

# МРТ-признаки психических заболеваний

**С.Ф. Агеева**, <https://orcid.org/0009-0003-9563-6756>, son.ageeva13@gmail.com

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119192, Россия, Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, корп. 1

## Резюме

Долгое время использование методов лучевой диагностики в психиатрии виделось малоэффективным, поскольку считалось, что с их помощью можно оценить только структурные изменения головного мозга. Однако последующее развитие и появление новых радиологических техник привело к появлению ранее недоступных возможностей. В современной psychiatric практике наибольший интерес представляет магнитно-резонансная томография (МРТ) и ее производные – функциональная МРТ (фМРТ) с выполнением заданий и в состоянии покоя. Данные техники дают возможность оценить как структурные, так и функциональные изменения головного мозга. С помощью МРТ с высоким пространственным разрешением стало возможно оценить изменения серого вещества головного мозга, в том числе его региональный объем, толщину коры, форму извилин и подкорковые структуры. Благодаря фМРТ появилась возможность оценить нейронную активность и нейронные схемы головного мозга. Функциональная МРТ с выполнением заданий основана на увеличении кровоснабжения и, соответственно, оксигенации тех участков мозга, которые активируются при работе над определенными заданиями, в то время как при МРТ в состоянии покоя оцениваются спонтанные колебания активности зон головного мозга. Хотя диагноз психических заболеваний не ставится исключительно по результатам МРТ, визуализация способна облегчить данную задачу. При исследовании могут наблюдаться такие признаки, как гипо- или гиперактивация участков, увеличение или уменьшение объемов зон головного мозга. В работе описаны примеры МР-признаков, характерных для синдрома дефицита внимания и гиперактивности, биполярного расстройства, большого депрессивного расстройства, шизофрении, а также возможные визуализационные признаки когнитивных нарушений, встречающихся при рассеянном склерозе.

**Ключевые слова:** функциональная МРТ, психические заболевания, синдром дефицита внимания и гиперактивности, биполярное расстройство, большое депрессивное расстройство, шизофрения, рассеянный склероз

**Для цитирования:** Агеева С.Ф. МРТ-признаки психических заболеваний. *Медицинский совет*. 2023;17(13):38–42. <https://doi.org/10.21518/ms2023-175>.

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

# MRI signs of mental disorders

**Sofia F. Ageeva**, <https://orcid.org/0009-0003-9563-6756>, son.ageeva13@gmail.com

Lomonosov Moscow State University; 27, Bldg. 1, Lomonosovsky Ave., 119192, Moscow, Russia

## Abstract

Radiology methods were believed to be used to assess only structural changes in the brain. Therefore, for a long time, their use in psychiatry was seen ineffective. However, the subsequent development and emergence of new visualization techniques led to the appearance of previously inaccessible opportunities. In modern psychiatric practice magnetic resonance imaging (MRI), task-based functional MRI (fMRI) and resting state fMRI are methods of the greatest interest. Both structural and functional changes of brain can be assessed with these techniques. Using MRI with high spatial resolution, it's possible to assess changes in the gray matter of the brain, including its regional volume, cortical thickness, shape of the convolutions and subcortical structures. With the use of fMRI it became possible to evaluate neural activity and neural circuits of the brain. In task-based fMRI patient complete certain tasks, which leads to an increase in blood supply and oxygenation of activated parts of the brain. Resting MRI, on the other hand, evaluates spontaneous fluctuations in the brain activity. Although the diagnosis of mental illness is not based on MRI alone, imaging techniques can facilitate the process. MR-signs such as hypo- or hyperactivation of brain areas, an increase or decrease in the volume of brain zones can be observed. The text describes examples of MR-characteristics of attention deficit hyperactivity disorder, bipolar disorder, major depressive disorder, schizophrenia, and MR-features of cognitive impairment in multiple sclerosis.

**Keywords:** MRI, functional MRI, mental disorders, attention deficit hyperactivity disorder, bipolar disorder, major depressive disorder, schizophrenia, multiple sclerosis

**For citation:** Ageeva S.F. MRI signs of mental disorders. *Meditinskij Sovet*. 2023;17(13):38–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2023-175>.

**Conflict of interest:** the author declares no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Ранее методы лучевой диагностики применялись в психиатрии значительно реже, поскольку с их помощью можно было обнаружить только грубые изменения (напри-

мер, черепно-мозговую травму с помощью компьютерной томографии головного мозга). Однако радиологические техники стремительно развивались, и качество получаемых изображений значительно улучшилось, что дало новые возможности для их применения [1].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) и ее производные – функциональная МРТ (фМРТ) с выполнением заданий и в состоянии покоя внесли значимый вклад в описание характерных визуализационных признаков для ряда психических заболеваний. Несмотря на то что диагноз психических расстройств устанавливается в основном по данным анамнеза и объективного осмотра, МР-исследования могут применяться в клинической практике для облегчения постановки диагноза, оценки проводимого лечения и дальнейшего прогноза [1].

В данной работе приведены примеры МР-признаков, характерных для следующих заболеваний: синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), биполярного расстройства (БР), большого депрессивного расстройства (БДР), шизофрении, а также МР-признаки когнитивных нарушений при рассеянном склерозе (РС).

## МЕТОДЫ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### Структурная МРТ

МР-томография с высоким пространственным разрешением позволяет оценить морфометрические изменения серого вещества головного мозга, включая его региональный объем, толщину коры, форму извилин и подкорковые структуры. Для обработки информации с данной целью можно использовать компьютерную технику – voxel-базированный анализ (voxel-based analysis; voxel – единица объема в структуре изображения, определенная в трех измерениях) [1, 2].

### Функциональная МРТ

Функциональная МРТ может быть использована для выявления нарушений работы головного мозга у пациентов с психическими заболеваниями [1].

Данный метод имеет две вариации – фМРТ с выполнением заданий и фМРТ в состоянии покоя. При первом типе пациент во время МР-исследования выполняет определенные задачи, что в норме приводит к активации определенных нейронов, вазодилатации, увеличению кровотока, изменению оксигенации в задействованных участках мозга. Функциональная МРТ в состоянии покоя проводится без постановки каких-либо целей перед исследуемым, при этом оцениваются спонтанные колебания активности зон мозга. Таким образом, данные исследования дают возможность оценить нейронную активность и нейронные схемы головного мозга [1, 3].

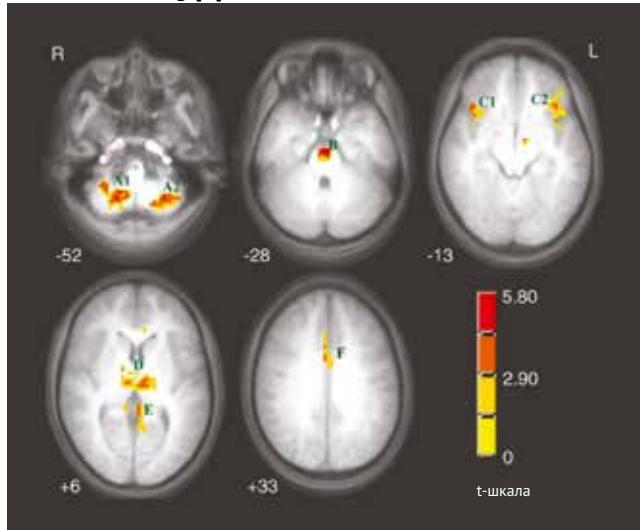
## СИНДРОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТИ

СДВГ – расстройство, характеризующееся проблемами с концентрацией внимания и поведенческим управлением, гиперактивностью.

L. Tian et al. сообщают, что в результате выполнения фМРТ в состоянии покоя у подростков с СДВГ обнаруживается повышенная активность дорсальной поясной (цингуллярной) коры, таламуса, мозжечка, островка, моста (рис. 1). Все перечисленные структуры задействованы

● **Рисунок 1.** Карта различий функциональной связи между пациентами с синдромом дефицита внимания и гиперактивности и контрольной группой при выполнении функционального МРТ в состоянии покоя [4]

● **Figure 1.** The difference map of the functional relationships between patients with attention deficit/hyperactivity disorder and the control group during resting-state functional MRI scanning [4]



A1 – мозжечок (справа); A2 – мозжечок (слева); B – мост; C1 – островок (справа); C2 – островок (слева); D – таламус; E – задняя цингуллярная кора; F – дорсальная цингуллярная кора

в автономной регуляции, что может свидетельствовать о нарушении вегетативного контроля у пациентов с СДВГ [4, 5]. В частности, у лиц с данным расстройством может быть относительно снижено влияние парасимпатической нервной системы на сердце и, соответственно, повышенено влияние симпатической, что может проявляться снижением вариабельности сердечного ритма [6]. Дорсальная поясная кора также задействована в когнитивных функциях, в том числе в обучении, самоконтроле и регуляции поведения [7, 8]. Изменения функциональной активности данной области могут в том числе обуславливать клинические проявления СДВГ [4, 9].

У пациентов с СДВГ может наблюдаться гипоактивация нижней лобной коры, что связано с нарушением поведенческого контроля [1].

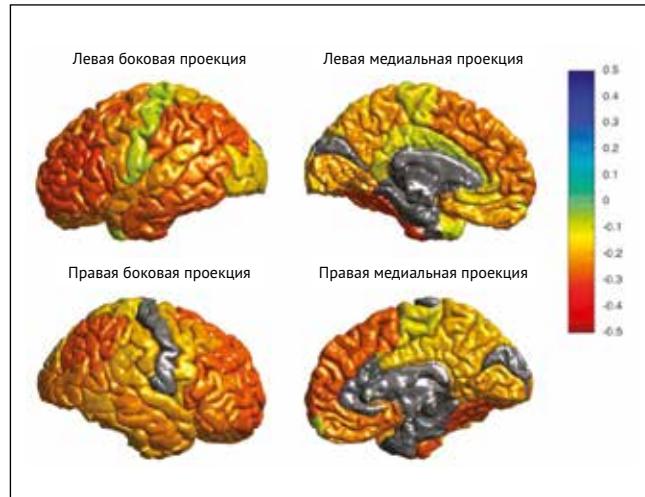
У детей с СДВГ обнаружено снижение объема некоторых областей мозга, в особенности левой префронтальной коры [10]. Также у пациентов с СДВГ может быть снижен объем миндалин, хвостатого ядра, гиппокампа и скорлупы в сравнении с контрольной группой [11].

## БИПОЛЯРНОЕ РАССТРОЙСТВО

БР – состояние, характеризующееся наличием сменяющихся периодов мании и депрессии.

В масштабном исследовании D.P. Hilbar et al. была оценена толщина серого вещества головного мозга у 6503 взрослых (1837 пациентов с БР и 2582 человека в контрольной группе). Оказалось, что у пациентов с БР серое вещество было истончено в лобных, височных и теменных областях обоих полушарий головного мозга (рис. 2) [12]. Кроме того, отмечено, что более длительное течение болезни ассоциировано

- Рисунок 2. Истончение коры головного мозга у взрослых пациентов с биполярным расстройством в сравнении с контрольной группой; величина d-эффекта Коэна отображена в цвете; незначимые регионы окрашены серым [12]
- Figure 2. Cerebral cortical thinning in adult patients with bipolar disorder vs the control group; Cohen's d effect size is shown in colour; non-significant regions are coloured in grey [12]



с большим снижением толщины шпорной борозды, левой передней поясной извилины, правого клина и увеличением толщины правой энториальной извилины (рис. 3) [12].

По результатам фМРТ в состоянии покоя пациентов с БР в период мании наблюдалось изменение активности миндалин, лобной и поясной коры, а в депрессивном состоянии – изменение активности островка и склерупы [13–15].

## БОЛЬШОЕ ДЕПРЕССИВНОЕ РАССТРОЙСТВО

БДР – состояние, которое характеризуется сниженным настроением, потерей интереса к ранее приятным занятиям.

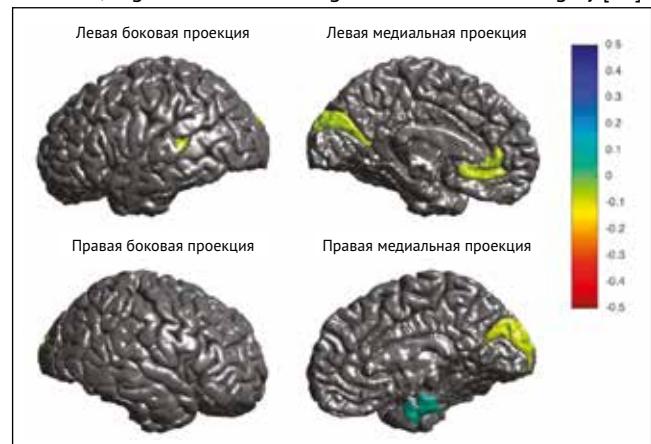
При МР-визуализации у пациентов с БДР может наблюдаться снижение объемов таламуса. Однако связь степени снижения с тяжестью состояния пациента не была установлена [1].

В нескольких исследованиях с применением воксельного морфометрического анализа МР-изображений отмечается уменьшение серого вещества в префронтальной и лимбической области, в особенности верхней и нижней лобной извилины, средней височной извилины, а также парагиппокампальной извилины и гиппокампа. Это может обуславливать такие клинические признаки, как снижение настроения, внимания, памяти, потеря интереса к жизни, нарушение способности планирования [16–20].

В одной из работ описано снижение объема гиппокампа у пациентов с БДР в сравнении с контрольной группой. При этом изменения оказались более выраженным у пациентов с рецидивирующими депрессивными эпизодами (рис. 4). Авторы статьи связывают данное явление с нейротрофической гипотезой депрессии, согласно которой хроническая активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы при БДР приводит к повышению уровня глюкокортикоидов. Избыток глюкокортикоидов, в свою очередь, может приводить к подавлению факторов роста, в том числе нейротрофического фактора, и, следовательно, к атрофии ткани головного мозга [21].

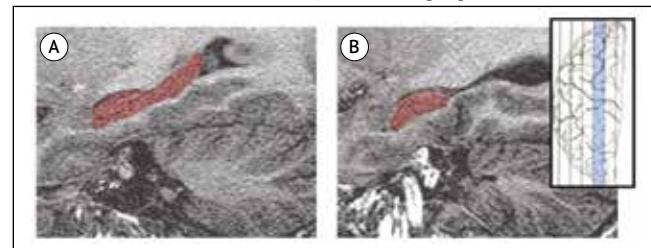
- Рисунок 3. Истончение коры головного мозга у взрослых пациентов с биполярным расстройством в сравнении с контрольной группой, связанное с более длительным течением болезни; величина r-эффекта корреляции Пирсона отображена в цвете; незначимые регионы окрашены серым [12]

- Figure 3. Cerebral cortical thinning in adult patients with bipolar disorder vs the control group associated with a longer course of the disease; Pearson correlation's r effect size is shown in colour; regions that are not significant are shown in grey [12]



● Рисунок 4. МРТ-изображения гиппокампа (выделен красным) у пациента из группы контроля (A) и пациента с рецидивирующим большим депрессивным расстройством (B); исследуемые одного возраста и пола [21]

- Figure 4. Hippocampus MRI scans (shown in red) in a patient from the control group (A) and a patient with recurrent MDD (B); the patients are of the same age and sex [21]



В некоторых исследованиях описано увеличение активности передней поясной коры у пациентов с БДР при фМРТ-обследовании [22]. Данная область задействована при распределении внимания, принятии решений, ожидании вознаграждения, а также в этических и эмоциональных аспектах. Также у лиц с данным расстройством можно наблюдать снижение связи задней поясной коры и хвостатого ядра, что может быть связано с нарушениями в системе внутреннего подкрепления [23].

## ШИЗОФРЕНИЯ

Шизофрения – это прогрессирующее эндогенное психическое заболевание, при котором характерна потеря единства психических функций, нарушение мышления, обеднение эмоциональной сферы и нарастающее ослабление психической активности.

При структурном МР-исследовании у пациентов с шизофренией может наблюдаться расширение желудочков головного мозга с атрофическими изменениями коры (в основном лобных долей). При этом дальнейшее увеличение ширины желудочков может быть связано с прогрессированием заболевания [24–27].

Может отмечаться уменьшение объемов серого вещества височных и лобных долей, в том числе комплекса «миндалевидное тело – гиппокамп», ответственного за формирование памяти и эмоциональные реакции [27–29]. Сообщалось, что у пациентов с более выраженными негативными симптомами наблюдается большее уменьшение объема серого вещества в височной доле [1].

## РАССЕЯННЫЙ СКЛЕРОЗ

РС – демиелинизирующее заболевание, при котором поражаются миелиновые оболочки клеток головного и спинного мозга. При РС могут встречаться когнитивные нарушения, такие как снижение памяти, способности к обучению и принятию решений.

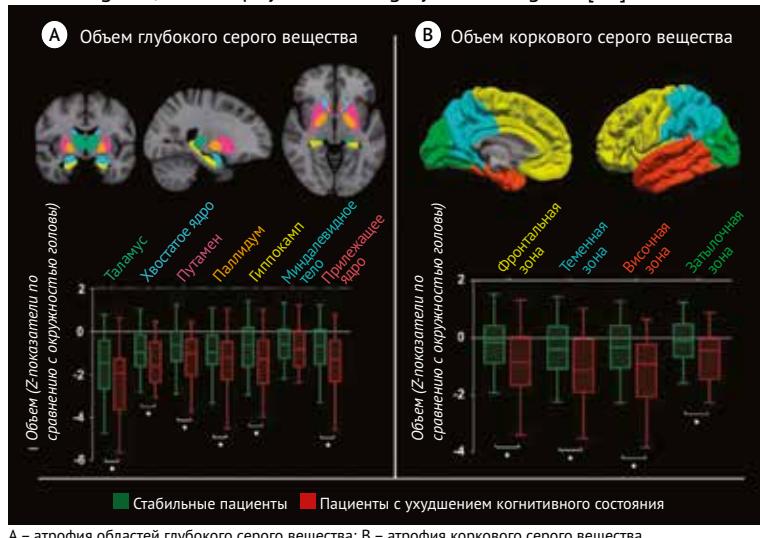
По результатам, полученным M.S. Deloire et al., основными предвестниками когнитивных изменений у пациентов с РС являются диффузные изменения головного мозга и прогрессирующая центральная атрофия головного мозга. Считается, что нарушение связи между корковыми и подкорковыми структурами способствует развитию когнитивных нарушений [30].

В ряде других исследований также выявляется связь атрофии головного мозга у пациентов с РС с когнитивными нарушениями (рис. 5) [5, 31–33]. При этом отмечается, что прогрессирование атрофии головного мозга связано с ухудшением когнитивных нарушений [32, 34].

При уменьшении объема таламуса может наблюдаться снижение внимания, памяти, скорости обработки информации. Атрофия гиппокампа также связана с нарушениями когнитивных функций. Источение коры островковой доли связано со снижением вербальной памяти, теменной доли – зрительной памяти [35, 36].

● **Рисунок 5.** Различия объема серого вещества головного мозга между стабильными пациентами с рассеянным склерозом и пациентами с ухудшением когнитивного состояния [31]

● **Figure 5.** Differences in grey matter volumes between stable patients with multiple sclerosis and declining patients; A – atrophy of deep grey matter regions; B – atrophy of cortical grey matter regions [31]



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Долгое время использование методов лучевой диагностики в психиатрии было ограничено. Считалось, что признаки структурных и функциональных изменений головного мозга, характерные для психических расстройств, редко можно обнаружить с помощью визуализационных техник. Однако в связи с улучшением и появлением новых радиологических методов (в особенности МРТ) данная концепция изменилась. Использование МРТ, в особенности техники фМРТ, в психиатрии позволяет оценить структурные и функциональные изменения головного мозга у пациентов с психическими расстройствами и может быть применено для облегчения и повышения точности диагностики, оценки эффективности проведенного лечения и повышения точности прогноза заболевания.

Поступила / Received 11.05.2023  
Поступила после рецензирования / Revised 26.05.2023  
Принята в печать / Accepted 29.05.2023

## Список литературы / References

- Lui S., Zhou X.J., Sweeney J.A., Gong Q. Psychoradiology: The Frontier of Neuroimaging in Psychiatry. *Radiology*. 2016;281(2):357–372. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016152149>.
- Good C.D., Johnsrude I.S., Ashburner J., Henson R.N., Friston K.J., Frackowiak R.S. A voxel-based morphometric study of ageing in 465 normal adult human brains. *NeuroImage*. 2001;14(1 Pt 1):21–36. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0786>.
- Gong Q., Kendrick K.M., Lu L. Psychoradiology: a new era for neuropsychiatric imaging. *Psychoradiology*. 2021;1(1):1–2. <https://doi.org/10.1093/psyrad/kkaa001>.
- Tian L., Jiang T., Wang Y., Zang Y., He Y., Liang M. et al. Altered resting-state functional connectivity patterns of anterior cingulate cortex in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Neurosci Lett*. 2006;400(1–2):39–43. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.02.022>.
- Critchley H.D., Mathias C.J., Josephs O., O'Doherty J., Zanini S., Dewar B.K. et al. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence. *Brain*. 2003;126(Pt 10):2139–2152. <https://doi.org/10.1093/brain/awg216>.
- Sekaninova N., Mestanik M., Mestanikova A., Hamraková A., Tonhajzerová I. Novel approach to evaluate central autonomic regulation in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Physiol Res*. 2019;68(4):531–545. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934160>.
- Paus T. Primate anterior cingulate cortex: where motor control, drive and cognition interface. *Nat Rev Neurosci*. 2001;2(6):417–424. <https://doi.org/10.1038/350777500>.
- Botvinick M.M., Braver T.S., Barch D.M., Carter C.S., Cohen J.D. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev*. 2001;108(3):624–652. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.3.624>.
- Voloh B., Knoebel R., Hayden B.V., Zimmermann J. Oscillations as a window into neuronal mechanisms underlying dorsal anterior cingulate cortex function. *Int Rev Neurobiol*. 2021;158:311–335. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2020.11.003>.
- Krain A.L., Castellanos F.X. Brain development and ADHD. *Clin Psychol Rev*. 2006;26(4):433–444. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2006.01.005>.
- Hooigan M., Bralten J., Hibar D.P., Mennes M., Zwiers M.P., Schweren L.S.J. et al. Subcortical brain volume differences in participants with attention

- deficit hyperactivity disorder in children and adults: a cross-sectional mega-analysis. *Lancet Psychiatry*. 2017;4(4):310–319. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(17\)30049-4](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(17)30049-4).
12. Hibar D.P., Westlye L.T., Doan N.T., Jahanshad N., Cheung J.W., Ching C.R.K. et al. Cortical abnormalities in bipolar disorder: an MRI analysis of 6503 individuals from the ENIGMA Bipolar Disorder Working Group. *Mol Psychiatry*. 2018;23(4):932–942. <https://doi.org/10.1038/mp.2017.73>.
  13. Claeys E.H.I., Mantingh T., Morrens M., Yalin N., Stokes P.R.A. Resting-state fMRI in depressive and (hypo)manic mood states in bipolar disorders: A systematic review. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2022;113:110465. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2021.110465>.
  14. Lui S., Yao L., Xiao Y., Keedy S.K., Reilly J.L., Keefe R.S. et al. Resting-state brain function in schizophrenia and psychotic bipolar probands and their first-degree relatives. *Psychol Med*. 2015;45(1):97–108. <https://doi.org/10.1017/S003329171400110X>.
  15. Passarotti A.M., Sweeney J.A., Pavuluri M.N. Fronto-limbic dysfunction in mania pre-treatment and persistent amygdala over-activity post-treatment in pediatric bipolar disorder. *Psychopharmacology (Berl)*. 2011;216(4):485–499. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2243-2>.
  16. Zhao Y.J., Du M.Y., Huang X.Q., Lui S., Chen Z.Q., Liu J. et al. Brain grey matter abnormalities in medication-free patients with major depressive disorder: a meta-analysis. *Psychol Med*. 2014;44(14):2927–2937. <https://doi.org/10.1017/S0033291714000518>.
  17. Cole J., Costafreda S.G., McGuffin P., Fu C.H. Hippocampal atrophy in first episode depression: a meta-analysis of magnetic resonance imaging studies. *J Affect Disord*. 2011;134(1-3):483–487. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2011.05.057>.
  18. Kempton M.J., Salvador Z., Munafò M.R., Geddes J.R., Simmons A., Frangou S., Williams S.C. Structural neuroimaging studies in major depressive disorder. Meta-analysis and comparison with bipolar disorder. *Arch Gen Psychiatry*. 2011;68(7):675–690. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2011.60>.
  19. Schmaal L., Veltman D.J., van Erp T.G., Sämann P.G., Frodl T., Jahanshad N. et al. Subcortical brain alterations in major depressive disorder: findings from the ENIGMA Major Depressive Disorder working group. *Mol Psychiatry*. 2016;21(6):806–812. <https://doi.org/10.1038/mp.2015.69>.
  20. Salvadore G., Nugent A.C., Lemaitre H., Luckenbaugh D.A., Tinsley R., Cannon D.M. et al. Prefrontal cortical abnormalities in currently depressed versus currently remitted patients with major depressive disorder. *Neuroimage*. 2011;54(4):2643–2651. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.011>.
  21. Campbell S., Macqueen G. The role of the hippocampus in the pathophysiology of major depression. *J Psychiatry Neurosci*. 2004;29(6):417–426. Available at: <https://www.jpn.ca/content/29/6/417.long>.
  22. Verma R., Sciacca F., Bell D. Major depressive disorder. *Radiopaedia.org*. 2020;58920. <https://doi.org/10.53347/rID-58920>.
  23. Wang L., Hermens D.F., Hickie I.B., Lagopoulos J. A systematic review of resting-state functional-MRI studies in major depression. *J Affect Disord*. 2012;142(1-3):6–12. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2012.04.013>.
  24. Illowsky B.P., Juliano D.M., Bigelow L.B., Weinberger D.R. Stability of CT scan findings in schizophrenia: results of an 8 year follow-up study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1988;51(2):209–213. <https://doi.org/10.1136/jnnp.51.2.209>.
  25. Johnstone E.C., Crow T.J., Frith C.D., Husband J., Kreef L. Cerebral ventricular size and cognitive impairment in chronic schizophrenia. *Lancet*. 1976;2(7992):924–926. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(76\)90890-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(76)90890-4).
  26. Zhang W., Deng W., Yao L., Xiao Y., Li F., Liu J. et al. Brain Structural Abnormalities in a Group of Never-Medicated Patients With Long-Term Schizophrenia. *Am J Psychiatry*. 2015;172(10):995–1003. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2015.14091108>.
  27. Ren W., Lui S., Deng W., Li F., Li M., Huang X. et al. Anatomical and functional brain abnormalities in drug-naïve first-episode schizophrenia. *Am J Psychiatry*. 2013;170(11):1308–1316. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2013.12091148>.
  28. Haukvik U.K., Hartberg C.B., Agartz I. Schizophrenia – what does structural MRI show? *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2013;133(8):850–853. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.12.1084>.
  29. Kuroki N., Kubicki M., Nestor P.G., Salisbury D.F., Park H.J., Levitt J.J. et al. Fornix integrity and hippocampal volume in male schizophrenic patients. *Biol Psychiatry*. 2006;60(1):22–31. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.09.021>.
  30. Deloire M.S., Ruet A., Hamel D., Bonnet M., Dousset V., Brochet B. MRI predictors of cognitive outcome in early multiple sclerosis. *Neurology*. 2011;76(13):1161–1167. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318212a8be>.
  31. Eijlers A.J.C., van Geest Q., Dekker I., Steenwijk M.D., Meijer K.A., Hulst H.E. et al. Predicting cognitive decline in multiple sclerosis: a 5-year follow-up study. *Brain*. 2018;141(9):2605–2618. <https://doi.org/10.1093/brain/awy202>.
  32. Abou Elmaaty A.A., Flifel M.E., Zarad C.A. Correlation between brain magnetic resonance imaging, cognitive dysfunction and physical disability in multiple sclerosis. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg*. 2019;55(1):54. <https://doi.org/10.1186/s41983-019-0100-0>.
  33. Kincses Z.T., Tóth E., Bankó N., Veréb D., Szabó N., Csete G. et al. Grey matter atrophy in patients suffering from multiple sclerosis. *Ideggyogy Sz*. 2014;67(9-10):293–300. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25518257/>.
  34. Del Stefano N., Stromillo M.L., Giorgio A., Bartolozzi M.L., Battaglini M., Baldini M. et al. Establishing pathological cut-offs of brain atrophy rates in multiple sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2016;87(1):93–99. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2014-309903>.
  35. Tóth E., Farágó P., Király A., Szabó N., Veréb D., Kocsis K. et al. The Contribution of Various MRI Parameters to Clinical and Cognitive Disability in Multiple Sclerosis. *Front Neurol*. 2019;9:1172. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.01172>.
  36. Kincses Z.T., Ropele S., Jenkinson M., Khalil M., Petrovic K., Loitfelder M. et al. Lesion probability mapping to explain clinical deficits and cognitive performance in multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2011;17(6):681–689. <https://doi.org/10.1177/1352458510391342>.

#### Информация об авторе:

**Агеева София Фаильевна**, студент факультета фундаментальной медицины, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119192, Россия, Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, корп. 1; son.ageeva13@gmail.com

#### Information about the author:

**Sofia F. Ageeva**, Student of the Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University; 27, Bldg. 1, Lomonosovsky Ave., 119192, Moscow, Russia; son.ageeva13@gmail.com