

НЕЙРОХИРУРГИЯ/NEUROSURGERY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.80>

НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТЬ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ

Научная статья

Магомедова Р.М.^{1,*}¹ Дагестанский государственный медицинский университет МЗ России, Махачкала, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (trenniproiprina-2056[at]yopmail.com)

Аннотация

В статье изучена роль нейропластичности в восстановлении функций у взрослых пациентов после ишемического инсульта. В проспективном рандомизированном контролируемом исследовании приняли участие 30 пациентов в раннем восстановительном периоде. Основная группа получала 20 сеансов высокочастичной ритмичной транскраниальной магнитной стимуляции над первичной моторной корой пораженного полушария в сочетании с нейропсихологической коррекцией в среде виртуальной реальности; контрольная группа — стандартную реабилитацию. Комбинированная терапия привела к статистически и клинически значимому улучшению моторных функций верхней конечности, когнитивного статуса и повседневной активности, значительно превосходя контроль. По данным фМРТ отмечена реактивация первичной моторной коры пораженного полушария, расширение билатеральных сетей и нормализация межполушарной связности. Полученные результаты подтверждают высокий потенциал комбинации рТМС и VR-тренинга для целенаправленной стимуляции нейропластичности после инсульта.

Ключевые слова: нейропластичность, ишемический инсульт, транскраниальная магнитная стимуляция, виртуальная реальность, моторное восстановление, когнитивная реабилитация, функциональная МРТ.

NEUROPLASTICITY AFTER STROKE IN ADULT PATIENTS

Research article

Magomedova R.M.^{1,*}¹ Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala, Russian Federation

* Corresponding author (trenniproiprina-2056[at]yopmail.com)

Abstract

The article examines the role of neuroplasticity in restoring functions in adult patients after ischemic stroke. 30 patients in the early recovery period participated in a prospective randomised controlled trial. The main group received 20 sessions of high-frequency rhythmic transcranial magnetic stimulation over the primary motor cortex of the affected hemisphere in combination with neuropsychological correction in a virtual reality environment; the control group received standard rehabilitation. Combined therapy led to statistically and clinically significant improvements in upper limb motor function, cognitive state, and daily activity, significantly outperforming the control group. fMRI data showed reactivation of the primary motor cortex of the affected hemisphere, expansion of bilateral networks, and normalisation of interhemispheric connectivity. The results confirm the high potential of combining rTMS and VR training for targeted stimulation of neuroplasticity after stroke.

Keywords: neuroplasticity, ischaemic stroke, transcranial magnetic stimulation, virtual reality, motor recovery, cognitive rehabilitation, functional MRI.

Введение

Инсульт остается одной из главных причин стойкой инвалидности у взрослых. Острое нарушение мозгового кровообращения приводит к гибели нейронов и разрыву функциональных связей, однако способность центральной нервной системы к структурной и функциональной реорганизации — нейропластичность — позволяет частично или полностью компенсировать утраченные функции даже во взрослом и пожилом возрасте [1], [2]. Этот процесс включает спонтанные механизмы (активация перинфарктных зон, рекрутирование ипсилатерального и контралатерального полушария) и опыт-зависимую пластичность, которая максимально усиливается при целенаправленной реабилитационной нагрузке. Настоящая статья обобщает современные данные о нейропластичности после инсульта и представляет результаты собственного исследования эффективности комбинированного применения ритмичной транскраниальной магнитной стимуляции (рТМС) и нейропсихологической коррекции с использованием виртуальной реальности у пациентов в раннем восстановительном периоде.

Методы и принципы исследования

В проспективное рандомизированное контролируемое исследование было включено 30 пациентов (18 мужчин и 12 женщин) в возрасте 48–68 лет (средний возраст $58,4 \pm 6,2$ года), перенесших первый ишемический инсульт в бассейне средней мозговой артерии 14–90 дней назад. Критерии включения: правосторонний парез верхней конечности 2–4 балла по шкале Medical Research Council, когнитивные нарушения легкой и умеренной степени (MMSE 19–26 баллов), отсутствие афазии, препятствующей выполнению инструкций, стабильное соматическое состояние. Пациенты рандомизированы в две равные группы по 15 человек.

Основная группа получала 20 сеансов (5 раз в неделю, 4 недели) комбинированной терапии: высокочастичная рТМС (10 Гц, 1200 импульсов, 110% от порога покоя) над первичной моторной корой пораженного полушария в

сочетании с 45-минутными занятиями нейропсихологической коррекции в среде виртуальной реальности (программа Reh@Task с задачами на планирование, внимание и моторно-зрительную координацию). Контрольная группа получала стандартную программу физической терапии и эрготерапии того же объема без стимуляции мозга.

Оценка проводилась до лечения, через 2 недели и сразу после окончания курса с использованием шкал Fugl-Meyer (верхняя конечность, FMA-UE), Action Research Arm Test (ARAT), Mini-Mental State Examination (MMSE), Montreal Cognitive Assessment (MoCA) и Barthel Index. Функциональная МРТ (задача сжатия кисти) и ЭЭГ выполнялись на старте и в конце курса. Статистическая обработка: парный и непарный t-критерий Стьюдента, повторные измерения ANOVA, уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ механизмов нейропластичности после инсульта у взрослых пациентов требует четкого разделения восстановительных процессов на несколько последовательных и частично перекрывающихся этапов [3]. В острейшем и остром периодах (первые часы — недели) значительная часть клинического улучшения происходит за счет разрешения перинфарктного отека, восстановления кровотока в пенумбре и устранения диашиза — временного угнетения функционально связанных, но анатомически удаленных зон мозга. Начиная со 2–3-й недели и достигая пика в первые 3–6 месяцев, запускаются собственно пластические процессы: спонтанный и опыт-зависимый синаптогенез, дендритный рост, аксональное ветвление и глиальная поддержка [4], [5]. В этот период наблюдается транзиторное повышение экспрессии ключевых нейротрофических факторов — мозгового нейротрофического фактора (BDNF), сосудисто-эндотелиального фактора роста (VEGF), инсулиноподобного фактора роста-1 (IGF-1), а также нейропластичность-ассоциированных белков GAP-43, синопсина I и PSD-95.

Одновременно возрастает плотность перинеурональных сетей и экстрацеллюлярного матрикса, формируя короткое «критическое окно» повышенной пластичности, когда мозг максимально восприимчив к интенсивной реабилитации [6]. Современные методы нейровизуализации (фМРТ, ДТИ, ПЭТ с дофаминовыми и ГАБА-лигандами) и нейрофизиологии (высокоплотная ЭЭГ, МЭГ, ТМС с регистрацией МВП) позволяют в реальном времени визуализировать и количественно оценивать реорганизацию кортикальных карт и восстановление межполушарного баланса, обеспечивая объективный контроль эффективности стратегий, усиливающих опыт-зависимую пластичность [7], [8], [9].

Клиническая оценка в исследовании проводилась тремя независимыми сертифицированными реабилитологами с высокой межэкспертной надежностью ($ICC > 0,92$) в три временные точки: до лечения, через 2 недели (10-й сеанс) и через 4 недели (сразу после 20-го сеанса). Баллы усреднялись по трем экспертам, итоговые значения для таблицы 1 рассчитаны в SPSS 26.0 как среднее \pm СО. Статистическая обработка включала двухфакторный ANOVA с повторными измерениями (дизайн 2×3 : группа \times время), проверку сферичности по Мочли с коррекцией Гринхауса-Гейссера при необходимости и пост-хок анализ с поправкой Бонферрони.

Таблица 1 - Динамика клинических шкал в обеих группах ($M \pm \sigma$)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.80.1>

Показатель	Основная группа (n=15) до лечения	Основная группа (n=15) после лечения	Контрольная группа (n=15) до лечения	Контрольная группа (n=15) после лечения
FMA-UE (0–66)	38,4 \pm 9,2	56,8 \pm 7,6***	39,1 \pm 8,8	44,3 \pm 9,1*
ARAT (0–57)	22,1 \pm 11,3	42,7 \pm 9,4***	23,4 \pm 10,7	28,6 \pm 11,2*
Barthel Index (0–100)	64,3 \pm 13,8	87,7 \pm 9,2***	65,8 \pm 12,6	73,4 \pm 11,9**
MMSE (0–30)	23,8 \pm 2,1	27,9 \pm 1,6***	24,1 \pm 1,9	25,3 \pm 2,0*
MoCA (0–30)	20,5 \pm 2,8	25,6 \pm 2,2***	20,9 \pm 2,5	22,1 \pm 2,6*

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (внутригрупповые различия по сравнению с исходным уровнем); эффект взаимодействия группа \times время $F(1,28) > 12,4$; $p < 0,001$ для всех шкал

В основной группе средний прирост по шкале Fugl-Meyer Assessment верхней конечности (FMA-UE) составил 18,4 \pm 4,1 балла, что эквивалентно 48% от максимально возможного восстановления при данном исходном дефиците и значительно превышает средние значения спонтанного восстановления (5,2 \pm 3,3 балла в контрольной группе). Важно отметить, что 13 из 15 пациентов основной группы преодолели порог минимально клинически значимого улучшения (MCID ≥ 10 баллов), тогда как в контрольной группе этот порог был преодолен лишь у 4 пациентов. По шкале Action Research Arm Test (ARAT) средний прирост составил 20,6 \pm 6,8 балла; при этом 11 пациентов основной группы переместились из категории тяжелой дисфункции (0–22 балла) в категорию умеренной или легкой (23–57 баллов), в контрольной группе аналогичный переход наблюдался только у 3 пациентов. Улучшение повседневной активности по

индексу Бартеля в основной группе достигло $23,4 \pm 7,9$ балла, что позволило 9 пациентам перейти из категории «умеренная зависимость» в категорию «легкая зависимость/независимость».

Данные функциональной МРТ были получены на высокопольном томографе Siemens Magnetom Prisma 3T с использованием градиентной системы 80 мТл/м и 32-канальной головной катушки. Парадигма блок-дизайна включала 6 циклов «30 секунд активного сжатия кисти пораженной руки с частотой 1 Гц под метроном — 30 секунд покоя». Общая длительность сканирования — 6 минут 6 секунд. Предобработка и анализ выполнялись в пакете SPM12 (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London): коррекция временных сдвигов (slice-timing correction), коррекция движения (realign & unwarp), корегистрация на средний функциональный объем, пространственная нормализация на стандартный шаблон MNI, сглаживание гауссовым фильтром 8 мм FWHM. Статистический анализ на индивидуальном уровне — общая линейная модель (GLM) с контрастом движение > покой, порог $p < 0,001$ (uncorrected), минимальный размер кластера 50 вокселей. Для группового анализа использовался гибкий факторный дизайн с последующим расчетом процентного изменения объема активации в заранее определенных анатомических ROI (Brodmann области 4, 6, SMA, мозжечок) с помощью MarsBaR toolbox.

Таблица 2 - Изменения BOLD-сигнала при выполнении задачи сжатия кисти (фМРТ)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.80.2>

Зона активации	Основная группа (изменение объема, %)	Контрольная группа (изменение объема, %)
М1 пораженного полушария	+42 ***	+8
Премоторная кора контралатеральная	+31 **	+5
Дополнительная моторная область	+28 **	+3
Мозжечок контралатеральный	+19 *	-2

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ (парный t-критерий)

Особенно значима реактивация первичной моторной коры пораженного полушария на +42%, что отражает восстановление ипсилатерального контроля — наиболее благоприятного типа реорганизации, связанного с лучшим долгосрочным исходом. Одновременно отмечено расширение активации в контралатеральной премоторной коре, SMA и мозжечке, указывающее на формирование билатеральной компенсаторной сети и активацию церебелло-таламико-кортикального пути. Прирост FMA-UE сильно коррелировал с увеличением объема активации М1 пораженного полушария ($r = 0,79$; $p < 0,001$), а прирост ARAT — с активацией SMA ($r = 0,74$; $p < 0,001$), подтверждая прямую связь нейропластических изменений с клиническим восстановлением.

По данным 64-канальной ЭЭГ (Mitsar-EEG-202), в основной группе выявлено повышение мощности бета-2 ритма (18–30 Гц) над пораженным полушарием на $36,2 \pm 21,4\%$, снижение межполушарной асимметрии альфа-ритма с 28,4% до 9,7% и нормализация когерентности в альфа- и бета-диапазонах с $0,48 \pm 0,11$ до $0,71 \pm 0,09$ (все $p < 0,001$).

Полученные результаты полностью согласуются с современными представлениями о механизмах высокочастичной рТМС: индукция LTP-подобных процессов через NMDA-рецепторы, повышение экспрессии BDNF и TrkB, активация генов пластичности c-fos, zif268 и Arc, усиление глутаматергической передачи при одновременном снижении GABA-ергического торможения. Синхронное выполнение сложных моторно-когнитивных задач в иммерсивной среде виртуальной реальности обеспечивает точное совпадение искусственно вызванной возбудимости с физиологической активностью, многократно усиливая эффект по механизму spike-timing-dependent plasticity и принципу Хебба «cells that fire together, wire together».

Выраженное когнитивное улучшение (прирост MoCA на $5,1 \pm 1,8$ балла) при стимуляции исключительно первичной моторной коры убедительно подтверждает существование перекрестной моторно-когнитивной пластичности и активацию общей дорсолатеральной префронтально-париетальной сети внимания и рабочей памяти [10].

Таким образом, комбинированное применение высокочастичной ритмичной транскраниальной магнитной стимуляции с интенсивной нейropsychологической нагрузкой в среде виртуальной реальности вызывает мощную и многоуровневую реорганизацию кортикальных и субкортикальных сетей, значительно превосходящую как спонтанное восстановление, так и традиционные программы реабилитации. Несмотря на ограничения исследования (относительно небольшая выборка, отсутствие долгосрочного катамнеза через 6–12 месяцев, отсутствие двойного ослепления), полученные данные обладают высокой внутренней валидностью и убедительно демонстрируют клинически значимый потенциал данного подхода для целенаправленной стимуляции нейропластичности в раннем и позднем восстановительном периодах после ишемического инсульта.

Заключение

Нейропластичность после ишемического инсульта у взрослых сохраняется на высоком уровне в раннем восстановительном периоде (14–90 дней) и может быть эффективно использована для достижения выраженного моторного и когнитивного восстановления. Комбинированная терапия высокочастотной рТМС над первичной моторной корой пораженного полушария с интенсивным моторно-когнитивным тренингом в иммерсивной

виртуальной реальности создает мощный синергетический эффект, значительно превосходящий стандартную реабилитацию и спонтанное восстановление.

В основной группе за 4 недели достигнут прирост моторной функции верхней конечности в среднем на 18,4 балла по FMA-UE и 20,6 балла по ARAT (в 3,5–4 раза выше контроля), что позволило большинству пациентов перейти из тяжелой инвалидности в умеренную или легкую зависимость; одновременно зафиксировано значимое когнитивное улучшение (MoCA +5,1, MMSE +4,1) и рост повседневной независимости (Barthel +23,4).

Нейровизуализационные и ЭЭГ-корреляты подтверждают реальную реорганизацию мозга: реактивацию ипсилатеральной М1 (+42%), расширение билатеральных премоторных и SMA-сетей, вовлечение мозжечка, нормализацию межполушарной связности и высокие корреляции ($r = 0,74-0,79$) между клиническим приростом и объемом активации ключевых зон. Молекулярно-клеточный эффект опосредован индукцией LTP-подобных процессов, повышением BDNF, активацией генов пластичности и усилением синаптического укрепления по механизму STDP и правилу Хебба за счет точной временной координации рТМС с целенаправленной активностью в VR. Выявлена перекрестная моторно-когнитивная пластичность, объясняющая когнитивный эффект при стимуляции исключительно моторной коры.

Предложенный протокол (высокочастотная рТМС + VR-тренинг) за 4 недели дает результаты, сопоставимые или превосходящие традиционные программы длительностью в несколько месяцев, и обладает высокой клинической значимостью для рутинной практики. В перспективе необходимы крупные многоцентровые исследования с длительным катамнезом, персонализацией параметров стимуляции, интеграцией ИИ и комбинацией с другими нейромодуляционными методами, что позволит существенно снизить постинсультную инвалидность и улучшить качество жизни миллионов пациентов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.80.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.80.3>

Список литературы / References

1. Аннаоразова А.К. Нейропластичность и ее значение в реабилитации пациентов после инсульта / А.К. Аннаоразова, А.Б. Байгельдиева // Вестник науки. — 2025. — № 11 (92). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyroplastichnost-i-eyo-znachenie-v-reabilitatsii-patsientov-posle-insulta> (дата обращения: 16.11.2025).
2. Пономарева А.А. Ранняя реабилитация после инсульта (обзор литературы) / А.А. Пономарева // Молодой ученый. — 2022. — № 50 (451). — URL: <https://moluch.ru/archive/500/109888> (дата обращения: 16.11.2025).
3. Кадыков А.С. Нейропластичность и восстановление нарушенных функций после инсульта / А.С. Кадыков, Н.В. Шахпаронова, А.В. Белопасова [и др.] // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. — 2019. — Т. 1, № 2. — С. 32–36. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37766012> (дата обращения: 16.11.2025).
4. Терешин А.Е. Влияние неинвазивной стимуляции головного мозга на нейропластичность в раннем восстановительном периоде после ишемического инсульта / А.Е. Терешин // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. — 2022. — Т. 99, № 5. — С. 5–11. — URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/voprosy-kurortologii-fizioterapii-i-lechebnoj-fizicheskoy-kultury/2022/5/1004287872022051005> (дата обращения: 16.11.2025).
5. Колесникова Е.В. Влияние нейropsychологической коррекции на нейропластичность после инсульта / Е.В. Колесникова // Медицинская реабилитация. — 2023. — № 3. — URL: <https://journaldoctor.ru/catalog/meditsinskaya-reabilitatsiya/vliyanie-neyropsikholo/> (дата обращения: 16.11.2025).
6. Шевченко И.А. Нейропластичность: восстановление функций мозга после инсульта / И.А. Шевченко // Статьи центра ЛЮМОС. — 2024. — URL: <https://lumos-center.ru/articles/vse-stati/neyroplastichnost-vosstanovlenie-funktsii-mozga-posle-insulta/> (дата обращения: 16.11.2025).
7. Иванова Е.В. Врач-невролог рассказала о новых методах нейрореабилитации после инсульта / Е.В. Иванова // Новости Первого МГМУ им. И.М. Сеченова. — 2023. — URL: <https://www.sechenov.ru/pressroom/news/vrach-nevrolog-rasskazala-o-novykh-metodakh-neyroreabilitatsii-posle-insulta/> (дата обращения: 16.11.2025).
8. Дамулин И.В. Адаптивная нейропластичность, связанная с ишемическим повреждением головного мозга, и ее роль в восстановлении больных после инсульта / И.В. Дамулин // uMEDp. — 2021. — № 4. — URL: https://umedp.ru/articles/adaptivnaya_neyroplastichnost_svyazannaya_s_ishemicheskim_povrezhdeniem_golovnogo_mozga_i_eeRol_v_v.html (дата обращения: 16.11.2025).
9. Япаров А.Э. Нейропластичность при ишемическом инсульте / А.Э. Япаров, А.Ю. Желтышева, Г.О. Шуклин [и др.] // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». — 2020. — URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018021685> (дата обращения: 16.11.2025).
10. Мельникова Е.А. Влияние нейropsychологических особенностей на восстановление больных с инсультом / Е.А. Мельникова, А.Н. Разумов // Доктор.Ру. — 2017. — № 11 (140). — С. 9–12.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Annaorazova A.K. Neyroplastichnost i eyo znachenie v reabilitatsii patsientov posle insulta [Neuroplasticity and Its Role in Post-Stroke Rehabilitation] / A.K. Annaorazova, A.B. Baigeldieva // Vestnik nauki [Bulletin of Science]. — 2025. — № 11 (92). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyroplastichnost-i-eyo-znachenie-v-reabilitatsii-patsientov-posle-insulta> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
2. Ponomareva A.A. Rannaya reabilitatsiya posle insulta (obzor literatury) [Early Rehabilitation After Stroke (Literature Review)] / A.A. Ponomareva // Molodoy uchenyy [Young Scientist]. — 2022. — № 50 (451). — URL: <https://moluch.ru/archive/500/109888> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
3. Kadykov A.S. Neyroplastichnost i vosstanovlenie narushennykh funktsiy posle insulta [Neuroplasticity and Restoration of Impaired Functions After Stroke] / A.S. Kadykov, N.V. Shakhparonova, A.V. Belopasova [et al.] // Fizicheskaya i reabilitatsionnaya meditsina, meditsinskaya reabilitatsiya [Physical and Rehabilitative Medicine, Medical Rehabilitation]. — 2019. — Vol. 1, № 2. — P. 32–36. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37766012> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
4. Tereshin A.E. Vliyanie neinvazivnoy stimulyatsii golovnogogo mozga na neyroplastichnost v rannem vosstanovitel'nom periode posle ishemicheskogo insulta [The Effect of Non-Invasive Brain Stimulation on Neuroplasticity in the Early Recovery Period After Ischemic Stroke] / A.E. Tereshin // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury [Problems of Balneology, Physical Therapy and Exercise Therapy]. — 2022. — Vol. 99, № 5. — P. 5–11. — URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/voprosy-kurortologii-fizioterapii-i-lechebnoj-fizicheskoy-kul'tury/> 2022/5/1004287872022051005 (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
5. Kolesnikova E.V. Vliyanie neyropsikhologicheskoy korrektsii na neyroplastichnost posle insulta [The Impact of Neuropsychological Correction on Neuroplasticity After Stroke] / E.V. Kolesnikova // Meditsinskaya reabilitatsiya [Medical Rehabilitation]. — 2023. — № 3. — URL: <https://journaldoctor.ru/catalog/meditsinskaya-reabilitatsiya/vliyanie-neyropsikholog/> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
6. Shevchenko I.A. Neyroplastichnost: vosstanovlenie funktsiy mozga posle insulta [Neuroplasticity: Restoring Brain Functions After Stroke] / I.A. Shevchenko // Stat'i tsentra LYUMOS [Articles of the LYUMOS Center]. — 2024. — URL: <https://lumos-center.ru/articles/vse-stati/neyroplastichnost-vosstanovlenie-funktsii-mozga-posle-insulta/> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
7. Ivanova E.V. Vrach-nevrolog rasskazala o novykh metodakh neyroreabilitatsii posle insulta [A Neurologist Speaks About New Methods of Neurorehabilitation After Stroke] / E.V. Ivanova // Novosti Pervogo MGMSU im. I.M. Sechenova [News of Sechenov University]. — 2023. — URL: <https://www.sechenov.ru/pressroom/news/vrach-nevrolog-rasskazala-o-novykh-metodakh-neyroreabilitatsii-posle-insulta/> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
8. Damulin I.V. Adaptivnaya neyroplastichnost, svyazannaya s ishemicheskim povrezhdeniem golovnogogo mozga, i ee rol' v vosstanovlenii bol'nykh posle insulta [Adaptive Neuroplasticity Associated with Ischemic Brain Damage and Its Role in Post-Stroke Recovery] / I.V. Damulin // uMEDp. — 2021. — № 4. — URL: https://umedp.ru/articles/adaptivnaya_neyroplastichnost_svyazannaya_s_ishemicheskim_povrezhdeniem_golovnogogo_mozga_i_ee_rol_v_v.html (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
9. Yaparov A.E. Neyroplastichnost pri ishemicheskom insul'te [Neuroplasticity in Ischemic Stroke] / A.E. Yaparov, A.Yu. Zhelytsheva, G.O. Shuklin [et al.] // Materialy XII Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum» [Proceedings of the XII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"]. — 2020. — URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018021685> (accessed: 11.16.2025). [in Russian]
10. Mel'nikova E.A. Vliyanie neyropsikhologicheskikh osobennostey na vosstanovlenie bol'nykh s insul'tom [The Influence of Neuropsychological Characteristics on the Recovery of Stroke Patients] / E.A. Mel'nikova, A.N. Razumov // Doctor.Ru. — 2017. — № 11 (140). — P. 9–12. [in Russian]