

БОРШЕВЕЦКАЯ
АНАСТАСИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ
ТОМОГРАФИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
СВЯЗЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ НАРУШЕНИЯХ ЗАСЫПАНИЯ И
ПОДДЕРЖАНИЯ СНА

3.1.25. Лучевая диагностика

3.1.24. Неврология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научные руководители: доктор медицинских наук, профессор
Труфанов Геннадий Евгеньевич

доктор медицинских наук, профессор
Свириев Юрий Владимирович

Официальные оппоненты: Кротенкова Марина Викторовна
доктор медицинских наук, заведующая отделом
лучевой диагностики института клинической и
профилактической неврологии ФГБНУ «Рос-
сийский центр неврологии и нейронаук»

Котова Ольга Владимировна
кандидат медицинских наук, доцент кафедры
психиатрии, психотерапии и психосоматической
патологии ФГАОУ ВО «Российский университет
дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Ведущая организация: ФГБУ «Национальный медицинский исследова-
тельский центр психиатрии и неврологии имени
В.М. Бехтерева» Минздрава России.

Защита состоится «___» _____ 2026 г. в ____ час на заседании
диссертационного совета 21.1.028.03 при ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России (191014, Санкт-
Петербург, ул. Маяковского, д. 12)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского
научно-исследовательского нейрохирургического института им. А.Л. Поленова и
на сайте: <http://www.almazovcentre.ru>

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор Иванова Наталия Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Нарушения сна, в том числе трудности с засыпанием и поддержанием сна, представляют собой одну из наиболее распространённых и клинически значимых проблем современного здравоохранения. По данным ВОЗ, более 30% взрослого населения сталкиваются с расстройствами сна, при этом до 10% соответствуют диагностическим критериям хронической инсомнии. Эти нарушения оказывают значительное влияние на качество жизни, когнитивные функции и психоэмоциональное состояние, повышая риск сердечно-сосудистых, психоневрологических и метаболических заболеваний (Есин Р.Г. и соавт., 2025; Сурсаев В.А., Полуэктов М.Г., 2025; Huang J. et al., 2026).

Современным диагностическим стандартом, официально признанным и рекомендованным Российским обществом сомнологов, является Международная классификация расстройств сна третьего пересмотра (МКРС-3), опубликованная в 2014 году и утверждённая Российским сомнологическим обществом в 2017 году (Пигарев И.Н., Пигарева М.Л., 2020; Полуэктов М.Г. и соавт., 2023; Thorpy M., 2017).

Расстройства сна представляют собой гетерогенную группу патологических состояний, подразделяющуюся на несколько основных категорий: инсомнии, нарушения дыхания во сне, центральные расстройства гиперсомнолентности, расстройства циркадного ритма, парасомнии и двигательные нарушения во сне (Менделевич В.Д., Менделевич Е.Г., 2023; Larson O. et al., 2023; Morin C.M., Buysse D.J., 2024). Инсомния является наиболее частым расстройством сна в общей популяции и служит независимым фактором риска сердечно-сосудистых, метаболических и аффективных нарушений, что обуславливает высокую значимость её ранней диагностики и патогенетически обоснованной терапии (Баймуканов А.М. и соавт., 2022; Chen Z. et al., 2022). Наряду с инсомнией, наиболее исследованным нарушением сна является синдром обструктивного апноэ сна, что обусловлено многообразием его патофизиологических механизмов и широким спектром клинических последствий (Ухинов Э.Б. и соавт., 2021; Баймуканов А.М. и соавт., 2022; Сурикова Н.А., Глухова А.С., 2023; Yeghiazarians Y. et al., 2021; Lin S. et al., 2024; Huang J. et al., 2026).

С учётом высокой медико-социальной значимости расстройств сна, их значительной распространённости, выраженного негативного влияния на здоровье

и качество жизни, многообразие нозологических форм необходимо дальнейшее совершенствование дифференцированных подходов к диагностике и лечению. Совершенствование методов нейровизуализации и разработка объективных критериев оценки функционального состояния мозга у пациентов с различными расстройствами сна, и в первую очередь с инсомнией как наиболее распространенной формой, является актуальной и своевременной задачей, решение которой будет способствовать повышению эффективности диагностики, персонализации терапии и улучшению прогноза у данной категории больных.

Степень разработанности темы

Первичная диагностика нарушений сна включает анализ жалоб пациента на расстройства сна, дневное самочувствие и оценку наличия коморбидной патологии (Тихомирова О.В., 2020; Тардов М.В. и соавт., 2024; Riemann D. et al., 2023). Инструментальная диагностика включает выполнение 24-часовой полисомнографии (ПСГ) в специально оборудованных лабораториях (Савицкий И.С., 2026; Rundo J.V., Downey R., 2019; Etindele Sosso F.A., 2022). Исследование заключается в регистрации электроэнцефалограммы, подбородочной электромиограммы, потока воздуха, сатурации кислорода, дыхательных усилий и электрокардиограммы или подсчёте частоты сердечных сокращений (Бочкарев М.В. и соавт., 2021; Иванова А.О. и соавт., 2023; Berry R.B. et al., 2015).

Для исключения органической патологии применяют магнитно-резонансную томографию (МРТ) головного мозга в стандартных последовательностях (Буккиева Т.А. и соавт., 2019; González K.A. et al., 2024). Стандартная МРТ головного мозга является важной современной методикой нейровизуализации, которая позволяет диагностировать очаговые, сосудистые, демиелинизирующие изменения, которые могут быть следствием или причиной расстройств сна (Екушева Е.В. и соавт., 2023; Сашин Д.В. и соавт., 2023; Бакулин И.С. и соавт., 2026; Wu Y. et al., 2020).

В настоящее время существуют методики МРТ, применение которых позволяет оценивать функциональные нарушения головного мозга (Беляевская А.А. и соавт., 2018; Буккиева Т.А. и соавт., 2019; Зигмантович А.С. и соавт., 2022; Dai et al., 2021; Predatu et al., 2023). Функциональная МРТ покоя (фМРТ покоя) выполняется в режиме BOLD («blood oxygenation level dependent») и позволяет оценить коннективность различных участков и сетей головного мозга, в том числе вовлечённых в регуляцию цикла «сон–бодрствование» (Сурсаев В.А., Полуэктов М.Г., 2025; Zhou F. et al., 2016; He D. et al., 2022; Jespersen K.V. et al., 2024).

Данные, которые позволяет получить фМРТ покоя, отражают статистически значимые изменения функциональной связности отделов головного мозга и, таким образом, могут использоваться в качестве динамической оценки результатов медикаментозного лечения.

На сегодняшний день не разработана методика комплексной МРТ, включающая применение как традиционных, так и специальных методик для одновременного определения структурных изменений и функциональных связей головного мозга при нарушениях засыпания и поддержания сна, а также не оценена динамика этих изменений за период сна, не выявлены объективные маркеры нарушений функциональной связности регулирующих сон структур, коррелирующие с данными полисомнографического исследования и сомнологических тестов, что обуславливает актуальность и неразработанность данной проблемы.

Цель исследования

Улучшение диагностики структурных и функциональных изменений головного мозга с построением коннектома у пациентов с нарушением засыпания и поддержания сна с применением комплексной магнитно-резонансной томографии.

Задачи исследования

1. Разработать протокол и методику сбора данных комплексной МРТ головного мозга, включающий традиционные структурные последовательности и функциональную МРТ в состоянии покоя в двух временных точках (вечерней и утренней), для оценки изменений при хронической инсомнии.
2. Изучить неврологические, полисомнографические и нейровизуализационные особенности у пациентов с нарушениями засыпания и поддержания сна, а также оценить структурные изменения с помощью воксельной МР-морфометрии.
3. Установить особенности циркадной динамики коннективности (в вечерней и утренней контрольной точках) в функциональных сетях головного мозга у пациентов с хронической инсомнией и их связь с субъективными жалобами и полисомнографическими показателями.
4. Построить коннектом головного мозга при хронической инсомнии для выявления ключевых узлов дисфункциональных связей, ассоциированных с тяжестью нарушения засыпания и поддержания сна.

Научная новизна

Выявлен типичный для хронической инсомнии симптомокомплекс, включающий трудности засыпания и поддержания сна, субъективное ощущение его неполноценности и выраженное влияние нарушений ночного отдыха на дневное самочувствие и когнитивную работоспособность ($p < 0,05$).

Результаты полисомнографии у пациентов с хронической инсомнией свидетельствуют о нарушении непрерывности и стабильности сна при относительной сохранности его структуры и общей длительности. У 93% пациентов в группе хронической инсомнии выявлены повышенные значения времени бодрствования после засыпания (WASO), увеличение числа пробуждений и удлинение латентности сна, что соответствует феномену физиологической гиперактивации и высокой чувствительности к процессам пробуждения.

Впервые на основе полученных данных комплексной МРТ построен коннектом головного мозга с картированием функциональных связей и структурных изменений при нарушениях сна. Сравнительный анализ данных функциональной МРТ в двух контрольных точках, а именно вечером перед сном и утром после пробуждения, позволил оценить не только статические различия между группами ($p < 0,05$; p -FDR от 0,008 до 0,6), но и динамику функционального состояния мозга, связанную с периодом ночного сна (или его патологии). У пациентов с хронической инсомнией в утренние часы выявлено двустороннее (с доминированием правополушарных изменений) усиление функциональной связи между первичной слуховой корой и зрительными регионами (p от 0,003 до 0,047), что соответствует нейробиологической модели хронической гиперактивации (hyperarousal) при инсомнии. Также наблюдается достоверное усиление функциональной связности ассоциативных слуховых зон (зона Вернике) с обширными отделами зрительной коры по сравнению с группой контроля (p от 0,000089 до 0,006) и усиление функциональной связности передних отделов верхней височной извилины (planum polare) с первичными и ассоциативными зрительными областями (p от 0,011 до 0,048).

В результате сравнительного межгруппового анализа с использованием t -критерия для независимых выборок выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$ без поправки на множественные сравнения) регионарных морфометрических показателей между группой пациентов с хронической инсомнией и контрольной группой. Достоверные различия затрагивали подкорковые структуры, включая базальные ядра, лимбические образования, а

также отдельные корковые зоны ($p < 0,05$). При этом после поправки на множественные сравнения (Бонферрони) статистически значимых результатов не получено ($p > 0,05$).

Теоретическая и практическая значимость исследования

Разработанные теоретические положения позволили внедрить в клиническую практику методику комплексной МРТ головного мозга вечером перед сном и утром после пробуждения у пациентов с нарушениями сна, наряду с проведением полисомнографии ($p < 0,05$).

Усовершенствована методика комплексной МРТ головного мозга у пациентов с нарушениями сна, включающая комбинацию применения стандартных импульсных последовательностей (ИП) и специальных методик, с получением одновременной информации об структурных и функциональных изменениях мозга.

Наиболее выраженное ослабление функциональных связей выявлено в следующих корковых областях: фузиформная извилина (затылочно-височная область, участвующая в зрительном распознавании); верхняя височная извилина (область обработки слуховой информации) и височный полюс (область, ассоциированная с эмоциональной и сенсорной интеграцией) (в контрольной группе к утру зафиксировано общее снижение количества связей в этих зонах, в группе инсомнии такой динамики нет).

Снижение связности в сенсорных и ассоциативных зонах коры к утру может отражать нормальные физиологические процессы, связанные с «разрежением» корковой активности во время сна и консолидацией памяти (в контрольной группе отмечено снижение глобальной эффективности сети к утру; в группе инсомнии значимых различий между вечером и утром не выявлено).

Доказана связь выявленных функциональных изменений с объективными полисомнографическими показателями (увеличение времени бодрствования после засыпания, числа ночных пробуждений, удлинение латентности ко сну) и субъективными характеристиками сна, что позволяет рассматривать их в качестве нейровизуализационных коррелятов ключевых клинических симптомов инсомнии ($p < 0,05$).

Методология и методы исследования

Методология работы основана на результатах комплексного клиничко-нейровизуализационного обследования пациентов с хронической инсомнией,

опубликованных в современной отечественной и зарубежной литературе, и реализована в дизайне проспективного когортного исследования.

Объектом исследования являлись пациенты с жалобами на нарушение засыпания и поддержания сна, соответствующими диагностическим критериям хронической инсомнии. Предметом исследования служили структурные и функциональные изменения головного мозга, оцениваемые по данным МРТ, а также их взаимосвязь с клинико-полисомнографическими характеристиками сна.

В работе использовались следующие методы:

1. Клинико-неврологическое обследование и анкетирование с применением валидизированных сомнологических опросников (индекс тяжести инсомнии, Питтсбургский индекс качества сна, шкала реактивности сна к стрессу, шкала дневной сонливости) для количественной оценки субъективных нарушений сна.

2. Полисомнография с регистрацией стандартных параметров (латентность сна, время бодрствования после засыпания – WASO, число пробуждений, представленность стадий сна) для объективизации структуры и непрерывности ночного сна.

3. Структурная МРТ головного мозга с воксельной морфометрией для количественной оценки регионарных различий объема серого вещества между группой пациентов с хронической инсомнией и контрольной группой.

4. Функциональная МРТ покоя в двух контрольных временных точках (вечерней и утренней) с целью анализа циркадной динамики функциональной коннективности и выявления патологических паттернов активации сетей покоя.

Постпроцессинговая обработка данных функциональной МРТ выполнялась с помощью специализированного программного пакета CONN toolbox. Проводилась оценка межсетевой функциональной связности (сенсомоторная, зрительная, слуховая сети), построение коннектома головного мозга и визуализация зон атипичной коннективности.

Статистический анализ осуществлялся с использованием методов доказательной медицины: t-критерий для независимых выборок при межгрупповом сравнении морфометрических и коннектомных показателей, при необходимости использовались поправки на множественные сравнения.

Обработка и хранение данных соответствовали современным требованиям, предъявляемым к клиническим исследованиям в области лучевой диагностики и неврологии.

Положения, выносимые на защиту

1. Комплексное нейровизуализационное и нейрофизиологическое обследование (невролого-сомнографический осмотр, опрос, полисомнография и структурная МРТ головного мозга и двукратная фМРТ покоя в цикле «вечер – утро» позволяет объективизировать специфические паттерны нейросетевой дисрегуляции при хронической инсомнии: отсутствие нормальной ночной реорганизации сетей покоя, сохранение стабильной архитектуры связей и повышенную сенсорную настороженность после сна.

2. Ключевым нейробиологическим феноменом хронической инсомнии является кросс-модальная гиперконнективность слуховой, сенсомоторной и интегративной коры с отделами зрительной системы, отражающая состояние персистирующей церебральной гиперактивации (hyperarousal). Данный паттерн служит нейрофизиологической основой руминаций, двигательного беспокойства и нарушений засыпания.

3. Выявленные нейросетевые изменения достоверно ассоциированы с полисомнографическими показателями (увеличение времени бодрствования после засыпания, числа пробуждений, удлинение латентности сна) и характеризуются ослаблением связности сенсомоторной, визуальной и фронтопариетальной сетей с ассоциативными и исполнительными областями, что указывает на дисфункцию механизмов сенсорного и когнитивного торможения, необходимых для нормальной инициации и поддержания сна.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современных и валидированных методов магнитно-резонансной томографии, полисомнографии, стандартизированных протоколов сбора и анализа данных, а также применением адекватных статистических методов, соответствующих характеру и объему выборки (51 пациент с клинически подтвержденной хронической инсомнией).

При статистической обработке данных использовался доверительный уровень значимости $p < 0,05$, а также методы коррекции множественных сравнений. Анализ функциональных связей головного мозга проводился с использованием специализированного программного обеспечения (Matlab, CONN toolbox), с предварительной нормализацией, устранением артефактов и контролем параметров качества данных. На основании полученных данных сформулированы выводы и практические рекомендации.

Материалы диссертационного исследования представлены и обсуждены на научно-практических мероприятиях, включая Всероссийские конференции, такие как «Поленовские чтения» (СПб., 2023 - 2026), а также на заседаниях Санкт-Петербургского радиологического общества (СПб., 2023 - 2026). Данные исследования также были представлены на международных конгрессах: Конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов (М., 2023 - 2025) и Невский радиологический форум (СПб., 2023 - 2026).

Личное участие автора в выполнении исследования

Тема и план диссертации, ее основные идеи и содержание разработаны диссертантом совместно с научными руководителями на основе многолетних целенаправленных исследований.

Автор самостоятельно проводил клинико-неврологическое и полисомнографическое обследование пациентов, выполнял МРТ головного мозга всем участникам (структурная и функциональная МРТ покоя) с последующей постпроцессинговой обработкой полученных данных с использованием программного обеспечения CONN Toolbox (MATLAB).

Диссертантом сформирована электронная база данных по 90 пациентам, проведен анализ полисомнографических записей и нейровизуализационных протоколов, выполнены статистические расчёты и интерпретация результатов. Самостоятельно написаны все разделы диссертации, сформулированы основные положения, выводы и практические рекомендации, подготовлены публикации по теме работы.

Личное участие автора подтверждено актом проверки первичного материала и актами внедрения.

Публикации

В рамках диссертационного исследования было опубликовано 15 научных работ, из которых 4 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Зарегистрирована база данных пациентов (свидетельство о государственной регистрации № 2026622003 от 06.05.2026).

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста и содержит введение, обзор литературы, главы с описанием пациентов и методов исследования, заключение и выводы, практические рекомендации и список литературы, включающий 29 отечественных и 103 зарубежных источника. Данная работа содержит в себе 30 таблиц и 11 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общая характеристика обследованных пациентов

В исследование включено 90 человек. Пациенты с нарушениями сна отбирались последовательно среди обратившихся на прием к сомнологу в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Контрольную группу составили здоровые добровольцы без нарушений сна из числа лиц, сопровождавших пациентов ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

Участники исследования были разделены на две группы:

1-я группа (основная) – 51 пациент с нарушениями засыпания и поддержания сна без отклонений по данным;

2-я группа (контрольная) – 39 здоровых добровольцев без нарушений цикла сна-бодрствования, сопоставимых по полу и возрасту с основной группой.

Группы формировали, исходя из гендерных и возрастных особенностей пациентов, при отсутствии критериев невключения в исследование.

Критерии включения основной группы:

– клинически диагностированная хроническая инсомния, верифицированная в соответствии с диагностическими критериями МКБ-10 и DSM-5-TR, включая жалобы на диссомнические расстройства частотой ≥ 3 раз в неделю на протяжении ≥ 3 месяцев, сопровождающиеся дневной дисфункцией при адекватных условиях и времени для сна;

– возраст от 19 до 45 лет.

Критерии невключения основной и контрольной групп:

– абсолютные и относительные противопоказания к проведению МРТ;

– наличие аномалий развития и патологических образований головного мозга;

– врожденная гиперплазия коры надпочечников, надпочечниковая недостаточность, гиперкортицизм, тиреоидная дисфункция;

– наличие инфекционных поражений гипоталамуса, вследствие туберкулеза, сифилиса, энцефалита или менингита и др.

– хронические соматические заболевания в стадии декомпенсации (терминальная почечная и печеночная недостаточность), онкологические, онкогематологические и психиатрические заболевания, тугоухость;

– одновременный прием пациентами психотропных препаратов, в числе возможных побочных эффектов которых могут быть нарушения сна (анксиолити-

ки, антидепрессанты, барбитураты, препараты лития, наркотические анальгетики, резерпин);

– неспособность лежать неподвижно в течение ≥ 20 минут при проведении МРТ.

Пациенты и лица контрольной группы были включены в исследование с учетом обязательного выполнения всех отечественных и международных требований к проведению научных исследований (информированное согласие на участие в исследовании, гарантирующее сохранение конфиденциальности данных (Декларация Всемирной Медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г., г. Хельсинки; «Правила клинической практики в Российской Федерации», утвержденные Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266).

Диссертационное исследование было одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России (выписка №0210-23 из заседания 10-23 от 02.10.2023 г).

Диагноз хронической инсомнии устанавливался клинически на приёме сомнолога. Все лица, включённые в исследование, прошли дополнительное обследование с использованием стандартизированных опросников для уточнения фенотипа и тяжести расстройства: Питтсбургского опросника качества сна (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI) (Buysse D. et al., 1989), Эпвортской шкалы сонливости (Epworth Sleepiness Scale, ESS) для расчёта индекса дневной сонливости (Johns M.W., 1991), Индекса тяжести инсомнии (Insomnia Severity Index, ISI) (Bastien C. et al., 2001), Опросника Форда по влиянию стресса на инсомнию (Ford Insomnia Response to Stress Test, FIRST) для оценки реактивности сна к стрессу (Drake C. et al., 2004), а также дневника сна, заполнявшегося участниками исследования в течение 1–2 недель.

Полисомнографическое исследование (ПСГ) проводили с использованием стационарной полисомнографической системы «Нейрософт Нейрон Спектр» (Нейрософт, Россия) по стандартной методике, соответствующей современным критериям. Регистрировались электроэнцефалограмма (F3-M2, F4-M1, C3-M2, C4-M1, O1-M2, O2-M1 по системе 10–20 с общими референсами M1/M2), электроокулограмма (E1-M2, E2-M2), подбородочная электромиограмма, электрокардиограмма (отведение II), параметры дыхания (назальный канюльный датчик давления, термистор, респираторные усилия по RIP-ремням грудной и брюшной областей, микрофон храпа), оксиметрия SpO₂, положение тела,

двусторонняя ЭМГ m. tibialis anterior для регистрации периодических движений конечностей, а также синхронизированная видео- и аудиозапись с ИК-камерой. Оценка показателей проводилась в соответствии с критериями Руководства AASM по оценке сна и связанных с ним событий (Berry R.B. et al., 2015).

Комплексную МРТ выполняли на томографе Magnetom (Сименс, Германия) с силой индукции магнитного поля 3,0 Тл и включала:

- традиционную МРТ;
- функциональную МРТ в состоянии покоя (фМРТ покоя);
- ИП MPRAGE

Традиционную МРТ головного мозга выполняли однократно в вечерней временной точке (накануне ПСГ). ФМРТ покоя проводили в двух временных точках: вечером (18:00–19:00, накануне ПСГ) и утром после пробуждения от ночной записи ПСГ, в интервале от 30 до 60 минут после окончательного пробуждения (в среднем 45 ± 15 минут).

Для количественной оценки морфометрических параметров и последующей локализации выявленных зон активации в анатомических координатах использовали T1-MPRAGE последовательность с высоким изотропным разрешением.

Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета IBM SPSS Statistics (версия 27).

Обработку данных фМРТ покоя проводили с использованием пакета прикладных программ MATLAB CONN v.22 (Functional Connectivity Toolbox). Межгрупповые различия оценивали с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни (при сравнении двух групп) либо дисперсионного анализа (ANOVA) с последующей коррекцией на множественные сравнения по методу FDR ($q < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты клинико-неврологического обследования

Неврологический статус оценивали по общепринятой схеме с исследованием черепно-мозговых нервов, двигательной, чувствительной, координаторной и менингеальной сфер, а также рефлексов. У пациентов основной и контрольной групп отсутствовали пирамидные и экстрапирамидные нарушения, координаторные пробы выполнялись уверенно, мышечный тонус и сила

соответствовали возрастной норме, очаговых чувствительных расстройств не отмечено.

Дополнительно проводилась количественная оценка аффективного статуса, поскольку тревога и депрессия являются значимыми модуляторами субъективного восприятия сна и могут искажать результаты сомнологических шкал (Таблица 1).

Таблица 1 – Клинико-психометрические характеристики

Опросник	Контрольная группа, среднее $\pm$ SD	Группа инсомнии, среднее $\pm$ SD	р-значение
ISI	3,7 $\pm$ 2,1	17,9 $\pm$ 4,1	< 0,001
FIRST	1,3 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 2,3	< 0,001
ESS	8,8 $\pm$ 2,5	9,0 $\pm$ 3,2	0,740
PSQI	4,5 $\pm$ 1,8 *	13,0 $\pm$ 3,6	< 0,001
Примечание – *Среднее значение по PSQI рассчитано по данным подгруппы участников, полностью заполнивших опросник (n=26)			

Для выявления связей между аффективным статусом и тяжестью инсомнии проведен корреляционный анализ Спирмена (Таблица 2).

Таблица 2 – Корреляционный анализ между показателями сомнологических опросников и выраженностью тревожно-депрессивных расстройств (HADS) у пациентов с хронической инсомнией

Параметры	Коэффициент корреляции	р-значение
ISI – субшкала тревоги HADS-A	0,62	< 0,001
ISI – субшкала депрессии HADS-D	0,51	< 0,001
PSQI – HADS-A	0,58	< 0,001
FIRST – HADS-A	0,44	< 0,001

Таким образом, у обследованных пациентов выявлен типичный для хронической инсомнии симптомокомплекс, включающий стойкие трудности засыпания и поддержания сна, субъективное ощущение его неэффективности, а также выраженное влияние нарушений ночного отдыха на дневное самочувствие и когнитивную работоспособность. При этом нормальный уровень дневной сонливости (ESS) и отсутствие очаговой неврологической симптоматики позволяют рассматривать инсомнию как первично функциональное расстройство, связанное с тревожно-депрессивными проявлениями и повышенной реактивностью к стрессу.

Результаты полисомнографии

У пациентов с инсомнией по сравнению с контрольной группой, несмотря на парадоксально более высокую эффективность сна и короткую латентность ко

сну, выявлено значимое увеличение времени бодрствования после засыпания и количества микропробуждений, что подтверждает нарушение поддержания сна при сохранной инициации сна (Таблица 3).

Таблица 3 – Данные полисомнографического исследования

Параметр	Контрольная группа, среднее $\pm$ SD	Группа инсомнии, среднее $\pm$ SD	р- значение
Продолжительность сна, (TST, мин)	357 $\pm$ 65	411 $\pm$ 34	p < 0,001
Эффективность сна (SE, %)	79,9 $\pm$ 8,4	84,6 $\pm$ 6,8	p = 0,006
Латентность ко сну (SL, мин)	58 $\pm$ 21	19 $\pm$ 9	p < 0,001
Продолжительность времени бодрствования после начала сна (WASO, мин)	39 $\pm$ 18	90 $\pm$ 28	p < 0,001
Количество микропробуждений в час сна	2,1 $\pm$ 0,8	4,5 $\pm$ 1,2	p < 0,001

Результаты комплексного магнитно-резонансного исследования головного мозга

Всем пациентам основной и контрольной групп выполнена стандартная МРТ головного мозга (режимы T1-ВИ, T2-ВИ, FLAIR, DWI) для исключения органической патологии. У обследованных лиц не выявлено объемных образований, аномалий развития, признаков нарушения мозгового кровообращения, а также очаговых изменений головного мозга.

МР-морфометрическое исследование не выявило статистически значимых межгрупповых различий по общему объему белого и серого вещества. При анализе отдельных корковых и подкорковых структур также не обнаружено значимых изменений после поправки на множественные сравнения.

Сравнительный анализ данных функциональной МРТ, зарегистрированных в двух контрольных точках, а именно вечером перед сном и утром после пробуждения, позволил оценить не только статистически значимые различия между группами, но и динамику функционального состояния мозга, связанную с периодом ночного сна.

У пациентов с хронической инсомнией по сравнению со здоровыми добровольцами в утренние часы выявлен устойчивый и генерализованный паттерн аномального усиления функциональной связности между ключевыми узлами слуховой, сенсомоторной и интегративной коры с обширными регионами зрительной системы. В частности, выявлено двустороннее (с доминированием

правополушарных изменений) усиление функциональной связи между первичной слуховой корой и зрительными регионами (Таблица 4).

Таблица 4 – Данные функциональной магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя. Зоны усиленной коннективности извилин Гешля с обеих сторон в утренние часы у группы хронической инсомнии, в сравнении с контрольной группой ($p < 0,05$)

Коннективность	T	P-значение	p-FDR
Извилины Гешля справа - медиальная зрительная кора (2,-79,12)	3,83	0,003296	0,268652
Извилины Гешля слева - затылочный полюс справа	3,89	0,002999	0,311898
Извилины Гешля слева - медиальная зрительная кора (2,-79,12)	3,74	0,003827	0,311898
Извилины Гешля слева - затылочная часть веретенообразной извилины слева	3,27	0,008362	0,454319
Извилины Гешля слева - внутришпорная кора слева	3,04	0,012399	0,505274
Извилины Гешля справа - затылочный полюс слева	2,62	0,025537	0,554251
Извилины Гешля справа - внутришпорная кора слева	2,5	0,031484	0,554251
Извилины Гешля справа - зрительная кора затылочной области (0,-93,-4)	2,41	0,036606	0,554251
Извилины Гешля справа - затылочный полюс справа	2,39	0,038072	0,554251
Извилины Гешля справа - язычная извилина слева	2,26	0,047358	0,554251

Аналогичная гиперконнективность отмечена для задних отделов верхних височных извилин (зона Вернике) и передних отделов верхней височной извилины (*planum polare*) с первичными и ассоциативными зрительными областями. Кроме того, выявлено генерализованное усиление связности дополнительной моторной коры левого полушария и коры левой теменной покрышки с билатеральным комплексом зрительных структур. Сравнительный анализ межсетевой коннективности показал, что у здоровых лиц в утренние часы, наблюдается физиологическое усиление связности с рядом сенсомоторных, визуальных и фронтопариетальных зон, которое отсутствует у пациентов с хронической инсомнией. Так, у пациентов с нарушением количества циклов сна за ночь не выявляется характерное для контроля утреннее усиление связности сенсомоторной сети с левыми задними отделами височной доли, а также с правой постцентральной и правой передней надкраевой извилинами (Таблица 5).

Таблица 5 – Данные функциональной магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя. Зоны усиленной коннективности сенсомоторной сети в утренние часы у группы контроля, в сравнении с группой хронической инсомнии с повышением латентности ко сну ($p < 0,001$)

Область (по анатомическому атласу)	Размер кластера (количество вокселей)	Доля кластера (%)	Покрытие региона (%)	Координаты центра (MNI), мм
Постцентральная извилина справа (PostCG)	79	19	2	+62, -16, +36
Надкраевая извилина справа, передние отделы (aSMG)	10	13	2	+62, -20, +38

Также в группе хронической инсомнии отсутствует усиление связности визуальной сети с отделами мозжечка слева, ассоциированными с когнитивной обработкой (Crus I и II).

При увеличенной латентности ко сну дефицит утреннего усиления связности визуальной сети распространяется на обширные зоны левого полушария большого мозга, включая постцентральную, дополнительную моторную, височно-теменные и прецентральную области, а также отсутствует утреннее усиление связности фронтопариетальной сети с правой средней лобной и правой прецентральной извилинами и с левыми теменными структурами (верхняя теменная доля, задняя надкраевая и угловая извилины). При снижении эффективности сна по данным ПСГ также отсутствует усиление связности фронтопариетальной сети с правой средней лобной и правой прецентральной извилинами. Анализ динамики функциональных связей между вечерней и утренней точками показал, что в контрольной группе к утру наблюдается общее снижение количества функциональных связей (уменьшение глобальной эффективности сети), наиболее выраженное в фузиформной извилине, верхней височной извилине и височном полюсе (Рисунок 1).

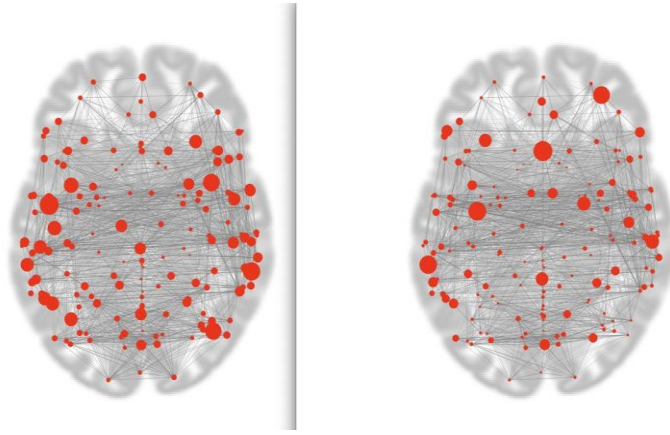


Рисунок 1 – Схематичное отображение глобальной эффективности функциональных сетей головного мозга пациентов контрольной группы. Слева – вечерняя контрольная точка, справа – утренняя контрольная точка

В группе пациентов с инсомнией значимых различий в паттернах связей между вечерней и утренней точками выявлено не было: структура функциональных сетей оставалась относительно стабильной (Рисунок 2). Это свидетельствует о нарушении нормальной ночной динамики функциональной активности мозга - отсутствии ожидаемого снижения глобальной эффективности и сохранении повышенной сенсорной настороженности коры в утренние часы.

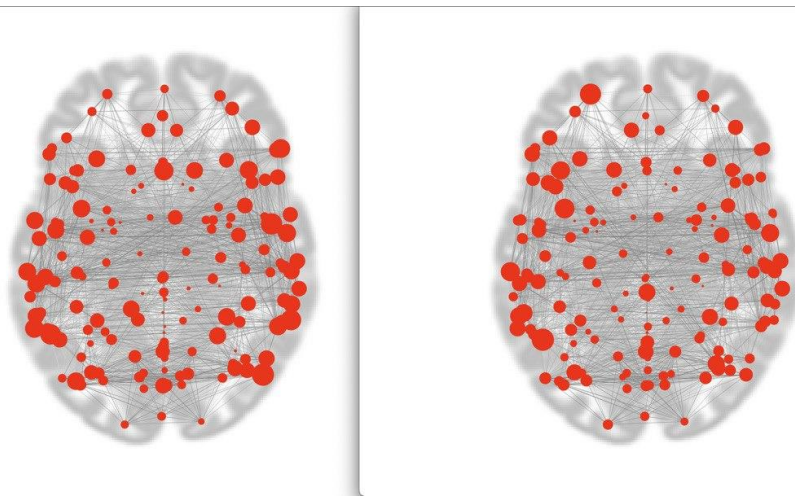


Рисунок 2 – Схематичное отображение глобальной эффективности функциональных сетей головного мозга пациентов группы хронической инсомнии. Слева – вечерняя контрольная точка, справа – утренняя контрольная точка

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что хроническая инсомния характеризуется стойким нарушением функциональной организации мозга, которое сохраняется в утренние часы и может служить объективным маркером патологического состояния гипервозбуждения. Основным выявленным феноменом является билатеральное, но структурно-специфичное нарушение

модульности крупномасштабных нейронных сетей, наиболее выраженное между слуховыми ассоциативными зонами и компонентами зрительной системы, с вовлечением дополнительной моторной коры и теменной покрывки. Выявленный паттерн аномальной межсетевой интеграции подчеркивает роль нарушения баланса между крупномасштабными нейронными ансамблями в поддержании расстройства, что открывает новые мишени для терапевтических вмешательств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хроническая инсомния относится к числу наиболее часто встречающихся нарушений сна в клинической практике. Это состояние сопряжено со снижением качества жизни, ухудшением когнитивных функций и высокой коморбидностью с тревожными и депрессивными расстройствами. Несмотря на многолетнее изучение, патофизиологические основы расстройства остаются предметом дискуссий. Прогресс в этой области связан с внедрением фМРТ покоя, позволяющей оценивать тонкие перестройки активности мозга, не выявляемые при структурном анализе.

В работе предпринят системный подход к изучению нейросетевых коррелятов инсомнии с применением двукратной фМРТ покоя в сочетании с клинико-неврологическим и полисомнографическим обследованием. Проанализированы данные 90 участников: 51 пациент с верифицированной хронической инсомнией и 39 здоровых добровольцев. Диагностический алгоритм включал клинический осмотр, психометрическое тестирование, ПСГ, структурную и функциональную МРТ в двух временных точках (вечер и утро). Для оценки коннективности применялись методы ROI-to-ROI, независимого компонентного анализа и теории графов.

Установлено, что у пациентов с хронической инсомнией отсутствуют значимые структурные изменения головного мозга по данным воксельной морфометрии, что подтверждает функциональную природу расстройства (Tahmasian M. et al., 2021; Ray D. et al., 2023; Weihs A. et al., 2023). Полисомнографически зафиксированы нарушения непрерывности сна в виде увеличения WASO, числа пробуждений и латентности сна при сохранной общей продолжительности (Hermans L. et al., 2021; Riemann D. et al., 2023).

Ключевым результатом нейровизуализационного этапа стало выявление устойчивого паттерна аномальной функциональной коннективности. В отличие от контрольной группы, у пациентов не наблюдалось физиологического снижения

глобальной связности в утренние часы, архитектура сетей оставалась стабильной (Li X. et al., 2022; Watanabe K. et al., 2022). Зарегистрировано усиление кросс-модальных связей между слуховыми, сенсомоторными и интегративными зонами коры с отделами зрительной системы (Killgore et al., 2013; Altena et al., 2018; E. Santarnecchi et al., 2018). Выявленные изменения коррелировали с показателями фрагментации сна: WASO ($r = 0,42$, $p < 0,01$), числом пробуждений ($r = 0,38$, $p < 0,05$) и латентностью сна ($r = 0,40$, $p < 0,01$). По данным независимого компонентного анализа установлено ослабление связности сенсомоторной сети с височными ассоциативными зонами, визуальной сети с мозжечковыми и теменно-височными областями, а также фронтопариетальной сети с лобными и теменно-височными регионами (Wang L. et al., 2018; Bai Y. et al., 2022; Zheng H. et al., 2023).

Обнаруженные изменения служат объективным коррелятом модели персистирующей гиперактивации при хронической инсомнии. Усиление кросс-модальной интеграции и отсутствие физиологической сегрегации перцептивных систем после ночного сна создают основу для ключевых клинических проявлений: повышенной настороженности, двигательного беспокойства, руминаций и ощущения невозстанавливающего сна.

Таким образом, разработан комплексный диагностический подход, позволяющий объективизировать нейросетевые изменения при хронической инсомнии. Выделены нейровизуализационные маркеры: устойчивое утреннее усиление коннективности между сенсорными и ассоциативными областями, отсутствие циркадной динамики крупномасштабных сетей и ослабление связности сенсомоторной, визуальной и фронтопариетальной сетей с исполнительными и ассоциативными зонами. Полученные данные дополняют представления о патогенезе инсомнии и могут быть использованы для совершенствования диагностики и мониторинга терапии.

ВЫВОДЫ

1. Разработанный протокол комплексной МРТ с двукратой фМРТ покоя (утро/вечер) и анализом в CONN toolbox является эффективным инструментом выявления нарушений циркадной динамики связности восходящей ретикулярной формации с таламусом и корой, являющееся нейросетевым субстратом гиперактивации при хронической инсомнии ($p < 0,05$).

2. У пациентов с хронической инсомнией выявлен типичный симптомокомплекс нарушений засыпания и поддержания сна с дневными когнитивными расстройствами при отсутствии очаговой неврологической симптоматики и нормальном уровне дневной сонливости, что указывает на первично-функциональный характер расстройства. Полисомнографически подтверждено нарушение непрерывности сна (увеличение WASO и числа пробуждений у 93% пациентов основной группы) со снижением глубоких стадий NREM-3 и REM-сна, объективизирующее феномен физиологической гиперактивации. По данным воксельной МР-морфометрии значимых структурных изменений головного мозга не выявлено ($p > 0,05$ с поправкой Бонферрони), что подтверждает функциональную природу нарушений и обосновывает терапевтическую стратегию, направленную на восстановление непрерывности сна и коррекцию эмоциональной регуляции.

3. У пациентов с хронической инсомнией отсутствует физиологическое снижение глобальной связности к утру, при этом в утренние часы регистрируется усиление кросс-модальной коннективности между слуховыми, сенсомоторными и интегративными зонами коры с отделами зрительной системы ($p < 0,05$).

4. Выявленный паттерн аномальной гиперконнективности рассматривается как нейровизуализационный коррелят персистирующей церебральной гиперактивации (hyperarousal) и достоверно ассоциирован с ключевыми полисомнографическими показателями: увеличением времени бодрствования после засыпания (WASO, $r = 0,42$, $p < 0,01$), числом ночных пробуждений ($r = 0,38$, $p < 0,05$) и удлинением латентности сна ($r = 0,40$, $p < 0,01$).

5. Построен коннектом головного мозга при хронической инсомнии, определено ослабление связности сенсомоторной, визуальной и фронтопариетальной сетей с ассоциативными и исполнительными областями, что свидетельствует о нарушении сенсорного и когнитивного торможения ($p < 0,05$); совокупность выявленных маркеров может служить объективным нейровизуализационным критерием хронической инсомнии.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам с хронической инсомнией, подтвержденной клинически и по данным полисомнографии, рекомендовано выполнение комплексной МРТ головного мозга, включающей стандартные структурные последовательности и

функциональную МРТ покоя в двух временных точках (вечерней и утренней) для объективной оценки циркадной динамики функциональной коннективности.

2. В алгоритм неврологического обследования пациентов с хронической инсомнией целесообразно включать валидизированные клинические шкалы: индекс тяжести инсомнии (ISI), Питтсбургский индекс качества сна (PSQI), шкалу реактивности сна к стрессу (FIRST) и шкалу дневной сонливости Эпворта (ESS).

3. Полученные количественные показатели следует сопоставлять с данными нейровизуализации (фМРТ покоя), в частности с динамикой функциональной коннективности, что позволяет выявлять корреляты субъективных нарушений сна и церебральной гиперактивации, а также уточнять фенотип расстройства для персонализации терапии.

4. При интерпретации результатов фМРТ покоя у пациентов с хронической инсомнией рекомендуется учитывать объективные маркеры персистирующей церебральной гиперактивации: гиперконнективность слуховой и сенсомоторной коры со зрительной системой в утренние часы; отсутствие физиологического ночного снижения глобальной связности мозга; ослабление функциональной коннективности в сенсомоторной, зрительной и фронтопариетальной сетях.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшие перспективы разработки темы связаны с расширением выборки и включением в исследование пациентов с коморбидными формами нарушений сна (например, инсомния при синдроме обструктивного апноэ сна, синдроме беспокойных ног, циркадных расстройствах), что позволит оценить специфичность выявленных нейросетевых маркеров для различных клинических фенотипов.

Особый интерес представляет проспективное наблюдение за пациентами с хронической инсомнией, включающее анализ динамики коннектома на фоне различных видов терапии (когнитивно-поведенческая терапия инсомнии, хроно-терапия, фармакологическое лечение). Это позволит оценить возможность использования нейровизуализационных маркеров для прогнозирования ответа на лечение и мониторинга его эффективности.

Кроме того, перспективным направлением является изучение возрастных аспектов: включение пациентов старших возрастных групп (с учетом инволютивных изменений сна) и, напротив, подростково-юношеской популяции,

что даст возможность выявить возраст-специфичные паттерны сетевой дисфункции.

Наконец, разработка темы связана с внедрением в клиническую практику технологий больших данных, методов машинного обучения и алгоритмов искусственного интеллекта для построения прогностических моделей объективной диагностики, оценки риска хронизации и персонализированного подбора терапии.

Таким образом, результаты настоящего исследования хоть и являются окончательными, но нуждаются в подтверждении на более крупных и проспективных выборках с использованием повторных записей полисомнограмм и многократных фМР-исследованиях.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Методы лучевой диагностики нарушений сна у пациентов с острым ишемическим инсультом / **А.А. Боршевецкая**, Л.И. Трушина, А.Ю. Ефимцев [и др.] // **Трансляционная медицина.** – 2022. – Т. 9, № 6. – С. 44-58.
2. Боршевецкая, А.А. Возможности структурной и функциональной магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя в определении изменений функциональных связей головного мозга при нарушении засыпания и поддержания сна / А.А. Боршевецкая // Материалы конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – СПб., 2023. – С. 32.
3. Боршевецкая, А.А. Нейротехнология визуализации функциональных изменений головного мозга при нарушениях сна на основе проведения магнитно-резонансной томографии / А.А. Боршевецкая // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Учение академика И.П. Павлова в современной системе нейронаук». – 2024. – С. 125.
4. Боршевецкая, А.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике функциональных изменений головного мозга при хронической инсомнии / А.А. Боршевецкая // Актуальные проблемы лучевой диагностики: материалы Международной научно-практической конференции. – Курск, 2024. – С. 22.
5. Боршевецкая, А.А. Особенности функциональных связей головного мозга у пациентов с инсомнией: комплексная магнитно-резонансная томография / **А.А. Боршевецкая**, Ю.В. Свиряев, Г.Е. Труфанов // Материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения». – 2024. – Т. XVI, Специальный выпуск. – С. 210.

6. Функциональное исследование головного мозга на основе проведения магнитно-резонансной томографии у пациентов с ишемическими расстройствами / **А.А. Боршевецкая**, А.Ю. Ефимцев, Г.Е. Труфанов [и др.] // **Известия Российской Военно-медицинской академии.** – 2024. – Т. 43, № 3. – С. 261-268.

7. Нейрофизиологические особенности хронической инсомнии: результаты полисомнографии и функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга в покое / **А.А. Боршевецкая**, Г.Е. Труфанов, Ю.В. Свиричев [и др.] // **Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова.** – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 7-19.

8. Боршевецкая, А.А. Роль магнитно-резонансной томографии в изучении функциональной связности головного мозга у пациентов с хронической инсомнией / **А.А. Боршевецкая**, Ю.В. Свиричев, Г.Е. Труфанов // Материалы XXVI Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения». – 2025. – Т. XVII, Специальный выпуск. – С. 225.

9. Боршевецкая, А.А. Комплексная магнитно-резонансная томография: особенности коннектома у пациентов с инсомнией / **А.А. Боршевецкая**, Ю.В. Свиричев, Г.Е. Труфанов // Материалы XIX Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2025». – 2025. – С. 59.

10. Боршевецкая, А.А. Возможности комплексной магнитно-резонансной томографии в определении изменений функциональных связей головного мозга при нарушениях засыпания и поддержания сна / **А.А. Боршевецкая** // Материалы XVI Международного конгресса «Невский радиологический форум». – 2025. – С. 262.

11. Боршевецкая, А.А. Комплексное исследование хронической инсомнии с использованием полисомнографии и функциональной магнитно-резонансной томографии в состоянии покоя / **А.А. Боршевецкая**, Ю.В. Свиричев, Г.Е. Труфанов // Материалы конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – СПб., 2025. – С. 51.

12. Изменения межсетевой функциональной связности головного мозга у пациентов с хронической инсомнией / **А.А. Боршевецкая**, А.Г. Труфанов, Ю.В. Свиричев, О.В. Бодрова // **Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье.** – 2026. – Т. 16, № 2. – С. 203-211.

13. Боршевецкая, А.А. Изменение функциональной межсетевой связности головного мозга у пациентов с хронической инсомнией / И.А. Бондаренко, А.А.

Боршевецкая, А.Г. Труфанов, Ю.В. Свириев // Материалы XVII Международного конгресса «Невский радиологический форум». – 2026. – С. 121-122.

14. Боршевецкая, А.А. Особенности межсетевой функциональной связности при хронической инсомнии / А.А. Боршевецкая // Материалы XX Юбилейного Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2026». – М., 2026. – С. 60-61.

15. Регистр пациентов с хронической ишемией : **Свидетельство о гос. рег. базы данных № 2026622003** / А.А. Боршевецкая, Г.Е. Труфанов, Ю.В. Свириев [и др.]. Заявитель и правообладатель А.А. Боршевецкая, Г.Е. Труфанов, Ю.В. Свириев [и др.] - № 2026620722 / заявл. 03.03.2026; опубл. 06.05.2026, Бюл. № 5. – 1с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВИ – взвешенные изображения

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ИП – импульсная последовательность

МКРС-3 – Международная классификация расстройств сна, 3-е издание

МР– магнитно-резонансный (ая, ое, ые)

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПСГ – полисомнография

фМРТп – функциональная магнитно-резонансная томография в состоянии покоя

ЦНС – центральная нервная система

ЭЭГ – электроэнцефалография

BOLD «blood oxygenation level dependent» – импульсная последовательность, применяемая в функциональной МРТ, основанная на регистрации изменений магнитных свойств крови в зависимости от концентрации дезоксигенированного гемоглобина