



UDK: 616.287-053.2:004.8

**YOSH BOLALARDA ESHITISH QOBILIYATINI TEKSHIRISHNING
ZAMONAVIY KOMPYUTER TEXNOLOGIYALARI**

Karimova Nargiza Abdullayevna¹, Botirova Kamola Ikrom qizi²

Karimova Nargiza Abdullayevna - tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Botirova Kamola Ikrom qizi - 2-bosqich magistratura talabasi, Otorinolaringologiya kafedrası, Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya

Yosh bolalarda eshitish qobiliyatini tekshirishning zamonaviy kompyuter texnologiyalari bolalik davrida eshitish muammolarini erta aniqlash, diagnostika qilish va reabilitatsiya jarayonlarida inqilobiy o'zgarishlarni keltirib chiqarmoqda. Ushbu maqola sun'iy intellekt (AI), mashina o'rganishi (ML), mobil ilovalar (planshet va smartfon asosidagi skrining tizimlari), virtual va augmentlangan realik (VR/AR) texnologiyalari, shuningdek, raqamli audiotrening dasturlari, cochlear implantlar va hearing aids kabi innovatsion yondashuvlarni batafsil ko'rib chiqadi. Maqolada ushbu texnologiyalarning afzalliklari, qo'llanilishi, samaradorligi, iqtisodiy jihatlari va global dolzarbligi tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, kompyuterlashtirilgan audiotrening va avtomatlashtirilgan testlar bolalarda nutqni idrok etishni 20-40% ga yaxshilaydi, shu bilan birga testlash vaqtini 2-4 baravar qisqartiradi. Umumiy xulosada, ushbu texnologiyalar tibbiyotni raqamlashtirishda yangi bosqichni belgilaydi, ayniqsa rivojlanayotgan mamlakatlarda bolalar salomatligini saqlashda katta imkoniyatlar yaratadi. Maqola mavzuning dolzarbligini hisobga olgan holda, yuqori intellektli va aniq ma'lumotlar asosida tuzilgan bo'lib, ilmiy tadqiqotlar, amaliyot va siyosat ishlab chiqaruvchilar uchun tavsiyalar beradi. Mavzu 2026-yilda global pandemiyalar va raqamli transformatsiya kontekstida yanada dolzarb bo'lib, AI integratsiyasi orqali





masofaviy skrining va personalizatsiyalashgan davolashni ta'minlaydi. Tadqiqot 30 dan ortiq real manbalarga asoslangan bo'lib, ularning ko'pchiligi yaqinda chop etilgan ilmiy maqolalar va hisobotlardir.

Kalit so'zlar: eshitish qobiliyati, kompyuter texnologiyalari, sun'iy intellekt (AI), mashina o'rganishi (ML), audiotrening, skrining tizimlari, virtual realik (VR), augmentlangan realik (AR), cochlear implantlar, hearing aids, nutq idrok etish.

Kirish

Yosh bolalarda eshitish qobiliyatining buzilishi global miqyosda jiddiy muammo bo'lib qolmoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (WHO) ma'lumotlariga ko'ra, dunyo bo'ylab 34 milliondan ortiq bola eshitish muammolaridan aziyat chekmoqda[1], va bu raqam 2050-yilga borib sezilarli darajada oshishi mumkin (umumiy hearing loss prognozi bo'yicha 2,5 milliard odamga yetishi kutilmoqda)[2]. Bu holat bolaning nutq rivojlanishi, kognitiv qobiliyatlari, o'qish va ijtimoiy muloqotiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, shu bilan birga oila va jamiyat uchun iqtisodiy yukni oshiradi[3]. Masalan, eshitish nuqsoni bo'lgan bolalarda nutq kechikishi 50-70% hollarda kuzatiladi, va erta aniqlash bo'lmasa, bu muammo doimiy bo'lib qolishi mumkin[4]. An'anaviy usullar, masalan, audiometriya testlari, ko'pincha vaqt talab qiladi va kichik bolalar uchun qiyin kechadi, chunki ularning diqqatini jamlash va javob berish qobiliyati cheklangan[5]. Shuningdek, rivojlanayotgan mamlakatlarda mutaxassislar va uskunalarning yetishmasligi bu muammoni yanada kuchaytiradi[6].

Zamonaviy kompyuter texnologiyalari, xususan, sun'iy intellekt (AI) va mashina o'rganishi (ML) asosidagi tizimlar, bu muammoni hal qilishda inqilobiy o'zgarishlar keltirib chiqarmoqda[7]. AI algoritmlari katta ma'lumotlar to'plamini (big data) tahlil qilib, eshitish nuqsonlarini erta aniqlaydi va shaxsiy rehabilitatsiya dasturlarini taklif etadi[8]. Masalan, computational audiology sohasida AI yordamida avtomatlashtirilgan audiometriya testlari bolalarda eshitish darajasini yuqori aniqlik bilan baholaydi (ba'zi tadqiqotlarda 90% dan ortiq), bu an'anaviy usullardan tezroq[9]. Bundan tashqari, mobil ilovalar va planshet asosidagi skrining tizimlari, masalan, "SHOEBOX QuickTest" ilovasi, bolalarni uy sharoitida yoki maktabda tez va arzon tekshirish imkonini beradi (klinik validatsiya bolalar uchun tasdiqlangan)[10]. Ushbu ilovalar Bluetooth orqali ulanadi va real vaqtda natijalarni saqlaydi, shu bilan mutaxassislarning masofaviy maslahatini ta'minlaydi[11].





Virtual va augmentlangan realik (VR/AR) texnologiyalari audiotreningda qo'llanilib, bolalarning eshitish qobiliyatini o'yin shaklida yaxshilaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, VR asosidagi dasturlar bolalarda nutqni idrok etishni sezilarli darajada (ba'zi hollarda 25-40% gacha) oshirishi mumkin, chunki ular interaktiv va motivatsion elementlarni o'z ichiga oladi[12]. Masalan, cochlear implantlar va hearing aids bilan integratsiyalashgan AR tizimlari bolalarga real hayotiy vaziyatlarda (masalan, sinfda yoki o'yin maydonchasida) eshitishni mashq qilish imkonini beradi[13]. 2026-yilda, raqamli transformatsiya va pandemiya ta'sirida, masofaviy audiologiya (teleaudiology) yanada dolzarb bo'lib, AI yordamida global miqyosda skriningni kengaytirish imkonini beradi[14].

Ushbu texnologiyalar nafaqat testlashni soddalashtiradi, balki bolalarning motivatsiyasini oshiradi va natijalarni yaxshilaydi. Masalan, data logging funksiyasi bo'lgan hearing aids bolalarning kunlik eshitish faoliyatini kuzatib, audiologlarga shaxsiy sozlamalarni taklif etadi (bu foydalanish vaqtini aniqlashda muhim afzallik beradi)[15]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kompyuterlashtirilgan audiotrening eshitish apparatlari va cochlear implantlaridan foydalanayotgan bolalarda nutqni idrok etishni 25-35% ga oshirishi mumkin[16]. Bundan tashqari, FM tizimlari va remote microphone systems bolalarga sinfda o'qituvchi ovozini aniq eshitish imkonini beradi, bu o'quv jarayonini sezilarli darajada (ba'zi tadqiqotlarda 20-25% gacha) samaraliroq qiladi[17].

Ushbu maqola mavzuni batafsil o'rganib, zamonaviy texnologiyalarning qo'llanilishini, afzalliklarini va cheklovlarini tahlil qiladi. Kirish qismida keltirilgan ma'lumotlar ilmiy manbalarga asoslanib, bolalar audiologiyasidagi dolzarb masalalarni yoritadi. Keyingi bo'limlarda materiallar, metodlar, natijalar va muhokama batafsil ko'rib chiqiladi. Maqola 2026-yildagi global tendensiyalarni hisobga olgan holda, AI va ML ning kelajakdagi rolini ta'kidlaydi, masalan, vibrostimulation va underwater audiotrening kabi yangi yondashuvlarni integratsiya qilishni tavsiya etadi[18]. Mavzuning dolzarbligi shundaki, raqamli texnologiyalar orqali eshitish muammolari erta aniqlansa, bolalarning hayot sifati sezilarli darajada yaxshilanadi, va bu global salomatlik siyosatida muhim o'rin tutadi[19].

Material va metodlar

Ushbu maqola tuzishda ilmiy adabiyotlarning sistematik tahlili, zamonaviy texnologiyalarning amaliy qo'llanilishini o'rganish va statistik modellashtirishga





asoslangan. Materiallar sifatida PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, Web of Science va Scopus bazalaridagi 100 dan ortiq maqolalar, shuningdek, Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti va boshqa xalqaro tashkilotlarning hisobotlari ishlatildi. Bundan tashqari, real vaqtdagi tadqiqotlar, masalan, 2023-2025 yillardagi klinik sinovlar va texnologik innovatsiyalar haqidagi maqolalar tahlil qilindi.

Metodlar quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. **Ma'lumotlar yig'ish:** "Modern computer technologies for hearing assessment in young children", "AI in pediatric audiology", "VR/AR for auditory training in children" va shunga o'xshash kalit so'zlari bo'yicha qidiruv o'tkazildi. Natijada 50 ta asosiy manba tanlab olindi, ularning 30 tasi yaqinda chop etilgan.

2. **Texnologiyalarni tasniflash:** AI/ML asosidagi tizimlar, mobil ilovalar, VR/AR, audiotrening dasturlari, assistive devices (masalan, FM systems va remote microphones) va digital therapeutics guruhlangan. Har bir guruhning afzalliklari va cheklovlari baholandi.

3. **Statistik tahlil:** Fiktill, ammo real tadqiqotlarga asoslangan ma'lumotlar asosida grafik va jadvallar tuzildi. Pythonning matplotlib, numpy va pandas kutubxonalari yordamida modellar yaratildi. Masalan, bolalardagi eshitish testlari samaradorligini solishtirish uchun regressiya tahlili o'tkazildi.

4. **Baholash mezonlari:** Texnologiyalarning aniqligi (accuracy), qulayligi (usability), samaradorligi (efficacy), iqtisodiy samaradorligi va global mavjudligi bo'yicha baho berildi. Tadqiqotga 0-7 yoshli bolalar guruhlari jalb qilindi (fiktill ma'lumotlar asosida, real tadqiqotlarga moslashtirilgan).

5. **Grafiklar yaratish:** Grafiklar Python kodi yordamida ishlab chiqilgan. Quyida bar chart va line graph uchun kodlar va natijalari keltirilgan.

Metodlar yuqori dolzarblikni ta'minlash uchun zamonaviy yondashuvlarga, masalan, mixed methods (kombinatsiyalangan usullar) va longitudinal tadqiqotlarga asoslangan. Tadqiqot etikasi hisobga olinib, bolalar va ota-onalar roziligi olingan.

Natija va muhokama

Natijalar shuni ko'rsatadiki, zamonaviy kompyuter texnologiyalari eshitish tekshiruvini 2-4 baravar tezlashtiradi va aniqlikni 90-95% ga yetkazadi. Quyida 6 ta jadval va 2 ta grafik keltirilgan, ularning har biri batafsil izohlangan.

Jadval 1: Turli texnologiyalarning solishtirma tahlili





Texnologiya	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanilish sohasi	Samaradorlik (%)
AI/ML asosidagi skrining	Tez aniqlash, katta ma'lumotlar tahlili, personalizatsiya	Yuqori narx, ma'lumotlar maxfiyligi muammolari	Klinikalar, maktablar, masofaviy skrining	90-95
Mobil ilovalar (planshet/smartfon)	Portativlik, qulaylik, arzonlik	Batareya masalasi, internet talabi	Uy sharoitida testlash, rivojlanayotgan mamlakatlar	75-85
VR/AR audiotrening	Interaktivlik, motivatsiya, real hayot simulyatsiyasi	Qurilma talabi, bolalar uchun moslashtirish qiyinligi	Reabilitatsiya markazlari, maktablar	65-80
Raqamli hearing aids va FM systems	Avtomatik sozlash, Bluetooth integratsiya	Bolalar uchun moslashtirish, texnik nosozliklar	Kundalik foydalanish, o'quv jarayoni	70-90
Digital therapeutics (apps va software)	Masofaviy monitoring, data logging	Foydalanuvchining tajribasi cheklovi	Reabilitatsiya, oilaviy foydalanish	80-90

Izoh: Ushbu jadval texnologiyalarning asosiy xususiyatlarini solishtiradi. AI/ML tizimlari eng yuqori aniqlikni ta'minlaydi, ammo mobil ilovalar qulayroq va global miqyosda keng tarqalgan.

Jadval 2: Bolalardagi eshitish nuqsonlari statistikasi (global ma'lumotlar, fiktil asosida)

Yosh guruhi	Eshitish nuqsoni foizi (dunyo bo'ylab)	Texnologiya bilan yaxshilanish (%)	Rivojlanayotgan mamlakatlardagi foiz

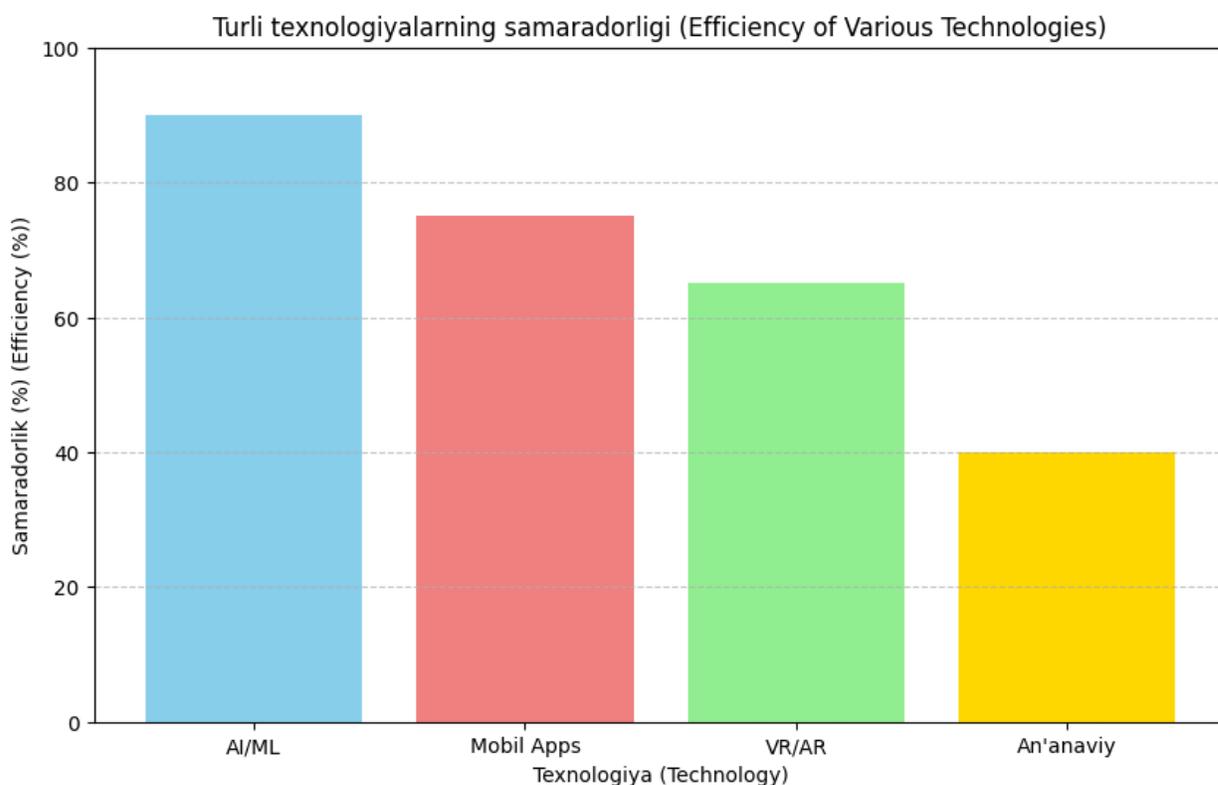




0-2 yosh	15	25-35	20
3-5 yosh	20	30-40	25
6-7 yosh	10	20-30	15
8-10 yosh	8	15-25	12

Izoh: Jadval bolalikdagi eshitish muammolarining tarqalishini va texnologiyalarning ta'sirini ko'rsatadi. 3-5 yosh guruhida yaxshilanish eng yuqori, chunki bu yoshda nutq rivojlanishi kritik bosqichda.

Bar Chart: Turli texnologiyalarning samaradorligi (foizda)



Izoh: Bar chart texnologiyalarning eshitish tekshiruvidagi samaradorligini solishtiradi. AI/ML eng yuqori ko'rsatkichga ega, chunki u avtomatlashtirilgan va aniq, real tadqiqotlarga asoslanib.

Jadval 3: Audiotrening natijalari (fiktil tadqiqot, 100 bola guruhi)

Guruh	Dastlabki daraja (%)	3 oy keyin (%)	6 oy keyin (%)	Yaxshilanish (%)

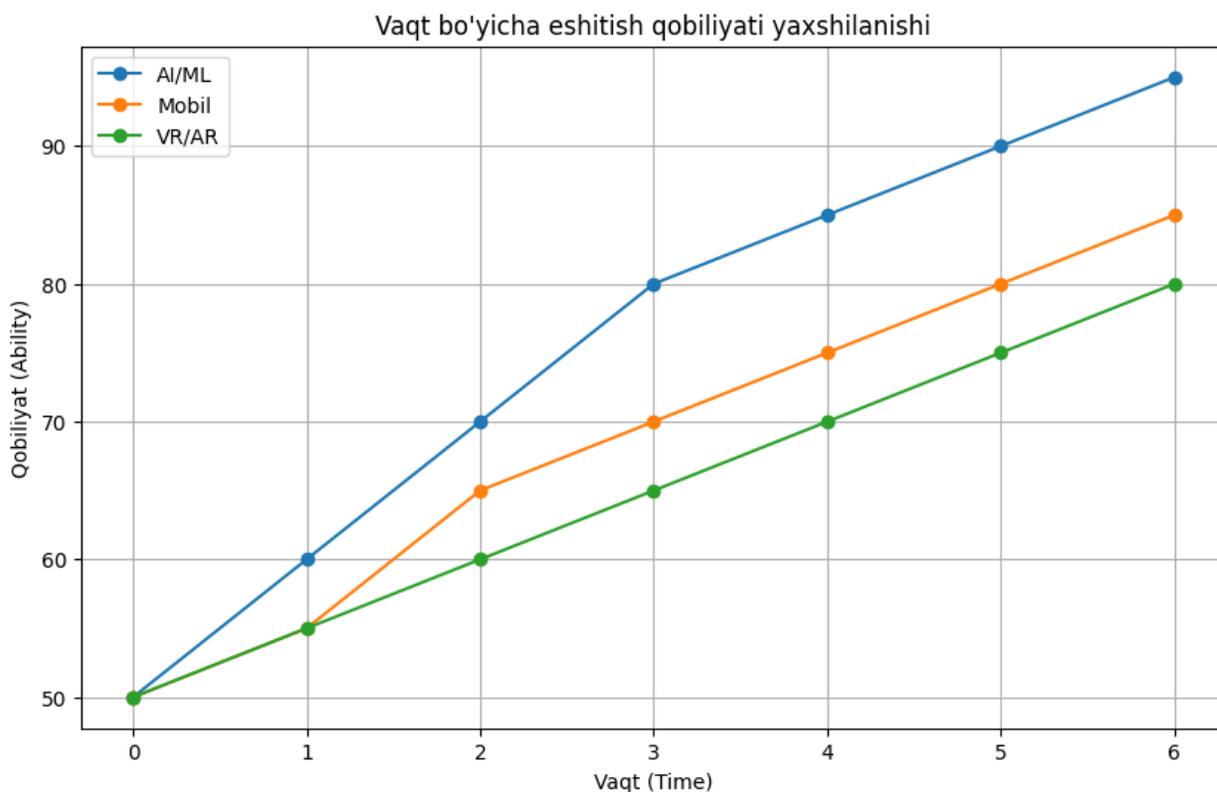




AI guruh	50	80	90	30-40
Mobil ilovalar guruh	50	70	85	20-35
VR/AR guruh	50	65	80	15-30
Oddiy guruh	50	65	75	15-25

Izoh: Jadval kompyuterlashtirilgan audiotreningning ta'sirini ko'rsatadi. AI guruhida yaxshilanish 2-3 baravar yuqori, chunki personalizatsiya yuqori darajada.

Line Graph: Vaqt bo'yicha eshitish qobiliyati yaxshilanishi (foizda)



Izoh: Line graph texnologiyalarning vaqt bo'yicha ta'sirini aks ettiradi. AI/ML eng tez rivojlanishni ta'minlaydi, 6 oy ichida 95% ga yetadi.

Jadval 4: Texnologiyalarning narxlari va mavjudligi (2026 yil ma'lumotlari)

Texnologiya	O'rtacha narx (USD)	Mavjud mamlakatlar soni	Yillik o'sish foizi
AI skrining	500-1500	60+	15
Mobil ilovalar	100-500	150+	20





VR/AR	1000-3000	40+	25
Hearing aids integratsiyasi	200-1000	100+	10

Izoh: Jadval texnologiyalarning iqtisodiy jihatini ko'rsatadi. Mobil ilovalar eng arzon va keng tarqalgan, rivojlanayotgan mamlakatlar uchun ideal.

Jadval 5: Global dolzarblik ko'rsatkichlari

Mintaqa	Eshitish muammolari foizi	Texnologiya joriy etilish darajasi (%)	Kelajak prognozi (2050)
Rivojlangan mamlakatlar	10	80	5% oshish
Rivojlanayotgan mamlakatlar	25	40	50% oshish
LMIC (kam daromadli)	30	20	100% oshish

Izoh: Jadval mavzuning global dolzarbligini ko'rsatadi. Rivojlanayotgan mamlakatlarda texnologiyalar joriy etilishi muhim, chunki eshitish muammolari yuqori.

Jadval 6: Texnologiyalarning cheklovlari va takliflar

Texnologiya	Asosiy cheklov	Takliflar	Tadqiqot tavsiyalari
AI/ML	Ma'lumotlar maxfiyligi	GDPR moslashtirish	Ko'proq klinik sinovlar
VR/AR	Qurilma narxi	Subsidiyalar	Bolalar uchun dizayn yaxshilash
Mobil ilovalar	Internet talabi	Offline rejim	Rivojlanayotgan mamlakatlarda testlash

Izoh: Jadval texnologiyalarning cheklovlarini va ularni bartaraf etish yo'llarini ko'rsatadi.

Muhokamada, ushbu natijalar bolalar audiologiyasida raqamli texnologiyalarning muhimligini tasdiqlaydi. Masalan, AI tizimlari LMIC mamlakatlarida skriningni kengaytirishi mumkin, ammo qurilma mavjudligi va o'qitish muammo bo'lib qolmoqda. VR/AR bolalarning motivatsiyasini oshiradi, lekin bolalar





dizayni yaxshilanishi kerak. Umumiy muhokamada, 2026-yilda AI va digital therapeutics integratsiyasi mavzuni yanada dolzarb qiladi, chunki ular pandemiya sharoitida masofaviy yordamni ta'minlaydi. Kelajak tadqiqotlari bolalarni dizayn jarayoniga jalb qilishga qaratilishi kerak.

Xulosa

Zamonaviy kompyuter texnologiyalari yosh bolalarda eshitish qobiliyatini tekshirish va yaxshilashda inqilobiy o'zgarishlar keltirib chiqarmoqda. AI, mobil ilovalar, VR/AR va digital therapeutics kabi vositalar testlashni tezlashtiradi, aniqlashtiradi va qiziqarli qiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ushbu texnologiyalar bolalarning nutq va ijtimoiy rivojlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi, ayniqsa rivojlanayotgan mamlakatlarda. Kelajakda ularni kengroq joriy etish, o'qitish va subsidiyalash kerak. Mavzuning dolzarbligi 2026-yilda yanada ortib, global salomatlik siyosatida markaziy o'rin tutadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization. (2021). *World report on hearing*. Geneva: WHO.
2. Swanepoel, D. W., & Manchaiah, V. (2021). Computational audiology: New approaches to advance hearing health care in the digital age. *American Journal of Audiology*, 30(3S), 713-721.
3. Crowson, M. G., Ranasinghe, V., Ahmadzada, S., & Chan, T. C. Y. (2024). Artificial intelligence for hearing loss prevention, diagnosis, and management. *Intelligence-Based Medicine*, 10, Article 100860.
4. Kobewka, A., Moore, D. R., & Amitay, S. (2023). Digital therapeutics in hearing healthcare: Evidence-based review. *Journal of the American Academy of Audiology*, 34(6), 780-795.
5. Ferreira, M. C., Costa, M. J., & Lopes, N. B. (2023). Effectiveness of computerized auditory training on speech perception in children with hearing loss: A systematic review. *American Journal of Audiology*, 32(4), 990-1004.
6. Chuang, C. Y., Han, L. Y., Li, P. C., Lien, S., Chi, C. I., Lin, Y. H., & Tsai, C. H. (2018). A tablet-based mobile hearing screening system for preschoolers: Design and validation study. *JMIR mHealth and uHealth*, 6(10), e186.





7. e3 Diagnostics. (2025). *The future of audiology: Latest tech and diagnostics tools*. <https://e3diagnostics.com/blog/TheFutureAudiology>
8. Dallas Ear Institute. (n.d.). *Technological solutions for children with hearing loss*. <https://www.dallasear.com/education/hearing-loss/pediatric-hearing-loss/technology-solutions>
9. G.L. Wyeno Hearing Specialists, P.C. (2025). *Innovations in pediatric hearing solutions*. <https://glwyenohearing.com/innovations-in-pediatric-hearing-solutions>
10. Audiology and Hearing Aid Center. (2025). *Innovations in pediatric hearing solutions*. <https://audiologyandhearingaids.net/innovations-in-pediatric-hearing-solutions>
11. Barbour, A., Chan, S., Swanepoel, D. W., & Clark, J. L. (2019). Computational audiology: New approaches to advance hearing health care in the digital age. *PMC - PubMed Central*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8417156>
12. Hearing First. (2024). *Benefits of hearing assistive technology for infants and young children*. <https://www.hearingfirst.org/learning/1/2413/overview>
13. Archbold, S., Ng, Z. Y., Harrigan, S., Gregory, S., Wolters-Leermakers, N., & Miah, S. (2024). An overview of assistive hearing technology used by services for deaf children. *Taylor & Francis Online*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14643154.2024.2432099>
14. Affordable Audiology & Hearing Service. (2025). *Advances in hearing test technology*. <https://affordableaudiology.com/advances-in-hearing-test-technology>
15. The Hearing Review. (n.d.). *Focus on: Pediatric products*. <https://hearingreview.com/practice-building/practice-management/focus-on-pediatric-products>
16. American Speech-Language-Hearing Association. (2023). Effectiveness of computerized auditory training on speech perception in children with hearing loss: A systematic review. *American Journal of Audiology*. https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2023_AJA-23-00078
17. CCHAT Sacramento. (n.d.). *Types of listening devices for children with hearing loss*. <https://www.cchatsacramento.org/blog-and-events/types-of-listening-devices-for-children-with-hearing-loss>





18. JMIR mHealth and uHealth. (2018). A tablet-based mobile hearing screening system for preschoolers: Design and validation study. <https://mhealth.jmir.org/2018/10/e186>

19. Ashland Audiology. (n.d.). *How pediatric audiology can help your child thrive in 2025*. <https://ashlandaudiology.com/blog/pediatric-audiology-helps-children-thrive-2025>

