

Оценка нарушений нейродинамических процессов у больных в остром периоде ишемического инсульта

© С.В. КОТОВ, В.А. ЗЕНИНА, Е.В. ИСАКОВА, М.М. ШЕРБАКОВА, А.С. КОТОВ, В.А. БОРИСОВА

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

Резюме

Цель исследования. Разработка метода оценки нейродинамических нарушений у пациентов в остром периоде инсульта.

Материал и методы. Обследованы 63 праворуких пациента в остром периоде ишемического инсульта (ИИ), 1-я группа — 28 пациентов с ИИ в бассейне левой средней мозговой артерии (ЛСМА), 2-я группа — 19 пациентов с ИИ в бассейне правой СМА (ПСМА), 3-я группа — 16 пациентов с ИИ в вертебрально-базиллярной системе. Контрольная группа — 37 здоровых лиц. Для оценки силы нервных процессов использовали методику «Теппинг-тест», для определения подвижности нервных процессов — сложную сенсомоторную реакцию различения, для оценки уравновешенности процессов возбуждения и торможения — сложную сенсомоторную реакцию на движущийся объект.

Результаты. У больных в остром периоде ИИ было отмечено статистически значимое снижение силы нервных процессов по сравнению с контрольной группой ($p < 0,0001$), более выраженное у пациентов с ИИ в ЛСМА. При проверке подвижности нервных процессов у пациентов 1-й и 2-й групп количество ошибок было статистически значимо больше, чем в контрольной группе (инертность нервных процессов), у пациентов с ИИ в ЛСМА эти показатели были наибольшими, а у пациентов 3-й группы — наименьшими, приближающимися к данным здоровых лиц. При проверке уравновешенности нервных процессов у пациентов 1-й группы отмечена торпидность реакций, 2-й группы — торпидность при выполнении теста паретичной рукой, 3-й группы — показатели, приближающиеся к данным здоровых лиц, что отражало примерную сбалансированность процессов возбуждения и торможения.

Заключение. При исследовании нейродинамических процессов у больных в остром периоде ИИ были отмечены снижение силы, инертность и торпидность протекания нервных процессов, более выраженные при поражении доминантного полушария. Можно предположить, что в происхождении этих сдвигов у больных в остром периоде ИИ важную роль выполняет дисшиз, причем при левосторонней локализации ИИ — не только фокальная, но и коннекционная, транскаллозальная форма.

Ключевые слова: ишемический инсульт, нейродинамические нарушения, сила нервных процессов, подвижность, уравновешенность.

Информация об авторах:

Котов С.В. — <https://orcid.org/0000-0002-8706-7317>

Зенина В.А. — <https://orcid.org/0000-0002-6864-0018>

Исакова Е.В. — <https://orcid.org/0000-0002-0804-1128>

Шербакова М.М. — <https://orcid.org/0000-0001-5923-5355>

Котов А.С. — <https://orcid.org/0000-0003-2988-5706>

Борисова В.А. — <https://orcid.org/0000-0001-9473-5179>

Автор, ответственный за переписку: Котов С.В. — e-mail: kotovsv@yandex.ru

Как цитировать:

Котов С.В., Зенина В.А., Исакова Е.В., Шербакова М.М., Котов А.С., Борисова В.А. Оценка нарушений нейродинамических процессов у больных в остром периоде ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2023;123(3 вып. 2):5–12. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230325>

Assessment of disorders of neurodynamic processes in patients with acute ischemic stroke

© S.V. KOTOV, V.A. ZENINA, E.V. ISAKOVA, M.M. SHCHERBAKOVA, A.S. KOTOV, V.A. BORISOVA

Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia

Abstract

Objective. To develop a method for assessing neurodynamic disorders in the acute period of stroke.

Material and methods. Sixty-three right-handed patients in the acute period of ischemic stroke (IS) were examined, including 28 patients with IS in the basin of the left middle cerebral artery (LMCA) (group 1), 19 patients with IS in the basin of the right middle cerebral artery (group 2) and 16 patients with IS in the vertebrobasilar system (group 3). The control group consisted of 37 healthy individuals. The «Tapping Test» technique developed by E.P. Ilyin was used to assess the strength of nervous processes. The mobility of nervous processes was determined by a complex sensorimotor reaction of discrimination. To assess the balance of the processes of excitation and inhibition, a complex sensorimotor reaction to a moving object was used.

Results. There was a significant decrease in the strength of nervous processes in the patients compared to the control group ($p < 0.0001$), more pronounced in IS in LMCA. When checking the mobility of nervous processes in patients of groups 1 and 2, the number of errors was statistically significantly higher than in the control group (inertness of nervous processes). These indicators were the highest in patients with IS in LMCA while in patients of group 3 the lowest values, approaching the data of healthy individuals, were noted. When checking the balance of nervous processes, torpidity of reactions was noted in patients of group 1, torpidity when performing the test with a paretic hand was noted in group 2. In group 3 these indicators approach the data of healthy individuals, which reflected the approximate balance of the processes of excitation and inhibition.

Conclusion. In the study of neurodynamic processes in patients in the acute period of IS, there was a decrease in strength, inertness, and torpidity of the mobility of nervous processes, more pronounced in the damage of the dominant hemisphere. It can be assumed that in the origin of these shifts in patients in the acute period of IS, a diaschisis plays an important role, and with left-sided localization of IS, not only the focal, but also its connective, transcallosal form.

Keywords: *ischemic stroke, neurodynamic disorders, strength of nervous processes, mobility, balance.*

Information about the authors:

Kotov S.V. — <https://orcid.org/0000-0002-8706-7317>

Zenina V.A. — <https://orcid.org/0000-0002-6864-0018>

Isakova E.V. — <https://orcid.org/0000-0002-0804-1128>

Shcherbakova M.M. — <https://orcid.org/0000-0001-5923-5355>

Kotov A.S. — <https://orcid.org/0000-0003-2988-5706>

Borisova V.A. — <https://orcid.org/0000-0001-9473-5179>

Corresponding author: Kotov S.V. — e-mail: kotovsv@yandex.ru

To cite this article:

Kotov SV, Zenina VA, Isakova EV, Shcherbakova MM, Kotov AS, Borisova VA. Assessment of disorders of neurodynamic processes in patients with acute ischemic stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova.* 2023;123(3 vyp 2):5–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230325>

Для обозначения динамических особенностей нервной системы И.П. Павлов [1] ввел понятие «свойства нервной системы», т.е. такие особенности, которые определяют индивидуальные различия в реагировании на воздействия физической и социальной среды, что далее отражается в поведении индивидуума. Соответственно были выделены три основных свойства нервной системы: сила — способность нервных клеток сохранять нормальную работоспособность при интенсивных процессах возбуждения и торможения, способность клеток коры головного мозга сохранять адекватные реакции на сильные и сверхсильные раздражители; подвижность — способность перехода от возбуждения к торможению и наоборот и скорость этого изменения; уравновешенность — сбалансированность процессов торможения и возбуждения, поскольку нервные процессы могут быть уравновешенными, сбалансированными или один из них может преобладать над другим, причем чаще преобладающим является возбуждение.

Для оценки особенностей протекания процессов возбуждения и торможения у отдельного индивидуума, их сбалансированности используется термин «нейродинамика». В соответствии с моделью трех структурно-функциональных блоков мозга А.Р. Лурии [2] нейродинамические особенности обусловлены функционированием I блока, или блока регуляции тонуса и бодрствования. К структурам I блока мозга относятся ретикулярная формация ствола, гипоталамо-диэнцефальные и лимбические области, а также медиобазальные отделы лобных и височных долей, обеспечивающие поддержание оптимального баланса процессов возбуждения и торможения в нервной системе. Функции I блока — это в первую очередь поддержание общего уровня активности, который определяет скорость усвоения информации, время реакции, работоспособность и продуктивность деятельности, скорость наступления утомления.

Следует отметить, что конкретные механизмы проявления типологических особенностей нервной системы до сих пор остаются не до конца понятными. Свойства нервной системы имеют генотипические особенности, в то время как их фенотипическая трансформация происходит как следствие процессов нейропластичности, определяя темперамент и тип высшей нервной деятельности [3, 4]. Z. Zhang и соавт. [5], изучив соотношение возбуждающих и тормозных процессов в постнатальном периоде, отметили быстрое изменение их соотношения в первые недели жизни. Если к 8-му дню жизни имелось абсолютное преобладание возбуждающей нейротрансмиссии, то к 18-му дню — резкое нарастание экспрессии ключевых синаптических белков тормозных синапсов. Авторы обнаружили, что именно увеличение количества и силы тормозных окончаний отвечало за снижение отношения возбуждения и торможения в коре головного мозга. Авторы интерпретируют эти данные как свидетельство того, что жестко регулируемое соотношение возбуждающих и тормозных процессов в коре головного мозга у взрослых является результатом структурной перестройки с резким изменением относительного веса тормозных, но не возбуждающих синапсов в критические периоды развития мозга.

Наибольшее внимание нарушению нейродинамических процессов придается в детской и подростковой неврологии и нейропсихологии, так как в первом-втором десятилетиях жизни дефицит функционирования I блока мозга проявляется особенно резко и активно влияет на психическое и физическое развитие и обучение [6, 7]. Ярким примером является синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) или без гиперактивности (*sluggish cognitive tempo*, замедленный когнитивный темп, ЗКТ) — термин, используемый в зарубежной литературе. При этом отмечается, что нарушения нейродинамики приводят к нарушению функционирования II и III блоков и проблемам соци-

альной адаптации. В последние годы все большее внимание исследователей СДВГ и ЗКТ направлено на взрослую популяцию. В российской литературе нейродинамические нарушения рассматриваются как проявления слабости I блока мозга (в соответствии с концепцией А.Р. Лурии) в структуре разных заболеваний, в зарубежных работах — в основном в рамках различных нозологий [8, 9].

Несмотря на то что нейродинамические свойства нервной системы имеют определенную генетическую детерминированность, их формирование осуществляется в процессе жизнедеятельности с включением механизмов нейропластичности. Нарушение процессов нейродинамики было отмечено при различных неврологических заболеваниях у больных, перенесших инсульт, после черепно-мозговой травмы, при опухолях мозга и других органических и функциональных заболеваниях, при этом имели место такие нарушения, как снижение внимания, замедление темпа мышления, утомляемость, импульсивность, инертность и др. [10—12]. Однако, несмотря на распространенность нейродинамических нарушений, методы их оценки в клинической практике не разработаны, особенно для пациентов в остром периоде инсульта. Так, А.Р. Агрис и Т.В. Ахутина [13] предложили использовать интегральную оценку выполнения тестов из батареи А.Р. Лурии по нескольким показателям, что требует длительного исследования и достаточно утомительно для больных с органическими поражениями нервной системы. С.В. Прокопенко и соавт. [14] предложили тестирование с применением компьютерного анализа речи, но данный метод был преимущественно направлен на выявление нарушений у пациентов с афазиями.

Цель работы — разработка метода оценки нейродинамических нарушений у пациентов в остром периоде инсульта.

Материал и методы

Исследование проведено в неврологическом отделении ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского» и неврологическом отделении для больных с острым нарушением мозгового кровообращения ГБУЗ МО «Раменская областная больница» в 2021—2022 гг. В исследование были включены 63 пациента в остром периоде (1—7-е сутки от момента появления симптоматики) ишемического инсульта (ИИ).

Критерии включения: первичный ИИ, праворукость, подписание добровольного информированного согласия для участия в исследовании.

Критерии невключения: наличие хронических неврологических заболеваний, в том числе последствий ранее перенесенного инсульта, болезни Паркинсона и других экстрапирамидных заболеваний.

Тяжесть ИИ по шкале инсульта Национальных институтов здоровья (NIHSS) составляла от 4 до 12 баллов (в среднем $7,4 \pm 2,8$ балла), т.е. от легкой до средней степени тяжести. В зависимости от локализации очага ИИ пациенты были разделены на три группы. Первую группу с локализацией очага ИИ в левой средней мозговой артерии (ЛСМА) составили 28 пациентов (17 мужчин и 11 женщин) в возрасте от 43 до 82 лет (средний — $61,8 \pm 14,7$ года), 2-ю группу с локализацией очага ИИ в правой СМА (ПСМА) — 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) в возрасте

от 50 лет до 71 года (средний — $62,1 \pm 6,9$ года), 3-ю группу (ИИ в вертебрально-базилярной системе — ВБС) — 16 пациентов (9 мужчин и 7 женщин) в возрасте от 46 до 67 лет (средний — $60,5 \pm 6,9$ года). Контрольную группу составили 37 здоровых лиц, не имеющих каких-либо цереброваскулярных заболеваний, 15 мужчин и 22 женщины в возрасте от 33 лет до 71 года (средний — $56,1 \pm 8,9$ года).

У всех пациентов, включенных в 1-ю группу, в клинической картине имелись нарушения речевого мышления (грубая сенсомоторная афазия (подразумевался системный глобальный распад функционирования речевого мышления) и другие типичные клинические формы афазии коркового типа. Причиной внимания к пациентам с афазией было понимание того, что утрата речи является лишь наиболее наглядным проявлением, но когнитивный дефицит при этом затрагивает и другие функции — память, внимание, исполнительные функции, зрительно-пространственную ориентацию, интеллект и др. Афатические нарушения в остром периоде инсульта имели существенные отличия от тех классических форм передних и задних афазий, которые были описаны у пациентов преимущественно в позднем восстановительном и периоде остаточных явлений (спустя 6—12 мес после ИИ). При первичном логопедическом обследовании у пациентов выявлялись признаки нарушения как экспрессивной, так и импрессивной речи, т.е. достаточно грубые сенсомоторные речевые нарушения, которые редуцировались в типичные формы передних или задних корковых афазий к концу острого периода у большинства пациентов. Несмотря на достаточно четкую связь структуры речевого дефекта с областью поражения доминантного полушария, такие афатические нарушения в остром периоде инсульта не имели четкой структуры, были «размыты», что ряд исследователей связывают с явлениями дишиза, распространяющегося на прилежащие к очагу области коры и подкорковые структуры, и нейродинамическими нарушениями, сопровождающими острую цереброваскулярную патологию [14, 15]. Но эти же причины, а точнее, их исчезновение, обуславливали выраженный регресс речевого дефекта в раннем реабилитационном периоде, в то время как по мере формирования стойких остаточных нарушений речевой функции реабилитационные мероприятия становились менее эффективными [16].

Исследования проводили у всех пациентов в утренние часы, после завтрака, но до проведения каких-либо лечебных процедур или физических упражнений. Учитывая, что у ряда пациентов имелись речевые нарушения, для оценки свойств нервной системы были выбраны невербальные тесты. Выполнение каждого теста занимало не более 1—2 мин. Простота выполнения позволила использовать тесты у больных со среднетяжелым и относительно легким течением инсульта. При наличии пареза мышц верхней конечности задание сначала выполнялось сохранной рукой, далее, при возможности, паретичной. У пациентов, имеющих выраженный парез (снижение мышечной силы до 3 баллов и менее, спастическое повышение тонуса выше 2 баллов по шкале Ашворта), препятствующий точному выполнению тестов паретичной рукой, обследование ограничивалось только тестами сохранной конечности. У пациентов с речевыми нарушениями для правильного понимания задачи и выполнения задания опытный логопед-афазиолог использовал вербальные и невербальные пути общения.

Для оценки силы нервных процессов был использован теппинг-тест, разработанный Е.П. Ильиным [17]. Так как

сила нервных процессов отражает общую работоспособность человека, причем лица с сильной нервной системой способны выдерживать более интенсивную и длительную нагрузку, то для измерения этого показателя исследовали динамику темпа движений кисти при выполнении движения кистью руки. Для проведения теста использовали лист бумаги формата А4, разделенный на 2 ряда по 3 равных прямоугольника, и карандаш. Пациенту давалось задание как можно чаще стучать грифелем карандаша по первому квадрату, стараясь не попадать по одному и тому же месту, в течение 5 с, затем с такой же скоростью стучать по второму, третьему и следующим квадратам по 5 с на каждый. Далее после нескольких минут отдыха то же задание пациент выполнял другой рукой. Оценивали общее количество точек, количество в каждом квадрате, среднее количество за 5-секундный интервал, строили графики динамики максимального темпа движений.

Для определения подвижности нервных процессов использовали сложную сенсомоторную реакцию различения [18, 19]. Ранее А.Р. Лурия [2] применил эту пробу (в ином методическом исполнении) для оценки исполнительных функций у больных с поражением лобной доли и слухового гнозиса у пациентов с поражением височной доли. Тестирование включало два этапа. На первом этапе пациент получал инструкцию: «Мы будем выстукивать ритм. Если я ударю 1 раз, Вы должны ударить 2 раза подряд. Если я ударю 2 раза подряд, Вы должны ударить только 1 раз». Затем выстукивался ритм, например: 1-1-2-1-2-2-2-1-1-2. На втором этапе пациент получал инструкцию: «Теперь если я ударю 1 раз, Вы должны ударить только 1 раз. Если я ударю 2 раза подряд, Вы ничего не должны делать». Далее выстукивался тот же ритм. Для оценки использовали подсчет ошибок выполнения теста, причем отсутствие ошибок расценивали как сохранность подвижности нервных процессов, наличие 1—2 ошибок — как умеренное снижение, 3 и более ошибок — как выраженное снижение подвижности нервных процессов (ригидность).

Оценку уравниваемости нервных процессов выполняли по времени сложной сенсомоторной реакции на движущийся объект (стрелку секундомера) [20]. Для проведения теста использовали электронный секундомер с движущейся секундной стрелкой. Пациенту давали задание выключить секундомер в тот момент, когда стрелка достигнет отметки 15 с. Проводили 10 измерений с точностью до 0,01 с. Обработку результатов осуществляли путем расчета среднего значения, сравнения количества опережающих и запаздывающих реакций. Если количество опережающих (преждевременных реакций) превышало количество запаздывающих, то это расценивали как неуравновешенность нервных процессов с преобладанием процессов возбуждения, в противном случае — неуравновешенность с преобладанием процессов торможения. Если данные показатели были равны или отличались незначительно, то диагностировали сбалансированность нервных процессов.

В ходе выполнения тестов осуществляли контроль гемодинамических показателей, их заметное изменение не зарегистрировано ни у одного пациента.

Исследование было одобрено независимым Этическим комитетом при ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского» (протокол №18 от 09.12.2021).

Статистическую обработку материала проводили с использованием пакета программ StatPlus Pro 7.3.0. Количественные данные представлены в виде средних значений

и стандартного отклонения ($M \pm SD$), категориальные порядковые — в виде медианы и квартилей ($Me [Q_1; Q_3]$). Нормальность распределения оценивали при помощи критерия Д’Агостино—Пирсона. При анализе качественных порядковых данных, распределенных по закону, отличному от нормального закона распределения, применяли непараметрический тест Уилкоксона для зависимых выборок, для сравнения двух независимых выборок — критерий Манна—Уитни, для сравнения трех и более независимых выборок — критерий Краскела—Уоллиса. Статистические тесты были проведены для двусторонней гипотезы, уровень статистической значимости p принят равным 0,05.

Результаты

В результате проведенного обследования выявлено существенное изменение нейродинамических функций у пациентов в остром периоде инсульта по сравнению с показателями контрольной группы здоровых лиц (табл. 1).

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, у пациентов контрольной группы статистически значимых отличий при выполнении теппинг-теста правой и левой кистями получено не было. У лиц 1-й и 2-й групп отмечен только один значимый показатель во второй половине теста, что можно трактовать как вработывание сохранной руки. В 3-й группе в большинстве интервалов отличия были значимы или близки к значимости, причем имелось преобладание правой руки. При графическом анализе у пациентов контрольной группы выявлялись кривые выпуклого и ровного типов, у больных ИИ — ровного, промежуточного и нисходящего типов.

При проведении теппинг-теста среднее количество движений за 6 5-секундных отрезков времени правой кистью у здоровых составило $36,4 \pm 8,8$, левой — $35,3 \pm 10,5$ точки на каждый квадрат. У больных с ИИ в ЛСМА и афазией этот показатель составил $21,4 \pm 8,3$ точки для правой кисти, $23,0 \pm 8,3$ — для левой, у пациентов с ИИ в ПСМА — $23,3 \pm 7,3$ и $19,9 \pm 3,4$ точки соответственно, у пациентов с ИИ в ВБС — $25,9 \pm 6,1$ и $21,5 \pm 3,4$ точки соответственно. Различие между показателями перечисленных групп было статистически значимо по критерию Краскела—Уоллиса ($p < 0,0001$), причем во всех группах больных с ИИ отмечены статистически значимо сниженные показатели по сравнению с контрольной группой (критерий Манна—Уитни $p = 0,02$). Значимого различия показателей в группах у больных с ИИ отмечено не было. Таким образом, у больных в остром периоде ИИ было отмечено статистически значимое снижение силы нервных процессов, более выраженное у пациентов с очагом в доминантном (левом) полушарии головного мозга.

При выполнении невербального варианта сложной сенсомоторной реакции различения 7 пациентов 1-й группы не смогли понять задание, правильно его выполнить или в процессе выполнения отказались продолжать исследование, поэтому их число было меньше, чем в других тестах (табл. 2). При обследовании не было выявлено существенных отличий при выполнении теста правой и левой руками. У пациентов 1-й и 2-й групп количество ошибок статистически значимо в большую сторону отличалось от показателей контрольной группы, что указывало на инертность нервных процессов, причем у пациентов с ИИ в доминантном полушарии эти показатели были наибольшими. У па-

Таблица 1. Показатели результатов теппинг-теста, выполняемого испытуемыми правой и левой руками (количество касаний в последовательных 5-секундных интервалах)

Table 1. Indicators of the results of the tapping test performed by the subjects with the right and left hands (the number of touches in consecutive five-second intervals)

Интервал	Контроль (n=37)		1-я группа (n=28)		2-я группа (n=19)		3-я группа (n=16)		Критерий Краскела—Уоллиса
	правая (n=37)	левая (n=37)	правая (n=19)	левая (n=28)	правая (n=19)	левая (n=12)	правая (n=14)	левая (n=10)	
1	35,6±9,0 32 [30; 35] 0,96	36,4±10,5 31 [30; 41]	18,4±8,6 16 [11; 28] 0,69	19,0±10,5 15 [10; 31]	23,3±8,7 26 [15; 28] 0,22	19,7±5,6 23 [12; 24]	26,8±6,9 26 [21; 32] 0,051	21,6±5,7 21 [21; 26]	<0,0001
2	37,3±8,9 33 [32; 42] 0,30	39,1±12,8 34 [33; 43]	21,1±7,7 22 [15; 28] 0,79	21,8±8,0 21 [13; 30]	21,9±7,1 25 [16; 27] 0,53	20,7±5,2 22 [14; 26]	29,3±7,9 27 [24; 32] 0,006*	21,8±3,3 20 [19; 24]	<0,0001
3	36,6±8,7 34 [31; 41] 0,11	33,5±9,9 31 [24; 38]	21,9±9,7 18 [14; 31] 0,12	23,6±7,3 22 [19; 31]	22,3±7,5 27 [16; 28] 0,53	20,0±2,2 21 [17; 22]	25,5±5,7 25 [22; 28] 0,009*	21,6±3,9 22 [21; 24]	<0,0001
4	36,6±8,1 34 [30; 42] 0,07	34,5±8,9 29 [28; 37]	20,5±6,8 19 [16; 26] 0,03*	24,8±8,0 26 [18; 32]	24,3±7,9 27 [19; 29] 0,13	19,7±3,0 20 [16; 23]	24,3±6,0 24 [21; 27] 0,21	21,6±2,4 22 [19; 25]	<0,0001
5	37,1±9,3 35 [31; 49] 0,07	34,3±9,4 31 [21; 51]	23,0±7,4 22 [18; 28] 0,16	24,8±8,0 24 [18; 29]	24,4±6,6 28 [23; 30] 0,03*	19,7±1,3 20 [18; 21]	25,3±4,5 27 [24; 28] 0,02*	21,4±2,0 20 [20; 22]	<0,0001
6	35,5±9,4 32 [29; 46] 0,28	34,1±10,3 29 [21; 60]	23,7±8,9 19 [17; 34] 0,67	24,0±7,2 23 [18; 32]	23,7±6,3 27 [24; 28] 0,15	19,7±1,0 19 [19; 21]	24,3±4,2 23 [22; 25] 0,051	21,2±2,2 21 [20; 23]	<0,0001

Примечание. Здесь и в табл. 2 и 3: значения приведены в виде $M \pm SD$, Me [Q₁; Q₃]; * — $p < 0,05$ (показатель статистической значимости критерия Манна—Уитни для сравнения правой и левой кистей).

Note. Here and in table 3: The values are given in the form of $M \pm SD$, Me [Q₁; Q₃]; * — $p < 0,05$ (an indicator of the statistical significance of the Mann—Whitney criterion comparisons for the right and left hand).

Таблица 2. Показатели результатов сложной сенсомоторной реакции различения, выполняемой испытуемыми правой и левой руками

Контроль (n=37)		1-я группа (n=21)		2-я группа (n=19)		3-я группа (n=16)		Критерий Краскела—Уоллиса
правая (n=37)	левая (n=37)	правая (n=17)	левая (n=21)	правая (n=19)	левая (n=16)	правая (n=15)	левая (n=14)	
0,5±0,6 0 [0; 2] 0,89	0,5±0,7 0 [0; 2]	3,5±1,6 3,5 [2; 5] 0,36	2,7±2,4 2 [0; 5]	2,3±1,7 3 [0; 3] 0,81	2,3±1,0 3 [1; 3]	1,5±1,12 1 [0; 2] 0,3	1,0±1,3 0 [0; 3]	<0,0001
p с контрольной группой		0,0008	0,005	0,002	0,0007	0,02	0,37	

циентов 3-й группы отмечены наименьшие значения, приближающиеся к данным здоровых лиц.

При исследовании сложной сенсомоторной реакции на движущийся объект (секундную стрелку секундомера), выполняемой лицами контрольной группы (здоровыми испытуемыми) правой рукой, показатель составил $14,97 \pm 0,3$ с (95% ДИ 14,38—15,56 с) (табл. 3). У пациентов 1-й группы при выполнении задания правой рукой показатель был статистически значимо большим, причем 96,7% значений были выше 15 с, а 50% — выше 95% ДИ, т.е. отмечена торпидность протекания нервных процессов. У них же при выполнении задания левой рукой доля замедленных ответов составила 70%, выше 95% ДИ — 26,7%, тогда как ускоренных — 3,4%, таким образом, также была отмечена торпидность. У пациентов 2-й группы при выполнении задания правой рукой 63,4% значений были выше 15 с, но выше 95% ДИ находилось 27%. При выполнении теста левой ру-

кой лишь 20% значений были выше 15 с, 3% — выше 95% ДИ, в то время как 80% значений были менее 15 с, из них 23,3% — ниже 95% ДИ. У пациентов 3-й группы средний показатель выполнения задания правой рукой не отличался от показателя контрольной группы, 55% ответов были выше 15 с, 45% — ниже 15 с, 22,5% ответов выходили за рамки 95% ДИ для контрольной группы, что отражало сбалансированность процессов возбуждения и торможения.

Обсуждение

Нами были обследованы 63 праворуких пациента в остром периоде ИИ. Поскольку у части больных имелись афатические нарушения, для исследования нейродинамических функций были выбраны невербальные тесты, принцип выполнения которых мог быть объяснен жестами,

Таблица 3. Показатели результатов сложной сенсомоторной реакции на движущийся объект, выполняемой испытуемыми правой и левой руками

Table 3. Indicators of the results of a complex sensorimotor reaction to a moving object performed by the subjects with the right and left hands

Контроль (n=37)		1-я группа (n=28)		2-я группа (n=19)		3-я группа (n=16)		Критерий Краскела—Уоллиса
правая (n=37)	левая (n=37)	правая (n=19)	левая (n=26)	правая (n=16)	левая (n=19)	правая (n=15)	левая (n=14)	
14,97±0, [14,05; 15,61] 0,64	14,98±0,47 [11,41; 16,58]	15,6±0,27 [14,9; 16,04] 0,002*	15,28±0,57 [14,2; 16,85]	15,23±0,51 [14,02; 17,45] 0,0005*	14,71±0,51 [13,73; 16,01]	14,94±0,41 [14,11; 15,98] 0,16	15,1±0,41 [14,15; 16,4]	<0,0001
p с контрольной группой		<0,0001	0,0012	0,0005	0,0001	0,99	0,02	

тем не менее 7 пациентов 1-й группы не справились с одним из заданий или отказались от его выполнения. Так как у всех пациентов имелись двигательные нарушения в виде контралатерального гемипареза, то обследование начинали с выполнения теста сохранной рукой, а затем продолжали паретичной.

В результате проведенного исследования у больных в остром периоде ИИ независимо от локализации очага в доминантном, субдоминантном полушариях или ВБС было выявлено существенное нарушение нейродинамических функций в виде снижения силы, подвижности и уравновешенности нервных процессов по сравнению со здоровыми лицами того же возраста.

Наиболее выраженное снижение силы нервной системы (по данным теппинг-теста) было отмечено у пациентов с полушарным ИИ независимо от стороны поражения, при ИИ в ВБС нарушения были менее выражены. Несмотря на сниженные показатели при построении графиков работоспособности у пациентов с ИИ в ЛСМА, были получены выпуклые кривые, что свидетельствовало о сохранении работоспособности, при ИИ в ПСМА — ровные и промежуточные кривые, что указывало на снижение силы при сохранности работоспособности, при ИИ в ВБС — нисходящие кривые, что указывало на снижение силы и работоспособности.

При исследовании подвижности нервных процессов у пациентов с полушарной ИИ была отмечена инертность их протекания, проявлявшаяся в большем количестве ошибок при смене заданий, при этом при ИИ в ЛСМА это нарушение было более выраженным. У пациентов с ИИ в ВБС количество ошибок было сравнительно невелико, что указывало на сохранность процессов переключения.

У больных ИИ в ЛСМА на стороне пареза наблюдалось замедление реакции на движущийся объект, что указывало на замедленность, обусловленную преобладанием процессов торможения. Сходные изменения, но менее выраженные, обнаружены и при выполнении теста сохранной рукой. У пациентов с ИИ в ПСМА на стороне пареза, наоборот, было отмечено укорочение срока реакции в абсолютном большинстве ответов, причем $\frac{1}{4}$ из них выходила за нижний предел 95% ДИ, у перенесших ИИ в ВБС нарушения были наименее выражены.

Процессы, лежащие в основе нарушения функций головного мозга при ИИ, многообразны и не ограничиваются лишь тотальной гибелью нервной ткани на протяжении первых минут в зоне критического снижения кровотока. Следует помнить и о запуске апоптоза в зоне ишемической полутени, сохраняющейся на протяжении часов и дней, а также о дишизме, возникающем в отдаленных структурах

мозга, нарушении функции нервных структур, расположенных на отдалении от первичного основного очага поражения, но функционально связанных с ним системой проводящих путей. Исследования последних лет показали, что функциональное выключение областей мозга сопровождается их гипоперфузией и снижением метаболизма, пролонгация этого состояния может приводить к вторичным ишемическим изменениям [21—23]. Отметим, что выраженность дишиза в определенной степени пропорциональна величине инфаркта мозга и тяжести ИИ, может захватывать проводники и серое вещество, в частности таламус, полосатое тело, мозжечок, структуры, представляющие I функциональный блок головного мозга по А.Р. Лурии, что может послужить причиной выявленных у пациентов с ИИ нейродинамических нарушений.

Понимание клеточных и молекулярных основ нейродинамических механизмов протекания нервных процессов стало возможным лишь в последние десятилетия на основе достижений нейронаук. В коре головного мозга примерно 80% нервных клеток являются возбуждающими глутаматергическими нейронами, и лишь 20% — тормозными ГАМКергическими нейронами, при этом баланс возбуждения и торможения в коре головного мозга контролируется относительным количеством и активностью глутаматергических и ГАМКергических нейронов. Уровень активности коры регулируется внешними возбуждающими (глутаматергическая афферентация из таламуса), смешанными (возбуждающими или тормозящими — серотонин-, норадреналин-, дофамин- ацетилхолинергические афференты ствола и базальных ганглиев) и тормозными (расположенная в субталамической области *zona incerta*) путями. Снижение ГАМКергического тонуса в ключевых областях мозга может привести к изменениям синаптической пластичности и поведения [24, 25].

Процессы, которые увеличивают дисбаланс возбуждения и торможения, могут привести к гипервозбудимости. Так, нейрогенез кортикальных ГАМКергических нейронов (по данным исследования развития мозга грызунов) в основном происходит в передних отделах базальных ганглиев, далее они мигрируют в кору головного мозга [26, 27]. Дефекты нейрогенеза и миграции кортикальных ГАМКергических нейронов ведут к уменьшению их количества, что вызывает преобладание процессов возбуждения в коре головного мозга [28, 29]. Процессы, нарушающие созревание синапсов ГАМКергических нейронов, также ведут к избирательному усилению возбуждения в коре головного мозга. Данные, полученные в экспериментах, находят косвенное подтверждение в представленных клинических наблюдениях.

Заключение

В проведенном нами исследовании нейродинамических процессов у больных в остром периоде ИИ были отмечены снижение силы, инертность и торпидность протекания нервных процессов, более выраженные при поражении доминантного полушария, в то время как при ИИ в субдоминантном полушарии равновесие возбудительных и тормозных процессов, скорее, сдвигалось в сторону последних. Учитывая выявленные изменения, можно предположить, что в происхождении этих сдвигов у больных в остром периоде ИИ важную роль выполняет диализ, причем при левосторонней локализации ИИ — не только фо-

кальная, но и коннекционная, транскаллозальная форма. Следует согласиться с мнением E. Carrera и G. Tononi [30] о роли этого феномена в нарушениях функции нейросетей внимания и коннектома в целом после повреждения головного мозга. Можно предположить, что когнитивные нарушения, выявляемые в остром периоде ИИ, связанные с дисфункцией не только энергетического блока, но и блоков анализа информации и принятия решений, являются проявлением грубых нейродинамических сдвигов, что следует учитывать при проведении терапии.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Павлов И.П. *Рефлекс свободы*. СПб.: Питер. (Серия «Психология-классика»); 2001;432. Pavlov IP. *Reflex of freedom*. SPb.: Piter. (Series «Psychology-classics»); 2001;432. (In Russ.).
2. Лурия А.Р. *Основы нейропсихологии*. М.: Издательский центр «Академия»; 2003;384. Luria AR. *Fundamentals of neuropsychology*. M.: Publishing Center «Academy»; 2003;384. (In Russ.).
3. Каменская В.Г., Алексеева Е.Е. Свойства нервной системы и темперамента в структуре индивидуально-типологических особенностей человека. *Вестник СПбУ МВД России*. 2010;45(1):202-209. Kamenskaya VG, Alekseeva EE. Properties of the nervous system and temperament in the structure of individual typological characteristics of a person. *Bulletin of the SPBU of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2010;45(1):202-209. (In Russ.).
4. Голованова К.В. 24 типа темперамента по И.П. Павлову. *Современные научные исследования и инновации*. [Электронный ресурс]. 2020;12. Golovanova KV. 24 types of temperament according to I.P. Pavlov. *Modern scientific research and innovation*. [Electronic resource]. 2020;12. (In Russ.). <https://web.snauka.ru/issues/2020/12/94053>
5. Zhang Z, Jiao YY, Sun QQ. Developmental maturation of excitation and inhibition balance in principal neurons across four layers of somatosensory cortex. *Neuroscience*. 2011;174:10-25. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.11.045>
6. Агрис А.Р., Ахутина Т.В., Корнеев А.А. Варианты дефицита функций I блока мозга у детей с трудностями обучения. *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*. 2014;3:34-46;4:44-55. Agris AR, Akhutina TV, Korneev AA. Variants of the deficit of functions of the I block of the brain in children with learning difficulties. *Bulletin of the Moscow University. Series 14. Psychology*. 2014;3:34-46;4:44-55. (In Russ.).
7. Ахутина Т.В., Пронина Е.А. Оценка состояния регуляции активации у первоклассников с помощью методики RAN/RAS. *Национальный психологический журнал*. 2015;1(17):61-69. Akhutina TV, Pronina EA. Assessment of the state of activation regulation in first-graders using the RAS/RAS technique. *National Psychological Journal*. 2015;1(17):61-69. (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/npj.2015.0107>
8. Kim K, Kim HJ. Normal executive attention but abnormal orienting attention in individuals with sluggish cognitive tempo. *Int J Clin Health Psychol*. 2021;21(1):100199. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2020.08.003>
9. Park Y, Lee JH. The Deficit of Early Selective Attention in Adults With Sluggish Cognitive Tempo: In Comparison With Those With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Front Psychol*. 2021;12:614213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.614213>
10. Прокопенко С.В., Можейко Е.Ю., Левин О.С. и др. Когнитивные нарушения и их коррекция в остром периоде ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2012;112(8-2):35-39. Prokopenko SV, Mozheiko YU, Levin OS, et al. Cognitive disorders and its correction in the acute period of ischemic stroke. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*. 2012;112(8-2):35-39. (In Russ.).
11. Можейко Е.Ю., Зубрицкая Е.М. Коррекция посттравматических когнитивных нарушений у пациентов с сопутствующей афазией. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021;121(5):52-56. Mozheiko EYu, Zubritskaya EM. Correction post-traumatic cognitive impairment in patients with concomitant aphasia. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*. 2021;121(5):52-56. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202112105152>
12. Peterson RK, Jones K, Jacobson LA. The contribution of sluggish cognitive tempo to processing speed in survivors of pediatric brain tumors. *Child Neuropsychol*. 2021;27(7):960-972. <https://doi.org/10.1080/09297049.2021.1917529>
13. Агрис А.Р., Ахутина Т.В. Регуляция активности у детей с трудностями обучения по данным нейропсихологического обследования. *Национальный психологический журнал*. 2014;34(16):64-78. Agris AR, Akhutina TV. Regulating activity in children with learning disabilities: neuropsychological testing data. *National psychological journal*. 2014;34(16):64-78. (In Russ.).
14. Прокопенко С.В., Можейко Е.Ю., Визель Т.Г., Никольская О.Н. Нейродинамические нарушения речи в постинсультном периоде: патогенез, клиника, диагностика. *Бюллетень сибирской медицины*. 2011;10(2):154-160. Prokopenko SV, Mozheiko YU, Vizel TG, Nikolskaya ON. Neurodynamic speech impairment in poststroke patients: pathogenesis, clinics, diagnostics. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2011;10(2):154-160. (In Russ.).
15. Сафронова М.Н., Коваленко А.В., Мизуркина О.А. Особенности речевой реабилитации в остром периоде инсульта при разных формах афатических расстройств. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;119(8-2):90-94. Safronova MN, Kovalenko AV, Mizurkina OA. Features of speech rehabilitation in the acute stroke in different forms of aphasia. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*. 2019;119(8-2):90-94. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro201911908290>
16. Васенина Е.Е., Левин О.С. Нарушение речи при сосудистых и нейродегенеративных заболеваниях: возможности медикаментозной и немедикаментозной терапии. *Фарматека*. 2020;27(3):38-49. Vasenina EE, Levin OS. Speech disorders in vascular and neurodegenerative diseases: potentials for medication and non-drug therapy. *Farmateka*. 2020;27(3):38-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/pharmateca.2020.3.38-49>
17. Ильин Е.П. *Дифференциальная психофизиология*. СПб.: Питер; 2001;464. Ilyin EP. *Differential psychophysiology*. SPb.: Piter; 2001;464. (In Russ.).
18. Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Депутат И.С. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (обзор). *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки»*. 2015;1:38-48. Дата обращения: 20.07.22. Nekhoroshkova AN, Gribanov AV, Deputat IS. Sensorimotor reactions in psychophysiological research (review). *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. The series «Medical and biological sciences»*. 2015;1:38-48. (In Russ.). Date of access: 07.20.22. <https://rucont.ru/efd/332770>
19. Нопин С.В. Нейродинамические характеристики сенсомоторных процессов спортсменов различных видов спорта. *Современные вопросы биомедицины*. 2022;6(1):21.

- Nopin SV. Neurodynamic characteristics of sensorimotor processes in athletes of various sports. *Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(1):21. (In Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_21
20. Лымаренко В.М., Леонтьев О.В. *Сборник психологических тестов и методик. Учебное пособие к практическим занятиям по дисциплине «Общей психологической практике»*. СПб.: Университет при МПА ЕвразЭС; 2021;111.
Lymarenko VM, Leont'ev OV. *Collection of psychological tests and techniques. Textbook for practical classes in the discipline «General psychological workshop»*. (In Russ.). SPb.: University at the IPA EurAsEC; 2021;111.
 21. Дамулин И.В., Екушева Е.В. Процессы нейропластичности после инсульта. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2014;(3):69-74. Damulin IV, Ekusheva EV. Poststroke neuroplasticity processes. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2014;(3):69-74. (In Russ.). <https://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2014-3-69-74>
 22. von Bieberstein L, van Niftrik CHB, Sebök M, et al. Crossed Cerebellar Diaschisis Indicates Hemodynamic Compromise in Ischemic Stroke Patients. *Transl Stroke Res*. 2021;12(1):39-48. <https://doi.org/10.1007/s12975-020-00821-0>
 23. van Niftrik CHB, Sebök M, Muscas G, Wegener S, Luft AR, Stippich C, Regli L, Fierstra J. Investigating the Association of Wallerian Degeneration and Diaschisis After Ischemic Stroke With BOLD Cerebrovascular Reactivity. *Front Physiol*. 2021;12:645157. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.645157>
 24. Rubenstein JL, Merzenich MM. Model of autism: increased ratio of excitation/inhibition in key neural systems. *Genes Brain Behav*. 2003;2(5):255-267. <https://doi.org/10.1034/j.1601-183x.2003.00037.x>
 25. Kirischuk S. Keeping Excitation-Inhibition Ratio in Balance. *Int J Mol Sci*. 2022;23(10):5746. <https://doi.org/10.3390/ijms23105746>
 26. Marín O, Rubenstein JL. Cell migration in the forebrain. *Annu Rev Neurosci*. 2003;26:441-483. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.26.041002.131058>
 27. Casingal CR, Descant KD, Anton ES. Coordinating cerebral cortical construction and connectivity: Unifying influence of radial progenitors. *Neuron*. 2022;110(7):1100-1115. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2022.01.034>
 28. Powell EM, Campbell DB, Stanwood GD, et al. Genetic disruption of cortical interneuron development causes region- and GABA cell type-specific deficits, epilepsy, and behavioral dysfunction. *J Neurosci*. 2003;23(2):622-631. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-02-00622.2003>
 29. Bissonette GB, Bae MH, Suresh T, et al. Prefrontal cognitive deficits in mice with altered cerebral cortical GABAergic interneurons. *Behav Brain Res*. 2014;259:143-151. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.10.051>
 30. Carrera E, Tononi G. Diaschisis: past, present, future. *Brain*. 2014;137(Pt 9):2408-2422. <https://doi.org/10.1093/brain/awu101>

Поступила 20.09.2022

Received 20.09.2022

Принята к печати 16.11.2022

Accepted 16.11.2022