

Влияние онлайн-поведения подростков на функциональное состояние центральной нервной системы, возможности коррекции

Т.В. Потупчик¹✉, Л.С. Эверт^{2,3}, Ю.Р. Костюченко², О.В. Чудинова³

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; Россия, г. Красноярск

² ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» обособленное подразделение «Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера»; Россия, г. Красноярск

³ ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова»; Россия, г. Абакан

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Изучение у подростков взаимосвязи показателей функционирования центральной нервной системы (ЦНС) с различными видами пользования Интернетом: адаптивным (АПИ), неадаптивным (НПИ) и патологическим (ППИ).

Дизайн. Сравнительное клиническое исследование.

Материалы и методы. В исследование включены 202 подростка 12–17 лет (медиана — 14 [13; 15] лет) — учащиеся общеобразовательных учреждений города Абакана (Республика Хакасия) с различными видами онлайн-поведения: 86 (42,6%) мальчиков и 116 (57,4%) девочек. Группы наблюдения сформированы по виду онлайн-поведения: 71 (35,1%) подросток с АПИ, 107 (53,0%) — с НПИ, 24 (11,9%) — с ППИ. Программа обследования включала изучение следующих показателей и характеристик: вида онлайн-поведения, количественных показателей теста простой сенсомоторной реакции на зрительную стимуляцию и ее интегральных характеристик (уровней активации ЦНС, безошибочности, быстродействия и стабильности реакций). Функциональное состояние ЦНС (оптимальное, удовлетворительное, неудовлетворительное) оценивали по характеристикам простой сенсомоторной реакции на зрительную стимуляцию с помощью аппаратно-программного комплекса УПФТ-1/30 «Психофизиолог».

Результаты. У подростков с ППИ выявлена тенденция к ухудшению отдельных показателей сенсомоторного теста, что проявлялось снижением концентрации и устойчивости внимания (по уровням безошибочности и стабильности) и замедлением реакций (по уровню быстродействия). Результаты исследования указывают на преобладание процессов торможения в ЦНС, состояние утомления, снижение психической работоспособности и когнитивной деятельности у подростков с ППИ.

Заключение. Полученные данные доказывают актуальность проблемы ППИ и его влияния на здоровье в исследуемом онтогенетическом периоде, свидетельствуют о необходимости ее дальнейшего изучения для оптимизации профилактических и коррекционных мероприятий среди популяции подростков — пользователей Интернета.

Ключевые слова: подросток, онлайн-поведение, центральная нервная система, функциональное состояние, зрительно-моторная реакция, коррекция.

Для цитирования: Потупчик Т.В., Эверт Л.С., Костюченко Ю.Р., Чудинова О.В. Влияние онлайн-поведения подростков на функциональное состояние центральной нервной системы, возможности коррекции. Доктор.Ру. 2024;23(6):36–45. DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-6-36-45

The Influence of Online Behavior of Adolescents on the Functional State of the Central Nervous System, Possibilities for Correction

T.V. Potupchik¹✉, L.S. Evert^{2,3}, Yu.R. Kostyuchenko², O.V. Chudinova³

¹ Prof. V.F. Voino-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University; 1 Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022

² Federal Research Centre “Krasnoyarsk Science Centre” of the Siberian Branch of Russian Academy of Science, separate division “Scientific Research Institute of medical problems of the North”; 3-g Partizan Zheleznyak Str., Krasnoyarsk, Russian Federation 660022

³ Khakass State University named after N.F. Katanov; 92 Lenin Str., build. 1, Abakan, Russian Federation 655017

ABSTRACT

Aim. A study of the relationship between indicators of central nervous system functioning in adolescents and various types of Internet use: adaptive (AIU), non-adaptive (NIU) and pathological (PIU).

Design. Comparative clinical study.

Materials and methods. The study included 202 adolescents aged 12 to 17 years old (median age: 14 [13; 15] years old), pupils from general educational establishments of Abakhan (Republic of Khakassia) with various online behaviours: 86 (42.6%) boys and 116 (57.4%) girls. The observation groups were formed on the basis of their online behaviour: 71 (35.1%) adolescents with adaptive Internet use, 107 (53.0%) — with non-adaptive Internet use, and 24 (11.9%) — with abnormal Internet use. The examination program involved the study of the following parameters and characteristics: type of online behaviour, quantitative parameters of the simple sensorimotor reaction to visual stimulation and its integral characteristics (levels of CNS activation, accuracy, speed and stability of reactions). The functional state of the CNS (optimal, satisfactory, unsatisfactory) was assessed using the characteristics of the simple sensorimotor reaction to visual stimulation using Psikhofiziolog computer appliance.

✉ Потупчик Татьяна Витальевна / Potupchik, T.V. — potupchik_tatyana@mail.ru

Results. In adolescents with PIU, a tendency was revealed to deteriorate certain indicators of the sensorimotor test, which was manifested by a decrease in concentration and stability of attention (in terms of error-freeness and stability) and slower reactions (in terms of speed of action). The results of the study indicate the predominance of inhibition processes in the central nervous system, a state of fatigue, a decrease in mental performance and cognitive activity in adolescents with PIU.

Conclusion. The data obtained prove the relevance of the problem of pathological Internet use and its impact on health in the ontogenetic period under study, and indicate the need for its further study in order to optimize preventive and corrective measures in the teenage population of Internet users.

Keywords: teenager, online behavior, central nervous system, functional state, visual-motor reaction, correction.

For citation: Potupchik T.V., Evert L.S., Kostyuchenko Yu.R., Chudinova O.V. The influence of online behavior of adolescents on the functional state of the central nervous system, possibilities for correction. Doctor.Ru. 2024;23(6):36–45. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2024-23-6-36-45

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек все больше использует Интернет. Несмотря на все технологические преимущества Интернета, его стремительное вторжение в повседневную жизнь принесло с собой целый ряд побочных эффектов [1]. Патологическое (проблемное) пользование Интернетом (ППИ), или интернет-зависимость, характеризующееся непреодолимой тягой и всепоглощенностью, нередко приводит к изменению функционального состояния организма, дистрессу, морфологическим изменениям микроструктур головного мозга [2–8], нарушению функционирования центральной нервной системы (ЦНС) [9–11], когнитивных функций [12, 13], возникновению психосоматических расстройств и социальной дезадаптации [14]. Наиболее уязвимы для формирования интернет-зависимости подростки.

В число ведущих показателей, определяющих эффективность любой деятельности человека, входит уровень функционирования ЦНС в целом и всех ее параметров по отдельности. Наиболее простым методом, основанным на объективных параметрах, является оценка результативности выполнения сенсомоторных реакций [15]. Сенсомоторная деятельность обеспечивается сложной функциональной системой, включающей большое количество различных по содержанию и значимости звеньев [16].

Несмотря на актуальность проблемы влияния Интернет-зависимости на здоровье пользователей, исследований, посвященных воздействию онлайн-поведения на ЦНС, в том числе у подростков и молодежи, крайне мало [14]. Изучение влияния ППИ на соматическое и нервно-психическое здоровье подростков, на функциональное состояние органов и систем организма интернет-зависимых пользователей представляет значительный интерес.

Цель нашего исследования — изучение у подростков взаимосвязи показателей функционирования ЦНС с различными видами пользования Интернетом: адаптивным (АПИ), неадаптивным (НПИ) и ППИ.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: определить значения количественных показателей теста простой сенсомоторной реакции на зрительную стимуляцию (ПЗМР) в зависимости от онлайн-поведения (АПИ, НПИ, ППИ) подростков; проанализировать особенности интегральных характеристик ПЗМР (уровень активации ЦНС, уровни безошибочности, бысродействия и стабильности реакций) в группах подростков с учетом их поведения в сети Интернет; выявить особенности функционального состояния ЦНС, оценить их взаимосвязь с онлайн-поведением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в рамках темы научно-исследовательской работы «Психосоматические расстройства у подростков Центральной Сибири: распространенность, струк-

тура, психологические факторы риска и нейрогенетические предикторы» (регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 124020100064-6), проводимой в Научно-исследовательском институте медицинских проблем Севера Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», реализуемой в рамках бюджетного финансирования государственного задания Института.

Авторы соблюдали этические принципы Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. На проведение исследования получено разрешение комитета по биоэтической этике ФИЦ КНЦ СО РАН. Информированное согласие дали все участники исследования: подростки в возрасте 15 лет и старше подписывали согласие сами, за подростков 12–14 лет согласие подписывали родители/законные представители.

Источником информации для работы послужили результаты исследований, проведенных в Республике Хакасия с апреля по сентябрь 2019 года. Изучены случайные выборки подростков 12–17 лет (медиана — 14 [13; 15] лет) — учащихся общеобразовательных учреждений города Абакана (Республика Хакасия), из них 86 (42,6%) мальчиков и 116 (57,4%) девочек. В группы сравнения по виду онлайн-поведения вошли 71 (35,1%) подросток с АПИ, 107 (53,0%) — с НПИ, 24 (11,9%) — с ППИ.

У включенных в исследование подростков изучали следующие показатели и характеристики: вид онлайн-поведения, количественные показатели теста ПЗМР и ее интегральных характеристик (уровни активации ЦНС, безошибочности, бысродействия и стабильности реакций).

В работе применялась терминология, используемая при проведении международных медико-социальных исследований онлайн-поведения подростковых и молодежных популяций [17]. Вид онлайн-поведения определяли по адаптированной В.Л. Малыгиным и К.А. Феклисовым [18] международно принятой шкале интернет-зависимости С.-Н. Чена (Chen Internet Addiction Scale) [19]. Величина суммарного балла от 27 до 42 расценивалась как наличие АПИ; 43–64 баллов — НПИ; 65 и выше — ППИ, или интернет-зависимость.

Функциональное состояние ЦНС оценивалось по характеристикам ПЗМР с применением аппаратно-программного комплекса УПФТ-1/30 «Психофизиолог». Для оценки функционального состояния ЦНС определяли среднее время ответной реакции (уровень бысродействия) и его среднеквадратичное отклонение (уровень стабильности). Кроме того, был предусмотрен расчет интегральных оценок, отражающих уровни безошибочности и сенсомоторных реакций (уровень активации ЦНС). Все уровни распределены по шкале от низкого (нулевого и первого) до высокого (пятого).

При статистической обработке полученных данных использован модуль непараметрических статистик программы

Statistica 12 for Windows (StatSoft Inc., США). Качественные (бинарные) признаки представлены в виде относительных частот и доверительного интервала (ДИ), оцененного по методу Уилсона и рассчитанного на онлайн-калькуляторе. Форма представления количественных показателей — значения медианы (Me), моды (Mo) и интерквартильного диапазона (Q_{25} – Q_{75}).

Значимости различий (p) для бинарных признаков при сравнении двух несвязанных групп оценивали по критерию χ^2 Пирсона для многопольных таблиц, для количественных показателей — по критерию Манна — Уитни. При описании статистических показателей указывали абсолютное значение критерия χ^2 Пирсона и статистическую значимость раз-

личий (p). Различия между группами считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам теста с оценкой ПЗМР определены количественные значения показателей теста с их последующим сравнительным анализом в группах подростков, различающихся онлайн-поведением (с АПИ, НПИ, ППИ). Полученные данные представлены в *таблице 1*.

Выявленные различия между количественными параметрами в группах сравнения носили разнонаправленный характер и не достигали статистической значимости. Исключением были менее высокие средние значения показателя

Таблица 1. Показатели простой зрительно-моторной реакции в группах подростков с адаптивным (АПИ)₁, неадаптивным (НПИ)₂ и патологическим (ППИ)₃ использованием Интернетом

Table 1. Parameters of the simple hand-eye reaction in groups of teenagers with adaptive₁, non-adaptive₂ and abnormal₃ Internet use

Показатели	Группы	Среднее значение	Число обследованных	Медиана	Мода (Mo)	Частота Mo	Значение 25%	Значение 75%	P (по MU)
Интегральный показатель надежности	АПИ	58,82	72	68,50	0,00	10	52,00	76,50	$p_{1-2} = 0,3280$
	НПИ	63,47	108	69,00	0,00	8	53,00	79,50	$p_{1-3} = 0,3746$
	ППИ	57,20	25	64,00	0,00	3	47,00	72,00	$p_{2-3} = 0,1099$
Оценка уровня активации центральной нервной системы	АПИ	1,73	72	0,50	0,50	14	0,06	0,52	$p_{1-2} = 0,9618$
	НПИ	1,26	108	0,50	0,50	24	0,01	0,52	$p_{1-3} = 0,2956$
	ППИ	4,30	25	0,12	0,50	6	0,01	0,50	$p_{2-3} = 0,2516$
Число пропущенных стимулов	АПИ	1,94	72	0,00	0,00	68	0,00	0,00	$p_{1-2} = 0,0330$
	НПИ	1,23	108	0,00	0,00	107	0,00	0,00	$p_{1-3} = 0,3155$
	ППИ	5,32	25	0,00	0,00	24	0,00	0,00	$p_{2-3} = 1,0000$
Число упреждающих реакций	АПИ	2,47	72	0,50	0,00	36	0,00	1,00	$p_{1-2} = 0,3728$
	НПИ	1,69	108	0,00	0,00	59	0,00	1,00	$p_{1-3} = 0,2909$
	ППИ	5,64	25	1,00	0,00	11	0,00	2,00	$p_{2-3} = 0,0761$
Суммарное число ошибок	АПИ	2,44	72	0,50	0,00	36	0,00	1,50	$p_{1-2} = 0,2869$
	НПИ	1,61	108	0,00	0,00	59	0,00	1,00	$p_{1-3} = 0,3619$
	ППИ	5,28	25	1,00	0,00	11	0,00	2,00	$p_{2-3} = 0,0761$
Среднее время реакции, мс	АПИ	272,67	72	251,00	236,00	3	232,00	281,50	$p_{1-2} = 0,7281$
	НПИ	270,45	108	252,50	226,00	4	226,00	292,00	$p_{1-3} = 0,5602$
	ППИ	286,00	25	259,00	multiple	–	239,00	316,00	$p_{2-3} = 0,3548$
Оценка быстродействия, отн. ед.	АПИ	1,72	72	0,50	0,50	37	0,06	0,50	$p_{1-2} = 0,9316$
	НПИ	1,26	108	0,50	0,50	50	0,01	0,50	$p_{1-3} = 0,3461$
	ППИ	4,29	25	0,10	0,50	10	0,01	0,50	$p_{2-3} = 0,2932$
Среднеквадратичное отклонение времени реакций, мс	АПИ	77,25	72	55,00	multiple	–	40,50	78,50	$p_{1-2} = 0,6623$
	НПИ	71,64	108	52,00	multiple	–	37,00	79,00	$p_{1-3} = 0,2528$
	ППИ	87,16	25	63,00	multiple	–	45,00	101,00	$p_{2-3} = 0,1498$
Оценка стабильности реакций, отн. ед.	АПИ	1,95	72	0,50	0,50	25	0,50	0,75	$p_{1-2} = 0,8419$
	НПИ	1,48	108	0,50	0,50	42	0,50	0,75	$p_{1-3} = 0,4656$
	ППИ	4,52	25	0,50	0,50	10	0,50	0,75	$p_{2-3} = 0,4812$
Медиана времени реакции, мс	АПИ	253,47	72	236,00	247,00	4	222,00	262,00	$p_{1-2} = 0,5269$
	НПИ	253,28	108	237,50	213,00	4	217,00	263,50	$p_{1-3} = 0,6043$
	ППИ	266,16	25	238,00	no mode	–	220,00	281,00	$p_{2-3} = 0,3381$

Показатели	Группы	Среднее значение	Число обследованных	Медиана	Мода (Мо)	Частота Мо	Значение 25%	Значение 75%	P (по MU)
Мода времени реакции, мс	АПИ	194,94	72	225,00	225,00	29	195,00	225,00	$p_{1-2} = 0,2954$
	НПИ	210,80	108	225,00	225,00	36	195,00	225,00	$p_{1-3} = 0,9929$
	ППИ	195,44	25	225,00	225,00	10	195,00	225,00	$p_{2-3} = 0,4972$
Амплитуда моды времени реакций, мс	АПИ	33,31	72	34,00	0,00	10	30,00	43,00	$p_{1-2} = 0,4462$
	НПИ	36,02	108	37,00	31,00	9	30,00	44,00	$p_{1-3} = 0,3070$
	ППИ	33,00	25	32,00	multiple	–	23,00	40,00	$p_{2-3} = 0,1058$
Минимальное время реакции, мс	АПИ	157,28	72	178,50	0,00	10	156,00	194,00	$p_{1-2} = 0,2415$
	НПИ	170,73	108	181,50	0,00	8	167,00	196,00	$p_{1-3} = 0,9726$
	ППИ	158,08	25	175,00	0,00	3	158,00	189,00	$p_{2-3} = 0,4390$
Максимальное время реакции, мс	АПИ	367,42	72	388,50	0,00	10	307,50	457,00	$p_{1-2} = 0,1971$
	НПИ	434,22	108	396,50	0,00	8	329,00	481,00	$p_{1-3} = 0,3198$
	ППИ	439,20	25	404,00	0,00	3	308,00	472,00	$p_{2-3} = 0,8095$

«Число пропущенных стимулов» у подростков с НПИ (1,23), чем в группе АПИ (1,94; $p = 0,033$).

Одним из важных параметров оптимального функционирования ЦНС, от которого зависит способность адаптироваться к условиям окружающей среды, является исходный уровень ее активации [15]. Он определяется показателем среднего времени ответной реакции и его среднеквадратичным отклонением.

Результаты сравнительного анализа уровней активации ЦНС, по данным ПЗМР, в группах подростков с различным онлайн-поведением приведены на *рисунке 1*.

У большинства подростков во всех группах регистрировался средний (третий) уровень активации ЦНС: в 1-й группе — у 52,1% (37/71), во 2-й группе — у 45,8% (49/107), в 3-й группе — у 41,7% (10/24) обследованных. Различия между сравниваемыми группами были статистически незначимыми.

Уровень безошибочности сенсомоторных реакций, оцениваемый по суммарному числу допущенных ошибок, связан с концентрацией внимания [16].

Структура уровней безошибочности в процессе выполнения ПЗМР у обследованных нами подростков представлена на *рисунке 2*.

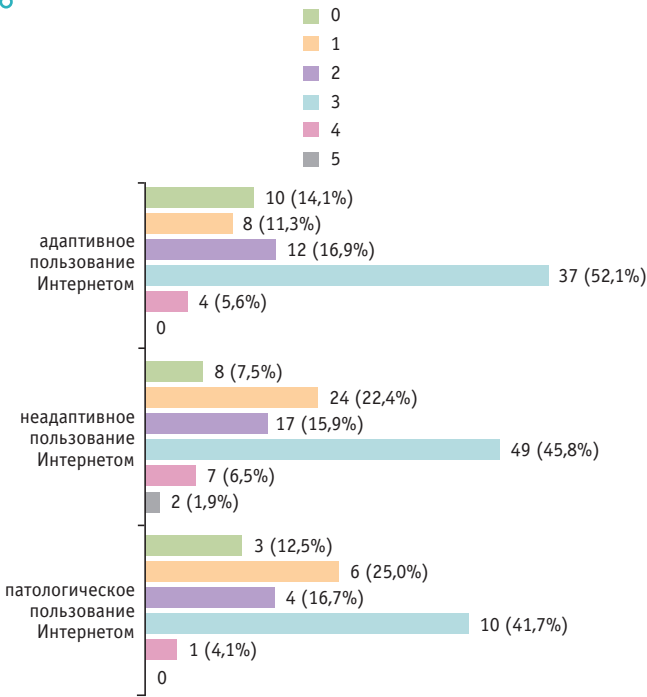
По результатам сравнительного анализа уровней безошибочности у подростков с различными видами онлайн-поведения, низкий уровень данного показателя, а следовательно, и связанная с ним низкая концентрация внимания, чаще (12,5%) имели место у подростков третьей группы (с ППИ), чем в группе с НПИ (1,9%, $p = 0,014$, $\chi^2 = 6,03$), а уровень безошибочности выше среднего — значительно реже (8,3 против 28%, $p = 0,0423$, $\chi^2 = 4,12$). По другим градациям уровня безошибочности различия между группами были статистически незначимыми.

Отсутствие статистически значимых различий между группами обследованных с АПИ и ППИ, вероятно, может быть связано с влиянием на функционирование ЦНС не только особенностей онлайн-поведения, но и многих других факторов (медико-биологических, психофизиологических, регуляторных, метаболических), в том числе предшествующих перенесенных инфекционных заболеваний ЦНС. Для понимания и объяснения причин отсутствия значимых различий по показателям ПЗМР между указанными группами требуется

Рис. 1. Уровни активации центральной нервной системы (ЦНС) (KL — класс активации ЦНС) у подростков с различными видами онлайн-поведения.

Примечание. Здесь и далее в рисунках: 0 — очень низкий, 1 — низкий, 2 — сниженный, 3 — средний, 4 — выше среднего, 5 — высокий

Fig. 1. Levels of the central nervous system activation (KL is the central nervous system activation class) in adolescents with various types of online behaviour.
Note. Here and in the pictures: 0 — very low, 1 — low, 2 — reduced, 3 — average, 4 — above average, 5 — high



изучение перечисленных выше факторов с проведением их многофакторного анализа, что планируется сделать и представить в последующих наших публикациях.

В целом 94 (46,5%) из 202 подростков при выполнении ПЗМР продемонстрировали высокий уровень безошибочности реакций, 49 (24,3%) — выше среднего. У 22 (10,9%) уровень данного показателя был средним, у 9 (4,5%) — ниже среднего, у 7 (3,4%) — низкий, у 21 (10,4%) — очень низкий (см. рис. 2).

Особенности характеристик бысродействия при выполнении сенсомоторной пробы (ПЗМР) подростками сравниваемых групп показаны на рисунке 3.

Во всех группах преобладал средний (третий) уровень бысродействия, у подростков 3-й группы (с ППИ) чаще, чем в группах с АПИ и НПИ, регистрировался низкий уровень бысродействия (25% против 11,3 и 22,4%). Полученные данные по показателю бысродействия у подростков с ППИ указывают на преобладание у них процессов торможения в ЦНС, состояния утомления, что ведет к замедлению реагирования на стимулирующие воздействия. Однако статистически значимых различий между группами сравнения не было.

Уровень стабильности реакции, оцениваемый по среднеквадратичному отклонению времени реакции и зависящий от среднего времени реакции, указывает на устойчивость регуляторных механизмов и уравновешенность нервных процессов [20]. Низкие значения этого показателя свидетельствуют об уравновешенности нервных процессов, высокие — об их неуравновешенности. Неуравновешенность нервных процессов может привести к снижению концентрации и устойчивости внимания.

Данные, приведенные на рисунке 4, дают представление о структуре уровней стабильности реакции в процессе выполнения ПЗМР в группах подростков, различающихся по виду онлайн-поведения.

Анализ уровня стабильности реакции на зрительный стимул в группах подростков с различными видами онлайн-поведения показал, что у большинства из них имел место средний (третий) уровень стабильности реакции. Но следует

заметить, что в группе с интернет-зависимым поведением в большем проценте случаев отмечался низкий (первый) уровень стабильности реакции, что указывает на меньшую уравновешенность нервных процессов у таких подростков. Различия между сравниваемыми группами не достигали степени статистической значимости.

Рис. 3. Уровни бысродействия у подростков с различными видами онлайн-поведения

Fig. 3. Levels of speed in teenagers with various types of online behaviour

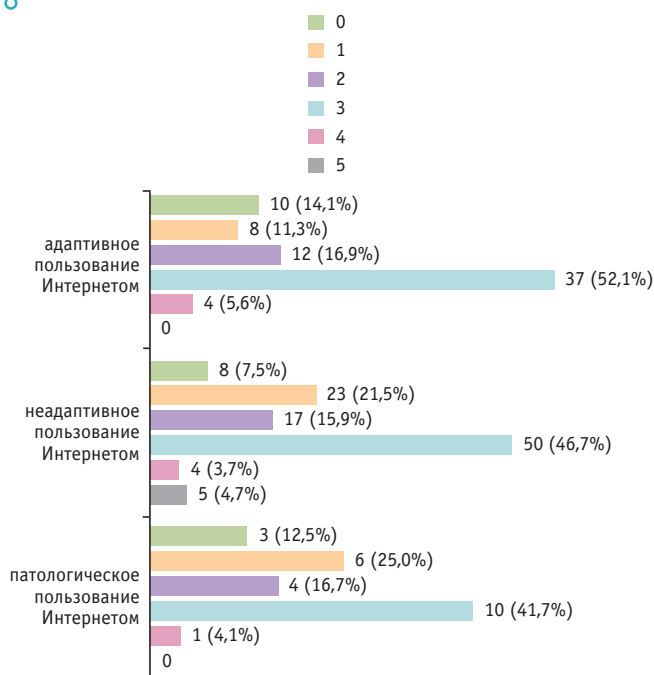


Рис. 4. Уровни стабильности реакций у подростков с различными видами онлайн-поведения

Fig. 4. Levels of reaction stability in teenagers with various types of online behaviour

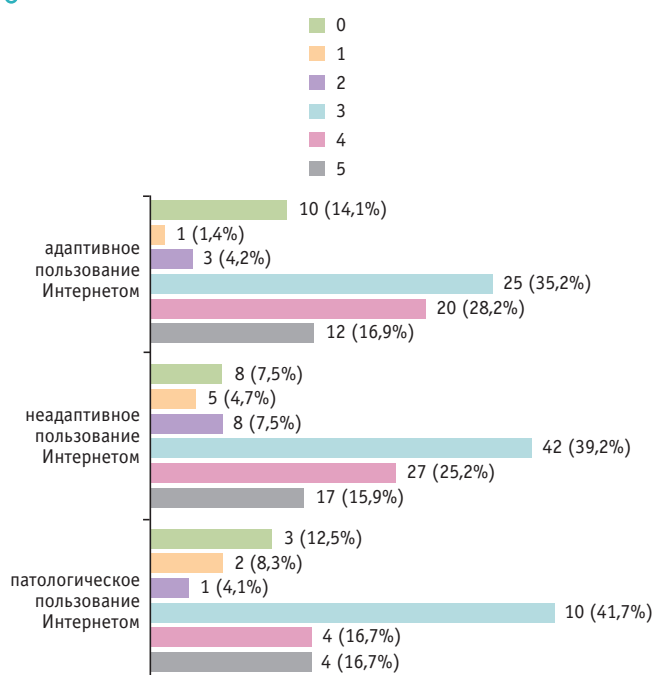
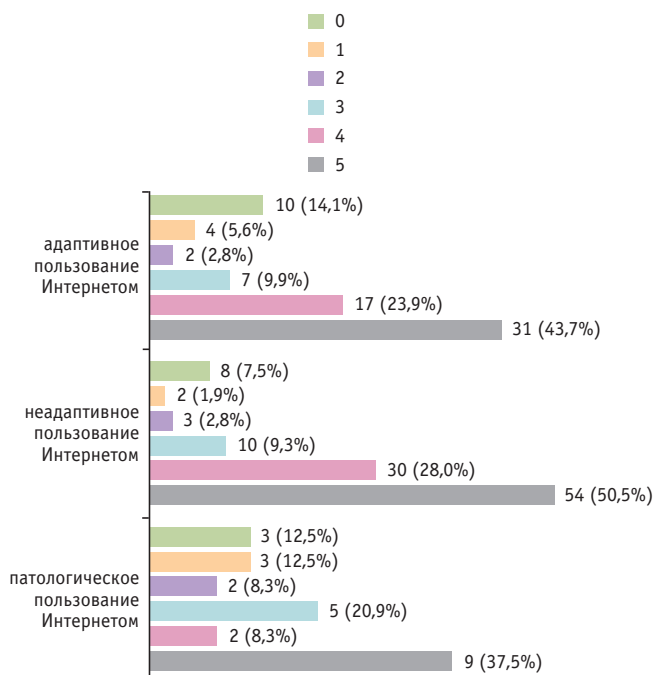


Рис. 2. Уровни безошибочности у подростков с различными видами онлайн-поведения

Fig. 2. Levels of accuracy in teenagers with various types of online behaviour



Функциональное состояние ЦНС зависит от уровня ее активации. Оптимальное функциональное состояние ЦНС соответствует высокому и выше среднего уровням активации ЦНС, удовлетворительное — среднему и ниже среднего, неудовлетворительное — низкому и очень низкому. Характеристика функционального состояния ЦНС, по данным ПМЗР, у подростков с различным онлайн-поведением представлена в *таблице 2*.

Оценка функционального состояния ЦНС подростков с различными видами онлайн-поведения позволила установить, что во всех группах у большинства участников оно было удовлетворительным. Выявленные различия между группами не достигали степени статистической значимости.

В то же время внутригрупповое сравнение особенностей функционального состояния ЦНС у подростков с одинаковым видом сетевого поведения показало наличие статистически значимых различий по структуре данного параметра во всех группах (см. *табл. 2*).

ОБСУЖДЕНИЕ

В последние годы отмечается заметный рост числа исследований, посвященных цифровой зависимости и ее негативному влиянию на структуру и функциональность человеческого мозга, причем наиболее часто во всех работах сообщается о большей уязвимости такой области мозга, как префронтальная доля. Серьезную озабоченность исследователей вызывает восприимчивость к формированию интернет-зависимости подростков, чья нейробиология развития делает их особенно склонными к проблемному использованию Интернета и современных электронных устройств, что потенциально может приводить к целому ряду последствий, начиная от невнимательности и когнитивных нарушений до снижения успеваемости и ухудшения психического и физического здоровья [21–23].

Очень важно найти ответы на фундаментальные вопросы, стоящие перед исследователями: каковы определяющие характеристики подростков с интернет-зависимостью,

какие области мозга страдают сильнее всего, характеризуются ли воздействия преимущественно функциональными или структурными изменениями? Систематическое решение этих вопросов имеет решающее значение для расшифровки основных механизмов, ведущих к функциональным и структурным изменениям в мозге подростков с интернет-зависимостью. Их понимание предоставит значимые доказательства, на которых можно основать разработку и реализацию эффективных вмешательств и профилактических мер против формирования аддиктивного поведения с учетом видов онлайн-деятельности [21].

Наличие функциональных изменений головного мозга обнаружено в проспективном исследовании J. Liu и соавт. (2016), в котором с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии изучалась функция мозга у 19 китайских студентов с зависимостью от компьютерных видеоигр и у 19 здоровых лиц контрольной группы. Все испытуемые получали стимулы в виде видеоигр в Интернете. На основании результатов обследования авторы пришли к выводу, что интернет-видеоигры активируют центры зрения, пространства, внимания и исполнения, расположенные в затылочной, височной, теменной и лобной извилинах. У лиц с игровой зависимостью отмечено нарушение функции головного мозга с гипофункцией кортикального слоя лобной области, у них наблюдалась латеральная активация правого полушария головного мозга [24]. Эти результаты согласуются с данными об изменениях в областях мозга, реагирующих на сигналы, о которых сообщается в работе S.S. Ma и соавт. (2019) [25].

По результатам нашего исследования, различия количественных показателей теста ПЗМР в группах сравнения были разнонаправленными и не имели статистической значимости. Исключением стали наиболее высокие средние значения показателя «Число пропущенных стимулов» у подростков с ППИ.

С момента создания баз данных PubMed, Embase, ClinicalTrial.gov и Web of Science до июля 2022 г. коллектив

Таблица 2. Функциональное состояние центральной нервной системы у подростков с различным онлайн-поведением

Table 2. Functional state of the central nervous system in teenagers with various types of online behaviour

Группа	Неудовлетворительное _а		Удовлетворительное _б		Оптимальное _с		Р
	п (%)	доверительный интервал, %	п (%)	доверительный интервал, %	п (%)	доверительный интервал, %	
Адаптивное пользование Интернетом (п = 71) ₁	18 (25,3)	16,7–36,6	49 (69,1)	57,5–78,6	4 (5,6)	2,2–13,6	p _{а-б} < 0,0001 p _{а-с} = 0,0012 p _{б-с} < 0,0001
Неадаптивное пользование Интернетом (п = 107) ₂	32 (29,9)	22,1–39,2	66 (61,7)	52,2–70,3	9 (8,4)	4,5–15,2	p _{а-б} < 0,0001 p _{а-с} = 0,0001 p _{б-с} < 0,0001
Патологическое пользование Интернетом (п = 24) ₃	9 (37,5)	21,2–57,3	14 (58,3)	38,8–75,5	1 (4,2)	0,7–20,2	p _{а-б} = 0,1486 p _{а-с} = 0,0045 p _{б-с} = 0,0001
Всего (п = 202)	59 (29,2)	23,4–35,8	129 (63,9)	57,0–70,2	14 (6,9)	4,2–11,3	p _{а-б} < 0,0001 p _{а-с} < 0,0001 p _{б-с} < 0,0001
p ₁₋₂	p = 0,5080, χ^2 = 0,44		p = 0,3165, χ^2 = 1,00		p = 0,4856, χ^2 = 0,49		–
p ₁₋₃	p = 0,2540, χ^2 = 1,30		p = 0,3385, χ^2 = 0,92		p = 0,7808, χ^2 = 0,08		–
p ₂₋₃	p = 0,4684, χ^2 = 0,53		p = 0,7611, χ^2 = 0,09		p = 0,4791, χ^2 = 0,50		–

исследователей систематически проводил в них поиск наблюдательных исследований, сравнивающих различия в объемах и активациях мозга между людьми, чрезмерно часто использующими смартфоны, и теми, у кого регулярно проводилась магнитно-резонансная томография. Продemonстрировано, что у чрезмерно часто использующих смартфон людей объем мозга меньше, чем у лиц контрольной группы ($g = -0,55$, $p < 0,001$), особенно в подкорковых областях ($p < 0,001$). При этом влияние смартфонов было более выраженным у подростков, чем у взрослых ($p < 0,001$). Регрессионный анализ выявил значительную положительную связь между импульсивностью и уменьшением объема головного мозга. Результаты поиска продемонстрировали наличие потенциальной связи чрезмерно частого использования смартфонов с уменьшением объема мозга и изменением его активации [26].

В нашей работе у большинства подростков во всех группах сравнения регистрировался средний (третий) уровень активации ЦНС. Имеющиеся различия между результатами, вероятно, связаны с тем, что в наше исследование включены подростки с общей, генерализованной интернет-зависимостью, без выделения такой специфической формы ППИ, как проблемное использование компьютерных видеоигр, тогда как упомянутые выше авторы сделали акцент в своем исследовании именно на игровой интернет-зависимости.

Блокирующий контроль и обнаружение ошибок являются одними из наиболее развитых функций самоконтроля человека. Снижение концентрации внимания у подростков с интернет-зависимым поведением подтверждается и в других нейropsychологических исследованиях [20].

Уровень бысродействия, оцениваемый по среднему времени ответной реакции, показывает подвижность нервных процессов и быстроту реагирования, очень важные для выполнения работы в условиях, требующих экстренного переключения действий и быстрой поочередной смены возбудительного и тормозного процессов [20]. Согласно обзору В.Л. Ефимовой и О.А. Дружинина (2023), посвященному англоязычным исследованиям результативности тестов на время моторной реакции на зрительные и слуховые стимулы, время реакции является показателем скорости и эффективности психических процессов. Высокая подвижность нервных процессов способствует оптимальному течению адаптационных процессов, большей устойчивости к воздействию стрессорных факторов [20, 27].

По нашим данным, во всех сравниваемых группах преобладал средний уровень бысродействия, у подростков с ППИ чаще, чем в других группах, регистрировался низкий уровень бысродействия. И хотя установленные нами внутригрупповые различия не были статистически значимыми, полученные данные указывают на преобладание у подростков с ППИ процессов торможения в ЦНС, что замедляет реагирование на стимулирующие воздействия.

Сенсомоторные тесты используются также при изучении когнитивной гибкости. В исследовании Ё. Dumont и соавт. (2022) показано, что комбинация точности и скорости реакции в сенсомоторных тестах у школьников статистически значимо связана с высокой успеваемостью. Точность и время реакции становятся более эффективными с возрастом, обеспечивая когнитивную гибкость [28].

В работе J.N. Epstein и соавт. (2022) время простой сенсомоторной реакции определяли у 8916 детей 9–10 лет. Реакции у мальчиков оказались быстрее и стабильнее, чем у девочек [29]. Д. Демин и Л. Поскотинова (2022), обследо-

вавших 100 здоровых подростков 16–17 лет с минимальным риском интернет-аддикции (ИА) (I группа, 35%), выраженным риском ИА (II группа, 51%) и стабильным характером ИА (III группа, 14%), по данным электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и вариабельности сердечного ритма, установили наибольшее увеличение мощности β 1-активности ЭЭГ в лобных, центральных и височных отделах мозга в I и II группах. У подростков с выраженным риском ИА вариабельность сердечного ритма сопровождается выраженной активацией систем головного мозга, тогда как у лиц со стабильным типом ИА проявляется наименьшая реактивность мозга, особенно в β 1-диапазоне ЭЭГ [30].

Выявлена связь между увеличением частоты просмотров экранных медиа и снижением микроструктурной целостности участков белого вещества мозга, связанных с речью и навыками грамотности. Чрезмерно частое использование экранных медиа уменьшает толщину кортикального слоя и тем самым преждевременно старит мозг [31, 32]. Известно, что проекции дофамина из вентральной покрышки (VTA) в прилежащее ядро (NAc) и из черной субстанции (SN) в дорсальное полосатое тело участвуют в аддикции. Однако относительно мало известно о влиянии этих цепей на расстройство, связанное с интернет-играми (IGD). В исследовании Р. Ван и соавт. (2019) предоставлены доказательства того, что функциональная и структурная связь пути VTA — NAc, а также функциональная связь пути VTA — mOFC участвуют в IGD. Эти результаты подтверждают, что IGD имеет сходство с другими зависимостями [33].

Показана связь между межличностными различиями во времени реакции (BP) и избирательными микроструктурными свойствами трактов белого вещества [34]. В настоящее время создан ряд компьютерных программ и онлайн-платформ, позволяющих оценивать BP. Как правило, тест на BP проводится путем представления испытуемому визуального стимула на мониторе компьютера и побуждения отреагировать на стимул (с помощью клавиатуры или компьютерной мыши) как можно быстрее. BP рассчитывается как интервал между предъявлением стимула и временем, записанным в результате механической реакции [27].

Как показали исследования, электромагнитное излучение мобильного телефона может оказать влияние на психофизиологические показатели, в частности сенсомоторные реакции, характеризующие функционирование слухового анализатора. В первую очередь это относится к параметрам простой слухомоторной реакции [35] и воспроизведения заданных ритмов. Однако нам удалось найти лишь единичные исследования взаимосвязи параметров сенсомоторных реакций (в том числе простой слухомоторной реакции) с особенностями сетевого поведения и использованием электронных гаджетов.

В обзоре W.R. Zhou и соавт. (2022) обобщены данные исследований, посвященных нейробиологическим коррелятам IGD, что в настоящее время является наиболее прямым подходом к анализу влияния цифровых технологий и Интернета на механизмы мозга. В своей работе авторы указывают, что исследования с визуализацией мозга у лиц с IGD в значительной степени подтверждают наличие нейробиологических изменений, характерных для других видов зависимостей, таких как активация областей мозга, связанных с вознаграждением; снижение активности в областях контроля импульсов и нарушение процесса принятия решений; ухудшение функциональных связей в сетях мозга, участвующих в когнитивном контроле, исполнительной функции, мотивации и вознаграждении. Кроме того, происходят

структурные изменения, преимущественно в виде уменьшения объема серого вещества и плотности белого вещества.

Авторы описывают результаты исследований, свидетельствующих о последствиях чрезмерного использования электронных гаджетов (в данном случае речь идет об игре в компьютерные игры), активизирующих многие области мозга, связанные с когнитивными, моторными и сенсорными функциями и не участвующие непосредственно в других формах зависимости [36].

В нашей работе у большинства участников имел место средний (третий) уровень стабильности реакции. Но следует заметить, что в группе с интернет-зависимым поведением чаще отмечался низкий (первый) уровень стабильности реакции, что указывает на меньшую уравновешенность нервных процессов у таких подростков.

Возможности профилактики и коррекции интернет-зависимости

Поскольку влияние на ЦНС, связанное с ППИ, может привести к развитию психосоматических заболеваний, необходим комплекс поведенческих и психотерапевтических методов, направленных на нормализацию биологических ритмов, физической активности, питания. Прежде всего подросткам нужны нормализация сна (минимум 7 ч), соблюдение правил гигиены сна, регулярные занятия физическими упражнениями, употребление здоровой пищи с целью обеспечения должного поступления витаминов и микроэлементов, ограничение потребления полуфабрикатов, фастфуда, которые содержат глутамат и аспарат [37].

Так как у подростков с ППИ выявлено снижение умственной работоспособности и когнитивной деятельности, концентрации и устойчивости внимания, им требуется медикаментозная коррекция с применением ноотропных препаратов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У большинства обследованных нами подростков, независимо от особенностей их онлайн-поведения, функциональное состояние ЦНС оказалось удовлетворительным. Тем не менее среди подростков с ППИ (интернет-зависимостью) выявлена тенденция к ухудшению отдельных показателей сенсомоторного теста в сравнении с аналогичными показателями их сверстников с АПИ и НПИ, что проявляется снижением концентрации и устойчивости внимания (по уровню безошибочности и стабильности) и замедлением реакций (по уровню быстроедействия).

Выявленные в настоящей работе особенности показателей ПЗМР у подростков с различными видами онлайн-поведения, вероятно, могут быть объяснены результатами исследования А. Weinstein и М. Lejoyeux [31], демонстрирующими наличие морфологических изменений в областях мозга, отвечающих за внимание, память, обработку слуховых, зрительных, сенсомоторных стимулов и сенсорно-моторную координацию, у подростков с игровой интернет-зависимостью, являющейся одной из специфических форм ППИ [29, 31].

В то же время важно подчеркнуть, что для корректного сопоставления результатов исследований различных авторов необходимы унифицированные подходы к организации и проведению таких исследований с использованием одинаковых морфофункциональных методов и методик в группах, сопоставимых по возрасту и полу, и с учетом этнической принадлежности.

Результаты нашей работы подтверждают актуальность проблемы ППИ и его влияния на здоровье в исследуемом онтогенетическом периоде, свидетельствуют о важности ее дальнейшего изучения для оптимизации профилактических и коррекционных мероприятий среди популяции подростков — пользователей Интернета.

Вклад авторов / Contributions

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого из авторов: Эверт Л.С. — написание текста рукописи, редактирование статьи, утверждение рукописи для публикации; Потупчик Т.В. — обзор публикаций по теме статьи, проверка критически важного содержания; Костюченко Ю.Р. — сбор и обработка материала; Чудинова О.В. — сбор и обработка материала, редактирование статьи.

All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication. Special contribution: Evert, L.S. — writing the text of the manuscript, editing the article, approving the manuscript for publication; Potupchik, T.V. — review of publications on the topic of the article, checking critical content; Kostyuchenko, Yu.R. — collection and processing of material; Chudinova, O.V. — collection and processing of material, editing the article.

Конфликт интересов / Disclosure

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.
The authors declare no conflict of interest.

Этическое утверждение и информированное согласие / Ethics approval and consent for publication

Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук». Информированное согласие дали все участники, включенные в исследование: получено согласие самих подростков 15–17 лет и родителей/опекунов подростков 12–14 лет, возможность исследования была согласована с администрацией учебных заведений.

The study was approved by the committee of biomedical ethic of the Federal Research Centre “Krasnoyarsk Science Centre” of the Siberian Branch of Russian Academy of Science. Informed voluntary consent to participate in the study was obtained from each adolescent. Informed consent was given by all participants included in the study: the consent of adolescents aged 15–17 years and parents/guardians of adolescents aged 12–14 years was obtained, the possibility of the study was agreed upon with the administration of educational institutions.

Об авторах / About the authors

Потупчик Татьяна Витальевна / Potupchik, T.V. — к. м. н., доцент кафедры фармакологии и клинической фармакологии с курсом ПО ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. 660022, Россия, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1. eLIBRARY.RU SPIN: 8353-3513. <https://orcid.org/0000-0003-1133-4447>. E-mail: potupchik_tatyana@mail.ru

Эверт Лидия Семёновна / Evert, L.S. — д. м. н., главный научный сотрудник клинического отделения соматического и психического здоровья детей НИИ медицинских проблем Севера — обособленного подразделения ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН; профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин Медицинского института ФГБОУ ВО «ХГУ им. Н.Ф. Катанова». 655017, Россия, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92, стр. 1. eLIBRARY.RU SPIN: 4099-8973. <https://orcid.org/0000-0003-0665-7428>. E-mail: lidia_evert@mail.ru

Костюченко Юлия Ринатовна / Kostyuchenko, Yu.R. — младший научный сотрудник клинического отделения соматического и психического здоровья детей НИИ медицинских проблем Севера — обособленного подразделения ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН. 660022, Россия, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 3г. eLIBRARY.RU SPIN: 7480-2064. <https://orcid.org/0000-0001-6233-6472>. E-mail: axmeldinova@mail.ru

Чудинова Ольга Владимировна / Chudinova, O.V. — к. б. н., доцент, заведующая кафедрой общепрофессиональных дисциплин Медицинского института ФГБОУ ВО «ХГУ им. Н.Ф. Катанова». 655017, Россия, г. Абакан, пр-т Ленина, д. 90. eLIBRARY.RU SPIN: 3600-8445. <https://orcid.org/0000-0003-2659-1593>. E-mail: chudinova_olga@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Эверт Л.С., Потупчик Т.В., Шибанова Н.С., Бахшиева С.А. и др. Ассоциации психосоматических расстройств с различными видами онлайн-поведения у подростков центральной Сибири (на примере г. Красноярск). В кн.: Ходакова Н.П., ред. Вопросы современной науки: коллективная научная монография. М.: Интернаука; 2019: 46. Evert L.S., Potupchik T.V., Shibanova N.S., Bakhshieva S.A. et al. Associations of psychosomatic disorders with various types of online behavior in adolescents in Central Siberia (on the example of Krasnoyarsk). In: Khodakov N.P., ed. Questions of modern science: collection scientific monography. M.: Internauka; 2019: 46. (in Russian)
2. Yoo J.H., Chun J.W., Choi M.R., Cho H. et al. Caudate nucleus volume mediates the link between glutamatergic neurotransmission and problematic smartphone use in youth. *J. Behav. Addict.* 2021;10(2):338–46. DOI: 10.1556/2006.2021.00024
3. Cho I.H., Yoo J.H., Chun J.W., Cho H. et al. Reduced volume of a brainstem substructure in adolescents with problematic smartphone use. *Soa Chongsongyon Chongsin Uihak.* 2021;32(4): 137–43. DOI: 10.5765/jkacap.210007
4. Ko M., Chi S.H., Lee J.H., Suh S.I. et al. Altered functional connectivity of the nucleus accumbens and amygdala in cyber addiction: a resting state functional magnetic resonance imaging study. *Clin. Psychopharmacol. Neurosci.* 2023;21(2):304–12. DOI: 10.9758/cpn.2023.21.2.304
5. Marciano L., Camerini A.L., Morese R. The developing brain in the digital era: a scoping review of structural and functional correlates of screen time in adolescence. *Front. Psychol.* 2021;12:671817. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.671817
6. Qin K., Zhang F., Chen T., Li L. et al. Shared gray matter alterations in individuals with diverse behavioral addictions: a voxel-wise meta-analysis. *J. Behav. Addict.* 2020;9(1):44–57. DOI: 10.1556/2006.2020.00006
7. Lin H.M., Chang Y.T., Chen M.H., Liu S.T. et al. Structural and functional neural correlates in individuals with excessive smartphone use: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19(23):16277. DOI: 10.3390/ijerph192316277
8. Schettler L., Thomasius R., Paschke K. Neural correlates of problematic gaming in adolescents: a systematic review of structural and functional magnetic resonance imaging studies. *Addict. Biol.* 2022;27(1):e13093. DOI: 10.1111/adb.13093
9. Hwang H., Hong J., Kim S.M., Han D.H. The correlation between family relationships and brain activity within the reward circuit in adolescents with Internet gaming disorder. *Sci. Rep.* 2020;10(1):9951. DOI: 10.1038/s41598-020-66535-3
10. Pyeon A., Choi J., Cho H., Kim J.Y. et al. Altered connectivity in the right inferior frontal gyrus associated with self-control in adolescents exhibiting problematic smartphone use: a fMRI study. *J. Behav. Addict.* 2021;10(4):1048–60. DOI: 10.1556/2006.2021.00085
11. Kwak K.H., Hwang H.C., Kim S.M., Han D.H. Comparison of behavioral changes and brain activity between adolescents with internet gaming disorder and student pro-gamers. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17(2):441. DOI: 10.3390/ijerph17020441
12. Farchakh Y., Haddad C., Sacre H., Obeid S. et al. Video gaming addiction and its association with memory, attention and learning skills in Lebanese children. *Child Adolesc. Psychiatry Ment. Health.* 2020;14(1):46. DOI: 10.1186/s13034-020-00353-3
13. Li Q., Wang Y., Yang Z., Dai W. et al. Dysfunctional cognitive control and reward processing in adolescents with Internet gaming disorder. *Psychophysiology.* 2020;57(2):e13469. DOI: 10.1111/psyp.13469
14. Семёнова Н.Б., Терещенко С.Ю., Эверт Л.С., Зайцева О.И. и др. Распространенность интернет-зависимости у подростков Центральной Сибири. *Здравоохранение Российской Федерации.* 2020;64(1):36–44. Semenova N.B., Tereshchenko S.Yu., Evert L.S., Zaitseva O.I. et al. Prevalence of Internet addiction among adolescents of Central Siberia. *Health Care of the Russian Federation.* 2020;64(1):36–44. (in Russian). DOI: 10.18821/0044-197X-2020-64-1-36-44
15. Шутова С.В., Муравьева И.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС. *Вестник Тамбовского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки.* 2013;18(5–3):2831–40. Shutova S.V., Muravyeva I.V. Sensorimotor reactions as characteristics of functional state of CNS. *Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences.* 2013;18(5):2831–40. (in Russian)
16. Нехорошкова А.Н., Грибанова А.В., Депутат И.С. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (обзор). *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки.* 2015;1:38–48. Nekhoroshkova A.N., Gribanova A.V., Deputat I.S. Sensorimotor reactions in psychophysiological studies (review). *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and Biological Sciences.* 2015;1:38–48. (in Russian)
17. Durkee T., Carli V., Floderus B., Wasserman C. et al. Pathological Internet use and risk-behaviours among European adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2016;13(3):294. DOI: 10.3390/ijerph13030294
18. Малыгин В.Л., Феклисов К.А. Интернет-зависимое поведение. Критерии и методы диагностики: учебное пособие. М.; 2011. 33 с. Malygin V.L., Feklisov K.A. Internet-dependent behavior. *Diagnostic criteria and methods: textbook.* M.; 2011. 33 p. (in Russian)
19. Chen S.-H., Weng L.-J., Su Y.-J., Wu H.-M. et al. Development of a Chinese Internet Addiction Scale and its psychometric study. *Chinese J. Psychology.* 2003;45(3):279–94. DOI: 10.1037/t44491-000
20. Николаева Е.Н., Гуляева Н.А., Колосова О.Н. Оценка функционального состояния ЦНС по параметрам зрительно-моторной реакции у подростков. *Здоровье и образование в XXI веке.* 2018;20(9):32–6. Nikolaeva E.N., Gulyaeva N.A., Kolosova O.N. Evaluation of the functional state of the central nervous system on parameters of visual-motor reactions in adolescents. *Journal of Scientific Articles Health and Education Millennium.* 2018;20(9):32–6. (in Russian)
21. Keya D., Shen Y., Liu Q., Li H. The effects of digital addiction on brain function and structure of children and adolescents: a scoping review. *Healthcare.* 2024;12(1):15. DOI: 10.3390/healthcare12010015
22. Гришкевич Н.Ю., Эверт Л.С., Бахшиева С.А., Костюченко Ю.Р. Коморбидные ассоциации рецидивирующих цефалгий у подростков сельского населения Хакасии. *Сибирское медицинское обозрение.* 2023;3:51–9. Grishkevich N.Yu., Evert L.S., Bakhshieva S.A., Kostyuchenko Yu.R. Comorbid associations of recurrent cephalgias in rural adolescents of Khakassia. *Siberian Medical Review.* 2023;3:51–9. (in Russian). DOI: 10.20333/25000136-2023-3-51-59
23. Mavrenkova P., Pankova N., Lebedeva M., Karganov M. Features of psychomotor coordination in adolescents with neuropsychiatric pathology enrolled in a standard educational program. *Brain Sci.* 2022;12(2):245. DOI: 10.3390/brainsci12020245.6
24. Liu J., Li W., Zhou S., Zhang L. et al. Functional characteristics of the brain in college students with Internet gaming disorder. *Brain Imag. Behav.* 2016;10(1):60–7. DOI: 10.1007/s11682-015-9364-x
25. Ma S.S., Worhunsky P.D., Xu J.S., Yip S.W. et al. Alterations in functional networks during cue-reactivity in Internet

- gaming disorder. *J. Behav. Addict.* 2019;8(2):277–87. DOI: 10.1556/2006.8.2019.25
26. Lin H.M., Chang Y.T., Chen M.H., Liu S.T. et al. Structural and functional neural correlates in individuals with excessive smartphone use: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19(23):16277. DOI: 10.3390/ijerph192316277
 27. Ефимова В.Л., Дружинин О.А. Время сенсомоторной реакции и когнитивные способности (обзор зарубежных исследований). *Комплексные исследования детства.* 2023;5(1):58–63. Efimova V.L., Druzhinin O.A. Sensorimotor reaction time and cognition: foreign literature review. *Comprehensive Child Studies.* 2023;5(1):58–63. (in Russian). DOI: 10.33910/2687-0223-2023-5-1-58-63
 28. Dumont É., Castellanos-Ryan N., Parent S., Jacques S. et al. Transactional longitudinal relations between accuracy and reaction time on a measure of cognitive flexibility at 5, 6, and 7 years of age. *Dev. Sci.* 2022;25(5):e13254. DOI: 10.1111/desc.13254
 29. Epstein J.N., Karalunas S.L., Tamm L., Dudley J.A. et al. Examining reaction time variability on the stop-signal task in the ABCD study. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 2022;29(5):492–502. DOI: 10.1017/S155617722000431
 30. Demin D., Poskotinova L. Neurophysiologic reactions during heart rate variability biofeedback session in adolescents with different risk of Internet addiction. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19(5):2759. DOI: 10.3390/ijerph19052759
 31. Weinstein A., Lejoyeux M. Neurobiological mechanisms underlying internet gaming disorder. *Dialog. Clin. Neurosci.* 2020;22(2):113–26. DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2/aweinstein
 32. Hutton J.S., Dudley J., Horowitz-Kraus T., DeWitt T. et al. Associations between screen-based media use and brain white matter integrity in preschool-aged children. *JAMA Pediatr.* 2020;174(1):e193869. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2019.3869
 33. Wang R., Li M., Zhao M., Yu D. et al. Internet gaming disorder: deficits in functional and structural connectivity in the ventral tegmental area-accumbens pathway. *Brain Imag. Behav.* 2019;13(4):1172–81. DOI: 10.1007/s11682-018-9929-6
 34. Lee J.H., Lee T.L., Kang N. Transcranial direct current stimulation decreased cognition-related reaction time in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Res. Revs.* 2021;70:101377. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101377
 35. Хорсева Н.И., Григорьев Ю.Г., Горбунова Н.В. Психофизиологические показатели детей-пользователей мобильной связью. Современное состояние проблемы. *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2011;51(5):611–16. Khorseva N.I., Grigoriev Yu.G., Gorbunova N.V. Psychophysiological indicators of children who use mobile communications. The current state of the problem. *Radiation Biology. Radioecology.* 2011;51(5):611–16. (in Russian)
 36. Zhou W.R., Wang Y.M., Wang M., Wang Z.L. et al. Connectome-based prediction of craving for gaming in internet gaming disorder. *Addict. Biol.* 2022;27(1):e13076. DOI: 10.1111/adb.13076
 37. Акарачкова Е.С., Байдаулетова А.И., Блинов Д.В., Бугорский Е.В. и др. Стресс у детей и подростков: причины и последствия, лечение и профилактика. Клиническое руководство. СПб. — М.; 2022. 90 с. Akarachkova E.S., Baydauletova A.I., Blinov D.V., Bugorsky E.V. et al. Stress in children and adolescents: causes and consequences, treatment and prevention. *Clinical guidance.* SPb. — M.; 2022. 90 p. (in Russian)
 38. Зыков В.П., Комарова И.Б. Возможность использования аминифенилмасляной кислоты в практике детского невролога. *Русский медицинский журнал.* 2013;24:1166–8. Zykov V.P., Komarova I.B. The possibility of using aminophenylbutyric acid in the practice of a pediatric neurologist. *Russian Medical Journal.* 2013;24:1166–8. (in Russian)
 39. Ковалёв Г.И., Фирстова Ю.Ю., Абаимов Д.А., Старикова Н.А. Качественные и количественные особенности взаимодействия Пантогама и Пантогама актив с рецепторами нейромедиаторов in vitro. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2012;112(3):39–43. Kovalyov G.I., Firstova Yu.Yu., Abaimov D.A., Starikova N.A. Pantogam and Pantogam active: qualitative and quantitative features of the interaction with neurotransmitter receptors in vitro. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2012;112(3):39–43. (in Russian) 

Поступила / Received: 29.04.2024

Принята к публикации / Accepted: 05.06.2024