

УДК 612.014.423 DOI 10.34985/k5930-1665-2382-b

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРА МОЩНОСТИ ЭЭГ
В ГРУППАХ СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ С ОДИНАКОВОЙ И РАЗНОЙ
МЕРОЙ СФОРМИРОВАННОСТИ КОНЦЕПТА "ВЕЩЕСТВО"**

¹Волкова Е. В., ²Докучаев Д. А.
Российская Федерация, Москва
Институт психологии РАН

¹volkovaev@ipran.ru ²dokuchaevda@ipran.ru

Аннотация. Несмотря на продолжительную традицию изучения понятия "способности" в современной психологии, психические процессы находятся "в отрыве" от мозговых функций. Учитывая тот факт, что первыми специальными способностями стали способности химические (взаимодействие с веществом, проведение реакции горения), в этой статье речь пойдёт о них.

Цель настоящего исследования: сопоставить показатели спектра мощности ЭЭГ в группах студентов и школьников с одинаковой и разной мерой сформированности концепта *Вещество*. В эксперименте приняли участие 50 подростков в возрасте 13-15 лет и 15 студентов биохимического факультета Башкирского государственного университета в возрасте 18-27 лет. Для сопоставления показателей биоэлектрической активности мозга во время осуществления когнитивной деятельности компьютеризированный портативный электроэнцефалограф-регистратор "Энцефалан-ЭЭГР19/26" в модификация "Элит" был синхронизирован с диагностическим программным комплексом "Chemical Differentiation". Регистрация показателей спектра мощности ЭЭГ проводилась до (фоновая запись) и во время когнитивного эксперимента.

Студенты и школьники, у которых сформирован концепт *Вещество*, отличаются большей специализацией мозговых структур при выполнении дифференцировок химических стимул-объектов, по сравнению с менее успешными, мозговая деятельность которых характеризуется глобальной генерализованной активностью. Причём у более успешных респондентов показатели спектра мощности достоверно ниже, чем у менее успешных, что свидетельствует о большей нейроэффективности деятельности.

Ключевые слова: гипотеза нейроэффективности, когнитивная сложность, концепт Вещество, уровень организации концепта, время реакции, динамика показателей спектра мощности, подростковый возраст, юношеский возраст

**COMPARATIVE ANALYSIS OF EEG POWER SPECTRUM INDICATORS IN GROUPS
OF STUDENTS AND SCHOOLCHILDREN WITH THE SAME AND DIFFERENT
MEASURE OF FORMATION OF THE CONCEPT "SUBSTANCE"**

Volkova E. V., Dokuchaev D. A.
Russian Federation, Moscow
Institute of Psychology Russian Academy of Sciences

Abstract. Despite the long tradition of studying the concept of "ability" in modern psychology, mental processes are "disconnected" from the functions of the brain. Given the fact that the first special abilities were chemical abilities (interaction with matter, conducting a Gorenje reaction), in this article we will talk about them.

The purpose of this study is to compare the parameters of the EEG energy spectrum in groups of students and schoolchildren with the same and different indicators of the concept of

substance formation. The experiment involved 50 teenagers aged 13-15 years and 15 students of the faculty of biochemistry of Bashkir state University aged 18-27 years. To compare the indicators of bioelectric activity of the brain in the process of cognitive activity, the computerized portable electroencephalograph recorder "Encephalan-EEG19/26" in the "elite" modification was synchronized with the diagnostic software package "chemical differentiation". Indicators of the EEG power spectrum were recorded before (background recording) and during the cognitive experiment.

Students and schoolchildren who have formed the concept of substance are more specialized in brain structures when performing differentiation of chemical stimulus objects than less successful ones whose brain activity is characterized by global generalized activity. Moreover, more successful respondents have significantly lower power spectrum indicators than less successful ones, which indicates greater neuroefficiency.

Keywords: hypothesis of neuroefficiency, cognitive complexity, concept Substance, level of organization of the concept, reaction time, dynamics of power spectrum indicators, adolescence, youth

Введение

Процессы психической деятельности мозга уникальны и принципиально отличны от процессов работы всех других органов и систем [11]. В настоящее время, при изучение таких свойств личности, как способности, креативность и т. д. психические процессы остаются "в отрыве" от функций головного мозга.

Способности формируются только в ходе деятельности [10]. Одним из первых видов деятельности человека, как показывают археологические раскопки, было взаимодействие с веществом. Первой химической реакцией, которой овладел первобытный человек, стала реакция окисления, происходящая при горении топлива. По данным археологических раскопок первые очаги разведения огня, обнаруженные в Восточной Африке, датируются 1,42 млн. лет назад [18]. На территории современной России следы кострища, обнаруженные на стоянке Айникаб-1 в Акушинском районе Дагестана, оставлены не позднее 1,24 млн. лет назад [1]. Овладение реакцией горения позволяло защититься от неблагоприятных климатических условий, хищников, готовить пищу. Это стало одним из ключевых факторов социальной эволюции человека, позволяющего говорить о зарождении "химических" способностей. В отечественной психологии общепринято определение способностей как индивидуально-психологических особенностей, определяющих успешность выполнения деятельности или нескольких видов деятельности [10]. В рамках настоящего исследования мы рассматриваем способности как успешность человека в той или иной деятельности. Как отмечал А. Н. Леонтьев, в ходе эволюции развиваются и усложняются органы психического отражения, меняются его формы, то есть меняются формы психики [8].

Благодаря психической деятельности мозга, находящаяся вне него самого действительность оказывается представленной в структуре и динамике происходящих в нём процессов. Она становится тем самым внутренним достоянием организма. Говоря словами Аристотеля [2] и Гегеля [7], животные и человек "усваивают" содержание внешнего мира без его материи. Они воспроизводят содержание мира в структуре и динамике процессов своего мозга. Психические процессы не могут быть описаны только как процессы преобразования вещества и энергии. Они имеют двойственную идеально-материальную природу.

Проблемой химических способностей занимаются учёные Г. В. Лисичкин, Л. А. Коробейникова, Е. В. Волкова. Выявлены уровни развития способностей, разработаны способы их диагностики. Однако исследований, посвящённых сопоставлению мозговых процессов (в терминах спектра мощности ЭЭГ) и психических функций, недостаточно, чтобы выявить их связь.

Поэтому цель настоящего исследования состояла в том, чтобы сопоставить показатели спектра мощности ЭЭГ в группах студентов и школьников с одинаковой и разной мерой сформированности концепта *Вещество*.

Задачи:

1. Выявить респондентов со сформированным концептом вещество на разных уровнях.
2. Сравнить показатели спектра мощности ЭЭГ в группах респондентов с разной успешностью в химии.
3. Сопоставить показатели спектра мощности ЭЭГ в группах школьников и студентов с одинаковой успешностью в химии.

Выборка исследования

В экспериментальном исследовании приняли участие подростки седьмого (13 лет) и восьмого (14-15 лет) классов "Лицея № 42" города Уфа Республики Башкортостан, а также студенты Башкирского государственного университета, профиля биохимия, в возрасте от 18 до 27 лет (2 курс специалитета). Более детальная информация о составе выборки представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Половозрастной состав участников исследования

Всего респондентов - 65							
Юношей - 30				Девушек - 35			
13 лет	14 лет	15 лет	18-27 лет	13 лет	14 лет	15 лет	18-27 лет
8	10	5	7	8	14	5	8

Использованные методики и аппаратура:

1. Компьютеризированный портативный электроэнцефалограф-регистратор "Энцефалан-ЭЭГР-19/26" модификации "Элит" фирмы "Медиком-МТД" (Европейский сертификат CE 538571 Британского института стандартов, BSI).
2. Компьютерный диагностический комплекс Chemical Differentiation (Волкова, Нилопец, № 2016661340 от 06.10.2016).

Для анализа изменения спектра мощности ЭЭГ в зависимости от уровня сложности дифференцировок химических стимул-объектов электроэнцефалограф-регистратор был синхронизирован с компьютерным диагностическим комплексом Chemical Differentiation.

Регистрация проводилась в телеметрическом режиме (30 отведений: O2-A2, O1-A1, P4-A2, P3-A1, C4-A2, C3-A1, F4-A2, F3-A1, Fp2-A2, Fp1-A1, T6-A2, T5-A1, T4-A2, T3-A1, F8-A2, F7-A1, Oz-A2, Pz-A1, Cz-A2, Fz-A1, Fpz-A2, FC3-A1, Fcz-A1, FC4-A2, FT8-A2, TP7-A1, CP3-A1, Cpz-A1, CP4-A2, TP8-A2) по схеме 10-20, монополярно, в полосе пропускания 0,5-50 Гц, со скоростью развертки 30 мм/сек. Запись ЭЭГ была просканирована на наличие артефактов, которые устранялись вручную. Эпохи для анализа выбирались после удаления артефактов. Длина одной эпохи - 10 секунд, количество эпох для анализа одной пробы - 6. Такое количество было выбрано по минимальной продолжительности фоновой пробы ЭЭГ. Запись ЭЭГ шла постоянно - как во время фоновой пробы, так и во время дифференцирования формул химических соединений разного уровня сложности: глобальный, базовый, детализированный. На каждом уровне сложности дифференцировок химических стимул-объектов из всей базы стимулов на экране компьютера случайным образом предъявлялось поочередно 42 формулы химических соединений. Задача респондентов состояла в том, чтобы как можно быстрее и безошибочно распределить формулы химических соединений на группы, в соответствии с инструкцией:

- глобальный уровень - на две группы (простые и сложные вещества);
- базовый уровень - на четыре группы (оксиды, кислоты, основания, соли);

- детализированный уровень - на четырнадцать групп (кислотные оксиды, амфотерные оксиды, основные оксиды; средние соли, основные соли, кислотные соли, двойные соли, смешанные соли и т. д.).

Регистрировалось время реакции сложного выбора и количество правильных ответов. Более детальное описание компьютерной методики Chemical Differentiation и особенностей мыслительных процессов при дифференциации химических соединений по формулам представлены в работах Е. В. Волковой [4; 5].

При цифровой обработке ЭЭГ-сигналов в исследовании использовался спектр мощности (квадрат значения амплитудного спектра, mV^2). Возведение амплитуды в квадрат приводит к возрастанию наиболее сильных различий и нивелированию более слабых различий, что обеспечивает повышение устойчивости полученных данных. При количественном анализе под амплитудным спектром подразумевается амплитуда от пика до нуля калибровочного сигнала. Спектральная амплитуда представляет собой усредненное значение на рассматриваемом временном интервале, в отличие от визуального анализа, где выборочно выбираются участки ЭЭГ с наиболее выраженным ритмом. Математической основой спектрального анализа является преобразование Фурье исходных ЭЭГ-данных, которые рассматриваются как случайный процесс [8]. На практике в большинстве случаев применяется метод Кули и Тьюки - расчёт спектра прямым дискретным преобразованием Фурье с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье. В данном исследовании преобразование Фурье выполнялось автоматически программным обеспечением Медиком-МТД [5].

Статистическая обработка данных осуществлялась на базе IBM SPSS Statistics 24: дескриптивный анализ (среднее, стандартное отклонение, медиана, асимметрия и эксцесс), сравнительный анализ К-связанных выборок (критерий Фридмана) и сравнительный анализ независимых выборок (Н-критерий Краскела-Уоллиса и U-критерий Манна-Уитни).

Результаты

Индивидуальные различия в количестве правильных ответов у респондентов

Анализ индивидуальных результатов респондентов показал, что среди семиклассников не нашлось ни одного респондента, у которого был бы сформирован хотя бы один уровень концепта *Вещество*, что вполне ожидаемо; среди восьмиклассников у пяти человек был сформирован глобальный уровень концепта *Вещество*; среди студентов-биохимиков только у семи человек концепт сформирован на глобальном уровне, из них у пяти студентов был сформирован базовый уровень концепта. Следует отметить, что среди участников исследования не нашлось ни одного респондента, у которого был бы сформирован детализированный уровень концепта (количество правильных ответов на этом уровне у всех респондентов существенно ниже 95%) - маркера сформированности "химических" способностей.

Сравнительный анализ показателей спектра мощности ЭЭГ у более успешных и менее успешных в химии респондентов

Для сопоставления показателей спектра мощности ЭЭГ респонденты были распределены на группы по успешности освоения химии: в группу более успешных вошли респонденты со сформированным уровнем концепта *Вещество*, в группу менее успешных - с несформированным уровнем концепта. У более успешных восьмиклассников был сформирован только глобальный уровень концепта *Вещество*, у студентов - глобальный и базовый. Среди участников исследований не обнаружено ни одного респондента со сформированным детализированным уровнем концепта *Вещество*. Сопоставление спектра мощности ЭЭГ у более успешных и менее успешных восьмиклассников позволило выявить два отведения, в которых при выполнении сложнейших дифференцировок химических стимул-объектов показатели спектра мощности достоверно отличаются - P3_A1 и Fpz_A2.

Причём у более успешных респондентов показатели спектра мощности достоверно ниже, чем у менее успешных (таблица 2).

Таблица 2 - Средние показатели спектра мощности ЭЭГ (mV^2) в группах респондентов со сформированным и не сформированным уровнем концепта *Вещество* на разных этапах освоения химии

Отведение	Средние значения (медиана) показателей спектра мощности ЭЭГ, mV^2		U-критерий Манна-Уитни	Значимость различий
	Более успешные респонденты	Менее успешные респонденты		
<i>8 класс - начало изучения химии</i>				
T3P3_A1	2.99 (2.99)	4.01 (3.82)	39.000	0.05
T3Fpz_A2	4.24 (3.96)	7.76 (5.93)	30.000	0.03
<i>Студенты профиля биохимия</i>				
T3P3_A1	2.38 (2.43)	3.53 (3.27)	7.000	0.03
T3F4_A2	3.31 (3.42)	5.66 (5.15)	4.000	0.01
T3Fp1_A1	4.83 (4.42)	8.57 (8.12)	9.000	0.05
T3T4_A2	2.43 (2.84)	3.44 (3.31)	6.000	0.02
T3F8_A2	3.93 (3.21)	7.36 (6.51)	9.000	0.05
T3Pz_A1	3.02 (2.97)	4.28 (4.29)	8.000	0.04
T3Cpz_A1	3.76 (3.90)	5.47 (5.15)	7.000	0.03

Достоверные различия среди более успешных и менее успешных студентов-биохимиков были выявлены так же, как и у школьников, - при выполнении сложнейших дифференцировок химических стимул-объектов (детализированный уровень), но отведений, в которых эти различия были выявлены, было больше - P3_A1, F4_A2, Fp1_A1, F4_A2, Fp1_A1, T4_A2, F8_A2, T3, Pz_A1, Cpz_A1. Показатели спектра мощности достоверно были ниже в группе студентов со сформированными глобальным и базовым уровнями организации концепта *Вещество*. Этот факт может быть объяснён как возрастными изменениями, связанными с формированием коры головного мозга [11-13], так и сформированностью глобального и базового уровней организации базового концепта химии - *Вещество* [4; 5]. Для проверки этого предположения необходимо сопоставить показатели спектра мощности ЭЭГ между успешными школьниками и студентами, и между неуспешными школьниками и студентами, где в качестве критерия успешности будут выступать показатели сформированности уровня концепта *Вещество* (точность ответов больше 95% при высокой скорости выполнения заданий).

Сравнительный анализ показателей спектра мощности ЭЭГ в группах успешных школьников и студентов и в группах менее успешных школьников и студентов

Согласно данным, представленным в таблице 3, показатели спектра мощности ЭЭГ у более успешных студентов достоверно ниже, по сравнению с более успешными школьниками. Аналогичная закономерность наблюдается и при сопоставлении менее успешных школьников и студентов (искл. F8_A2). Следовательно, при одинаковой подготовленности (сформированности уровневой организации концепта *Вещество*), более взрослые студенты и школьники будут испытывать меньшую учебную перегрузку, по сравнению с более младшими учащимися. Значимых возрастных различий между успешными студентами и школьниками намного меньше, чем между менее успешными студентами и школьниками (5 vs 18). Спектральная картина ЭЭГ школьников и студентов, у которых сформированы глобальный и базовый уровни концепта *Вещество*, свидетельствует

о точной дискриминации сигналов и локализации активности в коре головного мозга, формировании - в терминах С. Л. Рубинтейна - стереотипизированной системы рефлекторных связей как основы специализации мозговых структур [3; 11]. У студентов и школьников с несформированным концептом *Вещество* спектральная картина ЭЭГ отличается высокой генерализованной активностью.

Таблица 3 - Средние показатели спектра мощности ЭЭГ (мВ^2) в группах успешных школьников и студентов

Отведение	Средние значения (медиана) показателей спектра мощности ЭЭГ, мВ^2		W-критерий Вилкоксона	Значимость различий
	Школьники	Студенты		
<i>Глобальный уровень</i>				
O1_A1	4.41 (4.28)	2.15 (2.37)	23.000	0.011
<i>Базовый уровень</i>				
O1_A1	5.34 (3.95)	1.46 (1.63)	21.000	0.006
P4_A2	5.53 (3.79)	2.38 (2.20)	24.000	0.028
Oz_A2	8.48 (4.87)	2.57 (2.51)	21.000	0.011
FT8_A2	5.01 (4.15)	2.61 (2.86)	25.000	0.045
<i>Детализированный уровень</i>				
O1_A1	6.77 (7.03)	2.18 (2.24)	24.000	0.028

Таблица 4 - Средние показатели спектра мощности ЭЭГ (мВ^2) в группах менее успешных школьников и студентов

Отведение	Средние значения (медиана) показателей спектра мощности ЭЭГ, мВ^2		W-критерий Вилкоксона	Значимость различий
	Школьники	Студенты		
<i>Глобальный уровень</i>				
O2_A2	6.31 (6.66)	3.05 (2.90)	84.000	0.003
O1_A1	6.87 (6.88)	2.37 (2.45)	65.000	0.000
P4_A2	4.98 (5.26)	2.81 (2.71)	90.000	0.005
P3_A1	5.41 (4.21)	2.84 (2.88)	100.000	0.015
Pz_A1	5.30 (4.85)	3.29 (3.05)	86.000	0.003
FT8_A2	4.63 (3.86)	2.80 (2.84)	111.000	0.043
<i>Базовый уровень</i>				
O2_A2	4.27 (3.85)	2.36 (2.11)	102.000	0.018
O1_A1	4.63 (2.64)	1.98 (2.02)	105.000	0.025
P3_A1	3.71 (4.07)	2.83 (2.26)	96.000	0.01
T6_A2	3.39 (3.39)	2.09 (2.26)	101.000	0.017
F8_A2	3.94 (2.92)	5.78 (5.57)	441.000	0.033
Oz_A2	6.07 (5.62)	3.02 (2.77)	76.000	0.001
Pz_A1	4.78 (4.61)	3.30 (3.45)	83.000	0.002
<i>Детализированный уровень</i>				
O2_A2	6.83 (6.91)	2.75 (2.57)	75.000	0.001
O1_A1	5.07 (4.25)	2.49 (2.65)	91.000	0.006
P4_A2	4.66 (4.86)	3.44 (2.75)	108.000	0.033
F8_A2	4.21 (2.31)	6.52 (6.54)	430.000	0.011
Oz_A2	7.70 (6.38)	3.59 (3.77)	90.000	0.005

Как в группах успешных, так и в группах менее успешных студентов и школьников достоверных различий при выполнении дифференцировок базового уровня больше, по

сравнению с более лёгкими (глобальный уровень) и более сложными (детализированный уровень) дифференцировками. Особый интерес представляет тот факт, что в группах более успешных респондентов - в случае сформированного глобального уровня концепта *Вещество* и в случае несформированного детализированного уровня - достоверное различие только в отведении O1_A1; в группах менее успешных достоверных различий при выполнении сложнейших дифференцировок (детализированный уровень) меньше, чем простых (глобальный уровень). Данный факт может указывать на существование особого механизма когнитивного оценивания своих возможностей, предохраняющего мозг человека от запредельной когнитивной перегрузки. По-видимому, мозговые структуры не актуализируются в необходимой мере, когда - в терминах А. Н. Леонтьева - "орган" [9] для выполнения определённой деятельности ещё не сложился.

Обсуждение результатов

При анализе количества значимых изменений в отведениях, при группирующем параметре - обученность, у учащихся 8 класса со сформированным концептом *Вещество* на глобальном уровне показатели спектра мощности ниже, чем у школьников этого же класса с несформированным концептом. Значимыми у них являются два отведения: P3_A1 (левая теменная область) и Frz_A2 (фронтальная область). Теменная область, отвечающая за пространственное ориентирование, может свидетельствовать об активации "ментальной карты" химических соединений, на аналитическом уровне которой представлены отдельные смысловозначительные признаки знаков химических элементов (отражающих свойства химических элементов) [15-17] и интегративно-синтетический уровень их разнообразных сочетаний (обобщенные правила сочетания элементов для каждого уровня классификации химических соединений) - лобная доля, отвечающая за установление логических связей между явлениями/теоретическими положениями [20; 22; 23]. У более успешных студентов (в терминах формирования концепта *Вещество*), семь значимых отведений, три из которых связаны с лобными долями, в связи с когнитивной нагрузкой, а остальные четыре, расположены в теменной и височной коре. Появление отведений в височной коре у студентов связано, скорее всего, с активацией долговременной памяти (известна связь височной коры с гипоталамусом и миндалевидным телом) и распознаванием различных зрительных стимулов [18; 24]. Таким образом, мозг студента сравнивает контрольную формулу химического вещества с извлечённой из памяти и относит её к одному из классов, представленных на экране [21; 22; 25]. При сравнении числовых показателей спектра мощности между успешными восьмиклассниками/успешными студентами и менее успешными школьниками/менее успешными студентами, меньше всего энергетических затрат - в терминах показателя спектра мощности ЭЭГ - у студентов, у которых концепт *Вещество* сформирован. Данный факт может интерпретироваться как формирование чувства Вещества, особого "органа" - в терминах Н. А. Леонтьева [8], позволяющего обрабатывать бесформенную информацию и придавать ей определённый химический смысл, причём в той мере, в какой психологические схемы-структуры организованы.

Таким образом, Энцефалан-ЭЭГР-19/26, синхронизированный с компьютерным диагностическим комплексом Chemical Differentiation, позволяет исследователям "увидеть" внутренние процессы развития, вызываемые к жизни ходом освоения химии, а именно, "то, что воздействует на орган, делает его таким, каково само воздействующее в действительности, потому что он таков в возможности" [2].

Выводы:

1. У более успешных респондентов показатели спектра мощности ЭЭГ достоверно ниже, чем у менее успешных.

2. Между успешными студентами и школьниками достоверных различий показателей спектра мощности ЭЭГ меньше, чем между менее успешными студентами и школьниками.

3. Успешные студенты и школьники отличаются большей специализацией мозговых структур при выполнении дифференцировок химических стимул-объектов, по сравнению с менее успешными, мозговая деятельность которых характеризуется глобальной генерализованной активностью.

Литература:

1. Амирханов Х. А., Бронникова М. А., Таймазов А. И. О следах огня на стоянке олдована Айникаб-1 в центральном Дагестане.
2. Аристотель. Политика. Метафизика. Аналитика. Москва: Эксмо. СПб.: Мидгар, 2008.
3. Бойко Е. И. Механизмы умственной деятельности. Избр. психол труды / под ред А. В. Брушлинского и Т. Н. Ушаковой. М.: Московский психолого-социальный инст., Воронеж: НПО "МОДЭК", 2002.
4. Волкова Е. В. Общий универсальный закон развития, развитие когнитивных структур химического знания и химические способности. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2008.
5. Волкова Е. В., Талантов Д. А. Динамика показателей спектра мощности ЭЭГ при формировании концепта Вещество // Вестник психофизиологии. 2019. № 3. С. 23-37.
6. Волкова Е. В., Докучаев Д. А. Изменение спектра мощности ЭЭГ в зависимости от уровня сложности дифференцировок химических соединений у школьников на разных стадиях освоения химии / Способности и ментальные ресурсы человека в мире глобальных перемен. М.: Изд-во "Институт психологии РАН", 2020.
7. Г.В.Ф. Гегель. Феноменология Духа. Философия истории. М.: Эксмо, 2007. 880 с.
8. Кулаичев А. П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2007. С.178-230.
9. Леонтьев Д. А. А. Н. Леонтьев - Б. М. Теплов: дискуссия о проблеме способностей (1953 г.) // Вопросы психологии. 2003. № 2. С. 24.
10. Рубинштейн С. Л. Бытие и сознание. Человек и мир. СПб.: Питер, 2003.
11. Теплов Б. М. Способности и одаренность // Избранные труды. В 2 т. Т. 1. М., 1985.
12. Чуприкова Н. И. Время реакции человека: Физиологические механизмы, вербально-смысловая регуляция, связь с интеллектом и свойствами нервной системы. М.: Изд. Дом ЯСК, 2019.
13. Фарбер Д. А. Функциональное созревание мозга в раннем онтогенезе. М.: Просвещение, 1969.
14. Фарбер Д. А., Семёнова Л. К., Алфёрова В. В. Структурно-функциональное созревание развивающегося мозга. Л.: Наука, 1990.
15. Varch D. M. et al. Function in the human connectome: task-fMRI and individual differences in behavior, 2013. P. 169-189.
16. Caspers S., Eickhoff S. B., Zilles K. Microstructural grey matter parcellation and its relevance for connectome analyses. 2013. P. 18-26.
17. Chevrier A. D., Noseworthy M. D., Schachar R. Dissociation of response inhibition and performance monitoring in the stop signal task using event-related fMRI // Human Brain Mapping : journal. 2007. December (vol. 28, No. 12). P. 1347-1358.
18. Glasser M. F., Van Essen D. C Mapping human cortical areas in vivo based on myelin content as revealed by T1- and T2-weighted MRI // J. Neurosci.. 2011. № 31. P. 11597-11616.18.
19. James Steven R. Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene: A Review of the Evidence // Current Anthropology. : journal. University of Chicago Press, 1989. February (vol. 30, no. 1). P. 1-26.
20. Koechlin E., Hyafil A. Anterior prefrontal function and the limits of human-decision making // Science, Vol. 318. 2007. P. 594-598.
21. Matthew F., Glasser, Timothy S. Coalson, Emma C. Robinson and all A multi-modal parcellation of human cerebral cortex // Nature. 2016. № 536. P. 171-178.
22. Neubauer A. C., Fink A. Intelligence and neural efficiency: Measures of brain activation versus measures of functional connectivity in the brain // Intelligence 37(2). 2009. P. 223-229.
23. Nieuwenhuys R. The myeloarchitectonic studies on the human cerebral cortex of the Vogt-Vogt school, and their significance for the interpretation of functional neuroimaging data. 2013. P. 303-352.
24. Yasuda A., Sato A., Miyawaki K., Kumano H., Kuboki T. (2004): Error-related negativity reflects detection of negative reward prediction error. Neuroreport 15:2561-2565.
25. Yeung N., Cohen J. D., Botvinick M. M. (2004): The neural basis of error detection: Conflict monitoring and the error-related negativity. Psychol Rev 111:931-959.

References:

1. Amirkhanov H. A., Bronnikova M. A., Taymazov A. I. traces of fire in the Parking lot Oldowan Inika-1 in Central Dagestan.
2. Aristotle. Politics. Metaphysics. Analytics. Moscow: Eksmo. Saint Petersburg: Midgar, 2008.
3. Boyko E. I. Mechanisms of mental activity. Elected. psychological works / Edited by A.V. Brushlinsky and T. N. Ushakova, Moscow psychological and social Institute, Voronezh: NPO MODEK, 2002.
4. Volkova E. V. General universal law of development, development of cognitive structures of chemical knowledge and chemical abilities. Yekaterinburg: Ural University publishing House, 2008.
5. Volkova E. V., Talantov D. A. Dynamics of EEG power spectrum indicators in the formation of the concept. // Journal of psychophysiology, 2019. No. 3. P. 23-37.
6. Volkova E. V., Dokuchaev D. A. the Change of the power spectrum of EEG depending on the level of complexity of different chemical compounds in schoolchildren at different stages of development of the chemistry / Ability and mental resources of man in a world of global change. M.: Publishing house "Institute of psychology RAS", 2020.
7. G.V.F. Hegel. phenomenology of spirit. Philosophy of history, Moscow: Eksmo, 2007, 880 p.
8. Kulaichev A. P. Computer electrophysiology and functional diagnostics. 4th ed., reprint. M.: INFRA-M, 2007. P. 178-230.
9. Leontiev D. A. A. N. Leontiev-B. M. Teplov: discussion on the problem of abilities (1953) // Questions of psychology, 2003. no. 2. P. 24.
10. Rubinstein S. L. Being and consciousness. Man and the world. SPb.: Peter, 2003.
11. Teplov B. M. Abilities and giftedness // Selected works. In 2 t. T. 1. M., 1985.
12. Chuprikova N. And. The reaction time of man: Physiological mechanisms, verbal-semantic regulation, communication, transportation, and properties of the nervous system. M.: Publishing House of YASK, 2019.
13. Farber D. A., Functional maturation of the brain during early ontogenesis. Moscow: Prosveshchenie, 1969.
14. Farber D. A., Semenova L. K., Alferova V. V. Structural and functional maturation of the developing brain. Leningrad: Nauka, 1990.
15. Barch, D. M., and others Feature in connectome person: task-fMRI and individual differences in behavior, 2013. P. 169-189.
16. Caspers, S., Eickhoff, S. B., Zilles, K.. Microstructural gray matter parcellation and its relevance for connectome analysis. 2013. pp. 18-26.
17. Chevrier A.D., Nosworthy M. D., Shahar R. dissociation of reaction inhibition and performance monitoring in the stop signal problem using event-based fMRI // mapping the human brain: journal. 2007. December (volume 28, no. 12). Pp. 1347-1358.
18. Glasser M. F., van Essen D. C mapping of human cortical regions in vivo based on the myelin content detected by T1-and T2-weighted MRI // J. Neurosci.. 2011. No. 31. Pp. 11597-11616. 18.
19. James, Stephen R. Hominid use of fire in the Lower and middle Pleistocene: an overview of actual data / / modern anthropology. : journal. University of Chicago Press, 1989. February (vol. 30, no. 1). P. 1-26.
20. Kehlin E., Gialil A. anterior prefrontal function and limits of human decision — making // science, vol. 318. 2007. P. 594-598.
21. Matthew F. Glasser, Timothy S. Coulson, Emma K. Robinson and all multimodal parcellations of the human cerebral cortex // nature. 2016. No. 536. P. 171-178.
22. Neubauer A. S., Fink A. Intelligence and neural efficiency: measures of brain activation compared with measures of functional connectivity in the brain // intelligence 37(2). 2009. P. 223-229.
23. Nieuwenhuys R. The myeloarchitectonic studies on the human cerebral cortex of the Vogt-Vogt school, and their significance for the interpretation of functional neuroimaging data. 2013. p. 303-352.
24. Yasuda A., Sato A., Miyawaki K., Kumano H., Kuboki T. (2004): Error-related negativity reflects detection of negative reward prediction error. Neuroreport 15:2561-2565.
25. Yeung N., Cohen J. D., Botvinick M. M. (2004): The neural basis of error detection: Conflict monitoring and the error-related negativity. Psychol Rev 111:931-959.

Статья поступила в редакцию 11.11.2020

Статья принята к публикации 22.12.2020