофии характерно уменьшение толщины структур лобной коры, в то время как при оливопонтocerebellарной дегенерации выявляется уменьшение толщины парагиппокампальной зоны. Методики постпроцессинговой обработки данных МР-морфометрии позволяют инструментально подтвердить клинический диагноз, а также уточнить патогенез нейродегенеративных заболеваний и уточнить распределение наиболее подверженных нейродегенерации структур головного мозга.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, морфометрия, Freesurfer, нейродегенеративные заболевания, мультисистемная атрофия, оливопонтocerebellарная дегенерация, стриатонигральная дегенерация

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Исхакова Э.В., Труфанов А.Г., Юрин А.А., Лепёхина А.С., Ефимцев А.Ю., Фокин В.А. Магнитно-резонансная морфометрия головного мозга при различных вариантах мультисистемной атрофии // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т. 11, № 1. С. 33–37, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-1-33-37>.

Контакт: Лепёхина Анна Станиславовна, anna20.04.1994@yandex.ru

© Iskhakova E.V., Trufanov A.G., Yurin A.A., Lepekhina A.S., Efimtsev A.Yu., Fokin V.A., 2020

MAGNETIC RESONANCE MORPHOMETRY OF THE BRAIN IN DIFFERENT VARIANTS OF MULTISYSTEM ATROPHY¹Elnara V. Iskhakova, ²Artem G. Trufanov, ²Anton A. Yurin, ¹Anna S. Lepekhina, ¹Alexander Yu. Efimtsev, ¹Vladimir A. Fokin¹Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia²S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Introduction. Neurodegenerative diseases occupy a significant place in the structure of diseases of the Central nervous system and have a high social and economic significance. One of the methods of more accurate neuroimaging assessment of the neurodegenerative process is magnetic resonance morphometry using specialized software. **Purpose of research.** To evaluate the possibilities of magnetic resonance morphometry as a method of differential diagnosis of parkinsonism syndromes and to investigate the characteristic of volumetric changes of individual brain structures in different variants of Multisystem atrophy. **Materials and methods.** Morphometric markers of Multisystem atrophy variants development using postprocessing processing of native MRI on Freesurfer software are analyzed. 24 patients with striatonigral degeneration and 20 patients with olivopontocerebellar degeneration were examined. Patients without relevant neurological pathology of appropriate age were examined as a control group. Magnetic resonance imaging was performed on a magnetic resonance tomograph of Siemens with magnetic field induction of 1,5 T. 240 structures

from the right and left hemispheres of the brain were subjected to statistical analysis. There were significant differences in the distribution of atrophy among the structures of the brain stem and hemispheres in patients with olivopontocerebellar and striatonigral degeneration. **Conclusions.** The obtained data of the study on the atrophy of cortical areas involved in the realization of cognitive functions showed the difference between the variants of Multisystem atrophy. Thus, striatonigral atrophy is characterized by a decrease in the thickness of the structures of the frontal cortex, while olivopontocerebellar degeneration reveals a decrease in the thickness of the parahippocampal zone. Methods of postprocessing processing of MR morphometry data allow to confirm the clinical diagnosis instrumentally, as well as to clarify the pathogenesis of neurodegenerative diseases and to clarify the distribution of the brain structures most susceptible to neurodegeneration.

Key words: magnetic resonance imaging, morphometry, Freesurfer, neurodegenerative diseases, Multisystem atrophy, olivopontocerebellar degeneration, striatonigral degeneration

Conflict of interest: the authors stated that there is no potential conflict of interest.

For citation: Iskhakova E.V., Trufanov A.G., Yurin A.A., Lepekhina A.S., Efimtsev A.Yu., Fokin V.A. Magnetic resonance morphometry of the brain in different variants of multisystem atrophy // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020. Vol. 11, No. 1. С. 29–33, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-1-29-33>.

Contact: *Lepekhina Anna Stanislavovna, anna20.04.1994@yandex.ru*

Введение. Нейродегенеративные заболевания занимают важное место в структуре болезней центральной нервной системы и обладают высокой социальной и экономической значимостью, так как в большинстве случаев приводят к инвалидности больного [1]. В настоящее время диагноз устанавливается клинически, а методы нейровизуализации, используемые в рутинной клинической практике, способны выявить характерные изменения лишь на развернутых стадиях болезни. Нативная МРТ играет важную роль в современной дифференциальной диагностике синдромов паркинсонизма. За последние годы разработан целый ряд методик, позволяющих с достаточно высокой точностью различать нозологические формы паркинсонизма по данным МРТ [2]. Например, измерение отношения площади среднего мозга к площади моста на сагиттальных T1-ВИ или T2-ВИ способно значительно помочь в диагностике прогрессирующего надъядерного паралича. В случае снижения отношения вышеупомянутых структур ниже 0,21 диагноз прогрессирующего надъядерного паралича становится наиболее вероятным, в то время как при болезни Паркинсона это отношение обычно не опускается ниже 0,26. Исключением из этого правила может явиться случай сосудистого паркинсонизма, при котором это отношение также опускается ниже 0,21. Однако при сосудистом паркинсонизме на нативной МРТ также будут выявляться признаки выраженной ангиопатии, последствий нарушений мозгового кровообращения, выраженных наружной и внутренней гидроцефалий. Также отношение площади среднего мозга к мосту значительно изменяется при оливопонтocerebellарной дегенерации. В этом случае данное отношение повышается и обычно превышает 0,30. Для повышения точности диагностики стриатонигрального варианта мультисистемной атрофии используются T2-ВИ, на которых в проекции базальных ганглиев визуализируется гипointенсивная полоска под гиперинтенсивной полосой по внешнему краю скорлупы. Следует, однако, принимать во внимание, что подобная МР-картина

может являться нормой при исследовании на магнитно-резонансных томографах с напряженностью магнитного поля 3 тесла.

Комплексное описание вышеперечисленных методик было представлено нами в материалах III национального конгресса по болезни Паркинсона и расстройствам движений [3]. В то же время, несмотря на отсутствие эффективной терапии для замедления прогрессирования болезни, ранняя диагностика является актуальной задачей. Одним из методов более точной нейровизуализационной оценки течения нейродегенеративного процесса является магнитно-резонансная морфометрия с использованием специализированного программного обеспечения.

Опубликовано ограниченное число работ по морфометрической оценке атрофии вещества головного мозга, в то же время в отечественной литературе данное направление исследований не представлено [4–8].

Цель работы: исследование характерных волюметрических изменений отдельных структур головного мозга при различных вариантах мультисистемной атрофии и оценка возможностей магнитно-резонансной морфометрии в качестве метода дифференциальной диагностики отдельных синдромов паркинсонизма.

Материалы и методы. Всего обследовано 44 пациента с мультисистемной атрофией, в том числе 24 больных с стриатонигральной и 20 с оливопонтocerebellарной дегенерацией. В качестве контроля использованы данные МРТ 35 пациентов соответствующего возраста без актуальной патологии нервной системы.

Магнитно-резонансная томография выполнялась на магнитно-резонансном томографе фирмы «Siemens» с индукцией магнитного поля 1,5 Тл, с получением стандартных T1-взвешенных изображений (ВИ), T2-ВИ в коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях. Кроме этого, всем пациентам проводился протокол T1 градиентного эха с последующим обесчетом на персональном компьютере с помощью программного обеспечения

FreeSurfer. Статистическому анализу подвергались 240 структур из правого и левого полушария головного мозга. Обработка полученных данных проводилась с использованием пакета Statistica 8.0 компании StatSoft при помощи теста Манна–Уитни. Различия считались достоверными при уровне $p < 0,05$. Корреляционные связи рассчитывались с использованием критерия Спирмена.

Результаты и их обсуждение. Морфометрический анализ показал значительные различия между разными вариантами мультисистемной атрофии. Выявлены достоверные различия в толщине коры и объеме подкорковых структур как в левом, так и в правом полушариях головного мозга (табл. 2, 3).

верхней и средней лобной извилин, а также пре- и постцентральных извилин.

В противоположность этим изменениям, при оливопонтocerebellарной атрофии дегенерации подвергается в первую очередь белое вещество мозжечка и структуры ствола головного мозга. Представленность структур коры головного мозга среди подверженных атрофии зон значительно меньше. Это парагиппокампальная область и области теменной и затылочной коры (медиальная затылочно-височная извилин, язычная извилина, перешеек поясной извилин).

При обоих вариантах мультисистемной атрофии дегенерации подвергается клин затылочной доли.

Таблица 1

Распределение атрофии, характерное для стриатонигральной дегенерации

Table 1

Distribution of atrophy characteristic of striatonigral degeneration

Структура	Стриатонигральная дегенерация М [LQ; UQ]	Контроль М [LQ; UQ]	p-value
Клин, объем (<i>Cuneus</i>)	2645,5 [2535; 2880]	2898 [2816; 2919]	0,039171
Клин, толщина коры (<i>Cuneus</i>)	1,64 [1,58; 1,69]	1,81 [1,74; 1,84]	0,005615
Покрышечная часть (<i>Pars opercularis</i>)	2,39 [2,35; 2,41]	2,49 [2,48; 2,51]	0,008010
Прецентральная извилина (<i>Gyrus precentralis</i>)	2,091 [2,031; 2,318]	2,535 [2,355; 2,803]	0,039171
Постцентральная борозда (<i>Sulcus postcentralis</i>)	1,858 [1,789; 1,968]	2,038 [2,019; 2,115]	0,015695
Прямая извилина (<i>Gyrus rectus</i>)	2,1405 [2,123; 2,25]	2,323 [2,264; 2,39]	0,029240
Верхняя лобная извилина (<i>Gyrus frontalis superior</i>)	2,63 [2,48; 2,70]	2,77 [2,7; 2,82]	0,039171
Лобная медиальная борозда (<i>Gyrus frontalis medialis</i>)	2383,5 [2148; 2841]	3352 [3048; 3918]	0,015695
Медиальная орбитофронтальная кора (<i>Medial orbitofrontal area</i>)	4302,5 [3844; 4511]	5082 [4609; 5524]	0,029240
Островок (<i>Insula</i>)	2,64 [2,58; 2,80]	2,86 [2,81; 2,99]	0,039171
Постцентральная извилина (<i>Wm-rh-postcentral</i>)	9249,6 [8620,5; 10533,1]	7841,6 [7664; 8463]	0,029240
Задняя латеральная борозда (<i>Lat_Fis-post</i>)	1,958 [1,821; 2,138]	2,246 [2,176; 2,288]	0,039171
Теменно-затылочная борозда (<i>S_parieto_occipital</i>)	1,8595 [1,757; 2,032]	2,075 [1,985; 2,118]	0,039171
Нижняя часть надкраевой извилины (<i>G_pariet_inf-Supramar</i>)	2,48 [2,47; 2,48]	2,63 [2,57; 2,68]	0,008010
Борозда мозолистого тела (<i>pericalcarine</i>)	1933,5 [1760; 2005]	2157 [2054; 2368]	0,039171
Задняя восходящая часть поясной борозды (<i>S_cingul-marginalis</i>)	1,952 [1,699; 2,041]	2,236 [2,054; 2,324]	0,015695
Медиальный отдел ольфакторной борозды (<i>S_orbital_med-olfact</i>)	2,074 [1,981; 2,104]	2,191 [2,146; 2,221]	0,015695
Оперкулярная часть нижней лобной извилины (<i>G_front_inf-Opercular</i>)	2,47 [2,27; 2,57]	2,62 [2,55; 2,67]	0,029240
Латеральная орбитофронтальная кора (<i>Lateral orbitofrontal</i>)	2,44 [2,4; 2,48]	2,54 [2,53; 2,57]	0,029240

После статистической обработки полученные результаты подверглись графической обработке для визуального подтверждения (рис. 1, 2).

При статистическом анализе у пациентов со стриатонигральной дегенерацией выявлялась статистически значимая атрофия коры преимущественно лобной доли головного мозга. Достоверные результаты получены при анализе толщины и объема оперкулярной части лобной доли, прямой извилины,

Заключение. Выявленная нами атрофия лобной коры при стриатонигральной дегенерации коррелирует с современными представлениями о патогенезе заболевания и структурно-функциональными связями среднего мозга с корой больших полушарий через структуры базальных ганглиев. Атрофии подвергались первичная сенсорно-моторная кора, дорсальная премоторная кора и дополнительная моторная кора, а также дорсолатеральная префронтальная кора

Таблица 2

Распределение атрофии, характерное для оливопонтocerebellарной дегенерации

Table 2

Distribution of atrophy characteristic of olivopontocerebellar degeneration

Структура	Оливопонтocerebellарная дегенерация, М [LQ; UQ]	Контроль, М [LQ; UQ]	p-value
Парагиппокампальная область (<i>Parahippocampal area</i>)	2061,5 [1914; 2318]	1836 [1678; 1872]	0,045128
Перешеек поясной извилины (<i>Isthmus cingulate</i>)	2,12 [2,09; 2,22]	2,26 [2,24; 2,39]	0,039171
Медиальная затылочно-височная язычная извилина, объем (<i>G_oc-temp_med-Lingual</i>)	4479,5 [4112; 4686]	3891 [3725; 4099]	0,02924
Медиальная затылочно-височная язычная извилина, толщина (<i>G_oc-temp_med-Lingual</i>)	2,04 [1,95; 2,17]	1,83 [1,80; 1,85]	0,021557
Четвертый желудочек, объем (<i>4th-Ventricle</i>)	3253,05 [2286; 4001]	1617,9 [1443,8; 1698,4]	0,011284
Поствентральная часть поясной извилины (<i>G_cingul-Post-ventral</i>)	555 [524; 579]	645 [599; 796]	0,011284
Белое вещество левого полушария мозжечка (<i>Left-Cerebellum-White-Matter</i>)	10 577,9 [9462,4; 11 427,9]	15 169 [12 560,2; 17 833,8]	0,005615
Ствол мозга (<i>Brain-Stem</i>)	16 501,15 [16 183,9; 17 357,2]	21 976,5 [19 955,1; 23 010,5]	0,003885
Белое вещество правого полушария мозжечка (<i>Right-Cerebellum-White-Matter</i>)	9526,1 [8815,1; 10430]	13 552,2 [11 906,2; 18 967,1]	0,003885

Таблица 3

Зоны атрофии, характерные для обоих вариантов мультисистемной атрофии

Table 3

Zones of atrophy characteristic of both variants of Multisystem atrophy

Структура	Стриатонигральная дегенерация, М [LQ; UQ]	p-value*	Оливопонтocerebellарная дегенерация, М [LQ; UQ]	p-value*	Контроль, М [LQ; UQ]
Клиновидная извилина (<i>G_cuneus</i>)	1,64 [1,57; 1,70]	0,015695	1,69 [1,62; 1,73]	0,045128	1,78 [1,74; 1,85]
Медиальная орбитофронтальная кора (<i>medial orbitofrontal</i>)	2,19 [2,15; 2,22]	0,011284	2,25 [2,03; 2,37]	0,039171	2,44 [2,33; 2,53]
Третий желудочек (<i>3rd-Ventricle</i>)	2108,3 [1474,9; 2624,5]	0,029240	2001,75 [1770; 2312,1]	0,021557	1347,9 [1206,6; 1713,8]
Супраорбитальная борозда (<i>S_suborbital</i>)	2,238 [2,117; 2,26]	0,011284	2,199 [2,158; 2,357]	0,015695	2,664 [2,308; 2,856]

* Значимость различий с показателями группы контроля.

(оперкулярная часть и прямая извилины). Эти структуры связаны с формированием мышечного тонуса, элементарных движений и праксиса. Оперкулярная часть и прямая извилина участвуют в регуляции эмоциональных реакций и когнитивной сферы.

Таким образом, выявленные нами сведения о характере атрофии коры при стриатонигральной дегенерации уточняют патогенез таких клинических особенностей заболевания как развитие когнитивных нарушений лобного типа, депрессии, нарушений праксиса.

Полученные данные о характере атрофии при оливопонтocerebellарной дегенерации указывают на вовлечение преимущественно белого вещества обоих полушарий мозжечка, в то время как кора подвергается атрофии в меньшей степени. В число корковых структур, которые подвергаются атрофии

при оливопонтocerebellарной дегенерации, входят парагиппокампальная зона, которая участвует в формировании механизмов памяти.

Полученные нами данные об атрофии зон коры головного мозга, участвующих в реализации когнитивных функций, показали отличие между вариантами мультисистемной атрофии. Так, для стриатонигральной атрофии характерно уменьшение толщины структур лобной коры, в то время как при оливопонтocerebellарной дегенерации выявляется уменьшение толщины парагиппокампальной зоны.

Результаты проведенного исследования коррелируют с данными, полученными ранее [4–8], при этом дополняют их новыми сведениями о более широком вовлечении коры головного мозга в нейродегенеративный процесс.

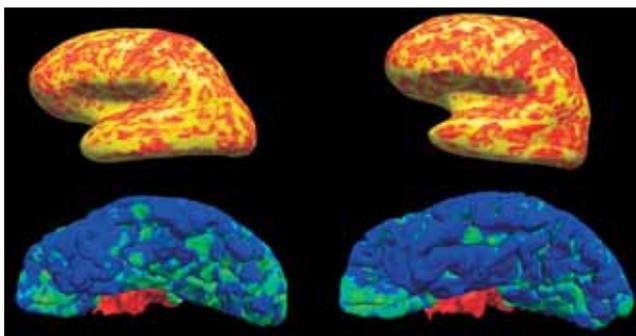


Рис. 1. Графическое представление статистического анализа атрофии коры головного мозга у пациентов со стриатонигральной дегенерацией (справа) в сравнении с группой контроля (слева). Верхние рисунки — более теплые цвета (красный) соответствуют меньшей толщине коры; нижние рисунки — более холодные цвета (синий) соответствуют меньшей толщине коры

Fig. 1. Graphical representation of the statistical analysis of cortical atrophy in patients with striatonigral degeneration (right) in comparison with the control group (left). Warmer colors indicate a smaller thickness of bark

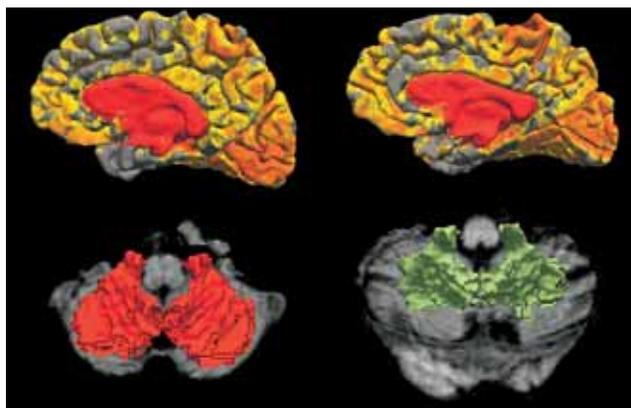


Рис. 2. Графическое представление статистического анализа атрофии коры головного мозга и белого вещества полушарий мозжечка у пациентов с оливопонтocerebellарной дегенерацией (справа) в сравнении с группой контроля (слева)

Fig. 2. Graphical representation of statistical analysis of cerebral cortex atrophy and white matter of cerebellar hemispheres in patients with olivopontocerebellar degeneration (right) in comparison with the control group (left)

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Левин О.С., Федорова Н.В., Шток В.Н. Дифференциальная диагностика паркинсонизма // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2003. Т. 103, № 2. С. 54–60. [Levin O.S., Fedorova N.V., Shtok V.N. Differential diagnosis of parkinsonism. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2003, Vol. 103, No. 2, pp. 54–60 (In Russ.).]
2. Воронков Л.В., Труфанов А.Г., Литвиненко И.В. Возможности воксель-базированной морфометрии в диагностике неопухолевых заболеваний головного мозга // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2012. № 1 (37). С. 203–207. [Voronkov L.V., Trufanov A.G., Litvinenko I.V. Possibilities of voxel-based morphometry in the diagnosis of non-tumorous diseases of the brain. *Herald of the Russian Academy of Military Medicine*, 2012, No. 1 (37), pp. 203–207 (In Russ.).]
3. Труфанов А.Г., Литвиненко И.В. Возможности МРТ в диагностике и оценке прогрессирования болезни Паркинсона // *Материалы III Национального конгресса по болезни Паркинсона и расстройствам движений (с международным участием)*. М.: Изд-во Научного центра неврологии РАМН, 2014. С. 126–133. [Trufanov A.G., Litvinenko I.V. The capabilities of MRI in the diagnosis and assessment of progression of Parkinson's disease. *Guidelines for physicians on the materials of the III National Congress on Parkinson's disease and movement disorders (with international participation)*, Moscow: Publisher Scientific Center of Neurology RAMS, 2014, pp. 126–133 (In Russ.).]
4. Brenneis C., Boesch S.M., Egger K.E. Cortical atrophy in the cerebellar variant of multiple system atrophy: a voxel-based morphometry study // *Movement Disord.* 2006. Vol. 21. P. 159–165. <https://doi.org/10.1002/mds.20656>.
5. Brenneis C., Seppi K., Schocke M.F. Voxel-based morphometry detects cortical atrophy in the Parkinson variant of multiple system atrophy // *Movement Disord.* 2003. Vol. 18. P. 1132–1138. <http://dx.doi.org/10.1002/mds.10502>.
6. Messina D., Cerasa A., Condino F. Patterns of brain atrophy in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy and multiple system atrophy // *Parkinsonism Relat Disord.* 2011. Vol. 17. P. 172–176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.parkreidis.2010.12.010>.
7. Minnerop M., Specht K., Ruhlmann J. Voxel-based morphometry and voxel-based relaxometry in multiple system atrophy — a comparison between clinical subtypes and correlations with clinical parameters // *Neuroimage*. 2007. Vol. 36. P. 1086–1095. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.04.028.
8. Scherfler C., Göbel G., Müller C. Diagnostic potential of automated subcortical volume segmentation in atypical parkinsonism // *Neurology*. 2016. Vol. 86. P. 1242–1249. DOI: 10.1212/WNL.0000000000002518.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 17.11.2019 г.

Сведения об авторах:

Исхакова Эльнара Вахидовна — аспирант кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова»; 197341, Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, д. 2; e-mail: atluevaelnara@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2771-5298; SPIN-код: 4183-6879;

Труфанов Артем Геннадиевич — доцент кафедры нервных болезней федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: trufanovart@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2905-9287, SPIN-код: 7335-6463;

Юрин Антон Александрович — преподаватель кафедры нервных болезней федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-3758-9747, SPIN: 7378-2183;

Лепёхина Анна Станиславовна — ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова»; 197341, Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, д. 2; e-mail: anna20.04.1994@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-3805-8430; SPIN-код: 9012-2492;

Ефимцев Александр Юрьевич — ведущий научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории лучевой визуализации федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова»; 197341, Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, д. 2; e-mail: altralf@mail.ru; ORCID: 0000-0003-2249-1405, SPIN-код: 3459-2168;

Фокин Владимир Александрович — заведующий отделом лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова»; 197341, Санкт-Петербург, ул. Акkuratова, д. 2; e-mail: vlad.fokin@mail.ru; ORCID: 0000-0001-7885-9024; SPIN-код: 6072-3550.