

Т.Р. Мухамадеев¹, Р.Р. Ахмадеев²,
 О.И. Оренбуркина², Э.Р. Шаммасова², Р.Т. Мухамадеева¹
**МИОПИЯ У НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ – АКТУАЛЬНЫЕ
 ВОЗРАСТНЫЕ И ЭТИОПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**
¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
 Минздрава России, г. Уфа

²Всероссийский центр глазной и пластической хирургии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Уфа

Изучение миопии в свете возрастных особенностей и ее взаимосвязи с использованием информационных технологий и мобильных экранных зрительных устройств становится все более актуальной проблемой современной офтальмологии.

Цель. Оценить возрастные особенности показателей заболеваемости миопией с учетом современных нейрофизиологических концепций ее формирования.

Материал и методы. Проанализированы данные заболеваемости миопией детей и подростков по обращаемости в лечебные учреждения Республики Башкортостан на основе статистической формы №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за период с 2016 по 2022 годы.

Результаты. В структуре общей заболеваемости миопией у детей и подростков РБ за 2016-2022 годы отмечен прирост на 3,8%, при этом первичная заболеваемость обследованных в возрасте от 15 до 17 лет выросла с 3546,7 на 100 тыс. населения соответствующего возраста в 2016 году до 4493,1 в 2022 году, темп прироста 26,7%; в возрастной группе от 0 до 14 лет, напротив, отмечено ее снижение (темперы убыли – 4,5%). Различия в структуре близорукости в исследованных возрастных группах обусловлены сложными этиопатогенетическими факторами формирования миопии, возрастными особенностями зрительных функций на фоне чрезвычайно раннего начала потребления медиаресурсов детьми и подростками и чрезмерно интенсивного воздействия мобильных устройств на зрительные и нервно-психические функции ребенка. Результаты трактуются с учетом возрастных особенностей роста и развития глаз, а также современных нейроофтальмологических представлений о роли нейронных механизмов в формировании близорукости.

Ключевые слова: миопия, несовершеннолетние, девайсы, нейроофтальмология.

T.R. Mukhamadeev, R.R. Akhmadeev,
 O.I. Orenburkina, E.R. Shammasova, R.T. Mukhamadeeva
**MYOPIA IN UNDERAGES - CURRENT
 AGE AND ETIOPATHOGENETIC ASPECTS**

The study of myopia, in the light of age-related characteristics and its relationship with the use of information technologies and mobile screen visual devices, is becoming an increasingly urgent problem in modern ophthalmology.

Aim. To assess the age-related characteristics of myopia incidence rates, taking into account modern neurophysiological concepts of its formation.

Material and methods. Data on the myopia incidence based on visits to medical institutions of the Republic of Bashkortostan by children and adolescents was analyzed based on statistical form No. 12 "Information on the number of diseases registered in patients living in the service area of a medical organization" for the period from 2016 to 2022.

Results. In the structure of the overall incidence of myopia in children and adolescents of the Republic of Bashkortostan for 2016-2022, an increase of 3.8% was noted, while the primary incidence of those examined aged 15 to 17 increased from 3546.7 per 100,000 population of the corresponding age in 2016 to 4493.1 in 2022, growth rate - 26.7%; in the age group from 0 to 14 years, on the contrary, a decrease was noted (the rate of decline was 4.5%). Differences in the structure of myopia in the studied age groups are due to complex etiopathogenetic factors in the formation of myopia and age-related characteristics of visual functions against an extremely early start of media resources use by children and adolescents, and the excessively intense impact of mobile devices on the visual and neuropsychic functions of the child. The results are analyzed taking into account age-related characteristics of eye growth and development, as well as modern neuro-ophthalmological concepts about the role of neural mechanisms in the formation of myopia.

Key words: myopia, underages, devices, neuro-ophthalmology.

Масштаб и скорость распространения близорукости вынуждают признать, что проблема приобрела характер «пандемии миопии» [1]; ситуация усугубляется ее омоложением [2], наиболее интенсивное развитие близорукости от 0,3D до 1D прослеживается у детей в возрасте 6–8 лет [3]. Более того, чрезмерная распространённость близорукости и ее резкое омоложение усиливают угрозу формирования патологических форм миопии и ее осложнений [1,4].

Благодаря клиническим и экспериментальным исследованиям взгляды на этиологию и патогенез миопии в настоящее время значительно расширились: если на протяже-

нии многих десятилетий этиопатогенетические концепции близорукости были сосредоточены на аномалиях рефракции, связанных с наследственностью, то сегодня миопия рассматривается как многокомпонентное патологическое состояние организма [5].

Рассматривая многофакторную природу развития миопии в детском и подростковом возрасте, нельзя игнорировать воздействие информационных технологий (ИТ) и экранных зрительных устройств (ЭЗУ) на зрительные функции, при этом мнение специалистов о взаимосвязи экранного времени и угрозы близорукости далеко неоднозначно [6]. Учитывая в целом неблагоприятный характер

воздействия ИТ и ЭЗУ на зрение детей, мнения разных исследователей о ее причинах и механизмах существенно различаются. По одним, более традиционным представлениям [7,8] основным факторами неблагоприятного воздействия компьютерных технологий на зрение детей и подростков и развития компьютерного зрительного синдрома (КЗС) являются длительная фиксация взгляда на экран, его малые размеры у мобильных устройств, их оптические характеристики и т.д. Согласно другому мнению, основанному на современных экспериментальных и клинических данных [9-12], формирование КЗС у детей и подростков не ограничивается светопреломляющим аппаратом глаза, а затрагивает гораздо более сложные механизмы, включая вегетативную иннервацию глаз и регуляцию высших зрительных функций и их взаимосвязи с более общими нервно-психическими функциями активных пользователей ИТ и ЭЗУ. Чрезмерное воздействие мультимедийной среды затрагивает детей всех возрастных категорий, начиная с самого раннего возраста, поэтому важно учитывать возрастные особенности и критические периоды постнатального развития зрительного анализатора.

Таким образом, изучение миопии в зависимости от возрастных особенностей и ее взаимосвязи с использованием информационных технологий и мобильных экранных зрительных устройств становится все более актуальной проблемой современной офтальмологии.

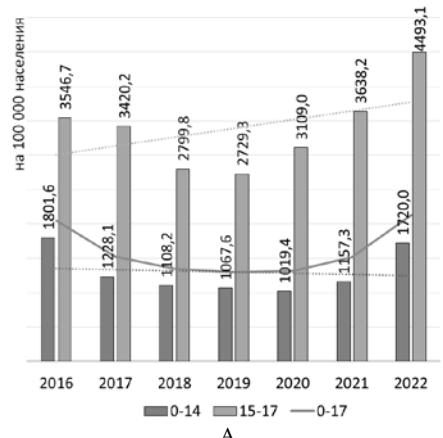
Цель исследования – оценить возрастные особенности показателей заболеваемости миопией с учетом современных нейрофизиологических концепций ее формирования.

Материал и методы

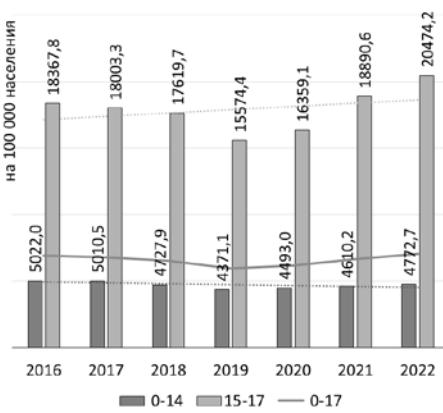
Работа была выполнена во Всероссийском центре глазной и пластической хирургии совместно с сотрудниками кафедры офтальмологии Башкирского государственного медицинского университета в период с мая по август 2023 года. В ходе исследования были проанализированы данные заболеваемости миопией у детей и подростков по обращаемости в лечебные учреждения РБ на основе статистической формы №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за период с 2016 по 2022 годы. Статистический анализ выполнен по программе Microsoft Excel 2021 (вер. 16.45), данные представлены в виде описательной статистики и выражены в виде среднего значения \pm стандартной ошибки среднего.

Результаты и обсуждение

В течение 2016-2022 годов в динамике первичной заболеваемости миопией у детей в возрасте до 17 лет включительно в расчете на 100 тыс. населения Республики Башкортостан соответствующего возраста наблюдается неизначительное (темпер прироста 3,8%) увеличение показателей с 2046,6 случая в 2016 году до 2123,7 случая в 2022 году.



А



Б

Рис. 1. Первичная (А) и общая (Б) заболеваемость миопией детей 0-17 лет в Республике Башкортостан в 2016-2022 гг. на 100 тыс. населения соответствующего возраста

При более тщательном изучении заболеваемости миопией в различных возрастных группах были выявлены значительные возрастные отличия: если в группе обследованных в возрасте 15-17 лет наблюдается рост первичной заболеваемости (3546,7 на 100 тыс. населения соответствующего возраста в 2016 г. и 4493,1 в 2022 г., темп прироста 26,7%), то в возрастной группе 0-14 лет, наоборот, происходит ее снижение (темпер убыли 4,5%). Кроме того, у детей более младшего возраста (0-14 лет) среднегодовой показатель первичной заболеваемости миопией ($1300,3 \pm 121,8$ случая на 100 тыс. населения соответствующего возраста) был статистически значимо ($p < 0,001$) меньше соответствующего показателя у детей старшей (15-17 лет) возрастной группы, $3390,9 \pm 227,2$ случая (см. рис. 1А).

Похожая динамика прослеживается и в общей заболеваемости миопией: у детей в возрасте 0-14 лет она снизилась с 5022,0 случая на 100 тыс. населения соответствующего возраста в 2016 году до 4771,9 случая в 2022 году (температура 5,0%). Напротив, в возрастной группе 15-17 лет общая заболеваемость увеличилась с 18367,8 в 2016 г. до 20474,2 случая на 100 тыс. населения соответствующего возраста в 2022 г. (температура прироста 11,5%) (см. рис. 1Б).

При более детальном рассмотрении возрастных особенностей общей заболеваемости миопией в возрастных группах 0-4 года (младшая группа), 5-9 лет (средняя группа) и 10-14 лет (старшая группа) обнаружено, что, несмотря на общую тенденцию к снижению числа заболевших, её динамика в различных возрастных группах различается. Так, у детей в возрасте 0-4 лет показатель общей заболеваемости миопией в 2022 г. увеличился по сравнению с 2016 г. (температура прироста 16,1%). В более старших группах 5-9 лет и 10-14 лет общая заболеваемость характеризуется тенденцией к снижению (температура убыли 11,5 и 22,2% соответственно) (рис. 2).

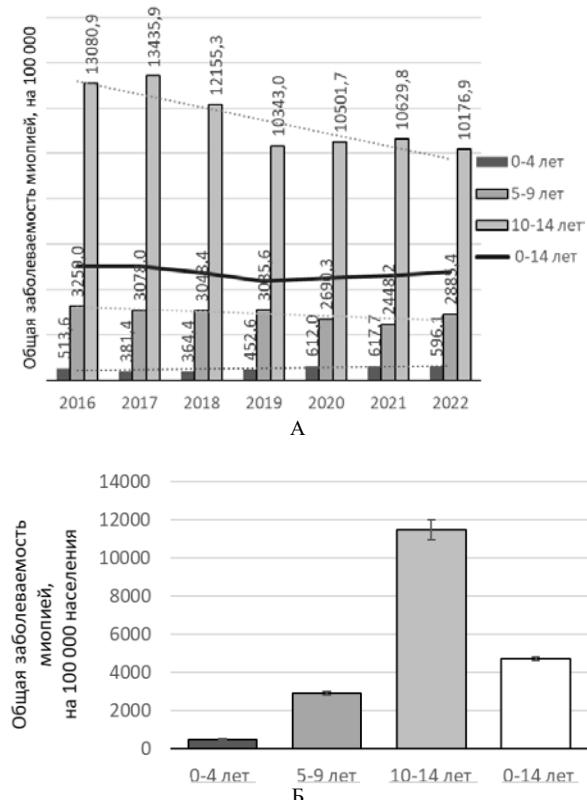


Рис. 2. Показатели заболеваемости миопией детей 0-14 лет в Республике Башкортостан. А – общая заболеваемость миопией детей 0-14 лет в Республике Башкортостан в 2016-2022 гг., на 100 тыс. населения соответствующего возраста; Б – среднегодовой уровень общей заболеваемости миопией детей 0-14 лет в Республике Башкортостан в 2016-2022 гг., на 100 тыс. населения соответствующего возраста, $M\pm m$

Сложный, многофакторный характер развития миопии в детском и подростковом возрасте и существенный вклад мультимедийных технологий в его развитие в очередной раз подтверждаются публикацией Е.П. Тарутты и соавт. [2]. Обзор и мета-анализ по риску близорукости у детей показывают [13], что его многочисленные факторы можно объединить в две основные группы, в основе первой лежат преимущественно врожденные причины, связанные с длиной оптической оси, глубиной передней камеры, толщиной хрусталика, эластичностью тканей глаз и т.д. По мере увеличения числа заболеваемости миопией воздействие риска этих заболеваний резко возрастает [7,8].

Другая группа факторов связана с воздействием на зрительный анализатор внешних условий: характер, интенсивность и продолжительность зрительных нагрузок – неконтролируемое использование ИТ и ЭЗУ. Неблагоприятный и даже патогенетический характер воздействия мультимедийных технологий на зрительные и нервно-психические функции подтверждается большим количеством опубликованных работ. Прослеживаются непосредственные и опосредованные составляющие формирования компьютерного зрительного синдрома. Первые из них – прямые эргономические и гигиенические причины – связаны с длительной фиксацией взора на близком расстоянии, размерами экранов и изображения на них, цветностью, контрастностью и т.д. Воздействие этих факторов на зрение детей усугубляется тем, что наибольший рост зрительной нагрузки приходится именно на переносные медиаустройства, главным образом, на смартфоны [14,15]. Другую этиопатогенетическую группу развития миопии при пользовании мультимедиа можно назвать опосредованными, которая включает гораздо более сложные механизмы, связанные с высшими зрительными функциями, взаимодействием зрительных и нервно-психических функций, вегетативной иннервацией зрительного анализатора [9,10].

Не располагая возможностью провести достаточно подробный анализ возможных нейрофизиологических механизмов формирования миопии при чрезмерном и неконтролируемом потреблении мультимедийной продукции, отметим главное: прежде всего мобильные медиаressурсы, средства коммуникации и информационные технологии, которые стали основным источником мощного эмоционального воздействия на человека,

вызывая значительные изменения в головном мозге [16].

Получены довольно убедительные данные о нарушении обмена серотонина и дофамина в мозге у детей и подростков при злоупотреблении использования ими ИТ и ЭЗУ. Причем эти нейрофизиологические нарушения сопоставимы с формированием тяжелой токсикомании [11].

Развитие зрительных функций у детей продолжается на протяжении многих месяцев постнатальной жизни [17], при этом наблюдаются критические периоды в росте и развитии зрительного анализатора, когда он особенно уязвим к действию экстремальных факторов [12], каковыми, безусловно, являются экраны зрительные устройства.

И, наконец, участие нейромедиаторов в формировании миопии прямо показано в экспериментальных исследованиях [18,19], согласно которым изменение обмена дофамина, регулирующего развитие зрительной системы и рефрактогенеза, происходит при нарушении нормального освещения глаз. В частности, на различных экспериментальных моделях показано [20], что нормальный обмен дофамина и функционирование дофаминергических рецепторов необходимы для нормального рефракционного роста глаз.

В свете причинно-следственных соотношений чрезмерного потребления мультимедийной продукции с близорукостью интересна работа [21], в которой показана роль опи off- систем сетчатки в росте глаз и отмечается их сбалансированность в естественной зрительной среде.

Таким образом, в соответствии с современными экспериментальными данными о механизмах регуляции рефрактогенеза важной причиной повышенной заболеваемости миопией у детей и подростков является чрезмерное неконтролируемое использование де-

вайсов, что имеет нейроофтальмологическое объяснение за счет нарушения обмена нейромедиаторов. Очевидно, эта точка зрения является гипотетической и требует дальнейших исследований и подтверждений.

Выводы

В структуре общей заболеваемости миопией у детей и подростков Республики Башкортостан за 2016-2022 годы отмечен прирост на 3,8%, при этом первичная заболеваемость обследованных в возрасте 15-17 лет выросла с 3546,7 случаев на 100 тыс. населения соответствующего возраста в 2016 году до 4493,1 случаев в 2022 г. (темп прироста 26,7%) в возрастной группе 0-14 лет, напротив, отмечено ее снижение (темперы убыли – 4,5%).

Различия в структуре близорукости в исследованных возрастных группах обусловлены сложными этиопатогенетическими факторами формирования миопии и возрастными особенностями зрительных функций на фоне чрезвычайно раннего начала потребления медиаресурсов детьми и чрезмерно интенсивного воздействия мобильных устройств на зрительные и нервно-психические функции ребенка. Результаты наших исследований и анализ публикаций позволяют выделить две основные группы факторов формирования миопии у несовершеннолетних пользователей девайсами. Первая группа факторов связана с длительной фиксацией взгляда на экран, а также визуальными характеристиками мобильных цифровых устройств, что способствует развитию ювенальной аксиальной миопии. Вторая группа факторов – при чрезмерном использовании информационных технологий и экранных устройств детьми нарушает процессы нервной регуляции зрительных функций со стороны вегетативной нервной системы и приводит к перенапряжению и срыву механизмов рефрактогенеза.

Сведения об авторах статьи:

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

Ахмадеев Рустэм Раисович – д.м.н., профессор, нейрофизиолог, медицинский психолог ВЦГиПХ ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450075, г. Уфа, ул. Зорге, 67/1.

Оренбуркина Ольга Ивановна – д.м.н., директор ВЦГиПХ ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450075, г. Уфа, ул. Зорге, 67/1.

Шаммасова Эльмира Раиановна – к.м.н., врач-офтальмолог, зав. организационно-методическим отделом ВЦГиПХ ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450075, г. Уфа, ул. Зорге, 67/1.

Мухамадеева Рената Тимуровна – студент 1-го курса педиатрического факультета ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dolgin, E. The myopia boom / E. Dolgin // Nature. – 2015. – Vol. 519(7543). – P. 276-278.
2. Комплексный подход к профилактике и лечению прогрессирующей миопии у школьников / Е.П. Тарутта [и др.] // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2018. – № 2. – С. 70-76.
3. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России / О.В. Проскурина [и др.] // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 3. – С. 348-353.

4. The impact of computer use on myopia development in childhood: The generation R study / C.A. Enthoven [et al.] // *Prev. Med.* – 2020. – №132. – P.105988.
5. Component dependent risk factors for ocular parameters in Singapore Chinese children / S.M. Saw [et al.] // *Ophthalmology*. – 2002. – Vol. 109, № 11. – P. 2065-2071.
6. Lanca, C. The association between digital screen time and myopia: A systematic review / C. Lanca, S.M. Saw // *Ophthalmic. Physiol. Opt.* – 2020. – Vol. 40. – P. 216-229.
7. Potential lost productivity resulting from the global burden of myopia: Systematic review, meta-analysis, and modeling / K.S. Naidoo [et al.] // *Ophthalmology*. – 2019. – Vol. 126, № 3. – P. 338-346.
8. The complications of myopia: a review and meta-analysis / A.E.G. Haarman [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2020. – Vol. 61, № 4. – P.49.
9. 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. – P. 6.
10. Anatomical evidence for the efferent pathway from the hypothalamus to autonomic innervation in the anterior chamber structures of eyes / F. Yang [et al.] // *Exp. Eye Res.* – 2020. – Vol. 202. – P. 108367.
11. Dresp-Langley, B. Children's health in the digital age / B. Dresp-Langley // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 9. – P. 3240.
12. Fuhrmann, D. Adolescence as a sensitive period of brain development / D. Fuhrmann, L. Knoll, S. Blakemore // *Trends Cognit. Sci.* – 2015. – Vol. 19. – P. 558-566.
13. Global risk factor analysis of myopia onset in children: A systematic review and meta-analysis / M. Yu [et al.] // *PLoS One*. – 2023. – Vol. 18, № 9. – P. e0291470.
14. TV screen dominates adult viewing, research brief [online resource] / J. Loechner // *MediaPost*. – 2017. URL: <https://www.mediapost.com/publications/article/302658/tv-screen-dominates-adult-viewing.html> (дата обращения: 06.02.2024).
15. Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals / J.W. Lee [et al.] // *Peer J*. – 2019. – № 7. – P.e7050.
16. Marci, C.D. Rewired: Protecting Your Brain in the Digital Age / C.D. Marci. - Harvard University Press, 2022. – 280 p.
17. Kiorpis, L. The puzzle of visual development: behavior and neural limits / L. Kiorpis // *J. Neurosci*. – 2016. – Vol. 36, № 45. – P. 11384-11393.
18. Dopamine signaling and myopia development: What are the key challenges / X. Zhou [et al.] // *Prog. Retin. Eye Res.* – 2017. – Vol. 61. – P. 60-71.
19. Light and myopia: from epidemiological studies to neurobiological mechanisms / A.R. Muralidharan [et al.] // *Ther. Adv. Ophthalmol*. – 2021. – Vol. 13. – P. 25158414211059246.
20. Feldkaemper, M. An updated view on the role of dopamine in myopia / M. Feldkaemper, F. Schaeffel // *Exp. Eye Res.* – 2013. – Vol. 114. – P. 106-119.
21. Aleman, A. Reading and myopia: Contrast polarity matters / A. Aleman, M. Wang, F. Schaeffel // *Sci. Rep.* – 2018. – Vol. 8. – P. 10840.

REFERENCES

1. Dolgin E. The myopia boom. *Nature*. 2015;519(7543):276-278. (in Engl)
2. Tarutta E.P., Iomdina E.N., Tarasova N.A. [et al.] Complex approach to the prevention and treatment of progressive myopia in school children. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2018;(2):70-76 (in Russ.).
3. Proskurina O.P., Markova E.Yu., Brzheskij V.V. [et al.] The prevalence of myopia in schoolchildren in some regions of Russia. *Ophthalmologija*. 2018;15(3):348-353. (In Russ.).
4. Enthoven C.A., Tideman J.W.L., Polling J.R. [et al.] The impact of computer use on myopia development in childhood: The generation R study. *Prev. Med.* 2020;(132):105988. (in Engl)
5. Saw S.M., Carkeet A., Chia K.-S. [et al.] Component dependent risk factors for ocular parameters in Singapore Chinese children. *Ophthalmology*. 2002;109(11):2065-2071. (in Engl)
6. Lanca C., Saw S.M. The association between digital screen time and myopia: A systematic review. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 2020;40:216-229. (in Engl)
7. Naidoo K.S., Fricke T.R., Frick K.D. [et al.] Potential lost productivity resulting from the global burden of myopia: Systematic review, meta-analysis, and modeling. *Ophthalmology*. 2019;126(3):338-346. (in Engl)
8. Haarman A.E.G., Enthoven C.A., Tideman W.L. [et al.] The complications of myopia: a review and meta-analysis. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2020;61(4):49. (in Engl)
9. Wu F., Zhao Y., Zhang H. Ocular autonomic nervous system: an update from anatomy to physiological functions. *Vision (Basel)*. 2022;6(1):6. (in Engl)
10. Yang F., Zhu X., Liu X. [et al.] Anatomical evidence for the efferent pathway from the hypothalamus to autonomic innervation in the anterior chamber structures of eyes. *Exp. Eye Res.* 2020;202:108367. (in Engl)
11. Dresp-Langley B. Children's health in the digital age. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(9):3240. (in Engl)
12. Fuhrmann D., Knoll L., Blakemore S. Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends Cognit. Sci.* 2015;19:558-566. (in Engl)
13. Yu M., Hu Y., Han M. [et al.] Global risk factor analysis of myopia onset in children: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2023;18(9):e0291470. (in Engl)
14. Loechner J. TV screen dominates adult viewing, research brief [electronic resource] *MediaPost*. 2017. URL: <https://www.mediapost.com/publications/article/302658/tv-screen-dominates-adult-viewing.html> (access date: 06.02.2024). (in Engl)
15. Lee J.W., Cho H.G., Moon B.-Y. [et al.] Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals. *Peer J*. 2019;(7):e7050. (in Engl)
16. Marci C.D. Rewired: Protecting Your Brain in the Digital Age. Harvard University Press, 2022:280. (in Engl)
17. Kiorpis L. The puzzle of visual development: behavior and neural limits. *J. Neurosci*. 2016;36(45):11384-11393. (in Engl)
18. Zhou X., Pardue M.T., Iuvone P.M., Qu J. Dopamine signaling and myopia development: What are the key challenges. *Prog. Retin. Eye Res.* 2017;61:60-71. (in Engl)
19. Muralidharan A.R., Lanca C., Biswas S. [et al.] Light and myopia: from epidemiological studies to neurobiological mechanisms. *Ther. Adv. Ophthalmol*. 2021;13:25158414211059246. (in Engl)
20. Feldkaemper M., Schaeffel F. An updated view on the role of dopamine in myopia. *Exp. Eye Res.* 2013;114:106-119. (in Engl)
21. Aleman A., Wang M., Schaeffel F. Reading and myopia: Contrast polarity matters. *Sci. Rep.* 2018;8:10840. (in Engl)