

Р.Р. Ахмадеев¹, Т.Р. Мухамадеев¹, Э.Ф. Шайхутдинова², А.Р. Хусниyarova²,
И.Ф. Тимербулатов¹, О.Р. Мухамадеева¹, М.Ф. Тимербулатова¹, В.Л. Юлдашев¹

**ПСИХОВЕГЕТАТИВНЫЕ КОРРЕЛЯТЫ
ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКОВ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПУПИЛЛОМЕТРИИ**

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Уфа

²Центр лазерного восстановления зрения «Optimed», г. Уфа

Важной особенностью интернет-аддикции (ИА) является обилие и многообразие ее субъективных составляющих при минимальных объективных проявлениях. Нейропсихологическая природа формирования ИА, а также методы ее объективной количественной оценки разработаны недостаточно.

Цель. Изучить возможности выявления психоvegetативных изменений у подростков с интернет-зависимым поведением различной степени выраженности путём проведения нейропсихологического обследования с применением пупиллометрии.

Материал и методы. У 84 подростков (66 девушек и 18 юношей) в возрасте 16,2±0,1 лет изучены характер и интенсивность пользования цифровыми устройствами, определено интернет-зависимое поведение, проведена пупиллометрия, проанализирован показатель межзрачковой асимметрии (ПМА).

Результаты и выводы. По полученным данным грубых пупиллометрических изменений у обследованных подростков не обнаружено. Показана статистически значимая взаимосвязь умеренной силы параметров межзрачковой асимметрии с интернет-аддикцией ($r_{xy} = -0,3$, $p < 0,05$) и частотой пользования смартфоном ($r_{xy} = 0,41$, $p < 0,05$). Наиболее выражена межзрачковая асимметрия наблюдалась в группе подростков с интернет-аддикцией (более 65 баллов по Чену). Представленные данные подтверждают адекватность и перспективность оценки зрачковых реакций для изучения нейропсихологического и психоvegetативного состояний пользователей информационными технологиями.

Ключевые слова: интернет-зависимость, пупиллометрия, анизокория, подростки.

R.R. Akhmadeev, T.R. Mukhamadeev, E.F. Shaykhutdinova, A.R. Khusniyarova,

I.F. Timerbulatov, O.R. Mukhamadeeva, M.F. Timerbulatova, V.L. Yuldashev

**PSYCHOVEGETATIVE CORRELATES OF INTERNET DEPENDENT BEHAVIOR
IN ADOLESCENTS ACCORDING TO THE RESULTS OF PUPILLOMETRY**

An important feature of Internet addiction (IA) is the abundance and diversity of its subjective components with minimal objective manifestations. Neuropsychological nature of IA formation, as well as methods for its objective quantitative assessment, have not been sufficiently developed.

The aim is to study the possibilities of detecting psychovegetative changes in adolescents with Internet-addicted behavior of varying severity by neuropsychological examination with pupillometry.

Material and methods. In 84 adolescents (66 girls and 18 boys) aged 16.2±0.1 years, the nature and intensity of the digital devices usage were studied, Internet-dependent behavior was determined, pupillometry was performed, and the indicator of inter pupillary asymmetry (IA) was analyzed.

Results and conclusions. According to the obtained data, there were no gross pupillometric changes in the examined adolescents. A moderate relationship was found between inter pupillary asymmetry and Internet addiction ($r_{xy} = -0.3$, $p < 0.05$), as well as the frequency of using a smartphone ($r_{xy} = 0.41$, $p < 0.05$). The most pronounced inter pupillary asymmetry was observed in the group of adolescents with Internet addiction (more than 65 points according to Chen scale). The presented data confirms the adequacy and perspectiveness of the assessment of pupillary reactions for studying the neuropsychological and psychovegetative state of information technology users.

Key words: internet addiction, pupillometry, anisocoria, adolescents.

Важной особенностью интернет – аддикции (ИА) является обилие и многообразие психологических и психиатрических проявлений, при этом одной из признанных [1] служит модель ИА, по которой она характеризуется такими симптомами, как модификация настроения, абстиненция, толерантность, которые сохраняются не менее 3-6 месяцев. Несмотря на большую медико-социальную значимость, ИА не включена в категорию психических расстройств по МКБ-10. Для ИА также характерны минимальные объективные проявления [11], поэтому разработка методов нейропсихологической количественной ее оценки является актуальной медико-социальной проблемой. В связи с этим одним из перспективных

направлений является регистрация параметров вегетативной нервной системы у пользователей цифровыми устройствами (ЦУ). Главной мишенью при патогенном пользовании ЦУ является зрительная система [2], а также зрачковые реакции, отражающие не только краткосрочные механизмы реагирования, но и долговременные процессы адаптации и находящиеся под контролем обширных зон со стороны центральной нервной системы [5]. Поэтому мы считаем актуальным применение пупиллометрии в качестве одной из наиболее адекватных и эффективных количественных мер для нейропсихологической оценки состояния пользователей ЦУ. Функциональные и патогенетические механизмы зрачковых реакций хорошо изу-

чены в эксперименте и клинической практике [13], что позволяет достаточно корректно и углубленно трактовать полученные результаты. Поскольку нейropsychологическая природа формирования интернет-зависимого поведения, а также методы его объективной количественной оценки недостаточно разработаны, целью исследования явилось изучение возможности выявления психовегетативных изменений у подростков с интернет-зависимым поведением различной степени выраженности путём проведения нейropsychологического обследования с применением пупиллометрии.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 84 человека (168 глаз) – 66 девушек и 18 юношей, средний возраст испытуемых составил $16,2 \pm 0,1$ года. Из исследования были исключены подростки с выраженными психическими, офтальмологическими и соматическими расстройствами. Работа проводилась в соответствии с этическими требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013).

Психометрический блок исследования проведен для оценки характера, продолжительности и интенсивности пользования ЦУ, интернет-зависимость оценивалась валидизированной шкалой Чена (Chen Internet Addiction Scale, CIAS) в русскоязычной адаптации В.Малыгина [1]. Значения от 27 до 42 баллов расценивали как отсутствие ИА, 43-64 балла – склонность к формированию ИА, 65 баллов и выше – наличие ИА. Пупиллометрию выполнили в стандартных лабораторных условиях (уровень освещения 50 люксов) монокулярно авторефрактометром Righton Speedy-K (Right MFG, Япония) в режиме измерения AMF, при котором фиксировался максимальный диаметр зрачка (мм) в горизонтальном и вертикальном направлениях восьмикратно по мере предъявления стимулов с различными диоптриями. В качестве исходного показателя был выбран первый шаг без оптической нагрузки. Помимо абсолютных значений вычисляли коэффициент физиологической анизокории [12] – процентную разницу между диаметрами зрачков правого и левого глаза: $(100 * (R-L)/P)$, где (R-L) – разница между зрачками, P – средний диаметр зрачков. При этом позитивное значение коэффициента указывает на то, что шире правый зрачок и, соответственно, негативное – шире левый.

Статистический анализ включал описательную статистику с оценкой характера распределения данных, проверку распределения признака на нормальность (тест Шапиро–Уилка), попарное сравнение результатов для определения достоверности межгрупповых различий по Манну–Уитни и корреляционный анализ по Спирмену с использованием статистического программного обеспечения Excel (Microsoft Office Professional 2016) и R версии 4.0.3.

Результаты и их обсуждение

Общие сведения о характере, продолжительности пользования ЦУ, степени ИА, а также пупиллометрические показатели представлены в табл. 1.

Таблица 1
Общие данные психометрических показателей и пупиллометрии обследованных подростков (n=84) (M±m)

Возраст, лет	16,2±0,1
n = (женщин / мужчин)	66 / 18
Компьютерный стаж, лет	8,9±0,3
Смартфонный стаж, лет	7,2±0,3
Стаж пользования интернетом, лет	8,0±0,2
Интернет-зависимость по шкале Чена, баллы	53,4±1,4
Средний размер зрачка OD, мм	6,2±0,1
Средний размер зрачка OS, мм	6,3±0,1

Статистически значимых межгрупповых различий по диаметру зрачков между правым и левым глазом нами обнаружено не было (табл. 2). Значимых межгрупповых различий размеров зрачков по осям X и Y у всех обследованных также не выявлено. Однако прослеживалась тенденция преобладания размеров зрачков по горизонтальной оси (ось X: OD $6,21 \pm 0,11$, OS - $6,26 \pm 0,11$ относительно оси Y: OD $5,98 \pm 0,11$ и OS - $5,74 \pm 0,11$).

Обнаружено значимо большее значение диаметра зрачков по оси X в группе формирования интернет-зависимости (OS - $6,34 \pm 0,12$ относительно оси Y $5,86 \pm 0,16$, $p=0,03$) (рис. 1)

Таким образом, данные пупиллометрии могут свидетельствовать об отсутствии грубых изменений у обследованных нами подростков по психовегетативным показателям.

Для выявления психовегетативных особенностей у подростков с различной степенью интернет-зависимого поведения были изучены показатели межзрачковой асимметрии. В совокупной группе обследованных относительный показатель межзрачковой асимметрии (ПИМА) составил - $1,88 \pm 1,84\%$, при этом размер дисперсии составил от -51,55 до 35,29%, что свидетельствует о большой вариации полученных нами данных.

Диаметр зрачков по осям X и Y у подростков с различной степенью ИА (M±m)

Диаметр зрачка, мм	ИА (n=15)		Склонные к ИА (n=50)		Без признаков ИА (n=19)	
	x	y	x	y	x	y
OD	6,01±0,22	5,93±0,23	6,36±0,15	6,12±0,16	5,98±0,26	5,66±0,23
OS	6,11±0,30	5,47±0,23	6,34±0,12	5,86±0,16* (p=0,03)	6,18±0,28	5,64±0,23
p между OD и OS	0,96	0,1	0,88	0,28	0,76	0,9

* Разница в диаметре зрачка по осям X и Y статистически значима (p<0,05)

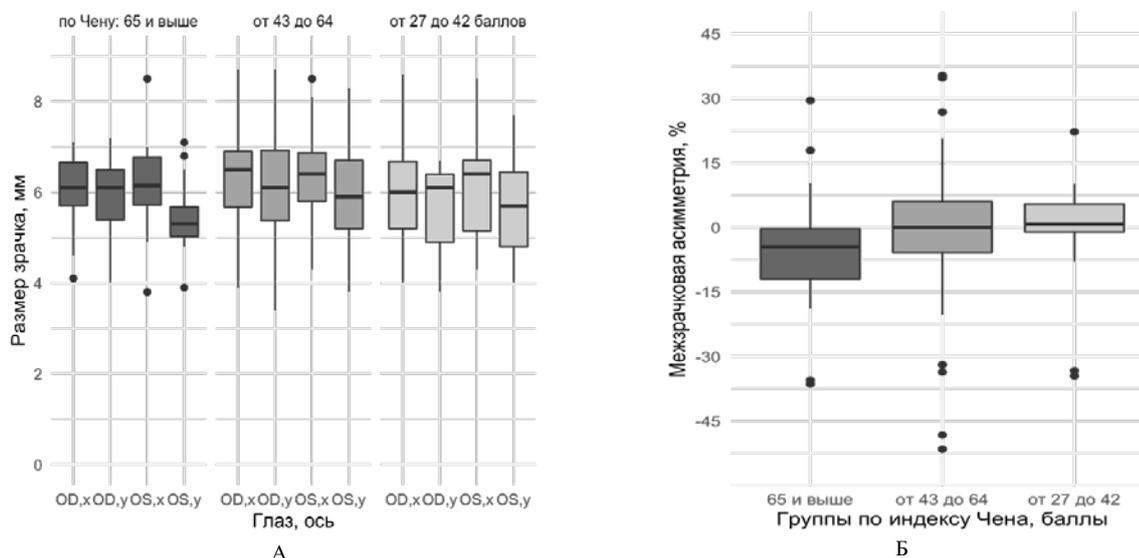


Рис. 1. Результаты измерения диаметров зрачков: А – пуллиометрические показатели правого (OD) и левого (OS) глаза у подростков с различной степенью ИА по горизонтальным (X) и вертикальным (Y) осям; Б – показатели межзрачковой асимметрии у подростков с различной степенью интернет – зависимости (%)

Таблица 3
Показатели межзрачковой асимметрии, %

Показатель	ИА (n=14)	Склонные к ИА (n=48)	Без признаков ИА (n=18)
Медиана	-4,52	0	0,80
Стандартное квадратичное отклонение (σ)	18,01	16,96	13,76

Для выявления психовегетативных особенностей у подростков с различной степенью интернет-зависимого поведения были изучены показатели межзрачковой асимметрии. В совокупной группе обследованных относительный показатель межзрачковой асимметрии (ПМА) составил $-1,88 \pm 1,84\%$, при этом размер дисперсии составил от $-51,55$ до $35,29\%$, что свидетельствует о большой вариации полученных нами данных.

Результаты более детального анализа особенностей ПМА по группам представлены в табл. 3 и на рис. 1Б. В группе без признаков ИА (менее 42 баллов по Чену) медиана межзрачковой асимметрии пришлась на область положительных значений ($0,80\%$), склонных к формированию ИА (43-64 балла по Чену), медиана находилась на нулевом значении, у интернет-зависимых (более 65 баллов по Чену) – на область отрицательных значений ($-4,52\%$).

Дисперсионный однофакторный анализ ANOVA показал, что средние значения пуллиометрических показателей в группах

статистически значимо не различались ($p=0,67$), попарное межгрупповое сравнение значимых различий также не выявило.

Результаты корреляционного анализа между ПМА и психометрическими показателями по Спирмену ожидаемо носили неоднозначный характер (рис. 2).

Сила корреляционных связей между ПМА и частотой пользования компьютером составила $r_{xy} = -0,02$, $p > 0,05$. При этом из всей совокупности обследованных (77 человек) 9 (11,7%) отметили, что не пользуются компьютером, используют его 1-2 раза в месяц – 3 (3,9%) человека, 1-2 раза в неделю – 24 (31,2%) человека, 1-2 раза в день – 22 (28,6%) человека, «живут с компьютером» – 19 (24,7%) человек.

Достоверной корреляционной связи между ПМА и продолжительностью ежедневного пользования интернетом также не обнаружено ($r_{xy} = 0,17$, $p > 0,05$). При этом согласно данным анкетирования подростков, прошедших обследование в Республиканском клиническом психотерапевтическом центре (РКПЦ) МЗ РБ интернет используют не более одного часа всего 11 (15,7%) человек, 1-3 часа – 25 (35,7%) человек, 4-6 часов – 19 (27,1%) человек, более 6 часов – 15 (21,4%) человек. Таким образом, большинство обследованных подростков (34 человека) используют интернет более 4-6 часов в сутки.

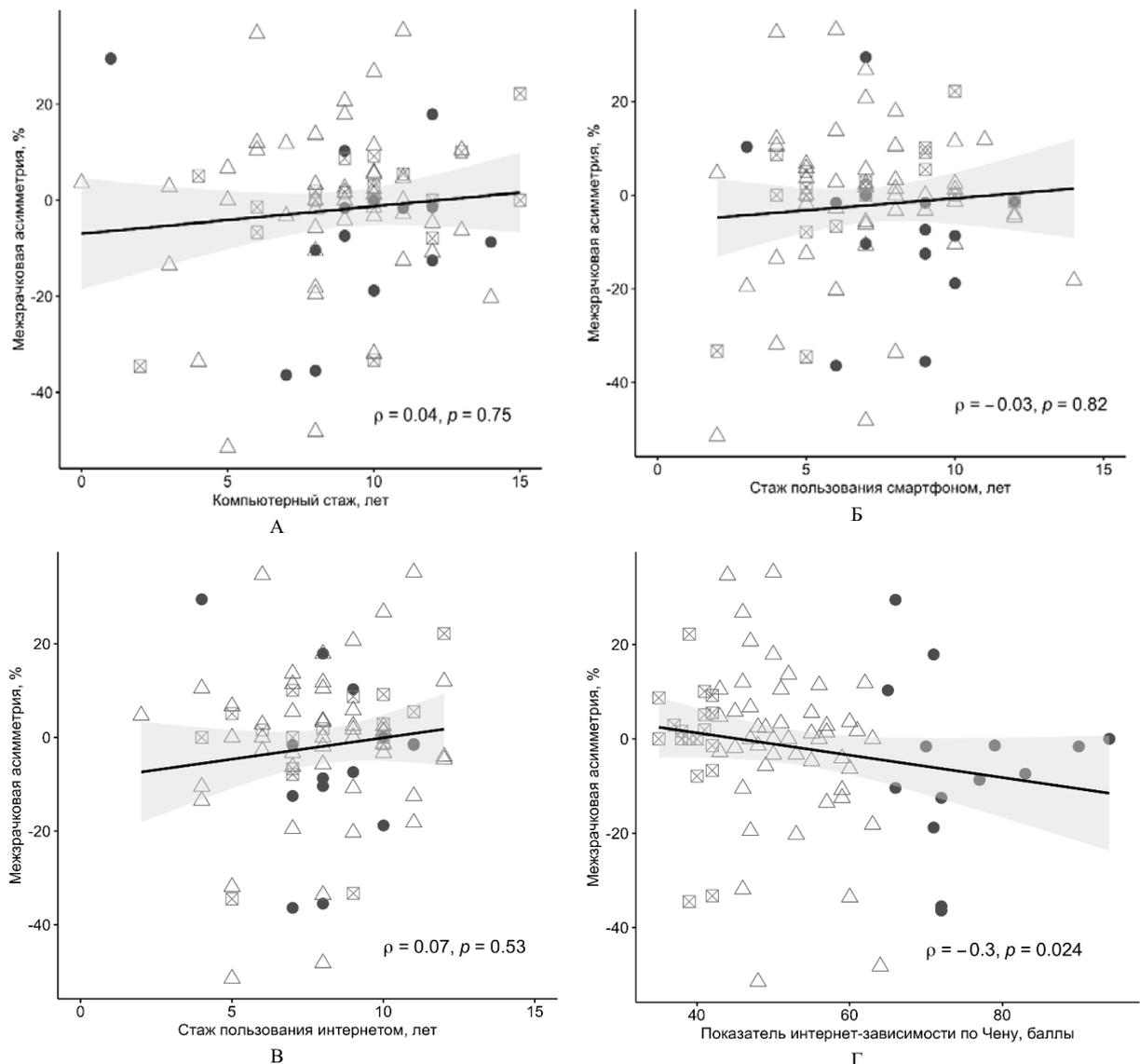


Рис. 2. Корреляционные связи между показателями межзрачковой асимметрии у подростков с различным стажем пользования компьютером (А), смартфоном (Б) и интернетом (В), а также у подростков с интернет-зависимым поведением (Г). Обозначения: ● – интернет-зависимые подростки; ▲ – подростки со склонностью к формированию ИЗ (группа риска); ■ – подростки без интернет-зависимости

В отличие от частоты пользования компьютером, частота пользования смартфоном оказалась значимо взаимосвязана с параметром ПМА (связь между признаками достоверная, средней силы, $r_{xy} = 0,41$, $p < 0,05$). Это свидетельствует о том, что чем чаще подросток пользуется смартфоном, тем более выражена у него межзрачковая асимметрия. Следует обратить внимание, что согласно анамнестическим данным девайсы используют 1-2 раза в день всего 6 (7,8%) человек, несколько раз в день – 4 (5,2%) человека и «живут с девайсом» – 67 (87%) человек.

Ежедневная частота пользования интернетом также оказывает значимое влияние на ПМА у исследованных подростков – чем чаще они пользуются интернетом, тем более выражен ПМА (связь между признаками достоверная, средней силы, $r_{xy} = 0,33$, $p < 0,05$).

По анкетным данным интернетом пользуются 1-2 раза в день 7 (9,2%) человек, очень часто – 2 (2,6%) человек, «живут в интернете» – 67 (88,2%) человек.

Между ПМА и компьютерным стажем, стажем пользования компьютером и интернетом значимая связь не была выявлена ($r_{xy}=0,04$, $r_{xy}=-0,03$, $r_{xy}=0,07$ соответственно, $p > 0,05$). Между показателем межзрачковой асимметрии ПМА и интернет-зависимым поведением обнаружена значимая отрицательная связь умеренной силы ($r_{xy}=-0,3$, $p < 0,05$). Отрицательная связь также может косвенно говорить о доминировании у интернет-зависимых подростков размера левого зрачка над правым.

Таким образом, выявлен ряд пупиллометрических маркеров интернет-зависимого поведения у подростков, из которых наиболее

существенные: корреляция межзрачковой асимметрии с одной стороны и частотой пользования смартфоном и интернет-зависимым поведением – с другой. Причем знаки зависимости при этом меняются. Необходимо подчеркнуть, что в силу отмеченных методических особенностей наши пупиллометрические данные об асимметричности зрачков у подростков, пользователей цифровыми устройствами, следует рассматривать не как динамический, связанный с событием (изменение освещения или предъявление эмоционального стимула) нейрофизиологический процесс, а как определенное, достаточно стационарное психовегетативное состояние, характеризующее статус вегетативной нервной системы на момент измерения. Показатель «функциональной анизокории» характерен в норме и распределяется между значениями приблизительно от «-1» до «+1» со средним значением, близким к 0,0, что и было обнаружено при обследовании подростков разных групп ИА. Таким образом, рассмотренный выше показатель асимметрии зрачков у подростков, пользователей цифровыми устройствами, мы считаем проявлением межполушарной асимметрии или, точнее, физиологической симпатической асимметрии [12]. Выявленный различный характер межзрачковой асимметрии у подростков с разной степенью интернет-зависимости – это более выраженная асимметрия у интернет-зависимых подростков с преобладанием диаметра зрачка левого глаза и противоположная картина у интернет-независимых подростков, а также снижение межзрачковых различий у подростков, склонных к интернет-зависимости, соответствует нейропсихологическому представлению о межполушарной асимметрии в норме и при пограничных психических состояниях. В литературе описано влияние сильного расширения зрачков на зрительные стимулы большей аффективной насыщенности [5], что было вполне предсказуемо, но при этом высокие уровни психопатий сопровождалась пониженной реактивностью зрачков на эмоциональные стимулы. Эти факты, а также определенная связь диаметра зрачков у лиц с разной степенью интернет-зависимого поведения имеют вполне корректное нейрофизиологическое объяснение за счет обширных морфо-

функциональных связей ядер pretectum с лимбической системой, особенно в связи с невидимыми, регуляторными и глазодвигательными функциями зрительного анализатора [3,9,10]. Накопленные к настоящему времени экспериментальные и клинические данные [3,5,6,8,14] позволяют провести достаточно детальный анализ. В частности, наличие двух параллельных зрительных путей, один из которых кодирует визуальные сигналы, а второй осуществляет функции, не связанные с формированием изображения – регуляция циркадных ритмов, поведения и реакций зрачка. К обсуждаемой теме непосредственное отношение имеет второй специализированный моноинаптический ретино-гипоталамический путь, начинающийся в сетчатке и заканчивающийся в супрахиазмальном ядре, нейроны которого вызывают значительные функциональные изменения в организме, например сдвиги суточных ритмов и нарушения цикла бодрствование-сон. Мы полагаем, что длительное, в течение нескольких часов, стимулирование сетчатки экранами цифровых устройств воздействует на оба зрительных механизма. Первый механизм происходит за счет перевозбуждения в цепочке сетчатка – неспецифические ядра таламуса – ретикулярная активирующая система мозга, второй реализуется через ретино-гипоталамический путь с нарушением обмена нейрогормонов и нейромедиторов, особенно мелатонина. Оба механизма при их нерациональном, патогенном применении вполне подвержены негативному влиянию информационных технологий, что способствует формированию интернет-зависимого поведения.

Выводы

Показана статистически значимая взаимосвязь умеренной силы параметров межзрачковой асимметрии с интернет - аддикцией ($r_{xy} = -0,3$, $p < 0,05$) и частотой пользования смартфоном ($r_{xy} = 0,41$, $p < 0,05$). Наиболее выраженная межзрачковая асимметрия наблюдалась в группе подростков с интернет-аддикцией (более 65 баллов по Чену). Представленные данные подтверждают адекватность и перспективность оценки зрачковых реакций в качестве важного прогностического параметра при изучении нейропсихологического и психовегетативного состояния пользователей информационными технологиями.

Сведения об авторах статьи:

Ахмадеев Рустэм Раисович – д.м.н., профессор кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии с курсами ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел. 8(347)285-20-08. E-mail: ahmadeevr@yandex.ru.

Мухамадеев Тимур Рафаэльевич – д.м.н., завкафедрой офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел. 8(347)282-91-79. E-mail: photobgmu@gmail.com.

Шайхутдинова Элина Фаритовна – врач-офтальмолог Центра лазерного восстановления зрения «Optimed». Адрес: 450058, г. Уфа, ул. 50 лет СССР, 8. Тел. 8(347)282-91-79. E-mail: tazievaelina14@mail.ru.

Хусниязова Алеся Ринатовна – врач-офтальмолог Центра лазерного восстановления зрения «Optimed». Адрес: 450058, г. Уфа, ул. 50 лет СССР, 8. E-mail: lisa-lesya27@yandex.ru.

Тимербулатов Ильгиз Фаритович – д.м.н., профессор, завкафедрой психиатрии, наркологии и психотерапии с курсами ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: rectorat@bashgmu.ru.

Мухаммадеева Ольга Ринатовна – к.м.н., доцент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: ozioz@bashgmu.ru.

Тимербулатова Миляуша Фанилевна – аспирант кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии с курсами ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3.

Юлдашев Владимир Лабирович – д.м.н., профессор кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии с курсами ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: rectorat@bashgmu.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет-зависимое поведение. Критерии и методы диагностики: учебное пособие / В.Л. Малыгин [и др.]. – М.: МГМСУ. – 2011. – 32 с.
2. Коэффициент микрофлуктуаций аккомодации при пользовании смартфонами (результаты пилотного исследования) / Р.Р. Ахмадеев [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2020. – Т. 15, № 4 (88). – С. 66-72.
3. Berson, D.M. Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock / D. M. Berson, F.A. Dunn, M. Takao// Science. – 2002. – Vol. 295. – P.1070–1073.
4. Diminished pupillary light reflex at high irradiances in melanopsin-knockout mice / R.J. Lucas [et al.] //Science. – 2003. – Vol. 299, № 5604. – P. 245-247
5. Emotional modulation of the pupil in psychopathy: A test of the Response Modulation Hypothesis / D.T. Burley [et al.] // Int. J. Psychophysiol. – 2020. – Vol. 155. – P. 168-174.
6. Joshi, S. Pupil Size as a Window on Neural Substrates of Cognition / S. Joshi, JI. Gold //Trends Cogn Sci. – 2020. – Vol.24, №6. – P.466-480.
7. Kawasaki, A. Physiology, assessment, and disorders of the pupil / A. Kawasaki // Curr. Opin. Ophthalmol. – 1999. – Vol.10. – P. 394–400.
8. Lateralization of pupillary light reflex parameters / K-J. Bär [et al.] // Clinical Neuro-physiology. – 2005. – Vol.116, №4. – P. 790-798.
9. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity / S. Hattar [et al.] // Science. – 2002. – Vol.295. – P. 1065–1070.
10. Parasympathetic Nervous System Dysfunction, as Identified by Pupil Light Reflex, and Its Possible Connection to Hearing Impairment / Y. Wang [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – Vol.11, №4. – e0153566.
11. Potenza, M.N. The Oxford Handbook of Digital Technologies and Mental Health / M. N. Potenza, K. Faust, D. Faust // Oxford Library of Psychology. – 2020.
12. Poynter, W.D. Pupil-size asymmetry is a physiologic trait related to gen-der, attentional function, and personality / W.D. Poynter // Asymmetries of Body, Brain and Cognition. – 2016.
13. Wu, F. Ocular Autonomic Nervous System: An Update from Anatomy to Physiological Functions / F. Wu, Y. Zhao, H. Zhang// Vision (Basel). – 2022. – Vol. 6, № 1.
14. Steinhauer S.R., Bradley M.M., Siegle G.J., Roeklein K.A., Dix A. Publication guidelines and recommendations for pupillary measurement in psychophysiological studies // Psychophysiology. 2022; 59:e14035.

REFERENCES

1. Internet-zavisimoe povedenie. Kriterii i metody diagnostiki: uchebnoe posobie (Internet addictive behavior. Criteria and methods of diagnosis: textbook) / V.L. Malygin [et al.]. – М.: МГМСУ. 2011:32. (in Russ).
2. Akhmadeev R.R., Mukhmadeev T.R., Shaikhutdinova E.F. [et al.] Microfluctuations of accommodation coefficient when using smartphones (results of preliminary studies). Bashkortostan Medical Journal. 2020;(4):66-72. (In Russ).
3. Berson, D.M. Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock / D. M. Berson, F.A. Dunn, M. Takao// Science. 2002;295:1070–1073. (in English).
4. Diminished pupillary light reflex at high irradiances in melanopsin-knockout mice / R.J. Lucas [et al.] //Science.2003; 299(5604):245-247. (in English).
5. Emotional modulation of the pupil in psychopathy: A test of the Response Modulation Hypothesis / D.T. Burley [et al.] // Int. J. Psychophysiol. 2020;155:168-174. (in English).
6. Joshi, S. Pupil Size as a Window on Neural Substrates of Cognition / S. Joshi, JI. Gold //Trends Cogn Sci.2020;24(6):466-480. (in English).
7. Kawasaki, A. Physiology, assessment, and disorders of the pupil / A. Kawasaki // Curr. Opin. Ophthalmol. 1999;10: 394–400. (in English).
8. Lateralization of pupillary light reflex parameters / K-J. Bär [et al.] // Clinical Neuro-physiology. 2005;116(4):790-798. (in English).
9. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity / S. Hattar [et al.] // Science. 2002; 295:1065–1070. (in English).
10. Parasympathetic Nervous System Dysfunction, as Identified by Pupil Light Reflex, and Its Possible Connection to Hearing Impairment / Y. Wang [et al.] // PLoS ONE.2016;11(4):e0153566. (in English).
11. Potenza, M.N. The Oxford Handbook of Digital Technologies and Mental Health / M. N. Potenza, K. Faust, D. Faust // Oxford Library of Psychology. 2020. (in English).
12. Poynter, W.D. Pupil-size asymmetry is a physiologic trait related to gender, attentional function, and personality / W.D. Poynter // Asymmetries of Body, Brain and Cognition.2016. (in English).
13. Wu, F. Ocular Autonomic Nervous System: An Update from Anatomy to Physiological Functions / F. Wu, Y. Zhao, H. Zhang// Vision (Basel). 2022;6(1). (in English).
14. Steinhauer S.R., Bradley M.M., Siegle G.J., Roeklein K.A., Dix A. Publication guidelines and recommendations for pupillary measurement in psychophysiological studies // Psychophysiology. 2022; 59:e14035.