

© Ступов И.К., 2025; © Гомзякова Н.А., 2025;
 © Лукина Л.В., 2025; © Ананьева Н.И., 2025;
 © Залузская Н.М., 2025

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
УДК/UDC 616.89-008.46-07
<https://doi.org/10.30629/2618-6667-2025-23-4-58-69>

Роль субполей гиппокампальной формации в нарушениях отдельных видов памяти у пациентов с умеренным когнитивным расстройством

Ступов И.К.^{1,2}, Гомзякова Н.А.¹, Лукина Л.В.¹, Ананьева Н.И.², Залузская Н.М.¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Автор для корреспонденции: Илья Константинович Ступов, symrak.spb@mail.ru

Резюме

Обоснование: исследования в области нейробиологии памяти позволяют расширить знания о клеточных и молекулярных механизмах запоминания информации. Фундаментальную роль в процессах памяти играет небольшая составная структура, расположенная в медиальных отделах височных долей — гиппокампальная формация (ГФ). В настоящее время роль конкретных отделов ГФ в различных видах памяти остается малоизученной. **Цель исследования:** изучить взаимосвязи между изменениями объема субполей ГФ, регионарной латерализацией атрофического процесса с нарушением различных видов памяти у пациентов с наиболее распространенными типами умеренных когнитивных расстройств (УКР): амнестическим (аУКР) и подкорковым сосудистым (псУКР). **Пациенты, группа сравнения и методы:** в исследовании принимали участие 60 амбулаторных пациентов с синдромом УКР, проходивших обследование на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева» МЗ РФ. 30 пациентов составили группу с аУКР (средний возраст $71,67 \pm 6,93$ года) и 30 пациентов — группу с псУКР (средний возраст $75,67 \pm 5,29$ года). В группу контроля включили 30 условно здоровых добровольцев (средний возраст $71,50 \pm 5,43$ года) без неврологической и психопатологической симптоматики, а также без грубых органических изменений при магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга. Для оценки мнестических функций применяли шкалу памяти Вексслера (WMS). МРТ головного мозга выполняли на томографе Atlas Excelart Vantage XGV (Toshiba, Япония) с индукцией магнитного поля 1,5 Тесла. Постпроцессинговую обработку выполняли с помощью программного обеспечения FreeSurfer 6.0 с получением объемов субполей ГФ. **Результаты:** в группе пациентов с аУКР показатели нарушения зрительной памяти коррелировали с уменьшением объемов CA1 и молекулярного слоя правой ГФ. При псУКР показатели нарушения вербальной ассоциативной памяти были связаны с уменьшением объемов субикюлюма и молекулярного слоя левой ГФ. **Выводы:** проведенное исследование показало, что особенности атрофии субполей ГФ играют уникальную роль в нарушении различных видов памяти у пациентов на додементной стадии. Полученные результаты показывают перспективность проведения дальнейших исследований в этой области для определения паттернов атрофии ГФ при различных нейродегенеративных заболеваниях и хронической ишемии головного мозга.

Ключевые слова: умеренное когнитивное расстройство, деменция, память, подкорковые сосудистые умеренные когнитивные расстройства, амнестические умеренные когнитивные расстройства, нейровизуализация, когнитивный дефицит, МРТ, воксель-базированная морфометрия, субполя гиппокампальной формации, гиппокамп

Источник финансирования: исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБУ «НМИЦ ПН им. В.М. Бехтерева» Минздрава России 2024–2026 гг. (XSOZ 2024 0014).

Для цитирования: Ступов И.К., Гомзякова Н.А., Лукина Л.В., Ананьева Н.И., Залузская Н.М. Роль субполей гиппокампальной формации в нарушениях отдельных видов памяти у пациентов с умеренным когнитивным расстройством. *Психиатрия*. 2025;23(4):58–69. <https://doi.org/10.30629/2618-6667-2025-23-4-58-69>

RESEARCH

УДК 616.89-008.46-07

<https://doi.org/10.30629/2618-6667-2025-23-4-58-69>

The Role of Subfields of the Hippocampal Formation in Certain Types of Memory Disorders in Patients with Mild Cognitive Impairment

Stupov I.K.^{1,2}, Gomzyakova N.A.¹, Lukina L.V.¹, Ananyeva N.I.², Zalutskaya N.M.¹

¹ FSBI “V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology”, St. Petersburg, Russia

² FSBI “V.A. Almazov National Medical Research Center”; St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Ilia K. Stupov, symrak.spb@mail.ru

Summary

Background: research in the field of neurobiology of memory allows us to expand the knowledge of the cellular and molecular mechanisms of information storage. A small composite structure located in the medial temporal lobes, the hippocampal formation (HF), plays a fundamental role in memory processes. Currently, the role of specific departments of the HF in various types of memory disorders is poorly understood. **The aim** was to study the relationships between changes in the volume of HF subfields, regional lateralization of the atrophic process with various types of memory disorders in patients with the most common types of mild cognitive impairment (MCI): amnestic (aMCI) and subcortical vascular (svMCI). **Patients, Control Group and Methods:** the study included 60 patients with MCI syndromes who were examined on the basis of the Federal State Budgetary Institution "V.M. Bekhterev National Medical Research Center of Psychiatry and Neurology" Ministry of Health of the Russian Federation: 30 patients were with the aMCI (mean age 71.67 ± 6.93) and 30 patients were with the svMCI (mean age 75.67 ± 5.29). The control group consisted of 30 conditionally healthy volunteers (mean age 71.50 ± 5.43) without neurological and psychopathological symptoms, as well as without gross organic changes during magnetic resonance imaging (MRI) of the brain. The Wechsler Memory Scale (WMS) was used to evaluate the indicators of various types of memory. The scan was performed on Excelart Vantage Atlas XGV MR scanner (Toshiba, Japan) with 1.5 Tesla magnetic field induction. Postprocessing was performed using the FreeSurfer 6.0 software to obtain the volumes of the HF subfields. **Results:** indicators of visual memory impairment in patients with aMCI were associated with a decrease in the volumes of the CA1 and molecular layer of the right HF. Indicators of impaired verbal associative memory in patients with svMCI correlated with a decrease in the volumes of the subiculum and molecular layer of the left HF. **Conclusions:** the study showed that the features of atrophy of the subfields of the hippocampal formation play a unique role in impaired various types of memory in patients with predementia state. The obtained results show the prospects for further research in this area to determine the patterns of HF atrophy in various neurodegenerative diseases and chronic cerebral ischemia.

Keywords: mild cognitive impairment, dementia, memory, subcortical vascular mild cognitive impairment, amnestic mild cognitive impairment, neuroimaging, cognitive deficit, MRI, voxel-based morphometry, hippocampal subfields, hippocampus

Funding: the study was carried out within the framework of the state assignment of the FSBI "V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology" 2024–2026 (XSOZ 2024 0014).

For citation: Stulov I.K., Gomzyakova N.A., Lukina L.V., Ananyeva N.I., Zalutskaya N.M. The Role of Subfields of the Hippocampal Formation in Certain Types of Memory Disorders in Patients with Mild Cognitive Impairment. *Psychiatry (Moscow) (Psichiatriya)*. 2025;23(4):58–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.30629/2618-6667-2025-23-4-58-69>

ВВЕДЕНИЕ

Память занимает особое место среди высших психических функций человека и представляет собой сложный психофизиологический процесс, включающий в себя кодирование, сохранение, извлечение и забывание информации различных модальностей. Благодаря этим процессам человек способен накапливать и использовать свой опыт, а также связывать воедино прошлое, настоящее и будущее. Память является основой для поддержания единства и целостности личности. Фундаментальную роль в мнестических процессах играет небольшая составная структура, расположенная в медиальных отделах височных долей — гиппокампальная формация (ГФ).

ГФ состоит из ряда субполей, которые отличаются как по своему цитоархитектоническому строению, так и по функциональной значимости: собственно гиппокампа, или аммонова рога, зубчатой извилины и субикулярного комплекса. В собственно гиппокампе выделяют четыре сектора (CA1–CA4). К субикулярному комплексу относят субикулюм, пресубикулюм, парасубикулюм и просубикулюм. Иногда к ГФ относят энторинальную кору, которая является основным звеном между гиппокампом и неокортиком [1]. Принято считать, что основные функции ГФ — перевод информации из кратковременной памяти в долговременную (консолидация памяти), а также формирование эмоций и принятие решений. Учитывая особенности строения ГФ и наличие сложно устроенных нейронных связей внутри нее и с другими структурами лимбической системы, нерационально рассматривать ГФ как единую структуру, и можно предполагать избирательный вклад

отдельных субполей в обработку различных видов памяти [2].

Применение более точных методов измерения объемов субполей ГФ позволяет *in vivo* обнаруживать корреляции нейроанатомических изменений с нарушениями различных психических процессов и видов памяти. Предполагается, что CA2, CA3 и зубчатая извилина являются входными структурами, отвечающими за кодирование, в то время как CA1 и субикулюм — выходные структуры, специализирующиеся преимущественно на извлечении информации [3–5]. Зубчатая извилина имеет решающее значение для различия новой информации от похожей знакомой, а также для разделения и завершения информационных паттернов [6]. Это связано с низкой возбудимостью гранулярных клеток зубчатой извилины, что позволяет ограничивать активность пирамидных нейронов CA3, а также с редкими синаптическими связями между мишистыми волокнами и пирамидными нейронами, обладающими уникальной пластичностью [7]. Благодаря синаптической пластичности CA3 позволяет быстро кодировать информацию. Субикулюм считается основным выходным образованием гиппокампа с проекциями на несколько корковых и подкорковых областей, таких как префронтальная и энторинальная кора, миндалевидное тело, прилежащее ядро и гипоталамус, получая входные данные в основном от CA1 и энторинальной коры [8]. Наличие этих связей объясняет преимущественную роль субикулюма в извлечении информации из памяти, а не в ее кодировании [5].

Большинство ранее проведенных исследований основаны на изучении связи показателей нейропсихологических тестов с общими объемами правого и левого

гиппокампов, полученными с помощью МРТ [9]. Часть исследователей отдельно изучали связи с субрегионами гиппокампа — головкой, телом и хвостом [10]. Таким образом, в предыдущих работах не была учтена анатомическая и функциональная неоднородность ГФ.

В последние годы благодаря стремительному развитию нейровизуализации появилась возможность с высокой точностью оценивать изменения определенных субполей ГФ с помощью автоматизированного программного обеспечения [11]. Однако роль конкретных субполей ГФ, а также латеральная специализация ГФ в реализации мnestических процессов остаются малоизученными и неоднозначными. Кроме того, существуют лишь единичные публикации о связях атрофических изменений субполей ГФ с нарушением памяти у пациентов с умеренными когнитивными расстройствами (УКР) различного генеза.

Для целого ряда заболеваний, в первую очередь, нейродегенеративного генеза нарушения памяти являются ключевым симптомом, приводя по мере прогрессирования к потере самостоятельности и инвалидизации пациентов. Атрофия ГФ, один из наиболее изученных нейровизуализационных биомаркеров болезни Альцгеймера (БА), обуславливает нарушения мnestических функций у данной категории пациентов, в том числе на стадии УКР. Тем не менее, атрофические изменения ГФ встречаются и при других нейродегенеративных заболеваниях (лобно-височная деменция, деменция с тельцами Леви и др.), а также при церебральной болезни малых сосудов (ЦБМС) [12]. Понимание патогенетических механизмов, лежащих в основе нарушений памяти при различных нозологических формах, позволяет выполнять раннюю диагностику и своевременно проводить необходимые лекарственные и нелекарственные интервенции.

Цель настоящего исследования — изучить связи между изменениями объема субполей ГФ и регионарной латерализации атрофического процесса с нарушением различных видов памяти у пациентов с наиболее распространенными типами УКР: амнестическим и подкорковым сосудистым.

ПАЦИЕНТЫ, ГРУППА СРАВНЕНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в рентгеновском отделении и отделении гериатрической психиатрии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева» МЗ РФ. В исследование включены 60 пациентов с синдромом УКР, в том числе 30 человек с аУКР (средний возраст $71,67 \pm 6,93$ года), 30 человек с псУКР (средний возраст $75,67 \pm 5,29$). Контрольную группу составили 30 условно здоровых лиц без когнитивных жалоб (средний возраст $71,50 \pm 5,43$).

Критерии включения: установленный синдром УКР по данным клинико-нейропсихологического обследования (F06.7); возраст 60–85 лет; праворукость.

Критерии исключения: показатели по шкале оценки психического статуса (*Mini Mental State Examination, MMSE*) менее 24 баллов, депрессивные симптомы с оценкой по шкале депрессии Бека более 20 баллов, обусловленность когнитивных нарушений эпилепсией, алкогольной или наркотической интоксикацией, эндокринными заболеваниями в стадии декомпенсации, инфекционными заболеваниями, черепно-мозговыми травмами, тяжелая афазия, зрительные нарушения и двигательные расстройства, не позволяющие адекватно оценить провести клиническую оценку и нейропсихологическое тестирование, наличие ферромагнитных материалов в организме, выявленное при нейровизуализации: внутричерепные образования, гидроцефалия, последствия инфарктов в бассейне крупной артерии, а также в стратегических зонах.

Этические аспекты

Проведение исследования соответствовало положениям Хельсинской декларации 1964 г., пересмотренной в 1975–2024 гг., и одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ПН им. В.М. Бехтерева» МЗ РФ (протокол №3 от 18.03.2021 г.) Все участники дали письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных.

Ethic aspects

The conduct of the study was in accordance with the provisions of the Declaration of Helsinki 1964 as revised in 1975–2024 and approved by the Local Ethical Committee of the FSBI "V.M. Bekhterev NMRC for PN" of the Ministry of Health of the Russian Federation (protocol No. 3 from 18.03.2021). All participants gave written voluntary informed consent to participate in the study and process personal data.

Для диагностики синдрома УКР использовались критерии R. Petersen и соавт. [13]. Из пациентов с УКР с учетом клинико-нейропсихологического профиля и данных нейровизуализации сформированы две группы: с аУКР и с псУКР. Разделение на группы основано на гипотезе, что большая часть пациентов с аУКР переходят в БА, а пациенты с псУКР — в подкорковую сосудистую деменцию. В целом псУКР представляет собой дисрегуляторный тип УКР, связанный с ЦБМС (термин «церебральная болезнь малых сосудов» все чаще используется в зарубежной литературе). В отечественной литературе для обозначения данного состояния обычно применяются термины «дисциркуляторная энцефалопатия», «хроническая ишемия мозга», «субкортикальная артериосклеротическая энцефалопатия», которые при этом не отражают тяжесть когнитивных нарушений.

Пациенты включены в группу аУКР при соответствии критериям Национального института старения и Ассоциации болезни Альцгеймера (*The National Institute on Aging and the Alzheimer's Association*) 2011 г. [14] и отсутствии актуальной патологии в картине МРТ головного мозга (допускались единичные сосудистые очаги — 1 степень по Fazekas). Клинико-нейропсихологический

профиль пациентов с аУКР характеризовался прогрессирующим ухудшением мnestических функций при относительной сохранности остальных когнитивных функций.

Пациенты с дизрегуляторным типом УКР и наличием нейровизуализационных признаков ЦБМС с учетом стандартов STRIVE (*STAndards for ReportIng Vascular changes on nEuroimaging*) отнесены к группе псУКР. Дизрегуляторный тип УКР характеризуется дисфункцией лобных долей и является наиболее типичным вариантом для пациентов с ЦБМС [14]. В числе проблем, с которыми сталкивались пациенты этой группы, можно выделить сложности в решении задач, требующих планирования, а также трудности в осуществлении сложных и многоступенчатых действий и мышлении.

Группу контроля составили условно здоровые добровольцы без когнитивных жалоб, не имеющие в анамнезе неврологических или психических расстройств, а также клинически значимой патологии при нейровизуализации головного мозга.

Всем исследуемым проведено неврологическое и патопсихологическое обследование. Нейропсихологическое тестирование выполняли совместно психиатр, невролог и нейропсихолог.

Исследование мnestической деятельности проводили с помощью шкалы памяти Векслера (WMS), позволяющей количественно оценить отдельные мnestические функции и разные модальности памяти. Данная шкала состоит из 7 субтестов: I — Личные и общественные данные, II — Ориентировка, III — Психический контроль, IV — Логическая память, V — Цифры (прямой и обратный порядок воспроизведения цифр), VI — Зрительная ретенция, VII — Парные ассоциации, что позволяет количественно оценить отдельные мnestические функции и разные модальности памяти. Уровень внимания изучался на основании показателей субтеста «Психический контроль». Кратковременная и оперативная виды памяти изучались с использованием показателей субтеста «Цифры». Вербальная память (словесно-логическая, простая и сложная ассоциативная) исследовалась с помощью субтестов: «Логическая память», «Парные ассоциации (простые и сложные ассоциативные пары)». Визуальная память (образная, зрительно-пространственная) — с помощью субтеста «Зрительная ретенция».

Для уточнения различий между группами по уровню образования использовали следующие оценки: 1 балл — не учился; 2 балла — начальное образование; 3 балла — среднее образование; 4 балла — среднее специальное образование; 5 баллов — неоконченное высшее образование; 6 баллов — высшее образование, 7 баллов — наличие ученой степени.

Всем участникам исследования проводили МРТ головного мозга на МР сканере Excelart Vantage Atlas XGV (Toshiba, Япония) с индукцией магнитного поля 1,5 Тесла. Применялся стандартный протокол для обследования головного мозга, дополненный импульсной последовательностью T1 3D-MPRAGE с вокселям

$1 \times 1 \times 1$ мм, необходимой для воксель-базированной морфометрии. Постпроцессинговую обработку выполняли с использованием программного обеспечения FreeSurfer 6.0 (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/>), позволяющего получать показатели объемов 12 субполей ГФ в мм^3 : секторов аммонова рога (CA1, CA3, CA4), зубчатой извилины (гранулярные клетки и молекулярный слой (англ. — *Granule Cell and Molecular Layer of the Dentate Gyrus*, GC-ML-DG), субикулюма, пресубикулюма, парасубикулюма, молекулярного слоя гиппокампа, гиппокампальной борозды, фимбрии и хвоста гиппокампа, а также области перехода гиппокампа в миндалевидное тело (ОПГМ) (англ. — *Hippocampus-Amygdala Transition Area*, HATA). Полученные при сегментации субполя ГФ наглядно представлены на рис. 1.

Выявленные различия количественных показателей субполей ГФ между группами аУКР, псУКР и контроля подробно описаны в нашей предыдущей статье [11].

Статистический анализ

Статистический анализ проводили на основе данных, которые конвертировали из базы в Microsoft Excel в статистический пакет IBM SPSS Statistics 20. Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) использован для сравнения средних в трех группах с последующим применением множественного сравнения по критерию Тьюки (Tukey Test) при однородности дисперсий и по критерию Тамхейна (Tamhain's criterion) в противном случае. Однородность дисперсий оценивали по критерию Ливена (Levene's test). Для оценки гендерных различий в трех группах использован критерий хи-квадрат (χ^2). Для анализа связи применяли частный корреляционный анализ с учетом показателей возраста и уровня образования с последующим применением поправки Холма (Holm method) на множественное тестирование.

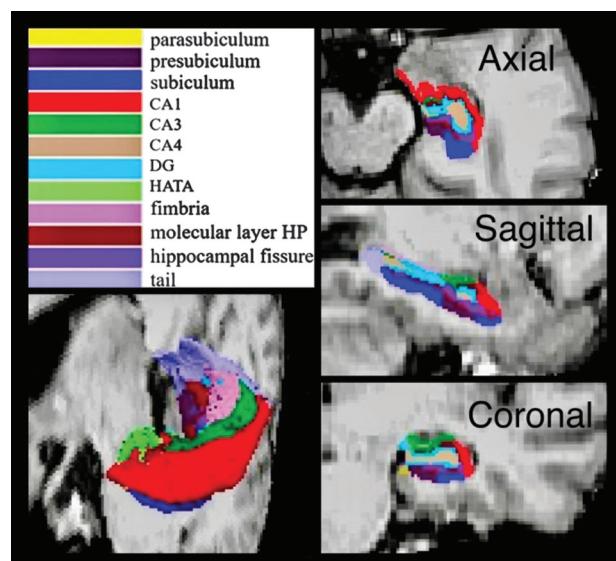


Рис. 1. Сегментация субполей гиппокампальной формации (FreeSurfer 6.0)

Fig. 1 Segmentation of the subfields of the hippocampal formation (FreeSurfer 6.0)

Таблица 1. Характеристика обследуемых групп по возрасту, полу, MMSE
Table 1 Characteristics of the surveyed groups by age, gender, MMSE

| Показатели/Parameters | Обследуемые группы/Examined groups | | | p-value |
|---|------------------------------------|--------------|------------------|---|
| | аУКР/аMCI | псУКР/svMCI | контроль/control | |
| Число участников в группе/Number of participants in the group | 30 | 30 | 30 | |
| Возраст (лет)/Age (years) | 71,67 ± 6,93 | 75,67 ± 5,29 | 71,50 ± 5,43 | < 0,05 ^{a,c} |
| Пол (м/ж)/Gender (m/f) | 9/21 | 9/21 | 14/16 | 0,3 |
| MMSE (баллы)/MMSE (scores) | 25,73 ± 1,05 | 26,77 ± 0,92 | 28,87 ± 0,65 | < 0,01 ^a < 0,001 ^{b,c} |

Примечания: статистически значимые различия: а — между псУКР и аУКР, б — между аУКР и контролем, с — между псУКР и контролем
Note: significant differences: a — between svMCI and aMCI, b — between aMCI and control, c — between svMCI and control

Таблица 2. Характеристика обследуемых групп по уровню образования

Table 2 Characteristics of the surveyed groups by level of education

| | Обследуемые группы/Surveyed groups | | | p-value |
|--|------------------------------------|-------------|------------------|---------|
| | аУКР/аMCI | псУКР/svMCI | контроль/control | |
| Уровень образования (баллы)/Level of education (points) Me[LQ;UQ] | 5[4;6] | 6[4;6] | 6[4;6] | 0,23 |

Полученные объемы субполей ГФ были предварительно скорректированы к внутричерепному объему (ВЧО) с помощью анализа регрессионных остатков по формуле: $Vol_{\text{корр}} = Vol_{\text{исх}} - \beta (BVO_{\text{исх}} - BVO_{\text{сред}})$, в котором $Vol_{\text{корр}}$ — скорректированный объем субполя ГФ пациента, $Vol_{\text{исх}}$ — исходный объем субполя ГФ пациента, β — наклон линейной регрессии, $BVO_{\text{исх}}$ — исходный внутричерепной объем пациента, $BVO_{\text{сред}}$ — средний внутричерепной объем всех пациентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Демографические данные, показатели уровня образования и MMSE в группах аУКР, псУКР и контроля представлены в табл. 1, 2.

Из табл. 1 следует, что средний возраст пациентов в группе псУКР был статистически значимо выше, чем в группах аУКР и контроля. Статистически значимых различий по среднему возрасту между группами аУКР и контроля не обнаружено. Тем не менее, несмотря на более молодой возраст пациентов в группе аУКР, чем в группе псУКР, пациенты с амнестическим типом УКР имели более низкие статистически значимые показатели по MMSE, что может быть обусловлено особенностями манифестиации нейродегенеративных заболеваний.

Из табл. 2 следует, что статистически значимых различий по уровню образования между тремя группами выявлено не было.

Результаты нейropsихологического обследования памяти пациентов по шкале Вексслера (WM) представлены в табл. 3.

Как следует из табл. 4, в группе аУКР обнаружены статистически значимо более низкие показатели логической, зрительной и ассоциативной памяти по сравнению с группой контроля. В группе псУКР выявлены статистически значимые более низкие показатели логической, оперативной и ассоциативной памяти

по сравнению с группой контроля. Для исследования в группе аУКР применяли практически все субтесты WMS за исключением субтеста «Цифры» (включая компоненты Va и Vb). В группе псУКР для исследования выбраны субтесты «Ориентировка», «Логическая память», «Цифры», «Объем оперативной памяти», «Парные ассоциации» (включая компоненты VIIa и VIIb).

Для корреляционного анализа были отобраны субполя ГФ, показатели которых были статистически значимо снижены по сравнению с группой контроля: в группе псУКР — субикулюма, пресубикулюма, молекулярного слоя, зубчатой извилины, CA4, ОПГМ левой ГФ и пресубикулюма правой ГФ, в группе аУКР — субполя обеих ГФ, за исключением левого парасубикулюма [11].

При частном корреляционном анализе в группе псУКР с учетом показателей возраста и уровня образования обнаружены статистически значимые положительные взаимосвязи между показателями субтеста «Парные ассоциации простые» WMS с объемами субполей левой ГФ: субикулюма ($r = 0,39; p < 0,002$), молекулярного слоя ($r = 0,37; p < 0,002$), графически представленные на рис. 2.

При частном корреляционном анализе в группе аУКР с учетом показателей возраста и уровня образования выявлены статистически значимые положительные взаимосвязи между показателями субтеста «Зрительная ретенция» WMS с объемами субполей правой ГФ: CA1 ($r = 0,37; p < 0,002$) и молекулярного слоя ($r = 0,38; p < 0,002$), графически представленные на рис. 3.

Статистически значимых корреляций между объемами субполей ГФ и показателями других субтестов WMS выявлено не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

В представленном исследовании впервые обнаружены взаимосвязи между изменениями объемов

Таблица 3. Сравнение групп по средним показателям нейропсихологического обследования пациентов по шкале памяти Вексслера (баллы)

Table 3 Comparison of groups by mean scores of neuropsychological examination of patients on the Wechsler Memory scale (scores)

| Шкала памяти Вексслера (субтесты)/ Wechsler Memory Scale (subtests) | Обследуемые группы/Surveyed groups | | | p-value |
|---|------------------------------------|----------------|------------------|--|
| | аУКР/aMCI | псУКР/svMCI | контроль/control | |
| I. Осведомленность в личных и общественных данных/Personal and Current Information | 5,47 ± 0,68 | 5,93 ± 0,12 | 6,00 ± 0,11 | < 0,01 ^{a,b} |
| II. Ориентировка/Orientation | 4,33 ± 0,71 | 4,50 ± 0,70 | 5,00 ± 0,12 | < 0,01 ^b < 0,05 ^c |
| III. Психический контроль/Mental control | 3,57 ± 1,72 | 4,47 ± 1,37 | 5,20 ± 1,17 | < 0,01 ^b |
| IV. Логическая память/Logical memory | 3,52 ± 1,78 | 6,50 ± 2,37 | 10,10 ± 2,32 | < 0,001 ^{a,b,c} |
| V. Цифры/Digits | 10,13 ± 1,46 | 9,50 ± 1,57 | 11,03 ± 1,18 | < 0,01 ^c |
| Va. Объем кратковременной памяти (прямой порядок воспроизведения цифр)/Short-term Memory capacity (direct order digitisation) | 5,63 ± 0,80 | 5,67 ± 0,96 | 6,17 ± 0,71 | — |
| Vb. Объем оперативной памяти (обратный порядок воспроизведения цифр)/Working Memory capacity (reverse order digitisation) | 4,50 ± 0,77 | 4,13 ± 0,81 | 4,87 ± 0,73 | < 0,01 ^c |
| VI. Зрительная ретенция/Visual retention | 5,87 ± 2,14 | 7,37 ± 2,52 | 7,80 ± 2,85 | < 0,05 ^b |
| VII. Парные ассоциации (ассоциативная память)/Paired associations (associative memory) | 9,23 ± 2,42 | 11,37 ± 3,30 | 15,43 ± 2,53 | < 0,001 ^{b,c} < 0,05 ^a |
| VIIa. Парные ассоциации простые/Paired Associations Easy | 7,32 ± 1,32 | 7,83 ± 1,13 | 8,43 ± 0,76 | < 0,05 ^b |
| VIIb. Парные ассоциации сложные/Paired Associations Hard | 1,92 ± 1,55 | 3,57 ± 2,51 | 7,00 ± 2,13 | < 0,001 ^b < 0,01 ^c < 0,05 ^a |
| Эквивалентный интеллектуальный показатель памяти/Equivalent to intelligence index memories | 95,60 ± 9,99 | 110,23 ± 12,08 | 124,93 ± 10,85 | < 0,001 ^{a,b,c} |

Примечания: статистически значимые различия: а — между аУКР и псУКР, б — между аУКР и контролем, с — между псУКР и контролем
Notes: significant differences: a — between aMCI and svMCI, b — between aMCI and control, c — between svMCI and control

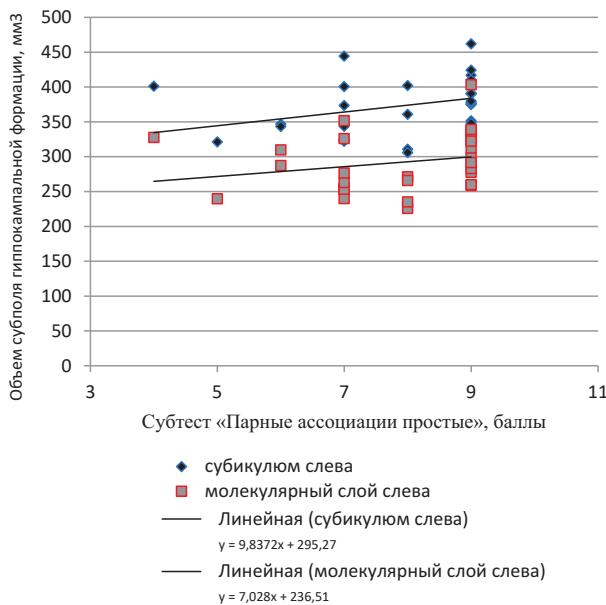


Рис. 2. Взаимосвязь показателей субтеста «Парные ассоциации простые» с объемами субполей левой ГФ в группе псУКР

Fig. 2 Correlation between the “Paired Associations Easy” subtest scores and volumes of subfields of the left hippocampal formation in the svMCI group

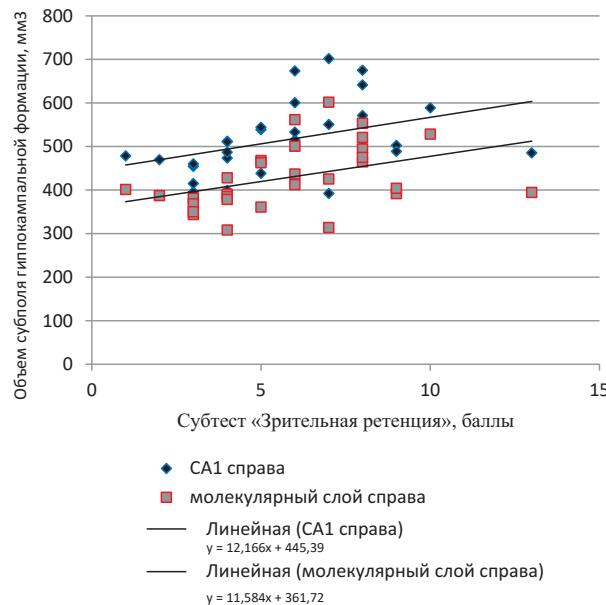


Рис. 3. Взаимосвязь показателей субтеста «Зрительная ретенция» с объемами субполей правой гиппокампальной формации в группе аУКР

Fig. 3 Correlation between the scores of the “Visual Retention” subtest and volumes of subfields of the right hippocampal formation in the aMCI group

субполей правой и левой ГФ с нарушениями зрительной и ассоциативной вербальной памяти у пациентов с УКР различного генеза.

Полагают, что память, как и некоторые другие психические функции, имеет межполушарную асимметрию. В ряде исследований были выявлены взаимосвязи нарушения вербальной памяти с уменьшением объемов левого гиппокампа, а нарушения невербальной памяти (зрительной, пространственной) с уменьшением объемов правого гиппокампа [16, 17]. Так, в экспериментальной работе А.В. Вартанова показано, что левый гиппокамп преимущественно участвует в процессах обработки вербальной информации и в регуляции процесса запоминания, а правый гиппокамп связан с активационными и нейродинамическими параметрами памяти у здоровых пожилых людей [9]. Аналогичные результаты получены Р.М. Aslaksen и соавт. в отношении связи объемов левого гиппокампа с показателями вербальной памяти, оцененной с помощью Калифорнийского теста верbalного обучения (CVLT II) [18].

В исследовании R.S. Hurley и соавт. были продемонстрированы особенности нарушений мnestической деятельности у пациентов с болезнью Альцгеймера (БА), правым и левым вариантом лобно-височной долевой дегенерации (ЛВДД) [19]. Правый вариант ЛВДД характеризовался атрофическими изменениями правого гиппокампа, а левый вариант — атрофическими изменениями левого гиппокампа. У пациентов с правым вариантом ЛВДД преобладали нарушения зрительной памяти, а у пациентов с левым вариантом — нарушения вербальной памяти. Пациенты с БА на стадии амнестических УКР, имеющие симметричные изменения в гиппокампах, демонстрировали примерно одинаковые результаты в тестах на вербальную и зрительную память.

В исследовании V.H. Hackert и соавт. выявлены положительные корреляции показателей в тесте на заучивание 15 слов, который включал задания на немедленное и отсроченное воспроизведение, с объемами головок обоих гиппокампов, но не с другими субрегионами [10]. Напротив, по данным ряда исследований, показатели тестов на зрительно-пространственные функции положительно связаны с объемами задних отделов гиппокампов, в том числе хвоста. J. Peter и соавт. обнаружили меньшее количество ошибок в тесте на прохождение реального маршрута у пациентов с УКР с большими объемами хвоста правого гиппокампа [20]. В другом исследовании у ослепших людей по сравнению с контрольной группой зрячих определялись меньшие объемы задних отделов правого гиппокампа, что предполагает участие этой области в зрительной памяти [21].

Проведенное нами исследование подтверждает представления об участии правой ГФ в функционировании зрительной памяти, а левой ГФ — в реализации вербальной ассоциативной памяти. Тем не менее данные результаты были получены для разных типов УКР по отдельности.

Несмотря на множество работ, посвященных изучению роли ГФ в различных видах памяти, до настоящего времени не установлены функциональная специфичность и латерализация каждого конкретного субполя. Кроме того, отсутствуют данные о том, какие субполя ГФ в первую очередь подвергаются атрофическому процессу при различных нейродегенерациях и есть ли какая-то специфичность этого процесса для конкретных нозологических форм.

В ряде исследований сообщается, что нарушение зрительной памяти является ключевым маркером целостности ГФ и может иметь диагностическую ценность на разных стадиях БА [22, 23]. В исследовании Y. Huang и соавт. были выявлены положительные взаимосвязи показателей зрительной памяти с объемами субикулюма, CA1, молекулярного слоя и зубчатой извилины у пациентов с аУКР [23]. Аналогичные взаимосвязи показателей зрительной памяти для субикулюма и CA1 также были обнаружены A.R. Zammit и соавт. [3]. Однако использование суммарных объемов субполей правой и левой ГФ в описанных исследованиях не позволяет оценить латерализацию вклада субполей ГФ в реализации мnestической деятельности.

В настоящем исследовании в группе аУКР наблюдалась статистически значимые положительные взаимосвязи показателей зрительной памяти с объемами CA1 и молекулярного слоя правой ГФ. Эти данные позволяют говорить о возможном влиянии атрофических изменений описанных субполей правой ГФ на нарушение зрительной памяти у пациентов с аУКР. Таким образом, изменения в этих субполях могут рассматриваться в дальнейшем как кандидаты в биомаркеры раннего выявления БА. Полученные данные также могут указывать на наличие правосторонней латерализации зрительной памяти. Ранее о правосторонней латерализации зрительной памяти сообщалось в работах авторов [17, 24, 25]. Тем не менее в других исследованиях таких взаимосвязей обнаружено не было, что может объясняться методологическими особенностями, небольшими размерами выборок, различием обследуемых групп [9].

В некоторых работах описано участие ГФ в процессах обработки ассоциативной памяти, в том числе вербальной информации [26–28]. Однако специфический вклад конкретных субполей ГФ в формировании ассоциативной вербальной памяти остается неоднозначным [29, 30].

В проведенном исследовании в группе псУКР обнаружены статистически значимые положительные взаимосвязи показателей субтеста «Парные ассоциации простые» WMS с объемами субикулюма и молекулярного слоя левой ГФ. Таким образом, атрофия субполей левой ГФ может быть связана с нарушением вербальной ассоциативной памяти у пациентов с синдромом псУКР.

W. Zhao и соавт. исследовали нарушения вербальной памяти с помощью теста на слуховое вербальное обучение (*Auditory-Verbal Learning Test, AVLТ*) у пациентов с субъективными когнитивными расстройствами,

аУКР и деменцией при БА. Наиболее сильные взаимосвязи были обнаружены между объемами левого субикулюма и показателями теста AVLT для всех трех групп [31]. Взаимосвязи объема левого субикулюма с показателями вербальной памяти были также отмечены и в ряде других работ [32, 33]. В некоторых исследованиях показана роль CA1, CA2/3, CA4 и зубчатой извилины в реализации ассоциативной памяти как у здоровых лиц, так и у пациентов с когнитивным дефицитом [2, 26–28, 34]. Однако в настоящем исследовании статистически значимых корреляций между объемами описанных субполей и показателями вербальной ассоциативной памяти в обеих группах УКР выявлено не было. Этому могут служить ограничения использования WMS. Предполагается, что при запоминании ассоциативных пар данной шкалы может быть задействована зрительная память в форме представления визуальных образов, запоминаемых пар [35, 36].

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно говорить о дифференцированном вкладе субполей ГФ в формирование разных видов мnestической деятельности, что требует дальнейшего изучения.

Ограничения исследования

Хотя полученные в работе результаты предполагают наличие корреляций между нейроанатомическими изменениями и нарушением памяти, необходимо учитывать несколько ограничений. Во-первых, следует проявлять осторожность при интерпретации корреляционных связей, так как они не подразумевают причинно-следственные отношения. Во-вторых, несмотря на ключевую роль ГФ в формировании памяти, она реализуется за счет сложного взаимодействия различных подкорковых структур и неокортекса. Таким образом, изменения в других отделах мозга также могут приводить к нарушению мnestической функции. В-третьих, установленные взаимосвязи обнаружены для аУКР и псУКР отдельно, что вероятно обусловлено спецификой структурных изменений в головном мозге. Определенное влияние на полученные результаты может оказывать устойчивость конкретных когнитивных функций к патологии головного мозга нейродегенеративного и сосудистого характера на ранних стадиях (когнитивный резерв).

Тем не менее, с учетом имеющихся ограничений, выполненное исследование дает ценную информацию для понимания связи структурных изменений ГФ с особенностями нарушения мnestической функции при УКР различного генеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном исследовании впервые в отечественной науке изучены взаимосвязи объемных изменений субполей ГФ с показателями различных видов памяти. Показана роль атрофических изменений субполей ГФ в нарушениях мnestической деятельности у пациентов с УКР различного генеза.

Нарушения зрительной памяти у пациентов с аУКР оказались связаны с атрофией субполей правой ГФ, а нарушения вербальной ассоциативной памяти у пациентов с псУКР — с атрофией субполей левой ГФ. Таким образом, регионарная уязвимость ГФ при нейродегенеративных заболеваниях и хронической ишемии мозга обуславливает специфику нарушений когнитивных функций.

Понимание взаимосвязи между когнитивными нарушениями и структурными изменениями субполей ГФ позволит выявлять биомаркеры и определять паттерны атрофических изменений при различных нейродегенеративных заболеваниях, что может повысить точность дифференциальной диагностики между различными нозологиями на самых ранних стадиях. Необходимы дальнейшие исследования с использованием современных методов структурной и функциональной нейропропозиции, чувствительных нейропсихологических тестов для понимания механизмов нарушения памяти различного генеза и при нормальном старении, а также в аспекте нейропластичности при медикаментозных и немедикаментозных вариантах терапии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

- Schultz C, Engelhardt M. Anatomy of the hippocampal formation. *Front Neurol Neurosci.* 2014;34:6–17. doi: 10.1159/000360925 PMID: 24777126
- Mueller SG, Chao LL, Berman B, Weiner MW. Evidence for functional specialization of hippocampal subfields detected by MR subfield volumetry on high resolution images at 4 T. *Neuroimage.* 2011;56(3):851–7. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.03.028 PMID: 21419225.
- Zammit AR, Ezzati A, Zimmerman ME, Lipton RB, Lipton ML, Katz MJ. Roles of hippocampal subfields in verbal and visual episodic memory. *Behav Brain Res.* 2017;317:157–162. doi: 10.1016/j.bbr.2016.09.038 PMID: 27646772.
- Suthana NA, Parikhshak NN, Ekstrom AD, Ison MJ, Knowlton BJ, Bookheimer SY, Fried I. Specific responses of human hippocampal neurons are associated with better memory. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2015;112(33):10503–8. doi: 10.1073/pnas.1423036112 PMID: 26240357.
- Zeineh MM, Engel SA, Thompson PM, Bookheimer SY. Dynamics of the hippocampus during encoding and retrieval of face-name pairs. *Science.* 2003;299(5606):577–80. doi: 10.1126/science.1077775 PMID: 12543980.
- Morris AM, Churchwell JC, Kesner RP, Gilbert PE. Selective lesions of the dentate gyrus produce disruptions in place learning for adjacent spatial locations. *Neurobiol Learn Mem.* 2012;97(3):326–31. doi: 10.1016/j.nlm.2012.02.005 PMID: 22390856.
- Кичигина ВФ, Шубина ЛВ, Попова ИЮ. Роль зубчатой извилины в осуществлении функций гиппокампа: здоровый мозг. *Журнал высшей нервной*

- деятельности им. И.П. Павлова. 2022;72(3):317–342. doi: 10.1007/s11055-023-01372-1
- Kichigina VF, Shubina LV, Popova IYu. The role of the dentate gyrus in implementation of the hippocampal functions: healthy brain. *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity* 2022;72(3):317–342. (In Russ.). doi: 10.1007/s11055-023-01372-1
8. O'Mara SM, Commins S, Anderson M, Gigg J. The subiculum: a review of form, physiology and function. *Prog Neurobiol.* 2001;64(2):129–155. doi: 10.1016/s0301-0082(00)00054-x
 9. Вартанов АВ, Козловский СА, Скворцова ВБ, Соzinova ЕВ, Пирогов ЮА, Анисимов НВ, Куприянов ДА. Память человека и анатомические особенности гиппокампа. *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология.* 2009;4:3–16. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_13558365_63481118.pdf
 10. Vartanov AV, Kozlovsky SA, Skvortsova VB, Sozina-va EV, Pirogov YuA, Anisimov NV, Kupriyanov DA. Human memory and anatomical features of the hippocampus. *Bulletin of Moscow University. Episode 14. Psychology.* 2009;4:3–16. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_13558365_63481118.pdf
 11. Столов ИК, Ананьева НИ, Лукина ЛВ, Залуцкая НМ, Гомзыкова НА, Вукс АЯ. Метод дифференциальной диагностики умеренных когнитивных расстройств различного генеза: кросс-секционное исследование. *Лучевая диагностика и терапия.* 2023;14(2):64–73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54115596>
 12. Столов ИК, Ананьева НИ, Лукина ЛВ, Залуцкая НМ. Роль МР-морфометрии субполей гиппокампа в диагностике умеренных когнитивных расстройств различного генеза. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Полено-ва.* 2022;14(2):153–159. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49192522>
 13. Petersen R, Touchon J. Consensus on mild cognitive impairment: EADC-ADCS. *Research and Practice in Alzheimer's disease.* 2005;10:38–46.
 14. Albert MS, DeKosky ST, Dickson D, Dubois B, Feldman HH, Fox NC, Gamst A, Holtzman DM, Jagust WJ, Petersen RC, Snyder PJ, Carrillo MC, Thies B, Phelps CH. The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement.* 2011;7(3):270–9. doi: 10.1016/j.jalz.2011.03.008
 15. Левин ОС, Чимагомедова АШ. Концепция переходного когнитивного синдрома в структуре когнитивных нарушений у пожилых лиц: подходы к диагностике и лечению. *Современная терапия в психиатрии и неврологии.* 2022;1–2:25–33. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49054867_95764443
 16. Levin OS, Chimagomedova ASh. The concept of transitional cognitive syndrome in the structure of cognitive disorders in the elderly: approaches to diagnosis and treatment. *Modern therapy in psychiatry and neurology.* 2022;1–2:25–33. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49054867_95764443
 17. Ezzati A, Katz MJ, Zammit AR, Lipton ML, Zimmerman ME, Sliwinski MJ, Lipton RB. Differential association of left and right hippocampal volumes with verbal episodic and spatial memory in older adults. *Neuropsychologia.* 2016;93(PtB):380–385. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2016.08.016 PMID: 27542320.
 18. Aslaksen PM, Bystad MK, Ørbo MC, Vangberg TR. The relation of hippocampal subfield volumes to verbal episodic memory measured by the California Verbal Learning Test II in healthy adults. *Behav Brain Res.* 2018;351:131–137. doi: 10.1016/j.bbr.2018.06.008 PMID: 29890200.
 19. Hurley RS, Lapin B, Jones SE, Crawford A, Leverenz JB, Bonner-Jackson A, Pillai JA. Hemispheric asymmetries in hippocampal volume related to memory in left and right temporal variants of frontotemporal degeneration. *Front Neurol.* 2024;15:1374827. doi: 10.3389/fneur.2024.1374827 PMID: 38742046.
 20. Peter J, Sandkamp R, Minkova L, Schumacher LV, Kaller CP, Abdulkadir A, Klöppel S. Real-world navigation in amnestic mild cognitive impairment: The relation to visuospatial memory and volume of hippocampal subregions. *Neuropsychologia.* 2018;109:86–94. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.12.014 PMID: 29237555.

21. Chebat DR, Chen JK, Schneider F, Ptito A, Kupers R, Ptito M. Alterations in right posterior hippocampus in early blind individuals. *Neuroreport*. 2007;18(4):329–333. doi: 10.1097/WNR.0b013e32802b70f8 PMID: 17435597.
22. Oltra-Cucarella J, Sánchez-SanSegundo M, Lipnicki DM, Crawford JD, Lipton RB, Katz MJ, Zammit AR, Scarimeas N, Dardiotis E, Kosmidis MH, Guaita A, Vaccaro R, Kim KW, Han JW, Kochan NA, Brodaty H, Pérez-Vicente JA, Cabello-Rodríguez L, Sachdev PS, Ferrer-Cascales R. Cohort Studies of Memory in an International Consortium (COSMIC). Visual memory tests enhance the identification of amnestic MCI cases at greater risk of Alzheimer's disease. *Int Psychogeriatr*. 2019; 31(7):997–1006. doi: 10.1017/S104161021800145X PMID: 30355384.
23. Huang Y, Huang L, Wang Y, Liu Y, Lo CZ, Guo Q. Differential associations of visual memory with hippocampal subfields in subjective cognitive decline and amnestic mild cognitive impairment. *BMC Geriatr*. 2022;22(1):153. doi: 10.1186/s12877-022-02853-7 PMID: 35209845.
24. Burgess N, Maguire EA, O'Keefe J. The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*. 2002;35(4):625–641. doi: 10.1016/s0896-6273(02)00830-9 PMID: 12194864.
25. Ono SE, de Carvalho Neto A, Joaquim MJM, Dos Santos GR, de Paola L, Silvado CES. Mesial temporal lobe epilepsy: Revisiting the relation of hippocampal volumetry with memory deficits. *Epilepsy Behav*. 2019;100(PtA):106516. doi: 10.1016/j.yebeh.2019.106516 PMID: 31574430.
26. Shing YL, Rodrigue KM, Kennedy KM, Fandakova Ya, Bodammer N, Werkle-Bergner M, Lindenberger U, Raz N. Hippocampal subfield volumes: age, vascular risk, and correlation with associative memory. *Front Aging Neurosci*. 2011;3:2. doi: 10.3389/fnagi.2011.00002 PMID: 21331174.
27. Bender AR, Daugherty AM, Raz N. Vascular risk moderates associations between hippocampal subfield volumes and memory. *J Cogn Neurosci*. 2013;25(11):1851–1862. doi: 10.1162/jocn_a_00435 PMID: 23767922.
28. Daugherty AM, Flinn R, Ofen N. Hippocampal CA3-dentate gyrus volume uniquely linked to improvement in associative memory from childhood to adulthood. *Neuroimage*. 2017;153:75–85. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.03.047 PMID: 28342999.
29. Aumont E, Bussy A, Bedard MA, Bezgin G, Therriault J, Savard M, Arias JF, Sziklas V, Vitali P, Poltronetti NM, Pallen V, Thomas E, Gauthier S, Kobayashi E, Rahmouni N, Stevenson J, Tissot C, Chakravarty MM, Rosa-Neto P. Hippocampal subfield associations with memory depend on stimulus modality and retrieval mode. *Brain Commun*. 2023;5(6):fcad309. doi: 10.1093/braincomms/fcad309 PMID: 38035364.
30. Tsalouchidou P-E, Müller C-J, Belke M, Zahnert F, Menzler K, Trinka E, Knake S, Thomschewski A. Verbal memory depends on structural hippocampal subfield volume. *Front Neurol*. 2023;14:1209941. doi: 10.3389/fneur.2023.1209941 PMID: 37900611.
31. Zhao W, Wang X, Yin C, He M, Li S, Han Y. Trajectories of the Hippocampal Subfields Atrophy in the Alzheimer's Disease: A Structural Imaging Study. *Front Neuroinform*. 2019;13:13. doi: 10.3389/fninf.2019.00013 PMID: 30983985.
32. Carlesimo GA, Piras F, Orfei MD, Iorio M, Caltagirone C, Spalletta G. Atrophy of presubiculum and subiculum is the earliest hippocampal anatomical marker of Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement (Amst)*. 2015;1(1):24–32. doi: 10.1016/j.dadm.2014.12.001 PMID: 27239489.
33. Mori E, Yoneda Y, Yamashita H, Hirono N, Ikeda M, Yamadori A. Medial temporal structures relate to memory impairment in Alzheimer's disease: an MRI volumetric study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1997;63(2):214–221. doi: 10.1136/jnnp.63.2.214 PMID: 9285461
34. Lim HK, Jung WS, Ahn KJ, Won WY, Hahn C, Lee SY, Kim I, Lee CU. Relationships between hippocampal shape and cognitive performances in drug-naïve patients with Alzheimer's disease. *Neurosci Lett*. 2012;516(1):124–129. doi: 10.1016/j.neulet.2012.03.072 PMID: 22490885.
35. Maguire EA, Mullally SL. The hippocampus: a manifesto for change. *J Exp Psychol Gen*. 2013;142(4):1180–1189. doi: 10.1037/a0033650 PMID: 23855494.
36. Clark IA, Kim M, Maguire EA. Verbal Paired Associates and the Hippocampus: The Role of Scenes. *J Cogn Neurosci*. 2018;30(12):1821–1845. doi: 10.1162/jocn_a_01315 PMID: 30063178.

Сведения об авторах

Илья Константинович Столов, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, рентгеновское отделение, ФГБУ «НМИЦ психиатрии и неврологии имени В.М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; отделение лучевой диагностики № 1, ФГБУ «НМИЦ имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

symrak.spb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5776-1252>

Наталья Александровна Гомзякова, младший научный сотрудник, отделение гериатрической психиатрии, ФГБУ «НМИЦ психиатрии и неврологии имени В.М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

astragothic@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0300-0861>

Лариса Викторовна Лукина, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отделения нейровизуализационных исследований, ФГБУ «НМИЦ психиатрии и неврологии имени В.М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

larisalu@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8500-7268>

Наталья Исаевна Ананьева, доктор медицинских наук, профессор, кафедра нейрохирургии, институт медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197341, Санкт-Петербург, Россия

ananieva_n@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7087-0437>

Наталья Михайловна Залуцкая, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник, отделение гериатрической психиатрии, ФГБУ «НМИЦ психиатрии и неврологии имени В.М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

nzalutskaya@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5929-1437>

Information about the authors

Ilia K. Stulov, Cand. Sci. (Med.), radiologist, the Radiological Department, FSBI «V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology»; the Department of Radiology FSBI “V.A. Almazov National Medical Research Centre”, St. Petersburg, Russia

symrak.spb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5776-1252>

Natalia A. Gomzyakova, Junior Researcher, Department of Geriatric Psychiatry, FSBI «V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology», St. Petersburg, Russia

astragothic@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0300-0861>

Larisa V. Lukina, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of Neuroimaging Research Unit, FSBI «V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology», St. Petersburg, Russia

larisalu@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8500-7268>

Natalia I. Ananyeva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Neurosurgery, Institute of Medical Education, FSBI «V.A. Almazov National Medical Research Centre», St. Petersburg, Russia

ananieva_n@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7087-0437>

Natalia M. Zalutskaya, Cand. Sci. (Med.), Docent, Leading Researcher, Department of Geriatric Psychiatry, FSBI «V.M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology»; St. Petersburg, Russia

nzalutskaya@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5929-1437>

Вклад авторов

Столов И.К — концептуализация, формулирование идеи; исследовательских целей и задач; методология, разработка или проектирование методологии исследования; создание модели; программное обеспечение, разработка программного обеспечения; реализация компьютерного кода и вспомогательных алгоритмов; тестирование существующих компонентов кода, валидация, проверка воспроизводимости экспериментов и результатов; формальный анализ, применение статистических, математических или других формальных методов для анализа или синтеза данных исследования; проведение исследования, проведение исследовательского процесса, в частности, проведение экспериментов или сбор данных и доказательств; контроль данных; написание — первоначальный проект, обзор и редактирование; визуализация, представление данных;

Гомзякова Н.А. — методология, разработка или проектирование методологии исследования; создание модели; проведение исследования, проведение исследовательского процесса, в частности, проведение экспериментов или сбор данных и доказательств; контроль данных; написание — первоначальный проект; получение финансовой поддержки проекта, приведшего к написанию рукописи публикации;

Лукина Л.В. — формальный анализ, применение статистических, математических или других формальных методов для анализа или синтеза данных исследования; написание — первоначальный проект; надзор; администрирование проекта; получение финансовой поддержки проекта, приведшего к написанию рукописи публикации.

Ананьева Н.И. — концептуализация, формулирование идеи; исследовательских целей и задач; ресурсы, предоставление доступа к необходимым для исследования пациентам, участникам, расходным материалам, приборам; написание, обзор и редактирование;

Залуцкая Н.М. — концептуализация, формулирование идеи; исследовательских целей и задач; проведение исследования, проведение исследовательского процесса, в частности, проведение экспериментов или сбор данных и доказательств; ресурсы, предоставление доступа к необходимым для исследования пациентам, участникам, расходным материалам, приборам; написание, обзор и редактирование; надзор; администрирование проекта; получение финансовой поддержки проекта, приведшего к написанию рукописи публикации;

Authors' contribution

Ilia K. Stulov — Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal analysis, Investigation, Writing — review and editing, Visualization;

Natalia A. Gomzyakova — Methodology, Investigation, Data curation, Writing — original draft, Writing — review and editing, Funding acquisition;

Larisa V. Lukina — Formal analysis, Writing — original draft, review and editing, Project administration Supervision, Funding acquisition;

Natalia I. Ananyeva — Conceptualization, Resource, Data curation, Writing — original draft, Writing — review and editing;

Natalia M. Zalutskaya — Conceptualization, Investigation, Resource, Writing — review and editing, Writing — review and editing, Supervision; Project administration, Funding acquisition;

Конфликт интересов/Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interests.

| | | |
|--|--|--|
| Дата поступления 19.02.2025 Received 19.02.2025 | Дата рецензирования 18.05.2025 Revised 18.05.2025 | Дата принятия к публикации 02.06.2025 Accepted for publication 02.06.2025 |
|--|--|--|