ПРИЛОЖЕНИЕ НА МОДЕЛИТЕ НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ В ДЕТСКАТА ДЕНТАЛНА МЕДИЦИНА

М. Георгиева, DMD*, П. Инджова**,
С. Мишева***

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PEDIATRIC DENTISTRY

M. Georgieva, DMD*, P. Indzhova**,
S. Misheva***

Резюме. *Осигуряването на оптималното детско здраве до голяма степен разчита на навременната диагностика, превенция и управление на здравните състояния. В последните години изкуственият интелект (от англ. AI – artificial intelligence) напредва значително, достигайки и навлизайки в области, които доскоро се считаха обект само и единствено на човешката експертиза. Капацитетът му да подобрява диагностичната точност и грижата за пациентите донесе значими промени в модерното здравеопазване. В областта на денталната медицина, в частност педиатричната, има нарастваща нужда от специалисти, които не само да осигуряват правилно лечение, но и да управляват адекватно поведението на децата. В тази връзка, настоящият обзор има за цел да разгледа потенциалните употреби на AI моделите в детската дентална медицина. Разработването на подходи за визуализиране, разбиране и изясняване на начина, по който тези системи взимат решения, ще подпомогне развитието на т. нар „explainable AI (XAI)“ (набор от методи, процеси и технологии, които позволяват на хората да разберат, проследят и да се доверят на начина, по който един модел на изкуствен интелект взема своите решения). С навлизането на AI инструменти в денталната практика, ще бъдат насърчени академичните институции да обучават бъдещите си специалисти в дигитална грамотност.*

Ключови думи: *изкуствен интелект, управление на поведението, невронна мрежа, резултати за оралното здраве, детска дентална медицина*

Summary. *Ensuring a child's optimal health relies heavily on early detection, prevention, and management of health conditions. In recent years, artificial intelligence (AI) has advanced rapidly, extending its reach into domains once considered the exclusive realm of human expertise. AI's capacity to enhance diagnostic accuracy and elevate patient care has brought transformative changes to modern healthcare. Within dentistry, especially pediatric dentistry, there is a growing need for professionals who can not only deliver effective treatment but also manage children's behavior appropriately. In light of these developments, this review aims to explore the current and potential applications of AI technologies in pediatric dental practice. Developing approaches to visualize, understand, and clarify how AI systems make decisions will support the advancement of explainable AI. As clinical AI tools are integrated into dental practice, dental education must evolve to promote digital literacy among future professionals in the field.*

Keywords: *artificial intelligence, behavior management, neural network, oral health outcomes, pediatric dentistry*

* Главен асистент, катедра „Детска дентална медиицна“, ФДМ, МУ – София.
** Студент в шести курс, ФДМ, МУ – София.
*** Студент в шести курс, ФДМ, МУ – София.

Изкуственият интелект (ИИ) се отнася до способността на компютърни системи или машини да осъществяват задачи, които обикновено отнемат много повече време, ако трябва да бъдат изпълнени от човек. Тези задачи включват обучение, разсъждение, решаване на проблеми, разбиране на език, възприятие и адаптиране към непознати ситуации. Има няколко подтипа ИИ, които се класифицират според способностите си. Един от тях е т. нар. „тесен“ ИИ (от англ. „Narrow AI“), още наричан „слаб“ (от англ. „Weak AI“), който е създаден да изпълнява конкретни задачи и функции, например лицево разпознаване, глас-към-текст конвертиране или разчитане на рентгенови снимки. Той работи с ограничен контекст и не притежава т. нар. „общ интелект“ (от англ. „General intelligence“) [1]. За разлика от него, „силният“ ИИ (от англ. „Strong AI“), още наречен „общ“ ИИ (от англ. „General AI“) се отнася до система, която може да разбира и да се учи от предишни задачи, след което да прилага наученото в широк спектър от нови задачи, много подобно на човешката когнитивност и интелект. Тази форма на ИИ обаче все още е непостигната и остава в рамките на теоретичните възможности. Най-напредналата и спекулативна форма на ИИ е т. нар. „супер интелигентна“ (от англ. „Superintelligent AI“), за която се смята, че ще надмине човешката интелигентност във всички аспекти [2].

Изкуственият интелект играе все по-важна роля в съвременната медицина, като влиянието му се разпростира във всички области, включително и в детската дентална медицина [3, 4]. В областта на стоматологията ИИ вече е демонстрирал значим потенциал в няколко основни области – откриване на заболявания от рентгенографски образи, инструменти за подпомагане на диагностичните решения, както и техники за сегментиране на рентгенови изображения, чрез което по-лесно се идентифицират конкретни орални структури [5, 6]. Системите на ИИ могат да открият кариозни лезии или лезии на орален карцином в ранните им стадии, анализирайки рентгенови образи, като по този начин подобряват диагностичната точност и минимизират възможността от човешка грешка. Освен това ИИ се използва за подобряване на яснотата и детайлността на рентгеновите снимки, което допринася за много по-точно планиране на последващо лечение [7]. Друга област към която интересът расте, е денталната роботика, при която роботизирани системи асистират в извършването на комплексни процедури много по-ефективно и с намалена инвазивност [8].

В областта на педиатричната стоматология ИИ помага за преодоляването на дългогодишни предизвикателства чрез подобряване на диагностичната прецизност и изготвянето на лечебни планове. Управлението на поведението на малки, тревожни и некооперативни пациенти е често срещан проблем сред специалистите. Във връзка с тези трудности, AI-интегрирани технологии като виртуална и добавена реалност се изследват за потенциала си да създават по-интерактивни и същевременно по-малко плашещи обстановки в денталния кабинет, редуцирайки тревожността и повишавайки кооперативността на пациентите [9]. AI-базирани системи могат да предоставят индивидуализирани насоки за подобряване на оралното здраве, съобразени с рисковия профил на детето, което ги прави особено полезни в детската дентална практика [6].

Класификация на изкуствения интелект

Машинното обучение (ML – от англ. „Machine learning“) е дял от изкуствения интелект, който позволява на компютърните системи да се обучават и да подобряват представянето си в определени задачи без да са били предварително програмирани как да се справят с конкретното задание. В детската дентална медицина ML се използва за установяване на ранни кариозни лезии и емайлови дефекти чрез анализ на клиничния статус и рентгеновите снимки, прогнозирайки риска за развитие на заболяване при пациента на базата на неговата анамнеза, възраст, хранителни навици, предишни лечения. По този начин се съставя персонализиран профилактичен план и се идентифицират децата, които в бъдеще ще бъдат по-предразположени да развият заболяване, в това число кариозни лезии, пародонтални проблеми или малоклузии.

Едно от основните приложения на ML е прогнозирането на резултатите от дадено лечение чрез анализ на пациентската история и настоящото му състояние [9]. Задълбоченото обучение (DL – от англ. „Deep learning“) е по-напреднала подструктура на ML, която използва множество слоеве от взаимносвързани променливи, с помощта на които съставя прогнози. Задълбочеността на системата се отнася точно до въпросните слоеве, които позволяват на системата да извлича и научава сложни модели от обширни набори от данни [10]. Тази техника е особено ефективна при идентифицирането на кариозни лезии на базата на радиографски изображения, благодарение на способностите на т. нар. конволюционни невронни мрежи (CNNs – от англ. Convolutional neural networks) [9].

CNNs системите се използват основно за обработка и анализ на изображения и видео материали. Те са изобретени чрез наслагване на множество компоненти: конволюциите представляват филтри, които преминават през изображението и тяхната цел е автоматично да откриват важни характеристики в изображението – прави линии, ръбове, форми и др.; пулъринг слоеве (от англ. „Pooling layers“) се поставят веднага след конволюционните такива, за да намалят размера на данните, да спестят памет и да помогнат на модела да разпознае обекта, независимо къде точно се намира той на снимката; активиращи функции ReLU (от англ. „Rectified linear unit“ – изправени линейни елементи), които са най-често използваните функции в CNNs системите, им позволяват да се научат на сложни модели, освен това им придават изключителна бързина и им помагат да обработват много сложни данни. Процесът на обработване на изображение се нарича „дълбоко наслояване/стекиране“ (от англ. „deep stacking“) и именно той позволява разчитането на рентгенографски изображения да бъде възможно [10].

Системите на изкуствения интелект имат потенциал да подпомагат специалистите в установяването на дентален биофилм и неговото сегментиране, управление на поведението на децата, идентификация на свръхбройни зъби и на ектопично пробили такива, диагностициране на кариес на ранното детство, профилактика на кариозните лезии и др.

Откриване на дентален биофилм

Откриването на зъбната плака е предизвикателство както за самото дете, така и за неговите родители, тъй като биофилмът трудно се разграничава от зъбната повърхност, особено когато е в малки количества. Клиницистите го откриват чрез използването на сонди и оцветяващи плаката агенти, като в последствие използват скали за определянето на количеството, дебелината и твърдостта на биофилма [13, 14]. Тези методи обаче разчитат особено много на доброто осветление, субективни и времеемки са, особено когато става дума за малки и некооперативни пациенти. Оцветяващите гелове и таблетки от своя страна могат да оставят неприятен вкус в устната кухина, да отключат алергична реакция или да оцветят езика, букалните повърхности и другите меки тъкани. За разлика от тези традиционни методи, AI-базираните системи са много поточни и автоматизирани, намалявайки значително опасността от човешка грешка [15].

За целта се използват интраорални камери и методи, базирани на флуоресценцията, които обследват обектите в трите равнини и по този начин откриват плаката. Отделно от тях, се използва и лазер-индуцирана автофлуоресцентна спектроскопия на цветовата наситеност, интензитет и тон, чрез които се идентифицира плаката [16]. Въпреки огромните предимства, системите са скъпи, изискват специално оборудване и все още не съществуват стандартизирани протоколи за работа [17].

Този конкретен модел на ИИ позволява на родителите да използват интраорална камера вкъщи, с помощта на която да заснемат зъбите на децата си, след което тези снимки се качват в мобилно приложение, наречено *Oral Cam*. Приложението след това показва местата с остатъчен биофилм, което подпомага родителите да поддържат добрата орална хигиена на децата си, с което се намалява рискът от развитие на кариозни лезии [12].

Deep learning системите на CNNs моделите на изкуствения интелект се обучават също да разпознават плака. В едно изследване, You et al. използват 886 интраорални снимки на съзъбия, като моделът на ИИ разпознава наличието на плака почти със същата прецизност, както опитни педиатрични стоматолози [12]. Въпреки това, има известни ограничения – например голямо значение има качеството на заснетите материали. Колкото по-ниско е то, толкова по-неясни и неточни ще бъдат резултатите.

Предимствата на тези компютъризирани модели могат много да подобрят ефективността на клиницистите, намалявайки времето за прегледа и подпомагайки зъболекаря да вземе прецизни клинични решения. Освен това, инкорпорирането на тези модели би подпомогнало създаването на индивидуализирани превантивни планове и би повишило разбирането на пациентите относно собственото им състояние и здраве [15].

Сегментиране на дентален биофилм

Сегментирането на денталния биофилм представлява компютърно-асистирана технология, която се използва за идентифицирането и изолирането на бактериалната плака от интраорални изображения. Целта е да се разграничат местата с плака и тези без, като се анализират свойствата на изображението (цвят, текстура, форма). Сегментирането премахва ненужните образи от изображенията (устни, фон) и подчертава само местата с налична плака.

Това е неинвазивна, ефективна и автоматизирана алтернатива за идентифициране на плаката. Модел, който е често използван с тази цел, е UNet Transformer, който се използва в редица проучвания. Той позволява точна, обективна и прецизна оценка в реално време на наличната плака, без да има необходимост от оцветяването ѝ [15]. Методът намалява значително дискомфорта на пациента и подобрява достъпността, особено в педиатричната и гериатричната стоматология при пациенти с намалена подвижност, хоспитализирани и с трудности за поддържане на адекватна орална хигиена [16, 17].

Управление на поведението

Хората, родени след 2010 г. са част от т. нар. „Генерация Алфа“, още наречени „Дигиталните бебета“. Между 50% и 70% от тях са започнали с използването на дигитални устройства още в предучилищна възраст и безпроблемно използват интернет [18]. Около 30% притежават таблет още на 2-годишна възраст. Те са много запознати с видео игрите, които могат много да подобрят пространствената ориентация и възприятие, но от друга страна се обвързват с по-висок риск от агресия и поведенчески проблеми. Отделно от това продължителното излагане на екрани може негативно да повлияе на слуховите и зрителните възприятия на едно дете. Във възрастта между 6 и 10 години се препоръчва максималното екранно време на ден да бъде не повече от 45–60 минути [18].

Децата, които са част от Алфа генерацията, растат в свят, в който модерните дигитални технологии са дълбоко навлезли, оформяйки различна перспектива за живота и поведението от тази на предишните поколения [19, 20]. В резултат на това има нарастваща нужда да се адаптират психологически стратегии чрез инкорпориране на дигитални устройства с цел да се управлява по-добре тревожността и некооперативното държание от страна на децата. За денталните специалисти е важно да бъдат информирани и непрекъснато да усъвършенстват уменията си в крак с технологичния напредък. Скорошни проучвания подчертават използването на смартфони, виртуална реалност, добавена реалност, изкуствен интелект, машинно обучение и роботи като ефективни дигитални методи, които могат да се използват за управление на поведението и намаляване на тревожността при млади пациенти [20].

Смартфони

Игрите на телефоните и приложенията, пригодени за деца, на дентални тематики могат да служат като модерни адаптации на Кажи-Покажи-Направи техниката. Тези инструменти запознават децата с анимирани изображения и видеоклипове на често срещани дентални процедури и инструменти, придружени със задържащи вниманието визуални и слухови ефекти. Този интерактивен подход предлага на децата визуални репрезентации на обстановката в зъболекарския кабинет, помагайки им да се запознаят с нея преди същинското посещение [21, 22].

Тези приложения не само осигуряват десенсибилизация, но и служат за разсейване по време на лечението [21, 22, 23]. Отделно от това те помагат на денталните специалисти да комуникират по-ефективно с малките пациенти чрез визуални ефекти, интегрирани в самата апликация или игра [21, 22, 23].

Скорошни проучвания потвърждават позитивните последствия от използването на тези инструменти в намаляването на страха и тревожността при децата [21, 22, 23]. Комбинацията от игри на смартфона с майчиното присъствие по време на денталното лечение показва значително по-добро държание на пациентите в сравнение с използването на конвенционални методи [23].

Роботизирани методи

Медицинските роботи се разделят на макро-, микромедицински и био роботи. Макророботите основно включват рехабилитационни (напр. умни инвалидни колички, домашни роботи за изпълняване на ежедневни нужди), операционни (напр. за мозъчни операции) и минимално инвазивни роботи, както и ендоскопски устройства. Био роботите са вид медицински такива, които могат да разбират, мислят и отсъждат по начин, по който го правят и хората [24].

Изкуственият интелект все повече се използва за подпомагане на диагностичните и прогностичните процеси, а роботизираните технологии подпомагат клиницистите в компютърно-навигираните процедури [25]. В последните години роботите много привличат вниманието и интереса на децата, особено в здравните заведения. Въпреки че са сравнително нови, хуманоидните роботи вече се използват като инструменти за технологично и психологическо разсейване, помагайки за намаляването на

стреса и тревожността у педиатричните пациенти по време на извършването на медицински процедури [26]. Докато дейностите, свързани със слушане на музика и гледане на анимационни филми, могат да намалят стреса при децата, тези форми на разсейване не са достатъчно силни, за да могат напълно да отклонят вниманието от болковите стимули [25, 26, 27]. Базирайки се на теорията за капацитета на вниманието, разсейващите стимули трябва да бъдат много по-силни от усещанията за болка, за да могат ефективно да отвлекат вниманието на децата [28]. Хуманоидните роботи са проектирани да възпроизвеждат човешкия облик и поведение. Те имат структура на тялото, подобна на тази на човек. Някои от тях притежават лица, очи и дори мимики, които им помагат да вземат участие в по-натурални и естествени взаимоотношения с хората [25]. Тези роботи обикновено притежават сложни сензори, камери, микрофони и софтуери на изкуствен интелект, които им позволяват да изпълняват функции като ходене, говорене, разбиране на език, разпознаване на лица и дори проявяване на емоции чрез анализ на обстоятелствата и данните около тях [28]. Едно изследване установява, че интеракцията между човек и робот (от англ. HRI – Human-Robot Interaction) може да се използва като разсейваща техника, която ефективно намалява детската тревожност и снижава повишения пулс, докато в същото време подобрява кооперативността по време на дентални манипулации [25].

Има най-различни хуманоидни роботи, но най-често използваните с целите на управление на поведението, са iRobiQ, които са малки автономни роботи с LCD сензорен екран и многоцветова LED-система, която им позволява да показват различни емоции като щастие, тъга, ярост, изненада. Повечето деца реагират позитивно на iRobiQ, показвайки значителен интерес. Тези открития позволяват да се направи заключение, че хуманоидните роботи могат да бъдат важни инструменти, които да намаляват тревожността, дискомфорта и отегчението у децата, както и времето, за което се извършват отделните манипулации.

Роботизираните методи предлагат по-холистичен подход, използвайки сензорни възприятия (слухови, визуални и тактилни стимулации), с помощта на които пренасочват вниманието на децата далеч от болката и по-близо до вълнуващи преживявания. Интеграцията на хуманоидни роботи по време на срещите с денталния лекар може да създаде по-успокояваща атмосфера, да намали нивата на стреса и да повиши желанието на децата да съдействат в манипулацията. Отделно от това автоматизирането на рутинни задачи като комуникацията преди лечение чрез използване на дигитални инструменти, може да помогне на детските дентални лекари да спестят време и усилия, да направят работния процес много по-ефективен и по този начин значително да се подобрят резултатите от лечение [29].

Заключение

Модерните дигитални технологии като изкуствения интелект и роботите могат да бъдат много ефективни и иновативни дигитални инструменти, които да се използват успешно в управлението на поведението на децата чрез намаляване на тревожността, страха, усещанията за болка и отегчението по време на денталните манипулации. Интегрирането на тези системи обаче се обвързва с висока сложност и цена, но и фундаментални предизвикателства, свързани със способностите на роботите да се учат и да извършват определени манипулации.

Библиография

1. Hutson M. AI glossary: Artificial intelligence, in so many words. Science. 2017; 357:19. doi: 10.1126/science.357.6346.19.
2. Janiesch C., Zschech P., Heinrich K. Machine learning and deep learning. Electron. Markets. 2021; 31:685–695. doi: 10.1007/s12525-021-00475-2.
3. Robot-assisted intraocular surgery: development of the IRISS and feasibility studies in an animal model. Rahimy E, Wilson J, Tsao TC, Schwartz S, Hubschman JP. Eye (Lond) 2013; 27:972–978. doi: 10.1038/eye.2013.105.
4. Fully automatic robot-assisted surgery for mandibular angle split osteotomy. Sun M, Chai Y, Chai G, Zheng X. J Craniofac Surg. 2020; 31:336–339. doi: 10.1097/SCS.0000000000005587.
5. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. J Dent. 2018; 77:106–111. doi: 10.1016/j.jdent.2018.07.015.
6. 3D tooth segmentation and labeling using deep convolutional neural networks. Xu X, Liu C, Zheng Y. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2019; 25:2336–2348. doi: 10.1109/TVCG.2018.2839685.
7. Deep learning-based super-resolution applied to dental computed tomography. Hatvani J, Horváth A, Michetti J, Basarab A, Kouamé D, Gyöngy M. IEEE Trans Radiat Plasma Med Sci. 2019; 3:120–128.
8. Dentronics: towards robotics and artificial intelligence in dentistry. Grischke J, Johannsmeier L, Eich L, Griga L, Haddadin S. Dent Mater. 2020; 36:765–778. doi: 10.1016/j.dental.2020.03.021.

9. A deep learning approach to permanent tooth germ detection on pediatric panoramic radiographs. Kaya E, Gunec HG, Aydin KC, Urkmez ES, Duranay R, Ates HF. Imaging Sci Dent. 2022; 52:275–281. doi: 10.5624/isd.20220050.
10. Stoel BC, Staring M, Reijnierse M, van der Helm-van Mil AHM. Deep learning in rheumatological image interpretation. Nat Rev Rheumatol. 2024 Mar; 20(3): 182–195. doi: 10.1038/s41584-023-01074-5. Epub 2024 Feb 8. PMID: 38332242.
11. Objective quantification of plaque using digital image analysis. Sagel PA, Lapujade PG, Miller JM, Sunberg RJ. Monogr Oral Sci. 2000; 17:130–143. doi: 10.1159/000061638.
12. You W, Hao A, Li S, Wang Y, Xia B. Deep learning-based dental plaque detection on primary teeth: a comparison with clinical assessments. BMC Oral Health. 2020 May 13; 20(1): 141. doi: 10.1186/s12903-020-01114-6. PMID: 32404094; PMCID: PMC7222297.
13. Joseph B, Prasanth CS, Jayanthi JL, Presanthila J, Subhash N. Detection and quantification of dental plaque based on laser-induced autofluorescence intensity ratio values. J Biomed Opt. 2015; 20(4): 048001. doi: 10.1117/1. JBO.20.4.048001.
14. Volgenant CMC, Fernandez y Mostajo M, NAM R, van der Weijden FA, ten Cate JM, van der Veen MH. Comparison of red autofluorescing plaque and disclosed plaque – a cross-sectional study. Clin Oral Investig. 2016; 20(9): 2551–2558. doi: 10.1007/s00784-016-1761-z.
15. Tez, B. Ç.; Güzel, Y.; Kızıltan Eliaçık, B.B.; Aydın, Z. Deep-Learning-Based AI-Model for Predicting Dental Plaque in the Young Permanent Teeth of Children Aged 8–13 Years. Children 2025, 12, 475. https://doi.org/10.3390/children12040475.
16. Joseph, B.; Prasanth, C.S.; Jayanthi, J.L.; Presanthila, J.; Subhash, N. Detection and Quantification of Dental Plaque Based on Laser-Induced Autofluorescence Intensity Ratio Values. J. Biomed. Opt. 2015, 20, 048001.
17. Yiğit, T.; Karaaslan, F.; Yiğit, U.; Dikilitaş, A. Comparison of the Plaque Removal Efficacy of Chewable, Electric, and Manual Toothbrushes: A Randomized Clinical Trial. Süleyman Demirel Üniv. Sağlık Bilim. Derg. 2023, 14, 170–177.
18. Friedrich M. Digitale Medien und Myopiemanagement bei Kita-Kindern – Früh vorbeugen, Eltern beteiligen [Digital media and myopia management in day-care children – prevent early, involve parents].2024; vol. 6(2) 29–33 https://doi.org/10.1556/2066.2023.00051.
19. Silva MV, Bussadori SK, Santos EM, Rezende KM. Behaviour management of the contemporary child in paediatric dentistry: An overview of the research. Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr. 2021; 21: e0209.
20. Rusman NS, Ismail HN, Jaafar SM. Demand of preschool education by alpha generation on edutainment leisure in the city. Int J Built Env Sust 2019; 6: 121–8.
21. Patil VH, Vaid K, Gokhale NS, Shah P, Mundada M, Hugar SM. Evaluation of effectiveness of dental apps in management of child behaviour: A pilot study. Int J Pedod Rehabil 2017; 2: 14–8.
22. Radhakrishna S, Srinivasan I, Setty JV, Murali Krishna DR, Melwani A, Hegde KM. Comparison of three behavior modification techniques for management of anxious children aged 4–8 years. J Dent Anesth Pain Med 2019; 19:29–36.
23. Verma N, Gupta A, Garg S, Dogra S, Joshi S, Vaid P. Outcome of conventional versus digital mode of behavior modification with or without maternal presence in pediatric dental patients A pilot study. J Clin Diagn Res 2022; 16: ZC66–ZC70.
24. Dario, P.; Guglielmelli, E.; Allotta, B.; Carrozza, M.C. Robotics for medical applications. IEEE Robot. Autom. Mag. 1996, 3, 44–56. doi: 10.1109/100.540149.
25. Kasimoglu Y, Kocaaydin S, Karsli E, Esen M, Bektas I, Ince G, et al. Robotic approach to the reduction of dental anxiety in children. Acta Odontol Scand 2020; 78: 474–80. DOI: 10.1080/00016357.2020.1800084.
26. DeMore M, Cohen LL. Distraction for pediatric immunization pain: A critical review. J Clin Psychol Med Settings 2005; 12: 281–91.
27. Beran TN, Ramirez-Serrano A, Vanderkooi OG, Kuhn S. Humanoid robotics in health care: An exploration of children's and parents'emotional reactions. J Health Psychol 2015; 20: 984–9.
28. Khan, Mohammad Kamran1,2. Artificial Intelligence, Robots, Augmented, and Virtual Reality-Based Digital Modalities for Managing Anxiety and Uncooperative Behavior of Pediatric Dentistry Patients: Comprehensive Review. Archives of Medicine and Health Sciences (): 10.4103/amhs.amhs_116_24, May 19, 2025. | DOI: 10.4103/amhs.amhs_116_24.
29. Hyun E, Yoon H, Son S. Relationships between User Experiences and Children's Perceptions of the Education Robot. Paper Presented at: The 5th ACM/IEEE International Conference on Humanrobot Interaction. Osaka, JP; 2010.

Постъпила – 15.09.2026 г.
Приета за печат – 25.09.2026 г.

Адрес за кореспонденция:
д-р Милена Георгиева Георгиева
Катедра по Детска дентална медицина
Факултет по дентална медицина – София
e-mail: milena_georgieva@fdm.mu-sofia.bg

Adress for correspondence:
Dr Milena Georgieva Georgieva
Department of Paediatric Dentistry
Faculty of Dental Medicine – Sofia
e-mail: milena_georgieva@fdm.mu-sofia.bg