

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Фрай А.В.<sup>1</sup>, Воронцова В.С.<sup>2,3</sup>, Пичугина И.М.<sup>4</sup>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОЭНЕРГОКАРТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ПОДХОДА К КОГНИТИВНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С СОСУДИСТЫМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

<sup>1</sup> Клиника «Инвиа», Москва, Российская Федерация<sup>2</sup> ФГБНУ «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии», Москва, Российская Федерация<sup>3</sup> ФГБНУ «Научный центр психического здоровья», Москва, Российская Федерация<sup>4</sup> ФГБОУ ВПО «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского», Калуга, Российская Федерация

*В статье описывается метод нейроэнергоскартирования как способа выявления функционального нарушения того или иного структурно-функционального блока мозга при когнитивных расстройствах, что в свою очередь позволяет инструментально подтвердить и обосновывать причины изменений нейропсихологического статуса, а также индивидуально подбирать когнитивную нагрузку, учитывая пол, возраст и особенности поражения головного мозга пациента. С помощью метода нейроэнергоскартирования у каждого участника исследования регистрировалось состояние энергетической активности мозга в пяти стандартных отведениях. Затем пациенту предлагались задания из альбома для нейропсихологического обследования А.Р. Лурия в качестве когнитивной нагрузки — на память, исключение лишнего, составление рассказа и др. После завершения когнитивной нагрузки процедура снятия показателей энергетической активности мозга повторялась. По результатам обработки данных пациентам были скорректированы рекомендации по когнитивной нагрузке.*

**Ключевые слова:** нейроэнергоскартирование; нейропсихология; сосудистое поражение головного мозга; нейро-реабилитация.

**Для цитирования:** Фрай А.В., Воронцова В.С., Пичугина И.М. Использование нейроэнергоскартирования для построения персонализированного подхода к когнитивной реабилитации пациентов с сосудистыми поражениями головного мозга. *Медико-социальная экспертиза и реабилитация*. 2020; 23(1): 5–8. DOI: <https://doi.org/10.17816/MSER34232>

**Для корреспонденции:** Воронцова Виктория Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории изучения коморбидности и вегетативной дисфункции ФНКЦ РР, 141534, Московская область, Солнечногорский район, д. Лыткино, д. 777, Россия. E-mail: [vvorontsova@fnkcr.ru](mailto:vvorontsova@fnkcr.ru)

Fry A.V.<sup>1</sup>, Vorontsova V.S.<sup>2,3</sup>, Pichugina I.M.<sup>4</sup>

## USING NEUROENERGY MAPPING TO BUILD A PERSONALIZED APPROACH TO COGNITIVE REHABILITATION OF PATIENTS WITH VASCULAR LESIONS OF THE BRAIN

<sup>1</sup> Clinic "Invia", Moscow, Russian Federation<sup>2</sup> Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation<sup>3</sup> Mental Health Research Center, Moscow, Russian Federation<sup>4</sup> Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky, Kaluga, Russian Federation

*The article describes the method of neuroenergy mapping as a way to identify the functional impairment of a structural structural brain in cognitive disorders, which in turn allows instrumental confirmation and justification of the causes of changes in neuropsychological status, as well as individually selected cognitive load, taking into account sex, age and characteristics of the lesion the brain of the patient. In patients using the NEC method in 5 standard leads, the state of brain energy activity was recorded. Then he was offered tasks from the album for a neuropsychological examination of A.R. Luria as a cognitive load: in memory, the elimination of superfluous, storytelling and others. After completion of the cognitive load, the indicators of the patient's brain energy activity were again recorded. According to the results of data processing, patients were adjusted recommendations for cognitive load.*

**Keywords:** neuroenergy caring; neuropsychology; vascular brain damage; neurorehabilitation.

**For citation:** Fry AV, Vorontsova VS, Pichugina IM. Using neuroenergy mapping to build a personalized approach to cognitive rehabilitation of patients with vascular lesions of the brain. *Medical and Social Expert Evaluation and Rehabilitation*. 2020; 23(1): 5–8. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17816/MSER34232>

**For correspondence:** Viktoriya S. Vorontsova, Junior Researcher, Laboratory for the Study of Comorbidity and Autonomic Dysfunction Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology 141534, Moscow region, Solnechnogorsk district, Lytkino, 777, Russian Federation. E-mail: [vvorontsova@fnkcr.ru](mailto:vvorontsova@fnkcr.ru)

Received 28.05.2020

Accepted 14.06.2020

## Обоснование

Как известно, стресс выступает совокупностью стереотипных приспособительных реакций, возникающих в организме в ответ на эмоциональное перенапряжение, сильные умственные и физические нагрузки, травмы, интоксикации, различные болезни. При этом процессе закономерно изменяется энергетическая активность мозга. Г. Селье еще в 1960 г. выделил три стадии стресса: тревога, резистентность и истощение. Функциональное состояние энергетической активности мозга можно соотнести с каждой из этих стадий. Первой стадии стресса (тревоге) соответствуют повышение энергетической активности головного мозга и мобилизация активационных процессов. На второй стадии (резистентность) тревога снижается, возрастает устойчивость к стрессу. На третьей стадии (истощение) понижается энергетическая активность мозга и происходит торможение адаптационных механизмов [1].

Повышение и понижение энергетической активности головного мозга являются последовательными стадиями одного процесса. Можно предполагать, что чем быстрее пациент проходит от стадии активизации к стадии истощения, тем быстрее он двигается по патологическому пути от здоровья к болезни и смерти.

Одним из наиболее часто встречаемых неврологических симптомов является нарушение когнитивных функций. Под когнитивными нарушениями принято понимать снижение функционирования высших психических функций, таких как внимание, память, речь, мышление, гнозис вследствие травматического или органического поражения головного мозга [2–4].

Восстановление когнитивных функций пациентов с последствиями сосудистого поражения головного мозга является важнейшей задачей нейрореабилитации. В большинстве случаев именно эти расстройства определяют степень социальной адаптации пациентов и их качество жизни в дальнейшем [5, 6]. Когнитивные нарушения, по данным зарубежным источникам, также повышают риск суицида, препятствуют участию пациентов в процессе реабилитации и отрицательно сказываются на результатах восстановления в целом [7, 8]. Объем и степень восстановления когнитивных нарушений пациентов с инсультом зависят не только от медицинского персонала, родственников, но и от мотивации самого пациента, оказывающей основополагающее влияние на процесс реабилитации.

Исследования с помощью метода нейроэнергетического картирования показывают, что при остром нарушении мозгового кровообращения энергетическая активность мозга в области патологического очага резко снижается. Это связано с падением мембранных потенциалов нервных и глиальных клеток и нарушением сосудистого русла. При субкортикальном расположении ишемического очага происходит повышение энергетической активности мозга вследствие вторичного его закисления [9, 10].

Усреднённый же показатель энергетической активности мозга после инсульта оказывается повы-

шенным в связи с тем, что в ишемическом очаге начинаются процессы распада мозговой ткани, приводящие к закислению значительного пространства вне области поражения [11].

Нейропсихологическая диагностика у пациентов с повреждениями головного мозга направлена на диагностику объёма и степени утраты высших психических функций и в то же время может выступать в качестве когнитивной нагрузки, входя в состав комплексной реабилитации пациента. Однако степень влияния подобных занятий на функцию поражённого головного мозга ранее не изучалась.

**Цель** — определить влияние когнитивной нагрузки на функциональное состояние головного мозга.

## Материалы и методы

В исследовании приняли участие 14 пациентов (6 женщин и 8 мужчин в возрасте от 24 до 69 лет, средний возраст  $51,28 \pm 12,04$  года) отделения нейрореабилитации Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии (ФНКЦ РР) после сосудистых поражений головного мозга. В анамнезе обследуемых отмечались поражение префронтальной коры головного мозга у 1 (7%), поражение левой височной доли у 6 (42%), поражение правой височной доли у 3 (22%), поражение в зоне ТРО (зона перекрытия temporalis — височной, parietalis — теменной и occipitalis — затылочной коры) у 1 (7%), субарахноидальное кровоизлияние у 3 (22%) пациентов.

Исследование предъявляло определённые требования к отбору пациентов в связи с уровнем сложности нейропсихологических проб, поэтому были включены пациенты в ясном сознании без грубых когнитивных нарушений и афазий. Перед началом исследования с каждым пациентом проводилась беседа с клиническим психологом. Далее с помощью метода нейроэнергетического картирования в пяти стандартных отведениях регистрировался уровень постоянных потенциалов, который в свою очередь отражает состояние кислотно-основного состояния на границе гематоэнцефалического барьера и оценивает состояние утилизации (метаболизма) глюкозы мозгом, а следовательно, и состояние энергетической активности мозга [1, 12].

Затем пациенту предлагались задания из альбома для нейропсихологического обследования А.Р. Лурья в качестве когнитивной нагрузки: на память, исключение лишнего, составление рассказа и др. После завершения когнитивной нагрузки снова регистрировались показатели энергетической активности мозга пациента. По результатам обработки данных пациентам были скорректированы рекомендации по когнитивной нагрузке.

Статистическая обработка данных производилась в программе Statistica 10.0 с использованием критериев Стьюдента и Фишера.

## Результаты

Результаты исследования показали, что у пациентов с сосудистыми поражениями головного мозга наблюдается снижение энергетической актив-

ности преимущественно в лобных долях и левой височной области по сравнению со средними значениями в возрастной группе ( $p = 0,233$ ;  $p = 0,5$  соответственно). Это является показателем более глубокого нарушения функциональной активности мозга в вышеуказанных зонах, которые отвечают за мышление, контроль поведения, целенаправленную деятельность, а также за нарушение речи. Данные изменения — неблагоприятный предиктор в плане развития тяжёлых когнитивных нарушений, которые должны превентивно корректироваться до появления продуктивных симптомов.

В то же время в остальных зонах — центральной, затылочной и правой височной долях — выявлено повышение энергетической активности в сравнении с эталоном ( $p = 0,03$ ;  $p = 0,04$ ;  $p = 0,3$  соответственно), что с учётом снижения энергетической активности в лобной и левой височной области можно объяснить включением компенсаторных механизмов в процессе восстановления головного мозга.

Были выявлены показатели разницы изменений энергетической активности мозга по каждой области. Самый большой отклик на когнитивную нагрузку был обнаружен в лобной и затылочной областях. В среднем энергетическая активность затылочной области в процессе когнитивной нагрузки была увеличена на 5 мВ ( $p = 0,125$ ) по сравнению с базисным значением, а энергетическая активность лобных долей — на 4 мВ ( $p = 0,084$ ). Это можно объяснить тем, что пациенты прилагали усилия для контроля своей деятельности при выполнении заданий и пытались сосредоточиться на предъявляемых материалах, используя при этом активно зрительный анализатор.

У пациента с поражением префронтальной коры энергетическая активность головного мозга в зоне поражения до когнитивной нагрузки была повышена в 2 раза по сравнению с возрастной нормой (эталон  $U = 9,1$  мВ, базовое измерение  $U = 19,15$  мВ) ( $p = 0,008$ ), тогда как после когнитивной нагрузки энергетическая активность головного мозга в данной зоне снизилась в 2 раза и приблизилась к эталонным значениям —  $U = 9,19$  мВ, свойственным данному пациенту в норме с учётом его возраста и пола. В связи с тем, что когнитивная нагрузка предполагает активное включение лобных долей и в частности префронтальной зоны, то такой эффект с высокой степенью достоверности можно объяснить утомлением, при котором происходит снижение энергетической активности мозга. Также это может объясняться компенсаторными механизмами головного мозга, то есть «перераспределением» нагрузки по другим областям мозга вследствие повышения нагрузки на префронтальную кору. Наибольшая нагрузка пришлась на левую височную долю.

У 6 пациентов с преимущественным поражением в правой височной доле после когнитивной нагрузки энергетическая активность мозга в зоне поражения повышалась. Была получена достоверная разница между базисной энергетической активностью мозга в зоне поражения и энергетической активностью мозга после когнитивной нагрузки в зоне поражения ( $p = 0,032$ ), что доказывает влияние нейропсихологических занятий на поражённый мозг.

У 3 пациентов с преимущественным поражением в левой височной области также было получено увеличение энергетической активности в зоне поражения головного мозга после когнитивной нагрузки. Это доказывает то, что при когнитивной нагрузке увеличение энергетической активности мозга происходит на стороне поражения, а не в компенсаторной зоне.

Также у пациентов с исходным повышением энергетической активности выше эталона наблюдалось её резкое снижение после когнитивной нагрузки. Вероятнее всего, что в зоне поражения начинается использование резервного механизма энергообмена, что говорит о высокой способности к восстановлению.

У пациента с поражением в зоне ТРО базовая энергетическая активность мозга до когнитивной нагрузки был выше эталонного значения, тогда как после когнитивной нагрузки этот параметр в зоне поражения значительно снизился. В связи с тем, что нейропсихологические пробы предполагали активное включение зрительного анализатора, то такой эффект можно объяснить утомлением, при котором происходит снижение энергетической активности мозга.

У пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием общей закономерности в базовом состоянии энергетической активности мозга и его изменении в результате когнитивной нагрузки не обнаружено. Можно предположить, что отсутствие изменений связано с обширностью поражения головного мозга и невозможностью энергетической компенсации одних областей головного мозга за счёт других.

## Заключение

В результате проведённого исследования достоверно было обнаружено, что когнитивная нагрузка у пациентов с повреждением левой и правой височной областей активизирует энергетическую активность в зоне повреждения. Это позволяет сделать предположение, что при когнитивной нагрузке увеличение энергетической активности мозга происходит на стороне поражения, а не в компенсаторной зоне.

Нейроэнергокартирование — высокочувствительный высокоинформативный функциональный метод, который регистрирует прижизненные изменения кислотно-основного равновесия на границе гематоэнцефалического барьера в ответ на стимулы внешней среды с учётом совершенства адаптационных возможностей вегетативной нервной системы и присутствия органической патологии. Тем самым нейроэнергокартирование позволяет увидеть уровень жизнеспособности организма и особенности вегетативной дисфункции.

Метод нейроэнергокартирования способен выявить функциональное нарушение того или иного структурно-функционального блока мозга при когнитивных расстройствах, позволяет инструментально подтверждать и обосновывать причины изменений нейропсихологического статуса, а также индивидуально подбирать когнитивную нагрузку, учитывая пол, возраст и особенности поражения головного мозга пациента.

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

**Финансирование.** Работа проведена на личные средства авторского коллектива.

**Участие авторов.** Фрай А.В., Воронцова В.С. — сбор и обработка материала, написание текста статьи; Пичугина И.М. — редактирование текста статьи; Е.Г. Гандыбина — редактирование текста статьи. Все авторы внесли значимый вклад в проведение исследования, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. — М.: Антидор, 2003. — 288 с.
2. Лурия А.Р. Высшие корковые функции. — М.: Академический проект, 2000. — С. 357–383.
3. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. — М.: Академия, 2002. — 381 с.
4. Яхно Н.Н. Когнитивные расстройства в неврологической клинике // *Неврологический журнал*. — 2006. — Т.11. — №1 (Прил.). — С. 4–12.
5. Боголепова А.Н. Когнитивные нарушения у больных с цереброваскулярной патологией // *Лечение заболеваний нервной системы*. — 2011. — Т.3. — №3. — С. 16–22.
6. Путилина М.В., Шабалина Н.И. Возможности ранней коррекции легких и умеренных когнитивных расстройств у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией // *Лечащий врач*. — 2010. — №9. — С. 100.
7. Reitz C, Bos MJ, Hofman A, et al. Prestroke cognitive performance, incident stroke, and risk of dementia: the Rotterdam Study. *Stroke*. 2008;39(1):36–41. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.490334>.
8. Giakoumatos CI, Tandon N, Shah J, et al. Are structural brain abnormalities associated with suicidal behavior in patients with psychotic disorders? *J Psychiatr Res*. 2013;47(10):1389–1395. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2013.06.011>.
9. Sano K., Manaka S. et al. Clinical application of stationary potential of the brain. *Electroencephal Clin Neurophysiol*. 1977;43(4):507
10. Пономарева Н.В. Пространственное распределение уровня постоянного потенциала головного мозга в норме и при органических заболеваниях ЦНС: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 1986.
11. Escuret E. Cerebral ischemic cascade. *Ann Fr Anesth Reanim*. 1995;14(1):103–113

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Автор, ответственный за переписку:

**Воронцова Виктория Сергеевна**, младший научный сотрудник лаборатории изучения коморбидности и вегетативной дисфункции ФНКЦ РР, **e-mail:** [vvorontsova@fnkcr.ru](mailto:vvorontsova@fnkcr.ru)

Соавторы:

**Фрай Александра Владимировна**, **e-mail:** [vector.frai@yandex.ru](mailto:vector.frai@yandex.ru)

**Пичугина Ирина Михайловна**, к.м.н., **e-mail:** [dr.pichugina@gmail.com](mailto:dr.pichugina@gmail.com),

**ORCID:** <https://doi.org/0000-0001-5384-335X>, **SPIN-код:** 5792-1491

12. Шмырев В.И., Витько Н.К., Миронов Н.П., и др. Нейроэнергокартирование — высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергокартирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности. Методические рекомендации. — М., 2010. — 21 с.

## REFERENCES

1. Fokin VF, Ponomareva NV. Energeticheskaya fiziologiya mozga. Moscow: Antidor; 2003. 288 p. (In Russ).
2. Luriya AR. Vysshiye korkovyye funktsii. Moscow: Akademicheskii proyekt; 2000. P. 357–383. (In Russ).
3. Luriya AR. Osnovy neyropsikhologii. Moscow: Akademiya; 2002. 381 p. (In Russ).
4. Yakhno NN. Kognitivnyye rasstroystva v neurologicheskoy klinike. *Nevrologicheskii zhurnal*. 2006;11(1; Appl):4–12. (In Russ).
5. Bogolepova AN. Kognitivnyye narusheniya u bol'nykh s tserebrovaskulyarnoy patologiyey. *Lecheniye zabolevaniy nervnoy sistemy*. 2011;3(3):16–21. (In Russ).
6. Putilina MV, Shabalina NI. Vozmozhnosti ranney korrektsii legkikh i umerennykh kognitivnykh rasstroystv u patsiyentov s distsirkulyatornoy entsefalopatiyey. *Lechashchiy vrach*. 2010;(9):100. (In Russ).
7. Reitz C, Bos MJ, Hofman A, et al. Prestroke cognitive performance, incident stroke, and risk of dementia: the Rotterdam Study. *Stroke*. 2008;39(1):36–41. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.490334>.
8. Giakoumatos CI, Tandon N, Shah J, et al. Are structural brain abnormalities associated with suicidal behavior in patients with psychotic disorders? *J Psychiatr Res*. 2013;47(10):1389–1395. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2013.06.011>.
9. Sano K., Manaka S. et al. Clinical application of stationary potential of the brain. *Electroencephal Clin Neurophysiol*. 1977;43(4):507
10. Ponomareva N.V. Prostranstvennoe raspredelenie urovnya postoyannogo potenciala golovnogo mozga v norme i pri organicheskikh zabolevaniyakh CNS. [dissertation abstract] Moscow; 1986.
11. Escuret E. Cerebral ischemic cascade. *Ann Fr Anesth Reanim*. 1995;14(1):103–113.
12. Shmyrev V. I., Vit'ko N. K., Mironov N. P., et al. Neiroenergokartirovanie — vysokoinformativnyj metod ocenki funktsional'nogo sostoyaniya mozga. Dannye neiroenergokartirovaniya pri kognitivnykh narusheniyakh i snizhenii umstvennoy rabotosposobnosti. Metodicheskie rekomendacii. Moscow; 2010. 21 p. (In Russ).

Поступила 28.05.2020

Принята к печати 14.06.2020