



## ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНТОВ И УСПЕШНОСТЬ РЕШЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

И.И. Гюльалиева, аспирант, gulalieva\_ila@mail.ru  
Л.В. Морозова, д-р биол. наук, проф.,  
l.morozova@narfu.ru  
САФУ им. М. В. Ломоносова

В данной статье представлены результаты сравнительного анализа показателей относительных спектральных мощностей (ОСМ) у студентов с разным уровнем математических способностей при решении разного типа арифметических задач. В исследовании приняло участие 40 студентов, разделенные на две группы по уровням сформированных математических способностей. Было показано, что у студентов с высокими математическими способностями наблюдается значимое повышение относительной спектральной мощности бета-1 и бета-2-ритмов в лобных отделах коры головного мозга, у студентов же с низкими математическими способностями проявляется слабая десинхронизация альфа-ритма и повышение тета-ритма в теменных областях коры.

*психофизиологические параметры, ЭЭГ-характеристики деятельности, математические способности, арифметические задачи, успешность решения*

### ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения взаимосвязи психофизиологических особенностей человека и реализации его способностей, в том числе математических, вырастает в дискуссионную проблему выявления мозговых процессов, лежащих в основе этих способностей.

Специальные и общие способности по-разному распределены среди студентов различных специальностей [1].

Анализ литературы показывает наличие небольшого числа исследований в данной области [2]. Возможно, такой перевес связан со сложностью, комплексностью и специфичностью математических способностей.

Изучением математических способностей занимались В. А. Крутецкий, А. Н. Колмогоров, К. Дункер, Ж. Пиаже и др. [3-7].

В. А. Крутецкий математические способности относит к индивидуально-психологическим особенностям, которые отвечают требованиям математической деятельности и обуславливают успешность решения любой такой деятельности, связанные с быстротой, пониманием отношений и глубоким овладением учебным предметом [4].

Как зарубежные, так и российские исследователи в структуру математических способностей включают множество компонентов: способность к схватыванию структуры задач, возможность анализа математической информации, возможность запоминания математических отношений и информации, особое мышление, понимание пространственных особенностей, порядок и отношение распределения элементов задачи, анализ знаковыми и числовой символикой [5, 6]. На данном этапе в научном пространстве наблюдается рост числа исследований по изучению различных когнитивных характеристик математических способностей [8], таких как особенности пространственной памяти [9, 10], скорость переработки информации [3, 11, 12].

В последнее время в зарубежных исследованиях появились данные об относительной связи между стратегиями решения математических задач и успешностью их выполнения. Было показано, что во время счета используются различные стратегии, которые вырабатываются на основе опыта и определяют успешность решения задач. Данные стратегии хранят-

ся в долговременной памяти и чем их больше (имеется опыт решения разных задач), тем ниже нагрузка на рабочую память, так как извлекаются уже готовые работающие стратегии и процесс подсчета протекает эффективнее [13, 14].

Одной из сложных арифметических операций является вычитание, которое непосредственно определяется включенностью процессов памяти, что связывают с активацией теменных областей [13]. Было показано, что процесс вычитания рассматривается как более сложная когнитивная деятельность, нагрузка, так как характеризуется наличием у субъекта выработанных в процессе жизни стратегий решения и возможностью их гибкого изменения [13, 15]. Частота их использования изменяется в разные моменты времени, а более эффективные стратегии, такие как поиск фактов, становятся доминирующими, что сопровождается изменениями в деятельности мозга [10].

Таким образом, авторы подчеркивают, что наиболее важной характеристикой развития арифметики у детей является изменение набора стратегий, которые они используют при решении заданий [16].

Цель исследования: сравнить значения относительных спектральных характеристик быстрых альфа- и бета- и медленного тета-ритмов у студентов с разным уровнем математических способностей при решении арифметических задач с готовой и неопределенной стратегией.

Гипотеза исследования: предполагается, что студенты с высокими математическими способностями будут легче справляться с задачами первой пробы и с задачами готовой стратегии, что будет характеризовать высокую обучаемость математическим знаниям и сопровождаться изменениями на психофизиологическом уровне.

## МАТЕРИАЛЫ И ВЫБОРКА

В исследовании приняло участие 40 студентов: 20 – имеющие высокие показатели по математическим способностям, и 20 – низкие. Обследование проводилось с письменного согласия испытуемых.

Деление на группы осуществлялось на основе академических оценок по предметам, а также по результатам опросника краткий ориентировочный тест (КОТ), который предназначен для диагностики общего уровня интеллекта и является адаптацией теста Э. Ф. Вандерлика В. Н. Бузиным.

ЭЭГ регистрировалась с помощью компьютерного электроэнцефалографа «Энцефалан» (производства МТБ «Медиком») непрерывно, монополярно от симметричных отведений: затылочных ( $O_1, O_2$ ), теменных ( $P_3, P_4$ ), центральных ( $C_3, C_4$ ), лобных ( $F_3, F_4$ ), передне-височных ( $T_3, T_4$ ) и затылочно-теменно-височных ( $TPO_{dex/sin}$ ) отведений левого и правого полушарий и центральных  $Fz, Cz, Pz$  с отдельными ушными индифферентными электродами. Локализация отведений определялась по международной системе «10-20».

Последовательность этапов записи ЭЭГ: 1 - «открытые глаза» (ОГ), 2 - проба «счет» (задачи на вычитание), 3 - проба «обучение счету» (задачи на вычитание с заданной стратегией). Каждая из проб продолжительностью по 5 мин.

Для анализа удалялись артефакты и отбирались чистые эпохи, для каждой пробы рассчитывали относительный спектр мощности (ОСМ) в 4-частотных диапазонах: тета, альфа, бета-1, бета-2.

Во время когнитивных проб фиксировались количественные показатели – число ошибок и время прохождения задачи.

Математический и статистический анализ практических результатов исследования проводился с применением пакета прикладных программ – SPSS 20 for Windows. Для межгруппового сравнения результатов ЭЭГ использовался непараметрический критерий сравнения независимых групп – U-критерий Манна – Уитни (Mann-Whitney).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА

В качестве экспериментальных задач мы использовали арифметические задачи на вычитание разной сложности, всего 40 задач. Для третьей пробы были отобраны схожие по сложности задачи на вычитание, но испытуемым предлагалась готовая стратегия их решения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение времени решения задач и количества допущенных ошибок во время их решения показало наличие значимых различий в исследуемых группах. Студенты с высокими математическими способностями быстрее решали задачи во 2-й и 3-й пробах и совершали меньшее число ошибок ( $p < 0,01$ ).

Сравнение результатов выполнения экспериментальных задач студентами с высоким и низкими математическими способностями показало, что на 1-м этапе «открытые глаза» высокие значения спектральной мощности альфа-ритма в обоих полушариях затылочной области демонстрируют студенты с низкими математическими способностями, в группе студентов с высокими математическими способностями происходит десинхронизация альфа-ритма ( $p < 0,05$ ). Снижение мощности альфа-ритма ряд исследователей объясняют тем, что подобная когнитивная нагрузка требует включения рабочей памяти, что приводит к подавлению альфа-ритма на ЭЭГ [16].

На этапе когнитивной нагрузки (2) – получены схожие результаты, реакция десинхронизации у студентов с высокими математическими способностями сильнее ( $p < 0,05$ ), что связано с высокой включенностью студентов в процесс решения задач.

Различия между двумя группам были обнаружены и по значениям ОСМ (особенности спектральной мощности) тета-ритма, который был значимо выражен в лобных областях (F3, F8) в группе студентов с низкими математическими способностями. Рост спектральных значений тета-ритма в некоторых источниках интерпретируется как рост эмоционального напряжения [17].

При сравнении показателей бета-1 ритма в обеих группах показано, что на этапе обучения выраженность (3) значения ОСМ в группе студентов с высокими способностями в теменных областях значения ОСМ бета-2 выше в теменных и лобных симметрично в обоих полушариях. Некоторые авторы считают, что теменные области непосредственно связаны с процессами памяти и математическими способностями [8]. Также некоторыми авторами отмечается вклад теменных областей в математические способности, что связывают с задействованием различных когнитивных функций, таких как исполнительные процессы и рабочая память при решении арифметических задач [18].

На этапе когнитивной нагрузки (2) значения ОСМ бета-1-ритма выше у студентов с низкими способностями в затылочных отведениях правого полушария (O2), ОСМ бета-2-ритма выше у студентов с высокими показателями математических способностей в левом лобном отведении (F7). Ряд исследователей отмечают уменьшение бета-ритма во фронтальных областях после длительной когнитивной нагрузки [18].

Значения ОСМ бета-1-ритма выше в группе студентов с высокими показателями математических способностей в теменной области (Pz), на этапе обучения ОСМ бета-2-ритма выше у студентов с высокими математическими способностями в теменных, правой лобной и правой височной областях (F8, P3, Pz, T6, T4).

Таким образом, мы видим локальную выраженность бета-ритма и более выраженную десинхронизацию альфа-ритма в группе студентов с высокими способностями. Эти данные согласуются с результатами исследования В. Климеш [10, 12].

У студентов с низкими математическими способностями обнаружены высокие значения ОСМ бета-1-ритма в затылочных областях и выраженность альфа-ритма во время когнитивной нагрузки.

В группе студентов с высокими математическими значениями условие задачи с заданной стратегией усваивалось быстрее, что нашло отражение в меньшем времени решения задач и меньшем количестве допущенных ошибок.

## ВЫВОДЫ

Проведенное нами исследование показало значимые различия между группами студентов с высокими и низкими математическими способностями. Студенты с высокими математическими способностями быстрее справлялись с предъявленными задачами и совершали меньшее число ошибок, такая тенденция сохранялась и на этапе с заданной стратегией, что позволяло нам делать выводы о лучшей обучаемости студентов этой группы.

Также были обнаружены значимые различия ЭЭГ-характеристик в двух группах студентов. В группе студентов с высокими математическими способностями наблюдался рост показателей ОСМ бета-1 и бета-2-ритмов в лобных областях, наши данные согласуются с результатами других исследований [17, 19].

В группе студентов с низкими математическими способностями наблюдаются другие изменения, а именно: рост значений ОСМ бета-1 и альфа-ритмов в затылочных областях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачевская, Н. Л. Роль биологических и социальных факторов в успешности школьного обучения / Н. Л. Горбачевская [и др.] // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 3. – С. 1-8.

2. Тихомирова, Т. Н. Взаимосвязь когнитивных характеристик учащихся и успешности решения математических заданий (На Примере Старшего Школьного Возраста / Т. Н. Тихомирова, Ю. С. Ковас // Психологический Журнал. – 2013. – Т. 34, № 1. – С. 63-73.

3. Белашева, Х. В. Вклад межполушарных асимметрий в структуру мнемических способностей одаренных подростков: методологический и диагностический аспект / Х. В. Белашева // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – Т. 46, № 1. – 188-193 с.

4. Дружинин, В. Н. Психология общих способностей / В. Н. Дружинин. – 3-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2007.

5. Крутецкий, В. А. Психология математических способностей школьников / В. А. Крутецкий. – Москва: Просвещение, 1968. – С. 380-390.

6. Левочкина, И. А. Математические способности и их природные предпосылки / И. А. Левочкина. [Электронный ресурс] – Режим доступа: // <http://www.elibrary.ru>. – 2008. – С. 12.

7. Рассоха, Е. Н. К проблеме развития математических способностей студентов технических специальностей / Е. Н. Рассоха, Л. М. Анциферова // Вестник ОГУ. – 2010. – № 9 (115)/сентябрь. – С. 189-194.

8. Deary I.J., Der G., Ford G. Reaction times and intelligence differences. A population-based cohort study/ I.J. Deary, G. Der, G. Ford // *Intelligence*. – 2001. V. 29. P. 389–399.

9. Ansari D., Garcia, N., Lucas E., Hamon K., Dhital, B., Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. / D. Ansari., N.Garcia, E. Lucas, K.Hamon, B. Dhital, // *NeuroReport* 16 (16), – 2005, 1769–1773.

10. Glimore C. Non-verbal number acuity correlates with symbolic mathematics achievement: but only in children / C. Glimore// *Bull Rev.* – 2011. V. 18. No. 6. P.1222–1229.

11. Bull R., Davidson W.A., Nordmann E. Prenatal testosterone, visual-spatial memory, and numerical skills in young children // *Learning and Individual Differences*. – 2010. V. 20. P. 246–250.

12. Klimesch W. Alpha band oscillations, attention, and controlled access to stored information / W. Klimesch // *Trends in cognitive sciences*. – 2012. Vol. 16, № 12. P. 606-617.

13. Wai J., Lubinski D., Benbow C.P. Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance / J. Wai, D. Lubinski, C.P. Benbow // *Journ. of Educational Psychology*. – 2008. V. 101. P. 817–835.
14. Buzsaki G. Theta oscillations in the hippocampus / G. Buzsaki // *Neuron*. – 2002. Vol. 33, № 3. P. 325-340.
15. Delazer, M., Domahs, F., Bartha, L., Brenneis, C., Lochy, A., Trieb, T., Benke, T., / M. Delazer, F. Domahs, L. Bartha, C. Brenneis, A. Lochy, T. Trieb, T. Benke. – 2003. learning complex arithmetic – An fMRI study. *Cogn. Brain Res.* 18 (1). P. 76-88.
16. Bull R., Espy K.A., Wiebe S.A. Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years / R. Bull, K.A. Espy, S.A. Wiebe // *Developmental Neuropsychology*. – 2008. V. 33. P. 205–228.
17. Halberda J., Feigenson L. Developmental change in the acuity of the “Number Sense”: The approximate number system in 3-, 4-, 5-, 6-year-olds and adults / J. Halberda, L. Feigenson // *Developmental Psychology*. – 2008. V. 44. No. 5. P. 1457–1465.
18. Mulsby R.L. An illustration of emotionally evoked theta rhythm in infancy: hedonic hypersynchrony / R.L. Mulsby // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* – 1971. Vol. 31, № 2. P. 157-165.
19. Opfer J.E., Siegler R.S. Representational change and children’s numerical estimation / J.E. Opfer, R.S. Siegler // *Cognitive Psychology*. – 2007. V. 55. P. 169–195.

NAME OF THE PAPER PSYCHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF STUDENTS  
AND SUCCESSFUL SOLUTION OF ARITHMETIC TASKS

I.I. Gyulalieva, graduate student, gulalieva\_ila@mail.ru  
L.V. Morozova, Doctor of Biological Sciences, Prof., l.morozova@narfu.ru  
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

This article presents the results of a comparative analysis of relative spectral power of EEG rhythms in students with different levels of mathematical abilities when solving different types of arithmetic tasks. The study involved 40 students with high and low level of mathematical abilities. Our study showed that students with high mathematical abilities show a significant increase in the relative spectral power of beta-1 and beta-2 rhythms in the frontal parts of the cerebral cortex, while students with low mathematical abilities show weak alpha-rhythm desynchronization and an increase in theta rhythm in the parietal areas of the cortex.

*psychophysiological parameters, EEG-characteristics of activity, mathematical abilities, arithmetic problems, success in solving problems*