

БАЗАЛЬНЫЙ ПЕРЕДНИЙ МОЗГ: АНАТОМИЯ И КЛИНИКА ПРИ ЕГО ПОВРЕЖДЕНИИ

Р.Э. Ишкинин, Д.И. Пицхелаури, А.Е. Быканов

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; Россия, 125047 Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16

Контакты: Руслан Эдуардович Ишкинин rishkinin@nsi.ru

Область базального переднего мозга характеризуется сложной анатомией с множеством ядер и проводящих путей. Несмотря на его участие в поведенческих, эмоциональных и высших когнитивных функциях, поражения в этой области при опухолевом заболевании или прямом повреждении не всегда проявляются клинически. Глубокое понимание анатомии ядер серого вещества и ассоциативных проводящих путей, проходящих через базальный передний мозг, позволяет по-другому взглянуть на клинические проявления в до- и послеоперационном периоде. На основе обзора данных литературы мы попытались описать анатомические, филогенетические и функциональные связи базального переднего мозга с соседними регионами и проанализировать, какие изменения в клинической симптоматике появляются при его локальном повреждении.

Ключевые слова: базальный передний мозг, переднее продырявленное вещество, септальная область

Для цитирования: Ишкинин Р.Э., Пицхелаури Д.И., Быканов А.Е. Базальный передний мозг: анатомия и клиника при его повреждении. Нейрохирургия 2023;25(3):126–34. DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-3-126-134

Basal forebrain: anatomy and clinical presentation of injury

R.E. Ishkinin, D.I. Pitskhelauri, A.E. Bykanov

N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16 4th Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia

Contacts: Ruslan Eduardovich Ishkinin rishkinin@nsi.ru

The basal forebrain is a complex anatomic region with a lot of nuclei and fibers. Tumors or direct lesions of this area do not always manifest clinically despite it taking a part in behavior, emotion and cognition. A deep understanding of the anatomy of the gray matter and associative pathways passing through the basal forebrain allows us to take a different look at clinical manifestations in the pre- and postoperative period. Based on the literature review, we tried to describe the anatomical, phylogenetic and functional connections of the basal forebrain with surrounding regions and analyze what changes in clinical symptoms appear when it is locally damaged.

Keywords: basal forebrain, anterior perforated substance, septal region

For citation: Ishkinin R.E., Pitskhelauri D.I., Bykanov A.E. Basal forebrain: anatomy and clinical presentation of injury. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2023;25(3):126–34. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2023-25-3-126-134

ВВЕДЕНИЕ

Изучение базального переднего мозга (БПМ) и выделение его как отдельной области началось лишь во второй половине XX в. Его функционально-патологическое значение впервые было отмечено в нейропсихиатрии: значительные биохимические и гистологические изменения в области БПМ описаны при шизофрении [1, 2], болезни Паркинсона [3–5] и болезни Альцгеймера [6–8].

Результаты клинических, физиологических и поведенческих исследований не оставляют сомнений в участии БПМ в базовых поведенческих, эмоциональных и высших когнитивных функциях [9–12].

Однако в нейрохирургических работах термин «базальный передний мозг», или basal forebrain, практически не встречается, несмотря на то что его опухолевое поражение наблюдается нами довольно часто,

в основном вместе с окружающими областями, такими как лобная доля, полюс височной доли и островок. Достаточно упомянуть, что, по нашим данным, частота распространения опухолей островковой доли на БПМ составляет до 30 % [13]. В современной литературе работы, касающиеся данной проблемы, немногочисленны. Сведения об опухолях с поражением БПМ встречаются в работах, содержащих описание опухолей септальной области [14, 15], поясной извилины [16], орбитофронтальной коры лобной доли [17], островковой доли [13, 18].

Хирургическое лечение опухолей БПМ имеет свои особенности, связанные с трудностью удаления опухоли вблизи перфорантных артерий. Кроме того, при вмешательствах на этой области в послеоперационном периоде возможно ухудшение функций многочисленных ядер и проводящих путей БПМ. На наш взгляд, это делает исследуемую область особенной и требует глубокого знания анатомии и клинической картины заболевания, что может быть полезно при разработке техники удаления опухоли и изучении последствий проведенного нейрохирургического вмешательства. Мы попытались проанализировать, какие изменения в клинической симптоматике появляются при локальном повреждении БПМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен поиск источников литературы в системах данных Cochrane Library, PubMed, Google Scholar с использованием ключевых слов: анатомия базального переднего мозга, опухоли базального переднего мозга, глиомы базального переднего мозга, сосудистые мальформации базального переднего мозга и переднего продырявленного вещества.

В качестве причины повреждения мы исследовали опухоли и сосудистые объемные образования БПМ, а также прямое повреждение во время хирургического вмешательства. Мы не рассматривали травматическое повреждение, поскольку трудно предположить изолированную травму глубинной области. Поиск литературы проведен на глубину 12 лет, за период с 2010 по 2021 г. В результате найдено 217 источников литературы. Использовали следующие критерии включения: 1) описание анатомии БПМ; 2) описание клинических случаев опухолей больших полушарий с поражением БПМ; 3) описание клинических случаев изолированных объемных образований БПМ; 4) публикации на русском и/или английском языках. В результате отбора был составлен список из 40 публикаций. Также в этот список вошли и более ранние потенциально значимые и фундаментальные исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе встречаются многочисленные определения БПМ. На наш взгляд, наиболее точно харак-

теризует его следующее определение: БПМ — гетерогенная группа структур конечного и промежуточного мозга субпаллиального происхождения, расположенная на вентральной поверхности мозга ниже передней комиссуры, включающая септальную область, прилежащее ядро (*nucleus accumbens*), безымянную субстанцию с ее базальным ядром Мейнерта, обонятельный бугорок и обонятельную кору [9, 11, 19, 20] (рис. 1).

Переднее продырявленное вещество является поверхностным ориентиром для БПМ [21]. Полному обзору нижняя поверхность переднего продырявленного вещества открывается только после частичного удаления крючка и полюса височной доли [19, 21]. Через переднее продырявленное вещество входят в головной мозг многочисленные мелкие веточки, поднимающиеся от внутренней сонной, передней хориоидальной, передней и средней мозговой артерий, — передние перфорантные артерии. Внутри БПМ передние перфорантные артерии разделяются на 2 группы артерий по отношению к передней комиссуре. Передняя группа участвует в кровоснабжении скорлупы и передних отделов внутренней капсулы, а задняя — бледного шара и задних отделов внутренней капсулы [22]. Отсутствие анастомозов этих ветвей между собой и неперекрываемость кровоснабжаемых ими территорий делают их сохранение наиболее важным этапом при оперативных вмешательствах на области БПМ. Подтверждением этому может служить то, что количество перфорантных артерий варьирует от 5 до 24, а окклюзия даже одной артерии может приводить к обширному инфаркту в области подкорковых ганглиев и внутренней капсулы [23, 24].

При диссекции поверхностного слоя белого вещества над медиальной и латеральной обонятельными полосками открываются сами пучки белого вещества, при этом медиальная полоска идет к паратерминальной извилине на медиальной поверхности полушария, расположенной перед конечной пластинкой, а латеральная направляется к области, где островок соединяется с височной долей (рис. 2) [19].

Кзади от них под тонким слоем серого вещества расположена безымянная субстанция (*substantia innominata*) — вентральная часть бледного шара (*ventral pallidum*), находящаяся в области переднего продырявленного вещества. Она расположена между собственно передним продырявленным веществом спереди и базально, передним бедром внутренней капсулы сверху, передней комиссурой сзади. Эта структура соответствует островкам серого вещества, что лежат под вентральным амигдалофугальным путем [22]. Одним из основных ее компонентов является базальное ядро Мейнерта. Верхнемедиальная часть безымянной субстанции, которая включает ядро ложа терминальной полоски (*bed nucleus of the stria terminalis*), распространяется в нижелатеральном направлении в сторону миндалины, вместе они составляют расширенную миндалину

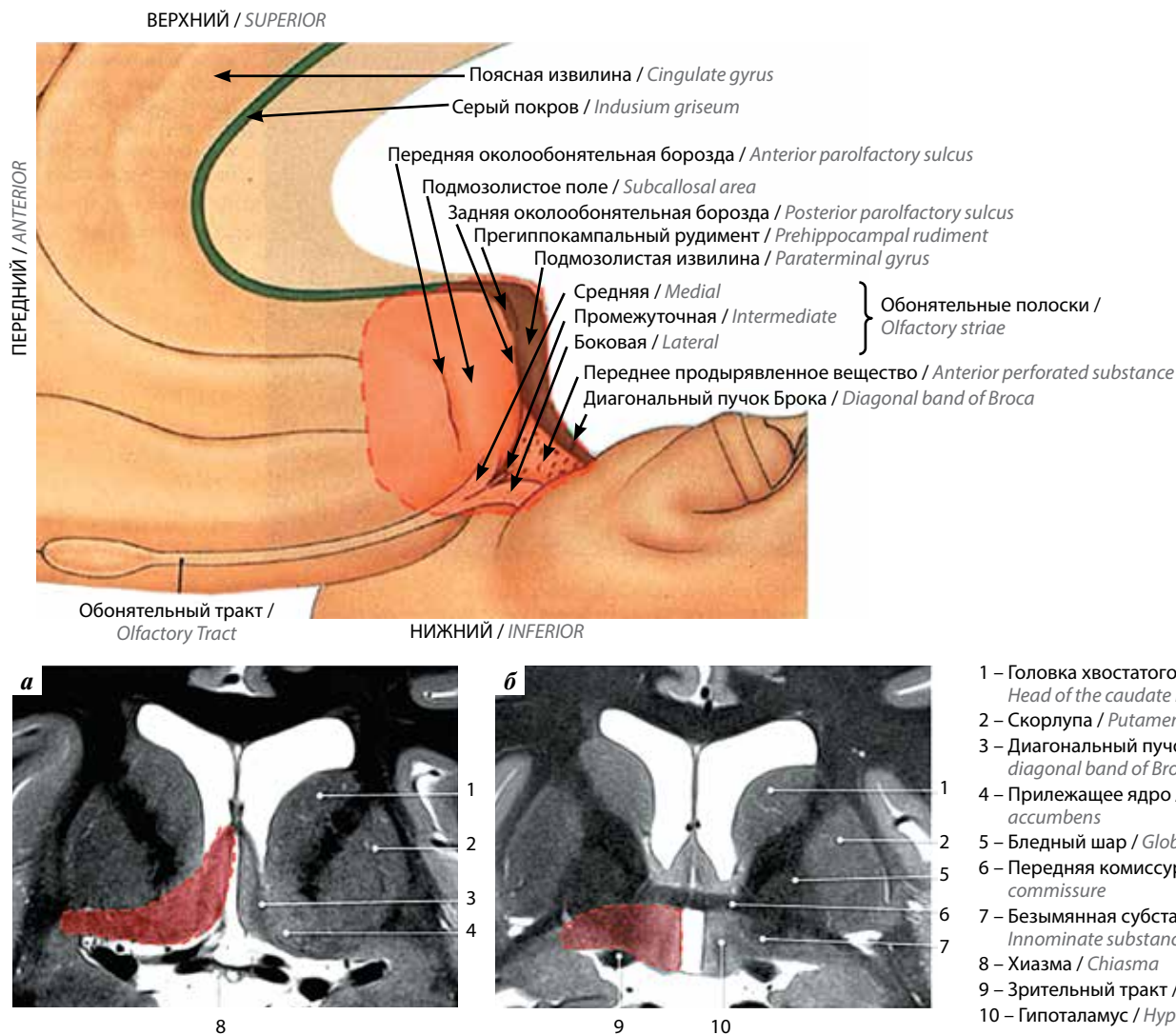


Рис. 1. Схематический рисунок головного мозга, сагиттальный срез [20] (а); коронарные срезы магнитно-резонансных томограмм головного мозга (б). Красным цветом выделена область базального переднего мозга

Fig. 1. Schematic drawing of the brain, sagittal section [20] (a); coronary sections of magnetic resonance images of the brain (b). The basal forebrain is highlighted in red

(extended amygdala) (рис. 3, а) [25]. Над обонятельными полосками перед безымянной субстанцией находится прилежащее ядро (nucleus accumbens – ventral striatum). Это ядро имеет треугольную форму и ограничено переднелатерально – крючковидным пучком, медиально – межполушарной щелью, сзади – диагональным пучком Брока [19]. Сверху прилежащее ядро тесно граничит с нижней поверхностью скорлупы и головкой хвостатого ядра, при этом четкой границы между ними нет (рис. 3, б) [26].

Кзади от безымянной субстанции можно обнаружить поперечно идущий пучок белых волокон от миндалины. Медиально этот пучок делится на передний и задний по отношению к передней комиссуре: передний – диагональный пучок Брока, или амигдалосептальные волокна, – идет к паратерминальной борозде; задний – амигдалогипоталамические волокна – идет

к гипоталамусу (рис. 4) [27]. Последний вместе с экстракапсулярным таламическим пучком (соединяет медиальные отделы таламуса с амигдалой и передними отделами височной доли [28]) и с лентикулярной петлей (волокна, идущие от медуллярной пластинки чечевицеобразного ядра к таламусу и субталамическому ядру [29]) образуют петлю ножек (anse peduncularis), идущую параллельно и ниже передней комиссуры. Эти пучки волокон вместе формируют вентральный амигдалофугальный путь, который противопоставлен терминальной полоске, содержащей дорсальный амигдалофугальный путь.

Септальная область, которая также входит в состав БПМ, расположена ниже клюва мозолистого тела, кпереди от передней комиссуры, терминальной пластинки и ядра ложа терминальной полоски, глубже субкаллезной коры. Она состоит из медиального

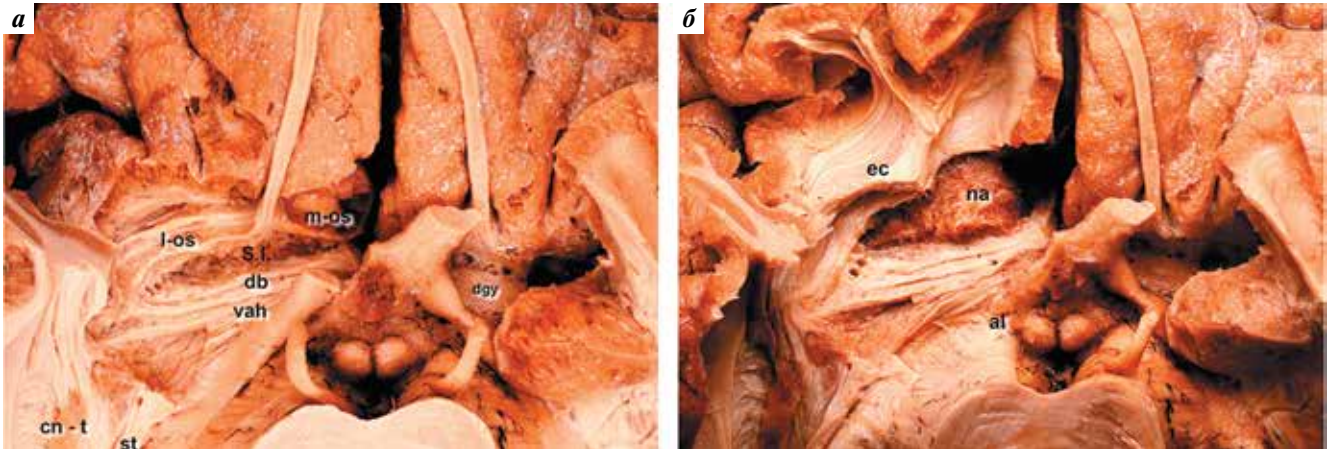


Рис. 2. Вид снизу на переднее продырявленное вещество и пошаговая диссекция базального переднего мозга: а — диссекция первого слоя волокон базального переднего мозга: кзади от обонятельного бугорка и обонятельных полосок визуализируется безымянная субстанция, а также диагональный пучок Брока и амигдалогипоталамические волокна; б — после удаления обонятельного бугорка, обонятельных полосок и части поперечных извилин островка визуализируется прилежащее ядро и латерально от него наружная капсула. al — ansa lenticularis (лентиккулярная петля); cn-t — tail of caudate nucleus (хвост хвостатого ядра); db — diagonal band of Broca (диагональный пучок Брока); dgy — diagonal gyrus (диагональная извилина); ec — external capsule (наружная капсула); l-os — lateral olfactory stria (латеральная обонятельная полоска); m-os — medial olfactory stria (медиальная обонятельная полоска); na — nucleus accumbens (прилежащее ядро); SI — innominate substance (безымянная субстанция); st — stria terminalis (терминальная полоска); vah — ventral amygdalohypothalamic fibers (вентральные амигдалогипоталамические волокна) [19]

Fig. 2. Inferior view of the anterior perforated substance and stepwise dissection of the basal forebrain: a — exposure of the first layer of fibers running in the basal forebrain: diagonal band of Broca and ventral amygdalohypothalamic fibers; б — removal of olfactory striae and of part of the transvers insular gyrus to expose the external capsule laterally and the nucleus accumbens. al — ansa lenticularis; cn-t — tail of caudate nucleus; db — diagonal band of Broca; dgy — diagonal gyrus; ec — external capsule; l-os — lateral olfactory stria; m-os — medial olfactory stria; na — nucleus accumbens; SI — innominate substance; st — stria terminalis; vah — ventral amygdalohypothalamic fibers [19]

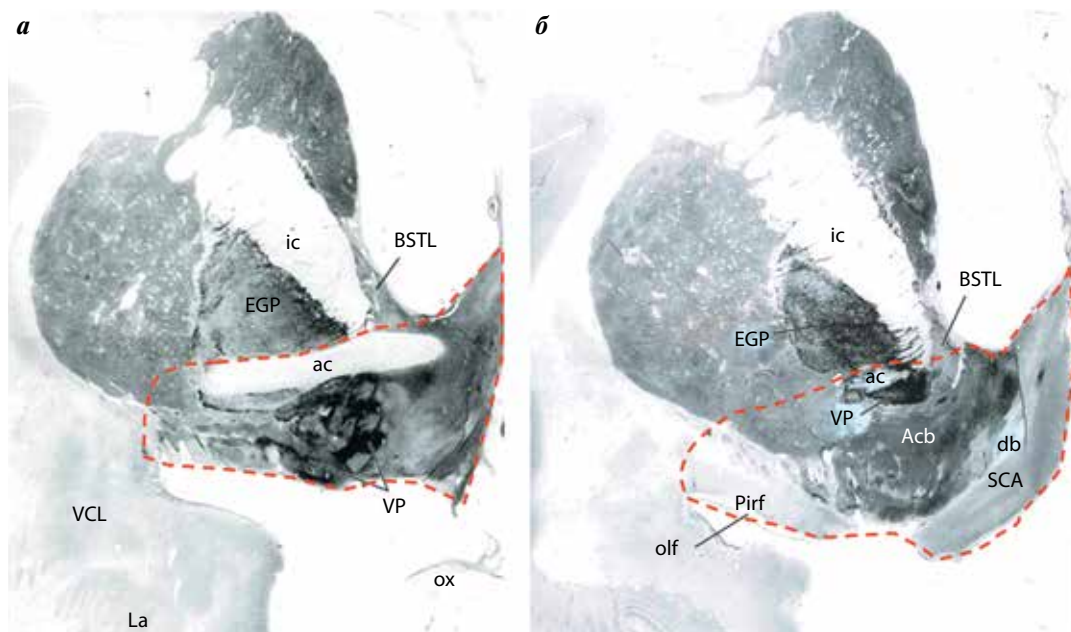


Рис. 3. Анатомический препарат. Окраска субстанцией Р (substance P). Фронтальный срез головного мозга на уровне передней спайки (а), кпереди от передней спайки (б). Красным цветом выделена область базального переднего мозга. Ac — anterior commissure (передняя коммиссура); Acb — accumbens (прилежащее ядро (вентральный стриатум)); db — diagonal band of Broca (диагональный пучок Брока); BSTL — lateral division of the bed nucleus of the stria terminalis (латеральная часть ядра ложа терминальной полоски); EGP — external segment of the globus pallidus (наружный сегмент бледного шара); ic — internal capsule (внутренняя капсула); La — lateral amygdala (латеральное ядро миндалин); olf — olfactory tract (латеральная полоска обонятельного тракта); ox — optic chiasm (хиазма); PirF — piriform cortex (грушевидная кора); SCA — subcallosal area (субкаллезная область); VCL — ventral claustrum (вентральная ограда); VP — ventral pallidum (вентральный бледный шар (безымянная субстанция)) [26]

Fig. 3. Substance P stained frontal section through the human brain: at the level of the anterior commissure (a), at a level just rostral to the crossing of the anterior commissure (b). The basal forebrain is highlighted in red. Ac — anterior commissure; Acb — accumbens; db — diagonal band of Broca; BSTL — lateral division of the bed nucleus of the stria terminalis; EGP — external segment of the globus pallidus; ic — internal capsule; La — lateral amygdala; olf — olfactory tract; ox — optic chiasm; PirF — piriform cortex; SCA — subcallosal area; VCL — ventral claustrum; VP — ventral pallidum [26]

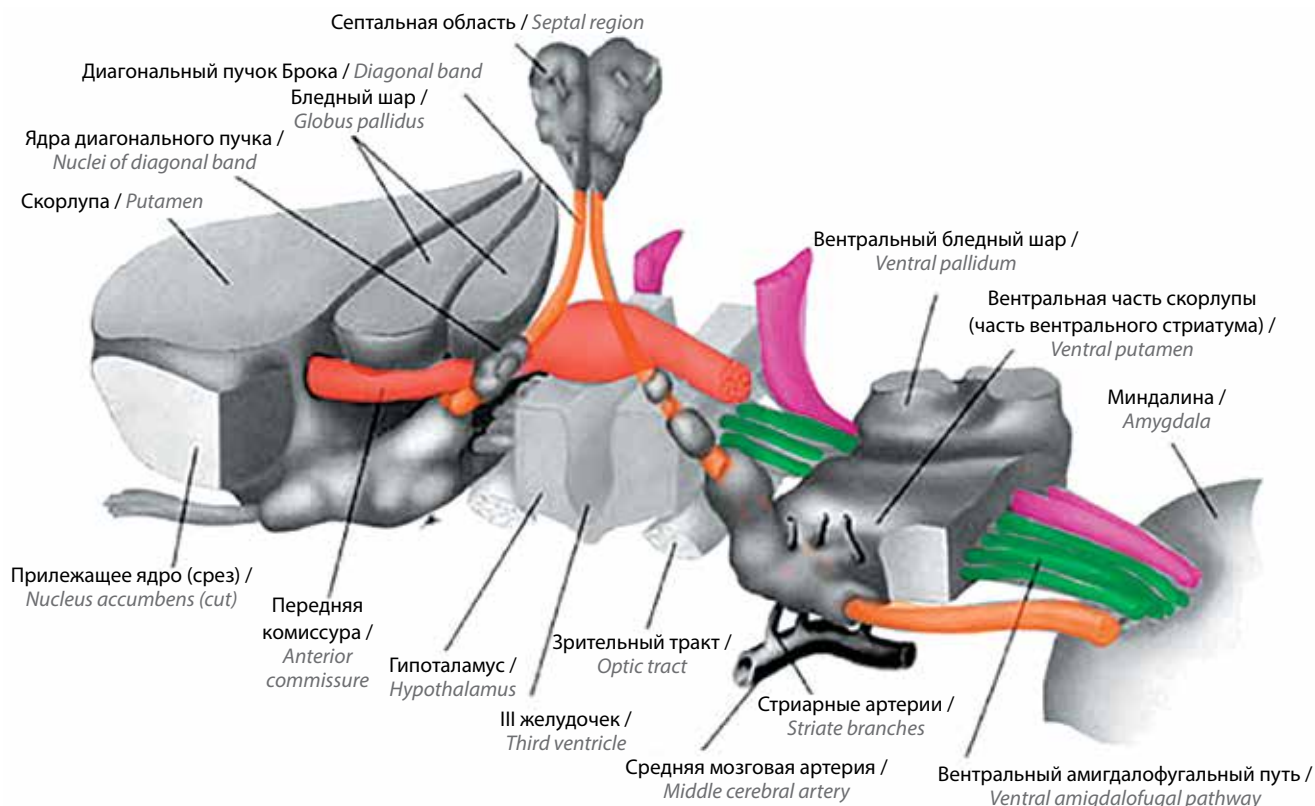


Рис. 4. Схематическое изображение пучков белого вещества в базальном переднем мозге. Желтым цветом выделены обонятельный тракт, обонятельные полоски и зрительный тракт, красным — передняя комиссура, оранжевым — диагональный пучок Брока, зеленым — вентральные амигдалогипоталамические волокна, фиолетовым — экстракапсулярная таламическая ножка [27]

Fig. 4. Schematic drawing of the basal forebrain. Yellow is the olfactory tract and olfactory stripes, the visual tract, red is the anterior commissura, orange is the diagonal band of Broca, green is the ventral amygdalohypothalamic fibers, purple is the extracapsular thalamic peduncle [27]

септального комплекса, включающего медиальные септальные ядра и ядра диагонального пучка Брока. Медиальный септальный комплекс связан с подставкой (subiculum) и энторинальной корой, а также с гипоталамусом. Прекомиссуральные волокна свода соединяют гиппокамп с комплексом медиальных септальных ядер и ядрами диагонального пучка Брока [25].

Строение коры БПМ также имеет свои особенности. Кора головного мозга исходя из филогенеза, региональной цитоархитектоники и кровоснабжения может быть разделена на 3 категории: аллокортекс, мезокортекс и неокортекс. Аллокортекс, наиболее древняя и примитивная кора, состоит всего из 3 или 4 слоев нейронов. В некоторых структурах (септальная область, миндалина, безымянная субстанция) слоистое строение отсутствует вовсе. Зона аллокортекса соответствует лимбической системе, к которой относятся обонятельная луковица, обонятельный тракт, обонятельный треугольник, переднее продырявленное вещество, поясная извилина, парагиппокампальная извилина, зубчатая извилина, гиппокамп, миндалевидное тело и сосцевидные тела [30, 31]. Мезокортекс соответствует паралимбическим структурам, к которым относятся орбитофронтальная кора, островок

и полюс височной доли. Они имеют строение из 3 или 5 слоев корковых нейронов, занимающих промежуточное положение между аллокортексом и шестислойной корой неокортекса [32–34]. Островок, орбитофронтальная кора и полюс височной доли развиваются филогенетически вокруг обонятельного аллокортекса [33], что отражается на характере роста низкоквалифицированных глиом. Впервые на эти особенности обратил внимание I.N. Filimonoff в 1947 г. [35]. Позже такой же характер роста отмечает в своих работах P.I. Yakovlev [36]. Однако долгое время эти идеи не получали широкого распространения. И лишь в 1992 г. M.G. Yaşargil возобновил интерес к этой проблеме. Как оказалось, диффузные глиальные опухоли, за исключением агрессивных высокозлокачественных опухолей, имеют склонность к распространению в пределах алло- и мезокортекса с минимальным повреждением неокортекса и базальных ганглиев [34–36]. Связь БПМ с островком, орбитофронтальной корой и полюсом височной доли имеет под собой также нейрохимическую и нейрофизиологическую основу. Нейроны базального ядра Мейнерта дают основную холинергическую иннервацию коре головного мозга. Высокая концентрация ацетилхолинэстеразы в гранулярном и дисгранулярном слое островка, орбитальной коре и полюсе

височной доли показывает тесную связь со структурами БПМ [33].

Кровоснабжение структур конечного мозга также имеет филогенетические особенности. Так, наиболее примитивные центральные зоны, к которым помимо прочих относятся структуры лимбической системы, получают кровь от перфорантных артерий. Венозный дренаж осуществляется через глубокие субэпендимальные и стриарные вены во внутренние мозговые вены и вену Галена. Неокортекс получает кровоснабжение из периферических лептоменингеальных артерий и дренирует кровь в поверхностную венозную систему. Структуры паралимбической системы при этом занимают промежуточное положение — они получают кровь как из перфорантных артерий, так и из лептоменингеальных артерий, а дренаж осуществляется в поверхностную и глубокую венозные системы. Этот уникальный сосудистый рисунок имеет хирургическое значение и, возможно, играет роль в специфическом распространении опухолей лимбической и паралимбической системы [34, 36].

В связи с характером распространения опухоли в пределах лимбической и паралимбической систем редко можно встретить изолированные опухоли этой области, соответственно, сложно дифференцировать, какую специфику привносит опухолевое поражение БПМ в клиническую симптоматику у таких пациентов. Исходя из описания функций структур БПМ, при его опухолевом поражении стоило бы ожидать яркой клинической симптоматики, отличающейся от клинической симптоматики при опухолях височно-лобно-островковой локализации. Однако в проанализированных работах были получены противоречивые данные. Стоит отметить, что в доступной литературе работы по изолированному поражению опухолью БПМ представлены описанием единичных случаев. Поэтому мы попытались сопоставить локализацию патологического процесса на пред- и послеоперационных изображениях, полученных при обследовании пациентов с поражением БПМ, функцию поврежденной анатомической структуры и клиническое проявление.

В одной из работ [11] описан случай изолированной низкоклеточной диффузной глиомы БПМ. В дооперационной клинической картине у пациента имелись жалобы на неконтролируемые парциальные сложные приступы с частотой до 25 раз в месяц, подтвержденные при электроэнцефалографии. При дооперационном обследовании не было выявлено специфических нейропсихологических нарушений. При послеоперационной магнитно-резонансной томографии (МРТ) у пациента обнаружено изолированное небольшое повреждение в области правого диагонального пучка, преоптикогипоталамической области, в области паратерминальной извилины и минимальное повреждение в области базального ядра Мейнерта. При этом у пациента отмечались грубая хроническая

антероградная амнезия и частичная ретроградная амнезия. В раннем послеоперационном периоде у него наблюдались конфабуляции и нарушения восприятия действительности, которые разрешились к моменту выписки. Несахарный диабет, нарушение сексуального поведения (снижение влечения), агрессивность (которые также самостоятельно разрешились) авторы связывают с повреждением в преоптикогипоталамической области, а нарушения памяти — с повреждением проводящих путей БПМ, дающих основную холинергическую иннервацию гиппокампу и миндалине.

В более крупных сериях наблюдений, в которых описывают распространенные опухоли с поражением БПМ и септальной области, специфической нейропсихологической симптоматики, отмеченной выше, у пациентов выявлено не было [13–18, 38]. В найденных работах с описанием распространения опухоли на область БПМ из поясной извилины и прозрачной перегородки в общей сложности представлено 59 пациентов [14–16, 37]. В клинической картине заболевания у этих пациентов преобладали жалобы на головные боли, эпилептические приступы и симптомы окклюзионной гидроцефалии. Когнитивных и психических изменений в до- и послеоперационном периоде в этих работах не отмечают, однако также нет данных, был ли проведен у этих пациентов осмотр нейропсихологом. В работах по изучению диффузных глиом островка нередко демонстрируются МРТ-изображения, на которых опухоль распространяется медиально и поражает область БПМ [13, 17, 18]. В этих работах нет отдельного описания клинической картины при распространении опухоли в септальную область и область переднего продырявленного вещества, однако в общем описании симптоматики как в до-, так и в послеоперационном периоде нет данных о каких-либо грубых когнитивных и психических нарушениях. Отсутствие таких нарушений может быть связано с тем, что опухоли, распространяющиеся на область БПМ, не распространяются на подкорковые ядра и ядра серого вещества (прилежащее ядро и безымянную субстанцию). Как известно, при диффузных глиомах опухолевые клетки преимущественно распространяются вдоль миелиновых волокон в трактах белого вещества. В таком случае опухолевое поражение вентрального амигдалофугального пути БПМ компенсируется наличием дорсального амигдалофугального пути терминальной полосы. Отсутствие симптоматики в послеоперационном периоде объясняется тем, что удаление опухоли этой области при распространении из островковой доли, как правило, не выполняется в связи с крайне высоким риском повреждения лентикулостриарных артерий.

Мнестические нарушения описывают при повреждении БПМ вследствие разрыва аневризмы передней

соединительной артерии [38], передней мозговой артерии и удаления артериовенозной мальформации из области БПМ [39]. При разрыве аневризмы передней мозговой или передней соединительной артерии нарушения поведения характеризовались выраженным амнестическим синдромом, изменениями личности, нарушениями восприятия действительности и конфабляциями. При описании случая удаления артериовенозной мальформации БПМ слева в дооперационном периоде при нейропсихологическом тестировании явных нарушений выявлено не было. Во время удаления артериовенозной мальформации были визуализированы своды, которые остались интактными, перфорантные артерии были сохранены. При послеоперационном исследовании отмечены повреждения в области

безымянной субстанции и септальных ядер. В неврологическом статусе у пациента явного неврологического дефицита выявлено не было. Однако при нейропсихологическом тестировании через 1 нед после операции зафиксированы выраженные нарушения слухоречевой и зрительной памяти. При осмотре через 7 нед после операции у пациента нарушения памяти частично регрессировали, однако родственники пациента отмечали появление эмоциональной лабильности, легкой эйфории и безразличия к своему состоянию. Стоит отметить, что клиническая симптоматика при опухолевом поражении может быть несопоставима с клиническими проявлениями при хирургии артериовенозных мальформаций и при разрыве аневризмы с поражением БПМ в связи с возможными сосудистыми нарушениями.

Структуры базального переднего мозга с описанием их функций

Structures of the basal forebrain with description of their functions

Структура Structure	Описание Description	Функция Function
Прилежащее ядро Nucleus accumbens	Часть стриарного комплекса, расположенная под передним бедром внутренней капсулы и соединяющая головку хвостатого ядра и скорлупу Part of the striatum located in front of the anterior limb of the internal capsule and connecting the head of the caudate nucleus with the putamen	Часть мезолимбического пути, участвующего в системе вознаграждений, формировании чувства удовольствия, смеха, зависимости, агрессии, страха и эффекта плацебо Part of the mesolimbic pathway taking part in the reward system, pleasure formation, laughter, addiction, aggression, fear, and placebo effect
Безымянная субстанция Substantia innominata	Вентральная часть бледного шара — соответствует островкам серого вещества, которые лежат над вентральным амигдалофугальным путем. Одним из его компонентов является базальное ядро Мейнерта Ventral part of the globus pallidus, corresponds to the islands of grey matter lying above the ventral amygdalofugal pathway. The nucleus basalis of Meynert is one of its parts	Эмоции, память, обучение Emotions, memory, learning
Обонятельные полоски Olfactory stria	Отходят от обонятельного бугорка, медиально идут к крючку и латерально к порогу островка Split from the olfactory tubercle, medially travel to the uncinate fasciculus and laterally to the limen insulae	Обоняние Olfaction
Пучок Брока Broca's bundle	Соединяет паратерминальную извилину с миндалиной и с крючком височной доли Connects the subcallosal gyrus with the amygdala and the uncinate fasciculus	Эмоции, обучение Emotions, learning
Вентральные амигдалогипоталамические волокна Ventral amygdalohypothalamic pathway	Соединяют дорсомедиальную часть амигдалы с преоптическо-гипоталамической зоной Connects the dorsomedial part of the amygdala with the hypothalamic preoptic area	Пищевое поведение Eating behavior
Лентикулярная петля Lenticular fasciculus (ansa lenticularis)	Соединяет бледный шар с таламусом, субталамическими и мезэнцефальными ядрами Connects the globus pallidus with the thalamus, subthalamic and mesencephalic nuclei	Часть экстрапирамидной системы Part of the extrapyramidal system
Экстракапсулярная таламическая ножка Extracapsular thalamic peduncle	Пучок белого вещества, соединяющий медиальные отделы таламуса с амигдалой и передней височной корой A bundle of white matter connecting the medial thalamus with the amygdala and anterior temporal cortex	Память, эмоции Memory, emotions

ями и перестроением кровообращения в прилегающих областях.

Обобщая проанализированный материал, можно сказать, что, несмотря на насыщенность БПМ проводящими путями и ядрами, участвующими в когнитивных процессах и связывающими другие значимые области головного мозга, значимый вклад в клиническую симптоматику со стороны БПМ не так очевиден. При изолированных поражениях БПМ, как правило, преобладают нарушения памяти, которые смешиваются с клиническими проявлениями поражения других отделов лимбической системы при распространенных опухолях этой локализации. Однако в имеющихся в настоящее время исследованиях не приводятся данные о проведении тестов по оценке других функций структур БПМ (см. таблицу), таких как обоняние, пищевое поведение, мотивация, формирование чувства

удовольствия, смеха, зависимости, агрессии, страха и эффекта плацебо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Область БПМ характеризуется сложной анатомией с множеством ядер и проводящих путей. Несмотря на участие структур БПМ в поведенческих, эмоциональных и высших когнитивных функциях, поражения в области БПМ при опухолевом заболевании или прямом повреждении не всегда проявляются клинически. Для большего понимания функций БПМ и клинических проявлений при объемном образовании БПМ, а также реакции на хирургическое вмешательство необходимы дальнейшие исследования с использованием данных до- и послеоперационных осмотров нейрорепсихологом, а также с сопоставлением полученной информации с данными МРТ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Heimer L. Basal forebrain in the context of schizophrenia. *Brain Res Brain Res Rev* 2000;31(2–3):205–35. DOI: 10.1016/s0165-0173(99)00039-9
- Avram M., Grothe M.J., Meinhold L. et al. Lower cholinergic basal forebrain volumes link with cognitive difficulties in schizophrenia. *Neuropsychopharmacology* 2021;46(13):2320–9. DOI: 10.1038/s41386-021-01070-x
- Wilson J., Yarnall A.J., Craig C.E. et al. Cholinergic basal forebrain volumes predict gait decline in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2021;36(3):611–21. DOI: 10.1002/mds.28453
- Gang M., Baba T., Hosokai Y. et al. Clinical and cerebral metabolic changes in Parkinson's disease with basal forebrain atrophy. *Mov Disord* 2020;35(5):825–32. DOI: 10.1002/mds.27988
- Barrett M.J., Blair J.C., Sperling S.A. et al. Baseline symptoms and basal forebrain volume predict future psychosis in early Parkinson disease. *Neurology* 2018;90(18):e1618–e26. DOI: 10.1212/wnl.0000000000005421
- Nicolas B., Alessandra D., Daniela P. et al. Basal forebrain metabolism in Alzheimer's disease continuum: relationship with education. *Neurobiol Aging* 2020;87:70–7. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.11.013
- Fernández-Cabello S., Kronbichler M., Van Dijk K.R.A. et al. Basal forebrain volume reliably predicts the cortical spread of Alzheimer's degeneration. *Brain* 2020;143(3):993–1009. DOI: 10.1093/brain/awaa012
- Teipel S.J., Fritz H.C., Grothe M.J. et al. Neuropathologic features associated with basal forebrain atrophy in Alzheimer disease. *Neurology* 2020;95(10):e1301–e11. DOI: 10.1212/wnl.0000000000010192
- Alheid G.F., Heimer L. New perspectives in basal forebrain organization of special relevance for neuropsychiatric disorders: the striatopallidal, amygdaloid, and corticopetal components of substantia innominata. *Neuroscience* 1988;27(1):1–39. DOI: 10.1016/0306-4522(88)90217-5
- Heimer L., Harlan R.E., Alheid G.F. et al. Substantia innominata: a notion which impedes clinical-anatomical correlations in neuropsychiatric disorders. *Neuroscience* 1997;76(4):957–1006. DOI: 10.1016/s0306-4522(96)00405-8
- Morris M.K., Bowers D., Chatterjee A. et al. Amnesia following a discrete basal forebrain lesion. *Brain* 1992;115(Pt 6):1827–47. DOI: 10.1093/brain/115.6.1827
- Zaborszky L., Csordas A., Mosca K. et al. Neurons in the basal forebrain project to the cortex in a complex topographic organization that reflects corticocortical connectivity patterns: an experimental study based on retrograde tracing and 3D reconstruction. *Cereb Cortex* 2015;25(1):118–37. DOI: 10.1093/cercor/bht210
- Pitskhelauri D., Bykanov A., Konovalov A. et al. Transsylvian insular glioma surgery: new classification system, clinical outcome in a consecutive series of 79 cases. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2021;20(6):541–8. DOI: 10.1093/ons/opab051
- Chiang J.C.H., Harrell J.H., Tanaka R. et al. Septal dysembryoplastic neuroepithelial tumor: a comprehensive clinical, imaging, histopathologic, and molecular analysis. *Neuro Oncol* 2019;21(6):800–8. DOI: 10.1093/neuonc/noz037
- Narvaez E., Inada B., Almeida P. et al. Myxoid glioneuronal tumour – report of three cases of a new tumour in a typical location and review of literature. *BJR Case Rep* 2021;7:20200139. DOI: 10.1259/bjrcr.20200139
- Von Lehe M., Schramm J. Gliomas of the cingulate gyrus: surgical management and functional outcome. *Neurosurg Focus* 2009;27(2):E9. DOI: 10.3171/2009.6.focus09104
- Yağmurlu K., Oguz K.K., Shaffrey M.E., Mut M. Orbitofrontal extensions of the insular glioma based on subdivision of the uncinate fasciculus. *J Clin Neurosci* 2020;78:376–86. DOI: 10.1016/j.jocn.2020.04.091
- Michaud K., Duffau H. Surgery of insular and paralimbic diffuse low-grade gliomas: technical considerations. *J Neurooncol* 2016;130(2):289–98. DOI: 10.1007/s11060-016-2120-2
- Serra C., Akeret K., Maldaner N. et al. A White matter fiber microdissection study of the anterior perforated substance and the basal forebrain: a gateway to the basal ganglia? *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2019;17(3):311–20. DOI: 10.1093/ons/opy345
- Mark L.P., Daniels D.L., Naidich T.P. et al. Anatomic moment. The septal area. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15(2):273–6.
- D'Avila A.A., Schneider F.L. [Microsurgical anatomy of the human basal anterior perforated substance (In Portuguese)]. *Arq Neuropsiquiatr* 2006;64(2A):249–58. DOI: 10.1590/s0004-282x2006000200015
- Ribas E.C., Yağmurlu K., de Oliveira E. et al. Microsurgical anatomy of the central core of the brain. *J Neurosurg* 2018;129(3):752–69. DOI: 10.3171/2017.5.JNS162897

23. Marinkovic S., Gibo H., Milisavljevic M., Cetkovic M. Anatomic and clinical correlations of the lenticulostriate arteries. *Clin Anat* 2001;14(3):190–5. DOI: 10.1002/ca.1032
24. Marinković S.V., Kovacević M.S., Marinković J.M. Perforating branches of the middle cerebral artery. Microsurgical anatomy of their extracerebral segments. *J Neurosurg* 1985;63(2):266–71. DOI: 10.3171/jns.1985.63.2.0266
25. Baydin S., Yagmurcu K., Tanriover N. et al. Microsurgical and fiber tract anatomy of the nucleus accumbens. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2016;12(3):269–88. DOI: 10.1227/neu.0000000000001133
26. Sakamoto N., Pearson J., Shinoda K. et al. The human basal forebrain. Part I. An overview. In: *Handbook of chemical neuroanatomy*. Ed. by F.E. Bloom, A. Björklund, T. Hökfelt. Elsevier, 1999. Pp. 1–55.
27. Hendelman W. *Atlas of functional neuroanatomy*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015.
28. Serra C., Türe U., Krayenbühl N. et al. Topographic classification of the thalamus surfaces related to microneurosurgery: a white matter fiber microdissection study. *World Neurosurg* 2017;97: 438–52. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.09.101
29. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. Ed. by S. Standring. Elsevier, 2008.
30. Köster R., Meyer N. The limbic system: a review of its empirical foundation. *Behav Brain Res* 1992;52(2):105–27. DOI: 10.1016/s0166-4328(05)80221-9
31. Roxo M.R., Franceschini P.R., Zubarán C. et al. The limbic system conception and its historical evolution. *ScientificWorldJournal* 2011;11:2428–41. DOI: 10.1100/2011/157150
32. Klingler J., Gloor P. The connections of the amygdala and of the anterior temporal cortex in the human brain. *J Comp Neurol* 1960;115:333–69. DOI: 10.1002/cne.901150305
33. Mesulam M.M., Mufson E.J. Insula of the old world monkey. I. Architectonics in the insulo-orbito-temporal component of the paralimbic brain. *J Comp Neurol* 1982;212(1):1–22. DOI: 10.1002/cne.902120102
34. Yaşargil M.G., von Ammon K., Cavazos E. et al. Tumours of the limbic and paralimbic systems. *Acta Neurochir (Wien)* 1992; 118(1–2):40–52. DOI: 10.1007/bf01400725
35. Filimonoff I.N. A rational subdivision of the cerebral cortex. *Arch Neurol Psychiatry* 1947;58(3):296–311. DOI: 10.1001/archneurpsyc.1947.02300320047002
36. Yakovlev P.I. Pathoarchitectonic studies of cerebral malformations. III. Arrhinencephalies (holotelencephalies). *J Neuropathol Exp Neurol* 1959;18(1):22–55. DOI: 10.1097/00005072-195901000-00003
37. Page L.K., Clark R. Gliomas of the septal area in children. *Neurosurgery* 1981;8(6):651–5. DOI: 10.1227/00006123-198106000-00003
38. Лурья А.Р., Коновалов А.Н., Подгорная А.Я. Расстройства памяти в клинике аневризм передней соединительной артерии. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1970. 121 с.
 Luria A.R., Kononov A.N., Podgornaya A.Ya. Memory disorders in the clinic of aneurysms of the anterior connective artery. Moscow: Izd-vo Mosk. Un-ta, 1970. 121 p.
39. Damasio A.R., Graff-Radford N.R., Eslinger P.J. et al. Amnesia following basal forebrain lesions. *Arch Neurol* 1985;42(3):263–71. DOI: 10.1001/archneur.1985.04060030081013

Вклад авторов

Р.Э. Ишкинин, Д.И. Пицхелаури, А.Е. Быканов: поиск и анализ публикаций по теме статьи, написание текста статьи.

Authors' contribution

R.E. Ishkinin, D.I. Pitskhelauri, A.E. Bykanov: search and analysis of publications on the topic of the article, writing the text of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

Р.Э. Ишкинин / R.E. Ishkinin: <https://orcid.org/0000-0003-4695-3715>

Д.И. Пицхелаури / D.I. Pitskhelauri: <https://orcid.org/0000-0003-0374-7970>

А.Е. Быканов / A.E. Bykanov: <https://orcid.org/0000-0002-0588-4779>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 10.02.2022. Принята к публикации: 13.06.2023.

Article received: 10.02.2022. Accepted for publication: 13.06.2023.