

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.113>

**ГИПЕРСОМНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ: ВОЗМОЖНОСТИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ**

Научная статья

**Трушина Л.И.<sup>1,\*</sup>, Береговский Д.А.<sup>2</sup>, Ефимцев А.Ю.<sup>3</sup>, Труфанов Г.Е.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-6198-8583;

<sup>2</sup>ORCID : 0009-0008-7964-7857;

<sup>3</sup>ORCID : 0000-0003-2249-1405;

<sup>4</sup>ORCID : 0000-0002-1611-5000;

<sup>1,2,3,4</sup> Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (lidabondarenko[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Гиперсомния является распространенным последствием инсульта. Несмотря на высокую частоту возникновения нарушений сна при инсульте, и их влияние на исход заболевания и качество жизни пациентов, патогенез гиперсомнии остается до конца не изученным, а данные о нейровизуализационных характеристиках представлены в единичных исследованиях.

Целью исследования является изучение функциональной коннективности головного мозга у пациентов с ишемическим инсультом и гиперсомнией при помощи функциональной магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя (фМРТп).

Материалы и методы: обследовано 69 пациентов с диагнозом: острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) по ишемическому типу, из которых у 36 пациентов была выявлена гиперсомния; у 33 пациентов не было выявлено никаких нарушений сна.

При проведении фМРТп были выявлены функциональные изменения головного мозга в сети пассивного режима работы мозга, данные изменения характерны для развития гиперсомнии у пациентов с инсультом.

**Ключевые слова:** гиперсомния, ишемический инсульт, нарушения сна, функциональная МРТ.

**HYPERSOMNIA IN PATIENTS WITH ISCHAEMIC STROKE: FEASIBILITY OF RESTING-STATE  
FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING**

Research article

**Trushina L.I.<sup>1,\*</sup>, Beregovskii D.A.<sup>2</sup>, Efimtsev A.Y.<sup>3</sup>, Trufanov G.Y.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-6198-8583;

<sup>2</sup>ORCID : 0009-0008-7964-7857;

<sup>3</sup>ORCID : 0000-0003-2249-1405;

<sup>4</sup>ORCID : 0000-0002-1611-5000;

<sup>1,2,3,4</sup> V.A. Almazov National Medical Research Center, Saint-Petersburg, Russian Federation

\* Corresponding author (lidabondarenko[at]yandex.ru)

**Abstract**

Hypersomnia is a common consequence of stroke. Despite the high incidence of sleep disturbances in stroke and their impact on patient outcome and life quality, the pathogenesis of hypersomnia remains understudied, and data on neuroimaging characteristics are presented in few studies.

The aim of the study is to examine functional connectivity of the brain in patients with ischaemic stroke and hypersomnia using resting-state functional magnetic resonance imaging (fMRIp).

Materials and methods: 69 patients diagnosed with acute cerebral circulatory failure (ACCF) of ischaemic type were examined, of which 36 patients were found to have hypersomnia; 33 patients were not found to have any sleep disorders.

The fMRIp revealed functional brain changes in the passive mode network of the brain; these changes are characteristic of the development of hypersomnia in stroke patients.

**Keywords:** hypersomnia, ischaemic stroke, sleep disorders, functional MRI.

**Введение**

Функциональная магнитно-резонансная томография на данный момент является широко используемой методикой нейровизуализации и представляет возможность изучать нейронную активность головного мозга при помощи изменений сигнала, зависящего от тока крови, при различных неврологических заболеваниях [1]. К таким заболеваниям относят и ОНМК [2] и связанные с ним нарушения сна [3].

Сон – один из важнейших физиологических процессов в человеческом организме [4]. Потеря сна влечет за собой пагубные последствия как для здоровья, так и для обеспечения нормальной социальной жизни человека, к которым относятся снижение физических способностей, проявляющиеся в повышенной усталости, головокружениях, что может повлечь за собой травмы на производстве, увеличение дорожно-транспортных происшествий, психиатрические

симптомы, такие как тревога, депрессия и мания, а также нарушения когнитивных способностей в виде низкой способности к запоминанию и обучению, что также влияет на работоспособность и социальный статус человека [5].

Расстройства сна являются распространенным последствием инсульта и обуславливают его худший исход [6], кроме того, нарушения сна являются модифицируемым фактором риска развития инсульта [7].

Гиперсомния является распространенным состоянием у пациентов, перенесших инсульт, частота встречаемости варьирует в пределах 10-14% от всех нарушений сна [8].

Необходимо дальнейшее углубленное изучение данного вопроса для определения эффективности лечения нарушений сна при проведении профилактики и улучшения исхода инсульта [7].

Целью данного исследования является определение функциональных изменений коннектома головного мозга у пациентов с острым ишемическим инсультом и гиперсомнией при помощи функциональной магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя.

### Методы и принципы исследования

В исследовании приняло участие 69 пациентов с диагнозом: ОНМК по ишемическому типу в острой стадии из которых у 36 пациентов было выявлено нарушение сна в виде гиперсомнии; у оставшихся 33 пациентов не было выявлено нарушений сна.

Оценка наличия нарушений сна проводилась при помощи Эпвортской и Каролинской шкал сонливости, ведения дневника сна, а также при помощи проведения всем пациентам полисомнографии – объективного инструментального метода для диагностики расстройств сна.

Оценка неврологического статуса проводилась с использованием шкалы инсульта NIHSS, для дифференциальной диагностики и определения локализации инсульта; шкалы Бартел (Barthel) для оценки базовой функциональной активности пациента и индекса мобильности Ривермид (Rivermead) для определения подвижности пациента.

Всем пациентам проводилась комплексная магнитно-резонансная томография (МРТ) на томографе с силой индукции магнитного поля 1,5 Т, которая включала традиционные (T1-, T2-взвешенных изображений (ВИ), TIRM (FLAIR), DWI) импульсные последовательности для диагностики структурных изменений головного мозга и оценки ишемического поражения, а также функциональную МРТ в состоянии покоя для диагностики изменений в рабочих сетях покоя головного мозга.

Методика функциональной МРТ в состоянии покоя основана на регистрации изменений BOLD-сигнала (Blood Oxygen Level Dependent), физическая основа которой заключается в регистрации изменений регионарного кровотока от функционально активных зон при отсутствии внешних стимулов.

Параметры импульсной последовательности BOLD включали: время сканирования – 6,03 мин; размер вокселя – 1,7x2,3x2,3 см<sup>3</sup>; время повторения (TR) – 3000 мс; время эхо (TE) – 30 мс; матрица – 64x64; поле обзора – 192 мм; количество срезов – 29; толщина среза – 4,5; угол поворота – 90 градусов.

Постпроцессинговая обработка полученных данных МРТ проводилась с использованием специальных программ для статистического анализа больших нейровизуализационных данных (MathLab, CONN 22a).

### Результаты и обсуждение

При анализе данных функциональной МРТ путем выполнении межгруппового статистического анализа с выбором медиальной префронтальной коры (МПФК) в качестве зоны интереса у пациентов с ишемическим инсультом и гиперсомнией в сравнении с пациентами без нарушений сна определено ( $p < 0,05$ ) снижение коннективности с передними отделами поясной извилины и правой параингулярной извилиной; усиление коннективности определялось с височной веретенообразной извилиной, мозжечком (ножка II, правое полушарие) и передней сетью мозжечка (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 - Области функциональной связности головного мозга у пациентов с гиперсомнией и ишемическим инсультом в сравнении с пациентами с ишемическим инсультом без нарушений сна с выбором в качестве зоны интереса медиальной префронтальной коры

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.113.1>

Коннективность	T	P-значение
Поясная извилина (передний отдел)	-3,06	0,005698
Височная веретенообразная извилина слева (задний отдел)	2,35	0,027977
Мозжечок (ножка II, правое полушарие)	2,35	0,027977
Правая параингулярная извилина	-2,34	0,029007
Передняя сеть мозжечка	2,29	0,032115

Примечание:  $p < 0,05$

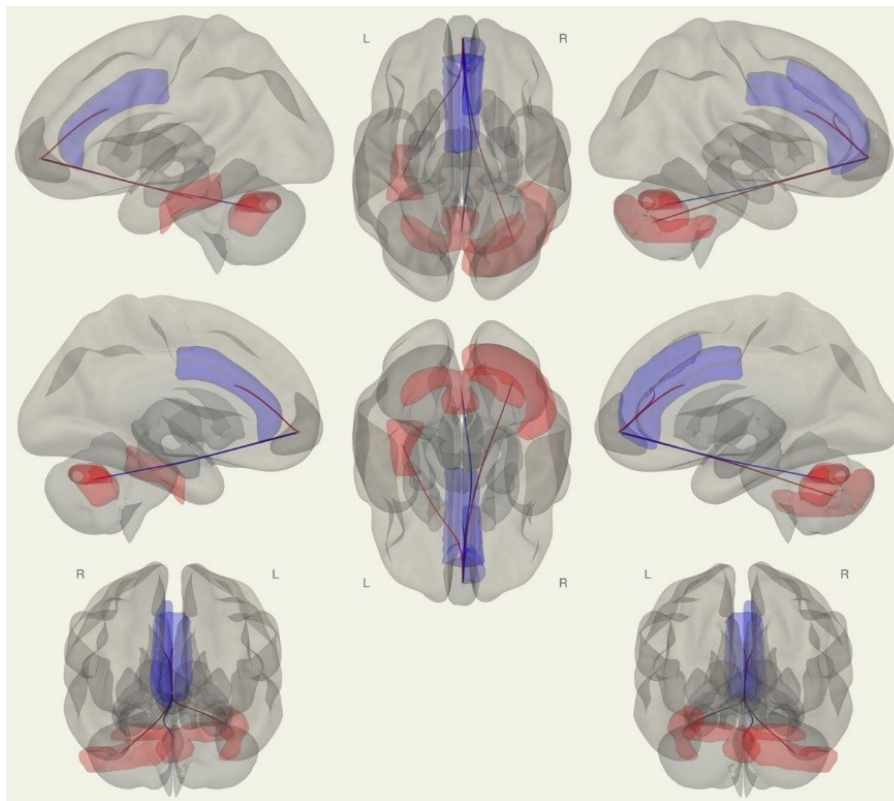


Рисунок 1 - Графическое представление изменения функциональных связей головного мозга при сравнении пациентов с гиперсомнией и ишемическим инсультом и пациентами с ишемическим инсультом без нарушений сна с выбором в качестве зоны интереса медиальной префронтальной коры  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.113.2>

Примечание:  $p < 0,05$

Медиальная префронтальная кора является одним из ключевых центров сети пассивного режима работы мозга (СПРР), которая в свою очередь является ключевой сетью, участвующей в регуляции сна [9].

Передняя поясная извилина играет важную роль в широком спектре когнитивных и поведенческих процессов, включая мотивацию, принятие решений и обучение [10]. Также передняя поясная извилина вовлечена в регуляцию эмоций, поскольку она участвует в связывании информации о вознаграждении и наказании [11] и в социальное поведение, играя решающую роль в оценке поведения других людей и в оценке уровня их мотивации [12].

Параcingулярная извилина может активироваться во время выполнения различных исполнительных процессов высшего порядка, включая пространственную рабочую память и планирование сложных действий, размышления [13].

Однако, роль передней поясной и параcingулярной извилин в развитии гиперсомнии не нашла отражение в мировой литературе, чего нельзя сказать про инсомнию, и связанных с ней тревожно-депрессивных расстройств [14], которые, в свою очередь, имеют схожие патогенетические механизмы развития с инсомнией [15].

При длительном течении инсомнии наблюдается гиперметаболизм в состоянии сна в передней поясной извилине [16].

Guo Y., et al., (2023) показали повышенную функциональную связность между передней поясной извилиной и мозжечком у пациентов с инсомнией в сравнении с группой здоровых добровольцев, что представляет собой потенциальный нейронный путь, выявляющий связь между трудностью поддержания сна и функцией передней поясной извилины [17].

Li G., et al., (2018) описал повышение функциональной связности параcingулярной извилины с передней поясной извилиной у пациентов с бессонницей [18].

Изменение функциональной связности между передней поясной извилиной и лобно-теменной корой, выявленное Xu L., et al., (2024) у пациентов с нарколепсией I типа, вызывает нарушение когнитивных функций и регуляции эмоций, могут являться важными биомаркерами их нейропсихологических изменений [19].

По результатам нашего исследования было выявлено снижение функциональной связности между медиальной префронтальной корой и передней поясной и параcingулярной извилинами при гиперсомнии у пациентов с ишемическим инсультом, что также может подтверждать влияние передней поясной и параcingулярной извилин на регуляцию сна и бодрствования.

Веретенообразная извилина считается ключевой структурой для функционально специализированных зрительных вычислений высокого уровня, таких как восприятие лица, распознавание объектов и чтение [20].

Повышение функциональной связности между МПФК и веретенообразной извилиной у пациентов с гиперсомнией и ишемическим инсультом, полученные в нашем исследовании, соотносятся с результатами исследований Dauvilliers Y., et al., (2017) и Trotti L.M., et al., (2021), при которых определялось повышение регионарного метаболизма в веретенообразной извилине у пациентов с таким типом гиперсомнического расстройства как нарколепсия I типа [21], [22].

Мозжечок широко рассматривается как область мозга, участвующая в моторной и немоторной обработке, а также в циклах сон-бодрствование, а дисфункция мозжечка может приводить к различным нарушениям сна [23]. Так возникшая мозжечковая дисфункция влияет на развитие нарушений сна при различных патологиях, таких как болезнь Альцгеймера [24], болезнь Паркинсона [25], инсульт [26].

В нашем исследовании подтверждается факт влияния функциональной реорганизации мозжечка с медиальной префронтальной корой в развитии гиперсомнии у пациентов в острой фазе ишемического инсульта, а именно отмечается повышение функциональной связности МПФК с II ножкой правого полушария мозжечка и передней сетью мозжечка.

Регуляция и функционирование сна зависят от систематической координации во всем мозге, включая, в том числе и мозжечок. Liu J., et al., (2023) определили, что взаимодействия между мозжечком и другими областями мозга различаются на разных стадиях сна, выявили измененные мозжечковые связи между внутренними сетями от бодрствования до глубокого сна, что подчеркивает потенциальную роль мозжечка в регуляции сна [27].

Таким образом, полученные данные функциональной МРТ в состоянии покоя отражают реорганизацию коннектома головного мозга у пациентов с гиперсомнией в острый период ишемического инсульта, дополняя данные мировой литературы о функциональной связности головного мозга при нарушениях сна у пациентов, перенесших инсульт.

### Заключение

Нарушения сна являются распространенной проблемой среди населения и могут влиять на возникновение многих неврологических расстройств, в том числе способствуют возникновению инсульта, обуславливают тяжесть течения восстановительного периода и снижение качества жизни у пациентов после инсульта.

В мировой литературе широко изучается взаимосвязь нарушений сна и инсульта, однако мало внимания отводится нейровизуализационным характеристикам данной патологии.

Функциональная магнитно-резонансная томография в состоянии покоя является высокоинформативной методикой и позволяет выявить изменения коннектома головного мозга при гиперсомнии у пациентов в острой стадии ишемического инсульта, что дает новые представления о патогенезе нарушений сна и способствует лучшему исходу и реабилитации пациентов, перенесших инсульт.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Markus H.S. Cerebral small vessel disease: Recent advances and future directions. / H.S. Markus, F.E. de Leeuw // *International Journal of Stroke*. — 2023. — 18. — p. 4-14. — DOI: 10.1177/17474930221144911.
2. Tavazzi E. MRI markers of functional connectivity and tissue microstructure in stroke-related motor rehabilitation: A systematic review. / E. Tavazzi, N. Bergsland, A. Pirastru et al. // *NeuroImage: Clinical*. — 2022. — 33. — DOI: 10.1016/j.nicl.2021.102931.
3. Kojic B. Sleep Disorders in Acute Stroke / B. Kojic, Z. Dostovic, M. Vidovic et al. // *Mater Sociomed*. — 2022. — 34. — p. 14-24. — DOI: 10.5455/msm.2022.33.14-24.
4. Plante D.T. The Importance of Sleep Phenotypes in Bipolar Disorders / D.T. Plante // *JAMA Psychiatry*. — 2020. — 1(77). — p. 235-236. — DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2019.3747.
5. Chennaoui M. Sleep and the GH/IGF-1 axis: Consequences and countermeasures of sleep loss/disorders / M. Chennaoui, D. Leger, D. Gomez-Merino // *Sleep Medicine Reviews*. — 2020. — 49. — DOI: 10.1016/j.smr.2019.101223.
6. Mc Carthy C.E. Sleep Patterns and the Risk of Acute Stroke: Results From the INTERSTROKE International Case-Control Study / C.E. Mc Carthy, S. Yusuf, C. Judge et al. // *Neurology*. — 2023. — 100(21). — p. e2191-e2203. — DOI: 10.1212/WNL.0000000000207249.
7. Mayer-Suess L. Sleep disorders as both risk factors for, and a consequence of, stroke: A narrative review / L. Mayer-Suess, A. Ibrahim, K. Moelgg et al. // *International Journal of Stroke*. — 2023. — 20:17474930231212349. — DOI: 10.1177/17474930231212349.
8. Duss S.B. Frequency and evolution of sleep-wake disturbances after ischemic stroke: A 2-year prospective study of 437 patients / S.B. Duss, S.A. Bauer-Gambelli, C. Bernasconi et al. // *Sleep medicine*. — 2023. — 101. — p. 244-251. — DOI: 10.1016/j.sleep.2022.10.007.

9. Lunsford-Avery J.R. Sleep/Wake Regularity Associated with Default Mode Network Structure among Healthy Adolescents and Young Adults / J.R. Lunsford-Avery, K.S.F. Damme, M.M. Engelhard et al. // *Scientific Reports*. — 2020. — 10(1). — DOI: doi: 10.1038/s41598-019-57024-3. .
10. Kolling N. Multiple signals in anterior cingulate cortex. / N. Kolling, T. Behrens, M.K. Wittmann et al. // *Current Opinion in Neurology*. — 2016. — 37. — p. 36-43. — DOI: 10.1016/j.conb.2015.12.007.
11. Rolls E.T. The cingulate cortex and limbic systems for emotion, action, and memory / E.T. Rolls // *Brain Structure and Function*. — 2019. — 224(9). — p. 3001-3018. — DOI: 10.1007/s00429-019-01945-2.
12. Apps M.A. The Anterior Cingulate Gyrus and Social Cognition: Tracking the Motivation of Others / M.A. Apps, M.F. Rushworth, S.W. Chang // *Neuron*. — 2016. — 90(4). — p. 692-707. — DOI: 10.1016/j.neuron.2016.04.018.
13. Zhou H.X. Rumination and the default mode network: Meta-analysis of brain imaging studies and implications for depression / H.X. Zhou, X. Chen, Y.Q. Shen et al. // *Neuroimage*. — 2020. — 206:116287. — DOI: 10.1016/j.neuroimage.2019.116287.
14. Hu Y.X. Analysis of functional connectivity changes in attention networks and default mode networks in patients with depression and insomnia / Y.X. Hu, J.Y. Shi, G.Y. Xia et al. // *Sleep Breath*. — 2024. — DOI: 10.1007/s11325-024-03064-7.
15. Полуэктов М.Г. Расстройства сна и тревога / М.Г. Полуэктов, П.В. Пчелина // *Эффективная фармакотерапия. Неврология Спецвыпуск «Сон и его расстройства – 5»*. — 2017. — 35. — с. 80-88.
16. Nofzinger E.A. Functional neuroimaging evidence for hyperarousal in insomnia / E.A. Nofzinger, D.J. Buysse, A. Germain et al. // *American Journal of Psychiatry*. — 2004. — 161(11). — p. 2126-2128. — DOI: 10.1176/appi.ajp.161.11.2126.
17. Guo Y. Increased connectivity of the anterior cingulate cortex is associated with the tendency to awakening during N2 sleep in patients with insomnia disorder. / Y. Guo, G. Zou, Y. Shao et al. // *Sleep*. — 2023. — 46(3). — DOI: 10.1093/sleep/zsac290.
18. Li G. Magnetic resonance study on the brain structure and resting-state brain functional connectivity in primary insomnia patients / G. Li, X. Zhang, J. Zhang et al. // *Medicine (Baltimore)*. — 2018. — 97(34). — p. e11944. — DOI: 10.1097/MD.0000000000011944.
19. Xu L. Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging as an Indicator of Neuropsychological Changes in Type 1 Narcolepsy / L. Xu, R. Xue, Z. Ai et al. // *Academic Radiology*. — 2024. — 31(1). — p. 69-81. — DOI: 10.1016/j.acra.2023.08.026.
20. Koh Y.H. Right Fusiform Gyrus Infarct with Acute Prosopagnosia / Y.H. Koh // *Acta Neurol Taiwan*. — 2022. — 31(4). — p. 186-187.
21. Trotti L.M. Regional brain metabolism differs between narcolepsy type 1 and idiopathic hypersomnia / L.M. Trotti, P. Saini, B. Crosson et al. // *Sleep*. — 2021. — 44(8). — DOI: 10.1093/sleep/zsab050.
22. Dauvilliers Y. [18F]Fludeoxyglucose-Positron Emission Tomography Evidence for Cerebral Hypermetabolism in the Awake State in Narcolepsy and Idiopathic Hypersomnia / Y. Dauvilliers, E. Evangelista, D. de Verbizier et al. // *Frontiers in Neurology*. — 2017. — 8:350. — DOI: 10.3389/fneur.2017.00350.
23. Kim J. Cerebellar volumes and the intrinsic cerebellar network in patients with obstructive sleep apnea / J. Kim, H.J. Lee, D.A. Lee et al. // *Sleep Breath*. — 2024. — 28(1). — p. 301-309. — DOI: 10.1007/s11325-023-02916-y.
24. Song B. A narrative review of the impact of cerebellar dysfunction and sleep disturbances after general anesthesia in patients with Alzheimer's disease / B. Song, J. Zhu // *Annals of Palliative Medicine*. — 2021. — 10(6). — p. 6919-6925. — DOI: 10.21037/apm-20-2597.
25. Kerestes R. Cerebellar Volume and Disease Staging in Parkinson's Disease: An ENIGMA-PD Study / R. Kerestes, M.A. Laansma, C. Owens-Walton et al. // *Mov Disord*. — 2023. — 38(12). — p. 2269-2281. — DOI: 10.1002/mds.29611.
26. Hall D.A. Acute Stroke in Middle Cerebellar Peduncle in a Patient With FXTAS. / D.A. Hall, A. Frait, R. Dafer // *Frontiers in Genetics*. — 2018. — 9. — DOI: 10.3389/fgene.2018.00187.
27. Liu J. State-dependent and region-specific alterations of cerebellar connectivity across stable human wakefulness and NREM sleep states / J. Liu, G. Zou, J. Xu et al. // *Neuroimage*. — 2023. — 266. — DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.119823.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Markus H.S. Cerebral small vessel disease: Recent advances and future directions. / H.S. Markus, F.E. de Leeuw // *International Journal of Stroke*. — 2023. — 18. — p. 4-14. — DOI: 10.1177/17474930221144911.
2. Tavazzi E. MRI markers of functional connectivity and tissue microstructure in stroke-related motor rehabilitation: A systematic review. / E. Tavazzi, N. Bergsland, A. Pirastru et al. // *NeuroImage: Clinical*. — 2022. — 33. — DOI: 10.1016/j.nicl.2021.102931.
3. Kojic B. Sleep Disorders in Acute Stroke / B. Kojic, Z. Dostovic, M. Vidovic et al. // *Mater Sociomed*. — 2022. — 34. — p. 14-24. — DOI: 10.5455/msm.2022.33.14-24.
4. Plante D.T. The Importance of Sleep Phenotypes in Bipolar Disorders / D.T. Plante // *JAMA Psychiatry*. — 2020. — 1(77). — p. 235-236. — DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2019.3747.
5. Chennaoui M. Sleep and the GH/IGF-1 axis: Consequences and countermeasures of sleep loss/disorders / M. Chennaoui, D. Leger, D. Gomez-Merino // *Sleep Medicine Reviews*. — 2020. — 49. — DOI: 10.1016/j.smr.2019.101223.
6. Mc Carthy C.E. Sleep Patterns and the Risk of Acute Stroke: Results From the INTERSTROKE International Case-Control Study / C.E. Mc Carthy, S. Yusuf, C. Judge et al. // *Neurology*. — 2023. — 100(21). — p. e2191-e2203. — DOI: 10.1212/WNL.0000000000207249.
7. Mayer-Suess L. Sleep disorders as both risk factors for, and a consequence of, stroke: A narrative review / L. Mayer-Suess, A. Ibrahim, K. Moelgg et al. // *International Journal of Stroke*. — 2023. — 20:17474930231212349. — DOI: 10.1177/17474930231212349.

8. Duss S.B. Frequency and evolution of sleep-wake disturbances after ischemic stroke: A 2-year prospective study of 437 patients / S.B. Duss, S.A. Bauer-Gambelli, C. Bernasconi et al. // *Sleep medicine*. — 2023. — 101. — p. 244-251. — DOI: 10.1016/j.sleep.2022.10.007.
9. Lunsford-Avery J.R. Sleep/Wake Regularity Associated with Default Mode Network Structure among Healthy Adolescents and Young Adults / J.R. Lunsford-Avery, K.S.F. Damme, M.M. Engelhard et al. // *Scientific Reports*. — 2020. — 10(1). — DOI: doi: 10.1038/s41598-019-57024-3. .
10. Kolling N. Multiple signals in anterior cingulate cortex. / N. Kolling, T. Behrens, M.K. Wittmann et al. // *Current Opinion in Neurology*. — 2016. — 37. — p. 36-43. — DOI: 10.1016/j.conb.2015.12.007.
11. Rolls E.T. The cingulate cortex and limbic systems for emotion, action, and memory / E.T. Rolls // *Brain Structure and Function*. — 2019. — 224(9). — p. 3001-3018. — DOI: 10.1007/s00429-019-01945-2.
12. Apps M.A. The Anterior Cingulate Gyrus and Social Cognition: Tracking the Motivation of Others / M.A. Apps, M.F. Rushworth, S.W. Chang // *Neuron*. — 2016. — 90(4). — p. 692-707. — DOI: 10.1016/j.neuron.2016.04.018.
13. Zhou H.X. Rumination and the default mode network: Meta-analysis of brain imaging studies and implications for depression / H.X. Zhou, X. Chen, Y.Q. Shen et al. // *Neuroimage*. — 2020. — 206:116287. — DOI: 10.1016/j.neuroimage.2019.116287.
14. Hu Y.X. Analysis of functional connectivity changes in attention networks and default mode networks in patients with depression and insomnia / Y.X. Hu, J.Y. Shi, G.Y. Xia et al. // *Sleep Breath*. — 2024. — DOI: 10.1007/s11325-024-03064-7.
15. Poluektov M.G. Rasstrojstva sna i trevoga [Sleep disorders and anxiety] / M.G. Poluektov, P.V. Pchelina // *Effective pharmacotherapy. Neurology Special Issue "Sleep and its disorders – 5"*. — 2017. — 35. — p. 80-88. [in Russian]
16. Nofzinger E.A. Functional neuroimaging evidence for hyperarousal in insomnia / E.A. Nofzinger, D.J. Buysse, A. Germain et al. // *American Journal of Psychiatry*. — 2004. — 161(11). — p. 2126-2128. — DOI: 10.1176/appi.ajp.161.11.2126.
17. Guo Y. Increased connectivity of the anterior cingulate cortex is associated with the tendency to awakening during N2 sleep in patients with insomnia disorder. / Y. Guo, G. Zou, Y. Shao et al. // *Sleep*. — 2023. — 46(3). — DOI: 10.1093/sleep/zsac290.
18. Li G. Magnetic resonance study on the brain structure and resting-state brain functional connectivity in primary insomnia patients / G. Li, X. Zhang, J. Zhang et al. // *Medicine (Baltimore)*. — 2018. — 97(34). — p. e11944. — DOI: 10.1097/MD.00000000000011944.
19. Xu L. Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging as an Indicator of Neuropsychological Changes in Type 1 Narcolepsy / L. Xu, R. Xue, Z. Ai et al. // *Academic Radiology*. — 2024. — 31(1). — p. 69-81. — DOI: 10.1016/j.acra.2023.08.026.
20. Koh Y.H. Right Fusiform Gyrus Infarct with Acute Prosopagnosia / Y.H. Koh // *Acta Neurol Taiwan*. — 2022. — 31(4). — p. 186-187.
21. Trotti L.M. Regional brain metabolism differs between narcolepsy type 1 and idiopathic hypersomnia / L.M. Trotti, P. Saini, B. Crosson et al. // *Sleep*. — 2021. — 44(8). — DOI: 10.1093/sleep/zsab050.
22. Dauvilliers Y. [18F]Fludeoxyglucose-Positron Emission Tomography Evidence for Cerebral Hypermetabolism in the Awake State in Narcolepsy and Idiopathic Hypersomnia / Y. Dauvilliers, E. Evangelista, D. de Verbizier et al. // *Frontiers in Neurology*. — 2017. — 8:350. — DOI: 10.3389/fneur.2017.00350.
23. Kim J. Cerebellar volumes and the intrinsic cerebellar network in patients with obstructive sleep apnea / J. Kim, H.J. Lee, D.A. Lee et al. // *Sleep Breath*. — 2024. — 28(1). — p. 301-309. — DOI: 10.1007/s11325-023-02916-y.
24. Song B. A narrative review of the impact of cerebellar dysfunction and sleep disturbances after general anesthesia in patients with Alzheimer's disease / B. Song, J. Zhu // *Annals of Palliative Medicine*. — 2021. — 10(6). — p. 6919-6925. — DOI: 10.21037/apm-20-2597.
25. Kerestes R. Cerebellar Volume and Disease Staging in Parkinson's Disease: An ENIGMA-PD Study / R. Kerestes, M.A. Laansma, C. Owens-Walton et al. // *Mov Disord*. — 2023. — 38(12). — p. 2269-2281. — DOI: 10.1002/mds.29611.
26. Hall D.A. Acute Stroke in Middle Cerebellar Peduncle in a Patient With FXTAS. / D.A. Hall, A. Frait, R. Dafer // *Frontiers in Genetics*. — 2018. — 9. — DOI: 10.3389/fgene.2018.00187.
27. Liu J. State-dependent and region-specific alterations of cerebellar connectivity across stable human wakefulness and NREM sleep states / J. Liu, G. Zou, J. Xu et al. // *Neuroimage*. — 2023. — 266. — DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.119823.