

УДК 613.955:613.865:612.821

DOI: 10.34215/1609-1175-2020-1-76-79

Особенности становления функционального состояния центральной нервной системы и когнитивных способностей у детей и подростков школьного возраста

Н.П. Сетко, Е.В. Булычева, О.М. Жданова

Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия

Цель – определение особенностей становления функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) и когнитивных способностей у детей, и подростков школьного возраста. **Материал и методы.** Исследование проведено среди 300 школьников общеобразовательного учреждения г. Оренбурга. Функциональное состояние ЦНС оценено методом вариационной хронорефлексометрии. Когнитивные способности изучены с помощью коррективного теста – колец Э. Ландольта. **Результаты.** От 7–11 лет к 16–17-летнему возрасту происходило увеличение в 1,5 раза показателей функционального состояния ЦНС. У учащихся от 7–11-летнего возраста к 12–15 годам скорость мыслительных процессов снижалась в 1,5 раза на фоне увеличения точности когнитивной деятельности до 1,8 раза. От 12–15 лет к 16–17 годам, напротив, отмечено возрастание в 1,3 раза скорости переработки информации и снижение в 2,9 раза точности когнитивной работоспособности. **Заключение.** Выявленные особенности становления функционального состояния ЦНС и когнитивных способностей у детей и подростков могут учитываться при организации личностно-ориентированного обучения в общеобразовательных учреждениях с целью сохранения и повышения уровня умственной работоспособности и академической успеваемости обучающихся.

Ключевые слова: учащиеся, функциональный уровень нервной системы, устойчивость нервной реакции, умственная работоспособность, когнитивные способности

Поступила в редакцию 24.06.2019 г. Принята к печати 19.12.2019 г.

Для цитирования: Сетко Н.П., Булычева Е.В., Жданова О.М. Особенности становления функционального состояния центральной нервной системы и когнитивных способностей у детей и подростков школьного возраста. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2020;1:76–9. doi: 10.34215/1609-1175-2020-1-76-79

Для корреспонденции: Жданова Олеся Михайловна – ординатор кафедры профилактической медицины ОрГМУ (460000, г. Оренбург, ул. Советская, 6), ORCID: 0000-0003-4694-0674; e-mail: robokors@yandex.ru

Features of formation of the functional state of the central nervous system and cognitive abilities in children and adolescents of the school age

N.P. Setko, E.V. Bulycheva, O.M. Zhdanova

Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

Objective: The objective is to determine the features of formation of the functional state of the central nervous system (CNS) and cognitive abilities in children and adolescents of the school age. **Methods:** The study included 300 school children of general education institution of Orenburg. Functional state of CNS was evaluated with variational chronoreflexometry. Cognitive abilities have been studied with proof-reading test, Landolt ring. **Results:** From 7–11 y.o. to 16–17 y.o., there was an increase by 1.5 times in parameters of CNS functional state. Students aged from 7–11 y.o. by 12–15 y.o. demonstrated decrease in processing speed by 1.5 times due to increase of cognitive activity to 1.8 times. From 12–15 y.o. by 16–17 y.o., on the contrary, there was an increase of information processing speed by 1.3 times and decrease of cognitive activity by 2.9 times. **Conclusions:** The detected features of formation of CNS functional state and cognitive abilities in children and adolescents can be taken into account in when organizing personality-oriented training in educational institutions in order to maintain and increase the level of mental performance and academic performance of students.

Keywords: students, functional state of nervous system, neural stability, mental performance, cognitive abilities

Received: 24 June 2019; Accepted: 19 December 2019

For citation: Setko NP, Bulycheva EV, Zhdanova OM. Features of formation of the functional state of the central nervous system and cognitive abilities in children and adolescents of the school age. *Pacific Medical Journal.* 2020;1:76–9. doi: 10.34215/1609-1175-2020-1-76-79

Corresponding author: Olesya M. Zhdanova, MD, resident of the Preventative Medicine Department, Orenburg State Medical University (6 Sovetskaya St., Orenburg, 460000, Russian Federation); ORCID: 0000-0003-4694-0674; e-mail: robokors@yandex.ru

Обучение считается определяющим фактором развития когнитивных способностей учащихся, а структурно-функциональное созревание проекционных

и ассоциативных отделов коры больших полушарий головного мозга – его необходимым условием [1]. В подавляющем большинстве случаев традиционное

школьное обучение не обладает развивающим эффектом, а внедрение сложных учебных программ сопровождается увеличением числа детей, не справляющихся с повышенными нагрузками [2, 3]. Трудности в процессе обучения накапливаются и усиливаются, к ним добавляется психологический дискомфорт и стрессы, негативно воздействующие на развитие и состояние здоровья учащихся.

Цель исследования – определение особенностей становления функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) и когнитивных способностей у детей и подростков школьного возраста.

Материал и методы

Исследование проведено среди 100 учащихся 7–11 лет, 100 учащихся 12–15 лет и 100 учащихся 16–17 лет общеобразовательного учреждения г. Оренбурга с соблюдением этических принципов Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Форталеза, 2013). Функциональное состояние ЦНС оценено с помощью вариационной хронорефлексографии по методике М.П. Мороз (2003) по показателям функционального уровня нервной системы, устойчивости нервной реакции, уровня функциональных возможностей сформированной функциональной системы [4]. Когнитивные способности изучены с помощью коррективного теста – колец Э. Ландольта, – реализованного в виде компьютерной программы «ИМАТОН», по качественным (точность, коэффициент точности, амплитуда колебаний продуктивности) и количественным (скорость переработки информации, продуктивность, коэффициент выносливости) показателям умственной работоспособности [5].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью параметрических методов медицинской статистики с расчетом средней арифметической и стандартного отклонения. Для выявления статистически значимых различий в сравниваемых группах был использован параметрический критерий Стьюдента с последующим расчетом достоверности (р). Значимыми считали различия при $p \leq 0,05$. Расчеты осуществлены посредством пакетов прикладных программ Microsoft Office 2010 и Statistica 13.0.

Результаты исследования

Анализ данных вариационной хронорефлексографии свидетельствует о повышении оперативных показателей от 7–11- к 16–17-летнему возрасту: показатель функционального уровня нервной системы увеличился в 1,3 раза, а устойчивость нервной реакции – в 1,5 раза. Помимо этого у обследуемых 16–17 лет выявлено повышение уровня возможностей сформированной функциональной системы в 1,3 раза по сравнению с 7–11-летними (табл. 1), что свидетельствует о возросшей способности ЦНС создавать адаптационную функциональную систему приспособления к факторам окружающей среды.

Таблица 1

Показатели функционального состояния ЦНС у школьников различного возраста

Показатель ^а	Значения в возрастных группах (M±s)		
	7–11 лет	12–15 лет	16–17 лет
ФУС, ед.	1,83±0,04	2,06±0,05 ^б	2,30±0,04 ^{б, в}
УР, ед.	0,57±0,15	0,72±0,19	0,84±0,14 ^б
УФВ, ед.	1,46±0,16	1,72±0,21	1,95±0,16 ^б

^а ФУС – функциональный уровень (нервной) системы, УР – устойчивость (нервной) реакции, УФВ – уровень функциональных возможностей.

^б Разница с предыдущей возрастной группой статистически значима.

^в Разница с группой «7–11 лет» статистически значима.

Таблица 2

Количественные и качественные показатели когнитивной работоспособности школьников

Показатель ^а	Значения в возрастных группах (M±s)		
	7–11 лет	12–15 лет	16–17 лет
S, ед.	1,21±0,10	0,79±0,06 ^б	1,02±0,14 ^{б, в}
Pt, ед.	260,53±22,86	166,31±15,21 ^б	206,64±22,42 ^{б, в}
Kp, %	9,48±5,84	8,97±5,64	28,21±9,30 ^{б, в}
At, ед.	0,91±0,01	0,89±0,03	0,85±0,03 ^{б, в}
Ta, %	0,29±0,01	–3,54±2,46 ^б	15,44±6,19 ^{б, в}
АКП, ед.	93,49±10,07	52,61±5,45 ^б	154,10±76,65 ^б

^а S – скорость переработки информации, Pt – продуктивность, Kp – коэффициент выносливости, At – точность, Ta – коэффициент точности, АКП – амплитуда колебаний продуктивности.

^б Разница с предыдущей возрастной группой статистически значима.

^в Разница с группой «7–11 лет» статистически значима.

По сравнению с учащимися 7–11 лет среди 12–15-летних происходило достоверное снижение скорости переработки информации и продуктивности работы. Это подтверждалось и сокращением в 5,9 раза числа учащихся с высоким уровнем скорости мыслительных процессов и высоким уровнем продуктивности труда. При этом среди школьников 12–15 лет в сравнении с предыдущей возрастной группой отмечен минимальный коэффициент точности и минимальная амплитуда колебаний продуктивности, что свидетельствует об увеличении точностных характеристик когнитивной деятельности. Это подтверждалось и тем, что среди подростков 12–15 лет не было учащихся с высокой амплитудой колебаний продуктивности и низким коэффициентом точности (табл. 2). Вероятно, это объясняется тем, что от 7–11 лет к 12–15 годам происходило некоторое увеличение показателя устойчивости нервной реакции, отражающего степень концентрации внимания (табл. 1).

В противоположность вышеуказанному от 12–15 лет к 16–17 годам выявлена иная тенденция изменений когнитивных показателей: достоверное повышение скорости переработки информации и продуктивности работы (табл. 2). Это определило возрастание числа обследуемых от 12–15 лет к 16–17 годам с высокой скоростью переработки информации – в 2,4

Таблица 3
Распределение школьников в зависимости от уровня когнитивных способностей

Показатель ^a	Возраст, лет	Распределение по уровням, %		
		высокий	средний	низкий
S, ед.	7–11	40,0	40,0	20,0
	12–15	6,7	46,6	46,7
	16–17	16,0	52,0	32,0
Pt, ед.	7–11	40,0	48,0	12,0
	12–15	6,7	60,0	33,3
	16–17	12,0	56,0	32,0
Kp, %	7–11	44,0	28,0	28,0
	12–15	33,3	26,6	40,1
	16–17	28,0	24,0	48,0
At, ед.	7–11	68,0	28,0	4,0
	12–15	60,0	20,0	20,0
	16–17	36,0	36,0	28,0
Ta, %	7–11	64,0	24,0	12,0
	12–15	73,3	26,6	–
	16–17	52,0	16,0	32,0
АКП, ед.	7–11	40,0	36,0	24,0
	12–15	–	66,6	33,3
	16–17	24,0	44,0	32,0
ИОУР	7–11	24,0	72,0	4,0
	12–15	–	80,0	20,0
	16–17	–	92,0	8,0

^a S – скорость переработки информации, Pt – продуктивность, Kp – коэффициент выносливости, At – точность, Ta – коэффициент точности, АКП – амплитуда колебаний продуктивности, ИОУР – интегральная оценка уровня работоспособности.

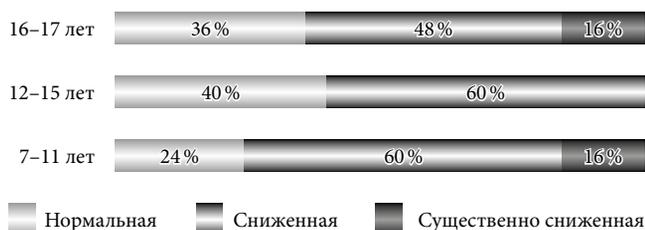


Рис. Распределение умственной работоспособности школьников в зависимости от возраста.

раза и с высокой продуктивностью труда – в 1,8 раза (табл. 3). В то же время у учащихся 16–17 лет по сравнению с предыдущей возрастной группой снижалась точность когнитивной деятельности, что подтверждалось достоверными изменениями коэффициента точности и амплитуды колебаний продуктивности. Это послужило причиной уменьшения в 1,7 раза числа учащихся с высоким уровнем точности труда. Вероятно, данный факт обусловлен ослаблением выносливости нервной системы по отношению к длительному действию раздражителей, что подтверждалось достоверным изменением коэффициента выносливости (табл. 2, 3).

В результате интегральной оценки умственной работоспособности от 7–11 лет к 12–15 годам определена тенденция к увеличению (в 1,7 раза) числа учащихся с нормальной умственной работоспособностью. В то же время от 12–15- до 16–17-летнего возраста удельный вес подростков с нормальной умственной работоспособностью практически не изменялся (рис.).

Обсуждение полученных данных

От 7–11 лет к 16–17-летнему возрасту у школьников происходило изменение функционального состояния ЦНС: в 1,3 раза увеличивался ее функциональный уровень, в 1,5 раза – устойчивость нервной реакции, и в 1,3 раза – уровень функциональных возможностей. Это могло служить причиной повышения уровня умственной работоспособности к 16–17 годам. Установленные факты, по всей вероятности, обусловлены структурно-функциональным созреванием коры головного мозга в процессе роста и развития детей, и подростков в период от 7 до 17 лет [6].

Научные исследования свидетельствуют о том, что скорость и точность когнитивной работоспособности по мере взросления увеличиваются неравномерно и гетерохронно. [7]. По данным М.М. Безруких и др. [1, 8], Е.В. Поповой и В.А. Волокитиной [2], Т. Falch и S. Sandren Massih [9], существенное влияние на развитие когнитивных способностей оказывают факторы учебного процесса: регулярные умственные нагрузки и мыслительная деятельность, что нашло подтверждение и в результатах нашего исследования. В то же время отмеченное на собственном материале снижение скорости мыслительных процессов к 12–15 годам, можно объяснить дисбалансом в процессах возбуждения и торможения ЦНС вследствие метаболических и эндокринных перестроек, приходящихся на период полового созревания [6, 10]. Данные предположения подтверждаются изменениями в когнитивной сфере в период полового созревания, отмеченными О.А. Беловой и др. [11], В.В. Ставцевой [12] и М.А. Поленовой [13]. Известно, что у детей от 12–15- к 16–17-летнему возрасту наблюдается стабилизация корково-подкоркового взаимодействия, которое дезорганизовано в пубертатный период, что сопровождается увеличением количественных и качественных показателей умственной работоспособности [14, 15]. Снижение точности когнитивной деятельности к 16–17 годам, обнаруженное на собственном материале, по всей видимости было обусловлено утомлением, о чем свидетельствовало ослабление выносливости нервной системы. Последнее можно объяснить высокой интенсивностью учебного процесса и интеллектуальными нагрузками, характерными для обучения в 10–11-м классах.

Выявленные особенности становления функционального состояния ЦНС и когнитивных способностей у детей и подростков могут учитываться при организации личностно-ориентированного обучения в общеобразовательных учреждениях с целью сохранения

и повышения уровня умственной работоспособности и академической успеваемости обучающихся.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Литература / References

1. Безруких М.М., Логинова Е.С., Парцалис Е.М. Комплексная диагностика индивидуальных нарушений когнитивного развития и их коррекция. *Физиология человека*. 2015;41(4):18–30. [Bezrukih MM, Loginova ES, Parcalis EM. Comprehensive diagnosis of individual disorders of cognitive development and their correction. *Human Physiology*. 2015;41(4):18–30 (In Russ).]
2. Попова Е.В. Волокитина Т.В. Особенности развития структуры интеллекта школьников 11–18 лет. *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: естественные науки*. 2012;(1):77–86. [Popova EV, Volokitina TV. Features of intellect structure development in schoolchildren aged 11–18 years. *Arctic Environmental Research*. 2012;(1):77–86 (In Russ).]
3. Schulte-Körne G. Mental health problems in a school setting in children and adolescents. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2016;113(11):183–90.
4. Мороз М.П. *Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека: методическое руководство*. СПб.: ИМАТОН, 2007. 40 с. [Moroz MP. *Express diagnostics of a person's functional state and working capacity. Methodical guide*. St Petersburg: IMATON; 2007. 40 p. (In Russ).]
5. Сысоев В.Н. *Тест Э. Ландольта: диагностика работоспособности*. СПб.: ИМАТОН, 2003. 31 с. [Sysoev VN. *Test E. Landolt: Health diagnostics*. St Petersburg: IMATON; 2003. 31 p. (In Russ).]
6. Фарбер Д.А., Горев А.С. Особенности функционального состояния мозга подростков и возможность его произвольной регуляции. *Новые исследования*. 2017;4:5–14. [Farber DA, Gorev AS. Features of the functional state of the brain of adolescents and the possibility of arbitrary regulation. *New Research*. 2017;4:5–14 (In Russ).]
7. Лысова Н.Ф., Айзман Р.И., Завьялова Я.Л., Ширшова В.М. *Возрастная анатомия, физиология и школьная гигиена: учебное пособие*. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2010. 398 с. [Lysova NF, Ajzman RI, Zavyalova JaL, Shirshova VM. *Age anatomy, physiology and school hygiene: A training manual*. Novosibirsk; 2010. 398 p. (In Russ).]
8. Безруких М.М., Логинова Е.С., Комкова Ю.Н., Теребова Н.А. Вегетативное обеспечение выполнения когнитивных задач в подростковом возрасте. *Новые исследования*. 2017;(4):140–55. [Bezrukih MM, Loginova ES, Komkova JuN, Terebova NA. Vegetative provision of cognitive tasks in adolescence. *New Research*. 2017;(4):140–55 (In Russ).]
9. Falch T, Sandgren Massih S. The effect of education on cognitive ability. *Economic Inquiry*. 2011;49(3):838–56.
10. Безруких М.М. Мачинская Р.И. Фарбер Д.А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка. *Физиология человека*. 2009;35(6):10–24. [Bezrukih MM, Machinskaja RI, Farber DA. Structural and functional organization of the developing brain and the formation of cognitive activity in the ontogenesis of the child. *Human Physiology*. 2009;35(6):10–24 (In Russ).]
11. Белова О.А., Плотникова Н.А., Агарвал Р.К. Уровень работоспособности и гендерные различия у учащихся 11–12 лет различных типов школ. *Здоровье и образование в 21 веке*. 2014;16(1):37–48. [Belova OA, Plotnikova NA, Agarval RK. Performance level and gender differences between students of 11–12 year old from types of schools. *Health & Education Millennium*. 2014;16(1):37–48 (In Russ).]
12. Ставцева В.В. Динамика умственной работоспособности учащихся 4–11 классов на уроках в течение учебного дня и недели. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки*. 2012;3:166–73. [Stavceva VV. Dynamics of intellectual working capacity of pupils 4–11 grades at lessons during educational day and week. *Belgorod State University Scientific Bulletin*. 2012;3:166–73 (In Russ).]
13. Поленова М.А. Особенности динамики функционального состояния организма учащихся 5–9 классов в процессе обучения. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2013;3:49–53. [Polenova MA. Features of functional status of 5–9 grade students in the learning process. *Problems of School and University Medicine and Health*. 2013;3:49–53 (In Russ).]
14. Безруких М.М. Комкова Ю.Н. Интеллектуальное развитие мальчиков и девочек 15–16 лет. Психофизиологическая структура. *Физиология человека*. 2010;36(4):57–64. [Bezrukih MM, Komkova JuN. Intellectual development of boys and girls 15–16 years. Psychophysiological structure. *Human Physiology*. 2010;36(4):57–64 (In Russ).]
15. Литовченко О.Г., Ишбулатова М.С. Сравнительная оценка умственной работоспособности у детей 9–11 лет – уроженцев Среднего Приобья. *Новые исследования*. 2016;4:62–70. [Litovchenko OG, Ishbulatova MS. Comparative assessment of mental performance in children 9–11 years old – natives of the Middle Ob. *New Research*. 2016;4:62–70 (In Russ).]