

БІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ КОМП'ЮТЕРА ТА ЙОГО СКЛАДНИКІВ ЯК ФАКТОР ПОГІРШЕННЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ТА МІОПІЗАЦІЇ ОКА

Колесник Ю. І., Шейко В. І.

ВСТУП

З підвищенням ролі комп'ютерів, смартфонів та різних цифрових гаджетів у повсякденному житті, професійній діяльності та під час освітнього процесу в проблемі аномалій рефракції та здоров'я населення особливого значення набувають питання так званого «комп'ютерного зорового синдрому» (КЗС) та спричиненого ним погіршення зору. За даними ВООЗ, знижений зір мають близько 300 мільйонів людей у світі; у 43% діагностовано порушення рефракції, що поділяються на міопію (короткозорість), далекозорість (гіперметропію) та астигматизм¹. Міопія є найбільш поширеною аномалією зорової системи на планеті: її поширеність у країнах Східної Азії досягає 80–96% населення^{2,3}, в США та Європі – до 50%^{4,5}. Ця проблема актуальна і для України: міопія протягом останніх десятиліть стабільно займає перші місця в структурі офтальмологічних захворювань, її поширеність у різних регіонах

¹ Global data on visual impairments 2010. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/blindness/globaldatafinalforweb.pdf> (дата звернення: 02.04.2021).

² Pan C.W., Dirani M., Cheng C.Y., et al. The age-specific prevalence of myopia in Asia: a meta-analysis. *Optom Vis Sci.* 2015. V. 92(3). P. 258–266. DOI:10.1097/OPX.0000000000000516.

³ Yotsukura E., Torii H., Inokuchi M., et al. Current prevalence of myopia and association of myopia with environmental factors among schoolchildren in Japan. *JAMA Ophthalmol.* 2019. V. 137(11). P. 1233–1239. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2019.3103.

⁴ Kempen J.H., Mitchell P., Lee K.E., et al. The prevalence of refractive errors among adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol.* 2004. V. 122. P. 495–505. DOI:10.1001/archophth.122.4.495.

⁵ Williams K.M., Verhoeven V.J., Cumberland P., et al. Prevalence of refractive error in Europe: the European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium. *Eur J Epidemiol.* 2015. V. 30(4). P. 305–315. DOI:10.1007/s10654-015-0010-0.

нашої країни варіюється від 6% до 30%⁶, а середньорічний темп зростання досягає 10% (за даними на 2011 рік)⁷. Результати медичних оглядів дитячого населення також свідчать про щорічне зростання загальної захворюваності на хвороби ока та його додаткового апарату, в тому числі і на короткозорість^{8,9}.

Згідно з Уніфікованим клінічним протоколом «Порушення рефракції та акомодатії», короткозорість (міопія) «є частим оптичним відхиленням, при якому око має занадто багато оптичної потужності і паралельні промені світла з віддалених зображень орієнтовані на точку попереду сітківки, в результаті чого на сітківці формується розмите зображення»¹⁰. Причинами такої підвищеної рефракції при нормальній (фізіологічній) міопії є надмірне заломлення рогівки чи кришталика або, що частіше, збільшення довжини очного яблука в передньо-задньому напрямі, яке поєднується з нормальною оптичною силою очних структур. Взагалі всередині категорії «міопія» за різними підходами до її класифікації виділяють кілька видів: осьова і рефракційна; вроджена, спадкова і набута; стабільна і прогресуюча; рання («дитяча»), «шкільна» і «доросла». За величиною рефракційного відхилення міопію поділяють на: слабкого ступеня – до 3,0 дптр, середнього ступеня – від 3,0–6,0 дптр, та високого – понад 6,0 дптр¹¹. Найчастіше слабка стадія – це пристосувальна набута

⁶ Махов М., Стрикаленко Є. Застосування засобів фізичної культури для профілактики захворювань органів зору. *Актуальні проблеми юнацького спорту* : матер. 8 Всеукр. наук.-практ. конф., Херсон, 23-24.09.2010 р. Херсон, 2010. С. 202–203.

⁷ Ковтун Н.В., Черемухіна О.М. Статистична оцінка поширеності офтальмологічних захворювань серед дорослого сільського населення України: регіональний аспект. *Вопр. статистики*. 2011. № 4. С. 30–37.

⁸ Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2012 рік. / за ред. Р.В. Богатирьова. Київ : ДУ «Український інститут стратегічних досліджень МОЗ України», 2013. 464 с.

⁹ Бойцова О.Ю., Кухарська Т.Г., Качуріна С.М. Актуальні питання патології органу зору у дітей. *Медицина транспорту України*. 2010. № 2. С. 38–41.

¹⁰ Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги «Порушення рефракції та акомодатії: міопія, гіперметропія, астигматизм, анізометропія, пресбіопія, порушення акомодатії, амбліопія, кератоконус, контактна корекція зору», затверджений наказом МОЗ України №827 від 08.12.2015 року. Київ : Мед. департ. МОЗ України; 2015. 162 с. URL: <https://dec.gov.ua/> (дата звернення: 22.03.2021).

¹¹ Аветисов Е.С. Близорукость. Москва : Медицина, 1999. 288 с.

короткозорість, що не несе небезпеки різкої втрати зору чи хвороботворного перебігу і потребує звичайної (очкової) корекції та спостереження. При середній та особливо високій стадіях короткозорості дуже часті небажані патологічні зміни очного дна та супутні макулопатії. Внаслідок розтягнення ока перерозтягується і потоншується сітківка, виникають ділянки порушення трофіки клітин, дистрофії судин і тканин ока, що може призводити до ускладнень у вигляді розривів та відшарувань сітківки та, в найгіршому випадку, до втрати зору, сліпоти та інвалідизації¹².

Треба зазначити, що міопія має складний механізм патогенезу, провідний чинник якого досі достеменно не визначений. Головними факторами розвитку дослідники вважають біомеханічне ослаблення склери, надмірне акомодацийне навантаження, окислювальний стрес, метаболічні та гідродинамічні порушення в очі^{11,13,14,15}. Останнім часом з'являється дедалі більше повідомлень про зниження показників імунної системи людини при міопії^{16,17}. На розвиток короткозорості також можуть впливати і спосіб життя (зокрема, час перебування на свіжому повітрі¹⁸), фактори навколишнього середовища¹⁹, академічне

¹² Сорокин Е.Л., Егоров В.В., Коленко О.В. и др. Исследование частоты и структуры дегенеративной миопии среди пациентов с миопической рефракцией. *Офтальмология*. 2013. № 1. С. 14–17.

¹³ Cassagne M., Malecaze F., Soler V. Pathophysiology of myopia: nature versus nurture. *Ophthalmol.* 2014. V. 37(5). P. 407–441. DOI: 10.1016/j.jfo.2014.02.002.

¹⁴ Flitcroft D.I. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Prog. Retin. Eye Res.* 2012. V. 31(6). P. 622–660. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2012.06.004.

¹⁵ Francisco B.-M., Salvador M., Amparo N. Oxidative Stress in Myopia. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2015. DOI:10.1155/2015/750637.

¹⁶ Kolesnyk Y., Sheiko V., Dereka T. Comparison of indicators of cellular and humoral immunity in acquired myopia mild and high degree. *Zdravotnicke listy. Laboratory Medicine; Public health.* 2020. V. 8(4). P. 36–42.

¹⁷ Петров С.А., Суховой Ю.Г. Иммунологические аспекты в патогенезе миопии. *Близорукость, нарушение рефракции, аккомодации и глазодвигательного аппарата*: Сб. Тр. междунар. симпоз. Москва, 18–20 дек. 2001 г., Москва, 2001. С. 65–66.

¹⁸ Deng L., Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci.* 2019. V. 96(4). P. 276–282. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001357.

¹⁹ Rose K.A., French A.N., Morgan I.G. Environmental factors and myopia: paradoxes and prospects for prevention. *Asia Pac. J. Ophthalmol. (Phila)*. 2016. V. 5(6). P. 403–410. DOI: 10.1097/APO.0000000000000233.

навантаження^{20,21}. Надмірна та напружена зорова робота на близькій відстані від ока є головною причиною формування надбаної (адаптаційної) форми короткозорості, переважна кількість випадків якої діагностується у віці 7–14 років, а частка у структурі міопічних порушень досягає 80%^{4,11}.

Проблема дитячого зниженого зору для України є стратегічним і пріоритетним напрямом охорони здоров'я, оскільки дані щорічних профілактичних оглядів свідчать про постійне збільшення частки короткозорих дітей. Так дослідження показують, що серед дошкільнят міопами є 15,5 осіб, серед дітей 6 років – 48,1, серед учнів 9-11 класів – 78,7 дитини на 1000 обстежених²². Поширеність міопії в загальноосвітніх закладах збільшується від 5–10% у дошкільнят, до 40% – у підлітків; за іншими даними, від 4–8,6% у перших класах до 46–52% у випускних^{23,24}. Тобто, безсумнівно, простежується чітка динаміка збільшення кількості дітей-міопів від початку до закінчення шкільного навчання.

У період, коли навчання або професійна діяльність людини відбувається із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій та у посиленому режимі використання комп'ютерів та смартфонів, можливість формування надбаної міопії як адаптаційної реакції ока на напружену зорову роботу викликає раціональне занепокоєння та становить інтерес для дослідників. Крім цього, світова тенденція до маніфестації захворюваності та поширеності короткозорості зумовлює її значні медико-соціальні та економічні наслідки через зростаючий ризик розвитку ускладнень

²⁰ Morgan I.G., Rose K.A. Myopia and international educational performance. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 2013. V. 33(3). P. 329–338. DOI: 10.1111/opo.12040.

²¹ Williams K.M., Bertelsen G., Cumberland P., et al. Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Ophthal.* 2015. V. 122(7). P. 1489–1497. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.03.018.

²² Костецька А.О., Орлова Н.М. Поширеність порушень зору у школярів та проблема їх своєчасного виявлення. *Зб. наук. праць співробітників НМАПО імені П.Л. Шурика.* 2012. Кн. 2. С. 711–716

²³ Конєва Л.В., Глушенко В.А. Значення оцінки фізичного розвитку дітей в профілактиці порушень рефракції та акомодатії. Київ, 2002. 39 с.

²⁴ Кетова Н.А., Петрова В.И. К вопросу о профилактике снижения остроты зрения у обучающихся общеобразовательных школ. *Коллекция гуманитарных исследований.* 2017. № 3(6). С. 88–91.

при високих значеннях міопії та втрату працездатності основною категорією населення²⁵.

1. Комп'ютерні системи як комплексний фактор впливу на здоров'я користувача

Багато сучасних професій та інших видів діяльності вимагають роботи з комп'ютерними пристроями та телефонами стільникового мобільного зв'язку, працюючи з якими, організм людини піддається впливу електромагнітних полів (ЕМП), інфрачервоного (ІЧВ) та іонізуючого випромінювання, шуму. Джерелами електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у персональних комп'ютерах (електронних гаджетах із відеодисплейними терміналами з електронно-променевою трубкою), як відомо, є монітор (31,6 кГц) та процесорний блок (43,1 кГц). У процесі їх роботи випромінюються хвилі широкого спектра: ЕМВ у діапазоні 5 Гц – 300 МГц, ультрафіолетове випромінювання (УФВ) у діапазоні 200-400 нм, ІЧВ у діапазоні 1050 нм – 1 мм, рентгенівське випромінювання – не більше 1,2 кеВ. Також до випромінювальних характеристик монітора належить і статичний електричний заряд на його поверхні. Тому у процесі роботи користувачі, які працюють із таким монітором, також набувають електростатичного потенціалу. Розкид електростатичних потенціалів коливається в діапазоні від -3 до +5 кВ, а рівень суб'єктивного сприймання такого потенціалу зумовлює виникнення неприємних фізіологічних відчуттів. При організації комп'ютерного робочого місця варто враховувати і той факт, що в задній панелі монітору спостерігаються найвищі напруженості ЕМП. Неіонізуюче випромінювання має характеристики від 50 Гц до 300 ГГц. Слід зазначити, що ЕМП неоднорідні у просторі та непостійні у часі, однак у разі довготривалого контакту з людським тілом викликають порушення діяльності ряду систем організму^{26,27}. Принцип відображення інформації в більш сучасних LCD-моніторах побудований на рідкокристалічних структурах, які є практично замкненими електродинамічними системами: в них використовують

²⁵ 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 modelling. *Ophthalmol.* 2019. V. 126. P. 338–346. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.10.029.

²⁶ Холод К.С. Вплив комп'ютерних технологій на здоров'я людини. *Безпека життя і діяльності людини: теорія та практика* : зб. наук. пр. Всеукр. наук.-практ. конф., Полтава, 23–24 квітня 2020 р. Полтава, 2020. С. 498–500.

²⁷ Шевель Д.М. Электромагнитная безопасность. Киев, 2002. 432 с.

здатність речовин змінювати свої оптичні параметри під впливом зовнішніх електричних і магнітних полів. Такі системи порівняно з електронно-променевими практично не випромінюють електромагнітних хвиль, однак також характеризуються негативним впливом²⁸.

За деякими даними, на місцях користувачів ПК виявлено перевищення гранично допустимих рівнів напруженості електричного поля і індукції магнітного поля (на частотах 5 Гц – 2 кГц та 2–400 кГц відповідно)²⁹. У разі використання кількох моніторів перевищення гранично допустимих норм може досягати 1,5–4,5 рази, навіть якщо випромінювання кожного з них у межах норми³⁰. Результати комплексного дослідження рівнів електромагнітних полів, що створюються різними пристроями комп'ютерного комплексу, показали зміни напруження ЕМП та магнітної індукції (МІ) під час роботи пристроїв, що виходили за межі рекомендованих значень: відеодисплейного монітору – у 1,5–5 рази та 1,5–2 рази ЕМП та МІ відповідно, LCD-монітора – у 1,1–1,7 рази для ЕМП, ноутбуку – у 1,3–1,9 рази для МІ, системного блоку – у 1,7–4,4 рази та 2–3,4 рази ЕМП та МІ відповідно, джерела безперебійного живлення (ІБП) – у 5–10 разів та 5–18 разів ЕМП та МІ відповідно, принтер – у 1,1–1,8 рази та 1,2 рази ЕМП та МІ відповідно. Навіть під час роботи із клавіатурою та комп'ютерною мишею електростатичне поле зростало з 2 до 12 кВ/м²⁸. Саме тому вірна організація робочого простору є важливим аспектом у попередженні негативного впливу фізико-механічних характеристик комп'ютерної техніки на здоров'я користувачів.

Весь комплекс негативних реакцій, симптомів, що відчуває людина після тривалої зорової роботи з електронними пристроями об'єднують у поняття «комп'ютерний зоровий синдром»

²⁸ Викторов В.А., Мешалкин В.А., Салтыков В.М. Исследование электромагнитных полей в окружающей среде от оборудования компьютерного комплекса с позиции допустимых требований по электромагнитной безопасности. *Системы управления, связи и безопасности*. 2019. № 4. С. 246–261. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10409.

²⁹ Григорьев Ю.М., Жильцов М.В., Григорьев О.А. и др. Персональный компьютер – физические факторы воздействия на пользователя. *Клинический вестник*. 2001. № 4. С. 35–39.

³⁰ Антипова Н.С., Мельник Е.И. К вопросу об электромагнитной безопасности в офисных помещениях ЖКХ. *Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке*. 2011. Т. 3. С. 71–75.

(КЗС)^{31,32,33}. Узагальнюючи дані багатьох авторів, у ПК-користувачів, які проводять за монітором від 2 до 6 годин на добу, функціональні порушення центральної нервової системи розвиваються в 4,6 раза частіше, ніж в контрольних групах, хвороби серцево-судинної системи зустрічаються у 2 рази частіше, хвороби верхніх дихальних шляхів – в 1,9 раза частіше, хвороби опорно-рухового апарату – в 3,1 раза частіше. Виявлено також чітку тенденцію до погіршення стану загального здоров'я при збільшенні тривалості роботи на комп'ютері^{30,34}.

Як показують роботи фахівців у галузі охорони та гігієни праці, негативний вплив на психофізіологічний стан людини, яка працює з комп'ютерною технікою, справляє й одноманітна статична робоча поза. Вона комбінує у собі стереотипні висококоординовані рухи в основному лише м'язами кистей рук та загальну гіподинамію, і підвищене зорове навантаження, що своєю чергою в умовах дефіциту часу та/або підвищеної складності робочого завдання згідно з дослідженнями викликає значне нервово-емоційне напруження, стрес³⁵. У разі недотримання гігієни праці у багатьох випадках формується «синдром тривалого статистичного навантаження», що проявляється в м'язовій слабкості та зміні форми хребта. В умовах статичного м'язового навантаження м'язи ніг, плечей, шиї і рук довго перебувають у стані скорочення, що перешкоджає нормальному кровопостачанню: порушується обмін речовин, накопичуються біопродукти розпаду і, зокрема, молочна кислота. Встановлено, що перебування у змушених статично напружених станах погіршує кровообіг, насамперед у сонних артеріях, що призводить до недостатнього мозкового кровозабезпечення і може провокувати й інші патологічні процеси в

³¹ Ахмадеев Р.Р., Мусалимова Р.С. Психофизиологические показатели зрительного утомления у студентов-пользователей ПК: 4. Субъективные компоненты. *Педагогический журнал Башкортостана*. 2012. № 1. С. 76–80.

³² Gangamma M.P., Poonam M. A clinical study on “Computer vision syndrome” and its management with Triphala eye drops and Saptamrita Lauha. *Ayu*. 2010. Vol. 31(2). P. 236–239.

³³ Бегош Н.Б., Черноמידз І.Б., Зятковська О.Я. Особливості функціонування зорової системи у користувачів комп'ютерів. *Медицина інформатика та інженерія*. 2014. № 1. С. 38–42.

³⁴ Маслов М.Ю., Сподобаєв Ю.М. Современные проблемы электромагнитной экологии. *Электросвязь*. 2014. № 10. С. 39–42.

³⁵ Даценко І.І., Шегедин М.Б., Москвяк Н.В., Назар О.Ю. Гігієна праці і виробнича санітарія. Київ, 2002. 384 с.

організмі людини⁹. Досить поширеним серед користувачів ПК є «тунельний синдром зап'ястного суглоба» (ураження сухожилів кисті руки), який може прогресувати в розвиток контрактур, та остеохондрози шийного і верхньогрудинного відділів хребта³⁶.

На тлі довготривалого статичного напруження різних груп м'язів під час роботи з цифровим зображенням спостерігаються вторинні симптоми КЗС: з боку очних м'язів – спазм акомодатії та порушення конвергенції, сльозотеча, свербіж та двоїння об'єктів; м'язів шиї та спини – головний біль, запаморочення, «туман» та «мушки» в очах, нудота. Повідомляється, що 90% користувачів ПК після тривалої роботи за комп'ютером мають такі симптоми: головний біль – 75%, почервоніння очей – 48%, свербіж – 41%, біль – 9%, потемніння в очах – 2,5%, зниження гостроти зору – 34%, розлади бінокулярного зору – 49%^{37,38}. Інші дослідження показали, що на фоні стомлення ЗСС розвиваються не лише симптоми загальної астенопії, а й знижуються деякі психофізіологічні показники, наприклад, психомоторна рухливість, швидкість опрацювання інформації³⁹.

Важливим аспектом екологічного використання комп'ютерів є їх вплив на психологічну сферу користувача. Досліджено, що такі психосоматичні прояви, як тривога, дратівливість і пригніченість, спостерігається у 25–75% операторів ПК, порушення пам'яті і концентрації уваги – у 52%, лабільність настрою – у 80%, депресивний стан, безсоння – більше ніж у 50%³⁷. Не викликає сумнівів і той факт, що робота за комп'ютером супроводжується значною розумовою напругою та стресом. Показано, що джерелами стресу можуть бути вид діяльності, характерні особливості комп'ютера, програмне забезпечення, час затримки відповіді

³⁶ Демирчоглян Г.Г. Компьютер и здоровье. Москва, 1997. 256 с.

³⁷ Кувшинов Ю.А. Влияние компьютера и сотового телефона на физическое и психическое здоровье студентов. *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4986> (дата звернення: 01.04.2021).

³⁸ Zhang Z., Xu G., Gao J., et al. Effects of E-Learning Environment Use on Visual Function of Elementary and Middle School Students: A Two-Year Assessment-Experience from China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020. V. 17(5). P. 1560. DOI:10.3390/ijerph17051560.

³⁹ Євтушенко А.С., Козак Л.М., Кочина М.Л., Яворський О.В. Результати оцінки функціонального стану людини при зоровій праці. *Світ медицини та біології*. 2015. № 2(50). С. 39–43.

пристрою при виконанні задач, темп роботи, соціальні аспекти. Перебування людини в стані постійного стресу може привести не лише до поведінкових та психосоматичних розладів, а й до формування функціональних дисфункцій та захворювань. Так, обстеження більше тисячі користувачів ПК показало перевищення у них поширеності захворюваності порівняно з популяційними в 2,6 рази. При цьому достовірно високі ризики були пов'язані з психічними та поведінковими розладами (1,66 рази), хворобами нервової системи (1,69 рази), хворобами кістково-м'язової системи та сполучної тканини (2,09 рази)⁴⁰.

Поширеність розладів нервової системи у разі довготривалого використання комп'ютера пов'язана головним чином із порушенням передачі нервових імпульсів при дії ЕМП навіть малої інтенсивності. ЕМВ практично всіх діапазонів справляє дезактивуючий вплив на електричні процеси в корі і підкіркових утвореннях головного мозку, що провокує функціональні перебудови у процесах збудження і гальмування в ЦНС та зміни в простих рухових реакціях, сенсорній чутливості і психофізіологічних процесах. При тривалому впливі ЕМВ прогресують функціональні порушення у вигляді вегетативних дисфункцій, неврастенічного, астеничного, астено-вегетативного і гіпоталамічного синдромів, формуються психічні та поведінкові порушення⁴¹. Окрім нервової системи, до впливу ЕМВ реактивність має і імунна система людини: описані випадки імунних порушень, помірної лейкопенії, еритропенії, компенсаторної напруги регенерації в кістковому мозку, канцерогенезу, посилення утворення антитіл до тканин плоду і стимуляція аутоімунної реакції до ембріону. Вільні радикали, що формуються під впливом ЕМП, можуть призводити до порушення геному і як епігенетичний фактор викликати в клітинах патологічні ефекти: генетичні або хромосомні мутації, зміни росту і проліферації, порушення в диференціації клітин, програмована смерть клітини (апоптоз), зміни експресії

⁴⁰ Фатхутдинова Л.М. Индивидуальные факторы риска вегетативных нарушений у пользователей видеодисплейных терминалов. *Медицина труда и пром. экология*. 2004. № 5. С. 44–47.

⁴¹ Сидоренко А.В., Царюк В.В. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на биоэлектрическую активность мозга. *Радиацион. биол. радиозкол.* 2002. Т. 42. № 5. С. 546–550.

генетичної інформації при транскрипції⁴². Довготривале ЕМВ комп'ютерів призводить до стимуляції гіпофізарно-адреналінової системи, збільшення вмісту адреналіну в крові, активації процесів згортання крові. Неспецифічний вплив на регулюючу систему «гіпоталамус-гіпофіз-кора надниркових залоз» супроводжується порушенням гонадотропної активності гіпофізу, функцій щитовидної залози. Порушення з боку серцево-судинної системи проявляються, як правило, нейроциркуляторною дистонією, болями в ділянці серця, змінами частоти і ритму серцевих скорочень, уповільненням серцевої провідності. Система кровообігу відповідає на вплив ЕМВ фазовими реакціями тону судин (підвищення і зниження артеріального тиску) і серцевого ритму (схильність до гіпотонії)⁴³. Показана і токсична дія ЕМВ на гонадну функцію, особливо у жінок: спостерігаються морфологічні зміни статевих клітин, зниження функціонального стану сперматозоїдів, гормональні порушення естральної і сперматогенної функцій⁴⁴.

1. Комп'ютерний зоровий синдром та міопія

Окремим питанням у дослідженні різнобічного впливу роботи з комп'ютерною технікою та пристроями з відеодисплеями стоїть проблема погіршення зору в користувачів. У науковому колі і досі тривають суперечки про вплив комп'ютерів на розвиток міопії (короткозорості), але в багатьох роботах повідомляється про зниження гостроти та поля зору при тривалому електронному навчанні^{38,45}. Доведено, що отримання інформації з екрана монітора характеризується підвищеною складністю її сприйняття і розуміння, порівняно з аналогічним процесом сприйняття з друкованих джерел, що підтверджується збільшенням до 3 разів амплітуди і частоти рухів очей. Висока яскравість екрану призводить до надмірної активації зорових центрів у корі великих півкуль,

⁴² Ибраева Л.К., Аманбекова А.У., Жанбасинова Н.М., и др. Электросензитивность и нарушение здоровья. *Медицина труда и экология человека*. 2017. № 3(11). С. 49–59.

⁴³ Зербино Д.Д. Электромагнитные поля и излучения: влияние на здоровье человека. *Профилактическая медицина*. 2013. № 4(100). С. 103–107.

⁴⁴ Субботина Т.И., Ткаченко В.Н., Яшин А.А. Влияние высокочастотных электромагнитных излучений на репродуктивную функцию. *Системный анализ и управление в биомед. системах*. 2002. Т. 1. № 4. С. 391–394.

⁴⁵ Kokab S., Khan M. Computer vision syndrome: A short review. *Comput. Vis. Syindr. Short Rev.* 2012. V. 1. P. 1223–1226.

трансформації нейрональної мережі та змін у мозкових процесах, що відбивається на механізмах обробки інформації, а також підвищує ризик порушення дозрівання окремих структур головного мозку, особливо в періоди їх активного розвитку⁴⁶.

Встановлено, що при роботі з екранним цифровим зображенням, що має специфічні світлотехнічні властивості (дискретність, мерехтіння, підвищена яскравість тощо), вже через 30 хвилин в зоровому аналізаторі відбуваються зміни його функцій: знижується гострота зору і об'єм акомодатції, підвищується внутрішньоочний тиск, змінюється поріг світлової та кольорової чутливості, зменшуються периферичні поля зору та як наслідок розвивається стан тимчасової міопізації ока. Ступінь такої несправжньої міопії після 4 годин безперервної роботи з комп'ютером може досягати 0,25 дптр, після 6 годин – 0,5 дптр^{9,32,47}, за іншими даними – 0,27–1,08 дптр⁴⁸. Така «міопічна функціональна система», що формується як адаптація до умов неоптимального зорового сприйняття та напруження уваги в режимі роботи з електронними пристроями, порушує функціонування всієї зорової системи. Динаміка змін зорових функцій при синдромі зорової втоми відбувається на трьох рівнях її організації: первинної організації сигналу (акомодатційно-конвергентно-зіннична система), первинного аналізу (фоторецептори, нейрони сітківки), в кіркових центрах зорового аналізатора^{33,49}. Найбільш значимі зміни фіксуються на «сенсорному» рівні, що пов'язано саме з «неприродністю» інформації, яка сприймається очима з дисплею⁵⁰. Також під час тривалої роботи, яка потребує чіткого бачення на близькій відстані і призводить до функціональних порушень в аналізаторі, стомлюються внутрішні і зовнішні м'язи ока, відбуваються зміни в

⁴⁶ Тарасов Д.А. Зрение и чтение : монография. Екатеринбург, 2015. 76 с.

⁴⁷ Ciuffreda K., Vasudevan B. Nearwork-induced transient myopia and permanent myopia – is there a link. *Ophthalmic. Physio. Opt.* 2008. V. 28(2). P. 103–114.

⁴⁸ Казарян Э.Э., Мамиконян В.Р. Влияние компьютеров на соматическое здоровье и орган зрения пользователей. *Рефракц. хирургия и офтальмология.* 2003. № 1. С. 77–81.

⁴⁹ Платонова А.Г., Яцковська Н.Я., Джурінська С.М., та ін. Особливості функціонального стану зорового аналізатору школярів при роботі з електронними підручниками. Гігієна насел. місць. 2013. № 62. С. 291-295.

⁵⁰ Трубилин В.Н., Овечкин И.Г., Рагимова Н.Р. Исследование динамики функционального состояния сенсорного отдела зрительного анализатора в процессе профессиональной деятельности на персональном компьютере. *Офтальмология.* 2010. Т. 7. № 4. С. 32–35.

сльозових залозах, виснажуються запаси антиоксидантних систем у сітківці, вивільняються вільні радикалі, які сприяють гіпоксії тканин та вивільненню медіаторів запалення^{31,51}.

Аналіз літератури свідчить, що питання про вплив роботи на комп'ютері на розвиток міопії остаточно не розкрито. Є протилежні думки з цього приводу, однак встановлено, що негативні наслідки постійної роботи з комп'ютером особливо виражено проявляються в осіб з аномаліями рефракції^{31,52}. Так, дослідження стану зорової системи в користувачів комп'ютерів, які мають дисфункції зору, показує, що навіть після 30-хвилинної роботи з дисплеєм коефіцієнт стомлення акомодативного апарату у короткозорих дітей становить 9,1%, у дітей із нормальним зором – 2,4%⁴⁷. В той же час з'ясовано, що в осіб з міопічною рефракцією спостерігається вищий поріг яркісної чутливості після інтенсивної праці з цифровим зображенням, тобто більш суттєве зниження чутливості рецепторів сітчатки⁵⁰. Також виявлено, що після комп'ютерного навантаження резерв відносної акомодатії знижується в групах із міопією у 53% випадків⁵³. До того ж міопія супроводжується не тільки пониженою гостротою зору, але й погіршенням кольоро-диференціовальної здатності ока, що проявляється в зниженні рівня розпізнавання кольорів, збільшенні кольорового дефіциту, зсуву кольорового спектра, який найменш сприймається людьми-міопами, переважно в бік синього (синьо-зеленого) діапазону⁵⁴.

Суттєвого значення для можливого прогресування короткозорості має і гіподинамія та статична поза під час роботи з комп'ютером. Виявлено, що у дітей шкільного віку з міопією частіше, ніж у однолітків із нормальним зором, виявляються порушення опорно-рухового апарату, а саме різні викривлення

⁵¹ Захарова М.А., Куроедов А.В. Применение антиоксидантов в комплексной терапии компьютерного зрительного синдрома. *Клин. офтальмол.* 2016. Т. 16. № 1. С. 54–59.

⁵² Bali J., Navin N., Thakur B. Computer vision syndrome: A study of the knowledge, attitudes and practices in Indian Ophthalmologists. *Indian J Ophthalmol.* 2007. V. 55. P. 289–293.

⁵³ Безкоровайна І.М., Ряднова В.В., Воскресенська Л.К., Наконечний Д.О. Лікування порушень акомодативної функції у студентів медичного вузу на фоні комп'ютерного навантаження. *Актуальні проблеми сучасної медицини.* 2015. Т. 15. №. 2(50). С. 4–8.

⁵⁴ Богатырева Е.С., Ковалевская М.А. Клинико-функциональные параллели в цветовосприятии у пациентов с миопией. *Вестник ТГУ.* 2014. Т. 19. №. 4. С. 1089–1091.

хребта (сколіоз, кіфосколіоз, сутулість, асиметрія плечей, диспропорційність кінцівок) та зміни хребців та міжхребцевих дисків у шейному відділі хребта, ніж у здорових однолітків^{55,56}. В осіб із короткозорістю, що поєднується з патологією шийного відділу, хронічна вертебро-базиллярна недостатність призводить до більш виражених іннерваційних порушень (знижена швидкість зінничних реакцій, збільшений час викликаного зінничного циклу) та змін гемодинамічних показників порівняно з короткозорими особами без патологій хребетного стовпа. Також зазначається зростання цих негативних явищ при міопії високих ступенів, поєднаної з більш вираженою патологією шийного відділу⁵⁷.

За даними досліджень системи кровообігу, вагому роль у патогенезі набутої міопії відіграє гемодинамічний фактор. Показано, що короткозорі люди характеризуються погіршеними показниками мозкового кровообігу (порушення венозної церебральної гемодинаміки, зниження пульсового кровонаповнення судин головного мозку, погіршення венозного відтоку) та кровообігу в судинах хребетного стовпа⁵⁸. Одночасно є дані про залежність наявних патологічних змін на очному дні і зорових дисфункцій від розвитку ступеня порушень церебрального кровообігу. Так, при шийному остеохондрозі, коли відбуваються зміни в кровоносному руслі важливих артерій (сонної та хребетної) та симпатичних центрах вегетативної нервової системи, відзначається недостатній кровообіг у всіх сосудах та відділах мозку, в тому числі і в очній артерії, що призводить до розвитку ішемічного процесу на сітківці – від початкової неоваскуляризації до атрофій, а з боку функціональних порушень – до фотопсій, скотом, випадінь полів зору. При прогресуванні цього

⁵⁵ Мирская Н.Б., Синякина А.Д., Коломенская А.Н. Профилактика и коррекция нарушений и заболеваний органа зрения у современных школьников. *Вопр. соврем. педиатрии*. 2014. Т. 13. № 3. С. 44–50.

⁵⁶ Дяченко А.А. Дослідження стану опорно-рухового апарату дітей молодшого шкільного віку з послабленим зором. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*. 2014. № 17. С. 660–665.

⁵⁷ Кенджаева Д.О., Чакиева А.Р., Усенко В.А. Патогенетические факторы прогрессирования миопии у больных с патологией шейного отдела позвоночника. *Рос. офтальмол. журн*. 2013. № 1. С. 13–14.

⁵⁸ Ястребцева Т.А., Смирнова Л.А., Морозкая М.Е. Количественные показатели кровотока в позвоночных артериях у школьников с приобретенной близорукостью. *Рос. педиатр. офтальмол.* 2015. № 2. С. 44–48.

захворювання, що супроводжується підвищенням гіпоксичного впливу на головний мозок, відбувається і посилення оптикопатій, основними причинами яких є вертебробазиллярна недостатність і знижений кровообіг у системі внутрішніх сонних артерій, а також рефлекторний ангіоспазм, який виникає в разі подразнення еферентних волокон симпатичної нервової системи⁵⁹. Саме тому захворювання опорно-рухового апарату разом із гемодинамічними змінами у хребетній, сонній та очній артеріях вважаються патогенетичними факторами, що призводять до прогресування короткозорості, а в умовах комплексу симптомів, пов'язаних із КЗС, довготривале перебування за комп'ютером може стати додатковим агресивним фактором.

2. Деякі підходи до профілактики КЗС та міопії

Як показують спеціальні дослідження, у користувачів електронних пристроїв недостатньо сформоване уявлення щодо здоров'язберігаючих технологій при їх довготривалому використанні, незважаючи на розуміння потенційно небезпечного для здоров'я характеру такої діяльності^{37,60}. Відповідно до Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПН 3.3.2.007-98) встановлено, що тривалість безперервної роботи для осіб, які працюють із ПЕОМ, ВДТ, не має перевищувати 4 години, а робочий час працівника має містити обов'язкові перерви тривалістю 10–15 хвилин кожні 1–2 години залежно від професійної групи⁶¹. У 2021 році у зв'язку із переходом на дистанційну форму навчання через пандемію COVID-19 МОН України видало

⁵⁹ Чередниченко Л.П., Борисова Л.И. Исследование патогенетически обусловленных клинко-функциональных нарушений органа зрения при остеохондрозе шейного отдела позвоночника. *Рос. офтальмол. журнал*. 2013. № 1. С. 49–53.

⁶⁰ Носенко Ю.Г., Сухих А.С. Організаційно педагогічні умови здоров'язбережувального використання програмно апаратних засобів в основній школі. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2015. № 8(128). С. 52–56.

⁶¹ Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПН 3.3.2.007-98). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text> (дата звернення 23.03.2021).

рекомендації до нормування часу безперервної роботи з технічними засобами навчання для учнів загальноосвітніх закладів⁶².

У профілактиці КЗС та міопії активно використовується оздоровча гімнастика. У літературі широко описані комплекси фізичних вправ, спрямовані на зменшення напруги очей та покращення кровопостачання до голови. Зокрема, багато авторів пропонують виконувати комплекс вправ кожні 30-40 хвилин роботи за комп'ютером. Кожен комплекс розпочинається підготовчими вправами – масажем голови та шиї, а потім йдуть кілька вправ для розслаблення та зволоження зорового аналізатору. Зазвичай такі вправи рекомендовано супроводжувати вставанням із робочого місця та відходом від нього мінімум на 3–5 кроків, що дає змогу м'язам малого тазу та попереку зняти статичну напругу. Загальна тривалість виконання всього комплексу становить у середньому 3–5 хвилин, що не відволікає від виконання робочого завдання, але одночасно спричинює свій позитивний вплив та сприяє покращенню ефективності роботи з інформацією⁶³.

Одним із напрямів формування здоров'язберігаючого стилю роботи із комп'ютерними пристроями може бути використання спеціальних програм та програм-нагадувачів, які включають, крім вправ для очей, елементи зарядки для профілактики захворювань «сидячої роботи» та через блокування екрана на кілька секунд не дозволяють проігнорувати виконання необхідних вправ. Таким програмним забезпеченням є, наприклад, EyeLeo, EyeCare, 20 Cubed, EyeRest⁶⁴.

Іншим підходом до зниження негативних наслідків роботи за ПК і профілактики міопічних розладів є збільшення часу перебування на відкритому повітрі. Низка недавніх досліджень зафіксували

⁶² Тривалість навчального заняття під час дистанційного формату лишається незмінною – роз'яснення МОН. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/trivalist-navchalnogo-zanyattya-pid-chas-distancijnogo-formatu-lishayetsya-nezminnoyu-rozlyasnennya-mon> (дата звернення 23.03.2021).

⁶³ Ляхман Н.В. Вплив комп'ютера на зорову сенсорну систему та гімнастика для очей як засіб профілактики захворювань органів зору. *Сучасні досягнення природничих наук* : матер. Всеукр. студ. наук.-практ. конф., Полтава, 18–19 квітня 2019 р. Полтава, 2019. С. 98–100.

⁶⁴ Гаврюсов С, Гаврюсева Т. Програмне забезпечення для збереження зору під час роботи чи навчання за персональним комп'ютером. *Інформаційні технології в професійній діяльності* : матер. ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. Рівне, 2015. С. 27–28.

сильний негативний зв'язок між кількістю часу, яку діти проводили на свіжому повітрі, та міопією: більший час перебування на свіжому повітрі був пов'язаний із меншим ризиком розвитку короткозорості, як і вищий рівень загальної фізичної активності^{65,66}. Позитивний ефект сонячного світла пов'язаний із вітаміном D. Експериментально досліджено взаємозалежність між частотою короткозорої рефракції, станом фосфорно-кальцієвого обміну і тривалістю щоденного впливу на організм ультрафіолетового опромінення. Було з'ясовано, що в дітей, які мало або зовсім не бувають на прогулянках у полудневий час, коли інтенсивність ультрафіолетової радіації доволі висока, порушується фосфорно-кальцієвий обмін. Унаслідок цього відбуваються зміни тонуусу очних м'язів, а слабкість цих м'язів при високому зоровому навантаженні і недостатній освітленості є причиною розвитку і прогресування міопії⁶⁷.

До узагальнених чинників, які визначають оптимальність роботи з ПК, зараховують такі⁶⁸:

- тривалість роботи за дисплеєм;
- якість зображення;
- ергономіка робочого місця;
- стан навколишнього середовища (освітленість, мікроклімат);
- зміст, обсяг і важкість виконуваної роботи;
- методика викладання, структура навчальних занять;
- формування правильного стилю життя (достатнє перебування на відкритому просторі).

ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел показує, що негативні наслідки для організму людини при довготривалому використанні комп'ютера та інших електронних пристроїв для візуальної передачі інформації, а

⁶⁵ Guggenheim J., Northstone K., McMahon G., et al. Time outdoors and physical activity as predictors of incident myopia in childhood: a prospective cohort study. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012. V. 53(6). P. 2856–2865. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.11-9091>.

⁶⁶ Wu P., Tsai C., Hu C., et al. Effects of outdoor activities on myopia among rural school children in Taiwan. *Ophthalmic Epidemiol.* 2010. V. 17. P. 338–342.

⁶⁷ Толстанов О.К., Павловський В.А. Охорона здоров'я дітей та підлітків. Частина II. Попередження дитячих захворювань : навч.-метод. пос. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2009. 208 с.

⁶⁸ Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков при работе с компьютерными видеодисплейными терминалами. Москва : Медицина, 2000. 160 с.

також спричинювані цим ефекти треба розглядати не тільки як результати безпосередньої дії ЕМВ на біологічні системи, а й як результат дисрегуляційних порушень діяльності останніх.

Загалом більшість науковців вважають інтенсивну зорову працю, в тому числі і під час роботи на ПК, стан зорового стомлення та тимчасової міопізації ока, які виникають під час і після такої діяльності, одними з головних факторів у патогенезі набутої короткозорості. Розуміння патологічних зв'язків напруженої зорової діяльності із загальним станом здоров'я є особливо важливим для осіб із діагностованим станом короткозорості, оскільки на фоні розвитку загальної перевтоми від систематичної тривалої праці в режимі ближнього зору можливе загострення стану короткозорості та хронічних захворювань із боку інших систем організму.

Основними пропозиціями щодо забезпечення здоров'я-збереження користувачів електронних цифрових пристроїв є такі: усі технічні засоби повинні мати гігієнічний сертифікат; техніка має бути віддалена на рекомендовану безпечну відстань; площа і об'єм частини приміщення на одне робоче місце з ПК мають відповідати його характеристикам; після кожної години роботи з комп'ютером проводити 15-хвилинну перерву; забезпечити відсутність відблисків на екрані та правильне освітлення приміщення; використовувати нейтралізатори ЕМВ.

АНОТАЦІЯ

Представлена робота присвячена дослідженню питання впливу довготривалої зорової роботи за комп'ютером чи іншим відеодисплейним приладом на стан здоров'я користувача. Другим аспектом дослідження є аналіз такого впливу на стан зору в користувача ПК, оцінка можливості появи чи прогресування міопічної рефракції. На основі ретроспективного аналізу сучасних вітчизняних та зарубіжних досліджень розглянутий спектр можливих порушень соматичного та психологічного здоров'я користувача за умов довготривалого використання ПК – зміни в нервовій, опорно-руховій, серцево-судинній та інших системах організму. Значна увага приділена причинам та симптомам формування комп'ютерного зорового синдрому та процесам міопізації ока, оскільки проблема набутої короткозорості нині є актуальною у зв'язку із впровадженням дистанційного режиму праці та навчання через всесвітню пандемію COVID-19. Показано, що посилений режим роботи з електронним зображенням в умовах

недотримання гігієни праці є суттєвим фактором для зниження гостроти зору, тимчасовість якого може перейти в постійний стан – стан набутої короткозорості. Акцент зроблено і на поясненні причин погіршення здоров'я в людей із міопією при КЗС. Запропоновані основні принципи профілактики симптомів КЗС та міопії. Розробка цього питання є важливою задачею для медиків-клініцистів, гігієністів та побутових користувачів ПК, оскільки вірне розуміння механізмів погіршення зору при роботі з комп'ютерами дає змогу зберегти здоров'я та працездатність людини.

Література

1. Global data on visual impairments 2010. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/blindness/globaldatafinalforweb.pdf> (дата звернення: 02.04.2021).
2. Pan C.W., Dirani M., Cheng C.Y., et al. The age-specific prevalence of myopia in Asia: a meta-analysis. *Optom Vis Sci.* 2015. V. 92(3). P. 258–266. DOI:10.1097/OPX.0000000000000516.
3. Yotsukura E., Torii H., Inokuchi M., et al. Current prevalence of myopia and association of myopia with environmental factors among schoolchildren in Japan. *JAMA Ophthalmol.* 2019. V. 137(11). P. 1233–1239. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2019.3103.
4. Kempen J.H., Mitchell P., Lee K.E., et al. The prevalence of refractive errors among adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol.* 2004. V. 122. P. 495–505. DOI:10.1001/archophth.122.4.495.
5. Williams K.M., Verhoeven V.J., Cumberland P., et al. Prevalence of refractive error in Europe: the European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium. *Eur J Epidemiol.* 2015. V. 30(4). P. 305–315. DOI:10.1007/s10654-015-0010-0.
6. Махов М., Стрикаленко Є. Застосування засобів фізичної культури для профілактики захворювань органів зору. *Актуальні проблеми юнацького спорту* : матер. 8 Всеукр. наук.-практ. конф., Херсон, 23-24.09.2010 р. Херсон, 2010. С. 202–203.
7. Ковтун Н.В., Черемухіна О.М. Статистична оцінка поширеності офтальмологічних захворювань серед дорослого сільського населення України: регіональний аспект. *Вопр. статистики.* 2011. № 4. С. 30–37.
8. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони

здоров'я України. 2012 рік. / за ред. Р.В. Богатирьова. Київ : ДУ «Український інститут стратегічних досліджень МОЗ України», 2013. 464 с.

9. Бойцова О.Ю., Кухарська Т.Г., Качуріна С.М. Актуальні питання патології органу зору у дітей. *Медицина транспорту України*. 2010. № 2. С. 38–41.

10. Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги «Порушення рефракції та акомодациї: міопія, гіперметропія, астигматизм, анізетропія, пресбіопія, порушення акомодациї, амбліопія, кератоконус, контактна корекція зору», затверджений наказом МОЗ України № 827 від 08.12.2015 р. Київ : Мед. департ. МОЗ України; 2015. 162 с. URL: <https://dec.gov.ua/> (дата звернення: 22.03.2021).

11. Аветисов Е.С. Близорукость. Москва : Медицина, 1999. 288 с.

12. Сорокин Е.Л., Егоров В.В., Коленко О.В. и др. Исследование частоты и структуры дегенеративной миопии среди пациентов с миопической рефракцией. *Офтальмология*. 2013. № 1. С. 14–17.

13. Cassagne M., Malecaze F., Soler V. Pathophysiology of myopia: nature versus nurture. *Ophthalmol.* 2014. V. 37(5). P. 407–441. DOI: 10.1016/j.jfo.2014.02.002.

14. Flitcroft D.I. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Prog. Retin. Eye Res.* 2012. V. 31(6). P. 622–660. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2012.06.004.

15. Francisco B.-M., Salvador M., Amparo N. Oxidative Stress in Myopia. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2015. DOI:10.1155/2015/750637.

16. Kolesnyk Y., Sheiko V., Dereka T. Comparison of indicators of cellular and humoral immunity in acquired myopia mild and high degree. *Zdravotnicke listy. Laboratory Medicine; Public health.* 2020. V. 8(4). P. 36–42.

17. Петров С.А., Суховей Ю.Г. Иммунологические аспекты в патогенезе миопии. *Близорукость, нарушение рефракции, аккомодации и глазодвигательного аппарата* : сборник трудов междунар. симпоз., Москва, 18–20 дек. 2001 г. Москва, 2001. С. 65–66.

18. Deng L., Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci.* 2019. V. 96(4). P. 276–282. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001357.

19. Rose K.A., French A.N., Morgan I.G. Environmental factors and myopia: paradoxes and prospects for prevention. *Asia Pac.*

J. Ophthalmol. (Phila). 2016. V. 5(6). P. 403–410. DOI: 10.1097/APO.0000000000000233.

20. Morgan I.G., Rose K.A. Myopia and international educational performance. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 2013. V. 33(3). P. 329–338. DOI: 10.1111/opo.12040.

21. Williams K.M., Bertelsen G., Cumberland P., et al. Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Ophthalmol.* 2015. V. 122(7). P. 1489–1497. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.03.018.

22. Костецька А.О., Орлова Н.М. Поширеність порушень зору у школярів та проблема їх своєчасного виявлення. *Збірник наук. праць співробітників НМАПО імені П.Л. Шурика*. 2012. Кн. 2. С. 711–716.

23. Конєва Л.В., Глущенко В.А. Значення оцінки фізичного розвитку дітей в профілактиці порушень рефракції та акомодациї. Київ, 2002. 39 с.

24. Кетова Н.А., Петрова В.И. К вопросу о профилактике снижения остроты зрения у обучающихся общеобразовательных школ. *Коллекция гуманитарных исследований*. 2017. № 3(6). С. 88–91.

25. 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 modelling. *Ophthalmol.* 2019. V. 126. P. 338–346. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.10.029.

26. Холод К.С. Вплив комп'ютерних технологій на здоров'я людини. *Безпека життя і діяльності людини: теорія та практика* : збірник наук. пр. Всеукр. наук.-практ. конф., Полтава, 23–24 квітня 2020 р. Полтава, 2020. С. 498–500.

27. Шевель Д.М. Электромагнитная безопасность. Киев, 2002. 432 с.

28. Викторов В.А., Мешалкин В.А., Салтыков В.М. Исследование электромагнитных полей в окружающей среде от оборудования компьютерного комплекса с позиции допустимых требований по электромагнитной безопасности. *Системы управления, связи и безопасности*. 2019. № 4. С. 246–261. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10409.

29. Григорьев Ю.М., Жильцов М.В., Григорьев О.А., и др. Персональный компьютер – физические факторы воздействия на пользователя. *Клинический вестник*. 2001. № 4. С. 35–39.

30. Антипова Н.С., Мельник Е.И. К вопросу об электромагнитной безопасности в офисных помещениях ЖКХ. *Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке*. 2011. Т. 3. С. 71–75.

31. Ахмадеев Р.Р., Мусалимова Р.С. Психофизиологические показатели зрительного утомления у студентов-пользователей ПК: 4. Субъективные компоненты. *Педагогический журнал Башкортостана*. 2012. № 1. С. 76–80.

32. Gangamma M.P., Poonam M. A clinical study on “Computer vision syndrome” and its management with Triphala eye drops and Saptamrita Lauha. *Ауи*. 2010. Vol. 31(2). P. 236–239.

33. Бегош Н.Б., Черноmidз І.Б., Зятковська О.Я. Особливості функціонування зорової системи у користувачів комп’ютерів. *Медична інформатика та інженерія*. 2014. № 1. С. 38–42.

34. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Современные проблемы электро-магнитной экологии. *Электросвязь*. 2014. № 10. С. 39–42.

35. Даценко І.І., Шегедин М.Б., Москвяк Н.В., Назар О.Ю. Гігієна праці і виробнича санітарія. Київ, 2002. 384 с.

36. Демирчоглян Г.Г. Компьютер и здоровье. Москва, 1997. 256 с.

37. Кувшинов Ю.А. Влияние компьютера и сотового телефона на физическое и психическое здоровье студентов. *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4986> (дата звернення: 01.04.2021).

38. Zhang Z., Xu G., Gao J., et al. Effects of E-Learning Environment Use on Visual Function of Elementary and Middle School Students. *Int J Environ Res Public Health*. 2020. V. 17(5). P. 1560. DOI:10.3390/ijerph17051560.

39. Євтушенко А.С., Козак Л.М., Кочина М.Л., Яворський О.В. Результати оцінки функціонального стану людини при зоровій праці. *Світ медицини та біології*. 2015. № 2(50). С. 39–43.

40. Фатхутдинова Л.М. Индивидуальные факторы риска вегетативных нарушений у пользователей видеодисплейных терминалов. *Медицина труда и пром. экология*. 2004. № 5. С. 44–47.

41. Сидоренко А.В., Царюк В.В. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на биоэлектрическую активность мозга. *Радиация, биол. радиоэкол.* 2002. Т. 42. № 5. С. 546–550.

42. Ибраева Л.К., Аманбекова А.У., Жанбасинова Н.М., и др. Электро-сензитивность и нарушение здоровья. *Медицина труда и экология человека*. 2017. № 3(11). С. 49–59.

43. Зербино Д.Д. Электромагнитные поля и излучения: влияние на здоровье человека. *Превентивная медицина*. 2013. № 4(100). С. 103–107.

44. Субботина Т.И., Ткаченко В.Н., Яшин А.А. Влияние высокочастотных электромагнитных излучений на репродуктивную функцию. Системный анализ и управление в биомед. системах. 2002. Т. 1. № 4. С. 391–394.

45. Kokab S., Khan M. Computer vision syndrome: A short review. *Comput. Vis. Syndr. Short Rev.* 2012. V. 1. P. 1223–1226.

46. Тарасов Д.А. Зрение и чтение : монография. Екатеринбург, 2015. 76 с.

47. Ciufreda K., Vasudevan B. Nearwork-induced transient myopia and permanent myopia – is there a link. *Ophthalmic. Physio. Opt.* 2008. V. 28(2). P. 103–114.

48. Казарян Э.Э., Мамиконян В.Р. Влияние компьютеров на соматическое здоровье и орган зрения пользователей. *Рефракц. хирургия и офтальмология.* 2003. № 1. С. 77–81.

49. Платонова А.Г., Яцковська Н.Я., Джурінська С.М., та ін. Особливості функціонального стану зорового аналізатору школярів при роботі з електронними підручниками. *Гігієна насел. місць.* 2013. № 62. С. 291–295.

50. Трубилин В.Н., Овечкин И.Г., Рагимова Н.Р. Исследование динамики функционального состояния сенсорного отдела зрительного анализатора в процессе профессиональной деятельности на персональном компьютере. *Офтальмология.* 2010. Т. 7. № 4. С. 32–35.

51. Захарова М.А., Куроедов А.В. Применение антиоксидантов в комплексной терапии компьютерного зрительного синдрома. *Клин. офтальмол.* 2016. Т. 16. № 1. С. 54–59.

52. Bali J., Navin N., Thakur V. Computer vision syndrome: A study of the knowledge, attitudes and practices in Indian Ophthalmologists. *Indian J Ophthalmol.* 2007. V. 55. P. 289–293.

53. Безкоровайна І.М., Ряднова В.В., Воскресенська Л.К., Наконечний Д.О. Лікування порушень акомодативної функції у студентів медичного вузу на фоні комп'ютерного навантаження. *Актуальні проблеми сучасної медицини.* 2015. Т. 15. №. 2(50). С. 4–8.

54. Богатырева Е.С., Ковалевская М.А. Клинико-функциональные параллели в цветовосприятии у пациентов с миопией. *Вестник ТГУ.* 2014. Т. 19. № 4. С. 1089–1091.

55. Мирская Н.Б., Синякина А.Д., Коломенская А.Н. Профилактика и коррекция нарушений и заболеваний органа зрения у современных школьников. *Вопросы соврем. педиатрии.* 2014. Т. 13. № 3. С. 44–50.

56. Дяченко А.А. Дослідження стану опорно-рухового апарату дітей молодшого шкільного віку з послабленим зором. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*. 2014. № 17. С. 660–665.

57. Кенджаева Д.О., Чакиєва А.Р., Усенко В.А. Патогенетические факторы прогрессирования миопии у больных с патологией шейного отдела позвоночника. *Рос. офтальмол. журн.* 2013. № 1. С. 13–14.

58. Ястребцева Т.А., Смирнова Л.А., Мороцкая М.Е. Количественные показатели кровотока в позвоночных артериях у школьников с приобретенной близорукостью. *Рос. педиатр. офтальмол.* 2015. № 2. С. 44–48.

59. Чердниченко Л.П., Борисова Л.И. Исследование патогенетически обусловленных клинично-функциональных нарушений органа зрения при остеохондрозе шейного отдела позвоночника. *Рос. офтальмол. журн.* 2013. № 1. С. 49–53.

60. Носенко Ю.Г., Сухіх А.С. Організаційно педагогічні умови здоров'я-збережувального використання програмно апаратних засобів в основній школі. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2015. № 8(128). С. 52–56.

61. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПН 3.3.2.007-98). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text> (дата звернення 23.03.2021).

62. Тривалість навчального заняття під час дистанційного формату лишається незмінною. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/trivalist-navchalnogo-zanyattya-pid-chas-distancijnogo-formatu-lishayetsya-nezminnoyu-rozuyasnennya-mon> (дата звернення 23.03.2021).

63. Ляхман Н.В. Вплив комп'ютера на зорову сенсорну систему та гімнастика для очей як засіб профілактики захворювань органів зору. *Сучасні досягнення природничих наук* : матер. Всеукр. студ. наук.-практ. конф., Полтава, 18–19 квітня 2019 р. Полтава, 2019. С. 98–100.

64. Гаврюсєв С., Гаврюсєва Т.. Програмне забезпечення для збереження зору під час роботи чи навчання за персональним комп'ютером. *Інформаційні технології в професійній діяльності* : матер. ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. Рівне, 2015. С. 27–28.

65. Guggenheim J., Northstone K., McMahon G., et al. Time outdoors and physical activity as predictors of incident myopia in childhood: a

prospective cohort study. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012. V. 53(6). P. 2856–2865. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.11-9091>.

66. Wu P., Tsai C., Hu C., et al. Effects of outdoor activities on myopia among rural school children in Taiwan. *Ophthalmic Epidemiol.* 2010. V. 17. P. 338–342.

67. Толстанов О.К., Павловський В.А. Охорона здоров'я дітей та підлітків. Частина II. Попередження дитячих захворювань : навч.-метод. пос. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2009. 208 с.

68. Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков при работе с компьютерными видеодисплейными терминалами. Москва, 2000. 160 с.

Information about the authors:

Kolesnyk Yuliia Ivanivna,

PhD in Biology,

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko

83, Romenskaya str., Sumy, 40002, Ukraine

Sheiko Vitalii Illich,

Doctor of Biological Sciences, Professors

Professor at the Department of Human Biology and Animals

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko

83, Romenskaya str., Sumy, 40002, Ukraine