

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco89348>

Взаимосвязь компонентов N2 и P300 слухового вызванного потенциала и уровня интернет-зависимости у подростков

Е.В. Кривоногова, О.В. Кривоногова, Л.В. Поскотинова

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова, Архангельск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. В связи с популяризацией цифровых технологий люди стали больше времени проводить в Интернете. Имеются неоднозначные данные о влиянии использования Интернета на внимание, когнитивный контроль и другие когнитивные функции.

Цель. Провести оценку компонентов слухового вызванного потенциала P300 и N2 у практически здоровых подростков в возрасте 16–17 лет с различным риском возникновения интернет-зависимого поведения и устойчивым паттерном интернет-зависимости (ИЗ).

Материал и методы. В исследовании участвовали подростки 16–17 лет ($n=55$) г. Симферополя. Уровень ИЗ оценивали по шкале Чена в адаптации В.Л. Малыгина, К.А. Феклисова. Регистрацию компонентов P300 и N2 проводили на электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия), использовали парадигму oddball.

Результаты. У юношей не выявлено различий латентных периодов N2 и P300 между группами. У девушек со склонностью к возникновению ИЗ отмечалось удлинение латентного времени (ЛВ) N2 в лобных и центральных отделах головного мозга, что отражает более медленное первичное опознание и классификацию стимулов. У девушек с устойчивым паттерном ИЗ наблюдалось увеличение ЛВ N2 в центральных, лобном слева и средневисочном справа отделах головного мозга и удлинение ЛВ P300 в лобном, центральном и теменном справа отделах головного мозга по сравнению с девушками с минимальным риском ИЗ, что свидетельствует о необходимости большего времени для идентификации ими стимула и принятия решения.

Заключение. Увеличение ЛВ N2 наблюдалось уже у девушек со склонностью к возникновению ИЗ, что может быть использовано для прогноза развития и для профилактики ИЗ.

Ключевые слова: слуховые вызванные потенциалы; P300; N2; подростки; интернет-зависимость; шкала Чена.

Как цитировать:

Кривоногова Е.В., Кривоногова О.В., Поскотинова Л.В. Взаимосвязь компонентов N2 и P300 слухового вызванного потенциала и уровня интернет-зависимости у подростков // Экология человека. Т. 29, № 4. С. 253–262. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco89348>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco89348>

Features of components N2 and P300 of auditory evoked potential dependent on the level of internet addiction in adolescents

Elena V. Krivonogova, Olga V. Krivonogova, Lilia V. Poskotinova

N. Laverov federal center for integrated Arctic research, Arkhangelsk, Russian Federation

ABSTRACT

INTRODUCTION: Due to the popularization of digital technologies, people have begun to spend more time on the internet. Existing studies show mixed results about the impact of internet use on attention, cognitive control, and other cognitive functions.

AIM: To evaluate the components of the event-related potentials (ERPs) P300 and N2 in practically healthy adolescents aged 16–17 years with varying levels of internet addiction risk and a stable pattern of internet addiction (IA).

MATERIAL AND METHODS: The study involved healthy young people aged 16–17 years old who attended Simferopol city school. The Chen Internet addiction scale was used to assess the level of IA in the Russian version of V.L. Malygin and K.A. Feklisov. The registration of the ERPs P300 and N2 components was carried out with the use of an electroencephalograph “Neuron-Spectrum-4/VPM” (Neurosoft, Russia). An auditory oddball paradigm was used.

RESULTS: In young men, no differences in the N2 and P300 latency were observed across the groups. There was an elongation of the N2 latency in the frontal and central regions of the brain in girls with a proclivity for IA, indicating a slower primary identification and classification of stimuli. In girls with a stable pattern of IA, there was an increase in the N2 latency in the central, left frontal, and right medial temporal regions, as well as an increase in the P300 latency in the frontal, central, and parietal right parts of the brain, compared to girls with minimal risk of IA, indicating the need for more time to identify the stimulus and make a decision.

CONCLUSIONS: An increase in the N2 latency has already been reported in girls with a proclivity for IA, which can be used to predict the development of IA and for prevention.

Keywords: auditory event-related potentials; the internet addiction; adolescents; Chen Internet addiction scale.

To cite this article:

Krivonogova EV, Krivonogova OV, Poskotinova LV. Features of components N2 and P300 of auditory evoked potential dependent on the level of internet addiction in adolescents. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(4):253–262. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco89348>

Received: 27.11.2021

Accepted: 02.03.2022

Published: 29.06.2022

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в связи с популяризацией цифровых технологий люди стали больше времени проводить в Интернете. Наиболее распространёнными видами деятельности в Интернете у детей и подростков являются навигация по веб-сайтам, общение через чаты, электронную почту и обмен мгновенными сообщениями. Имеются неоднозначные данные о влиянии использования Интернета на внимание, когнитивный контроль и другие когнитивные функции [1–3]. С одной стороны, в литературе появляется всё больше свидетельств того, что широкое использование Интернета для поиска информации и многозадачность мультимедиа могут отрицательно сказаться на функционировании областей мозга, связанных с памятью и вниманием [4]. В то же время использование Интернета может способствовать когнитивной стимуляции у пожилых людей [2].

Влияние Интернета на развитие когнитивных функций у молодёжи в настоящее время изучено недостаточно, когнитивные последствия его использования более сложны и требуют анализа. Развивающийся мозг подростка наиболее уязвим к негативным воздействиям, особенно при формировании когнитивных функций, которые не являются полностью врождёнными и находятся под влиянием факторов окружающей среды [1]. Обследование людей с интернет-зависимостью (ИЗ) с помощью методов нейровизуализации показало значительные изменения структур мозга [5].

Метод слухового вызванного потенциала P300 широко применяется для исследования функций мозга. Считается, что вызванные потенциалы P300 являются индикатором электрических процессов его работы, связанных с механизмами восприятия, обработки информации, внимания, памяти [6]. Более короткая латентность и большая амплитуда P300 связаны с лучшей обработкой информации мозгом [7]. В исследовании [5] сообщалось об изменении компонента P300, в частности о снижении амплитуды P300 у людей с ИЗ, что свидетельствует о дисфункции в обработке информации мозгом и о когнитивных дисфункциях.

Большое внимание уделяют изучению когнитивных функций у людей с уже сформировавшейся ИЗ, а исследований лиц с разным риском формирования интернет-зависимого поведения практически не встречается. Изучение особенностей обработки информации, связанных с когнитивными функциями, у людей с разным риском развития интернет-зависимого поведения важно для прогнозирования его развития и профилактики.

Цель исследования. Выявить особенности компонентов N2 и P300 слухового вызванного потенциала у подростков с разным риском развития интернет-зависимого поведения и с интернет-зависимостью.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Участниками исследования стали 55 подростков в возрасте 16–17 лет (38 девушек, 17 юношей) г. Симферополя (Республика Крым). Исследование проводилось в соответствии с положениями Хельсинкской декларации и одобрено этическим комитетом Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения РАН (протокол № 3 от 12.02.2020 г.). Все участники были практически здоровыми, масса тела — в пределах нормы (индекс массы тела — от 18,5 кг/м² до 24,9 кг/м²), нарушений сна не наблюдалось. Уровень интернет-зависимого поведения определяли с помощью Шкалы интернет-зависимости Чена в адаптации В.Л. Малыгина, К.А. Феклисова, которая включает в себя 5 оценочных шкал: компульсивных симптомов (Com); симптомов отмены (Wit); толерантности (Tol); внутриличностных проблем и проблем, связанных со здоровьем (IH); шкалу управления временем (Tm). Шкала Чена предлагает 26 ситуаций, связанных с Интернетом, и на каждую ситуацию даны 4 варианта ответа, из которых надо выбрать наиболее точно отражающий характер пребывания в Интернете: от наименее (1 балл) до наиболее подходящего (от 1 до 4 баллов). Обследуемые, набравшие по шкале Чена 65 и выше баллов, считались имеющими выраженный и устойчивый паттерн интернет-зависимого поведения, от 43 до 64 баллов — склонность к возникновению интернет-зависимого поведения, а 42 и менее баллов указывали на минимальный риск возникновения интернет-зависимого поведения [8].

Оценку компонентов слухового вызванного потенциала P300 проводили на электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия) в положении сидя с закрытыми глазами. Частота квантования сигнала ЭЭГ составляла 500 Гц, в полосе регистрации 0,5–35,0 Гц. Сопротивление электродов не превышало 10 кОм. Методика P300 основывается на подаче в случайной последовательности через наушники серии двух слуховых стимулов, среди которых есть частые (незначимые) и редкие (значимые). При появлении значимого стимула испытуемому необходимо было нажать на кнопку. Условия стимуляции: бинауральная, длительность стимула — 50 мс, интенсивность — 80 дБ, период между стимулами — 1 с, частота тона — 2000 Гц (значимый стимул) и 1000 Гц (незначимый стимул). Вероятность предъявления значимого стимула — 20–30% общего количества стимулов [7]. Число усреднений составляло от 15 до 25 для значимых стимулов. Удаление артефактов проводили на основе визуального анализа записи, а также исключали из усреднения при регистрации вызванных потенциалов сигналы, превышающие амплитуду 100 мкВ. Оценивали амплитудно-временные параметры ответа на значимые стимулы: амплитуду от пика до пика N2–P300 и латентное время (ЛВ) N2 и P300. Вызванный

потенциал P300 оценивали по 16 каналам ЭЭГ (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6). Вследствие выраженности слухового вызванного потенциала P300 в лобно-центрально-теменной и височной областях мозга [7] проводили анализ компонента P300 в лобных (F3, F4), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4) и височных (F7, F8, T3, T4) его отделах. Нормативные значения показателей P300 брали из исследований В.В. Гнездицкого [7] (латентный период P300 — до 340 мс, амплитуда N2-P300 — выше 5 мкВ). Продолжительность обследования каждого участника составила 30–40 мин.

Статистическую обработку проводили с помощью программы Statistica 13.0 (StatSoft, США). Проверку полученных данных на нормальность распределения выполняли с использованием критерия Шапиро–Уилка. Количественные показатели описаны медианой (Me) и 25-, 75-м процентилями [25; 75] при распределении данных в выборке, отличном от нормального. Сравнение количественных переменных между несколькими независимыми группами проводили с помощью критерия Краскела–Уоллиса, далее для уточнения, между какими группами существовали различия, использовали попарное сравнение с помощью U-критерия Манна–Уитни с поправкой критерия значимости на множественные сравнения. Для трёх групп критический уровень статистической значимости составил $p < 0,017$. Корреляционный анализ выполнен с использованием критерия Спирмена (r_s). Уровни статистической значимости принимали при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что подростков с минимальным риском ИЗ по шкале Чена было 22 человека (9 юношей и 13 девушек), со склонностью к возникновению ИЗ — 25 человек (8 юношей, 17 девушек) и с ИЗ — 8 человек (8 девушек). По возрасту группы не различались, между ними установлены статистически значимые различия по оценочным шкалам шкалы Чена (табл. 1).

Амплитуда P300 не различалась у девушек и юношей в зависимости от риска возникновения ИЗ и устойчивого паттерна ИЗ и составила от 5,1 до 25,7 мкВ (табл. 2).

Латентное время N2 у юношей в зависимости от риска возникновения ИЗ не различалось (табл. 3). У девушек выявлено более длительное ЛВ N2 в группе со склонностью к возникновению ИЗ в центральном (C4 ($p=0,002$), C3 ($p=0,004$)), лобном (F4 ($p=0,006$), F3 ($p=0,003$)) отделах головного мозга по сравнению с группой с минимальным риском ИЗ. Различий между группами девушек со склонностью к ИЗ и устойчивым паттерном ИЗ по ЛВ N2 не выявлено. У девушек с устойчивым паттерном ИЗ отмечалось более длительное ЛВ N2 в C4 ($p=0,016$), C3 ($p=0,014$), F3 ($p=0,015$), T4 ($p=0,004$) отделах мозга по сравнению с минимальным риском ИЗ.

У юношей ЛВ P300 не различалось между группами в зависимости от риска возникновения ИЗ (табл. 4). У девушек со склонностью к возникновению ИЗ ЛВ P300 не различалось по сравнению с девушками с минимальным риском ИЗ. У девушек с устойчивым паттерном ИЗ отмечалось более длительное ЛВ P300 справа в теменной (P4, $p=0,009$), центральной (C4, $p=0,003$) и лобной (F4, $p=0,006$) областях мозга по сравнению с девушками с минимальным риском ИЗ, но во всех группах значение ЛВ P300 не выходило за пределы нормы.

На рис. 1 представлен пример слуховых потенциалов, связанных с событиями P300, зарегистрированных в центральной области мозга у молодых людей в зависимости от уровня ИЗ.

В результате корреляционного анализа между оценочными шкалами шкалы Чена с ЛВ N2 и ЛВ P300 выявлены положительные корреляционные связи между оценочными шкалами компульсивных симптомов (Com), управления временем (Tm) и латентностью N2 и P300 у девушек.

Оценочная шкала компульсивных симптомов коррелировала с латентностью N2 в теменном отделе слева (P3; $r=0,39$; $p=0,016$), в центральных (C4; $r=0,37$; $p=0,022$

Таблица 1. Выраженность симптомов в зависимости от уровня интернет-зависимого поведения по шкале Чена, Me [25; 75]

Table 1. Subscale of the Chen Internet addiction scale scores with various IA risks, Me [25; 75]

Параметр Parameter	Минимальный риск ИЗ Minimal risk IA	Со склонностью к ИЗ Moderate risk of developing IA	ИЗ Stable pattern IA	p , тест Краскела–Уоллиса Kruskal–Wallis H test
Com	6,0 [6,0; 8,0]	11,0 [9,0; 12,0]*	14,5 [13,5; 16,0]*	0,0001
Wit	7,0 [6,0; 8,0]	10,0 [9,0; 12,0]*	13,5 [13,0; 15,0]*	0,0001
Tol	6 [8; 7]	9 [8; 11]*	12 [11; 13]*	0,0001
ИИ	8 [7; 9]	11 [10; 13]*	16 [15; 17]*	0,0001
Tm	6,0 [5,0; 7,0]	9,0 [8,0; 10,0]*	12,5 [10,5; 13,0]*	0,0001
Шкала Чена Chen scale	34,0 [31,0; 39,0]	50,0 [48,0; 56,0]*	68,0 [66,5; 70,5]*	0,0001

* $p < 0,001$ в сравнении с группой с минимальным риском ИЗ (критерий Манна–Уитни).

The statistically significant difference between the group with minimal risk and the groups with a moderate risk of developing IA and a stable pattern IA: $p < 0,001$, Mann–Whitney U-test.

и С3; $r=0,37$; $p=0,023$), лобных (F4; $r=0,37$; $p=0,022$ и F3; $r=0,52$; $p=0,001$), передневисочных (F8; $r=0,41$; $p=0,011$ и F7; $r=0,38$; $p=0,018$) и в средневисочном справа (Т4; $r=0,38$; $p=0,019$) отделах головного мозга и с латентностью Р300 в теменных (Р4; $r=0,37$; $p=0,023$ и Р3; $r=0,43$;

$p=0,007$), центральных (С4; $r=0,40$; $p=0,013$ и С3; $r=0,33$; $p=0,041$) и в лобном справа (F4; $r=0,33$; $p=0,039$) отделах мозга.

Оценочная шкала управления временем (Тm) положительно коррелировала с латентностью N2 в теменном

Таблица 2. Амплитуда Р300 у подростков в зависимости от риска возникновения интернет-зависимого поведения и устойчивого паттерна интернет-зависимости, мкВ, Ме [25; 75]

Table 2. Amplitude P300 (mkV) in adolescents, depending on the risk of internet addiction behavior and a stable pattern of internet addiction, Me [25; 75]

Каналы ЭЭГ EEG channels	Минимальный риск ИЗ Minimal risk IA		Со склонностью к ИЗ Moderate risk of developing IA		ИЗ Stable pattern IA
	♂, n=9	♀, n=13	♂, n=8	♀, n=17	♀, n=8
P4	10,6 [7,8; 11,8]	14,8 [10,5; 17,9]	10,6 [9,3; 12,1]	11,1 [8,1; 17,5]	13,1 [6,2; 14,7]
P3	11,9 [8,5; 14,4]	18,1 [11,9; 19,8]	10,9 [9,8; 15,9]	13,7 [10,9; 16,1]	12,2 [8,7; 17,2]
C4	14,7 [11,8; 16,7]	18,8 [11,7; 20,9]	17,9 [12,6; 19,6]	16,3 [10,1; 20,7]	14,1 [9,9; 19,5]
C3	14,8 [13,5; 19,9]	17,1 [13,1; 21,9]	18,2 [13,5; 23,4]	16,2 [10,8; 20,7]	12,9 [8,5; 20,3]
F4	18,4 [13,3; 21,8]	16,7 [14,2; 24,1]	15,1 [13,5; 21,9]	13,9 [9,4; 16,9]	18,4 [8,6; 25,7]
F3	16,9 [13,1; 20,3]	17,6 [14,6; 22,5]	17,1 [12,9; 19,2]	12,5 [8,2; 20,4]	17,6 [10,9; 19,6]
T4	11,6 [10,1; 14,3]	14,2 [11,1; 17,5]	13,9 [10,6; 17,1]	11,3 [9,3; 14,4]	12,3 [6,8; 16,3]
T3	11,1 [9,8; 13,5]	12,5 [9,1; 16,1]	13,2 [10,8; 17,9]	10,1 [5,6; 12,5]	10,7 [9,6; 15,6]
F8	13,6 [7,6; 18,3]	10,6 [9,3; 13,5]	10,4 [9,1; 14,6]	9,8 [7,1; 17,9]	14,7 [5,5; 18,9]
F7	9,6 [5,1; 12,4]	9,2 [6,1; 13,1]	9,1 [8,9; 9,9]	9,3 [5,1; 12,5]	12,5 [7,3; 22,8]

Примечание: ♂ — юноши, ♀ — девушки.

Note: ♂ — boys, ♀ — girls.

Таблица 3. Латентное время N2 у подростков в зависимости от риска возникновения интернет-зависимого поведения и устойчивого паттерна интернет-зависимости, мс, Ме [25; 75]

Table 3. N2 latency (ms) in adolescents depending on the risk of internet addiction behavior and a stable pattern of internet addiction, Me [25; 75]

Каналы ЭЭГ EEG channels	Минимальный риск ИЗ Minimal risk IA		Со склонностью к ИЗ Moderate risk of developing IA		ИЗ Stable pattern IA
	♂, n=9	♀, n=13	♂, n=8	♀, n=17	♀, n=8
P4	201,0 [190,0; 206,0]	188,5 [176,5; 201,5]	197,0 [186,0; 218,0]	202,0 [196,0; 213,0]	191,5 [181,5; 202,0]
P3	201,0 [192,2; 209,5]	188,0 [167,5; 196,5]	191,0 [180,0; 216,0]	197,0 [191,0; 212,0]	197,5 [170,0; 213,0]
C4	201,5 [194,5; 216,5]	188,0 [183,0; 203,5]	206,0 [185,5; 219,0]	208,0 [198,0; 216,0]**	206,0 [199,0; 221,0]*
C3	204,5 [184,0; 219,7]	192,0 [184,0; 198,0]	203,5 [190,0; 218,0]	202,0 [195,5; 210,0]**	207,5 [197,5; 218,0]*
F4	202,0 [197,0; 222,0]	196,0 [188,0; 206,0]	197,8 [195,0; 217,5]	207,5 [200,0; 218,0]**	203,3 [197,0; 220,5]
F3	206,0 [202,0; 216,0]	192,5 [189,0; 204,5]	198,8 [195,0; 216,0]	211,0 [198,0; 220,0]**	210,5 [210,0; 211,0]*
T4	200,5 [191,5; 207,0]	191,5 [185,5; 207,0]	200,0 [170,0; 213,0]	206,0 [184,0; 218,0]	210,7 [202,0; 219,0]**
T3	197,0 [179,5; 212,0]	194,0 [178,0; 207,5]	198,8 [175,0; 221,0]	220,0 [189,0; 228,0]	207,5 [198,0; 208,0]
F8	208,3 [196,3; 222,8]	195,5 [178,0; 203,0]	212,5 [170,0; 218,0]	208,0 [197,0; 223,0]	221,0 [213,0; 224,0]
F7	211,3 [207,8; 221,3]	196,5 [173,0; 207,5]	212,0 [191,0; 215,0]	206,0 [170,0; 214,0]	216,5 [197,0; 234,0]

* $p < 0,017$, ** $p < 0,01$ в сравнении с группой с минимальным риском ИЗ (критерий Манна–Уитни); ♂ — юноши, ♀ — девушки. The statistically significant difference between the group with minimal risk from and the groups with a moderate risk of developing IA and a stable pattern IA: * $p < 0,017$, ** $p < 0,01$, Mann–Whitney U-test; ♂ — boys, ♀ — girls.

Таблица 4. Латентное время P300 у подростков в зависимости от риска возникновения интернет-зависимого поведения и устойчивого паттерна интернет-зависимости, мс, Me [25; 75]

Table 4. P300 latency (ms) in adolescents depending on the risk of internet addiction behavior and a stable pattern of internet addiction, Me [25; 75]

Каналы ЭЭГ EEG channels	Минимальный риск ИЗ Minimal risk IA		Со склонностью к ИЗ Moderate risk of developing IA		ИЗ Stable pattern IA
	♂, n=9	♀, n=13	♂, n=8	♀, n=17	♀, n=8
P4	287,0 [284,0; 298,0]	279,0 [263,0; 292,0]	297,0 [290,0; 324,0]	284,0 [264,0; 298,0]	303,0 [292,0; 324,0]*
P3	290,0 [282,0; 303,0]	278,0 [270,0; 289,5]	296,0 [287,0; 318,0]	290,0 [278,0; 303,0]	303,0 [286,0; 326,0]
C4	296,0 [292,0; 308,0]	292,0 [279,0; 298,0]	299,7 [285,0; 326,5]	288,0 [282,0; 308,0]	303,0 [303,0; 318,0]*
C3	303,0 [302,0; 308,0]	282,0 [273,5; 299,0]	300,0 [286,0; 325,0]	282,0 [271,0; 310,0]	300,5 [284,0; 340,0]
F4	308,0 [298,0; 314,0]	298,0 [293,0; 306,0]	299,5 [286,5; 323,0]	300,0 [286,0; 322,0]	315,0 [308,0; 319,0]*
F3	308,0 [298,0; 319,0]	302,5,0 [298,0; 305,0]	300,0 [291,0; 322,0]	298,0 [292,0; 319,0]	311,5 [306,0; 329,0]
T4	300,0 [292,0; 308,0]	296,0 [284,0; 306,0]	305,0 [288,0; 329,0]	300,0 [282,0; 324,0]	313,5 [308,0; 324,0]
T3	300,0 [292,0; 313,0]	306,0 [289,5; 308,0]	309,0 [294,0; 319,0]	313,0 [286,0; 327,0]	329,0 [298,0; 335,0]
F8	300,0 [290,0; 319,0]	311,0 [294,0; 319,0]	292,0 [286,0; 312,0]	298,0 [290,0; 324,0]	320,0 [312,0; 340,0]
F7	302,0 [294,0; 327,0]	303,5 [292,5; 327,0]	297,0 [284,0; 326,0]	303,0 [287,0; 314,0]	328,5 [319,0; 377,0]

* $p < 0,01$ в сравнении с группой с минимальным риском ИЗ (критерий Манна–Уитни); ♂ — юноши, ♀ — девушки.

The statistically significant difference between the group with minimal risk and the groups with a moderate risk of developing IA and a stable pattern IA: * $p < 0,01$, Mann–Whitney U-test; ♂ — boys, ♀ — girls.

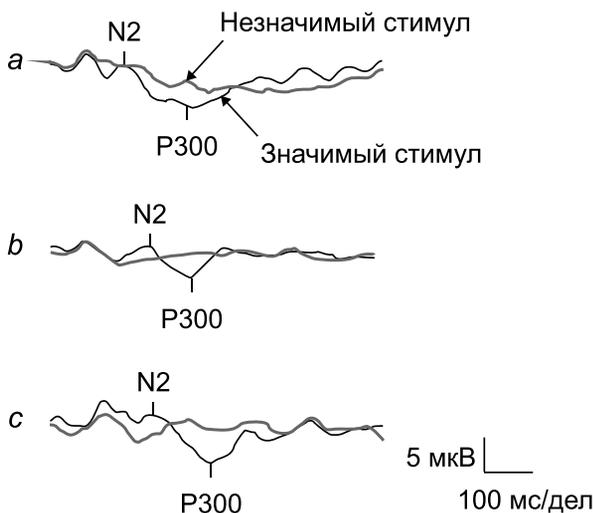


Рис. 1. Пример слуховых потенциалов, связанных с событиями P300, зарегистрированных в центральной области мозга:

a — испытуемая А. из группы с минимальным риском ИЗ (ЛВ N2=184 мс, ЛВ P300=284 мс, амплитуда — 11 мкВ); *b* — испытуемая В. из группы со склонностью к ИЗ (ЛВ N2=205 мс, ЛВ P300=297 мс, амплитуда — 10 мкВ); *c* — испытуемая М. из группы с интернет-зависимостью (ЛВ N2=210 мс, ЛВ P300=315 мс, амплитуда — 12 мкВ).

Fig. 1. An example of the ERP P300 in the central region of the brain:

a — subject A. from the group with minimal risk to IA (N2 latency=184 ms, P300 latency=284 ms, amplitude — 11 mkV); *b* — subject B. from the group with moderate risk of developing IA (N2 latency=205 ms, LV P300 latency=297 ms, amplitude — 10 mkV); *c* — the subject M. from the group with Internet addiction (N2 latency=210 ms, P300 latency=315 ms, amplitude — 12 mkV).

отделе слева (P3; $r=0,36$; $p=0,027$), в центральном справа (C4; $r=0,33$; $p=0,039$), передневисочном справа (F8; $r=0,35$; $p=0,029$), средневисочном справа (T4; $r=0,34$; $p=0,037$) и с латентностью P300 в теменных отделах (P4; $r=0,41$; $p=0,011$ и P3; $r=0,42$; $p=0,007$), центральных (C4; $r=0,48$; $p=0,002$ и C3; $r=0,45$; $p=0,004$), лобных (F4; $r=0,43$; $p=0,007$ и F3; $r=0,34$; $p=0,035$) и в средневисочном отделе слева (T3; $r=0,37$; $p=0,021$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Различие латентности N2 и P300 между группами отмечалось у девушек. В группе девушек со склонностью к возникновению ИЗ по сравнению с группой с минимальным риском ИЗ отмечалось удлинение латентности N2 в лобных и центральных отделах головного мозга и без статистически значимых различий — в латентности компонента P300. В группе девушек с устойчивым паттерном ИЗ наблюдалось удлинение ЛВ N2 в центральных, лобном слева и средневисочном справа отделах головного мозга и увеличение ЛВ P300 в лобном, центральном и теменном отделах головного мозга справа по сравнению с группой с минимальным риском ИЗ. В работах [5, 9] показана связь между интернет-зависимостью и компонентом P300 и сообщалось о снижении амплитуды P300. Напротив, в нашем исследовании мы не наблюдали статистически значимого снижения амплитуды P300.

Компонент N2 в парадигме oddball отражает этап первичного опознания и классификации стимулов, распределения ресурсов внимания [10], а также N2 связывают с когнитивным контролем [11]. По данным литературы, удлинение ЛВ N2 наблюдается у лиц с никотиновой [12] и алкогольной зависимостью [13]. Полагают, что это частично является результатом синаптических изменений в прилежащем ядре и передней поясной коре головного мозга — структур, являющихся частью дофаминэргического пути и участвующих в системе вознаграждения и когнитивных функций [12].

По данным литературы [1], частое использование Интернета может влиять на структуру и когнитивные функции мозга. В исследовании [14] продемонстрированы структурные изменения в мозжечке, стволе мозга, в передней поясной извилине, в правой нижней височной извилине, в левой верхней височной извилине, в лобных отделах мозга. У подростков с аддиктивным поведением по отношению к Интернету показано снижение функциональных связей между корковыми и подкорковыми церебральными структурами [15].

У девушек как с устойчивым паттерном ИЗ, так и со склонностью к возникновению ИЗ отмечались более медленное опознание и классификация стимулов по сравнению с группой с минимальным риском ИЗ. Компонент N2 является составной мерой, в которую вносят вклад кортикальные, таламические и ствольные генераторы [16]. Мы полагаем, что у девушек со склонностью к возникновению ИЗ удлинение N2, вероятно, связано с изменениями в корково-подкорковом взаимодействии, а также с изменением синаптических связей [17], включая снижение синаптической синхронизации. Это обуславливает более медленную скорость обработки информации у таких подростков. Более короткое ЛВ N2 у девушек с минимальным риском ИЗ может указывать на высокую нейропластичность и эффективное использование ресурсов внимания [18].

Компонент P300 связывают с окончательной идентификацией стимула, что требует сравнения его с образцом в памяти и принятия решения. По данным фМРТ предполагают участие орбитофронтальной коры, дорсолатеральной префронтальной коры и передней поясной коры в принятии решений, а также вовлечение в данный процесс островка, задней теменной, нижней теменной и нижней височной областей мозга [19]. Многие авторы, к примеру А. Gajardo-Vidal и соавт. [20], связывают активацию правого полушария с избирательным вниманием и рабочей памятью. При постоянной доступности информации, обеспечиваемой повсеместным доступом в Интернет, человек начинает полагаться на поиск информации, нежели запоминать её, и Интернет используется как внешняя система памяти [4]. У девушек с устойчивым паттерном ИЗ наблюдалось удлинение латентности P300 в лобных, центральных и теменных отделах головного мозга справа, в то время как у девушек со склонностью к возникновению ИЗ латентность P300 статистически значимо

не различалась по сравнению с группой с минимальным риском ИЗ. Методами нейровизуализации показано снижение объема серого вещества в правой орбитофронтальной коре, в правой дорсолатеральной коре и островке у людей с ИЗ [21]. Более того, пациенты, страдающие ИЗ, имели большую активацию мозга в левой дорсолатеральной префронтальной коре, левой парагиппокампальной извилине по сравнению со здоровыми людьми [22]. Показано, что активность гиппокампа и эффективность рабочей памяти снижаются во время использования Интернета [23]. Таким образом, у девушек с устойчивым паттерном ИЗ отмечались более медленное опознание, дифференцировка стимулов и принятие решений.

Нами выявлены положительные корреляции между оценочными шкалами компульсивных симптомов (Com), управления временем (Tm) и ЛВ N2, ЛВ P300 у девушек. Шкала управления временем диагностирует способность правильно воспринимать время (прошлое, настоящее, будущее), способность управлять им, уметь планировать события своей жизни [24]. При ИЗ эти способности нарушаются. Предполагают, что орбитофронтальная кора связана с регуляцией эмоций и явлениями зависимости (например, компульсивное поведение, неадаптивное принятие решений) [25]. Дорсолатеральная префронтальная кора головного мозга считается областью, наиболее вовлечённой в восприятие времени [26]. Полагают, что при длительном использовании Интернета нарушаются процессы управления, осуществляемые префронтальной корой, и это отражается на принятии решений и работе других исполнительных функций [27].

В текущем исследовании не выявлено существенных различий в ЛВ N2 и ЛВ P300 и амплитуде P300 у юношей между группами с минимальным риском ИЗ и со склонностью к возникновению ИЗ. Вероятно, это может быть связано с морфофункциональными различиями в строении мужского и женского мозга. Исследования показывают, что пол может оказывать существенное влияние на когнитивные функции человека, включая память, восприятие. Предполагают, что мужчины и женщины по-разному справляются с определёнными проблемами и принимают решения. Эти функциональные различия могут быть связаны с гендерно-специфической структурой мозга [28]. Показано, что число и плотность нейронов на единицу объёма коры у мужчин несколько больше, чем у женщин [29]. Отсутствие статистически значимых различий значений латентности N2 и P300 у юношей между группами с минимальным риском ИЗ и со склонностью к возникновению ИЗ по сравнению с девушками, можно полагать, объясняется тем, мужской и женский мозг использует разные стратегии для достижения определённых целей [14]. Вероятно, юноши со склонностью к возникновению ИЗ могут полагаться на другие компенсаторные механизмы для поддержания когнитивных функций.

Ограничения исследования могут быть связаны с небольшим числом участников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У девушек со склонностью к возникновению ИЗ наблюдалась более длительная латентность N2 в лобных и центральных отделах головного мозга без изменения латентности P300 по сравнению с девушками с минимальным риском ИЗ, что отражает более медленное первичное опознание и дифференцировку стимулов. У девушек с устойчивым паттерном ИЗ отмечалось удлинение ЛВ N2 в центральных, лобном слева и передневисочном справа отделах мозга и увеличение ЛВ P300 в лобных, центральных и теменных справа отделах мозга по сравнению с девушками с минимальным риском ИЗ. Это может свидетельствовать о необходимости большего времени не только для первичного опознания, классификации стимула, но и для окончательной идентификации стимула и принятия решения. Отсутствие изменений ЛВ N2 и ЛВ P300 у юношей со склонностью к возникновению ИЗ по сравнению с группой минимального риска ИЗ, возможно, связано с гендерными различиями головного мозга. Наше исследование показало: увеличение латентности N2 при оценке слухового вызванного потенциала P300 наблюдалось уже у девушек со склонностью к возникновению ИЗ, что можно использовать для прогноза ИЗ и для профилактики.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-013-00060 и по программе фундаментальных научно-исследовательских разработок Федерального исследовательского центра комплексного изучения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Firth J., Torous J., Stubbs B., et al. The "online brain": how the Internet may be changing our cognition // *World Psychiatry*. 2019. Vol. 18, N 2. P. 119–129. doi: 10.1002/wps.20617
2. Green C.P., Mao L., O'Sullivan V. Internet usage and the cognitive function of retirees // *Journal of economic behavior & organization*. 2021. Vol. 190, P. 747–767. doi: 10.1016/j.jebo.2021.08.013
3. Vedeckina M., Borgonovi F. A review of evidence on the role of digital technology in shaping attention and cognitive control in children // *Front Psychol*. 2021. Vol. 12. P. 611155. doi: 10.3389/fpsyg.2021.611155
4. Firth J.A., Torous J., Firth J. Exploring the impact of internet use on memory and attention processes // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17, N 24. P. 9481. doi: 10.3390/ijerph17249481
5. Park M., Choi J.S., Park S.M., et al. Dysfunctional information processing during an auditory event-related potential task in individuals with Internet gaming disorder // *Transl Psychiatry*. 2016. Vol. 6, N 1. P. e721. doi: 10.1038/tp.2015.215
6. Ключкова О.И., Гнездицкий В.В. Использование когнитивных ВП (P300) для оценки частоты возможных обращений к рабочей памяти игрока при взаимодействии с компьютером // *Физиология человека*. 2018. Т. 44, № 1. С. 20–29. doi: 10.7868/S0131164618010034
7. Гнездицкий В.В., Корепина О.С., Чацкая А.В., Ключкова О.И. Память, когнитивность и эндогенные вызванные потенциалы мозга: оценка нарушения когнитивных функций и объема оперативной памяти без психологического тестирования // *Успехи физиологических наук*. 2017. Т. 48, № 1. С. 3–23.
8. Мальгин В.Л., Феклисов К.А., Искандирова А.Б., Антоненко А.А. Методологические подходы к раннему выявлению Интернет-зависимого поведения // *Медицинская психология в России*. 2011. Т. 6, № 11. Режим доступа: http://medpsy.ru/mprij/archiv_global/2011_6_11/nomer/nomer03.php Дата обращения: 14.11.2021.
9. Yu H., Zhao X., Li N., Wang M., Zhou P. Effect of excessive Internet use on the time–frequency characteristic of EEG // *Progress in Natural Science*. 2009. Vol. 19, N 10. P. 1383–1387. doi: 10.1016/j.pnsc.2008.11.015

Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения РАН, № АААА-А19-119120990083-9.

Funding. The reported study was funded by RFBR grant number 20-013-00060 and was carried out under the Program for basic research, Laverov Federal center for integrated Arctic research, Ural branch, Russian academy of sciences, no. ААААА 19-119120990083-9.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of interest. The authors declare no conflict of interest.

Благодарности. Авторы выражают благодарность за помощь в сборе первичного материала сотрудникам Д.Б. Демину и А.С. Гальченко.

Acknowledgments. Sincere appreciation is directed to D.B. Demin and A.S. Galchenko for participation in the acquisition of data for this study.

Вклад авторов. Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.В. Кривоногова разработала дизайн исследования, получила, проанализировала и интерпретировала данные, написала текст статьи; О.В. Кривоногова получила, проанализировала и интерпретировала данные, написала текст статьи; Л.В. Поскотина разработала концепцию и дизайн исследования, получила данные. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Author contributions. The greatest contribution is distributed as follows: E.V. Krivonogova developed the design of the study, received, analyzed and interpreted the data, wrote the text of the article; O.V. Krivonogova received, analyzed and interpreted the data, wrote the text of the article; L.V. Poskotinova developed the concept and design of the study, received the data. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

10. Krokline S.N., Ewers N.P., Mangold K.I., et al. N2b reflects the cognitive changes in executive functioning after concussion: a scoping review // *Front Hum Neurosci.* 2020. Vol. 14. P. 601370. doi: 10.3389/fnhum.2020.601370
11. Folstein J.R., Van Petten C. Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review // *Psychophysiology.* 2008. Vol. 45, N 1. P. 152–170. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x
12. Buzzell G.A., Fedota J.R., Roberts D.M., McDonald C.G. The N2 ERP component as an index of impaired cognitive control in smokers // *Neurosci Lett.* 2014. Vol. 563. P. 61–65. doi: 10.1016/j.neulet.2014.01.030
13. Porjesz B., Begleiter H. Event-related potentials and cognitive function in alcoholism // *Alcohol Health Res World.* 1995. Vol. 19, N 2. P. 108–112.
14. Lenroot R.K., Giedd J.N. Sex differences in the adolescent brain // *Brain Cogn.* 2010. Vol. 72, N 1. P. 46–55. doi: 10.1016/j.bandc.2009.10.008
15. Cerniglia L., Zoratto F., Cimino S., et al. Internet addiction in adolescence: neurobiological, psychosocial and clinical issues // *Neurosci Biobehav Rev.* 2017. Vol. 76. Pt A. P. 174–184. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.12.024
16. Fitzroy A.B., Krizman J., Tierney A., Agouridou M., Kraus N. Longitudinal maturation of auditory cortical function during adolescence // *Front Hum Neurosci.* 2015. Vol. 9. P. 530. doi: 10.3389/fnhum.2015.00530
17. Peters A. Structural changes in the normally aging cerebral cortex of primates // *Prog Brain Res.* 2002. Vol. 136. P. 455–465. doi: 10.1016/s0079-6123(02)36038-2
18. Tomé D., Barbosa F., Nowak K., Marques-Teixeira J. The development of the N1 and N2 components in auditory oddball paradigms: a systematic review with narrative analysis and suggested normative values // *J Neural Transm (Vienna).* 2015. Vol. 122, N 3. P. 375–391. doi: 10.1007/s00702-014-1258-3
19. Farrar D.C., Mian A.Z., Budson A.E., Moss M.B., Killiany R.J. Functional brain networks involved in decision-making under certain and uncertain conditions // *Neuroradiology.* 2018. Vol. 60, N 1. P. 61–69. doi: 10.1007/s00234-017-1949-1
20. Gajardo-Vidal A., Lorca-Puls D. L., Hope T., et al. How right hemisphere damage after stroke can impair speech comprehension // *Brain.* 2018. Vol. 141, N 12. P. 3389–3404. doi: 10.1093/brain/awy270
21. Zhu Y., Zhang H., Tian M. Molecular and functional imaging of internet addiction // *Biomed Res Int.* 2015. Vol. 2015. P. 378675. doi: 10.1155/2015/378675
22. Li W., Li Y., Yang W., et al. Brain structures and functional connectivity associated with individual differences in Internet tendency in healthy young adults // *Neuropsychologia.* 2015. Vol. 70. P. 134–144. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.019
23. Dong G., Potenza M.N. Internet searching and memory processing during a recollection fMRI task: evidence from pseudo recollected trials // *J Technol Behav Sci.* 2016. Vol. 1. N 1-14. P. 32–36. doi: 10.1007/s41347-016-0002-2
24. Сахарова В.Г., Шелковских А.И. Опыт применения опросника С.-Х. Чена в исследовании образа мира у интернет-зависимых юношей // *Личность в экстремальных условиях и кризисных ситуациях жизнедеятельности.* 2015. № 5. С. 539–549.
25. Kuss D.J., Pontes H.M., Griffiths M.D. Neurobiological correlates in internet gaming disorder: a systematic literature review // *Front Psychiatry.* 2018. Vol. 9. P. 166. doi: 10.1007/s41347-016-0002-2
26. Fontes R., Ribeiro J., Gupta D.S., et al. Time perception mechanisms at central nervous system // *Neurol Int.* 2016. Vol. 8, N 1. P. 5939. doi: 10.4081/ni.2016.5939
27. Brand M., Young K.S., Laier C. Prefrontal control and internet addiction: a theoretical model and review of neuropsychological and neuroimaging findings // *Front Hum Neurosci.* 2014. Vol. 8. P. 375. doi: 10.3389/fnhum.2014.00375
28. Xin J., Zhang Y., Tang Y., Yang Y. Brain differences between men and women: evidence from deep learning // *Front Neurosci.* 2019. Vol. 13. P. 185. doi: 10.3389/fnins.2019.00185
29. Rabinowicz T., Petetot J.M., Gartside P.S., et al. Structure of the cerebral cortex in men and women // *J Neuropathol Exp Neurol.* 2002. Vol. 61, N 1. P. 46–57. doi: 10.1093/jnen/61.1.46

REFERENCES

1. Firth J, Torous J, Stubbs B, et al. The “online brain”: how the Internet may be changing our cognition. *World Psychiatry.* 2019;18(2):119–129. doi: 10.1002/wps.20617
2. Green CP, Mao L, O’Sullivan V. Internet usage and the cognitive function of retirees. *Journal of economic behavior & organization.* 2021;190:747–767. doi: 10.1016/j.jebo.2021.08.013
3. Vedeckina M, Borgonovi F. A review of evidence on the role of digital technology in shaping attention and cognitive control in children. *Front Psychol.* 2021;12:611155. doi: 10.3389/fpsyg.2021.611155
4. Firth JA, Torous J, Firth J. Exploring the impact of internet use on memory and attention processes. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(24):9481. doi: 10.3390/ijerph17249481
5. Park M, Choi JS, Park SM, et al. Dysfunctional information processing during an auditory event-related potential task in individuals with Internet gaming disorder. *Transl Psychiatry.* 2016;6(1):e721. doi: 10.1038/tp.2015.215
6. Klochkova OI, Gnezditskiy VV. Use of cognitive evoked potentials (p300) as an approach to assessing the frequency of possible requests towards the working memory of players during computer games. *Human physiology.* 2018;44(1):15–23. doi: 10.7868/S0131164618010034
7. Gnezditskiy VV, Korepina OS, Chatskaya AV, Klochkova OI. Memory, cognition and the endogenous evoked potentials of the brain: the estimation of the disturbance of cognitive functions and capacity of working memory without the psychological testing. *Usp Fiziol Nauk.* 2017;48(1):3–23. (In Russ).
8. Malygin VL, Feklisov KA, Iskandirova AB, Antonenko AA. Methodological approaches to early detection of Internet addicted behavior. *Meditsinskaya psikhologiya v Rossii.* 2011;6(11). Available from: http://medpsy.ru/mprij/archiv_global/2011_6_11/nomer/nomer03.php. Date of access: 14.11.2021. (In Russ).

9. Yu H, Zhao X, Li N, Wang M, Zhou P. Effect of excessive Internet use on the time–frequency characteristic of EEG. *Progress in Natural Science*. 2009;19(10):1383–1387. doi: 10.1016/j.pnsc.2008.11.015
10. Krokshin SN, Ewers NP, Mangold KI, et al. N2b reflects the cognitive changes in executive functioning after concussion: a scoring review. *Front Hum Neurosci*. 2020;14:601370. doi: 10.3389/fnhum.2020.601370
11. Folstein JR, Van Petten C. Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review. *Psychophysiology*. 2008;45(1):152–170. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x
12. Buzzell GA, Fedota JR, Roberts DM, McDonald CG. The N2 ERP component as an index of impaired cognitive control in smokers. *Neurosci Lett*. 2014;563:61–65. doi: 10.1016/j.neulet.2014.01.030
13. Porjesz B, Begleiter H. Event-related potentials and cognitive function in alcoholism. *Alcohol Health Res World*. 1995;19(2):108–112.
14. Lenroot RK, Giedd JN. Sex differences in the adolescent brain. *Brain Cogn*. 2010;72(1):46–55. doi: 10.1016/j.bandc.2009.10.008
15. Cerniglia L, Zoratto F, Cimino S, et al. Internet Addiction in adolescence: neurobiological, psychosocial and clinical issues. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;76(Pt A):174–184. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.12.024
16. Fitzroy AB, Krizman J, Tierney A, Agouridou M, Kraus N. Longitudinal maturation of auditory cortical function during adolescence. *Front Hum Neurosci*. 2015;9:530. doi: 10.3389/fnhum.2015.00530
17. Peters A. Structural changes in the normally aging cerebral cortex of primates. *Prog Brain Res*. 2002;136:455–465. doi: 10.1016/s0079-6123(02)36038-2
18. Tomé D, Barbosa F, Nowak K, Marques-Teixeira J. The development of the N1 and N2 components in auditory odd-ball paradigms: a systematic review with narrative analysis and suggested normative values. *J Neural Transm (Vienna)*. 2015;122(3):375–391. doi: 10.1007/s00702-014-1258-3
19. Farrar DC, Mian AZ, Budson AE, Moss MB, Killiany RJ. Functional brain networks involved in decision-making under certain and uncertain conditions. *Neuroradiology*. 2018;60(1):61–69. doi: 10.1007/s00234-017-1949-1
20. Gajardo-Vidal A, Lorca-Puls DL, Hope TMH, et al. How right hemisphere damage after stroke can impair speech comprehension. *Brain*. 2018;141(12):3389–3404. doi: 10.1093/brain/awy270
21. Zhu Y, Zhang H, Tian M. Molecular and functional imaging of internet addiction. *Biomed Res Int*. 2015;2015:378675. doi: 10.1155/2015/378675
22. Li W, Li Y, Yang W, et al. Brain structures and functional connectivity associated with individual differences in Internet tendency in healthy young adults. *Neuropsychologia*. 2015;70:134–144. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.019
23. Dong G, Potenza MN. Internet searching and memory processing during a recollection fMRI task: evidence from pseudo recollected trials. *J Technol Behav Sci*. 2016;1(1-14):32–36. doi: 10.1007/s41347-016-0002-2
24. Sakharova VG, Shelkovskikh AI. The experience of using the questionnaire S.-Kh. Chena in the study of the image of the world in Internet-addicted young men. *Lichnost' v ekstremal'nykh usloviyakh i krizisnykh situatsiyakh zhiznedeyatel'nosti*. 2015;5:539–549. (In Russ).
25. Kuss DJ, Pontes HM, Griffiths MD. Neurobiological correlates in internet gaming disorder: a systematic literature review. *Front Psychiatry*. 2018;9:166. doi: 10.3389/fpsy.2018.00166
26. Fontes R, Ribeiro J, Gupta DS, et al. Time perception mechanisms at central nervous system. *Neurol Int*. 2016;8(1):5939. doi: 10.4081/ni.2016.5939
27. Brand M, Young KS, Laier C. Prefrontal control and internet addiction: a theoretical model and review of neuropsychological and neuroimaging findings. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:375. doi: 10.3389/fnhum.2014.00375
28. Xin J, Zhang Y, Tang Y, Yang Y. Brain differences between men and women: evidence from deep learning. *Front Neurosci*. 2019;13:185. doi: 10.3389/fnins.2019.00185
29. Rabinowicz T, Petetot JM, Gartside PS, et al. Structure of the cerebral cortex in men and women. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2002;61(1):46–57. doi: 10.1093/jnen/61.1.46

ОБ АВТОРАХ

*Кривоногова Елена Вячеславовна,

к.б.н., старший научный сотрудник;
адрес: Россия, 163069, Архангельск,
набережная Северной Двины, 23;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2323-5246>;
eLibrary SPIN: 9022-9696; e-mail: elena200280@mail.ru

Кривоногова Ольга Вячеславовна, к.б.н., научный сотрудник;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7267-8836>;
eLibrary SPIN: 1086-3008;
e-mail: ja.olga1@gmail.com

Поскотинаво Лилия Владимировна, д.б.н., к.м.н., доцент,

главный научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>;
eLibrary SPIN: 3148-6180;
e-mail: liliya200572@mail.ru

AUTHORS INFO

*Elena V. Krivonogova, Cand. Sci. (Biol.), senior researcher;
address: 23 naberezhnaya Severnoy Dviny, 163069, Arkhangelsk,
Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2323-5246>;
eLibrary SPIN: 9022-9696;
e-mail: elena200280@mail.ru

Olga V. Krivonogova, Cand. Sci. (Biol.), researcher;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7267-8836>;
eLibrary SPIN: 1086-3008;
e-mail: ja.olga1@gmail.com

Lilia V. Poskotinova, Dr. Sci. (Biol.), Cand. Sci. (Med.),

associate professor, chief researcher;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7537-0837>;
eLibrary SPIN: 3148-6180;
e-mail: liliya200572@mail.ru

*Автор, ответственный за публикацию / Corresponding author