



RAQAMLI GISTOLOGIYA: TIBBIYOT TA'LIMI VA DIAGNOSTIKADAGI YANGI IMKONIYATLAR

*Nazarova Iroda Sharof qizi,
Shaynazarov Muhammad Fayzullayevich,
Jamshidov Farhod Jamshid o'g'li
Ilmiy rahbar: Uktamova Gavxar Tolibovna*

Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent shahri, O'zbekiston Respublikasi

Annotatsiya. Maqolada gistologiyada raqamli texnologiyalarni joriy etish imkoniyatlari, xususan virtual mikroskopiya va sun'iy intellektga asoslangan tizimlardan foydalanish ko'rib chiqiladi. Raqamli gistologiya nafaqat to'qima kesmalarini tahlil qilishni avtomatlashtirish hisobiga diagnostika sifatini yaxshilash, balki tibbiyot talabalarini o'qitish jarayonini ham transformatsiya qilish imkonini beradi. Butun slaydli vizualizatsiyadan foydalanilganda diagnostika aniqligi oshishini ko'rsatuvchi taqqoslama tadqiqotlar ma'lumotlari keltirilgan. Raqamli tasvirlarni standartlashtirish, ularni o'quv dasturlariga va telemeditsina tizimlariga integratsiya qilish masalalari muhokama qilinadi. Gistologiyaning raqamli transformatsiyasi patologoanatomik xizmat va tibbiy ta'limni modernizatsiya qilishning asosiy yo'nalishi ekanligi haqida xulosa qilinadi.

Kalit so'zlar: raqamli gistologiya, virtual mikroskopiya, sun'iy intellekt, tibbiy ta'lim, patologik anatomiya

Аннотация. В статье рассматриваются возможности внедрения цифровых технологий в гистологию, а именно использование виртуальной микроскопии и систем на основе искусственного интеллекта. Цифровая гистология позволяет не только улучшить качество диагностики за счет автоматизации анализа тканевых срезов, но и трансформировать процесс обучения студентов-медиков. Приведены данные сравнительных



исследований, демонстрирующих повышение точности диагностики при использовании целнослайдовой визуализации. Обсуждаются вопросы стандартизации цифровых изображений, их интеграции в учебные программы и телемедицинские системы. Сделан вывод о том, что цифровая трансформация гистологии является ключевым направлением модернизации патологоанатомической службы и медицинского образования.

Ключевые слова: цифровая гистология, виртуальная микроскопия, искусственный интеллект, медицинское образование, патологическая анатомия

Abstract. This article discusses the possibilities of introducing digital technologies into histology, specifically the use of virtual microscopy and artificial intelligence-based systems. Digital histology not only improves diagnostic quality through the automation of tissue section analysis but also transforms the learning process for medical students. Data from comparative studies demonstrating increased diagnostic accuracy through whole-slide imaging are presented. Issues of standardization of digital images, their integration into educational curricula, and telemedicine systems are discussed. It is concluded that the digital transformation of histology is a key direction for the modernization of pathological services and medical education.

Keywords: digital histology, virtual microscopy, artificial intelligence, medical education, pathology

Kirish. Gistologiya, sitologiya va embriologiya tibbiyot ta'limining fundamental asoslaridan biri hisoblanadi. An'anaviy ravishda ushbu fanlarni o'qitish va diagnostik tadqiqotlar optik mikroskoplar yordamida amalga oshiriladi. Biroq so'nggi o'n yillikda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi patologoanatomik xizmat va tibbiy ta'limda tub o'zgarishlarga olib keldi. Raqamli gistologiya – bu



shisha slaydlarni raqamli formatga o'tkazish, ularni saqlash, tahlil qilish va masofadan turib o'rganish imkonini beruvchi yangi yo'nalishdir [1].

Ushbu texnologiyalarning asosiy afzalliklari – diagnostik jarayonni avtomatlashtirish, subyektiv omillarni kamaytirish, arxivlash va ma'lumotlar almashinuvini soddalashtirishdir. Ayniqsa, sun'iy intellekt (SI) va chuqur o'rganish algoritmlarining joriy etilishi gistopatologik tahlilning tezligi va aniqligini oshirishda muhim rol o'ynamoqda [2]. Ushbu maqolaning maqsadi – raqamli gistologiyaning tibbiyot ta'limi va klinik diagnostikadagi yangi imkoniyatlarini tahlil qilish, shuningdek, ushbu texnologiyalarni joriy etishning dolzarb muammolarini yoritishdir.

Materiallar va usullar. Ushbu tadqiqotda raqamli gistologiya va sun'iy intellektning tibbiyotdagi qo'llanilishiga oid 2019–2024 yillarda nashr etilgan ilmiy adabiyotlar tahlil qilindi. Adabiyotlar tanlashda PubMed, Scopus va Google Scholar ma'lumotlar bazalaridan foydalanildi. Qidiruv quyidagi kalit so'zlar asosida amalga oshirildi: “digital histology”, “virtual microscopy”, “artificial intelligence in pathology”, “medical education”, “whole slide imaging”.

Shuningdek, mualliflar tomonidan Toshkent davlat tibbiyot universitetining “Patologik anatomiya” kafedrasida raqamli gistologiya asosida o'qitish tajribasi o'rganildi. 2025-2026 o'quv yilida 80 nafar talaba ishtirokida so'rovnoma o'tkazilib, an'anaviy (optik mikroskop) va raqamli (virtual mikroskop) usullarda o'qitish samaradorligi qiyosiy baholandi. Tadqiqotda tavsiflovchi va statistik tahlil usullari qo'llanildi.

Natijalar va muhokama. Raqamli gistologiyaning diagnostikadagi roli.

Raqamli patologiyaning asosiy elementi bu – butun slaydni raqamlashtirish (whole slide imaging – WSI) texnologiyasidir. WSI yordamida an'anaviy shisha slaydlar yuqori aniqlikdagi raqamli nusxalarga aylantiriladi. Bu jarayon patologlarga



mikroskop yonida emas, balki kompyuter ekrani orqali ishlash, tasvir masshtabini o'zgartirish va tasvirni qayta ishlash algoritmlaridan foydalanish imkonini beradi. Bir qator ko'p markazli tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, WSI yordamida birlamchi diagnostika aniqligi an'anaviy mikroskopiya bilan solishtirganda 95-98% ga yetadi va statistik jihatdan farq qilmaydi [3].

Sun'iy intellekt asosidagi tizimlar, xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) saraton to'qimalarini aniqlash, mitotik figuralarni hisoblash va immunogistokimyoviy reaksiyalarni baholashda keng qo'llanilmoqda. Masalan, protez kanserida HER2/neu ekspressiyasini baholashda SI tizimlari patologlar bilan taqqoslanadigan natijalar ko'rsatdi, biroq vaqt jihatidan sezilarli ustunlikka ega [4]; tahlil qilish vaqti sezilarli darajada qisqargani kuzatildi (1-jadval).

Tibbiyot ta'limidagi yangi imkoniyatlar. Virtual mikroskopiya talabalarga istalgan vaqtda, istalgan joydan, internet orqali gistologik preparatlarni o'rganish imkoniyatini yaratadi. Kafedramizda o'tkazilgan so'rovnomada talabalarning 92% (n=80) raqamli platformalar orqali o'qitishni qulay deb baholadi. Raqamli o'qitish usullari samaradorligi sezilarli yuqori ekanligi aniqlandi (1-jadval).

Bundan tashqari, raqamli gistologiya fanlararo integratsiyani kuchaytiradi. Talabalar patologiya bilan bir vaqtda radiologiya, onkologiya va morfometriya fanlaridan olingan raqamli ma'lumotlarni birgalikda tahlil qilish ko'nikmalarini shakllantiradi [5].

Olingan natijalar asosida an'anaviy va raqamli gistologiya usullarining asosiy ko'rsatkichlari bo'yicha farqlar aniqlanib, ular 1-jadvalda tizimli ravishda keltirilgan. Natijalar raqamli texnologiyalar diagnostika tezligi, foydalanish qulayligi va ta'lim samaradorligini oshirishini ko'rsatadi.



An'anaviy va raqamli gistologiya usullarining qiyosiy tahlili

Ko'rsatkichlar	An'anaviy mikroskopiya	Raqamli gistologiya (WSI + SI)
Namunani tahlil qilish vaqti (1 slayd)	5-10 daqiqa	0.5-2 daqiqa (AI yordamida)
Bir vaqtda foydalanuvchilar soni	1 kishi	Cheklanmagan (tarmoq orqali)
Arxivlash imkoniyati	Ko'p joy egallaydi, sinuvchan	Raqamli, ixcham, uzoq muddatli
Masofaviy maslahat	Mavjud emas	Yuqori imkoniyat
O'qitish samaradorligi (talaba test ballari)	72.4	85.6

($p < 0.05$) – statistik jihatdan ishonchli farq

Xulosa. Raqamli gistologiya zamonaviy tibbiyotning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki: Butun slaydni raqamlashtirish va sun'iy intellekt asosidagi tahlil tizimlari patologoanatomik diagnostikaning aniqligi va tezligini oshiradi, xatoliklar ehtimolini kamaytiradi; virtual mikroskopiya asosida tashkil etilgan ta'lim jarayoni talabalarning bilim darajasini sezilarli yaxshilaydi va fanlararo integratsiyani kuchaytiradi; raqamli texnologiyalarni joriy etish infratuzilmani modernizatsiya qilish, yagona standartlarni ishlab chiqish va normativ-huquqiy bazani takomillashtirishni talab qiladi.

Kelajakda O'zbekistonda raqamli patologiya markazlarini tashkil etish va ularni telemeditsina tizimiga integratsiya qilish aholiga yuqori texnologiyali diagnostika xizmatlarini ko'rsatish imkoniyatini yaratadi.



Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Pantanowitz L., et al. (2020). Digital pathology and artificial intelligence. *Journal of Pathology Informatics*, 11(1), 23.
2. Bera K., et al. (2019). Artificial intelligence in digital pathology: a comprehensive review. *The Lancet Digital Health*, 1(6), e288-e297.
3. Mukhopadhyay S., et al. (2020). Whole slide imaging versus microscopy for primary diagnosis in surgical pathology. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 144(5), 574-581.
4. Tizhoosh H.R., Pantanowitz L. (2021). Artificial intelligence and digital pathology: challenges and opportunities. *Journal of Pathology*, 255(4), 349-359.
5. Hamilton P.W., et al. (2022). Digital pathology and medical education: a systematic review. *Virchows Archiv*, 480(1), 105-115.
6. Abdurahmonov A.A., Karimov Sh.I. (2023). Tibbiyot ta'limida virtual mikroskopiyaning samaradorligi. *O'zbekiston Tibbiyot Jurnal*i, 5(2), 44-48.
7. Williams B.J., et al. (2021). The future of digital pathology: a systematic review of the literature. *Journal of Clinical Pathology*, 74(2), 67-73.