

УДК 616.073.756.8:613.79

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634084>

# Функциональное исследование головного мозга на основе проведения магнитно-резонансной томографии у пациентов с инсомническими расстройствами

А.А. Боршевецкая, А.Ю. Ефимцев, Г.Е. Труфанов, Ю.В. Свириев, В.В. Амелина, К.И. Себелев, Я.А. Филин, Д.А. Береговский

Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Инсомния оказывает значительное влияние на качество жизни пациентов. Несмотря на прогресс в понимании патофизиологических механизмов инсомнии, возможности объективной ее диагностики остаются недостаточно изученными. Настоящее исследование может внести вклад в понимание нейронных механизмов инсомнии, способствовать разработке новых методов диагностики и лечения, а также персонализировать терапевтические подходы для улучшения качества жизни пациентов с инсомническими расстройствами.

**Цель** — оценка изменения коннектома головного мозга у пациентов с психофизиологической и парадоксальной инсомнией путем выполнения функциональной магнитно-резонансной томографии.

**Материалы и методы.** Всего обследован 31 пациент, обратившийся на прием сомнолога в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, с диагностированной хронической инсомнией. Всем пациентам проводилось полисомнографическое исследование с использованием аппаратов Embla N 7000 (Natus, США) и SOMNO HD (SOMNOmedics, Германия) в течение одной ночи с оценкой основных характеристик сна по правилам AASM 2.5. Также всем участникам исследования проведена магнитно-резонансная томография головного мозга на томографах с силой индукции магнитного поля 3,0 Тл в двух временных точках. Статистический анализ данных МРТ проводился с применением пакетов MathLab 2023a, CONN v22.a.

**Результаты.** Исследование демонстрирует возможности функциональной магнитно-резонансной томографии в получении данных о функциональных связях головного мозга при инсомнии. Обнаруженные изменения в активности различных областей головного мозга, косвенно или напрямую участвующих в регуляции сна и бодрствования, согласуются с наиболее распространенными патогенетическими моделями инсомнии, в частности с теорией гиперактивации и моделью реактивности сна к стрессу.

**Заключение.** Результаты исследования подчеркивают актуальность изучения функциональных изменений головного мозга при инсомнии, открывая новые возможности для более точной диагностики и разработки персонализированных методов лечения.

**Ключевые слова:** функциональная МРТ в состоянии покоя; функциональная МРТ; инсомния; коннектом; функциональные связи головного мозга; нарушения сна; полисомнография.

## Как цитировать

Боршевецкая А.А., Ефимцев А.Ю., Труфанов Г.Е., Свириев Ю.В., Амелина В.В., Себелев К.И., Филин Я.А., Береговский Д.А. Функциональное исследование головного мозга на основе проведения магнитно-резонансной томографии у пациентов с инсомническими расстройствами // Известия Российской военно-медицинской академии. 2024. Т. 43. № 3. С. 261–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634084>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634084>

# Functional study of the brain based on magnetic resonance imaging in patients with insomnia disorders

Anastasia A. Borshevetskaya, Aleksandr Yu. Efimtsev, Gennadiy E. Trufanov, Yuriy V. Sviryaev, Valeria V. Amelina, Konstantin I. Sebelev, Yana A. Filin, Daniil A. Beregovskii

Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Insomnia has a significant impact on the quality of life of patients. Despite the progress in understanding the pathophysiological mechanisms of insomnia, the possibilities of its objective diagnosis remain insufficiently studied. This study can contribute to understanding the neural mechanisms of insomnia, contribute to the development of new diagnostic and treatment methods, and personalize therapeutic approaches to improve the quality of life of patients with insomnia disorders.

**AIM:** to evaluate changes in the brain connectome in patients with psychophysiological and paradoxical insomnia by performing functional magnetic resonance imaging.

**MATERIALS AND METHODS:** A total of 31 patients were examined who applied for a somnologist appointment at the Federal State Budgetary Institution Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation with diagnosed chronic insomnia. All patients underwent polysomnographic examination using Embla N 7000 (Natus, USA) and SOMNO HD (SOMNOmedics, Germany) for one night with an assessment of the main characteristics of sleep according to the rules of AASM 2.5. Also, all study participants underwent magnetic resonance imaging of the brain on tomographs with a magnetic field induction force of 3.0 Tl at two time points. Statistical analysis of MRI data was performed using MathLab 2023a, CONN v22.a packages. Descriptive statistics, the Kolmogorov–Smirnov criterion were used for processing materials, depending on the characteristics of the data, the Mann–Whitney *U*-criterion and Pearson Chi-squared were used to analyze demographic data.

**DISCUSSION:** The study demonstrates the possibilities of functional magnetic resonance imaging in obtaining data on the functional connections of the brain in insomnia. The detected changes in the activity of various brain regions indirectly or directly involved in the regulation of sleep and wakefulness are consistent with the most common pathogenetic models of insomnia, in particular with the theory of hyperactivation and the model of sleep reactivity to stress.

**CONCLUSION:** The results of the study emphasize the relevance of studying functional changes in the brain in insomnia, opening up new opportunities for more accurate diagnosis and the development of personalized treatment methods.

**Keywords:** resting-state functional MRI; functional MRI; fMRI insomnia; connectome; functional brain connections; sleep disorders; polysomnography.

## To cite this article

Borshevetskaya AA, Efimtsev AY, Trufanov GE, Sviryaev YuV, Amelina VV, Sebelev KI, Filin YaA, Beregovskii DA. Functional study of the brain based on magnetic resonance imaging in patients with insomnia disorders. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2024;43(3):261–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634084>

Received: 06.07.2024

Accepted: 31.07.2024

Published: 30.09.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634084>

# 基于磁共振成像的失眠症患者大脑功能研究

Anastasia A. Borshevetskaya, Aleksandr Yu. Efimtsev, Gennadiy E. Trufanov, Yuriy V. Sviryaev, Valeria V. Amelina, Konstantin I. Sebelev, Yana A. Filin, Daniil A. Beregovskii

Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia

## 摘要

**论证。**失眠对患者的生活质量有很大影响。尽管在理解失眠的病理生理机制方面取得了进展，但客观诊断失眠的可能性仍未得到充分研究。本研究可能有助于了解失眠症的神经机制，促进开发新的诊断和治疗方法，并使治疗方法个性化，从而改善失眠症患者的生活质量。

**研究目的。**通过功能性磁共振成像评估心理生理学失眠症和矛盾性失眠症患者大脑连接体的变化。

**材料和方法。**共有31名患者接受了检查，他们在Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Health of Russia 机构求诊，被诊断为慢性失眠。所有患者均使用 Embla N 7000（美国Natus公司）和 SOMNO HD（德国 SOMNOmedics 公司）设备进行了一夜多导睡眠图检查，并根据AASM 2.5规则评估了主要睡眠特征。此外，还在两个时间点使用磁场感应强度为 3.0 特斯拉的断层扫描仪对所有研究参与者的脑部进行了磁共振成像（MRI）检查。磁共振成像数据的统计分析使用 MathLab 2023a、CONN v22.a 软件包进行。

**讨论。**这项研究证明了功能性核磁共振成像在获取失眠症患者大脑功能连接数据方面的潜力。所检测到的间接或直接参与睡眠和觉醒调节的各个脑区的活动变化与最常见的失眠症致病模型，特别是过度激活理论和睡眠应激反应模型相一致。

**结论。**研究结果凸显了研究失眠症大脑功能变化的现实意义，为更准确地诊断和开发个性化治疗方法提供了新的可能性。

**关键词：**静息态功能磁共振成像；功能性核磁共振成像；失眠；连接体；大脑功能连接；睡眠障碍；多导睡眠图。

## To cite this article

Borshevetskaya AA, Efimtsev AY, Trufanov GE, Sviryaev YV, Amelina VV, Sebelev KI, Filin YA, Beregovskii DA. 基于磁共振成像的失眠症患者大脑功能研究. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2024;43(3):261–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634084>

Received: 06.07.2024

Accepted: 31.07.2024

Published: 30.09.2024

## АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время инсомнию чаще рассматривают как самостоятельное заболевание, коморбидное другим. В международной классификации расстройств сна (МКРС-3) выделяют три клинические формы инсомнии [1]:

1. Хроническая инсомния (длительность более 3 месяцев).

2. Острая инсомния (длительность менее 3 месяцев).

3. Инсомния неуточненная (временный диагноз).

Выделяют 8 клинических форм хронической инсомнии [2]:

- психофизиологическая,
- идиопатическая,
- парадоксальная,
- инсомния при нарушении гигиены сна,
- детская поведенческая инсомния,
- инсомния при психических расстройствах,
- инсомния при болезнях внутренних органов,
- инсомния при приеме лекарственных или других препаратов.

Нарушения сна могут являться причиной развития сосудистой катастрофы [3], а также плохим прогностическим фактором после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК).

Доказано негативное влияние инсомнии на общее качество жизни человека. Так, в опубликованном в 2014 г. исследовании 54 тысяч человек на протяжении 15 лет утверждается, что инсомния в 2,8 раз повышает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий и других травм, связанных с недосыпом [4].

Наличие расстройств сна затрудняет лечение основного заболевания, поэтому крайне важно своевременно выявить и скорректировать эти нарушения, в связи с чем необходимо совершенствовать диагностические алгоритмы и методики нейровизуализации у пациентов данной группы [5].

Ключевую роль в диагностике нарушений сна играет полисомнография (ПСГ) [6, 7]. Исследование заключается в регистрации электроэнцефалограммы, электроокулограммы, подбородочной электромиограммы, потока воздуха, сатурации кислорода, дыхательных усилий и электрокардиограммы или подсчета частоты сердечных сокращений.

В клинической практике для постановки диагноза инсомнии достаточно жалоб и данных дневника сна. ПСГ проводят для исключения других нарушений сна, а также с целью диагностического поиска функциональных отклонений головного мозга.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга в контексте диагностики нарушений сна применяется для визуализации возможных органических и нейродегенеративных состояний, которые могут являться как причиной, так и возможными осложнениями хронической инсомнии [3]. При этом с помощью последовательностей (BOLD, T2\*) возможно исследовать функциональную

активность различных областей головного мозга в состоянии покоя и при различных парадигмах. При активации группы нейронов отмечается повышение метаболической активности, в результате которой диамагнитный оксигемоглобин трансформируется в парамагнитный дезоксигемоглобин [8]. Кроме того, увеличиваются область мозгового кровотока и объем церебральной крови без увеличения скорости потребления кислорода. Когда оксигенированная кровь поступает в место повышенной активности, метаболизированный дезоксигемоглобин вымывается и локальная концентрация гемоглобина в венах и капиллярах выражено увеличивается. Это, в свою очередь, приводит к значительному увеличению локального градиентного эхо, которое длится в течение нескольких секунд и на изображениях отображается как гиперинтенсивный сигнал, чувствительный по T2\* — косвенный МР-признак нейрональной активации [9].

Для оценки получаемых изображений применяется специализированное программное обеспечение (ПО) на базе MatLab (Conn toolbox), FSL, позволяющее совмещать полученные функциональные данные с анатомическим субстратом, анализировать индивидуальные особенности, а также выделять статистически значимые результаты в исследуемой группе пациентов [10, 11].

Диагностическая информация, полученная в ходе исследования, объективно отражает состояние функциональной связности отделов головного мозга и может использоваться в качестве динамической оценки результатов медикаментозного и нейрохирургического лечения.

Однако в настоящее время функциональная МРТ (фМРТ) не получила широкого клинического применения, хотя успешно используется в ведущих зарубежных неврологических и нейрохирургических клиниках, а также в научных исследованиях, изучающих мозговую деятельность [10, 12–13].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее исследование включен 31 пациент в возрасте от 20 до 65 лет, обратившийся на прием сомнолога в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

Все пациенты проконсультированы врачом-сомнологом с проведением тестирования по шкалам, после была выполнена ПСГ, по результатам которой участники распределены на 3 группы:

- группа 1: пациенты с хронической инсомнией, подтвержденной по данным ПСГ — 25 человек (45,45 %);
- группа 2: пациенты с хронической инсомнией, без патологических изменений по данным ПСГ (парадоксальная инсомния) — 6 человек (10,91 %);
- группа 3: здоровые добровольцы — 24 человека (43,64 %).

Критериями включения в группы хронической инсомнии (1 и 2) были подписанное информированное согласие, жалобы на нарушение засыпания, поддержания сна,

ночные и/или ранние пробуждения три и более раз в неделю на протяжении трех и более месяцев, нарушающие дневное самочувствие.

В исследование не были включены пациенты со значимой острой и хронической сопутствующей патологией, онкологическими заболеваниями, противопоказаниями к проведению МРТ, а также пациенты, принимающие психотропные препараты.

В контрольную группу ( $n = 24$ ) вошли пациенты без жалоб на нарушения засыпания и поддержание сна, при отсутствии критериев невключения в исследование (наличие тяжелых психических заболеваний, препятствующих участию в исследовании; наличие выраженных когнитивных расстройств, препятствующих участию в исследовании и соблюдению всех процедур; наличие тяжелых соматических заболеваний — онкологических, соматических заболеваний в стадии декомпенсации или терминальной стадии, препятствующих участию в исследовании).

Всем пациентам проведено комплексное МР-исследование на базе ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России на томографе с силой индукции магнитного поля 3 Тл, с применением специальной МР-катушки для головы Head Coil, включающее:

- традиционную МРТ в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (T1-, T2-, TIRM, MPRAGE — Magnetization Prepared Rapid Acquired Gradient Echoes — градиентное эхо с подготовкой магнетизации и быстрым сбором для совмещения данных фМРТ с анатомическими структурами головного мозга);
- функциональную МРТ в состоянии покоя (импульсная последовательность BOLD — Blood Oxygen Level Dependent) для оценки изменений рабочих сетей головного мозга, объема участков активации, положительно или отрицательно связанных с выбранной зоной.

Параметры импульсных последовательностей традиционной и функциональной МРТ представлены в таблице.

Протокол фМРТ в состоянии покоя выполняли в двух временных точках: вечером перед сном и утром после пробуждения.

Постпроцессинг полученных МР-данных выполнялся на ПО Conn v.22.a на базе MatLab. Для анализа данных использовались программы Jamovi и MatLab 2022a.

Для обработки материалов применялись следующие математико-статистические процедуры: описательная статистика (минимум, максимум, медиана), критерий Колмогорова–Смирнова для оценки нормальности распределения показателей, в зависимости от характеристик данных (шкала переменной, количество значений и нормальность распределения) использовались  $U$ -критерий Манна–Уитни и хи-квадрат Пирсона для анализа демографических данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При статистическом групповом анализе данных фМРТ в покое в двух временных точках у пациентов с хронической инсомнией, подтвержденной по данным ПСГ, по сравнению с пациентами контрольной группы получены следующие данные (рис. 1–4):

### 1. Усиление функциональной связности (ФС):

- между дополнительной моторной корой и угловой извилиной справа;
- миндалиной и парамедианной долей левой гемисферы мозжечка.

Ключевые функции, контролируемые данными областями, включают согласование сигналов вестибулярного аппарата, вегетативные реакции, асинхронные движения левой верхней и нижней конечности.

### 2. Ослабление ФС:

- между ростральной частью префронтальной коры и надкраевой извилиной справа;
- внутришпорной корой слева и передней частью левой островковой доли;
- надкраевой извилиной справа и левым отделом таламуса;
- медиальной префронтальной корой слева и латеральной затылочной корой;
- корой поясной и левой клиновидной извилины.

Ключевые функции областей с ослабленной связностью включают сложное когнитивное поведение, ощущение схемы тела, регистрацию движений зрительными анализаторами.

В утренней контрольной точке ФС у пациентов с хронической инсомнией, подтвержденной по данным ПСГ,

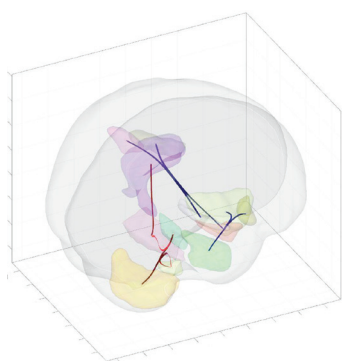
**Таблица.** Параметры применяемых импульсных последовательностей при выполнении структурной и функциональной МРТ

**Table.** Acquisition parameters applied for structural and resting-state functional MRI

Тип последовательности, плоскость	Толщина среза, мм	Размер вокселя, мм <sup>3</sup>	TR, мс	TE, мс
T2 tse, tra	5	0,7 × 0,7 × 5,0	4000	113
T2 TIRM, tra	5	0,7 × 0,7 × 5,0	7000	93
T2 tra, cor	4	0,7 × 0,7 × 3,5	5500	90
T1 tse, tra	4	1,0 × 1,0 × 1,2	2800	2,46
T1 MPRAGE, sag iso	1	1,0 × 1,0 × 1,2	2300	2,83
BOLD, tra	4	1,7 × 1,7 × 1,7	3000	45

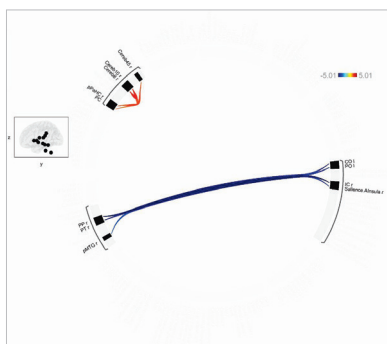
Примечание. TR — время повторения, TE — время эхо.





**Рис. 1.** Функциональные связи головного мозга у пациентов с хронической инсомнией, в сравнении с данными здоровых добровольцев. Вечерняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, красным — усиленную ФС

**Fig. 1.** Functional connections in chronic insomnia group, compared to control group data. Evening control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the red ones show stronger connectivity



**Рис. 3.** Схема функциональных связей головного мозга у пациентов с хронической инсомнией в сравнении с данными здоровых добровольцев. Утренняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, красным — усиление ФС

**Fig. 3.** Functional connections in chronic insomnia group, compared to control group data. Morning control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the red ones show stronger connectivity

по сравнению с пациентами контрольной группы отмечались следующие особенности (рис. 3–4):

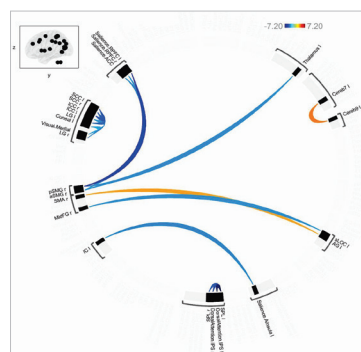
#### 1. Усиление ФС:

- между зоной Брока, 8-м и 10-м полями Бродмана;
- правой парагиппокампальной извилиной и зоной Брока.

Ключевые функции, осуществляемые зонами усиленной коннективности: обработка данных слуховых анализаторов, прямых зрительных сигналов, управление автореферентными и социально-когнитивными функциями, дискриминационная чувствительность.

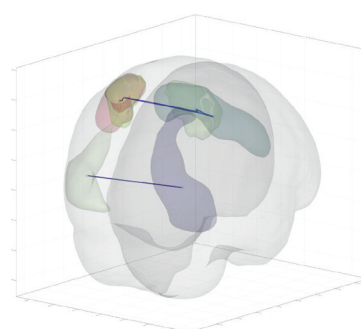
#### 2. При этом определялось ослабление функциональной коннективности:

- между отделами височной извилины справа и передней правой островковой коры;
- сетью покоя (передняя часть левой островковой доли) и медиальным отделом височной извилины справа;



**Рис. 2.** Схема функциональных связей головного мозга у пациентов с хронической инсомнией в сравнении с данными здоровых добровольцев. Вечерняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, оранжевым — усиленную ФС

**Fig. 2.** Functional connections in chronic insomnia group, compared to control group data. Evening control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the orange ones show stronger connectivity



**Рис. 4.** Функциональные связи головного мозга у пациентов с хронической инсомнией в сравнении с данными здоровых добровольцев. Утренняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС

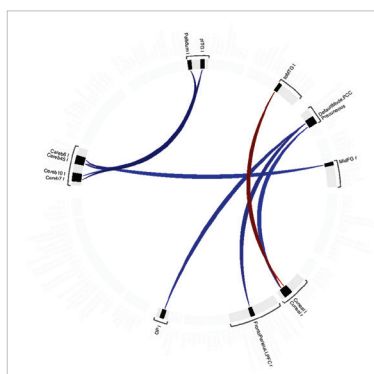
**Fig. 4.** Functional connections in chronic insomnia group, compared to control group data. Morning control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity

- задним отделом средней височной извилины и оперкулярными отделами нижней лобной извилины.

Ключевые функции сетей с ослаблением ФС: обработка данных слуховых анализаторов, прямых зрительных сигналов, управление автореферентными и социально-когнитивными функциями, дискриминационная чувствительность.

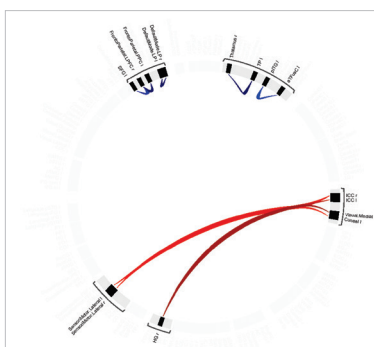
У пациентов с парадоксальной инсомнией в утренней контрольной точке отмечалось усиление ФС вторичной сенсомоторной коры (левая височная извилина, клиновидная кора с обеих сторон), которая осуществляет обработку вторичных зрительных и слуховых сигналов и анализ их значения (рис. 5).

При этом ослаблена ФС сетей покоя (вентральной части левой островковой доли), участвующих в управлении автореферентными и социально-когнитивными



**Рис. 5.** Функциональные связи головного мозга у пациентов с парадоксальной инсомнией в сравнении с данными здоровых добровольцев. Утренняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, красным — усиление ФС

**Fig. 5.** Functional connections in paradoxical insomnia group, compared to control group data. Morning control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the red one shows stronger connectivity



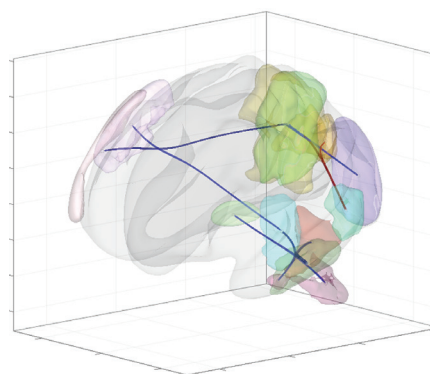
**Рис. 7.** Функциональные связи головного мозга у пациентов с парадоксальной инсомнией в сравнении с данными здоровых добровольцев. Вечерняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, красным — усиленную ФС

**Fig. 7.** Functional connections in paradoxical insomnia group, compared to control group data. Evening control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the red ones show stronger connectivity

функциями, с затылочной корой слева, префронтальной и клиновидной корой справа.

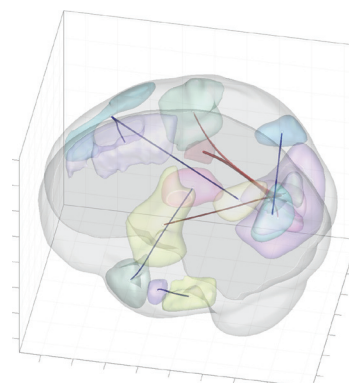
Также ослаблена функциональная связность мозжечка, в частности его червя, со средней лобной извилиной, контролирующей реципрокную чувствительность и регулирующей сети внимания, левой доли мозжечка со структурами бледного шара, который является узловым аппаратом, где происходит интеграция двигательных актов, как произвольных, так и рефлекторных (рис. 6).

В вечерней контрольной точке выражено усилены функциональные связи латеральных сенсомоторных систем с клиновидной корой слева и внутришпорной корой справа (рис. 7, 8).



**Рис. 6.** Функциональные связи головного мозга у пациентов с парадоксальной инсомнией, в сравнении с данными здоровых добровольцев. Утренняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, красным — усиленную ФС

**Fig. 6.** Functional connections in paradoxical insomnia group, compared to control group data. Morning control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the red one shows stronger connectivity



**Рис. 8.** Функциональные связи головного мозга у пациентов с парадоксальной инсомнией в сравнении с данными здоровых добровольцев. Вечерняя контрольная точка. Синим отмечены связи, демонстрирующие ослабление ФС, красным — усиленную ФС

**Fig. 8.** Functional connections in paradoxical insomnia group, compared to control group data. Evening control point. Blue lines demonstrate weaker functional connectivity, the red ones show stronger connectivity

Эти области вовлечены в организацию и воспроизведение концептуальных знаний о конкретных объектах и действиях, обработку вторичных зрительных сигналов на различных уровнях.

Также отмечалось усиление связности извилины Гешля с внутришпорной корой с обеих сторон и медиальным отделом зрительной коры.

Указанные отделы участвуют в распознавании речи, определении удаленности от источника звука и в анализе прямых сигналов от зрительных анализаторов.

Ослабление функциональных связей отмечалось между таламусом справа и полюсом височной коры слева, в сетях работы по умолчанию с обеих сторон, между нижней височной извилиной и затылочно-височной

извилиной, а также между правым и левым отделами фронтопариетальной коры и верхней лобной извилиной.

Ключевые функции областей с усиленными функциональными связями: обработка сенсорных (зрительных, слуховых и вкусовых) сигналов, запоминание, двигательные реакции, семантическая и социально-эмоциональная обработка, функционирование кратковременной памяти и реализация ряда когнитивных исполнительных функций.

По сравнению с контрольной группой выявленные изменения имели статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ).

Обнаруженные изменения в активности различных мозговых областей, косвенно или напрямую участвующих в регуляции сна и бодрствования, представляют практический интерес с точки зрения дифференциальной диагностики клинических форм хронической инсомнии. Дальнейшее исследование патогенетических механизмов требует воспроизведения с большей выборкой пациентов с целью совершенствования методов терапии инсомнических расстройств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование демонстрирует возможности фМРТ в получении данных о функциональных связях головного мозга при инсомнии. Так, в группе пациентов с хронической инсомнией в вечернее время отмечалось усиление функциональных связей преимущественно моторной коры и вербальных анализаторов. При этом ослабление связности было более выражено в сенсорных системах (слуховая кора, волокна зрительного пути), что частично согласуется с теорией гиперактивации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурчаков Д.И., Тардов М.В. Инсомния (бессонница): причины, методы лечения и клинические ситуации // *Consilium Medicum*. 2020. Т. 22, № 2. С. 75–82. EDN: CCDHJH doi: 10.26442/20751753.2020.2.200101
2. Стрыгин К.Н., Полуэктов М.Г. Инсомния // *Медицинский совет*. 2017. № 5. С. 52–58. EDN: XUYAWZ doi: 10.21518/2079-701X-2017-0-52-58
3. Баймуханов А.М., Булавина И.А., Петрова Г.А., и др. Апноэ сна у пациентов с фибрилляцией предсердий // *Лечебное дело*. 2022. № 2. С. 132–136. EDN: VTGDHZ doi: 10.24412/2071-5315-2022-12817
4. Laugsand L.E., Strand L.B., Vatten L.J., et al. Insomnia symptoms and risk for unintentional fatal injuries—the HUNT Study // *Sleep*. 2014. Vol. 37, N 11. P. 1777–1786. doi: 10.5665/sleep.4170
5. Полуэктов М.Г., Акарачкова Е.С., Довгань Е.В., и др. Ведение пациентов с инсомнией при полиморбидной патологии: консенсус экспертов // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2023. Т. 123, № 5–2. С. 49–57. EDN: EVPUSF doi: 10.17116/jnevro202312305249
6. Rundo J.V., Downey R. 3<sup>rd</sup>. Polysomnography // *Handbook of Clinical Neurology*. 2019. Vol. 160. P. 381–392. doi: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00025-4
7. Сурикова Н.А., Глухова А.С. Синдром обструктивного апноэ сна: обзор литературы // *CardioСоматика*. 2023. Т. 14, № 1. С. 67–76. EDN: MTMATB doi: 10.17816/CS321374
8. Kim S.G., Bandettini P.A. Principles of BOLD Functional MRI. In: Faro S.H., Mohamed F.B., Law M., Ulmer J.L. *Functional Neuro-radiology: Principles and Clinical Applications*. 2012. P. 293–303. doi: 10.1007/978-1-4419-0345-7\_16
9. Kim T., Masamoto K., Hendrich K., Kim S.G. Arterial versus total blood volume changes during neural activity-induced cerebral blood flow change: implication for BOLD fMRI // *J. Cereb. Blood Flow Metab*. 2007. Vol. 27, N 6. P. 1235–1247. doi: 10.1038/sj.jcbfm.9600429
10. Eklund A., Nichols T., Andersson M., Knutsson H. Empirically investigating the statistical validity of SPM, FSL and AFNI for single subject fMRI analysis. In: 2015 IEEE 12th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). Brooklyn, NY, USA, 2015. P. 1376–1380. doi: 10.1109/ISBI.2015.7164132
11. Zang Z.X., Yan C.G., Dong Z.Y., et al. Granger causality analysis implementation on MATLAB: A graphic user interface toolkit for fMRI data processing // *Journal of Neuroscience Methods*. 2012. Vol. 203, Issue 2. P. 418–426. doi: 10.1016/j.jneumeth.2011.10.006

В то же время выраженное ослабление областей, вовлеченных в сложное социально-когнитивное поведение в утренние часы, может коррелировать с избыточной дневной сонливостью у пациентов с хронической инсомнией.

В группе пациентов с хронической инсомнией, не подтвержденной по данным ПСГ, также отмечалось усиление связности сенсорных систем, наиболее усиленных от зрительной, поясной коры и извилины Гешля. Однако, в отличие от пациентов первой группы, дополнительно выявлено ослабление функциональной связности отделов коры, участвующей в консолидации и функционировании памяти.

Результаты исследования подчеркивают актуальность изучения функциональных изменений головного мозга при инсомнии, открывая новые возможности для более точной диагностики и разработки персонализированных методов лечения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Финансирование.** Финансирование работы не проводилось.

**Этическая экспертиза.** Исследование проводилось в рамках диссертационной работы, одобренной этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова», выписка № 0310-22 из протокола заседания ЛЭК № 10-22 от 03.10.2022.



12. Зигмантович А.С., Шарова Е.В., Копачка М. М. и др. Изменения сетей покоя фМРТ у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой при терапевтической ритмической транскраниальной магнитной стимуляции (клиническое наблюдение) // Общая реаниматология. 2022. Т. 18, № 2. С. 53–64. EDN: INDIYM doi: 10.15360/1813-9779-2022-2-53-64

## REFERENCES

1. Burchakov DI, Tardov MV. Insomnia: origins, treatment and clinical vignettes. *Consilium Medicum*. 2020;22(2):75–82. (In Russ.) EDN: CCDHJH doi: 10.26442/20751753.2020.2.200101
2. Strygin KN, Poluektov MG. Insomnia. *Medical Council*. 2017;(S):52–58. (In Russ.) EDN: XUYAWZ doi: 10.21518/2079-701X-2017-0-52-58
3. Baymukanov AM, Bulavina IA, Petrova GA, et al. Sleep apnea in patients with atrial fibrillation. *Lechebnoye delo*. 2022;(2):132–136. (In Russ.) EDN: VTGDHZ doi: 10.24412/2071-5315-2022-12817
4. Laugsand LE, Strand LB, Vatten LJ, et al. Insomnia symptoms and risk for unintentional fatal injuries—the HUNT Study. *Sleep*. 2014;37(11):1777–1786. doi: 10.5665/sleep.4170
5. Poluektov MG, Akarachkova ES, Dovgan EV, et al. Management of patients with insomnia and polymorbidity: expert consensus. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. 2023;123(5–2):49–57. (In Russ.) EDN: EVPUSF doi: 10.17116/jnevro202312305249
6. Rundo JV, Downey R3<sup>rd</sup>. Polysomnography. *Handbook of Clinical Neurology Volume*. 2019;160:381–392. doi: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00025-4
7. Surikova NA, Glukhova AS. Obstructive sleep apnea syndrome: literature review. *CardioSomatics*. 2023;14(1):67–76. (In Russ.) EDN: MTMATB doi: 10.17816/CS321374
8. Kim SG, Bandettini PA. Principles of BOLD Functional MRI. In: Faro SH, Mohamed FB, Law M, Ulmer JL. *Functional Neuro-*

13. Etindele Sosso F.A. Measuring sleep health disparities with polysomnography: a systematic review of preliminary findings // *Clocks & Sleep*. 2022. Vol. 4, N 1. P. 80–87. doi: 10.3390/clockssleep4010009

- radiology: Principles and Clinical Applications. 2012. P. 293–303. doi: 10.1007/978-1-4419-0345-7\_16
9. Kim T, Masamoto K, Hendrich K, Kim S-G. Arterial versus total blood volume changes during neural activity-induced cerebral blood flow change: implication for BOLD fMRI. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2007;27(6):1235–1247. doi: 10.1038/sj.jcbfm.9600429
10. Eklund A, Nichols T, Andersson M, Knutsson H. Empirically investigating the statistical validity of SPM, FSL and AFNI for single subject fMRI analysis. In: *2015 IEEE 12th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*. Brooklyn, NY, USA; 2015. P. 1376–1380. doi: 10.1109/ISBI.2015.7164132
11. Zang ZX, Yan CG, Dong ZY, et al. Granger causality analysis implementation on MATLAB: A graphic user interface toolkit for fMRI data processing. *Journal of Neuroscience Methods*. 2012;203(2):418–426. doi: 10.1016/j.jneumeth.2011.10.006
12. Zigmantovich AS, Sharova EV, Kopachka MM, et al. Changes in resting fMRI networks in patients with severe traumatic brain injury during therapeutic rhythmic transcranial magnetic stimulation (case report). *Obshchaya reanimatologiya*. 2022;18(2):53–64. (In Russ.) EDN: INDIYM doi: 10.15360/1813-9779-2022-2-53-64
13. Etindele Sosso FA. Measuring sleep health disparities with polysomnography: a systematic review of preliminary findings. *Clocks & Sleep*. 2022;4(1):80–87. doi: 10.3390/clockssleep4010009

## ОБ АВТОРАХ

\*Анастасия Александровна Боршевецкая; адрес: Россия, 197341, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; ORCID: 0000-0003-0613-7385; e-mail: borshevetskaya@yandex.ru

Александр Юрьевич Ефимцев, докт. мед. наук, доцент кафедр; ORCID: 0000-0003-2249-1405; eLibrary SPIN: 3459-2168; e-mail: atralf@mail.ru

Геннадий Евгеньевич Труфанов, докт. мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-1611-5000; eLibrary SPIN: 3139-3581; e-mail: trufanovge@mail.ru

Юрий Владимирович Свирияев, докт. мед. наук; ORCID: 0000-0002-3170-0451; e-mail: yusvyv@yandex.ru

Валерия Всеволодовна Амелина, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0002-0047-3428; e-mail: v.kemstach@icloud.com

Константин Иванович Себедев, докт. мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0003-0075-7807; e-mail: ki\_sebelev@list.ru

Яна Альбертовна Филин; ORCID: 0009-0009-0778-6396; e-mail: filin\_yana@mail.ru

Даниил Андреевич Береговский; ORCID: 0009-0008-7964-7857; e-mail: bereg.daniil96@mail.ru

## AUTHORS' INFO

\*Anastasia A. Borshevetskaya; address: 2 Akkuratova Street, Saint Petersburg, 197341, Russia; ORCID: 0000-0003-0613-7385; e-mail: borshevetskaya@yandex.ru

Alexander Yu. Efimtsev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor at the Department; ORCID: 0000-0003-2249-1405; eLibrary SPIN: 3459-2168; e-mail: atralf@mail.ru

Gennady E. Trufanov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-1611-5000; eLibrary SPIN: 3139-3581; e-mail: trufanovge@mail.ru

Yurii V. Sviryaev, MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-3170-0451; e-mail: yusvyv@yandex.ru

Valeria V. Amelina, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-0047-3428; e-mail: v.kemstach@icloud.com

Konstantin I. Sebelev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0003-0075-7807; e-mail: ki\_sebelev@list.ru

Yana A. Filin; ORCID: 0009-0009-0778-6396; e-mail: filin\_yana@mail.ru

Daniil A. Beregovskii; ORCID: 0009-0008-7964-7857; e-mail: bereg.daniil96@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author