

Д.Ю. Усачев, А.Н. Коновалов, **А.А. Потапов**,
И.Н. Пронин, Н.А. Коновалов, А.В. Голанов,
Г.В. Данилов, Г.Л. Кобяков, А.Н. Шкарубо



Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко,
Москва, Российская Федерация

Современная нейрохирургия: междисциплинарная интеграция компетенций и технологий

Современная нейрохирургия базируется на комплексной интеграции достижений фундаментальных и прикладных нейронаук и технологий. Значительное количество разных диагностических и лечебных подходов применяется с целью продлить жизнь пациента и максимально сохранить ее качество. При этом нейрохирургия — единственная клиническая дисциплина, в рамках которой возможно прямое наблюдение работы живого мозга человека. Большие объемы информации о состоянии нервной системы и о ее патологии, рутинно порождаемые в нейрохирургии, привлекают специалистов смежных медицинских и биологических наук для проведения комплексных исследований. Такое тесное сотрудничество врачей, биологов, химиков, физиков, математиков, инженеров и других специалистов обеспечивает быстрое и непрерывное совершенствование методов хирургического лечения патологии нервной системы. Настоящая статья знакомит со спектром технологий в современной нейрохирургии, исследовательских задач, стоящих перед врачами этой специальности, а также кратко освещает деятельность Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко — головного нейрохирургического учреждения Российской Федерации — в приоритетных клинических и научных направлениях.

Ключевые слова: Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, нейрохирургия, исследования, образование

Для цитирования: Усачев Д.Ю., Коновалов А.Н., **Потапов А.А.**, Пронин И.Н., Коновалов Н.А., Голанов А.В., Данилов Г.В., Кобяков Г.Л., Шкарубо А.Н. Современная нейрохирургия: междисциплинарная интеграция компетенций и технологий. *Вестник РАМН.* 2022;77(4):267–275. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn2178>

267

Введение

Современная нейрохирургия базируется на комплексной интеграции достижений фундаментальных и прикладных нейронаук, привлекая большой арсенал высоких медицинских технологий [1]. Фундаментальные медицинские науки, такие как нейроанатомия, нейроморфология, патофизиология, молекулярная и клеточная нейрогенетика, нейрорадиобиология и др., создают фундамент знаний, на которых строится диагностическая и лечебная

тактика. Смежные с нейрохирургией прикладные клинические дисциплины — неврология, нейропсихология, нейропсихиатрия, нейроэндокринология, нейрорадиология, нейроанестезиология, нейрореаниматология, нейрореабилитология и т.д. — обеспечивают комплексный, междисциплинарный подход к оказанию медицинской помощи. Высокие медицинские технологии (нейровизуализация, микронеурхирургия, эндоскопия, эндоваскулярная, функциональная нейрохирургия, реконструктивные вмешательства, стереотаксическая радиохирургия,

D.Y. Usachev, A.N. Konovalov, A.A. Potapov, I.N. Pronin, N.A. Konovalov, A.V. Golanov,
G.V. Danilov, G.L. Kobayakov, A.N. Shkarubo

National Medical Research Center for Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko,
Moscow, Russian Federation

Modern Neurosurgery — the Multidisciplinary Integration of Competences and Technologies

Modern neurosurgery is based on the complex integration of basic and applied neurosciences and technologies. A significant number of different diagnostic and therapeutic approaches are used to prolong a patient's life and preserve its quality to the maximum. At the same time, neurosurgery is the only clinical discipline providing direct access to the living human brain. A large body of information on the nervous system state and pathology, routinely generated in neurosurgery, attract specialists from the related medical and biological sciences. Such close cooperation of physicians, biologists, chemists, physicists, mathematicians, engineers, and other specialists ensures rapid and continuous improvement of neurosurgical treatment. This article highlights the spectrum of technologies in modern neurosurgery, the research tasks facing this specialty, and briefly the activities of the National Medical Research Center for Neurosurgery named after academician N.N. Burdenko — the leading neurosurgical institution of the Russian Federation — in priority clinical and scientific areas.

Keywords: National Medical Research Center for Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko, neurosurgery, research, education

For citation: Usachev DY, Konovalov AN, **Potapov AA**, Pronin IN, Konovalov NA, Golanov AV, Danilov GV, Kobayakov GL, Shkarubo AN. Modern Neurosurgery — the Multidisciplinary Integration of Competences and Technologies. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2022;77(4):267–275. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn2178>

компьютерное моделирование и аддитивные технологии, робототехника, навигационные системы, метаболическая навигация, биоинформатический анализ, методы искусственного интеллекта и пр.) обуславливают эффективность лечения при минимизации его рисков. Значительное количество разных диагностических и лечебных подходов применяется с целью продлить жизнь пациента и максимально сохранить ее качество [2]. При этом нейрохирургия — единственная клиническая дисциплина, в рамках которой возможно непосредственное наблюдение работы живого мозга человека. Большие объемы информации о состоянии нервной системы и ее патологии, рутинно порождаемые в нейрохирургии, привлекают специалистов смежных медицинских и биологических наук для проведения комплексных исследований. Такое тесное сотрудничество врачей, биологов, химиков, физиков, математиков, инженеров и других специалистов обеспечивает быстрое и непрерывное совершенствование методов хирургического лечения патологии нервной системы.

Настоящая статья тезисно знакомит с основными технологиями и приоритетными направлениями исследований в современной нейрохирургии, а также с реализацией этих технологий и направлений в Национальном медицинском исследовательском центре нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко (НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко) — головном нейрохирургическом учреждении Российской Федерации.

Комплексная нейровизуализация

Технологии нейровизуализации играют ключевую роль в современной нейрохирургии. Спектр методов лучевой диагностики сегодня широк и включает магнитно-резонансную томографию (МРТ) в разных модальностях (перфузионные, диффузионно-взвешенные, диффузионно-тензорные, диффузионно-куртозисные режимы, контрастное усиление, спектроскопию и др.), компьютерную томографию (КТ), в том числе в режиме перфузии, позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ) с разными радиофармпрепаратами и пр. Эти технологии позволяют неинвазивно оценивать макро- и микроструктуру, траекторию проводящих путей, кровотоков, метаболизм и функциональное состояние нервной системы, идентифицировать границы и дифференцировать тканевые характеристики патологического субстрата, определять степень злокачественности опухоли [3, 4]. Комплексная нейровизуализация помогает изучить взаимоотношения патологических образований с критически важными структурами и спланировать оптимальные доступ и объем хирургического вмешательства. Проведение лучевых исследований в динамике дает возможность оценить эффективность выполненных вмешательств, определить тактику последующего лечения или наблюдения, выявить признаки прогрессии или регресса заболевания.

Важное научное направление — разработка новых алгоритмов проведения и постобработки функциональной МРТ (фМРТ) головного мозга, которая позволяет неинвазивно картировать функционально значимые зоны коры головного мозга [5]. Данная методика незаменима в хирургии образований, расположенных вблизи функциональных зон речи и движений. Для задач нейроонкологии разрабатываются новые радиофармпрепараты, позволяющие добиться максимальной чувствительности и специфичности в дифференциальной диагностике зло-

качественных глиом и первичных лимфом центральной нервной системы с помощью ПЭТ-КТ [6, 7].

Микронеурхирургия

Внедрение принципов микрохирургии радикально изменило качество оказания нейрохирургической помощи по поводу органической патологии нервной системы, включая патологию экстракраниальных сосудов, повысило ее эффективность и безопасность [8]. Глубокое знание микронеуроанатомии и увеличительная техника позволяют с минимальной агрессией проводить манипуляции на здоровых и патологических образованиях нервной системы, уменьшая травматичность операций [9, 10]. Микрохирургическая техника нейрохирургов достигла высокого уровня. Появились минимально инвазивные подходы и новые технологические решения [11]. Значительный вклад в развитие микронеурхирургии в Российской Федерации внес академик А.Н. Коновалов [12, 13]. Особого внимания заслуживают разработки профессора Д.И. Пицхелаури, в том числе устройство управления операционным микроскопом без участия рук хирурга, которое в последние годы позволило значительно усовершенствовать технику минимально инвазивной нейрохирургии (подходы «key-hole») с возможностью уменьшения трепанационного окна в специальных условиях до 14 мм (подход «bug hole») [14–16]. Новым словом в микрохирургии стало появление экзоскопа — стереоскопического устройства визуализации высокого разрешения, переносимого увеличенное изображение хирургической раны на внешний монитор.

Принципы микронеурхирургии обеспечивают высокое качество пособий на сосудах головного мозга при операциях по поводу аневризм и артериовенозных мальформаций, реваскуляризирующих и других вмешательствах [17–20].

Нейронавигация, интраоперационная диагностика и нейрофизиологический мониторинг

Сегодня высокоточные рамные и безрамные нейронавигационные технологии в совокупности с широкими возможностями нейровизуализации позволяют планировать оптимальную траекторию доступа к мишеням внутри черепа. Безрамные навигационные системы, в частности, активно применяются в трансназальной эндоскопической хирургии образований основания черепа. Сегодня в Российской Федерации разрабатываются отечественные системы нейронавигации. Современным направлением в нейрохирургии является использование интраоперационной визуализации — МРТ и КТ. В настоящее время в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко действует гибридная операционная с интраоперационным МРТ высокого поля, позволяющая выполнять исследования в процессе нейрохирургической операции. При этом применение интраоперационного КТ в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко в последние годы стало рутинной процедурой [21].

В хирургии опухолей нервной системы применяется так называемая метаболическая навигация, или флюоресцентная диагностика, — интраоперационная визуализация опухолевой ткани с помощью препарата 5-аминолевуленовой кислоты, обладающей индуцируемым

флуоресцентным эффектом. Использование метаболической навигации позволяет идентифицировать и удалить участки опухоли, невидимые через микроскоп при естественном освещении [22].

Операции на нервной системе немислимы без контроля ее витальных и других критически важных функций [23, 24]. Для обеспечения мониторинга функциональной сохранности структур мозга применяют методы нейрофизиологического контроля, а именно отведение электрических потенциалов от нервных структур. Такой подход важен при манипуляциях в области двигательных и речевых центров, рядом с нервами. С помощью нейрофизиологического оборудования сегодня стало возможным исследование проводящих путей, например анализ кортико-кортикальных вызванных потенциалов в проекции центров речи. Современное анестезиологическое обеспечение также позволяет проводить нейрохирургические вмешательства в условиях пробуждения пациента для оценки сохранности его речевых функций [25].

Применение систем интраоперационной идентификации функционально значимых структур нервной системы позволяет максимально сохранять важные образования. Это направление активно развивается в современной нейрохирургии. Так, одна из последних разработок заслуженного изобретателя России профессора А.Н. Шкарубо — оптико-хирургическое устройство для обнаружения и распознавания нейроваскулярных структур в объеме биологической ткани — включена в список 10 лучших изобретений России в 2021 г. по версии Роспатента.

Эндоскопическая, эндоваскулярная, функциональная и реконструктивная нейрохирургия

Нейроэндоскопия является стандартом в современной трансназальной трансфеноидальной хирургии основания черепа, применяется для коррекции ликвороциркуляции, удаления нетравматических внутримозговых гематом, в реконструктивной нейрохирургии у детей, а также по другим показаниям. Современная эндоскопическая техника расширяет возможности интраоперационной визуализации раны и преодолевает ограничения стандартной оптики микроскопа [26].

Успехи внутрисосудистой, или эндоваскулярной, нейрохирургии, зародившейся в стенах НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко в 1970-х годах благодаря трудам профессора Ф.А. Сербиненко, сегодня привели к становлению большого хирургического направления [27, 28]. Эндоваскулярные методы применяют для окклюзии артериальных аневризм и артериовенозных мальформаций, выключения артерио-венозных соустьев, эмболизации сосудистой стро-мы богато васкуляризированных опухолей [29–31].

С помощью рамного стереотаксиса возможна прицельная, точечная биопсия новообразований, имплантация электродов для стимуляции или деструкции структур мозга. Функциональная нейрохирургия — одно из самых динамично развивающихся направлений хирургии нервной системы, которое открывает возможности модуляции функций нервной системы, связанных с регуляцией мышечного тонуса и движений, восприятием боли, психической сферой [32–34].

Современная реконструктивная нейрохирургия вышла на качественно новый уровень благодаря появлению в арсенале нейрохирурга цифровых и аддитивных технологий, которые помогают планировать вмешательства

в сложно устроенных анатомических областях, а также проводить восстановление целостности структур черепа и мягких тканей произвольной конфигурации [35, 36].

Все перечисленные достижения нейрохирургии последних десятилетий позволяют не только обеспечивать радикальность и другие целевые эффекты хирургических вмешательств, но и сохранять качество жизни больных в течение долгих лет послеоперационного периода [37, 38].

Лучевое лечение

В настоящее время методы стереотаксической радиохирургии и радиотерапии стали важнейшей частью комплексного лечения различной патологии нервной системы [39]. Они эффективно дополняют хирургическое лечение, а в ряде случаев, например при отягощенном соматическом состоянии и/или невозможности проведения радикальной операции, являются альтернативой нейрохирургическому вмешательству. Стереотаксическая радиотерапия и радиохирургия применяются при различных первичных и вторичных (метастатических) опухолях нервной системы, сосудистых мальформациях, функциональных заболеваниях (тригеминальной невралгии, определенных видах эпилепсии, некоторых двигательных и психических расстройствах).

Лучевая терапия различных заболеваний нервной системы имеет ряд особенностей, связанных с относительно небольшим объемом облучения, близостью функционально важных структур, повреждение которых может привести к появлению серьезных неврологических симптомов, вплоть до угрозы жизни пациента. Современное оборудование позволяет применять наряду со стандартными режимами фракционирования гиподифракционирование, а также радиохирургию (лечение за один сеанс облучения). Эти методики используют для лечения патологии хиазмально-селлярной области, множественных опухолей, некоторых функциональных заболеваний, артериовенозных мальформаций, рецидивов злокачественных глиом, спинальных поражений и др.

Современная лучевая терапия заболеваний нервной системы является источником новых знаний о нейро-радиобиологии и позволяет проводить фундаментальные и прикладные исследования, в том числе на животных моделях и культурах клеток. В этой сфере, как и в области нейровизуализации, активно исследуют возможности применения технологий искусственного интеллекта (в частности, искусственных нейронных сетей и машинного обучения) для сбора данных, извлечения информации, совмещения изображений различной модальности, автоматического околнуривания структур, анализа, поддержки принятия врачебных решений и прогнозирования [40].

В Российской Федерации самым крупным центром лучевого лечения патологии нервной системы является отделение радиотерапии НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, на базе которого ежегодно выполняют лучевое лечение около 3 тыс. пациентов, а также проводят крупные научные исследования. В частности, в отделении радиотерапии выполняют уникальные экспериментальные работы по моделированию злокачественных глиом *in vivo* и *in vitro* для поиска оптимальных доз и методик облучения при первичных глиобластомах и при их рецидивах с целью поиска наиболее эффективных методик облучения, в том числе для улучшения результатов повторного облучения. Выполняют исследования по оценке влияния ионизирующего излучения на когни-

тивные функции пациентов. Развитая инструментальная база отделения, большой опыт лучевого лечения разной патологии, уникальный архив клинических наблюдений и высокая квалификация сотрудников определяют лидирующие позиции этого отделения в мировом масштабе.

Химиотерапия

Подходы к комплексному лечению опухолей центральной нервной системы (ЦНС) с применением химиотерапии (противоопухолевой лекарственной терапии) разрабатываются и исследуются в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с 1990-х годов. За этот период центр при участии Ассоциации нейрохирургов России и Ассоциации онкологов России удалось изучить и внедрить в практику повседневного лечения больных с опухолями ЦНС основные режимы химиотерапии. Были созданы первые клинические рекомендации по лечению глиом (2005 г.), клинические рекомендации Минздрава России по лечению первичных опухолей и метастатического поражения ЦНС (в редакциях 2018, 2020 гг.), на основании которых в Российской Федерации осуществляется комплексное лечение таких пациентов. Регулярно обновляются практические рекомендации Российского общества клинической онкологии (RUSSCO) по лечению первичных и метастатических опухолей ЦНС [41].

В лечении глиом головного мозга сегодня применяют препараты — производные нитрозомочевины, темозоломид, во второй линии лечения — бевацизумаб в комбинации с иринотеканом или карбоплатином. Для лечения первичных герминогенных опухолей ЦНС, медуллобластом, пинеобластом и опухолей пинеальной области с промежуточной дифференцировкой актуальны режимы химиотерапии с использованием препаратов — производных платины. В 2008 г. совместно с врачами — детскими онкологами был разработан оригинальный протокол лечения больных с первичной герминомой ЦНС — комбинация химио- и лучевой терапии с облучением всей желудочковой системы головного мозга, применение которого в 90% случаев приводит к полному контролю опухолевого роста. Высокие показатели выживаемости достигнуты в группе пациентов с медуллобластомами. В большинстве случаев это пациенты детского возраста.

К лучевой и химиотерапии также высокочувствительна первичная лимфома головного мозга. В НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с 2005 г. внедрена интервенционная технология лечения первичной лимфомы ЦНС — интраартериальная химиотерапия с временным открытием гематоэнцефалического барьера. В последние годы были продемонстрированы успехи таргетной терапии в лечении первичных и метастатических опухолей ЦНС. Новое направление — также противоопухолевая иммунотерапия. В клинических исследованиях III фазы для ряда солидных опухолей (меланомы, рака легкого, молочной железы, мочевого пузыря, печени и др.) была доказана эффективность нового класса противоопухолевых лекарственных препаратов — ингибиторов ключевых точек (check-point inhibitors).

В настоящее время проводится большое количество доклинических и клинических исследований различных лекарственных подходов к лечению опухолей ЦНС. Некоторые из таких подходов изучают в клинических исследованиях III фазы, и в ближайшем будущем они могут появиться в арсенале противоопухолевого лечения.

Существенную роль в выборе тактики комбинированного лечения опухолей ЦНС сегодня играют гистологические и молекулярно-генетические исследования. В Российской Федерации созданы референсные центры, в которых проводится такая специализированная молекулярная и генетическая диагностика. Наиболее крупным из них является референсный центр на базе НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко [42, 43].

Приоритеты развития современной нейрохирургии: фундаментальные и прикладные исследования

В Российской Федерации проводятся комплексные исследования на стыке нейрохирургии и других клинических и фундаментальных нейронаук, позволяющие улучшить представления о патологии нервной системы и оптимальных вариантах лечебной помощи. Безусловно, совершенствование нейрохирургической помощи пациентам невозможно без значительных успехов в смежных специальностях — неврологии, анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии, нейроофтальмологии, нейропсихологии, психиатрии и других дисциплинах, которые нельзя описать в одной статье [44–48].

Так, в 2018–2020 гг. была реализована комплексная научно-исследовательская программа Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) «Изучение глиом мозга человека с использованием нейровизуализационных, молекулярно-биологических, оптико-физических и цифровых технологий для оптимизации персонализированных алгоритмов диагностики, лечения и прогноза», основным инициатором которой вместе с РФФИ выступал НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко во главе с академиком РАН А.А. Потаповым. В проекте приняли участие 26 научных коллективов, компетентных в области фундаментальной медицины, неврологии и нейрохирургии, нейроонкологии, молекулярной биологии, химии, физики, информатики и других дисциплин. В 2019 г. при активном участии НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко была инициирована еще одна крупная программа фундаментальных исследований РФФИ — «Информационные технологии для анализа больших массивов данных в задачах превентивной и персонализированной медицины».

В настоящее время в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко создана лаборатория молекулярно-клеточной нейрогенетики для проведения фундаментальных исследований в области клеточной и молекулярной нейроонкологии, на базе которой выполняется ряд новых работ, поддержанных грантами научных фондов. В частности, НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко реализует крупные проекты, такие как «Создание платформы апототераностики для диагностики и лечения глиом мозга человека» и «Развитие биоресурсной коллекции опухолей нервной системы человека с молекулярно-генетической паспортизацией для персонализированного лечения пациентов с нейроонкологическими заболеваниями», поддержанные Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Приоритеты современных исследований в нейрохирургии связаны с обширным спектром патологии нервной системы и технологическими возможностями этой специальности. Так, к приоритетам исследований относят изучение микроструктурных, диффузионных, перфузионных и метаболических особенностей мозга человека в норме

и при патологии с помощью современных модальностей нейровизуализации (КТ, МРТ и ПЭТ-КТ). Важны изучение молекулярных биомаркеров в плазме крови и ликворе, молекулярно-генетический анализ патологического субстрата и разработка диагностических и прогностических критериев при повреждениях и заболеваниях нервной системы с использованием молекулярно-генетических методов и масс-спектрометрии. Проводится разработка персонализированных методов хирургического и лучевого лечения, химио- и иммунотерапии опухолей мозга человека с учетом гистологических, молекулярно-генетических данных и анатомо-томографических соотношений с функционально важными структурами мозга. Ведутся исследования в области разработки экспресс-методов интраоперационной идентификации здоровых и патологических тканей на основе лазерной биоспектроскопии, сверхбыстрой масс-спектрометрии, флуоресцентной диагностики, оптической когерентной томографии и др. Значимым является создание биоресурсных коллекций, например биобанка клеточных культур опухолей мозга человека, с формированием цифрового архива интегрированных клинических, нейровизуализационных, гистологических и молекулярно-генетических данных.

Уникальные инструментальные возможности нейрохирургии открывают пути для исследования патофизиологии мозгового кровообращения и заболеваний сосудов головного мозга с целью повышения эффективности микрохирургических, эндоваскулярных и реконструктивных операций. Разрабатываются методы нейромодуляции и протезирования функций мозга с использованием технологий функциональной нейрохирургии, роботизированной техники. Создаются методы нейропротекции с помощью современных технологий нейрохирургии, нейроанестезиологии и нейрореаниматологии при тяжелых поражениях мозга травматического, сосудистого и опухолевого генеза.

Прогрессивные научные направления — компьютерное мультимодальное моделирование патологических процессов и образований нервной системы, идентификация рисков, прогнозирование осложнений и результатов лечения с учетом клинических, нейровизуализационных, гистологических, молекулярно-генетических, микробиологических и других данных на основе методов интеллектуального анализа данных и искусственного интеллекта. В области реконструктивной нейрохирургии разрабатываются 3D-компьютерные модели, применяются аддитивные технологии.

Традиционным для нейрохирургии стало изучение структурных, метаболических, нейромедиаторных и нейрофизиологических механизмов пластичности мозга при патологии нервной системы, а также после хирургических, радиационных и химиотерапевтических воздействий. С вопросами нейропластичности также связаны работы по изучению патологии сознания при органическом поражении мозга и механизмов его восстановления в результате лечебных и реабилитационных воздействий.

**Национальный медицинский исследовательский
центр нейрохирургии
имени академика Н.Н. Бурденко —
лидер отечественной нейрохирургии**

В настоящей статье в качестве иллюстрации современных трендов развития нейрохирургии приведены исследования сотрудников НМИЦ нейрохирургии им. ак.

Н.Н. Бурденко — головного нейрохирургического учреждения Российской Федерации, миссия которого — развитие фундаментальных и прикладных основ этой специальности. НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко осуществляет свою научную деятельность в рамках приоритетных направлений исследований в нейронауках. В его исследовательских работах используются технологии комплексного инвазивного и неинвазивного прижизненного изучения нервной системы человека в норме и при патологии, что на сегодняшний день возможно только в условиях высокотехнологичной нейрохирургической клиники. Комплексные исследования в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко проводятся с помощью современных технологий нейровизуализации для изучения анатомии мозга, структуры проводящих путей, взаимосвязи кровообращения, метаболизма и функций мозга в норме и при патологии. Публикуются новые данные о функциональной анатомии мозга, индивидуальных особенностях корковых и подкорковых взаимосвязей при проведении операций с пробуждением и использовании методов нейрофизиологического картирования корковых структур и проводящих путей, метаболической навигации, биоспектроскопии. Изучаются нейровизуализационные, нейромедиаторные, нейрофизиологические биомаркеры качественных и количественных расстройств сознания при очаговых и диффузных поражениях мозга. Определяется роль проекционных, комиссуральных и ассоциативных элементов коннектома мозга человека в поддержании сознания, высших психических функций, многовариантности представительства речевых функций, памяти, сенсомоторных актов. Исследуются структурные, метаболические, нейромедиаторные и нейрофизиологические механизмы пластичности мозга после хирургических, радиационных и химиотерапевтических воздействий, а также генетические основы сосудистой патологии нервной системы.

В НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко выполняются современные молекулярно-генетические исследования в области нейроонкологии с использованием роботизированных устройств для высокоточной дистанционной радиохирургии и радиотерапии. Изучаются нейроэндокринные, нейромедиаторные, нейрофизиологические расстройства у взрослых и детей при опухолевых и сосудистых заболеваниях мозга, его травматическом повреждении, а также механизмы пластичности нервной системы после хирургических, радиохирургических и радиотерапевтических вмешательств. Разрабатываются современные технологии нейропротекции в нейрореанимации и интенсивной терапии, формируется цифровой архив интегрированных клинических, нейровизуализационных, гистологических и молекулярно-генетических данных в процессе биобанкирования клеточных культур опухолей мозга человека, а также методы анализа больших массивов клинических, нейровизуализационных, гистологических, молекулярно-генетических и других данных на основе методов искусственного интеллекта. Развиваются нейрокогнитивные технологии, в частности «интерфейс—мозг—компьютер». Традиционно многие крупные исследовательские проекты реализуются при тесном сотрудничестве с ведущими научными организациями — партнерами в области фундаментальных нейронаук. Мультидисциплинарный подход в изучении нервной системы — основной и неизменный принцип, заложенный в работу НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко со времен его основания более 90 лет назад.

В 2022 г. НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко располагает 300 койками, в его структуру входят 4 онкологических, 2 сосудистых, 2 детских отделения, а также отделения нейротравмы и позвоночно-спинномозговой патологии. Имеется нейрореанимационный блок на 40 коек. Функционирует 22 операционные, в том числе оснащенные интраоперационными МРТ, КТ и ангиографическими установками. В НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко ежегодно выполняется почти 10 тыс. оперативных вмешательств при самом широком спектре заболеваний и травматических поражений нервной системы с показателем послеоперационной летальности 0,31%, проводится радиохирургическое, радио- и химиотерапевтическое, восстановительное лечение.

НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко сохраняет традиции академического учреждения и является лидером в научных исследованиях, обладая приоритетами в мировой и отечественной нейрохирургии: здесь работают 3 академика РАН, 3 члена-корреспондента РАН, 16 профессоров, 2 профессора РАН, 5 доцентов, 54 доктора наук и 128 кандидатов наук. Ежегодно сотрудники публикуют более 200 статей в отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях, из них более трети — в международных журналах с высоким рейтингом.

Статус НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко определяет роль учреждения в развитии нейрохирургической отрасли в стране по всем ключевым направлениям ее деятельности: лечебной (в том числе консультативной и телемедицинской), научной, образовательной и организационной. Нейрохирургическая специализация, структура изучаемой патологии, огромный объем данных, порождаемый клинической работой, а также высококомпетентный коллектив исследователей обеспечивают уникальные в мировом масштабе условия для проведения прижизненных исследований мозга человека.

Заключение

Современная нейрохирургия — это интеграция достижений фундаментальных и прикладных нейронаук и технологий. Ключевыми принципами современной нейрохирургии являются: персонализированный подход к выбору методов хирургического вмешательства, интраоперационного сопровождения и послеоперационных этапов лечения; разумное сочетание микрохирургических, эндоваскулярных, эндоскопических и прочих методов в нейрохирургии; мультидисциплинарный и поликомпетентный подход к решению проблем пациентов; наличие профессионального сплоченного коллектива; применение высоких медицинских технологий; развитие фундаментальных и прикладных основ нейрохирургии в мультидисциплинарных научных исследованиях высокого методического качества.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. Д.Ю. Усачев — руководство работой коллектива НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, выполнение нейрохирургических вмешательств, проведение исследований, обобщение результатов деятельности центра, подготовка композиции статьи, редакция и согласование текста; А.Н. Коновалов — руководство работой коллектива НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, выполнение нейрохирургических вмешательств, проведение исследований, обобщение результатов лечебной, научной, образовательной и организационной работы; А.А. Потапов — руководство работой коллектива НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, выполнение нейрохирургических вмешательств, проведение исследований, обобщение результатов лечебной, научной, образовательной и организационной работы; И.Н. Пронин — руководство научной работой коллектива НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, проведение исследований в области нейровизуализации, обобщение результатов научной деятельности; Н.А. Коновалов — руководство научной, образовательной и организационной работой коллектива НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, проведение исследований, обобщение результатов научной деятельности; А.В. Голанов — организация работы радиотерапевтической службы, проведение лучевой терапии, выполнение исследований в области лучевой терапии и радиохирургии, обобщение результатов клинической работы и научных исследований; Г.В. Данилов — проведение исследований, администрирование научных проектов, поддержка информационно-аналитической деятельности, подготовка рукописи статьи; Г.Л. Кобяков — организация работы химиотерапевтической службы, проведение химиотерапии, выполнение исследований в области химиотерапии и адьювантного лечения, обобщение результатов клинической работы и научных исследований; А.Н. Шкарубо — проведение нейрохирургических вмешательств, инновационная деятельность, выполнение исследований в области хирургии основания черепа, обобщение результатов клинической работы и научных исследований.

Выражение признательности. Авторы выражают признательность коллективу ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России за постоянную активную и результативную клиническую, научную, образовательную, организационную и другую деятельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапов А.А., Коновалов А.Н., Корниенко В.Н., и др. Современные технологии и фундаментальные исследования в нейрохирургии // *Вестник Российской академии наук.* — 2015. — Т. 85. — № 4. — С. 299–306. [Potapov AA, Kononov AN, Kornienko VN, et al. Sovremennye tekhnologii i fundamental'nye issledovaniya v nejrohirurgii. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk.* 2015;85(4):299–309. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.7868/S086958731504009X>
2. Усачев Д.Ю., Коновалов А.Н., Лихтерман Л.Б., и др. Обучение нейрохирурга: актуальные проблемы и современные подходы // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2022. — Т. 86. — № 1. — С. 5–16. [Usachev DYU, Kononov AN, Likhтерman LB, et al. Neurosurgeon training: current problems and modern approaches. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2022;86(1):5–16. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro2022860115>

3. Беляев А.Ю., Усачев Д.Ю., Пронин И.Н., и др. Феномен “несоответствия” режимов T2 и T2-FLAIR как нейровизуализационный биомаркер генетического профиля анапластических астроцитом // *Медицинская визуализация*. — 2021. — Т. 25. — № 1. — С. 147–158. [Belyaev AY, Usachev DY, Pronin IN, et al. T2/T2-FLAIR mismatch sign as a predictive biomarker for anaplastic astrocytoma genetic profile. *Medical Visualization*. 2021;25(1):147–158. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.24835/1607-0763-959>
4. Захарова Н.Е., Пронин И.Н., Баталов А.И., и др. Современные стандарты МРТ-диагностики опухолевых поражений головного мозга // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2020. — Т. 84. — № 3. — С. 102–112. [Zakharova NE, Pronin IN, Batalov AI, et al. Modern standards for magnetic resonance imaging of the brain tumors. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2020;84(3):102–112. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro202084031102>
5. Sharaev M, Melnikova-Pitskhelauri T, Smirnov A, et al. Brain Cognitive Architectures Mapping for Neurosurgery: Resting-State fMRI and Intraoperative Validation. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021;1310:466–471. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-65596-9_55
6. Postnov A, Vikhrova N, Kalaeva D, et al. Influence of 11C-MET PET acquisition time for differential diagnosis of human brain gliomas. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2058(1):012038. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2058/1/012038>
7. Pronin IN, Khokhlova EV, Konakova TA, et al. Use of PET-CT with 11C-Methionine in the Primary Diagnosis of Gliomas. *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2021;51(4):438–443. doi: <https://doi.org/10.1007/s11055-021-01089-z>
8. Усачев Д.Ю., Лукшин В.А., Яковлев С.Б., и др. Двадцатилетний опыт хирургического лечения стенозирующей и окклюзирующей патологии брахиоцефальных артерий в ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2020. — Т. 84. — № 3. — С. 6–20. [Usachev DIU, Lukshin VA, Yakovlev SB, et al. A 20-year experience in surgical treatment of steno-occlusive lesion of cranio-cervical arteries at the Burdenko Neurosurgical Center. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2020;84(3):6–20. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro2020840316>
9. Черкаев В.А., Гольбин Д.А., Белов А.И., и др. Орбитозигматические доступы к основанию черепа // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2015. — Т. 79. — № 4. — С. 95–101. [Cherekaev VA, Gol'bin DA, Belov AI, et al. Orbitozygomatic approaches to the skull base. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2015;79(4):95–101. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro201579495-101>
10. Шиманский В.Н., Карнаухов В.В., Галкин М.В., и др. Лечение петрокливалльных менингиом: современное состояние проблемы // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2019. — Т. 83. — № 6. — С. 78–89. [Shimanskii VN, Karnaukhov VV, Galkin MV, et al. Treatment of petroclival meningiomas: current state of the problem. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2019;83(6):78–89. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20198306178>
11. Горельшев С.К., Медведева О.А. Хирургические доступы к III желудочку головного мозга у детей // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. — 2021. — Т. 11. — № 1. — С. 47–54. [Gorelyshev SK, Medvedeva OA. Surgical approaches to the third ventricle of the brain in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2021;11(1):47–54. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.17816/psaic726>
12. Konovalov A, Maryashev S, Pitskhelauri D, et al. The last decade's experience of management of central neurocytomas: Treatment strategies and new options. *Surg Neurol Int*. 2021;12:336. doi: https://doi.org/10.25259/SNI_764_2020
13. Konovalov AN, Pitskhelauri DI, Shkarubo M, et al. Microsurgical Treatment of Colloid Cysts of the Third Ventricle. *World Neurosurg*. 2017;105:678–688. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.012>
14. Pitskhelauri D, Konovalov A, Kudieva E, et al. Burr Hole Microsurgery for Intracranial Tumors and Mesial Temporal Lobe Epilepsy: Results of 200 Consecutive Operations. *World Neurosurg*. 2019;126:e1257–e1267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.02.239>
15. Pitskhelauri DI, Konovalov AN, Shekutev GA, et al. A novel device for hands-free positioning and adjustment of the surgical microscope. *J Neurosurg*. 2014;121(1):161–164. doi: <https://doi.org/10.3171/2014.3.JNS12578>
16. Пицхелаури Д.И., Грачев Н.С., Чернов И.В., и др. «Burr hole» микрохирургия вестибулярных шванном // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2022. — Т. 86. — № 2. — С. 5–14. [Pitskhelauri DI, Grachev NS, Chernov IV, et al. “Burr hole” microsurgery for vestibular schwannoma. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2022;86(2):5–14. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro2022860215>
17. Usachev D, Sharipov O, Abdali A, et al. Internal Carotid Artery Injury in Transsphenoidal Surgery: Tenets for Its Avoidance and Refit — A Clinical Study. *Brain Sci*. 2021;11(1):99. doi: <https://doi.org/10.3390/brainsci11010099>
18. Лукашин В.А., Шульгина А.А., Усачев Д.Ю., и др. Ишемические осложнения хирургического лечения пациентов с болезнью мойя-мойя: факторы риска и методы профилактики // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2021. — Т. 85. — № 6. — С. 26–35. [Lukshin VA, Shulgina AA, Usachev DYU, et al. Ischemic complications following surgical treatment of moyamoya disease: risk factors and prevention. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2021;85(6):26–35. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218506126>
19. Шульгина А.А., Лукшин В.А., Усачев Д.Ю., и др. Комбинированная реваскуляризация головного мозга в лечении болезни мойя-мойя // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2021. — Т. 85. — № 2. — С. 47–59. [Shulgina AA, Lukshin VA, Usachev DYU, et al. Combined cerebral revascularization for moyamoya disease. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2021;85(2):47–59. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218502147>
20. Элиава Ш.Ш., Яковлев С.Б., Пилипенко Ю.В., и др. Неразорвавшиеся бессимптомные аневризмы артерий сосудов головного мозга: современные подходы к выбору хирургического метода и результаты лечения пациентов // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2021. — Т. 85. — № 6. — С. 6–13. [Eliava ShSh, Yakovlev SB, Pilipenko YuV, et al. Unruptured asymptomatic brain aneurysms: modern approaches to the choice of surgical method and treatment outcomes. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2021;85(6):6–13. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro2021850616>
21. Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Бринюк Е.С., и др. Опыт применения интраоперационного спирального компьютерного томографа и современной системы навигации в хирургическом лечении заболеваний позвоночника и спинного мозга // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. — 2021. — Т. 85. — № 3. — С. 15–28. [Konovalov NA, Nazarenko AG, Brinyuk ES, et al. Intraoperative computed tomography and modern navigation in surgical treatment of spine and spinal cord diseases. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2021;85(3):15–28. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218503115>
22. Потапов А.А., Горайнов С.А., Охлопков В.А., и др. Клинические рекомендации по использованию интраоперационной флуоресцентной диагностики в хирур-

- гии опухолей головного мозга // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2015. — Т. 79. — № 5. — С. 91–101. [Potapov AA, Goriaïnov SA, Okhlopov VA, et al. Clinical guidelines for the use of intraoperative fluorescence diagnosis in brain tumor surgery. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2015;79(5):91–101. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro201579591-101>
23. Лубнин А.Ю. Современные тенденции развития нейроанестезиологии // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2019. — Т. 83. — № 5. — С. 83–91. [Lubnin AYU. Current trends in the development of neuroanesthesiology. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2019;83(5):83–91. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20198305183>
 24. Меликян А.Г., Козлова А.Б., Власов П.А., и др. Уроки 101 гемисферотомии у детей с полушарной симптоматической эпилепсией. Часть I. Исходы лечения приступов // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2021. — Т. 85. — № 5. — С. 15–22. [Melikyan AG, Kozlova AB, Vlasov PA, et al. Lessons learnt from 101 hemispherotomies in children with symptomatic epilepsy. Part I: seizure outcome. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2021;85(5):15–21. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218505115>
 25. Кобяков Г.Л., Лубнин А.Ю., Куликов А.С., и др. Краниотомия в сознании // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2016. — Т. 80. — № 1. — С. 107–116. [Kobiakov GL, Lubnin AYU, Kulikov AS, et al. Awake craniotomy. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2016;80(1):107–116. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro2016801107-116>
 26. Kalinin P, Sharipov O, Kutin M, et al. Amygdalohippocampotomy via the Lateral Extended Transsphenoidal Endoscopic Approach Through the Pterygopalatine Fossa: An Anatomic Study // *World Neurosurg.* 2017;103:457–464. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.04.052>
 27. Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg.* 1974;41(2):125–145. doi: <https://doi.org/10.3171/jns.1974.41.2.0125>
 28. Лихтерман Б.Л., Лихтерман Л.Б., Смирнов Н.А., и др. Создатель эндовазальной нейрохирургии: к 90-летию со дня рождения Ф.А. Сербиненко (1928–2002) // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* — 2018. — Т. 118. — № 7. — С. 82–83. [Likhтерman BL, Likhтерman LB, Smirnov NA, et al. Founder of endovascular neurosurgery: 90th anniversary of F. Serbinenko (1928–2002). *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova.* 2018;118(7):82–83. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.17116/jnevro20181187182>
 29. Mikeladze KG, Okishev DN, Belousova OV, et al. Intra-arterial administration of Verapamil for the Prevention and Treatment of Cerebral Angiospasm. *Acta Neurochir. Suppl.* 2020;127:179–183. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04615-6_28
 30. Тиссен Т.П., Виноградов Е.В., Микеладзе К.Г., и др. Эндovasкулярная хирургия дуральных артериовенозных фистул спинного мозга // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2018. — Т. 82. — № 4. — С. 15–22. [Tissen TP, Vinogradov EV, Mikeladze KG, et al. Endovascular surgery of spinal dural arteriovenous fistulas. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2018;82(4):15–22. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro201882415>
 31. Яковлев С.Б., Арустамян С.Р., Дорохов П.С., и др. Эндovasкулярное лечение крупных и гигантских интракраниальных аневризм с использованием потокоперенаправляющих стентов // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2015. — Т. 79. — № 4. — С. 19–27. [Yakovlev SB, Arustamian SR, Dorokhov PS, et al. Endovascular treatment of large and giant intracranial aneurysms using flow-diverting stents. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2015;79(4):19–27. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro201579419-27>
 32. Асриянц С.В., Томский А.А., Гамалея А.А., и др. Двусторонняя стимуляция субталамического ядра в условиях общей и местной анестезии // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* — 2022. — Т. 16. — № 1. — С. 46–52. [Asriyants SV, Tomskiy AA, Gamaleya AA, et al. Bilateral stimulation of the subthalamic nucleus under local and general anaesthesia]. *Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2022;16(1):46–52.] doi: <https://doi.org/10.54101/acen.2022.1.6>
 33. Isagulyan ED, Makashova ES, Myasnikova LK, et al. Psychogenic (nociplastic) pain: Current state of diagnosis, treatment options, and potentials of neurosurgical management. *Prog Brain Res.* 2022;272(1):105–123. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2022.03.008>
 34. Томский А.А., Бриль Е.В., Гамалея А.А., и др. Функциональная нейрохирургия при болезни Паркинсона в России // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* — 2019. — Т. 13. — № 4. — С. 10–15. [Tomskiy AA, Bril' EV, Gamaleya AA, et al. Functional neurosurgery in Parkinson's disease in Russia. *Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2019;13(4):10–15. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.25692/ACEN.2019.4.2>
 35. Кравчук А.Д., Потопов А.А., Панченко В.Я., и др. Аддитивные технологии в нейрохирургии // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2018. — Т. 82. — № 6. — С. 97–104. [Kravchuk AD, Potapov AA, Panchenko VYa, et al. Additive technologies in neurosurgery. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2018;82(6):97–104. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20188206197>
 36. Окишев Д.Н., Черыбыло С.А., Коновалов Ан.Н., и др. Особенности моделирования, изготовления и установки полимерных имплантатов для закрытия дефекта черепа после декомпрессивной трепанации омпрессивной краниотомии // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2022. — Т. 86. — № 1. — С. 17–27. [Okishev DN, Cherebylo SA, Konovarov AnN, et al. Features of modeling a polymer implant for closing a defect after decompressive craniotomy. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2022;86(1):17–27. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro2022860117>
 37. Назаренко А.Г., Иванов И.В., Шесюль А.Г., и др. Мониторинг триггеров неблагоприятных событий как инструмент управления качеством медицинской помощи в нейрохирургической клинике. Приглашение к дискуссии // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2019. — Т. 83. — № 6. — С. 35–43. [Nazarenko AG, Ivanov IV, Shcheshyul' AG, et al. Monitoring of adverse event triggers as a tool for managing the medical care quality at a neurosurgical clinic. Invitation to the discussion. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2019;83(6):35–43. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20198306135>
 38. Усачев Д.Ю., Назаренко А.Г., Шиманский В.Н., и др. Мониторинг послеоперационных осложнений в нейрохирургической практике // *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* — 2020. — № 1. — С. 40–45. [Usachev DYU, Nazarenko AG, Shimansky VN, et al. Monitoring of postoperative complications in a neurosurgical clinic. *Kremlin Medicine. Clinical Bulletin.* 2020;1:40–45. (In Russ.)]
 39. Голанов А.В., Антипина Н.А., Костюченко В.В., и др. Изменение парадигмы лечения нейрохирургических пациентов в эпоху стереотаксического облучения. К 15-летию нейрорадиохирургии в России // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2021. — Т. 85. — № 5. — С. 48–56. [Golanov AV, Antipina NA, Kostjuchenko VV, et al. Changes in treatment paradigm for neurosurgical patients in the era of stereotactic irradiation. By the 15th anniversary of the Neurosurgery in Russia. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2021;85(5):48–54. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218505148>

40. Danilov GV, Shifrin MA, Kotik KV, et al. Artificial INTELLIGENCE in neurosurgery: a Systematic Review Using Topic Modeling. Part I: Major research areas. *Sovrem Tehnologii Med.* 2021;12(5):106–112. doi: <https://doi.org/10.17691/stm2020.12.5.12>
41. Кобяков Г.Л., Абсалимова О.В., Поддубский А.А., и др. Классификация ВОЗ первичных опухолей центральной нервной системы 2016 г.: взгляд клинициста // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2018. — Т. 82. — № 3. — С. 88–96. [Kobiakov GL, Absaliyeva OV, Poddubskiy AA, et al. The 2016 WHO classification of primary central nervous system tumors: a clinician's view. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2018;82(3):88–96. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro201882388>
42. Матуев К.Б., Горельшев С.К., Шишкина Л.В., и др. Биологические особенности и отдаленные результаты комплексного лечения опухолей головного мозга у детей грудного возраста // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2014. — Т. 78. — № 2. — С. 46–56. [Matuev KB, Gorelyshev SK, Shishkina LV, et al. Biological features and long-term results of comprehensive treatment of brain tumors in infants. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2014;78(2):46–56. (In Russ., In Engl.)]
43. Рыжова М.В., Тельшева Е.Н., Шайхаев Е.Г., и др. Современные диагностические возможности молекулярного исследования опухолей мозга в Центре нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2021. — Т. 85. — № 6. — С. 98–101. [Ryzhova MV, Telysheva EN, Shaikhaev EG, et al. Current diagnostic methods in molecular classification of brain tumors at the Burdenko Neurosurgical Center. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2021;85(6):98–101. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218506198>
44. Savin I, Ershova K, Kurdyumova N, et al. Healthcare-associated ventriculitis and meningitis in a neuro-ICU: Incidence and risk factors selected by machine learning approach. *J Crit Care.* 2018;45:95–104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2018.01.022>
45. Zaitsev OS, Poddubskaya AA, Tomskiy AA, et al. Patients selection for psychiatric neurosurgery: pitfalls and considerations. *Prog Brain Res.* 2022;272(1):173–183. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2022.03.011>
46. Акулов М.А., Танышин С.В., Шиманский В.Н., и др. Эффективность ботулинотерапии в лечении отсроченной нейрорепарации лицевого нерва после удаления невриномы слухового нерва // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2018. — Т. 82. — № 5. — С. 81–87. [Akulov MA, Taniashin SV, Shimanskiy VN, et al. The efficacy of botulinum therapy in treatment of delayed facial palsy after resection of vestibular schwannoma. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2018;82(5):81–87. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20188205181>
47. Корсакова М.Б., Козлова А.Б., Архипова Н.А., и др. Особенности икctalной и интерикctalной электрической активности в оценке эпилептогенной зоны у детей с фокальными кортикальными дисплазиями // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* — 2019. — Т. 83. — № 1. — С. 90–97. [Korsakova MB, Kozlova AB, Arkhipova NA, et al. Features of ictal and interictal electrical activity in assessment of the epileptogenic zone in children with focal cortical dysplasias. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2019;83(1):90–97. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20198301190>
48. Серова Н.К., Бутенко Е.И., Коновалов А.Н., и др. Офтальмологическая симптоматика у больных с объемными образованиями среднего мозга и пинеальной области до и после хирургического лечения Серова // *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко.* — 2018. — Т. 82. — № 3. — С. 42–47. [Serova NK, Butenko EI, Kononov AN, et al. Preoperative and postoperative ophthalmic symptoms in patients with space-occupying lesions of the mid-brain and pineal region. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2018;82(3):42–47. (In Russ., In Engl.)] doi: <https://doi.org/10.17116/neiro201882342>

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Усачев Дмитрий Юрьевич, д.м.н., профессор, академик РАН [Dmitry Y. Usachev, MD, PhD, Professor, Academician of the RAS]; **адрес:** 125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16 [address: 16, 4th Tverskaya-Yamskaya str., 125047, Moscow, Russia]; **e-mail:** DUsachev@nsi.ru, **SPIN-код:** 6618-0420, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9811-9442>

Коновалов Александр Николаевич, д.м.н., профессор, академик РАН [Alexander N. Kononov, MD, PhD, Professor, Academician of the RAS]; **e-mail:** AKononov@nsi.ru, **SPIN-код:** 1462-1783, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5048-0298>

Пронин Игорь Николаевич, д.м.н., профессор, академик РАН [Igor N. Pronin, MD, PhD, Professor, Academician of the RAS]; **e-mail:** Pronin@nsi.ru, **SPIN-код:** 9223-9217, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0326-7942>

Коновалов Николай Александрович, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН [Nikolay A. Kononov, MD, PhD, Professor, Corresponding Member of the RAS]; **e-mail:** NAKononov@nsi.ru, **SPIN-код:** 9436-3719, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9976-948X>

Голанов Андрей Владимирович, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН [Andrey V. Golanov, MD, PhD, Professor, Corresponding Member of the RAS]; **e-mail:** Golanov@nsi.ru, **SPIN-код:** 1100-9829, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0976-4547>

Данилов Глеб Валерьевич, к.м.н. [Gleb V. Danilov, MD, PhD]; **e-mail:** gdanilov@nsi.ru, **SPIN-код:** 4140-8998, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1442-5993>

Кобяков Григорий Львович, д.м.н. [Grigoriy L. Kobiyakov, MD, PhD]; **e-mail:** GKobiakov@nsi.ru, **SPIN-код:** 6138-9206, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7651-4214>

Шкарубо Алексей Николаевич, д.м.н., профессор [Aleksey N. Shkarubo, MD, PhD, Professor]; **e-mail:** ASHkarubo@nsi.ru, **SPIN-код:** 3420-3394, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>