

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616.65-006:615.837.3

doi: 10.19163/1994-9480-2021-4(80)-60-64

## УВЕЛИЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ТРАКТОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА КАК ОДИН ИЗ МЕХАНИЗМОВ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ

*В.М. Покровский, В.Г. Абушкевич, А.Х. Каде, С.К. Ахеджак-Нагузе, Р.В. Никитин*

*Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия*

**Автор, ответственный за переписку: Саида Казбековна Ахеджак-Нагузе, [cstv@ksma.ru](mailto:cstv@ksma.ru)**

**Аннотация.** Актуальной является проблема стресса. Одним из эффективных методов повышения стрессоустойчивости является транскраниальная электростимуляция. Механизм повышения стрессоустойчивости после курса транскраниальной электростимуляции не изучен. Целью работы явилось установление связи между количеством функционирующих трактов головного мозга и уровнем стрессоустойчивости. Наблюдения выполнены на 26 внешне здоровых пациентах 18–22 лет, находящихся на обследовании. Им делали МРТ, трактографию и площадь трактов лобной доли, теменной доли, в гипоталамусе, в варолиевом мосту, в продолговатом мозге. Чем выше уровень стрессоустойчивости, тем больше функционирующих трактов.

**Ключевые слова:** стрессоустойчивость, функционирующие тракты головного мозга

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

## INCREASING THE DENSITY OF FUNCTIONING BRAIN TRACTS AS ONE OF THE MECHANISMS OF STRESS RESISTANCE

*V.M. Pokrovsky, V.G. Abushkevich, A.Kh. Kade, S.K. Akhedzhak-Naguse, R.V. Nikitin*

*Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia*

**Corresponding author: Saida Kazbekovna Akhedzhak-Naguse, [cstv@ksma.ru](mailto:cstv@ksma.ru)**

**Abstract.** The problem of stress is urgent. One of the effective methods of increasing stress resistance is transcranial electrical stimulation. The mechanism of increasing stress resistance after a course of transcranial electrical stimulation has not been studied. The aim of the work was to establish a connection between the number of functioning brain tracts and blood stress resistance. The observations were carried out on 26 apparently healthy patients 18–22 years old who are being examined. They underwent MRI, tractography and the area of the tracts of the frontal lobe, parietal lobe, hypothalamus, pons varoli, in the medulla oblongata the higher the level of stress resistance, the more functioning tracts.

**Keywords:** resistance to stress, functioning tracts of the brain

Актуальной является проблема стресса в сфере высшего образования [1]. Учебная деятельность студентов всегда была связана с высоким уровнем стрессорных нагрузок [2]. Медицинские обследования студентов, проведенные в последние годы, выявляют неуклонный рост их заболеваемости [3]. У студентов также наблюдается частое нарушение эмоциональной, когнитивной, поведенческой и мотивационной сфер деятельности, что связано с повышенным стрессом и со сниженным уровнем стрессоустойчивости [4, 5]. В последнее время все больше внимание уделяется исследованиям механизмов стрессоустойчивости.

Одним из эффективных методов повышения стрессоустойчивости является транскраниальная

электростимуляция. Механизм повышения стрессоустойчивости после курса транскраниальной электростимуляции связывают с  $\beta$ -эндорфинами. Однако эти вещества быстро разрушаются, а эффект действия транскраниальной электростимуляции продолжается долгий период времени [6].

Изменения мембранного потенциала и нейронной синхронизации объясняют кратковременные эффекты транскраниальной электростимуляции, в то время как изменения, индуцированные в существующих белках, и синтез нового белка необходимы для длительных пластических изменений.

Возможно, эффект транскраниальной электростимуляции связан с изменениями нейрональной

и синаптической возбудимости и пластичности, однако механизмы еще далеки от выяснения [7].

Синаптическая пластичность обычно включает краткосрочные и долгосрочные модификации существующих синапсов (образование, удаление и ремоделирование синапсов и дендритных шипов), которые, в свою очередь, изменяют активность сетей мозга, в которые они вставлены [8].

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявление площади функционирующих трактов между структурами головного мозга у пациентов с высоким и низким уровнями стрессоустойчивости.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При письменном информированном согласии на участие были выполнены наблюдения на 26 внешне здоровых пациентах 18–22 лет, находящихся на обследовании в отделении лучевой диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения

«Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 имени профессора С. В. Очаповского» министерства здравоохранения Краснодарского края.

У них регистрировали ФМРТ головного мозга на высокопольном томографе (напряженность магнитного поля 3 Тл) фирмы General Electric со следующими параметрами: TR/TE-6000/88.8; матрица 128 × 128; толщина среза/зазор 5/1.5; поле обзора 24 × 24; продолжительность исследования – 2.42; 22 среза.

Затем все первичные данные переправлялись на рабочую станцию Advantage 4.3, Philips intelligispace portal 10, оснащенную специализированным программным обеспечением для построения трактограмм. При помощи программного обеспечения мультимодальной рабочей станции Multi Vox 3D по трактограммам в сагиттальной плоскости определяли площадь трактов лобной доли, теменной доли, в гипоталамусе, в варолиевом мосту, в продолговатом мозге (рис., табл.).

Площадь трактограмм областей головного мозга у более и менее адаптированных испытуемых в сагиттальной плоскости

Область мозга	Статистические показатели	Уровень стрессоустойчивости	
		высокий n = 10	низкий n = 16
Лобная доля	M	75,9	29,0
	±m	3,1	0,5
	SD	9,8	2,0
	P		<0,001
Теменная доля	M	125,9	65,2
	±m	2,6	2,0
	SD	8,2	8,0
	P		<0,001
Гипоталамус	M	27,8	19,5
	±m	1,0	0,5
	SD	3,2	2,0
	P		<0,001
Мост	M	5,3	3,1
	±m	0,2	0,1
	SD	0,6	0,4
	P		<0,001
Продолговатый мозг	M	2,4	1,6
	±m	0,1	0,1
	SD	0,3	0,4
	P		<0,001

Уровни стрессоустойчивости определяли по тестам Н. Н. Киршевой, Н. В. Рябчиковой [9]; Т. Холмса и Р. Райха [10]; С. Коухена и Г. Виллиансона [11]; тесту «Прогноз» [12].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли при помощи пакетов программ STATISTIKA 10,0. После установления нормальности распределения вариант использовали t-критерий Стьюдента при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов с низким уровнем стрессоустойчивости по сравнению с пациентами с высоким уровнем стрессоустойчивости площадь трактов лобной доли была меньше на 61,8 %, теменной доли – на 47,7 %, гипоталамуса – на 29,9 %, варолиева моста – на 41,5 %, продолговатого мозга – на 33,4 %.

Таким образом, наибольшее различие площадей функционирующих проводящих путей наблюдалось в лобной доле мозга. Из полученных данных следует, что

большее количество трактов головного мозга соответствует большему уровню стрессоустойчивости.

Больше всего различий трактов в вышеприведенных группах в лобной доле мозга. Это, по-видимому, связано с тем, что лобная доля коры участвует в организации целого ряда процессов, обеспечивающих адаптацию. Она принимает участие в управлении высшими когнитивными формами поведения, в число которых входят концентрация внимания, планирование, принятие решений, понимание ситуации, формирование суждений и способность восстанавливать в памяти прошлые события.

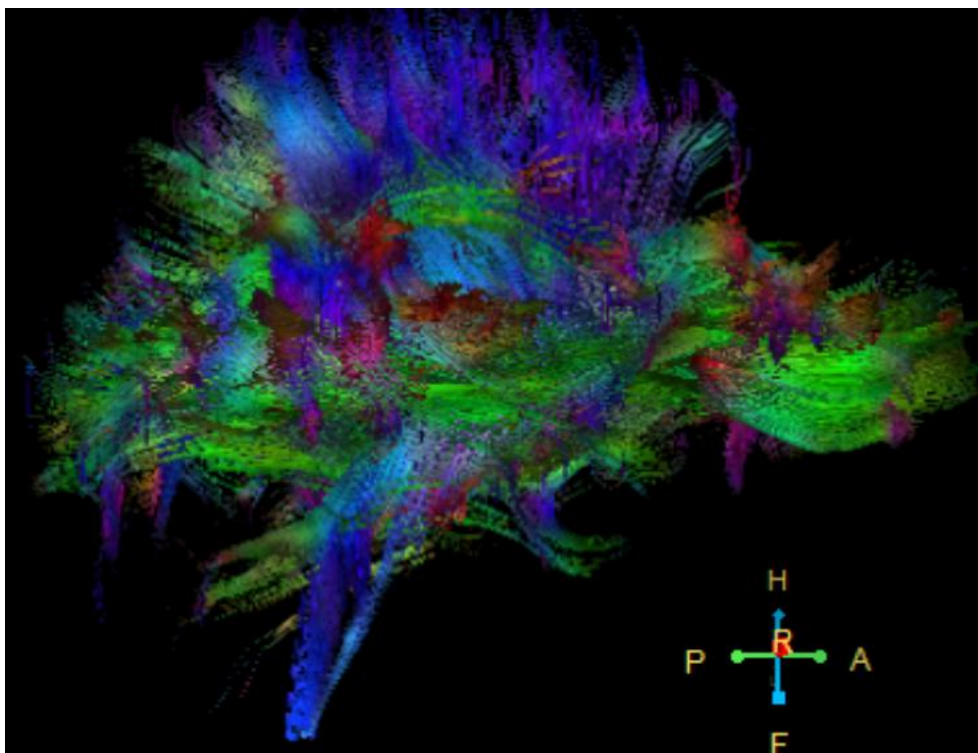


Рис. Трактограмма головного мозга в сагиттальной плоскости.  
Синий цвет – проекционные волокна. Зеленый цвет – ассоциативные волокна.  
Красный цвет – комиссуральные волокна

Сильный стресс приводит к запуску каскада биохимических реакций, в результате которых ослабевает влияние префронтальной коры на поведенческие реакции, в результате чего контроль переходит к более эволюционно древним зонам мозга. При стрессе снижается активность проводящих путей от префронтальной коры (уменьшение количества функционирующих трактов).

После прекращения действия стрессора дендриты префронтальной коры способны восстанавливаться. Прекращение стресса повышает активность проводящих путей от префронтальной коры (увеличение количества функционирующих трактов) [13].

Количество трактов детерминировано генетически. Увеличение трактов способствует функционированию

серотонинергической нейромедиаторной системы, обуславливающей адаптацию (стрессоустойчивость).

Ранее было показано, что выраженность регуляторно-адаптивного статуса человека имеет генетически обусловленный механизм, определяющийся, в том числе, активностью серотонинергической нейромедиаторной системы, связанной как с полиморфными маркерами генов *TPH1* и *TPH2*, кодирующих разные формы триптофангидроксилазы, участвующей в биосинтезе серотонина, так и генов рецепторов серотонина *HTR2C* и *HTR2A* [14].

Прослеживается связь между количеством функционирующих трактов головного мозга и стрессоустойчивостью через полиморфизм генов, участвующих в метаболизме серотонина и его рецепторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влияние на синаптическую пластичность также модулируется одновременным приемом лекарств, действующих на нервную передачу. Дофаминергическая, холинергическая и серотонинергическая системы влияют на пластичность, индуцированную транскраниальной электростимуляцией [15].

В этом плане особый интерес представляют исследования С.К. Богус с соавт. [16], выполненные на крысах, в которых показано, что наиболее вероятными молекулярными мишенями действия вещества SS-68 являются нейромедиаторные системы головного мозга: ГАМК-ергическая, холинергическая и система возбуждающих аминокислот, а также  $K^+$ -,  $Na^+$ - и  $Ca^{2+}$ -каналы нейронов.

Таким образом, вещество SS-68 следует изучать в качестве усилителя эффекта транскраниальной электростимуляции.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Городецкая И.В., Солодовникова О.И. Оценка уровня учебного стресса у студентов ВГМУ // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2016. № 2. С. 118–128.
2. Аверина А.О., Федосеева В.И. Исследование проявлений учебного стресса в жизни студентов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 46. С. 8–12.
3. Пац Н.В., Грабовская И.П., Нестерович О.П. Влияние изменений состояния здоровья на стрессоустойчивость у студенческой молодежи // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2020. № 2 (18). С. 209–215.
4. Карбузова В. А., Шамилова Н. В. Учебный стресс у студентов гуманитарных специальностей // Молодой ученый. 2018. № 21. С. 451–454.
5. Киселева Е.В., Акутина С.П. Стресс у студентов в процессе учебно-профессиональной подготовки: причины и последствия // Молодой ученый. 2017. № 6. С. 417–419.
6. ТЭС-терапия. Современное состояние проблемы / С.А. Занин, А.Х. Каде, Д.В. Кадомцев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. С. 58.
7. Neurobiological after-effects of non-invasive brain stimulation / G. Cirillo, G. Di Pino, F. Capone [et al.] // Brain Stimul. 2017. No. 10. P. 1–18. doi: 10.1016/j.brs.2016.11.009
8. Neurobiological after-effects of low intensity transcranial electric stimulation of the human nervous system: from basic mechanisms to metaplasticity front / S.A. Korai, F. Ranieri, V. Di Lazzaro [et al.] // Neurol. 2021. No. 15 (12). P. 587771.
9. Киршев, Н.В., Рябчиков, Н.В. Тест на определение стрессоустойчивости личности // Психология личности. М., 1995. 220 с.
10. Райгородский Д.Я. Методика определения стрессоустойчивости и социальной адаптации Т.Холмса и Р.Райха (Holmes T., Rahe R., 1967) // Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Самара: Издательство «Бахрах-М», 2015. 672 с.

11. Щербатых Ю.В. Тест самооценки стрессоустойчивости С. Коухена и Г. Виллиансона // Психология стресса. М.: ЭКСМО, 2005. 304 с.

12. Райгородский Д.Я. Методика определения нервно-психической устойчивости, риска дезадаптации в стрессе «Прогноз» Санкт-Петербургской Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (1999) // Практическая психодиагностика. Самара, 2000. С. 544–548.

13. Влияние транскраниальной электростимуляции на результаты трактографии фронтальной коры студентов при психоэмоциональном стрессе / А.Х. Каде, С.К. Ахеджак-Нагузе, В.В. Дуров [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2020. Т. 24, № 1. С. 75–84.

14. Ассоциация регуляторно-адаптивного статуса человека с полиморфизмом генов серотонинергической медиаторной системы / В.М. Покровский, Ю.В. Кашина, О.В. Киек [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 166, № 10. С. 482–484.

15. Nitsche M.A., Paulus W. Transcranial direct current stimulation – Update 2011 // Restor Neurol Neurosci. 2011. Vol. 29. P. 463–492. doi: 10.3233/RNN-2011-0618.

16. Изучение влияния производного индола SS-68 на первично-генерализованные судороги, вызванные максимальным электрошоком, тиосемикарбазидом и пилоткарпином / С.К. Богус, И.Г. Ковалев, О.Н. Гулевская [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. 2017. Т. 24, № 3. С. 17–21. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.587771>.

## REFERENCES

1. Gorodetskaya I.V., Solodovnikova O.I. Assessment of the level of educational stress among VSMU students. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Journal of Vitebsk State Medical University*. 2016;2:118–128. (In Russ.).
2. Averina A.O., Fedoseeva V.I. Research of manifestations of educational stress in the life of students. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Kon-tsept» = Scientific-methodical electronic journal "Concept"*. 2016;46:8–12. (In Russ.).
3. Pats N.V., Grabovskaya I.P., Nesterovich O.P. Influence of changes in health status on stress resistance among students. *Zdorov'ye cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoy kul'tury i sporta = Human health, theory and methodology of physical culture and sports*. 2020;2(18):209–215. (In Russ.).
4. Karbusova V.A., Shamilova N.V. Educational stress among students of humanitarian specialties. *Molodoy uchenyy = Young scientist*. 2018;21:451–454. (In Russ.).
5. Kiseleva E.V., Akutina S.P. Stress among students in the process of educational and vocational training: causes and consequences. *Molodoy uchenyy = Young scientist*. 2017;6:417–419. (In Russ.).
6. Zanin S.A., Kade A.Kh., Kadomtsev D.V., et al. TES therapy. Current state of the problem. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2017;1:58. (In Russ.).
7. Cirillo G., Di Pino G., Capone F. et al. Neurobiological after-effects of non-invasive brain stimulation. *Brain Stimul*. 2017;10:1–18. doi: 10.1016/j.brs.2016.11.009

8. Korai S.A., Ranieri F., Di Lazzaro V. et al. Neurobiological after-effects of low intensity transcranial electric stimulation of the human nervous system: from basic mechanisms to meta-plasticity front. *Neurol.* 2021;15(12):587771. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.587771>.

9. Kirshev N.V., Ryabchikov N.V. Test for the determination of personality stress resistance. *Psikhologiya lichnosti = Psychology of personality.* Moscow, 1995. 220 p. (In Russ.).

10. Raigorodsky D.Ya. Methodology for determining stress resistance and social adaptation by T. Holmes and R. Paikh (Holmes T., Rahe R, 1967). *Prakticheskaya psikhodiagnostika. Metodiki i testy = Practical psychodiagnostics. Techniques and tests.* Samara: Bakhrakh-M Publ.; 2015 672 p. (In Russ.).

11. Shcherbatykh Y.V. Self-assessment test of stress tolerance S. Cowhen and G. Willianson. *Psikhologiya stressa = Psychology of stress.* Moscow: EKSMO Publ.; 2005. 304 p. (In Russ.).

12. Raigorodsky D.Ya. Methodology for determining neuropsychic stability, the risk of maladjustment in stress "Forecast" by the St. Petersburg Military Medical Academy named after S.M. Kirov (1999). *Prakticheskaya psikhodiagnostika = Practical psychodiagnostics.* Samara, 2000:544–548. (In Russ.).

13. Kade A.Kh., Akhedzhak-Naguze S.K., Durov V.V. et al. The influence of transcranial electrical stimulation on the results of tractography of the frontal cortex of students in psychoemotional stress. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Meditsina = Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine.* 2020;24(1):75–84. (In Russ.).

14. Pokrovsky V.M., Kashina Yu.V., Kiek O.V. et al. Association of the regulatory-adaptive status of a person with polymorphism of genes of the serotonergic mediator system. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2018;166(10):482–484. (In Russ.).

15. Nitsche M.A., Paulus W. Transcranial direct current stimulation Update 2011. *Restor Neurol Neurosci.* 2011;29:463–492. doi: 10.3233/RNN-2011-0618.

16. Bogus S.K., Kovalev I.G., Gulevskaya O.N. et al. To study the effect of the indole derivative SS-68 on primary generalized convulsions caused by maximal electroshock, thiosemicarbazide and pilocarpine. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik = Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2017;24(3):17–21. (In Russ.).

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

#### **Информация об авторах**

**Владимир Михайлович Покровский** – заведующий кафедрой нормальной физиологии, Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия; доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки России, заслуженный деятель науки Кубани, заслуженный деятель науки Республики Адыгея, академик РАЕН, [pokrovsky@ksma.ru](mailto:pokrovsky@ksma.ru)

**Валерий Гордеевич Абушкевич** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры нормальной физиологии, Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия, [abushkevich\\_v@mail.ru](mailto:abushkevich_v@mail.ru)

**Азамат Халидович Каде** – заведующий кафедрой общей и клинической патофизиологии, доктор медицинских наук, профессор, Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия, [akh\\_kade@mail.ru](mailto:akh_kade@mail.ru)

**Саида Казбековна Ахеджак-Нагузе** – доцент, кандидат медицинских наук, Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия, [cstv@ksma.ru](mailto:cstv@ksma.ru)

**Роман Викторович Никитин** – онколог-уролог, онкологический диспансер, Краснодар, [naselenie@kkod.ru](mailto:naselenie@kkod.ru)

Статья поступила в редакцию 10.09.2021; одобрена после рецензирования 22.10.2021; принята к публикации 19.11.2021.

**The authors declare no conflicts of interests.**

#### **Information about the authors**

**Vladimir M. Pokrovsky** – Head of the Department of Normal Physiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia; Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Honored Scientist of Kuban, Honored Scientist of the Republic of Adygea, Academician of the Russian Academy of Sciences, [pokrovsky@ksma.ru](mailto:pokrovsky@ksma.ru)

**Valery G. Abushkevich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Normal Physiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia, [abushkevich\\_v@mail.ru](mailto:abushkevich_v@mail.ru)

**Azamat Kh. Kade** – Head of the Department of General and Clinical Pathophysiology, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia, [akh\\_kade@mail.ru](mailto:akh_kade@mail.ru)

**Saida K. Akhedzhak-Naguze** – Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia, [cstv@ksma.ru](mailto:cstv@ksma.ru)

**Roman V. Nikitin** – oncologist-urologist, oncological dispensary of Krasnodar, [naselenie@kkod.ru](mailto:naselenie@kkod.ru)

The article was edited on 10.09.2021; approved after review on 22.10.2021; accepted for publication 19.11.2021.