

ЛЕКЦИИ И ОБЗОРЫ / LECTURES AND REVIEWS

УДК 616-073.75

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-7-18>СТРУКТУРНАЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ
ГИППОКАМПОВ: ОБЗОРА. А. Мельников^{✉*}, В. В. Ховрин[✉], К. В. Воронкова[✉]

Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Обобщение и систематизация анатомических представлений о гиппокампах является актуальной академической и практической задачей в силу все большего вовлечения врачей-рентгенологов, врачей-радиологов и топометристов в диагностику психоневрологических заболеваний, этиология которых напрямую или косвенно связана с отклонениями в строении гиппокампов.

ЦЕЛЬ: Обобщить структурную визуализацию гиппокампов по данным высокопольной МРТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Поиск литературы осуществлялся в открытых информационных базах на русском и английском языках Medline, PubMed, Web of Science, РИНЦ, eLIBRARY по ключевым словам и словосочетаниям: «анатомия гиппокампов», «МРТ гиппокампов», «генетика нейрогенеза», «радиогеномика гиппокампов».

РЕЗУЛЬТАТЫ: На основании данных литературы и собственного опыта описаны ключевые признаки нормальной МР-анатомии гиппокампов. В обзоре рассмотрены современные данные об особенностях кровоснабжения гиппокампов, их эмбриологии и радиогеномике.

ОБСУЖДЕНИЕ: Магнитно-резонансная анатомия гиппокампов демонстрирует их сложное строение, подчеркивая, насколько точно полученные структурные данные сочетаются с секционной анатомией. Генетическая детерминация гиппокампов обладает широким полиморфизмом, что находит отражение в их морфологической структуре у человека. Эмбриональное развитие и нейрогенез гиппокампов происходит в период с 6-й по 15-й неделю гестации. Нормальная магнитно-резонансная анатомия гиппокампов обладает диапазоном асимптомных вариантов его развития (инверсия интравентрикулярной порции, кисты, асимметрия). Кровоснабжение гиппокампов осуществляется из каротидного и вертебробазиллярного бассейнов, что необходимо учитывать при топографической локализации очага ишемического инфаркта. На основании представленного материала стоит полагать, что нормальная и патологическая анатомия находятся в тесной взаимосвязи с эпилептогенезом, являясь важным этиологическим звеном развития височной эпилепсии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Понимание структурной организации гиппокампов необходимо для верной трактовки врачами лучевой диагностики результатов МРТ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: анатомия гиппокампов, МРТ гиппокампов, генетика нейрогенеза, радиогеномика гиппокампов

* Для корреспонденции: Мельников Александр Александрович, e-mail: alexradiology@rambler.ru

Для цитирования: Мельников А.А., Ховрин В.В., Воронкова К.В. Структурная магнитно-резонансная визуализация гиппокампов: обзор // Лучевая диагностика и терапия. 2026. Т. 17, № 1. С. 7–18, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-7-18>.

STRUCTURAL MRI OF THE HIPPOCAMPUS: A REVIEW

Alexander A. Melnikov^{✉*}, Valeriy V. Khovrin[✉], Kira V. Voronkova[✉]

Russian Scientific Centre of Surgery named after academician B. V. Petrovsky, Moscow, Russia

INTRODUCTION: Generalization and systematization of anatomical ideas about the hippocampus is an urgent academic and practical task due to the increasing involvement of radiologists and topometrists in the diagnosis of psychoneurological diseases, the etiology of which is directly or indirectly related to deviations in the structure of the hippocampus.

OBJECTIVE: To summarize the structural visualization of the hippocampi using high-field MRI data.

MATERIALS AND METHODS: The literature search was carried out in open information databases in Russian and English Medline, PubMed, Web of Science, RSCI, eLIBRARY using keywords and phrases: «anatomy of the hippocampus», «MRI of the hippocampus», «genetics of neurogenesis», «radiogenomics of the hippocampus».

RESULTS: Based on literature data and our own experience in using MRI in diagnosing hippocampal pathology, the key features of normal MRI anatomy of the hippocampus are described. The review examines current data on the characteristics of the blood supply to the hippocampi.

DISCUSSION: Magnetic resonance anatomy of the hippocampus demonstrates its complex structure, emphasizing how accurately the structural data obtained in this case are combined with sectional anatomy. The genetic determination of the hippocampus has a wide polymorphism, which is reflected in its morphological structure in humans. The normal magnetic resonance anatomy of the hippocampus has a range of asymptomatic variants of its development (inversion of the intraventricular portion, cysts, asymmetry). The blood supply to the hippocampus is carried out from the carotid and vertebrobasilar basins, which must be taken into account in the topographic localization of the ischemic infarction focus. Based on the presented material, it should be assumed that normal and pathological anatomy are closely related to epileptogenesis, being an important etiological link in the development of temporal lobe epilepsy.

CONCLUSION: Magnetic resonance anatomy of the hippocampus demonstrates its complex structure, emphasizing how accurately the obtained structural data are combined with sectional anatomy. The genetic determination of the hippocampus has a wide polymorphism, which is reflected in its morphological structure in humans. Embryonic development and neurogenesis of the hippocampus occurs between the 6th and 15th weeks of gestation. The normal magnetic resonance anatomy of the hippocampus has a range of asymptomatic variants of its development (inversion of the intraventricular portion, cysts, asymmetry). The blood supply to the hippocampus is carried out from the carotid and vertebrobasilar basins, which must be taken into account in the topographic localization of the ischemic infarction focus. Based on the presented material, it should be assumed that normal and pathological anatomy are closely related to epileptogenesis, being an important etiological link in the development of temporal lobe epilepsy.

KEYWORDS: anatomy of the hippocampus, MRI of the hippocampus, genetics of neurogenesis, radiogenomics of the hippocampus

* For correspondence: Melnikov Alexandr Alexandrovich, e-mail: alexradiology@rambler.ru

For citation: Melnikov A.A., Khovrin V.V., Voronkova K.V. Structural MRI of the hippocampus: a review // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2026. Vol. 17, No. 1. P. 7–18, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-7-18>.

Введение. В XVI веке выдающийся итальянский анатом и хирург Giulio Cesare Aranzio (1530–1589 гг.) впервые описал гиппокампы как отдельные морфологические структуры центральной нервной системы и дал последним название — *hippocampus*¹, руководствуясь их причудливой формой, схожей с морским коньком. Прошло чуть меньше полувека, и вряд ли можно в скором времени ожидать потерю академического и практического интереса к гиппокампам со стороны медико-биологических наук. Гиппокампы участвуют в координации функций размножения и эмоционального поведения, а также в процессах усвоения и запоминания информации. Гиппокампы играют корригирующую роль в усилении тормозных эффектов при стресс-реакции, а также при регуляции артериального давления [1]. Фундаментальные механизмы кодирования информации в гиппокампах и их крайне сложное анатомическое строение по-прежнему являются большой загадкой для исследователей, включая врачей лучевой диагностики, которые в ежедневной практической работе имеют дело с анатомией и патологией гиппокампов. Структурная организация гиппокампов в источниках литературы имеет образ сложного нейроанатомического направления и зачастую сопровождается разобщением в терминологической базе, множеством сопутствующих синонимов

и теоретических гипотез и, как следствие, отсутствием четкой систематизации при разборе МРТ [2].

Цель. Оценить роль высокопольной МРТ в структурной визуализации гиппокампов, охарактеризовать стереотипизм патологических изменений гиппокампов при болезни Альцгеймера и височной эпилепсии.

Материалы и методы. Поиск литературы осуществлялся в открытых информационных базах на русском и английском языках Medline, PubMed, Web of Science, РИНЦ, eLIBRARY по ключевым словам и словосочетаниям: «анатомия гиппокампов», «МРТ гиппокампов», «склероз гиппокампа», «болезнь Альцгеймера», «генетика нейрогенеза», «радиогеномика гиппокампов».

Генетическая детерминация и радиогеномика гиппокампов. Понимание процессов генетической детерминации и нейрогенеза гиппокампов необходимо для верной трактовки врачами лучевой диагностики результатов МРТ у индивидов с вариантами анатомического развития. Установление связи между генетическим профилем индивида (генотипом) и фенотипом визуализации является целью современного направления — радиогеномики. Сопоставление популяционных данных молекулярно-генетического анализа с прижизненными показателями T1 МР-морфометрии (волюметрии) у большого количества

¹ Chauhan P., Jethwa K., Rathawa A., Chauhan G., Mehra S. The Anatomy of The Hippocampus // *Cerebral Ischemia* [Internet]. Brisbane (AU): Exon Publications. 2021. Nov 6. Chapter 2. P. 17–30.

индивидов позволяют сделать вывод о вовлеченности определенных генов и их семейств в реализацию фенотипических вариаций строения гиппокампов. В исследованиях по радиогеномике была показана связь между носительством аллеля $\epsilon 4$ гена *APOE* с ранней атрофией субикулюмов гиппокампов при сравнении с контрольной группой по данным Т1 МР-мофометрии, а также была продемонстрирована положительная корреляция между носительством аллеля $\epsilon 4$ гена *APOE* и ранней атрофией СА-1 поля по данным МРТ в выборке пожилых индивидов [3].

Аналогичным экспериментальным подходом были установлены гено-фенотипические корреляции между олигонуклеотидным повтором rs17070145 в гене *KIBRA* и ранними атрофическими изменениями структур гиппокампальной формации. В исследовании [4] была продемонстрирована положительная корреляцию между носительством аллеля Т в гене *KIBRA* и отсутствием атрофии по данным Т1 МР-морфометрии в пределах СА-1 поля у здоровых индивидов молодого возраста. Сообщается о положительной связи между носительством аллеля Т в гене *KIBRA* с отсутствием признаков атрофии полей СА-2, СА-3, СА-4 и зубчатой извилины у пожилых когнитивно здоровых индивидов по данным МРТ-морфометрии [5].

лобно-височной деменции, в частности генов *MAPT*, *C9orf72* и *GRN* с ранней атрофией гиппокампов. Было показано, что носители мутаций гена *MAPT* имеют тенденцию к прогрессирующей атрофии всех полей и регионов гиппокампов по данным МР-волюметрии. Также показано, что в группе индивидов с мутациями в гене *GRN* (предшественник гранулина) наблюдалось достоверное повышение частоты ранней атрофии субикулюма и пресубикулюма гиппокампов при сравнении с контрольной группой [7].

Особенно актуальными на сегодняшний день представляются полногеномные рандомизированные исследования и их метаанализ. Так, полногеномный анализ более 13 тысяч здоровых индивидов выявил ассоциацию мутаций генов нейрогенеза (*TESC*, *ACVR1*, *MSRB3* и *DPP4*) с ранней атрофией полей гиппокампа и зубчатой извилины [8]. Таким образом, конечный фенотип гиппокампа является результатом сложного взаимодействия большого количества разных по функциональным особенностям генов в онтогенезе, экспрессия которых регулируется сложными молекулярно-биологическими и эпигенетическими механизмами.

Внутриутробное развитие гиппокампов (краткий эмбриологический очерк). В постнатальном

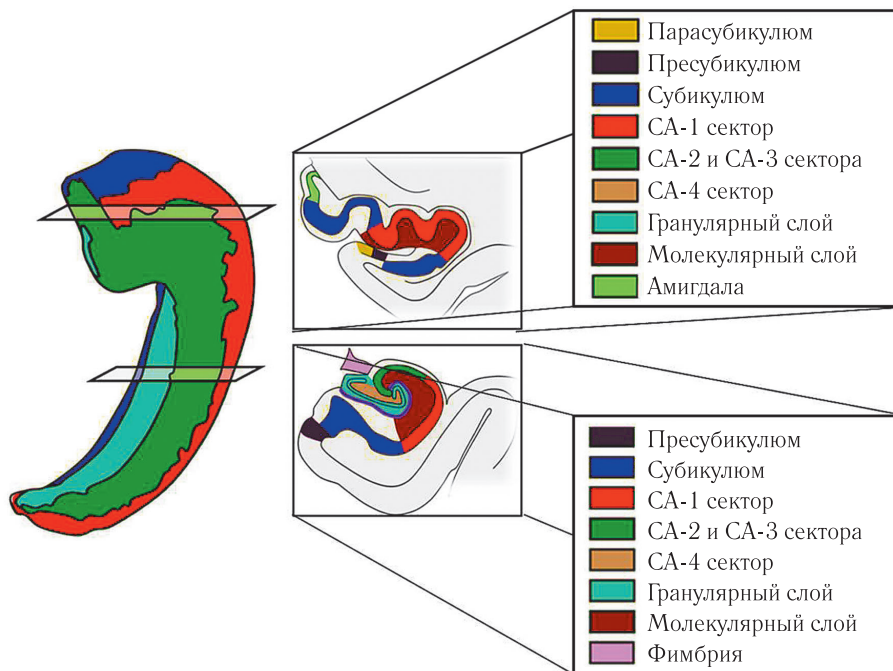


Рис. 1. Схематическое представление о 3D-анатомии гиппокампа. Показана объемная модель изолированного гиппокампа

Fig. 1. Schematic representation of the 3D anatomy of the hippocampus. Showing a volumetric model of an isolated hippocampus

В исследованиях по вкладу нейротрофического фактора и его гена *BDNF* в реализацию формирования гиппокампов было показано, что носители олигонуклеотидного полиморфизма Val66Met (rs6265) гена *BDNF* отличались ранними атрофическими изменениями полей гиппокампальной формации [6].

Особого внимания заслуживают исследования ассоциаций полиморфизмов генов-кандидатов

периode каждый гиппокамп состоит из двух пластин нервной ткани — аммонова рога (собственно гиппокамп) и зубчатой извилины, которые вложены друг в друга и скручены по спирали, а также субикулюма (основания гиппокампа). Собственно гиппокамп подразделяется на четыре поля (СА-1, СА-2, СА-3, СА-4) со специфической морфологической архитектурой и функциональными связями (рис. 1).

Внутриутробное развитие гиппокампа представлено на рис. 2. В пренатальном периоде зубчатая извилина и аммонов рог начинают развиваться между 6-й и 10-й неделями гестации, представляя собой рудиментарные анатомические элементы, расположенные линейно друг за другом вдоль заднемедиальной стенки бокового желудочка. С 10-й недели гестации зубчатая извилина утолщается, образуя на границе с аммоновым рогом гиппокаммальную щель. Дальнейший рост нервной ткани в области зубчатой извилины приводит к физиологическому повороту на 14-й неделе гестации последней в сторону аммо-

головной мозг, а его отдельные анатомические структуры, каким и является гиппокамп. У пациентов с комплексной парциальной эпилепсией МР-протокол должен быть направлен на выявление патологии мезиотемпоральной области, и в частности, гиппокампальной формации. При подозрении на болезнь Альцгеймера целью исследования становятся височно-теменные регионы головного мозга.

Обязательные условия МРТ-сканирования гиппокампов: высокое качество проведения диагностической процедуры и высокая академическая и практическая подготовка врача лучевой диагностики.

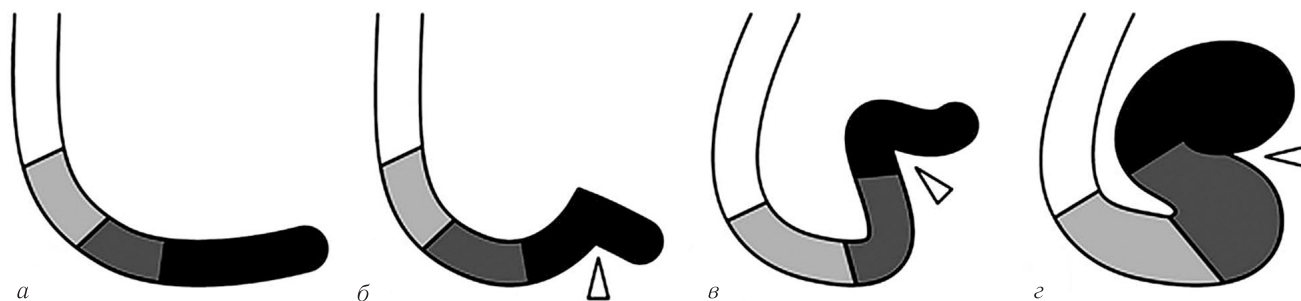


Рис. 2. Внутриутробное развитие гиппокампов: *а* — до 10-й недели формируются зубчатая извилина и гиппокамп; *б* — на 10–15-й неделе утолщение зубчатой извилины, инициация вращения зубчатой извилины относительно гиппокампа (стрелка); *в* — с 15-й недели происходит завершение физиологического поворота зубчатой извилины в сторону гиппокампа и начало редукции гиппокампальной щели (стрелка); *г* — рост и набор массы нервной ткани листков гиппокампа, полная редукция гиппокампальной щели после 30-й недели (стрелка)

Fig. 2. Intrauterine development of the hippocampi: *a* — up to the 10th week, the dentate gyrus and hippocampus are formed; *b* — at 10–15 weeks, thickening of the dentate gyrus, initiation of rotation of the dentate gyrus relative to the hippocampus (arrow); *v* — from the 15th week, the physiological rotation of the dentate gyrus towards the hippocampus is completed and the reduction of the hippocampal fissure begins (arrow); *z* — growth and increase in the mass of the nervous tissue of the hippocampal layers, complete reduction of the hippocampal fissure after the 30th week (arrow)

ва рога, тем самым расширяя гиппокаммальную щель и приобретая естественные изогнутые очертания. На 15-й неделе эмбрионального развития происходит дифференцировка гранулярных клеток гиппокампа и образование полей СА-1, СА-2 и СА-3 гиппокампа. Последнее поле СА-4 гиппокампа состоит из клеток, составляющих ворота зубчатой извилины и формируется на 12-й неделе. К 30-й неделе развития гиппокампальная щель исчезает и гиппокамп становится внешне схожим с таковым у взрослого человека, дальнейший внутриутробный рост определяется набором массы нервной ткани [9].

В постнатальном периоде гиппокампы претерпевают незначительные изменения за исключением общего набора их массы, пропорциональной массе головного мозга. Таким образом, в постнатальном периоде развития окончательно формируется и фиксируется сложная анатомическая система гиппокампальной формации.

Методология проведения МР-исследований гиппокампов. С позиции своевременного распознавания причин структурной эпилепсии либо этиологии нейродегенеративных процессов у больных правильная координация работы специалиста лучевой диагностики и невролога крайне важна, в силу того что объектом исследования зачастую становится не весь

Важным методологическим условием получения качественных диагностических МР-данных гиппокампов является возможность минимизации двигательных артефактов, что возможно в случаях с взрослыми пациентами, но полностью исключается при исследовании головного мозга у новорожденных и детей. Часто у последних проводится анестезиологическое пособие, которое практически полностью нивелирует избыточную двигательную активность во время получения томографических изображений [2].

Протокол прицельного МРТ сканирования гиппокампов отличается от стандартного исследования головного мозга. В импульсных последовательностях стандартного протокола толщина среза составляет от 3 до 5 мм, промежутки между срезами 1–2 мм. При исследовании гиппокампов рекомендована толщина среза 1 мм и шаг сканирования 1 мм и менее. Внутривенозное контрастное усиление гадолиний-содержащими парамагнетиками проводится по показаниям, в зависимости от характера выявленных изменений или клинических данных: опухоль, подозрение на нейроинфекцию либо сосудистая мальформация [2, 3]. Набор импульсных последовательностей в большой степени зависит от программного обеспечения аппарата МРТ, индукция магнитного поля которого должна составлять в текущих условиях 1,5 Т

и 3,0 Т. На сегодняшний день общепринятыми критериями получения высокоточных изображений МРТ являются рекомендации IAEA, согласно которым необходимо сканирование минимум трех анатомических импульсных последовательностей (T1-ВИ, T2-ВИ, FLAIR, DIR, IR) с изотропным вокселем, равным 1 мм^3 ($1 \times 1 \times 1 \text{ мм}$). При прицельном исследовании гиппокампов ориентация срезов сканирования в косо-корональной проекции должна быть строго перпендикулярно продольной оси гиппокампа по полученным T1-ВИ в сагиттальной плоскости (см. рис. 3). Для соответствующей ориентации изображений ориентируются на парасагиттальный срез через тело бокового желудочка и устанавливают блок срезов от переднего края головки до дистальных отделов хвоста гиппокампа строго перпендикулярно его продольной оси. Возможность качественной и количественной обработки полученных изображений возрастает с использованием 3D-протоколов МР-сканирования, которые позволяют проводить мультипланарную реформацию в любой плоскости, уточняя локализацию и данные о наличии плохо визуализируемых изменений в пределах гиппокампов.

В последнее время особую роль в понимании морфологических изменений в гиппокампах приобретают функциональные импульсные последовательности. При этом стоит отметить, что понимание их роли требует целостного осмысления в перспективе.

Применение диффузионно-взвешенных изображений (DWI) в клинической практике позволяет не только исключить острый лакунарный инфаркт в гиппокампах (см. рис. 10), но и предоставить сведения и патморфологической структуре различного рода кист и опухолей данной локализации. Напротив, чувствительная к геморрагическим очагам и кровоизлияниям в веществе головного мозга импульсная последовательность, взвешенная по неоднородности магнитного поля (SWI), представляет собой полезный «инструмент» в практике врача-рентгенолога. Применение SWI позволяет исключить мелкие петехиальные кровоизлияния в зоне интереса, а также позволяет оценить анатомию мелких вен и их коллекторов. Метод МР-перфузии (CASL) основан на маркировке спинов артериальной крови (ASL) и регистрации их прохождения в веществе мозга с построением карт количественного измерения церебрального кровотока (CBF) в единицу площади вещества мозга. Показатели локальной церебральной гемодинамики существенно дополняют данные о васкуляризации в гиппокампах. Другим методом оценки метаболических изменений в зоне гиппокампов является магнитно-резонансная спектроскопия (MPC), применение которой актуально в случае определения характера патологического очага. С использованием MPC появилась возмож-

ность определить патологическую метаболическую активность в пределах зоны интереса задолго до развития структурных изменений.

Проведение диффузионной тензорной МРТ (DTI) позволяет оценить показатели значений фракционной анизотропии в гиппокампе и структурах гиппокампальной формации. Метод DTI представляется актуальным в силу оценки представленности трактов белого вещества в пределах очага поражения гиппокампа, что дополняет картину его структурных изменений. Концепция, что метаболические и функциональные изменения могут предшествовать развитию структурных, позволяет рассматривать «неанатомические» импульсные последовательности в качестве возможных предикторов патологических процессов.

На текущий момент аргументированным представляется использование структурных 3D-изовоксельных протоколов МР-сканирования, что повышает информативность при определении границ патологического очага. Исследование тонкой прижизненной морфологической структуры патологических очагов в головном мозге по данным МР-сканирования представляет большой интерес с точки зрения фундаментальных медико-биологических научных изысканий, а также для целей клинической неврологии.

Нормальная и вариационная МР-анатомия гиппокампов. Морфологическая картина нормальных гиппокампов у взрослого индивида переменна и зависит от ряда факторов, из которых генетическая детерминация является доминирующим. В подавляющем большинстве гиппокампы без патологии имеют изогнутую С-образную форму и схематически разделяются на крючок, головку, тело и хвост. Средняя длина гиппокампа у взрослого человека составляет порядка 5–6 см, объем гиппокампа составляет около $3,0\text{--}3,5 \text{ см}^3$ [10]. Головка гиппокампа располагается спереди от среднего мозга, тело гиппокампа топографически лоцируется строго напротив среднего мозга, а хвост гиппокампа находится позади среднего мозга. Толщина каждого гиппокампа уменьшается в порядке убывания: головка, тело и далее хвост. Крючок гиппокампа сопоставим по толщине с телом гиппокампа, при этом фронтальная анатомия их различна.

Анатомической границей между крючком и головкой гиппокампа является полоса Джакомини¹, однако четких границ между телом и хвостом гиппокампа на секционных препаратах и МР-томограммах не существует. Правый и левый гиппокампы связаны комиссуральными нервными волокнами, проходящими в спайке свода. На высокопольных МР-томограммах (3Т) в режимах T2-ВИ и IR нормальный гиппокамп и его сектора имеют пониженный сигнал, а «скрученная» анатомическая траектория аммонова рога отчетливо прослеживается на фоне

¹ Chauhan P., Jethwa K., Rathawa A., Chauhan G., Mehra S. The Anatomy of The Hippocampus // *Cerebral Ischemia* [Internet]. Brisbane (AU): Exon Publications. 2021. Nov 6. Chapter 2. P. 17–30.

ликворного содержимого темпорального рога бокового желудочка (рис. 3).

Вариабельной анатомической структурой в гиппокампе является его головка, размер и форма кото-

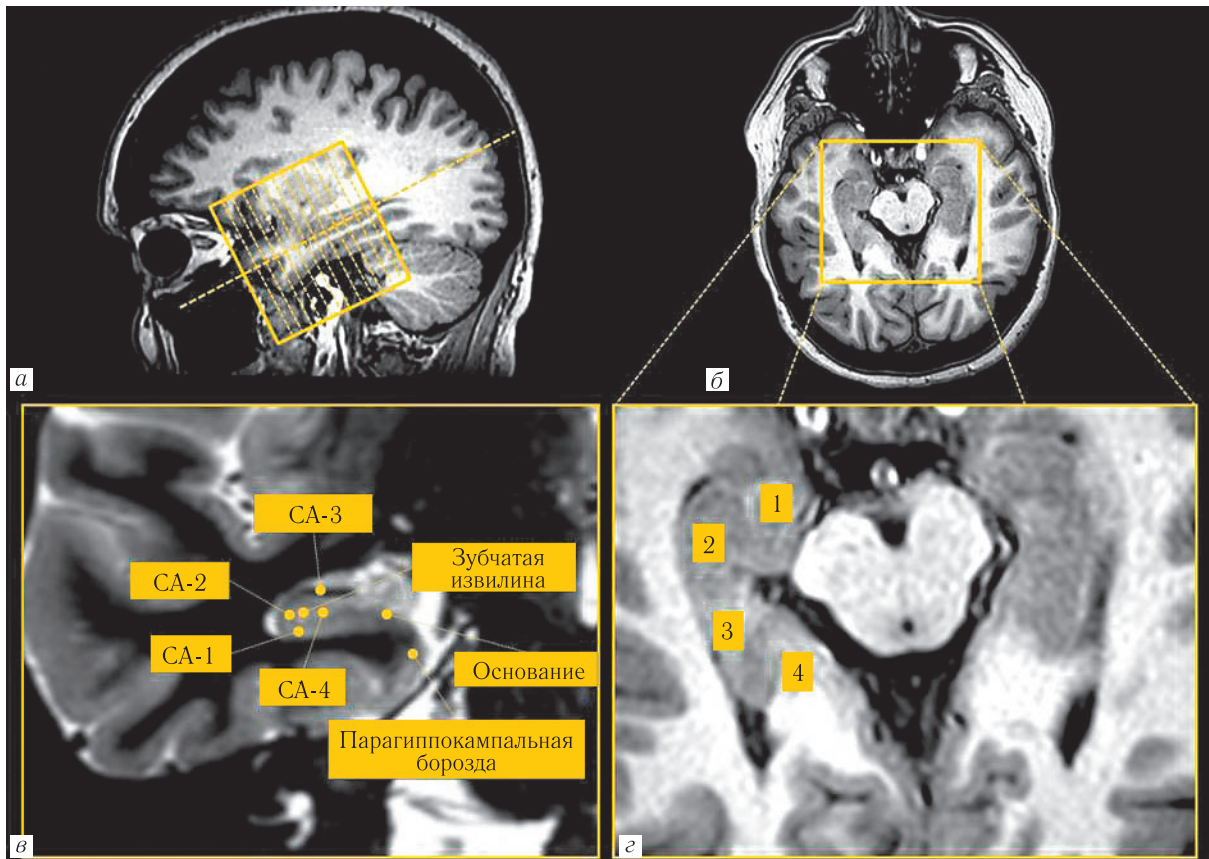


Рис. 3. Нормальная МР-анатомия гиппокампа и гиппокампальной формации (3Т): *а* — ориентация срезов сканирования, перпендикулярных оси височной доли; *б* — аксиальная проекция в режиме Т1-ВИ; *в* — коронарная проекция гиппокампальной формации в режиме Т2-ВИ; *г* — прицельная аксиальная визуализация в режиме Т1-ВИ основных элементов гиппокампа (1 — крючок, 2 — головка, 3 — тело, 4 — хвост)

Fig. 3. Normal MR anatomy of the hippocampus and hippocampal formation (3T): *a* — orientation of scanning slices perpendicular to the axis of the temporal lobe; *б* — axial projection in T1 VI mode; *в* — coronal projection of the hippocampal formation in T2 mode; *г* — targeted axial visualization in T1 mode of the main elements of the hippocampus (1 — hook, 2 — head, 3 — body, 4 — tail)

Гиппокамп представляет собой плотную ленту нервных клеток, тянущуюся в переднезаднем направлении вдоль медиальной стенки височного рога бокового желудочка мозга. Каждый гиппокамп состоит из трех слоев нервной ткани: полиморфного слоя, слоя пирамидных нейронов, молекулярного слоя. Особенности цитоархитектоники гиппокампа послужили основанием для деления последнего на четыре основных структурно-функциональных поля, ориентированных в медиолатеральном направлении и обозначаемых как СА-1, СА-2, СА-3 и СА-4 [10, 11]. Все 4 поля гиппокампа на МР-томограммах в режиме Т2-ВИ имеют визуальные контуры, четкость которых, как правило, зависит от настроек МР-томографа. За счет тесного прилегания гиппокампа к субикулуму базальные и латеральные границы гиппокампа в режимах МР-сканирования часто теряют дифференцировку и местами визуализируются нечетко, что на практике может вызывать сложности в диагностике локальных мальформаций коры в данной области [12] (рис. 4).

рой могут варьировать у разных индивидов [2]. Головка гиппокампа отделена от миндалевидного тела крючковидными углублениями бокового желудочка и характеризуется небольшими отростками, так называемыми пальцевыми выступами *digitations hippocampi* (рис. 5).

Форма головки гиппокампа обладает целым рядом анатомических вариантов, различных по форме и расположению пальцевидных выступов [13]. Вариационный МР-профиль головки гиппокампов на сегодняшний день хорошо изучен и представлен семью анатомическими типами: круглый, раздвоенный с доминирующим медиальным выступом, плоский, раздвоенный с дистанцией между выступами, раздвоенный без дистанции между выступами, раздвоенный с доминирующим латеральным выступом, имеющий три и более пальцевидных выступа (рис. 6).

Структурированной и обобщенной представляется классификация врожденных вариантов строения гиппокампов по N. Bergasconi: инверсия гиппокам-

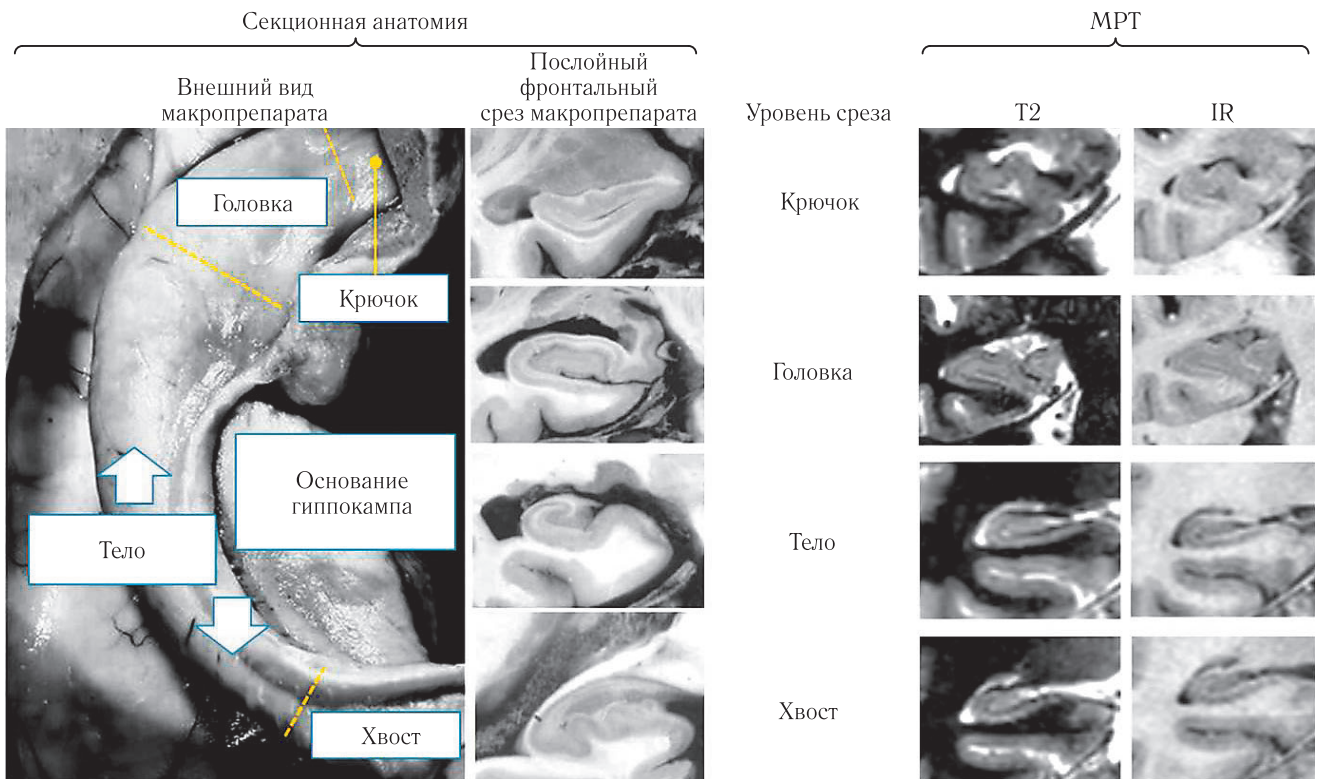


Рис. 4. Нормальная секционная анатомия и МР-картина правого гиппокампа в корональной проекции в режимах Т2-ВИ и IR ИП

Fig. 4. Normal sectional anatomy and MR image of the right hippocampus in the coronal projection in T2 and IR modes

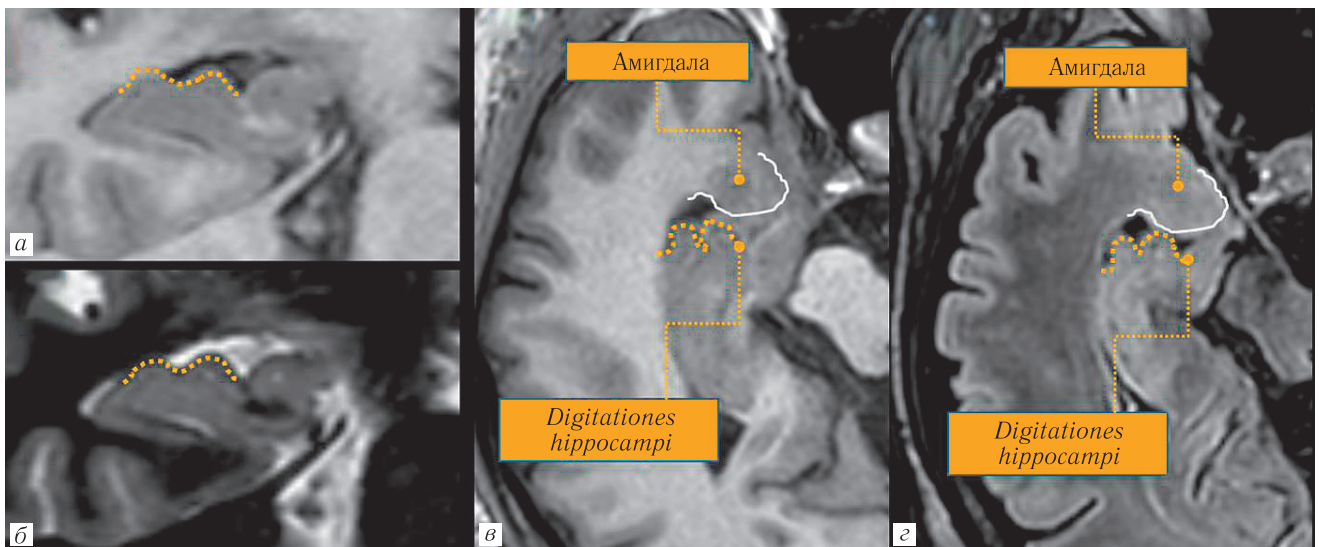


Рис. 5. Нормальная МР-анатомия (3Т) головки правого гиппокампа и *digitationes hippocampi*: а — косокоронарная реконструкция в режиме Т1-ВИ; б — косокоронарная реконструкция в режиме Т2-ВИ; в — аксиальная проекция в режиме Т1-ВИ; г — аксиальная проекция в режиме FLAIR ИП

Fig. 5. Normal MR anatomy (3T) of the head of the right hippocampus and *digitationes hippocampi*: а — oblique coronal reconstruction in T1 WI mode; б — oblique coronal reconstruction in T2 mode; в — axial projection in T1 mode; г — axial projection in FLAIR mode

па, округлая форма гиппокампа с его вертикализацией, «запустевшая» хориоидальная щель, дистопия фимбрии, глубокая и вертикально расположенная коллатеральная щель, выбухание коллатеральной щели в пустую хориоидальную щель, дистопия субикулюма, редукция части парагиппокампулярной извилины [14].

Частыми анатомическими вариантами развития гиппокампов, которые не требуют лечения и наблюдения, являются полости в области хориоидальной щели [2]. Стоит напомнить, что хориоидальная щель расположена между сводом и таламусом и поэтому понимание этой структуры играет важную роль при планировании различных операций на головном

мозге [10]. Полости хориоидальной щели связаны с этой щелью и часто обнаруживаются случайно при МР-визуализации.

данных литературы вышеописанные варианты развития не являются клинически значимыми и часто выявляются у здоровых индивидов.

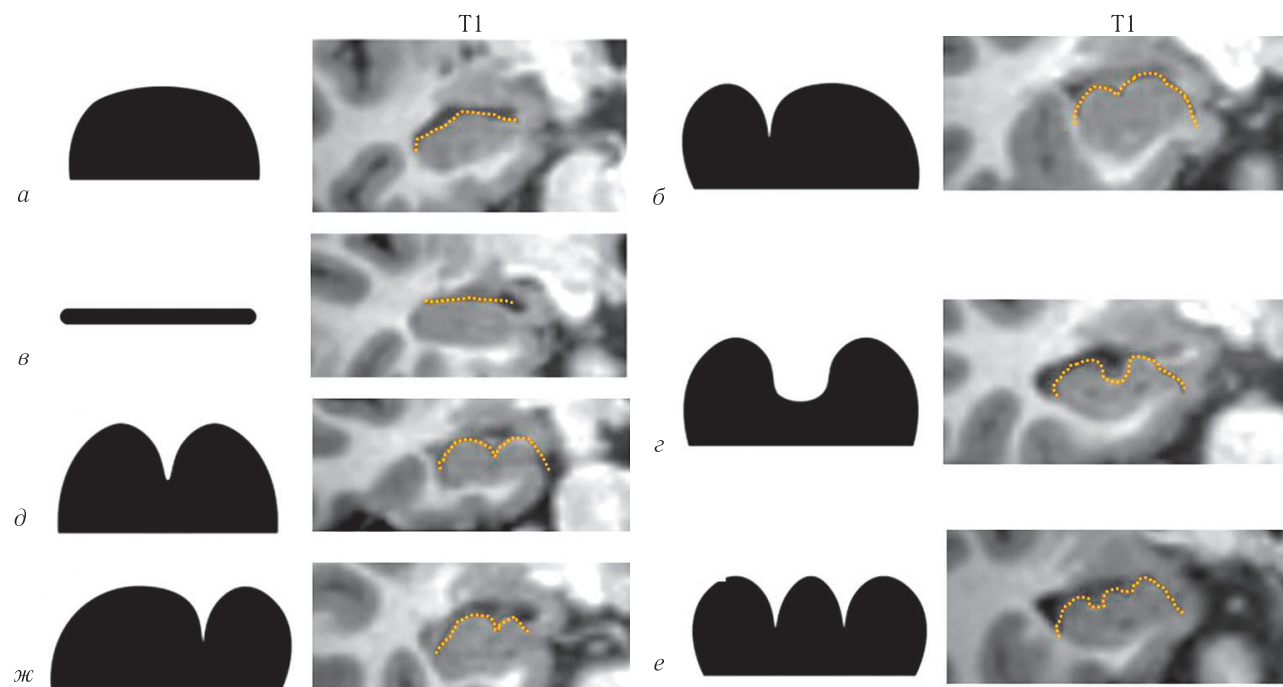


Рис. 6. Основные варианты головок гиппокампа по форме пальцевых выступов *digitationes hippocampi* [13]
Fig. 6. The main variants of the heads of the hippocampus according to the shape of the digital projections *digitationes hippocampi* [13]

Полости (кисты) хориоидальной щели имеют нейроглиальное, нейроэпителиальное или арахноидальное происхождение. Кроме того, очаговая атрофия в височной доле может вызвать викарное расширение хориоидальной щели, имитируя кисту из-за ее анатомического расположения. Часто полости хориоидальной щели сопровождаются септооптической дисплазией, при этом молекулярно-генетический анализ в одном из сочетанных случаев у пациента со септооптической дисплазией выявил делецию субрегионов 10q26.12 и 10q26.13 [15]. В зависимости от интенсивности МР-сигнала содержимого можно разделить хориоидальные полости и кисты на три типа:

- 1) ликворное содержимое (гиперсигнал на Т2-ВИ);
- 2) белковое содержимое (изосигнал на Т1-ВИ);
- 3) коллоидное содержимое (гиперсигнал на Т1-ВИ).

Расположение сосудистого сплетения относительно кисты может быть использовано для дифференциации височных внутрижелудочковых кист и кист хориоидальной щели. Внутрижелудочковые кисты будут смещать сосудистое сплетение медиально, тогда как кисты хориоидальной щели будут смещать сплетение латерально (рис. 7).

Другим наиболее частым анатомическим вариантом строения гиппокампа является его инверсия (или неполный поворот), который выявляется в популяции примерно в 16,3% случаев [2]. Визуальными критериями инверсии гиппокампа являются прежде всего медиальная диспозиция гиппокампа и вертикализация коллатеральной борозды (рис. 8). В свете

Кровоснабжение гиппокампов. Гиппокамп кровоснабжается из каротидного и вертебробазиллярного бассейнов [16]. Головка и крючок гиппокампа снабжаются артериальной кровью из мелких ветвей передней гиппокампальной артерии, которая, в свою очередь, берет начало из М-1 сегмента средней мозговой артерии. Средняя и задняя гиппокампальные артерии связаны друг с другом через так называемые терминальные сегменты, которые проходят параллельно ходу тела гиппокампа. Крючковая ветвь передней хориоидальной артерии обычно анастомозирует с передней гиппокампальной артерией. Часть головки и тело гиппокампа кровоснабжаются из бассейна средней гиппокампальной артерии, которая берет начало из ветви задней мозговой артерии [11]. Хвостовая часть гиппокампа кровоснабжается из ветвей задней гиппокампальной артерии, которая, в свою очередь, берет начало из Р3 сегмента задней мозговой артерии. Поле СА-1 васкуляризируется нижней гиппокампальной артерией. Остальные три поля гиппокампа (СА-2, СА-3 и СА-4) кровоснабжаются из ветвей верхней гиппокампальной артерией [11, 16]. Область смежного кровоснабжения между верхней и нижней гиппокампальными артериями расположена в верхней части СА-1 поля гиппокампа (рис. 9).

В системе острой патологии гиппокампов стоит выделить принципиальную роль топографической локализации очага лакунарного инфаркта в отделах гиппокампа, которая служит основанием для понимания текущего ишемического процесса. В неотлож-

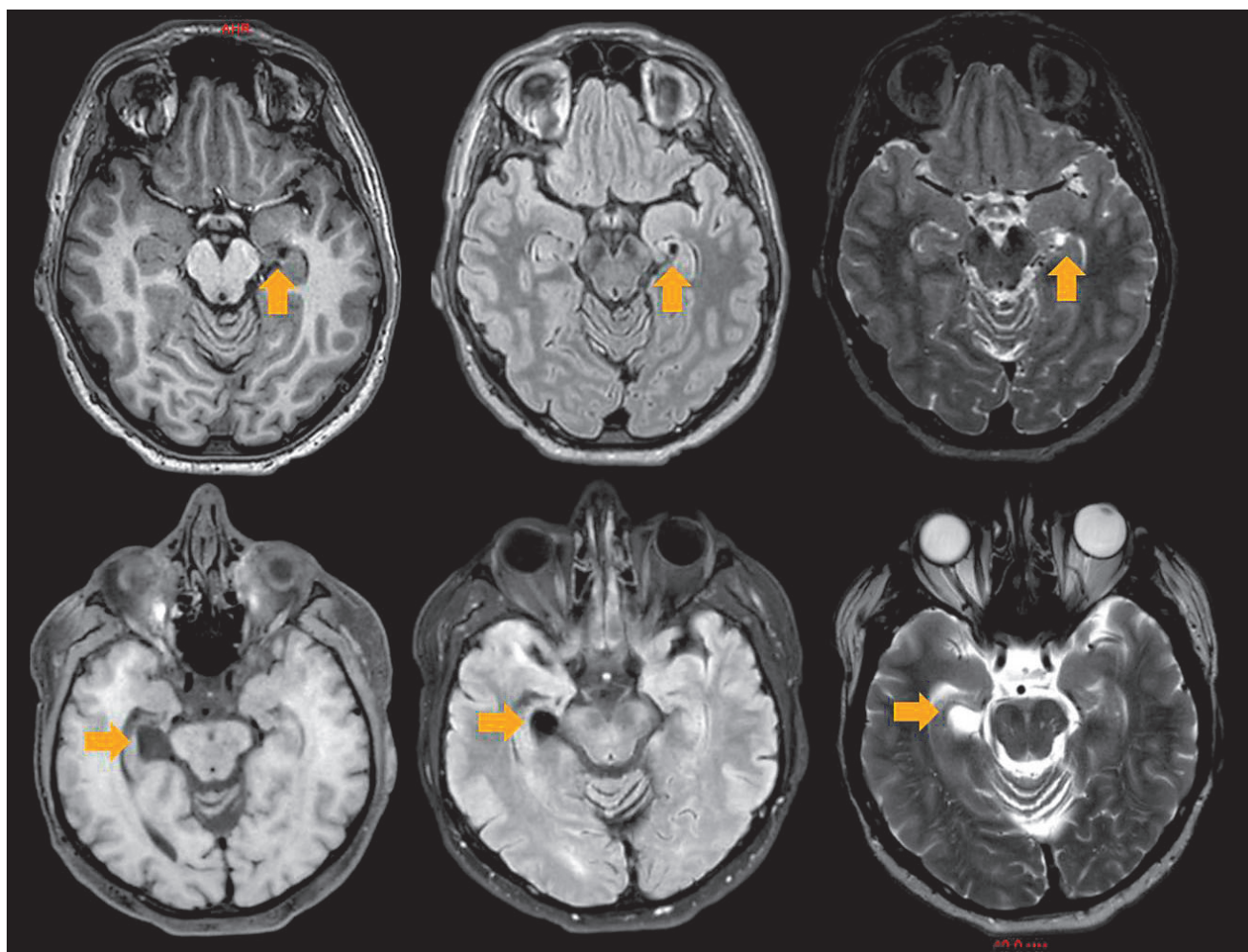


Рис. 7. Кисты хориоидальной щели (верхний ряд — данные МРТ высокого разрешения (3Т) по программе «эпи-протокол» иллюстрируют мелкую жидкостную кисту, нижний ряд — данные рутинного МРТ сканирования (3Т) демонстрируют жидкостную кисту хориоидальной щели правого гиппокампа)

Fig. 7. Choroidal fissure cysts (top row — high-resolution MRI (3T) data using the «Epiprotocol» program illustrate a small fluid cyst, bottom row — routine MRI scan data (3T) demonstrate a fluid cyst of the choroidal fissure of the right hippocampus)

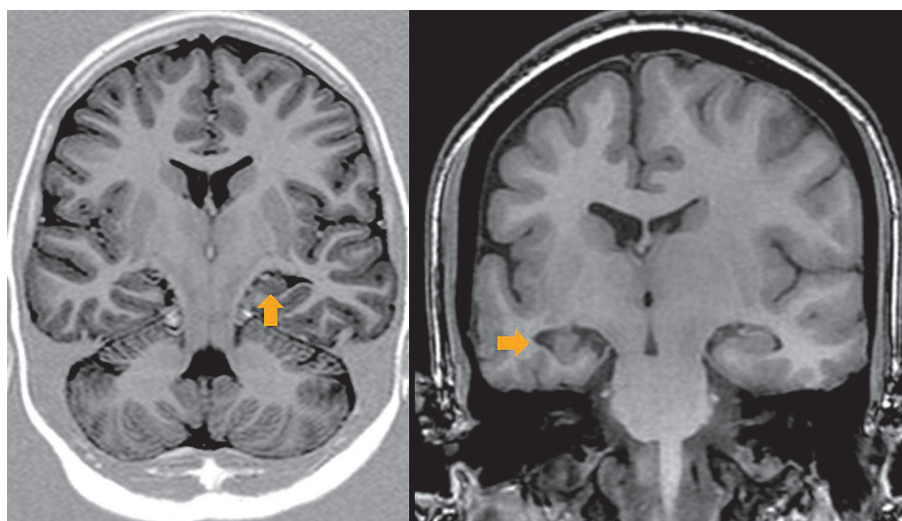


Рис. 8. Мальротация интравентрикулярной порции гиппокампа (пояснения в тексте)
Fig. 8. Malrotation of the intraventricular portion of the hippocampus (explanations in text)

ной практике при одномоментной регистрации двух очагов лакунарного инфаркта в головке и теле гиппокампа на МРТ стоит понимать, что в процессе забо-

левания поражены оба бассейна церебрального кровоснабжения — бассейн средней мозговой артерии и бассейн задней мозговой артерии (рис. 10).

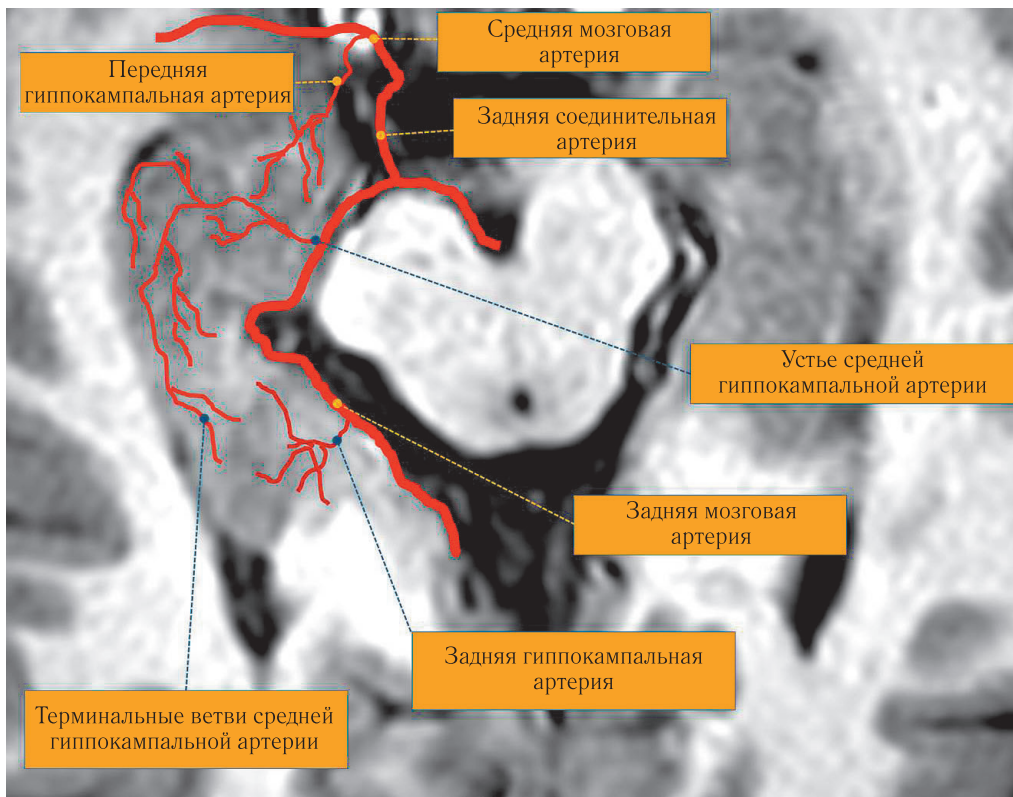


Рис. 9. Кровоснабжение правого гиппокампа, схематическое расположение и топография основных артерий
Fig. 9. Blood supply of the right hippocampus, schematic location and topography of the main arteries

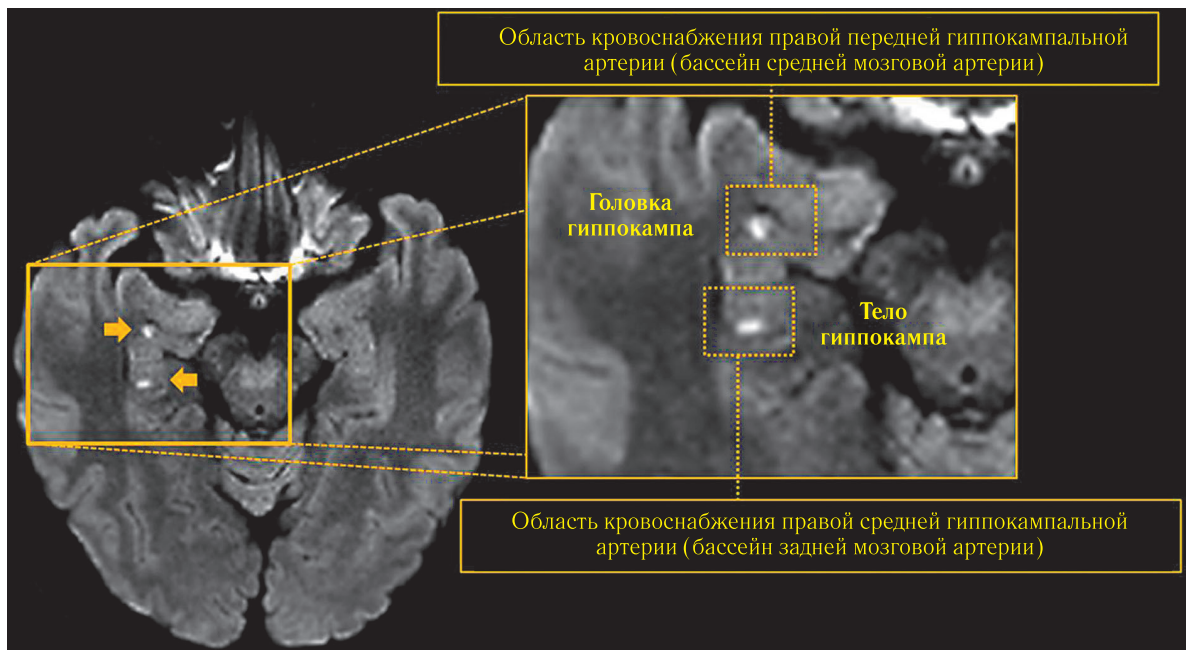


Рис. 10. Очаги острого лакунарного инфаркта в правом гиппокампе по данным МРТ DWI ($b=1000$): в головке и теле правого гиппокампа визуализируются два ограниченных очага рестрикции диффузии, которые соответствуют очагам острой ишемии в бассейнах кровоснабжения правой средней мозговой и задней мозговой артерий
Fig. 10. Foci of acute lacunar infarction in the right hippocampus according to MRI DWI data ($b=1000$): in the head and body of the right hippocampus, 2 delimited foci of diffusion restriction are visualized, which correspond to foci of acute ischemia in the blood supply basins of the right middle cerebral and posterior cerebral arteries

Обсуждение. Прижизненные сведения о нормальной и патологической анатомии гиппокампов человека можно получить методами нейровизуализации, в частности с помощью МРТ. До конца прошлого века возможности нейровизуализации были ограни-

ченными, что в основном связано с низкой магнитной индукцией используемых на тот момент МР-томографов. На сегодняшний день визуализация гиппокампа объективно и точно соотносится с его анатомической картиной, что закономерно находит применение

в медицинской практике. Систематизация анатомических знаний глубинных структур головного мозга, важных с неврологической и нейрохирургической точек зрения, является необходимым условием для понимания патологических процессов.

Заключение. Методы нейровизуализации находятся в состоянии постоянного совершенствования. Интерес у специалистов лучевой диагностики к углубленному пониманию анатомических особенностей гиппокампов может быть обусловлен совершенствованием МРТ-технологии и развитием современной нейроанатомии. В текущих условиях целесообразно регулярное освещение и обобщение элементов нормальной МР-анатомии, которая в силу

сложности исследуемого объекта представляется довольно трудоемкой. Понимание роли нейрогенеза и генетической детерминации гиппокампов является фундаментом для понимания процессов нормального и патологического развития височных областей мозга. Это позволяет надеяться на то, что уже в недалеком будущем будут достигнуты успехи в диагностике и понимании генеза многих заболеваний головного мозга. Однако, несмотря на огромные достижения в области инструментальных методов прижизненного исследования мозга и их несомненные достоинства, многие вопросы морфологических особенностей медиобазального отдела височной доли, вариантов его строения до сих пор остаются неясными.

Сведения об авторах:

Мельников Александр Александрович — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского»; 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2; e-mail: alexradiology@rambler.ru; ORCID 0009-0008-7409-0957;

Ховрин Валерий Владиславович — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, врач-рентгенолог федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского»; 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2; e-mail: mdct2001@yandex.ru; ORCID 0000-0002-6720-4126;

Воронкова Кира Владимировна — доктор медицинских наук, профессор, врач-невролог (эпилептолог) федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского»; 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2; e-mail: kiravoronkova@yandex.ru; ORCID 0000-0003-1111-6378.

Information about the authors:

Alexander A. Melnikov — Cand. of Sci. (Med.), Radiologist, Russian Research Center of Surgery named after Academician B. V. Petrovsky, Russia, Moscow; e-mail: alexradiology@rambler.ru; ORCID 0009-0008-7409-0957.

Valeriy V. Khovrin — Dr. of Sci. (Med.), Chief Researcher, Radiologist, Russian Research Center of Surgery named after Academician B. V. Petrovsky, Russia, Moscow; e-mail: mdct2001@yandex.ru; ORCID 0000-0002-6720-4126;

Kira V. Voronkova — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Neurologist (Epileptologist), Russian Research Center of Surgery named after Academician B. V. Petrovsky, Russia, Moscow; e-mail: kiravoronkova@yandex.ru; ORCID 0000-0003-1111-6378.

Вклад авторов: все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *В. В. Ховрин, К. В. Воронкова*; сбор и анализ данных — *А. А. Мельников*; подготовка рукописи — *А. А. Мельников, В. В. Ховрин, К. В. Воронкова*.

Authors' contributions: all authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors made substantial contributions to the conception, research, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication). Special contribution: *VVKh, KVV* aided in the concept and plan of the study; *AAM* provided collection and analysis of data; *AAM, VVKh, KVV* preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure: the authors declares no conflict of interest.

Поступила/Received: 16.03.2025

Принята к печати/Accepted: 25.02.2026

Опубликована/Published: 29.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Fattorusso A., Matricardi S., Mencaroni E. et al. The Pharmacoresistant Epilepsy: An Overview on Existant and New Emerging Therapies // *Front Neurol.* 2021. Vol 22, No. 12. P. 674483. doi: 10.3389/fneur.2021.674483.
- Ananyeva N.I., Ezhova R.V., Galsman I.E. et al. Hippocampus: MRI anatomy, structural variants // *Diagnostic radiology and radiotherapy.* 2015. Vol. 1. P. 39–44.
- Saeed U., Desmarais P., Masellis M. The APOE $\epsilon 4$ variant and hippocampal atrophy in Alzheimer's disease and Lewy body dementia: a systematic review of magnetic resonance imaging studies and therapeutic relevance // *Expert Rev. Neurother.* 2021. Vol. 21, No. 8. P. 851–870. doi: 10.1080/14737175.2021.1956904.
- Koberskaya N.N., Perepelov V.A., Smirnov D.S. et al. Magnetic resonance morphometry of the brain volume, medial temporal lobes and hippocampus in middle-aged patients with premild cognitive decline // *Russian neurological journal.* 2023. Vol. 28, No. 3. P. 22–27. doi: 10.30629/2658-7947-2023-28-3-22-27.
- Homayouni R., Daugherty A.M., Yu Q., Raz N., Ofen N. KIBRA single nucleotide polymorphism is associated with hippocampal subfield volumes and cognition across development // *Brain Struct. Funct.* 2024. Vol. 229, No. 1. P. 223–230. doi: 10.1007/s00429-023-02716-w.

6. Puhlmann L.M.C., Linz R., Valk S.L. et al. Association between hippocampal structure and serum Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) in healthy adults: A registered report // *NeuroImage*. 2021. Vol. 236.
7. Katsumata Y., Nelson P.T., Ellingson S.R., Fard D.W. Gene-based association study of genes linked to hippocampal sclerosis of aging neuropathology: GRN, TMEM106B, ABCC9, and KCNMB2 // *Neurobiol. Aging*. 2017. May: Vol. 53. P. 193.e17-193.e25. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2017.01.003.
8. Horgusluoglu-Moloch E., Risacher Sh.L., Crane P.K. et al. Genome-wide association analysis of hippocampal volume identifies enrichment of neurogenesis-related pathways // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9, No. 1. P. 14498. doi: 10.1038/s41598-019-50507-3.
9. Simard S., Matosin N., Mechawar N. Adult Hippocampal Neurogenesis in the Human Brain: Updates, Challenges, and Perspectives // *Neuroscientist*. 2025. Apr; Vol. 31, No. 2. P. 141–158. doi: 10.1177/10738584241252581.
10. Lang M., Colby S., Ashby-Padial P. et al. An imaging review of the hippocampus and its common pathologies // *Journal of neuroimaging*. 2024. Vol. 34, No. 1. P. 5–25. doi: 10.1111/jon.13165.
11. Dias Duarte Machado L.G., Mevorach L., de Oliveira C. et al. Study of hippocampal size and age // *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, Vol. 125, No. 1. P. 59–65. <https://doi.org/10.36253/ijae-11867>.
12. Копачев Д.Н., Шишкина Л.В., Быченко В.Г. и др. Склероз гиппокампа: патогенез, клиника, диагностика, лечение // *Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко»*. 2016. Т. 80, № 4. С. 109–116. [Kopachev D.N., Shishkina L.V., Bychenko V.G. et al. Hippocampal sclerosis: pathogenesis, clinical features, diagnostics, treatment. *Journal of Neurosurgery named after N. N. Burdenko*, 2016, Vol. 80, No. 4, pp. 109–116 (In Russ.)].
13. Piccirilli E., Gentile L., Maruotti P.A.M.V. MRI-based classification of the anatomical variants of the hippocampal head // *Neuroradiology*. 2020. Vol. 62, No. 1. P. 1105–1110. doi: 10.1007/s00234-020-02430-y.
14. Bernasconi N. Analysis of shape and positioning of the hippocampal formation: an MRI study in patients with partial epilepsy and healthy controls // *Brain*. 2005. Vol. 128. P. 2442–2452.
15. Karakas C., Shields L., Shahi S., McCarty G., Iyer M. Epileptic Spasms in Septo-Optic Dysplasia: A Retrospective Cohort Study // *Neurology*. 2025. Vol. 104. P. 2–6. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000212480>.
16. Vockert N., Perosa V., Ziegler G. et al. Hippocampal vascularization patterns exert local and distant effects on brain structure but not vascular pathology in old age // *Brain Commun*. 2021. Vol. 3, No. 3. doi: 10.1093/braincomms/fcab127.

Уважаемые коллеги!



Библиотека журнала «Лучевая диагностика и терапия» пополнилась руководством для врачей, которое предназначено для подготовки врачей — лучевых диагностов и врачей-клиницистов по вопросам современных подходов к получению и анализу лучевых изображений, в соответствии с критериями, принятыми в международной клинической практике, а также требованиями, предъявляемыми к формированию структурированных отчетов. Такой подход обеспечивает повышение качества выполняемых исследований, интерпретации изображений и достоверности заключений, а также способствует улучшению междисциплинарной коммуникации.

Настоящее издание является логическим продолжением руководств для врачей «Современные стандарты анализа лучевых изображений» (2017), «Современные классификации RADS и принципы построения заключения» (2018), «Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения» (2019), «Современные стандарты анализа лучевых изображений и алгоритмы построения заключения» (2020–2025).

При его подготовке были использованы материалы, обсуждавшиеся на одноименной Международной ежегодной телеконференции 12 декабря 2025 г. (Санкт-Петербург).

Руководство для врачей «Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения. Том IX» может использоваться для подготовки в системе последипломного и дополнительного профессионального образования, а также в системе ОМС и ДМС для контроля качества оказываемой медицинской помощи.

Приобрести книгу можно
на сайте издательства <https://www.bmos-spb.ru>.