

TISH KARIYESINI ERTA TASHXISLASHDA ZAMONAVIY KLINIK VA INSTRUMENTAL USULLARNING DIAGNOSTIK SAMARADORLIGI

Namozova Munira Sirojiddinova

Termiz iqtisodiyot va servis universiteti Terapevtik stomatologiya yo'nalishi talabasi

Pardayev Anvar Misirovich

Termiz iqtisodiyot va servis universiteti Stomatologiya fanlar kafedrası mudiri

Annotatsiya. Tish kariyesini boshlang'ich, kavitasiyasiz bosqichda aniqlash emal va dentin to'qimalarini maksimal darajada saqlashga qaratilgan profilaktik va minimal invaziv stomatologiyaning asosiy shartlaridan biridir. Mazkur maqolada tish kariyesini erta tashxislashda qo'llaniladigan zamonaviy klinik va instrumental usullarning diagnostik imkoniyatlari adabiyotlar tahlili asosida qiyosiy baholandi. Vizual-taktil tekshiruv va International Caries Detection and Assessment System (ICDAS), bitewing rentgenografiya, lazer va yorug'likka asoslangan floresans usullari, optik va yaqin infraqizil transillyuminatsiya, optik kogerent tomografiya, elektr o'tkazuvchanligi/impedans o'lchovlari hamda sun'iy intellekt yordamidagi tasvir tahlili ko'rib chiqildi. Dalillar vizual tekshiruvning birlamchi skrining usuli sifatidagi yetakchi o'rnini saqlab qolishini, bitewing rentgenografiya ayniqsa aproksimal yuzalarda klinik tekshiruvni to'ldirishini, non-ionlashtiruvchi optik texnologiyalar esa ayrim klinik vaziyatlarda erta demineralizatsiyani aniqlash va dinamik kuzatishda foydali bo'lishini ko'rsatadi. Biroq hech bir instrumental usul klinik baholashni to'liq almashtirmaydi; eng yuqori diagnostik qiymat bemorning kariyes xavfi, lezyon joylashuvi va faoliyatini hisobga olgan multimodal yondashuvda kuzatiladi.

Kalit so'zlar: tish kariyesi, erta tashxis, ICDAS, bitewing rentgenografiya, lazer floresans, QLF, NIR transillyuminatsiya, optik kogerent tomografiya, elektr impedans, sun'iy intellekt.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ КЛИНИЧЕСКИХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ КАРИЕСА ЗУБОВ

Аннотация. Выявление кариеса зубов на ранней, докавитационной стадии является ключевым условием профилактической и минимально инвазивной стоматологии, направленной на максимальное сохранение тканей зуба. В статье на основе анализа современной литературы проведено сравнительное рассмотрение

диагностических возможностей клинических и инструментальных методов раннего выявления кариеса. Проанализированы визуально-тактильное обследование и система ICDAS, bitewing-рентгенография, лазерная и световая флуоресценция, оптическая и ближняя инфракрасная трансиллюминация, оптическая когерентная томография, методы электрической проводимости/импеданса, а также анализ изображений с применением искусственного интеллекта. Современные данные подтверждают, что визуальное обследование остается методом первого выбора, а bitewing-рентгенография особенно полезна как дополнительный метод при диагностике проксимальных поражений. Неинвазивные оптические технологии могут повысить выявляемость ранней деминерализации и пригодны для динамического наблюдения, однако ни одна из них не должна рассматриваться как самостоятельная замена клиническому осмотру. Наиболее рациональным является мультимодальный подход с учетом риска кариеса, локализации и активности поражения.

Ключевые слова: кариес зубов, ранняя диагностика, ICDAS, bitewing-рентгенография, лазерная флуоресценция, QLF, NIR-трансиллюминация, оптическая когерентная томография, электрический импеданс, искусственный интеллект.

DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF MODERN CLINICAL AND INSTRUMENTAL METHODS FOR EARLY DENTAL CARIES DETECTION

Abstract. Detection of dental caries at an early, non-cavitated stage is a fundamental requirement of preventive and minimally invasive dentistry because it allows tooth structure to be preserved and enables non-operative management. This article comparatively evaluates contemporary clinical and instrumental approaches to early caries detection on the basis of current evidence. Visual-tactile examination and the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS), bitewing radiography, laser- and light-induced fluorescence, optical and near-infrared transillumination, optical coherence tomography, electrical conductance/impedance methods, and artificial-intelligence-assisted image analysis are reviewed. Current evidence supports visual examination as the first-line method, with bitewing radiography providing important complementary information, particularly for proximal lesions. Non-ionising optical technologies may improve recognition of early demineralisation and support longitudinal monitoring in selected situations, while AI may enhance image interpretation but remains dependent on data quality, validation and clinical oversight. No single device can replace

clinical judgement; the highest diagnostic value is achieved through a risk-based, multimodal strategy that integrates lesion site, activity and patient-level caries risk.

Keywords: *dental caries, early diagnosis, ICDAS, bitewing radiography, laser fluorescence, QLF, NIR transillumination, optical coherence tomography, electrical impedance, artificial intelligence.*

Kirish

Tish kariyesi biologik jihatdan dinamik, biofilm bilan bog‘liq va ovqatlanish omillari ta’sirida kechadigan demineralizatsiya–remineralizatsiya muvozanatining buzilishi bilan tavsiflanadigan jarayondir. Kasallikning klinik ahamiyati faqat kavita hosil bo‘lganda emas, balki emal yuzasida mineral yo‘qotilishi boshlangan dastlabki bosqichlarda ham mavjud. Aynan shu davrda lezyonning rivojlanishini to‘xtatish yoki remineralizatsiyani kuchaytirish imkoniyati yuqori bo‘ladi. Shuning uchun zamonaviy terapevtik stomatologiyada diagnostikaning maqsadi “kavita bor yoki yo‘q” degan ikkilik xulosadan ko‘ra kengroq bo‘lib, lezyonning mavjudligi, og‘irlik darajasi, chuqurligi, faolligi va kelgusidagi progressiya xavfini aniqlashga qaratiladi [1,2].

An’anaviy klinik tekshiruv tajribali shifokor uchun tez, iqtisodiy va amaliy usul bo‘lsa-da, erta, ayniqsa aproksimal yoki okklyuzal fissuralarda yashirin joylashgan demineralizatsiyani aniqlashda cheklovlarga ega. Rentgenografiya esa mineral yo‘qotilishi ma’lum darajaga yetgandan keyin o‘zgarishni aniqroq ko‘rsatishi mumkin, biroq ionlashtiruvchi nurlanishdan foydalanadi va emalning juda erta o‘zgarishlarida sezgirligi cheklanishi mumkin. Shu sababli so‘nggi o‘n yilliklarda floresans, transillyuminatsiya, yaqin infraqizil tasvirlash, optik kogerent tomografiya, elektr impedans va raqamli tasvirlarni sun’iy intellekt yordamida tahlil qilish kabi yordamchi texnologiyalar keng rivojlandi [3–8].

2024-yilda ORCA va European Federation of Conservative Dentistry ekspertlari tomonidan ishlab chiqilgan konsensus tavsiyalari klinik jihatdan kirish mumkin bo‘lgan yuzalarda kariyesni aniqlash va baholash uchun vizual tekshiruvni birinchi tanlov usuli sifatida tavsiya qiladi. Intraoral rentgenografiya, afzal ravishda bitewing proyeksiyasi, qo‘shimcha usul sifatida ko‘riladi; non-ionlashtiruvchi yordamchi diagnostik vositalar esa tanlangan klinik vaziyatlarda foydali bo‘lishi mumkin [1]. Bu yondashuv zamonaviy diagnostikada bitta “eng yaxshi qurilma”ni izlashdan ko‘ra, klinik vaziyatga mos algoritm tuzish zarurligini ko‘rsatadi.

Mazkur maqolaning maqsadi tish kariyesini erta tashxislashda qo‘llaniladigan zamonaviy klinik va instrumental usullarning diagnostik samaradorligini adabiyotlar asosida tahlil qilish, ularning kuchli va zaif tomonlarini qiyoslash hamda terapevtik

stomatologiya amaliyoti uchun dalillarga asoslangan diagnostik yondashuvni shakllantirishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili

Mazkur ish narrativ ilmiy sharh shaklida tayyorlandi. Tahlilda kariyesni erta aniqlash bo'yicha sistematik sharhlar, diagnostik testlar aniqligi bo'yicha Cochrane tadqiqotlari, xalqaro konsensus hujjatlari va raqamli diagnostik texnologiyalar bo'yicha so'nggi sharhlar ustuvor manba sifatida olindi. Qidiruv konsepsiyasi "early dental caries detection", "ICDAS", "bitewing radiography", "fluorescence", "near-infrared transillumination", "optical coherence tomography", "electrical conductance", "artificial intelligence" tushunchalarini qamrab oldi. Natijalarni talqin qilishda sezgirlik, xoslik, takrorlanuvchanlik, klinik qo'llanish qulayligi, nurlanish xavfsizligi va usulning lezyon chuqurligini baholash imkoniyati asosiy mezonlar sifatida ko'rib chiqildi.

Vizual-taktil diagnostika kariyes aniqlashning asosiy klinik ustunidir. ICDAS tizimi tish yuzasini tozalash va quritishdan so'ng vizual belgilarga tayangan holda sog'lom holatdan keng kavitasiyagacha bo'lgan o'zgarishlarni bosqichma-bosqich kodlash imkonini beradi. ICDASning afzalligi non-kavitasiyalangan lezyonlarni ham qayd etishi, klinik amaliyot, ta'lim, epidemiologiya va tadqiqotlar uchun umumiy til yaratishidir [8]. Biroq natija yoritish, yuzani quritish sifati, operator tayyorgarligi va diagnostik mezonlarga rioya etishga bog'liq. Cochrane sharhi vizual tasniflash tizimlari erta kariyes diagnostikasida foydali ekanini, ammo tadqiqotlar orasida metodologik heterogenlik va mukammal referens standartning yo'qligi aniqlik baholarini murakkablashtirishini ko'rsatgan [3].

Rentgenografik tekshiruv, ayniqsa bitewing proyeksiyasi, klinik ko'rikda bevosita ko'rinmaydigan aproksimal lezyonlarni aniqlash uchun muhim yordamchi usuldir. Uning asosiy ustunligi emal-dentin chegarasiga va dentinga tarqalish darajasini taxminiy baholash imkonidir. Shu bilan birga, rentgen tasvir ikki o'lchamli bo'lgani, anatomik strukturalar ustma-ust tushishi va erta mineral yo'qotilishi har doim ham ko'rinmasligi sababli lezyon chuqurligi noto'g'ri baholanishi mumkin. Cochrane tahlilida oddiy va raqamli rentgen tasvirlari erta emal lezyonlarini aniqlashda mukammal test emasligi, CBCT ayrim sharoitlarda yuqoriroq sezgirlik ko'rsatishi mumkin bo'lsa-da, odatiy kariyes diagnostikasi uchun yuqori nurlanish yuklamasi sababli mos emasligi qayd etilgan [4]. 2026-yilgi ADA/AAOMR tavsiyalari ham dental tasvirlash faqat klinik zarurat mavjud bo'lganda individual ko'rsatma asosida buyurilishi kerakligini ta'kidlaydi [12].

Floresansga asoslangan qurilmalar kariyes jarayonida tish qattiq to'qimalari va bakterial metabolitlar optik xususiyatlarining o'zgarishidan foydalanadi. Lazer floresans qurilmalarida sonli ko'rsatkich olinadi; quantitative light-induced fluorescence (QLF) esa floresans yo'qolishi orqali demineralizatsiya maydoni va dinamikasini baholashga imkon beradi. Bunday usullar ionlashtiruvchi nurlanishsiz ishlashi va takroriy monitoring uchun qulayligi bilan jozibador. Ammo pigmentlar, tish toshi, biofilm, qurish darajasi, restavratsiyalar va qurilma kalibrovkasi natijaga ta'sir qilishi mumkin. Cochrane sharhi floresans qurilmalarini istiqbolli yordamchi vosita sifatida ko'rsatgan bo'lsa-da, ularning aniqligi klinik vaziyatga va diagnostik chegaraga sezilarli bog'liq bo'lib, mustaqil "yakuniy tashxis" usuli sifatida qo'llash uchun ehtiyotkorlik talab etiladi [5].

Transilyuminatsiya tish to'qimasidan o'tuvchi yorug'likning sochilish va yutilish xususiyatlariga asoslanadi. Klassik FOTI va raqamli DIFOTI tizimlari bilan bir qatorda yaqin infraqizil (NIR) diapazondagi qurilmalar aproksimal demineralizatsiyani ionlashtiruvchi nurlanishsiz tasvirlash imkonini beradi. NIRning amaliy afzalligi qayta-qayta tasvir olishda radiatsion cheklov yo'qligidir. Cochrane sharhi transilyuminatsiya va OCT texnologiyalarining erta emal kariyesini aniqlashda salohiyatini qayd etgan, biroq tadqiqotlar o'rtasidagi farqlar va referens standartlar muammosi sababli qat'iy universal aniqlik ko'rsatkichlarini belgilash qiyinligini ko'rsatgan [6]. Keyingi klinik tadqiqotlarda NIR texnologiyasi ayniqsa aproksimal lezyonlarni tasvirlashda istiqbolli bo'lib qolmoqda, lekin natijalar tish turi, dentitsiya va lezyon chuqurligiga qarab farq qiladi [10].

Optik kogerent tomografiya (OCT) past koherentli yorug'lik interferometriyasidan foydalanib, tish to'qimasining optik kesimini hosil qiladi. Nazariy jihatdan OCT emalning mikrostrukturaviy o'zgarishlarini va lezyon chuqurligini nisbatan yuqori aniqlikda baholash imkoniyatiga ega. Biroq apparat narxi, tasvirlarni talqin qilish murakkabligi va klinik protokollarning yetarlicha standartlashtirilmaganligi uni hozircha kundalik amaliyotdan ko'ra ilmiy va ixtisoslashtirilgan diagnostikaga yaqinlashtiradi [6,10].

Elektr o'tkazuvchanligi va impedans usullari sog'lom va demineralizatsiyalangan tish to'qimalarining elektr xususiyatlari farqiga asoslanadi. Mineral yo'qotilishi va g'ovaklik ortishi bilan suyuqlik miqdori ko'payib, elektr signali o'zgaradi. Nazariy jihatdan bu juda erta lezyonlarni qayd etishga yordam berishi mumkin. Biroq Cochrane tahlilida ushbu qurilmalar bo'yicha dalillar bazasi kam va ishonchlilik darajasi juda past ekani, yuqori sifatli klinik tadqiqotlar zarurligi qayd etilgan [7].

Raqamli stomatologiyada sun'iy intellekt kariyes diagnostikasining yangi yo'nalishiga aylandi. Chuqur o'rganish algoritmlari bitewing, periapikal, panoramik

rentgen tasvirlar, intraoral fotosuratlar va ayrim optik tasvirlarda shubhali joylarni segmentatsiya yoki klassifikatsiya qilish uchun ishlatiladi. 2025-yilgi sistematik sharh va meta-tahlilda turli AI platformalari bo'yicha natijalar sezilarli darajada o'zgaruvchan bo'lgan; meta-tahlilga kiritilgan tadqiqotlarda o'rtacha sezgirlik 76%, xoslik 91% va AUC 92% atrofida baholangan [11]. Bu natijalar AI klinik qarorni qo'llab-quvvatlashda istiqbolli ekanini ko'rsatsa-da, algoritmni boshqa populyatsiya va apparatlarda tashqi validatsiya qilish, noto'g'ri musbat va noto'g'ri manfiy natijalarni nazorat qilish hamda shifokor nazoratini saqlash zarur.

Natijalar

Tahlil qilingan dalillar erta kariyesni aniqlashda diagnostik samaradorlik "bitta qurilma" bilan emas, balki lezyon yuzasi, kasallik tarqalish chuqurligi va bemorning kariyes xavfi bilan belgilanadigan kombinatsiyalangan algoritm orqali oshishini ko'rsatdi. 2024-yilgi ORCA-EFCD konsensusida ham vizual tekshiruv birinchi tanlov, intraoral rentgenografiya esa klinik ko'rsatma bo'yicha qo'shimcha usul sifatida tavsiya etilgan; optik va boshqa non-ionlashtiruvchi vositalar muayyan vaziyatlarda yordamchi diagnostik qiymatga ega [1].

Boshlang'ich oq dog' ko'rinishidagi silliq yuzalar va bevosita ko'rinadigan okklyuzal lezyonlarda yaxshi yoritish, tishni tozalash va quritish bilan bajarilgan ICDAS tekshiruvi ko'pincha diagnostik jarayonning eng muhim bosqichidir. Aproksimal yuzalarda esa vizual imkoniyat cheklangani uchun bitewing rentgenografiya yoki NIR transillyuminatsiya klinik aniqlikni oshirishi mumkin. Fissuralarda lazer floresans vizual baholashga qo'shimcha ma'lumot berishi mumkin, ammo yuqori sonli ko'rsatkich kavita mavjudligini avtomatik ravishda anglatmaydi. QLF va ayrim optik tizimlar seriyali tasvirlar yordamida lezyonning vaqt davomida o'zgarishini monitoring qilishda ayniqsa foydali bo'lishi mumkin [5,6,10].

Keng qamrovli sistematik sharhlarda usullar bo'yicha sezgirlik va xoslik ko'rsatkichlari katta oraliqda o'zgarishi qayd etilgan. Masalan, non-kavitasiyalangan kariyes bo'yicha avvalgi sistematik tahlilda vizual, lazer floresans, rentgen, FOTI va elektr o'tkazuvchanlik metodlarining sezgirlik/xoslik diapazonlari bir-biridan ancha farq qilgan; mualliflar kasallik ta'rifi, lezyon chegarasi va referens standartlarning turlicha bo'lishini asosiy sabab sifatida ko'rsatganlar [9]. Bu holat diagnostik qurilmalarni faqat bitta "sezgirlik foizi" bilan reytinglash metodologik jihatdan noto'g'ri ekanini ko'rsatadi.

Zamonaviy texnologiyalar ichida sun'iy intellekt tasvirlarni standartlashtirilgan tarzda ko'rib chiqish, kichik radiolyutsent o'zgarishlarni belgilash va shifokorga ikkinchi fikr berish salohiyati bilan ajralib turadi. Biroq 2025-yilgi meta-tahlilda AI aniqligi

platformalar bo'yicha 41,5% dan 98,6% gacha o'zgargan, umumlashtirilgan sezgirlik 76% va xoslik 91% bo'lgan [11]. Shuning uchun AI natijasi klinik tarix, ko'rik va zarur bo'lsa qo'shimcha tasvirlash bilan integratsiya qilinishi kerak.

1-jadval. Tish kariyesini erta aniqlash usullarining qiyosiy tavsifi

Usul	Asosiy qo'llanish	Kuchli tomoni	Asosiy cheklovi	Klinik o'rni
Vizual-taktil tekshiruv / ICDAS	Kirish mumkin bo'lgan silliq, okklyuzal va boshqa yuzalar	Arzon, tez, ionlashtiruvchi nurlanishsiz; erta vizual o'zgarishlarni bosqichlaydi	Operator tajribasi, yoritish va quritishga bog'liq; aproksimal yuzada cheklangan	Birinchi tanlov usuli
Bitewing rentgenografiya	Aproksimal va yashirin lezyonlar, dentina tarqalishni taxmin qilish	Klinik ko'rikda ko'rinmaydigan lezyonlarni aniqlaydi	Ionlashtiruvchi nurlanish; juda erta emal o'zgarishlari da sezgirlik cheklanishi mumkin	Ko'rsatma bo'yicha asosiy qo'shimcha usul
Lazer floresans	Okklyuzal/f issura lezyonlari va ayrim monitoring holatlari	Tez, raqamli signal, nurlanishsiz	Pigment, biofilm, tosh va restavratsiyalardan ta'sirlanishi mumkin	Vizual tekshiruvni to'ldiradi

Usul	Asosiy qo'llanish	Kuchli tomoni	Asosiy cheklovi	Klinik o'rni
QLF	Oq dog' va silliqlik yuzadagi demineralizatsiya monitoringi	Mineral yo'qotilishini tasviriy/miqdoriy kuzatish	Standart tasvir olish va dasturiy talqin talab qiladi	Dinamik kuzatuvda foydali
FOTI/DIFOTI/ NIR	Ayniqsa aproksimal lezyonlar	Ionlashtiruvchi nurlanishsiz; takroriy tekshiruv uchun qulay	Lezyon chuqurligini baholash qurilma va sharoitga bog'liq	Tanlangan vaziyatlarda radiografiyaga qo'shimcha yoki alternativ yordamchi
OCT	Emal mikrostruktura si va lezyon chuqurligini optik baholash	Yuqori fazoviy axborot, nurlanishsiz	Qimmat, standartlashtirish va klinik interpretatsiya murakkab	Hozircha ixtisoslashgan /ilmiy qo'llanish
Elektr o'tkazuvchanlik/ impedans	Demineralizatsiya bilan bog'liqlik elektr xususiyat o'zgarishini o'lchash	Nazariy jihatdan erta o'zgarishga sezgir	Dalillar bazasi cheklangan, klinik variabellik yuqori	Yordamchi, ehtiyotkor interpretatsiya
AI yordamidagi tasvir tahlili	Rentgen va klinik/optik tasvirlarda shubhali sohalarni aniqlash	Standartlash tirish, ikkinchi fikir, katta hajmdagi tasvirlarni tez tahlil qilish	Dataset sifati, tashqi validatsiya va algoritmik xatolarga bog'liq	Shifokor nazoratidagi qaror qo'llab- quvvatlovchi vosita

Muhokama

Erta kariyes diagnostikasida asosiy klinik muammo sezgirlikni oshirish bilan birga ortiqcha tashxis qo'yish xavfini nazorat qilishdir. Juda sezgir qurilma sog'lom yoki faol bo'lmagan, barqaror lezyonni kasallik sifatida belgilasa, bemor keraksiz invaziv davolanishi mumkin. Aksincha, faqat kavita va aniq rentgen o'zgarishlarini kutish non-

operativ davolash uchun eng qulay davrni boy berishga olib keladi. Shu sababli diagnostik samaradorlikni faqat testning texnik aniqligi emas, balki uning klinik qarorni qanchalik to'g'ri o'zgartirishi bilan baholash maqsadga muvofiq.

ICDAS kabi standartlashtirilgan vizual tizimlarning kuchi shundaki, ular shifokorni tishni tozalash, quritish, har bir yuzani tizimli ko'rish va lezyon og'irligini bosqichlashga majbur qiladi. Bu diagnostik jarayonning reproduktivligini oshiradi. Biroq ICDAS kodi o'z-o'zidan lezyonning faol yoki faol emasligini to'liq hal qilmaydi; sirtning yaltiroqligi, qo'polligi, blyashka to'planish joyi va bemorning umumiy kariyes xavfi ham klinik qarorga kiritilishi kerak [1,8]. Shuning uchun "erta tashxis" tushunchasi faqat lezyonni topish emas, balki uning biologik holatini to'g'ri talqin qilishni ham anglatadi.

Bitewing rentgenografiyaning diagnostik roli ayniqsa aproksimal yuzalarda yuqori, chunki kontakt nuqtasi ostidagi demineralizatsiya klinik ko'rikda uzoq vaqt ko'rinmasligi mumkin. Shu bilan birga, zamonaviy radiatsion xavfsizlik tamoyillari har bir bemorga bir xil davriylikda avtomatik rentgen qilishni emas, balki individual kariyes xavfi, klinik alomatlar va avvalgi tasvirlarni hisobga olgan holda buyurishni talab qiladi [12]. Bu yondashuv diagnostik foyda va nurlanish xavfini muvozanatlashtiradi.

Non-ionlashtiruvchi optik texnologiyalar, ayniqsa NIR transillyuminatsiya va QLF, bolalar, homiladorlik davridagi bemorlar yoki tez-tez monitoring zarur bo'lgan holatlarda konseptual jihatdan jozibador. Biroq "nurlanishsiz" bo'lish ularni avtomatik tarzda bitewingdan ustun qilmaydi. Har bir texnologiyaning lezyon chuqurligi, sirt turi va qurilma algoritmgiga bog'liq xususiyatlari mavjud. Masalan, NIR ayrim aproksimal lezyonlarda yaxshi kontrast bersa-da, dentinga tarqalishni rentgen kabi standart darajada bosqichlash har doim ham mumkin emas. Floresans esa mineral yo'qotishdan tashqari bakterial mahsulotlar va tashqi ranglanishdan ham ta'sirlanishi mumkin [5,6,10].

AI diagnostikasi stomatologik tasvirlarda inson ko'zi o'tkazib yuborishi mumkin bo'lgan naqshlarni aniqlash salohiyati bilan muhim. Biroq modelning yuqori laboratoriya aniqligi real klinik sharoitda avtomatik ravishda saqlanib qolmaydi. Turli rentgen apparatlari, ekspozitsiya parametrlari, populyatsiyalar, plomba materiallari va tasvir sifati algoritm natijasini o'zgartiradi. 2025-yilgi meta-tahlilda platformalar o'rtasidagi katta heterogenlik shuni ko'rsatadiki, AI hozircha mustaqil diagnost emas, balki malakali stomatologning qarorini qo'llab-quvvatlovchi "ikkinchi o'quvchi" sifatida eng oqilona qo'llanadi [11].

Amaliy terapevtik stomatologiya uchun optimal algoritm quyidagicha shakllanadi: avvalo anamnez va kariyes xavfi baholanadi; tish yuzalari tozalanib, yaxshi yoritilgan va quritilgan sharoitda vizual ICDAS tekshiruvi o'tkaziladi; aproksimal yoki chuqurligi noaniq lezyonlarda individual ko'rsatma asosida bitewing rentgenografiya qo'shiladi;

zarurat va mavjudlikka qarab NIR, floresans, QLF yoki boshqa yordamchi usullar qo'llanadi; keyingi nazoratlarda bir xil usul va standart sharoitdan foydalanib dinamik taqqoslash amalga oshiriladi. Bu yondashuvning eng muhim afzalligi diagnostik ma'lumotni davolash qarori bilan bog'lashidir: faol non-kavitasiyalangan lezyonda remineralizatsiya, florid, biofilm va dieta nazorati ustuvor bo'lsa, kavitasiyalangan va tozalash qiyin lezyonlarda restavratsion strategiya ko'rib chiqiladi.

Mazkur sharhning cheklovi shundaki, u formal PRISMA protokoli asosidagi yangi sistematik meta-tahlil emas; mavjud yuqori darajali dalillar va konsensuslarni narrativ tarzda sintez qiladi. Bundan tashqari, diagnostik aniqlik tadqiqotlarida histologik referens standart ko'pincha faqat in vitro sharoitda qo'llanishi mumkin, real klinik sharoitda esa mukammal "oltin standart" mavjud emas. Shu sababli turli qurilmalar ko'rsatkichlarini bevosita bir-biri bilan solishtirishda ehtiyotkorlik zarur.

Xulosa

Tish kariyesini erta tashxislashda zamonaviy yondashuvning markazida yuqori sifatli klinik vizual tekshiruv turadi. Tishni tozalash va quritish bilan bajarilgan ICDAS baholash erta, non-kavitasiyalangan lezyonlarni aniqlash va og'irlik darajasini standartlashtirish uchun amaliy jihatdan eng asosli boshlang'ich usuldir.

Bitewing rentgenografiya, ayniqsa aproksimal lezyonlarda, klinik tekshiruvning diagnostik imkoniyatini sezilarli to'ldiradi, biroq u individual klinik ko'rsatma va radiatsion xavfsizlik tamoyillari asosida buyurilishi lozim. Lazer floresans, QLF, FOTI/DIFOTI, NIR transillyuminatsiya, OCT va elektr impedans kabi non-ionlashtiruvchi texnologiyalar ayrim klinik vaziyatlarda erta demineralizatsiyani topish va monitoring qilishga qo'shimcha qiymat beradi, ammo ularning hech biri vizual klinik baholashni universal ravishda almashtirmaydi.

Sun'iy intellekt tasvir tahlilini standartlashtirish va shifokorga ikkinchi diagnostik fikr berishda katta salohiyatga ega, lekin klinik validatsiya, ma'lumotlar sifati va shifokor nazorati hal qiluvchi omil bo'lib qoladi. Shunday qilib, erta kariyes diagnostikasida eng samarali model — bemorning kariyes xavfi, lezyon joylashuvi va faolligini hisobga olgan, klinik va instrumental ma'lumotlarni bosqichma-bosqich integratsiya qiluvchi multimodal yondashuvdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kühnisch J., Aps J.K.M., Splieth C., Lussi A., Jablonski-Momeni A., Mendes F.M. et al. ORCA-EFCD consensus report on clinical recommendation for caries diagnosis. Paper I: caries lesion detection and depth assessment. Clinical Oral Investigations. 2024;28:227. doi:10.1007/s00784-024-05597-3.

2. Foros P., Oikonomou E., Koletsi D., Rahiotis C. Detection Methods for Early Caries Diagnosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Research*. 2021;55(4):247-259. doi:10.1159/000516084.
3. Macey R., Walsh T., Riley P., Glenny A.M., Worthington H.V., O'Malley L., Clarkson J.E., Ricketts D. Visual or visual-tactile examination to detect and inform the diagnosis of enamel caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021;(6):CD014546. doi:10.1002/14651858.CD014546.
4. Walsh T., Macey R., Riley P., Glenny A.M., Schwendicke F., Worthington H.V., Clarkson J.E., Ricketts D., Su T.L., Sengupta A. Imaging modalities to inform the detection and diagnosis of early caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021;(3):CD014545. doi:10.1002/14651858.CD014545.
5. Macey R., Walsh T., Riley P., Glenny A.M., Worthington H.V., Fee P.A., Clarkson J.E., Ricketts D. Fluorescence devices for the detection of dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020;(12):CD013811. doi:10.1002/14651858.CD013811.
6. Macey R., Walsh T., Riley P., Hogan R., Glenny A.M., Worthington H.V., Clarkson J.E., Ricketts D. Transillumination and optical coherence tomography for the detection and diagnosis of enamel caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021;(1):CD013855. doi:10.1002/14651858.CD013855.
7. Macey R., Walsh T., Riley P., Glenny A.M., Worthington H.V., Clarkson J.E., Ricketts D. Electrical conductance for the detection of dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2021;(3):CD014547. doi:10.1002/14651858.CD014547.
8. Pitts N.B., Ekstrand K.R.; ICDAS Foundation. International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) and its International Caries Classification and Management System (ICCMS): methods for staging of the caries process and enabling dentists to manage caries. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2013;41(1):e41-e52. doi:10.1111/cdoe.12025.
9. Gomez J., Tellez M., Pretty I.A., Ellwood R.P., Ismail A.I. Non-cavitated carious lesions detection methods: a systematic review. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2013;41(1):54-66. doi:10.1111/cdoe.12021.
10. Chan E.K., Wah Y.Y., Lam W.Y.H., Chu C.H., Yu O.Y. Use of Digital Diagnostic Aids for Initial Caries Detection: A Review. *Dentistry Journal*. 2023;11(10):232. doi:10.3390/dj11100232.
11. Abbott L.P., Saikia A., Anthonappa R.P. Artificial Intelligence Platforms in Dental Caries Detection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. 2025;25(1):102077. doi:10.1016/j.jebdp.2024.102077.

12. Benavides E., et al. American Dental Association and American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology recommendations for dental radiography and cone-beam computed tomography: clinical recommendations. Journal of the American Dental Association. 2026;157(1):20-35.