

## НЕЙРОДИНАМИКА ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ИНСУЛЬТА МОЗГА В ПОЗДНЕМ ПЕРИОДЕ РЕАБИЛИТАЦИИ

Белянин О.Л., Гордиевская Е.О.

*Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта, ул. Бестужевская, д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация*

### Резюме

**Введение.** Статья посвящена исследованию количественных измерений степени нарушений нейродинамических свойств и функций инвалида, перенесшего острое нарушение мозгового кровообращения, как актуального вопроса медико-социальной экспертизы и реабилитации.

**Цель.** Определение состояния нейродинамических свойств и функций инвалидов после острого нарушения мозгового кровообращения в позднем реабилитационном периоде для их освидетельствования при изменении группы инвалидности в результате реабилитации.

**Материалы и методы.** Исследование проведено на 44 инвалидах после острого нарушения мозгового кровообращения с различной степенью выраженности неврологических нарушений в позднем реабилитационном периоде с помощью объективных инструментальных компьютеризированных методов тестирования нейродинамики.

**Результаты.** У всех обследованных имеются нарушения нейродинамических свойств и функций различной степени выраженности, которые представлены в количественной форме.

**Обсуждение.** Поскольку в наибольшей степени нарушены подвижность и баланс нейродинамических свойств в сторону торможения, то в связи с этим также отмечаются и нарушения различных психических функций и, прежде всего, скорости реакции и способности к обучению.

**Заключение.** Показана возможность количественной оценки базовых нейродинамических функций с применением объективных компьютерных методов и представлением результатов в процентах снижения относительно половозрастной нормы, что необходимо для определения ограничений по категориям жизнедеятельности инвалидов. Инструментальные методы позволяют получить количественные показатели степени нарушений нейродинамики.

**Ключевые слова:** нейродинамика, острое нарушение мозгового кровообращения, поздний реабилитационный период.

---

Белянин О.Л., Гордиевская Е.О. Нейродинамика пациентов с последствиями инсульта мозга в позднем периоде реабилитации // Физическая и реабилитационная медицина. — 2024. — Т. 6. — № 2. — С. 107-115. DOI: 10.26211/2658-4522-2024-6-2-107-115.

Belyanin OL, Gordievskaya EO. Neirodinamika patsientov s posledstviyami insul'ta mozga v pozdnem periode reabilitatsii [The patients neurodynamics with the brain stroke consequences in the late period rehabilitation]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2024;6(2):107-115. DOI: 10.26211/2658-4522-2024-6-2-107-115. (In Russian).

Олег Леонидович Белянин / Oleg L. Belyanin; e-mail: belynin.oleg41@bk.ru

## THE PATIENTS NEURODYNAMIC WITH THE BRAIN STROKE CONSEQUENCES IN THE LATE PERIOD REHABILITATION

Belyanin OL, Gordievskaya EO

*Albrecht Federal Scientific and Educational Centre of Medical and Social Expertise and Rehabilitation, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation*

### Abstract

**Introduction.** The article is devoted to the study of quantitative measurements of the degree of impairment of the neurodynamic properties and functions of a disabled person who has suffered acute cerebrovascular accidents, as a pressing issue of medical and social expertise.

**Aim.** Determination of the state of neurodynamics properties and functions of disabled people after stroke in the late rehabilitation period for their examination when changing the disability group.

**Materials and methods.** The study was conducted on 44 disabled people with acute stroke with varying degrees of severity of neurological disorders in the late rehabilitation period using objective instrumental computerized methods of testing neurodynamics.

**Results.** All those examined had disturbances in neurodynamics properties and functions of varying severity which were presented in quantitative form.

**Discussion.** Mobility and balance of neurodynamics properties are most impaired. In this regard, disorders of various mental functions are also noted. The identified disorders underlie changes in reaction speed and the ability to acquire new skills.

**Conclusion.** The possibility of quantitative assessment of basic neurodynamics functions using objective computer methods and presenting the results as a percentage reduction relative to the age-sex norm is shown which is necessary to determine limitations by category of life activity of people with disabilities. Instrumental methods make it possible to obtain quantitative indicators of the degree of violations.

**Keywords:** neurodynamic, acute cerebrovascular accident, stroke, disableds, late rehabilitation period.

**Publication ethics.** The submitted article was not previously published.

**Conflict of interest.** There is no information about a conflict of interest.

**Source of financing.** The study had no sponsorship.

Received: 26.09.2023

Accepted for publication: 15.06.2024

### Введение / Introduction

В настоящее время понятие «нейродинамика» включает в себя не только совокупность электрохимических взаимодействий нейронов в их сетях [1–7] и в сложных структурных образованиях центральной нервной системы, но также биохимические и электромагнитные полевые процессы возбуждения и торможения в них по зонам влияния [8–11]. Эти процессы определяют базовые психофизиологические свойства и индивидуальные особенности «темперамента», мышления, эмоций, действий и активности психофизиологических «блоков» мозга [9, 10, 12–18].

Под базовыми нейродинамическими свойствами понимают силу процессов возбуждения и торможения, их подвижность и баланс в функциональных зонах мозга [9, 10]. К ним также следует отнести стабильность нервной деятельности, её выносливость к длительным нагрузкам и устойчивость к стрессорным факторам. Они же лежат в основе различных функциональных состояний мозга (сон, бодрствование, оперативный покой и деятельность с двигательными проявлениями и без них) и определяют характер эмоциональной сферы, когнитивные, ментальные функции, антиципацию развития ситуации и адаптацию

деятельности к ней, т.е. психические и психомоторные свойства. Кроме того, они ответственны за эффективную переделку её стереотипов, а также успешность и качество обучения и реабилитации инвалида [8, 9, 11, 14, 16, 18].

В острый период после инсульта у большинства пациентов нарушены нейродинамические и психомоторные свойства и функции. Затем в ранний «медицинский» период реабилитации по мере выздоровления они начинают восстанавливаться. Но их состояние, по-видимому, остаётся нарушенным в различной степени и в остальные периоды, включая поздний реабилитационный. В то же время в этот период большинство инвалидов хотят обслуживать себя сами и заниматься посильным трудом. Это благоприятно отражается на их эмоциональном фоне, а также моторных и когнитивных свойствах.

Известно [19], что в этом периоде реабилитации инсульт протекает в 3 формах: регрессирующая — выздоровление; прогрессирующая — ухудшение со значительными ограничениями жизнедеятельности и даже с летальным исходом; ремиттирующая — с периодическими ухудшениями при непредсказуемом развитии процесса также до летального исхода. Поэтому таким инвалидам

для этапного переосвидетельствования состояния и эффективной реабилитации требуется мониторинг психофизиологического статуса, включая нейродинамику как основу активной жизнедеятельности. От этого зависит их самообслуживание, рациональность трудоустройства и социализация, а также реабилитационный потенциал и реабилитационный прогноз. Однако исследований базовых свойств нейродинамики инвалидов в этот период реабилитации после инсульта нам обнаружить не удалось.

В соответствии с Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27.08.2019 № 585н для определения группы инвалидности и разработки индивидуальной программы реабилитации необходимо определить степень нарушений функций инвалида в процентах от нормы и оценить её по корреспондирующей шкале: «лёгких», «умеренных», «выраженных» и «значительно выраженных» [20]. Это же является оценкой эффективности реабилитации и достигнутого качества жизни инвалида.

### Цель / Aim

Целью исследования является определение состояния базовых нейродинамических свойств и функций инвалидов вследствие инсульта в позднем периоде реабилитации при регрессирующей форме протекания болезни с неполным выздоровлением методом компьютерного тестирования и представления результатов в процентах снижения показателей от половозрастной нормы.

При этом каждый тест при своей целевой направленности активирует также и другие нейродинамические механизмы. Поэтому результат тестирования всегда является многопараметрическим, а его оценка многокритериальной.

### Материалы и методы / Materials and methods

Исследования проведены на группе из 44 инвалидов (мужчин — 26, женщин — 18) вследствие инсульта по ишемическому типу в возрасте от 32 до 79 лет (в среднем —  $55,5 \pm 4,2$  лет), находящихся в IV стадии остаточных установившихся проявлений позднего реабилитационного периода со сроком дебюта до 21 года. При этом больных с выраженной классической латерализованной паретической формой — 26 (мужчин — 15, женщин — 11), а со сложной неврологической симптоматикой множественных («диффузных») поражений мозга с лёгкими и умеренными парезами конечностей — 18 (мужчин — 11, женщин — 7).

До тестирования все больные неоднократно проходили комплексную реабилитацию в специализированных стационарах. На момент исследова-

ния их состояние было удовлетворительным с различной степенью выраженности нарушений функций: дистонии, дискоординации движений, дизартрии, пареза конечностей и др. Исследование проводилось на обеих сторонах, но у лиц с выраженными парезами, как правило, только на сохранной стороне. Всё исследование занимало около 40 минут с перерывами для отдыха между тестами 2–3 минуты и последующей экспертной оценкой результатов тестирования.

В качестве контрольной группы использовались данные обследования 23 лиц в возрасте 24–52 года без нарушений здоровья при информированном их письменном согласии. Для получения статистически достоверных значений нормативных показателей тестирование каждого из них проводилось ежедневно в утренние часы 2 раза с часовым перерывом на протяжении недели, т.е. более 10 раз. Итого массив данных составил более 460 обследований.

Полученные данные сводились в таблицы нормированных усреднённых результатов тестирования по каждому пациенту и с усреднением по возрастным подгруппам: 24–34, 35–45 и 46–52 года. Следует отметить, что возрастные изменения состояния касались только индивидуальной вариативности показателей. Этот вопрос, однако, требует специального изучения с достаточной глубиной типологической диагностики и объёма статистики.

Нейродинамическое тестирование проводилось на программно-аппаратном компьютерном психодиагностическом комплексе «Мультипсихометр-05» (НПЦ «ДИП»), автоматически проводящем количественную обработку данных с их числовым и графическим представлением в стандартном пакете Statistica 6.0. Кроме того, составлялось текстовое заключение о нарушениях нейродинамических свойств у каждого инвалида на базе встроенной в комплекс краткой экспертной системы.

В качестве диагностических использованы следующие тесты нейродинамики:

- длительный теппинг тест (ДТТ) и его структура как отражение силы и выносливости нервной системы по возбуждению и активному внутреннему торможению;

- баланс нервных процессов (БНП) возбуждения и торможения по их силе и преобладанию как прогностический признак типа реагирования: нормальный — полный баланс, гиперреактивный — преобладание возбуждения или гипореактивный — преобладание торможения;

- функциональная подвижность нервных процессов (ФПНП) возбуждения и торможения по скорости развития, угасания или смены одного другим как показатель их взаимодействия и динамики в деятельности;

– время сенсомоторной реакции (СМР) руки на зрительные стимулы как определителя уровня функционального состояния (ФУС) нервной системы;

– динамичность процесса обучаемости (ДПО) инвалида как показатель скорости и успешности освоения и стабильности результата выполнения освоенных операций;

– стресс-тест (СТ) индивидуального стиля деятельности (ИСД) под вероятностной нагрузкой с повышением её темпа с оценкой динамики и степени нарушения экстренного дифференцировочного торможения по росту числа ошибок выбора и по деструкции выполнения операций.

### Результаты / Results

Анализ результатов тестирования в нормативной группе показал, что:

– при ДТТ выявлена большая сила и выносливость нервной системы, т.е. высокий уровень функциональных возможностей (УФВ = 3,55) при выполнении циклических движений кисти высокой частоты  $f = 6,52/с$  с плотностью  $d = 0,93$ , вариативностью  $V = 2,64 \%$  и стабильностью  $S = 0,38$  в течение  $T = 0,94$  периода тестирования;

– при БНП наблюдается баланс активационных и тормозных процессов с небольшими преобладаниями  $\Delta = +8,3 \%$  в сторону опережения (возбуждения) и  $\Delta = -6,4 \%$ , т.е. запаздывания (торможения), при высокой антиципации  $A = 87,5 \%$  – вероятности предвидения координат динамического объекта в пространстве и времени, её стабильности  $S = 0,43$  при вариативности  $V = 2,34 \%$  отдельных реакций на его смещение;

– при ФПНП определена высокая подвижность ( $m = 85,2$ ) нервных процессов при экстренной смене позиции стимула с межсигнальным интервалом реакций не более  $\Delta t = 0,51 с$ , вариативностью  $V = 7,7 \%$  и стабильностью  $S = 0,13$ ;

– при СМР на зрительный стимул её время  $t = 205 \pm 5,4$  мсек с вероятностью безошибочных действий  $p = 0,98$  и стабильностью  $S = 0,15$  при вариативности  $V = 6,5 \%$ , что соответствует высокому уровню функциональности нервной системы (ФУС = 5,24);

– при ДПО отмечена высокая скорость формирования навыка нового действия по времени реакции, приросту частоты безошибочных сигналов в 4 раза (от  $f_0 = 0,5/с$  до  $f_n = 2,0/с$  в конце теста) с модулем эффективности  $Me = 0,84$  за счёт высокой скорости переработки информации (0,96 кбайт/с) и низкой вариативности ответов ( $V = 2,5 \%$ ) со стабильностью  $S = 0,41$ ;

– при СТ выявлена высокая эффективность (91,6 %) решения задачи множественного выбора, со стабильностью  $S = 0,16$  при вариативности  $V = 6,4 \%$  и динамичностью процесса  $Di = 71,8 \%$  от

максимальной ( $Dm = 98,7 \%$ ) с модулем пропускной способности информации  $Mi = 0,93$  кбайт/с при вероятности безошибочных действий  $p = 0,97$ , без деструкции процесса и срыва деятельности за весь период тестирования.

Полученные нормативные данные послужили эталоном оценки результатов тестирования инвалидов в группах неврологических нарушений.

В группе латерализованных («классических») поражений двигательной системы после инсульта и её стойких нарушений различной степени тестирование нейродинамических свойств в отдалённый период реабилитации показало:

– при ДТТ снижена ритмическая манипулятивность кисти по числу касаний штифта до  $n = 5,88/с$  (-14 %) при лёгких, до  $n = 5,31/с$  (-26 %) при умеренных, до  $n = 4,84/с$  (-41 %) при выраженных и до  $n = 4,26/с$  (-47 %) при значительно выраженных нарушениях как проявление падения моторной лабильности в 1,53 раза, т.е. её заторможенности.

Соответственно прогрессивно падает и предельная частота циклических движений кисти до  $f = 5,24/с$  (-20 %), стабильность и время её удержания в течение  $t = 0,72$  периода тестирования с вариативностью  $V = 18,4 \%$  при лёгких парезах, до  $f = 4,65/с$  (-29 %) в течение  $t = 0,58$  периода тестирования с вариативностью  $V = 21,6 \%$  при умеренных, до  $f = 3,78/с$  (-42 %) в течение  $t = 0,46$  периода тестирования с вариативностью  $V = 28,3 \%$  при выраженных и до  $f = 3,46/с$  (-45 %) в течение  $t = 0,38$  периода тестирования с вариативностью  $V = 30,4 \%$  при значительно выраженных парезах.

При этом резервы выносливости ( $s$ ) быстрых непрерывных циклических действий за период тестирования снижались от  $s = 0,76$  (-24 %) при лёгких, до  $s = 0,66$  (-34 %) при умеренных, до  $s = 0,52$  (-48 %) при выраженных и до  $s = 0,47$  (-53 %) при значительно выраженных парезах, т.е. в 1,61 раза. Это свидетельствует о повышенной тормозимости и астенизации нервной системы инвалидов в этот период;

– при БНП отмечается дисбаланс нервных процессов в сторону торможения по параметру запаздывания (в 2,7 раза) реакций (от  $\Delta = -6,4 \%$  до  $\Delta = -17,3 \%$ ); также снижена способность к антиципации положения динамического объекта в пространстве и времени до  $A = 81,3$  (-7 %) со средней нестабильностью ( $S = 3,89$ ) исполнительных действий при лёгких нарушениях, до  $A = 73,4$  (-16 %) и нестабильностью  $S = 4,45$  при умеренных, до  $A = 67,2$  (-23 %) и нестабильностью до  $S = 5,61$  при выраженных и до  $A = 54,9$  (-37 %) и нестабильностью до  $S = 6,52$  при значительно выраженных нарушениях с большей (в 2,2 раза) вариативностью на поражённой стороне. Т.е. способность к антиципации снижена в 1,59 раз и увеличена в 1,68 раз нестабильность процесса поиска и «накрытия» це-

левого объекта как показатель расстройств координации движений;

– при ФПНП наблюдается снижение функциональной подвижности нервных процессов до  $m = 59,7$  баллов (-30 %) с межсигнальным интервалом  $h = 0,65 \pm 0,08$  с и вариативностью  $V = 8,7$  % при лёгких нарушениях, до  $m = 50,3$  баллов (-41 %) с межсигнальным интервалом  $h = 0,87 \pm 0,32$  с и вариативностью  $V = 9,4$  % при умеренных нарушениях, до  $m = 45,6$  баллов (-46 %) с межсигнальным интервалом  $h = 1,68 \pm 0,25$  с и вариативностью  $V = 13,2$  % при выраженных и  $m = 36,5$  баллов (-57 %) с межсигнальным интервалом  $h = 2,12 \pm 0,41$  с и вариативностью  $V = 18,4$  % при значительно выраженных парезах;

– по СМР наблюдается прогрессивное возрастание времени реакции, т.е. её замедление по группам: от  $t = 263$  мсек (+24 %) при лёгких или скомпенсированных нарушениях до  $t = 329$  мсек (+57 %) при умеренных, до  $t = 376$  мсек (+79 %) при выраженных и до  $t = 417$  мсек (+98 %) на неповреждённой стороне при выраженных спастических парезах как показатель снижения уровня функциональности нервной системы инвалидов (ФУС от 4,1 до 1,3). Одновременно с этим падает стабильность процесса до  $S = 74,5$  (-15 %) при лёгких, до  $S = 66,2$  (-24 %) при умеренных, до  $S = 59,2$  (-32 %) при выраженных и до  $S = 42,7$  (-51 %) при значительно выраженных парезах, т.е. в 1,74 раза. Вероятность безошибочных действий снижается до  $p = 0,91$  (-3 %) при лёгких, до  $p = 0,87$  (-7 %) при умеренных, до  $p = 0,83$  (-12 %) при выраженных и до  $p = 0,78$  (-17 %) при значительно выраженных парезах, т.е. в 1,17 раз.

Эти данные прямо указывают на повышенную тормозимость по ФПНП подвижности нейродинамики этой группы инвалидов как основную причину ухудшения результатов тестирования по ДТТ, БНП и СМР;

– при ДПО отмечается прирост частоты воспроизводимых сигналов от  $F = 0,4$ /с в начале тестирования до  $F = 0,6$ /с (+50 %) в конце с модулем эффективности  $Me = 0,64$  (+24 %) за  $T = 68,2$  % периода при вариативности установившегося процесса  $V = 0,63$  % (+19 %) для лёгких нарушений. Прирост от  $F = 0,3$ /с в начале тестирования и до  $F = 0,5$ /с (+67 %) в конце с модулем эффективности  $Me = 0,61$  (+27 %) за  $T = 77,4$  % его периода и вариативности  $V = 0,67$  % (+23 %) для умеренных. Однако при выраженных нарушениях частота воспроизводимых сигналов уже падает от  $F = 0,28$ /с в начале тестирования до  $F = 0,22$ /с (-21 %) в конце, т.е. в 1,27 раз также с падением модуля эффективности  $Me = 0,59$  (-30 %) за  $T = 79,2$  % его периода с вариативностью  $V = 0,73$  % (+28 %) при выраженных и от  $F = 0,29$ /с в начале тестирования до  $0,17$ /с

(-41 %) в конце с модулем эффективности  $Me = 0,54$  (-36 %) за  $T = 81,2$  % его периода с вариативностью  $V = 0,76$  % (+21 %) при значительно выраженных парезах.

Таким образом, при выраженных и значительно выраженных нарушениях состояния инвалидов их способность к обучению снижена по частоте воспроизводимых сигналов и модулю эффективности при умеренном приросте вариативности реакций и слабом увеличении в 1,03 раза времени освоения навыка, т.е. его замедлении.

При СТ отмечено прогрессивное снижение устойчивости к напряжённой динамической нагрузке с возрастанием вариативности данных от  $V = 18,3$  % (+4 %) при лёгких, до  $V = 18,8$  % (+7 %) при умеренных, до  $V = 19,4$  % (+9,8 %) при выраженных и до  $V = 19,8$  % (+18 %) при значительно выраженных парезах (в 3,09 раза).

При этом динамичность деятельности по модулю пропускной способности информации падает до  $Mi = 0,69$  (-20 %) при лёгких, до  $Mi = 0,62$  (-28 %) при умеренных, до  $Mi = 0,58$  (-33 %) при выраженных и до  $Mi = 0,52$  (-40 %) при значительно выраженных парезах, т.е. в 1,79 раза.

Вероятность безошибочных действий снижается от  $p = 0,86$  (-6 %) при лёгких, до  $p = 0,73$  (-33 %) при умеренных, до  $p = 0,58$  (-37 %) при выраженных и до  $p = 0,51$  (-44 %) при значительно выраженных нарушениях, т.е. в 1,82 раза. Эти данные корреспондируют с тестами ФПНП и СМР и имеют, по-видимому, ту же нейродинамическую основу, т.е. снижение подвижности и дисбаланс нейродинамики, приводящие к расстройству координации при принятии решения в ситуации динамического стресса.

Изменения основных параметров нейродинамики по выбранным тестам при различных степенях нарушений функций нервной системы инвалидов по ОНМК представлены в диаграмме на рисунке 1.

Из приведенного рисунка видно, что в каждом тесте нейродинамических свойств инвалидов происходит снижение основных параметров его показателей по мере увеличения степени неврологических нарушений.

Так, в тесте ДТТ частота движений кисти руки вследствие снижения силы возбуждения в активационном блоке [9] падает уже при лёгких нарушениях на 8 %, а затем при умеренных, выраженных и при значительно выраженных до 35 %. Практически параллельно с ним падают показатели теста БНП с преобладанием торможения, что коррелирует ( $R = 0,67$ ) со снижением в тесте ФПНП функциональной подвижности нервных процессов до 57 % при значительно выраженных неврологических нарушениях.

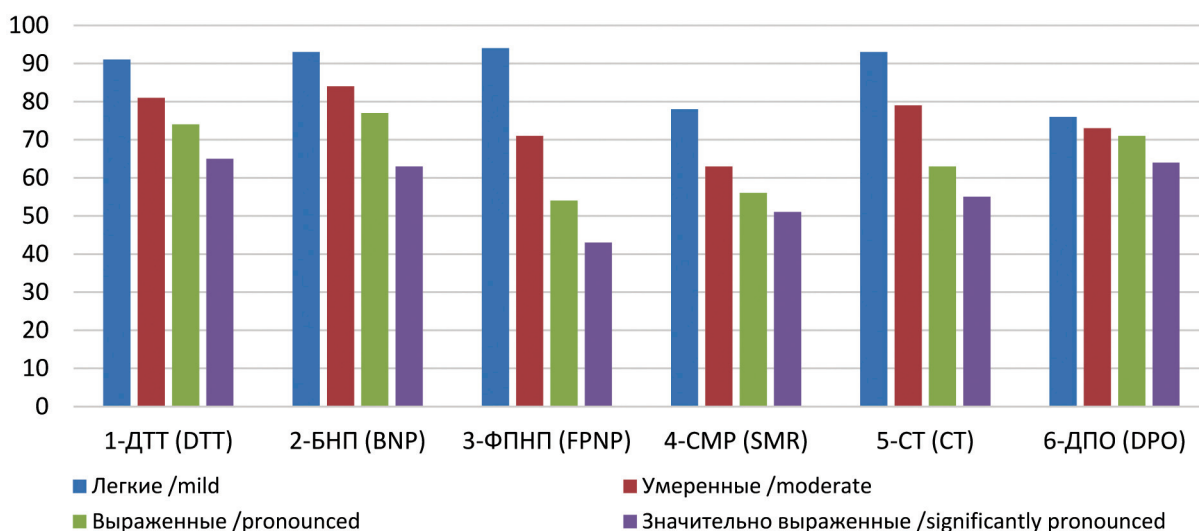


Рисунок 1. Изменения основных параметров показателей нейродинамики по степеням выраженности её нарушений у инвалидов по ОНМК.

По оси ординат — нормированные основные параметры тестов (в процентах от нормы — 100 %) в соответствии с уровнями неврологических нарушений, по оси абсцисс — тесты нейродинамики

Figure 1. Changes in the parameters of neurodynamics indicators according to the severity of its disorders in people with disabilities, neurodynamics indicators according to the severity of its disorders in people with disabilities.

The ordinate axis shows the normalized basic test parameters (as a percentage of the norm — 100 %) in accordance with the levels of neurological disorders, on the abscissa axis — neurodynamics tests

Это влечёт за собой снижение способности предвидеть положение целевого объекта в пространстве и времени (антиципации) в форме «притормаживания» реакции на его появление. Итогом этих изменений является увеличение суммарного времени реакции в тесте СМР на 50 %, т.е. снижение её скорости при значительно выраженных нарушениях.

В СТ динамичность по модулю пропускной способности информации падает на 45 % при значительно выраженных нарушениях с возрастанием числа ошибок на 44 %, что также коррелирует со снижением подвижности нейродинамически в сторону торможения. Последнее проявляется и в осуществлении достаточно сложной деятельности по обучению (тест ДПО) в ситуации, близкой к стрессорной. Однако при этом модуль эффективности обучения снижается только на 36 % от нормы даже при значительно выраженных нарушениях, т.е. не достигает и уровня умеренных нарушений нейродинамики.

### Обсуждение / Discussion

Тестирование некоторых базовых нейродинамических свойств (тесты ДТТ, БНП, ФНП, СМР, СТ и ДПО) у инвалидов после ишемического инсульта в отдалённый период реабилитации показало снижение большинства их параметров, что свидетельствует о повышенной тормозимости и астении при падении силы и выносливости нервной

системы в этот период. Дисбаланс нервных процессов в сторону торможения с «запаздыванием» в 2,7 раза реакций с большей (в 2,2 раза) вариативностью на поражённой стороне, снижением стабильности баланса и способности к антиципации динамики подвижного целевого объекта говорят о расстройстве координации во всех функциональных блоках (I, II, III) и между ними [9].

Это отражается в прогрессивном замедлении скорости СМР с падением стабильности и вероятности безошибочных действий, что является следствием нарушений во всех звеньях функциональной системы обеспечения должной скорости моторной реакции.

Снижение функциональной подвижности основных нейродинамических процессов позволяет предположить, что оно является следствием доминирования пассивного защитного торможения как основной причины снижения показателей также и всех остальных тестов. Поэтому способность к обучению (ДПО) снижена и по частоте воспроизводимых сигналов и по модулю эффективности при приросте вариативности реакций и отчётливом увеличении времени формирования навыка, т.е. замедлении его освоения.

Это означает, что активное дифференцированное торможение ослабевает, но прирастает пассивное — защитное, с мобилизацией блоков и активации (I) и переработки информации (II) и программного (III) обеспечения деятельности

[8–10, 12, 13, 15, 16] при достаточной устойчивости процесса принятия решения и автоконтроля.

Падение устойчивости к напряжённой повышающейся динамической нагрузке и возрастание вариативности результатов в стрессорной ситуации также является следствием дисбаланса нервных процессов и астенизации. Такие изменения показателей говорят о нарушениях как в сфере концентрации и распределения внимания при отслеживании целей, обработки необходимой информации и её смысловой фильтрации, так и в сфере построения координированного движения.

Однако большинство инвалидов достаточно успешно справляются с ним, что, видимо, связано с восстановленной способностью к мобилизации функциональных резервов всех основных блоков (I, II, III) у инвалидов в этот реабилитационный период.

Условно можно выделить нарушения нейродинамики уровня базовых «классических» свойств и уровня свойств, больше сопряжённых с психическими функциями. К первым относятся нарушения выше перечисленных свойств. Ко вторым — более сложные психические комплексы: произвольная ориентация в пространстве и времени, объём, концентрация и удержание внимания, запоминание тестового материала и его воспроизведение из кратковременной памяти, структура мышления, программирование и операционная организация деятельности с управлением движениями, эмоциональный фон и формирование мотиваций деятельности.

При этом видно также, что функции этой группы тесно связаны с первой: ориентация — антиципация, внимание — динамика ситуации, запоминание алгоритма тестирования — кратковременная память и воспроизведение, выбор действия — структура мышления, просчитывание его шагов — антиципация, когнитивная работоспособность — выносливость психики, скорость переключения действий — функциональная подвижность и т.д.

Некоторые нарушения нейродинамики и психики могут быть соотнесены с определёнными отделами мозга [9]. Так, рассмотренные выше нарушения характерны для поражения лобных и височных долей, префронтальных и медиобазальных отделов коры, а также структур базальных ганглиев и ствола мозга [11]. При этом наиболее характерными симптомами поражения неспецифических структур продолговатого и среднего мозга являются быстрая истощаемость, резкое сужение объема внимания и нарушение его концентрации. Этим больным, однако, свойственен повторный «всплеск» активности после периода «истощения» при введении дополнительной мотивации, что дает выраженный, но не долгий компенсаторный эффект [8, 9, 11].

При поражении диэнцефальной области и лимбических структур отмечаются нарушения произвольного внимания и амнезия по кратковременной памяти, а компенсация либо отсутствует, либо длится недолго [8]. Нарушения мнестических функций возникают из-за распада структуры деятельности (блок III), нарушения механизма произвольного запоминания и произвольного воспроизведения материала (блок II) и вследствие повышенной тормозимости [9].

При поражении височной коры отмечаются повышенная реактивность и неадекватность эмоциональных реакций от тревоги, страхов и неустойчивости настроения до безразличия, даже эйфории и расторможенности при сочетанном очаге в медиальных отделах лобных долей. При поражении медиобазальных отделов лобной и височной коры наблюдаются нарушения ориентировки в окружающем и концентрации внимания, с затруднением выполнения последовательных операций в соответствии с заданной сложной программой и снижении контроля деятельности и её результатов.

Необходимо отметить также, что нарушения функций вследствие очагового поражения мозга в резидуальный период бывают более обширными, чем ожидается по его локализации. Это связано с «диализмом» — выпадением функций неповрежденных отделов мозга, связанных с участками поражения проводящими путями вследствие дефицита импульсации к ним. Выделяют «поперечный» — внутри полушария, комиссуральный — между топографически идентичными участками полушарий, «вертикальный» — церебральный [11]. В нашем случае это проявилось в нарушениях нейродинамики на сохранной стороне, сопряжённой с очагом поражения на другой.

### Заключение / Conclusion

При психофизиологическом обследовании инвалидов вследствие инсульта в резидуальный период у 89,7 % компьютерными методами обнаружены нарушения базовых нейродинамических свойств, которые прямо зависят от степени поражения в двигательной сфере.

При этом наблюдается снижение уровня функциональности и подвижности нервных процессов, их дисбаланс в сторону торможения при снижении антиципации положения целевых объектов в пространстве и времени, моторной лабильности, стабильности решений, вероятности безошибочных действий и резерва выносливости к непрерывной ритмической нагрузке.

Это может расцениваться как резидуальные проявления действия инсульта на фоне неполного восстановления базовой нейродинамики, способности к планированию действий, концентрации внимания и внутреннего активного торможения

с повышением числа ошибок оценки ситуации и дискоординированности операционных решений.

Однако в указанный поздний период реабилитации уровень нарушений не достигает 60 % от нормы даже при выраженных односторонних парезах, т.е. они определяются на уровне «лёгких» и «умеренных» по предложенной Минтрудом России шкале, что достоверно определяется при использовании компьютерных методик тестирования. Это может оцениваться как признак постепенного восстановления способности инвалидов к переработке информации и управлению своими действиями в поздний период реабилитации.

Сопоставление нарушений нейродинамики более «высокого» уровня с её более «низким» уровнем базовых свойств дополняет топическую диагностику зон поражения при инсульте, что важно для прогноза динамики психических функций этих инвалидов при реабилитации, выработке комплекса наиболее рациональных методов лечения, организации трудоустройства и социализации.

**Этика публикации.** Представленная статья ранее не публиковалась.

**Конфликт интересов.** Информация о конфликте интересов отсутствует.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

#### Литература

- Вакуленко С.А., Шихарёва А.А., Практический курс по нейронным сетям. СПб: ИТМО, 2018. — 71 с.
- Позин Н.В. Моделирование нейронных структур. М.: «Наука», 1970. — 264 с.
- Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. М.: Мир, 1965. — 481 с.
- Хайкин С. Нейронные сети. М.: Вильямс, 2006. — 1104 с.
- Экклз Д. Физиология нервных клеток. М.: Мир, 1959. — 314 с.
- Экклз Д. Физиология синапсов. М.: Мир, 1966. — 397 с.
- Экклз Д. Тормозные пути центральной нервной системы. М.: Мир, 1971. — 168 с.
- Корсакова Н.К., Московичюте Л.И. Подкорковые структуры мозга и психические процессы. М.: Изд-во МГУ, 1985. — 168 с.
- Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973. — 384 с.
- Небылицын В.Д. Основные свойства нервной системы человека. М.: Просвещение, 1966. — 383 с.
- Черникова Л.А. Восстановительная неврология. М.: ООО МИА, 2018. — 344 с.
- Агрис А.Р. Дефицит нейродинамических компонентов деятельности у детей с трудностями обучения : дисс. ... канд. псих. наук. М., 2014. — 214 с.
- Бойко Е.И. Время реакции человека. — М.: Медицина, 1964. — 386 с.
- Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. СПб: Питер. 2003. — 384 с.
- Ильин Е.П. Дифференциальная психофизиология. СПб: Питер, 2001. — 236 с.
- Колесников А.О., Кувшинов Д.Ю., Барбараш Н.А. Комплексная оценка параметров нейродинамики // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 2. — 53 с.
- Никандров В.В. Психомоторика: учеб. пособие. СПб: Речь, 2004. — 101с.
- Озеров В.П. Психомоторные способности человека. Дубна: Феникс+, 2000. — 236 с.
- Методика разработки программ реабилитации больных и инвалидов вследствие сосудистых заболеваний головного мозга, осложнённых инсультом. Методические рекомендации для врачей ВТЭК. Л.: ЛИЭТИН, 1985. — 28 с.
- О классификациях и критериях, используемых при осуществлении МСЭ граждан федеральными государственными учреждениями / Приказ Минтруда России от 27.08.2019 № 585н. Доступен по: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=413705>. (дата обращения: 25.09.2023).

#### References

- Vakulenko SA, Shikhareva AA. Prakticheskij kurs po nejronny'm setyam. [Practical course on neural networks.]. Sankt-Petersburg: ITMO [St. Petersburg: Institute of Precision Mechanics and Optics], 2018. 71 p. (In Russian).
- Pozin NV. Modelirovanie nejronnyh struktur. [Modeling of neural structures]. Moskva: Nauka [Moscow: Nauka], 1970. 264 p. (In Russian).
- Rozenblatt F. Principy` nejrodinamiki [Principles of neurodynamics] Moskva: Mir [Moscow: Mir], 1965. 481 p. (In Russian).
- Haikin P. Nejronny`e seti. [Neural networks]. Moskva: «Vil`yams» [Moscow: «Williams», 2006. 1104 p. (In Russian).
- Eccles D. Fiziologiya nervny`x kletok [Physiology of nerve cells]. Moskva: Mir [Moscow: Mir], 1959. 314 p. (In Russian).
- Eccles D. Fiziologiya sinapsov [Physiology of synapses]. Moskva: Mir [Moscow: Mir], 1966. 397 p. (In Russian).
- Eccles D. Tormozny` eputicentral`noj nervnoj sistemy` [Inhibitory Pathways of the central nervous system]. Moskva: Mir [Moscow: Mir], 1971. 168 p. (In Russian).
- Korsakova NK, Moskvichute LI. Podkorkovy`e struktury` mozgai psicheskije processy` [Subcortical structures of the brain and mental processes]. Moskva: Izd-vo MGU [Moscow: Publishing House of Moscow State University], 1985. 168 p. (In Russian).
- Luriya AR. Osnovy` nejropsixologii [Fundamentals of Neuropsychology]. Moskva: Izd-vo Mosk. un-ta [Moscow: Publishing House of Moscow State University], 1973. 384 p. (In Russian).
- Nebelicin VD. Osnovny`e svojstva nervnoj sistemy` cheloveka [Basic properties of the human nervous system]. Moskva: Prosveshhenie. [Moscow: Prosveshhenie], 1966. 383 p. (In Russian).
- Chernikova LA. Vosstanovitel`nayanevrologiya [Restorative neurology]. Moskva: ООО МИА [Moscow: MIA LLC], 2018. 344 p. (In Russian).
- Agris AR. Defitsit neirodinamicheskikh komponentov deyatel`nosti u detei s trudnostyami obucheniya [Deficiency of neurodynamic components of activity in children with learning difficulties.] Moskva, diss. kand. psikh. nauk [Moscow, thesis of PhD in Psychological Sciences], 2014. 214 p. (In Russian).
- Bojko EI Vremya reaktsii cheloveka [Human reaction time]. M.: Medicina [Moscow: Medicine], 1964. 386 p. (In Russian).



14. Ilyin EP. Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka [Psychomotor human organization]. Sankt-Petersburg: Piter. [St. Petersburg: Piter]. 2003. 384 p. (In Russian).
15. Ilyin EP. Differentsial'naya psikhofiziologiya. [Differential psychophysiology]. Sankt-Petersburg: Piter [St. Petersburg: Piter], 2001. 236 p. (In Russian).
16. Kolesnikov AO, Kuvshinov DY, Barbarash NA. Kompleksnaya ocenka parametrov nejrodinamiki [Comprehensive assessment of neurodynamics parameters]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2013;(2):53. (In Russian).
17. Nikandrov VV. Psikhomotorika: Uchebnoe posobie [Psychomotor science: Study guide]. Sankt-Petersburg: Rech` [St. Petersburg: Rech], 2004. 101 p. (In Russian).
18. Ozerov VP. Psikhomotorny'e sposobnosti cheloveka [Human psychomotor abilities]. Dubna: Feniks plus [Dubna: Phoenix+], 2000. 236 p. (In Russian).
19. Metodika razrabotki programm reabilitatsii bol'nykh i invalidov vsledstvie sosudistykh zabolevanii golovnogo mozga, oslozhnennykh insul'tom. Metodicheskie rekomendatsii dlya vrachei VTEK. L.: LIE`TIN [Methodology for the development of rehabilitation programs for patients and the disabled due to vascular diseases of the brain complicated by stroke. Methodological recommendations for doctors of medical and labor expert commission. Leningrad: Leningrad Institute of Expertise of Working Capacity of the Disabled], 1985. 28 p. (In Russian).
20. O klassifikatsiyakh i kriteriyakh, ispol'zuemykh pri osushchestvlenii MSE grazhdan federal'nymi gosudarstvennymi uchrezhdeniyami. Prikaz Mintruda Rossii N 585n ot 27.08.2019 [About classifications and criteria used in the implementation of medical and social expertise of citizens by federal state institutions. Order of Ministry of Labor of Russia N 585n of August 27, 2019]. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=413705>. (accessed 25.09.2023). (In Russian).

Поступила: 26.09.2023

Принята в печать: 15.06.2024

#### Авторы

Белянин Олег Леонидович — ведущий научный сотрудник отдела биомеханических исследований ОДС Института протезирования и ортезирования, ФГБУ ФНОЦ МСЭ и Р им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: [belynin.oleg41@bk.ru](mailto:belynin.oleg41@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6019-8053>.

Гордиевская Елена Олеговна — кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник отдела социальной и профессиональной реабилитации Института реабилитации и абилитации инвалидов, ФГБУ ФНОЦ МСЭ и Р им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Бестужевская ул., д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: [elena.gord@bk.ru](mailto:elena.gord@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7617-298X>.

#### Authors

Belyanin Oleg Leonidovich — leading researcher of the Department of biomechanical research of the musculoskeletal system of Institute of Prosthetics and Orthotics, Albrecht Federal Scientific and Educational Centre of Medical and Social Expertise and Rehabilitation, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: [belynin.oleg41@bk.ru](mailto:belynin.oleg41@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6019-8053>.

Gordievskaya Elena Olegovna — PhD in Pedagogical sciences (Cand. Ped. Sci.), senior researcher at the Department of Social and Vocational Rehabilitation of the Disabled of the Institute of Rehabilitation and Habilitation for Disabled, Albrecht Federal Scientific and Educational Centre of Medical and Social Expertise and Rehabilitation, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: [elena.gord@bk.ru](mailto:elena.gord@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7617-298X>.