

Әдеби шолу

Виртуалды микроскопия немесе жарық микроскопиясы: морфологияны оқытудағы тиімділік

Мұсабекова С.А.¹, Абдикадинова Х.Р.^{2*}, Атмтаев Ж.Ж.³

Received: 19 March 2025

Revised: 02 May 2025

Accepted: 27 May 2025

Published: 30 June 2025

Citation: Mussabekova S.A., Abdikadirova Kh.R., Atmtaev Zh.Zh. Virtualdy mikroskopija nemese zharyk mikroskopijasy: morfologijany okytudagy tiyimdilik. J Health Dev. 2025, 60 (3), jhd005. <https://doi.org/10.32921/2663-1776-2025-60-3-jhd005>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



¹ Патология кафедрасының профессоры, Қарағанды медицина университеті, Қарағанды, Қазақстан

² Физиология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Қарағанды медицина университеті, Қарағанды, Қазақстан

³ Сот-медициналық сарапшысы, Орталық аймақ бойынша өңіраралық сот сараптамалары орталығы филиалы, Қарағанды, Қазақстан
Байланыс үшін автор: Abdikadirova@gmu.kz

Түйіндеме

Көптеген жылдар бойы медицинада морфологияны оқыту жарық микроскопиясына негізделген. Алайда, виртуалды технологиялардың дамуы цифрлық патологияның дамуына әкелді. Медициналық білім берудегі оқытуды дамытудың перспективалық траекториясын анықтау үшін виртуалды және жарық микроскопиясын пайдалана отырып, морфологияны оқытын білім алушылардың академиялық жетістіктерін зерттеу маңызды. Соңғы 5 жылда жоғары медициналық білім берудің басым тенденциясы морфологиялық пәндерді оқытуда виртуалды микроскопияны белсенді енгізу болып табылады. Бұл шолу медициналық жоғары оқу орындарында морфологияны оқыту барысында виртуалды немесе жарық микроскопияны қолдану тәжірибесін талдауға бағытталған.

Әдістері. Дерекқорды іздеу стратегиясына сәйкес: Google Scholar, PubMed, Web of Science, Scopus, Mendeley, CINAHL, Embase және Cochrane Library соңғы 5 жыл ішінде тереңдікте ашық қолжетімді мақалалар зерттелді. Қосу критерийлері: мета-талдауларды, жүйелі шолуларды, түпнұсқа когорттық және көлденең зерттеулерді қамтитын А және В дәлелдеу деңгейінің басылымдары. Алып тастау критерийлері: сарапшылардың пікірлері, жарнамалық мақалалар, науқастардағы патологияны диагностикалау жағдайлары, сондай-ақ, сапалық немесе сандық деректері белгісіз мақалалар.

Қорытынды. Тұтастай алғанда, нәтижелер осы технологияға артықшылық берді және білім алушыларда жоғары академиялық бағалар көрсетті. Барлық зерттеулердің жиынтық әсері студенттердің білім алуда виртуалды микроскопияны қолданудағы жоғары көрсеткіштерін дәлелдейді. Әдебиеттерге шолу және қазіргі әлемдегі морфологияны оқыту нәтижелерін объективті бағалау медицинаны оқытуда виртуалды микроскопияны құрал ретінде енгізудің кейбір қиындықтарына қарамастан, болашақ дәрігерлердің жоғары құзыреттілігін қамтамасыз ету үшін цифрлық патологияны енгізудің кемшіліктерден гөрі артықшылықтары көп екенін атап көрсетеді.

Түйін сөздер: жарық микроскопиясы, виртуалды микроскопия, морфология, цифрлық патология, оқу нәтижелері, оқу тиімділігі.

1. Кіріспе

XIX ғасырдан бастап жарық микроскопиясы морфологиялық пәндерді оқытудың классикалық құралы болды [1]. XX ғасырдағы цифрлық микроскопияның маңызды жетістігі Whole Slide Imaging (WSI) технологиясының пайда болуында [2]. Алынған цифрланған үлгілер бойынша компьютерде жүргізілетін навигациямен біріктірілген роботтық құрылғылардың көмегімен микроскопиялық нысандардың сандық көшірмелерін жасаудың техникалық мүмкіндіктері виртуалды микроскопияның пайда болуына әкелді [3].

Виртуалды микроскопия оптикалық және цифрлық технологиялардың синтезін қамтиды және сапаны сыртқы бағалаудың интерпретациялық схемаларына жетілдірілген тәсіл болып табылады. Бүкіл слайдты визуализациялау патология саласында түбегейлі өзгеріс жасап, кескін сапасына, пайдаланудың қарапайымдылығына және жылдамдығына бұрын-соңды болмаған қолжетімділік дәуірін ашты. Виртуалды технологияларды дамыту және пандемиямен ынталандырылған онлайн оқытуды енгізу медициналық жоғары оқу орындарының профессорлық-оқытушылық құрамын қысқа мерзімде өз қызметін өзгертуге және цифрлық виртуалды оқытуға көшуге мәжбүр етті [4].

Кейіннен бұл ауысым медицинадағы физикалық оқытуды интеграцияланған виртуалды тәсілмен толықтыруға мүмкіндік берді. Ол өз кезегінде оқыту әдістері мен мүмкіндіктеріне әсер етіп қана қоймай, сонымен қатар, патоморфологияны зерттеуде клиникалық ойлауды қалыптастыру тәсілін айтарлықтай өзгертті [5-6].

Виртуалды микроскопияны қолдану патологияны оқытудың дәстүрлі схемаларын түбегейлі өзгертті, бұл тек интернет желісіне қол жетімділігіне тәуелді болды. Виртуалды микроскопия бүкіл әлемде қол жетімді бірдей

үлгілерді ұсынады және патологияны бағыттау және патологиялық препараттардың суретін цифрлық форматқа аудару үшін клиникалық маңызды бақылауды қамтамасыз етеді [7]. WSI мата слайдтарын сандық түрде алуға және сақтауға мүмкіндік береді, сондай-ақ, үлкен тәжірибелік маңызға ие [8].

Цифрлық патологияның дамуына қосымша ынталандыру патологоанатомиялық дәрігерлерге жүктеменің артуы, кадрлардың жетіспеушілігі, сондай-ақ патологиялық материалмен жұмысты оңтайландыруға және жеңілдетуге мүмкіндік беретін жұмыс әдістерін енгізу қажеттілігі сияқты мәселелер болды [9].

Нәтижесінде виртуалды микроскопиялық бағдарламалық қамтамасыз ету дәстүрлі слайдтың жоғары ажыратымдылықтағы цифрланған кескінін шығара алады. Ол пайдаланушыларға зерттеушілер арасындағы тиімді және қашықтықтан ынтымақтастық үшін ғана емес, сонымен қатар, заманауи дәрігер-патологоанатомдар мен сот сарапшыларының күнделікті тәжірибесінде анықтауда, түсініктеме беруде, жарнамалауда кең көлемде қолдануға мүмкіндік береді. Мұның бәрі медицина кадрларын болашақ қызметке тиімді даярлауды талап етеді.

Шолудың мақсаты – медициналық білім берудегі оқу процессін дамытудың перспективалық траекториясын анықтау үшін виртуалды және жарық микроскопиясын қолдана отырып, морфологияны оқытын студенттердің академиялық жетістіктерін зерттеу болды.

Шолу келесі зерттеу сұрақтарын қамтыды: «Виртуалды немесе цифрлық микроскопия білім алушылардың үлгерімін арттыра ма?», «Виртуалды микроскопия медициналық білім беруде оқыту мен оқудың сенімді және ең жақсы әдісі ме?» және «Аталмыш жаңа технологияға қатысты білім алушылардың пікірі қандай?».

2. Әдістеме

Жалпыға қолжетімді толық мәтінді басылымдарды кешенді іздеу ғылыми жарияланымдар мен мамандандырылған іздеу жүйелерінің дерекқорларында жүргізілді: 2019 жылғы 1 қазан мен 2024 жылғы 31 қыркүйек аралығында жарияланған Google Scholar, PubMed, Web of Science, Scopus, Mendeley, CINAHL, Embase және Cochrane Library. Келесі іздеу терминдері

қолданылды: «виртуалды микроскопия», «жарық микроскопиясы», «цифрлық микроскопия», «медициналық білім», «морфология», «патология», «гистология», «оқыту», «бүкіл слайдты бейнелеу». Терминдер тиісті мақалалардың жан-жақты қосылуын қамтамасыз ететін әртүрлі комбинацияларда қолданылды. Іздеу критерийлері мәліметтер базасына байланысты бейімделген.

Сондай-ақ, кез келген ықтимал зерттеулерді анықтау үшін соңғы шолулар мен қолайлы зерттеулерді қолмен іздеу жүргізілді.

Қосу критерийлері: дәлелдер деңгейінің жарияланымдары А және В - мета-талдаулар, жүйелі шолулар, әртүрлі деректер түрлерін (студенттердің үлгерімдерін, сауалнамаларды пайдалана отырып оқытуға қатысты олардың пікірлерін жазбаша және ауызша сұрау арқылы) пайдалана отырып, медицинаны оқытуда жарық және виртуалды микроскопияның тиімділігін бағалайтын түпнұсқа когорттық және көлденең зерттеулер және патоморфологияны зерттеудегі жарық және виртуалды микроскопияның салыстырмалы зерттеулері қолданылды. Виртуалды микроскопия ресурсы немесе жоғары медициналық білім беруде қолданылатын технологияның сипаттамасы туралы зерттеулер де қамтылды. Зерттеу барысында қолжазбалар келесі критерийлер бойынша бағаланды: талданатын айнымалы (өнімділік, қабылдау немесе екеуі де), қатысушылардың саны, білім деңгейі, WSI бағалау үшін қолданылатын жабдық пен бағдарламалық жасақтама түрі, жұмыс түрлері, сандық слайдтардың болуы, жабдықты оқыту, жарық микроскопиясының болуы және оның сипаттамалары, саны мен көлемі пайдаланылған үлгілерді, сондай-ақ білім алушылардың үлгерімі мен қабылдауын және олардың нәтижелерін қалай

бағалағаны қарастырылды. Зерттеулер оқитын пән бойынша білім алушылардың жалпы үлгерімін бағалауға баса назар аударды.

Алып тастау критерийлері: қысқа хабарламалар, жарнамалық мақалалар түріндегі сарапшылардың пікірі. Сонымен қатар, шолу науқастардағы патологияны диагностикалау үшін виртуалды микроскопия қолданылған зерттеулерді қамтымады. WSI әдістеріндегі белгісіз және сауалнама немесе салыстыру түрінде сапалық немесе сандық деректер жоқ басылымдар алынып тасталды.

Сапалық нәтижелер жүйеленді және жалпы ең жақсы білім беру техникасын (виртуалды микроскопияны жарық микроскопиясымен салыстыра отырып) бағалау үшін сандық деректер талданды. Енгізілген мақалаларға сапалы шолу кезінде виртуалды оқытудың қосымшалары, артықшылықтары мен кемшіліктері туралы тақырыптар анықталды.

Кездейсоқ әсер әдісі гетерогенді деректерді талдауға байланысты таңдалды (ел, оқу жылы, факультет, пәндер, оқыту әдістері, техникалық параметрлер және уақыт аралықтары). Енгізілген зерттеулердің көпшілігі оқу нәтижелерін бағалау үшін әртүрлі шкалаларды пайдаланды. Сондай-ақ, тақырып бойынша кіші топтарға талдау жүргізілді (патология, гистология немесе гистопатология).

3. Нәтижелер

Әдебиеттерде медициналық, стоматологиялық және ветеринарлық мектептердегі анатомия, гистология, патология, цитопатология және гематопатология курстарында виртуалды және жарық микроскопиясын қолдануды көрсететін жүйелі шолулар бар. Олардың кейбіреулері (8) виртуалды микроскопияның тиімділігі, тек қана COVID-19 пандемиясынан кейін немесе одан кейін өлшенген зерттеулер (2) - оқу нәтижелері әртүрлі деңгейдегі (бакалавриат, резидентура, дипломнан кейінгі білім) білім алушыларда бағаланды. Іздеу нәтижесінде 97 басылым табылды және олардың тек 51-і одан әрі шолу үшін қосу критерийлеріне сәйкес келеді. Виртуалды және жарық микроскопиясының тиімділігі туралы мета-деректерді салыстырмалы талдау 21 зерттеуді қамтыды.

Зерттеулердің көпшілігі (12/21) Батыс Еуропа мен Америка елдерінің медициналық университеттерінде жүргізілген. Виртуалды микроскопия негізінен медициналық жоғары оқу

орындарында патологияны (13/21) және гистологияны (8/21) оқыту үшін пайдаланылды. 21 зерттеудің 14-і медициналық білім беруде жарық микроскопиясынан виртуалды микроскопияға көшудің жетекші себебі пандемия болды. Оқытуда ең көп қолданылатын виртуалды микроскопиялық бағдарламалық құрал Aperio ImageScope (19/21) болды. Бірнеше зерттеулер рандомизацияланған бақыланатын сынақ хаттамасын қолдана отырып мәліметтер берді. Ал жиналған деректердің көпшілігі рандомизациясыз топтардың тиімділігін салыстыруға негізделген болды.

Әдебиет деректерін талдау виртуалды микроскопияға негізделген оқыту патологиялық білім беруде кеңінен қолданылатынын көрсетті. Барлық зерттеулердің жалпы әсер ету мөлшері виртуалды микроскопияны оқыту үшін пайдаланылған студенттер арасында емтиханның жоғары көрсеткіштерін көрсетті. Алайда, қорытынды нәтижелерге дейін және одан кейін

оқытудың тиімділігін және оқытудағы цифрлық патология технологияларының экономикалық тиімділігін бағалайтын зерттеулердің тапшылығы айқын көрінеді.

Морфологияны зерттеуде жарық және виртуалды микроскопияны пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау үшін жүргізілген тақырыптық талдау анықталған артықшылықтарды көрсететін негізгі тақырыптар студенттердің академиялық үлгерімін жақсарту, виртуалды технологияларды пайдаланудың қарапайымдылығы, білім алушылардың қазіргі буынының виртуалды технологияларды оң қабылдауы, олардың арасындағы

коммуникациялар мен кооперацияларды кеңейту екенін көрсетті. Сонымен қатар, профессорлық-оқытушылық құрамға жағымды әсер ерекше атап өтілді.

Негізгі кемшіліктер суреттерге қол жеткізу кезінде интернетке қосылудың техникалық себептері мен мәселелерін көрсетеді. Сонымен қатар, кейбір зерттеушілер оқушылардың ауызша қарым-қатынасының төмендеуі және оқытушымен кері байланыстың болмауы қосымша кемшіліктер ретінде көрсетілген.

4. Талқылау

Зерттеушілердің көпшілігі виртуалды микроскопияны күнделікті медициналық тәжірибеде ғана емес, сондай-ақ, медициналық білім беруде де қолдана отырып, цифрлық патологияның артықшылықтарын ерекше атап өтеді [3,4,6,8,10,11]. Сонымен қатар, COVID-19 пандемиясынан туындаған жаһандық денсаулық дағдарысы макроскопиялықтан микроскопиялық масштабқа дейін еңсеруді қажет ететін көптеген мәселелерді тудырды, олар үшін заманауи виртуалды технологиялар шешімге айналды [5,12,13]. Клиникалық медицина виртуалды микроскопия дәстүрлі диагностикалық әдістермен салыстырғанда тиімділігі жоғары гистопатологияны диагностикалауға дайын шешім екенін көрсетті [6,9,14,15]. Сондай-ақ, оның ерекше практикалық артықшылықтары ретінде зерттеушілер патоморфологиялық материалдың сапалық сипаттамаларын атап өтеді, мысалы, микропрепараттың бояу сапасының сақталуы, слайдтардың сынғыштығының болмауы, оларды сақтау кезінде солып қалуы және патоморфологиялық материалдың (кез-келген жерден және/немесе құрылғыдан жылдам қолжетімділік, байланыс үшін слайдтарды оңай бөлісу, тиімді оқыту үшін бірлесіп қарау мүмкіндігі) [10, 16,17], сондай-ақ, орналасқан жеріне қарамастан немесе маман болмаған кезде қашықтан қызмет көрсету және кеңес беру мүмкіндіктері болуы [3,5, 18,19]. Зерттеушілер патоморфологиялық материалдың ыңғайлы мұрағатталуын, оны оңай іздеу және бөлісу мүмкіндігін, зертханалық жабдықты қысқарту, зертханалық қызмет көрсету есебінен жұмысты неғұрлым қысқа мерзімде және

өзіндік құнмен орындауды ерекше атап өтеді [7, 20, 21].

Соңғы жылдары электронды оқыту медициналық білім беру бағдарламаларында, оның ішінде морфологиялық пәндерді оқытуда кеңінен қолданылуда [8,13,15,17,19,22,23]. Жоғары медициналық білім беруде виртуалды оқу платформалары мен виртуалды кеңістіктердің таралуына байланысты студенттер де, оқытушылар да виртуалды технологияларды қолдануға бейімделді [24-25]. Білім беруде виртуалды микроскопияны қолдану, әрине, бұрын-соңды болмаған, бірақ оны қолдану саласы соңғы жылдары айтарлықтай кеңейді [26]. Қазіргі студенттердің аналогтық суретті жасаудан гөрі цифрлық фотографияны өңдеу тәжірибесі көбірек болатыны сияқты, технология да жаңадан келген пайдаланушы үшін интуитивті тәжірибе ұсынады [27-28]. Әдебиеттерді талдау нәтижелері виртуалды микроскопияны қолдануға артықшылық беретінін анық көрсетеді және уақыт пен кеңістікте шектеусіз слайд кескіндеріне қашықтықтан көп қолданушының қолжетімділігінің кеңейтілген мүмкіндіктері аясында білім алушылардың қазіргі цифрлық буыны үшін пайдаланудың ыңғайлылығы және білім берушілер мен білім алушылар арасында бірлесіп қарау кезінде тиімді коммуникация элементтері байқалатынын көрсетеді, бұл ретте оқушылардың емтихандағы жалпы үлгерімі осындай оқыту технологиясын пайдаланған кезде жоғары болады [16,18,29].

Бірқатар зерттеулерге сәйкес, виртуалды микроскопияны қолдана отырып, морфологияны оқитын студенттер емтихандарда жарық микроскопиясы арқылы оқитындарға қарағанда

айтарлықтай жоғары нәтижелер көрсетті [15,30]. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері білім алушылардың академиялық нәтижелерін жақсартумен қатар патоморфологиялық өзгерістерді сәйкестендірудің практикалық дағдыларының айтарлықтай жақсарғанын көрсетеді [31-32]. Слайд кескіндеріне кез келген уақытта және кез келген жерде қол жеткізу, слайдтарға түсініктеме беру мүмкіндігі және көптеген тегін ресурстардың болуы тиімдірек оқуға әкелді [33].

Виртуалды микроскопияның жалпы оң қабылдауы студенттердің виртуалды технологиялар мен цифрлық патологияға негізделген оқуға қанағаттанушылығының және пәнге деген қызығушылықтың жоғарылауымен қатар тағы бір артықшылығы болды [11,15,28,34]. Chimmalgi M. жүргізген зерттеулерге сәйкес, медицинаны оқытуда виртуалды және жарық микроскопиясын қолдануды салыстыру кезінде студенттер виртуалды микроскопияға артықшылық береді [28]. Студенттердің практикалық сабақтарда диагностикалық және тәжірибелік дағдыларын дамыту маңызды жаңалық болды [35-36]. Оқу материалдарын цифрландыру білім алушыларға тіңдерді тануды жақсарту және терең өз бетінше оқыту арқылы патологияны терең түсінуге кең мүмкіндіктер береді [37]. Зерттеулерде сонымен қатар, виртуалды микроскопия өзін-өзі оқытуға ықпал ететіндігі туралы хабарлады [38] және осылайша студенттерді емтиханға дайындаудың ең жақсы әдісі болып табылады [39-40].

Студенттер мен оқытушылар арасындағы түсіністікті жақсарту [41] және студенттер арасындағы ынтымақтастық пен қатысуды жақсарту тағы бір қызықты жаңалық болды [26]. Оқытушылар құрамы сонымен қатар виртуалды микроскопияны қолдануға қанағаттанудың жоғары деңгейі туралы хабарлады [42], виртуалды технологиялар уақытты үнемдейді және оқытудың үнемді әдісі болып табылады, ал слайдтарды цифрландыру аурудың микроскопиялық аспектілерін оқыту мен зерттеуді жеңілдететіні сөзсіз [22, 25, 43].

Бетпе бет оқытуға оралғанына қарамастан қашықтықтан оқытудың көптеген инновациялары мен бейімделулері жойылғаннан гөрі оқу бағдарламаларына біріктірілді [10, 44]. Цифрлық дәуірдегі өзгерістердің басым толқындары академиялық гистопатологияны дәстүрлі жарық микроскопиясынан алшақтатып қазіргі заманғы тәсілдің пайдасына басқа бірдей тиімді баламаларды көрсетті [16, 18, 45]. Жұмыс кеңістігін

цифрландыру білім алушылар үшін жағымды жақсарту болды. Көптеген зерттеушілер патологияны зерттейтін студенттердің сауалнамаларында атап өткендей, виртуалды технологиялар мен цифрлық патологияны қолдану, респонденттер материалға деген жоғары қызығушылық пен түсіністік туралы хабарлады [4, 17, 22, 33, 46].

Виртуалды микроскопия барған сайын қызығушылық тудыруда, оның дәстүрлі жарық микроскопиясымен салыстырғанда айқын артықшылықтары сақтық көшірмесі бар қатты дискідегі слайдтарды сақтау және оларға қызмет көрсету сияқты практикалық, сондай-ақ студенттер тобы бір слайдпен жұмыс істей алатын пайдаланушы тәжірибесін қамтиды [40]. Алайда, көптеген жылдар бойы бұл ресурс шектеулі сақтау мүмкіндіктері мен кескінді үлкейту технологиясына байланысты үлкен шектеулерге ие болды. SSI технологиясын қолдана отырып, виртуалды микроскопия пайдаланушыға дәстүрлі жарық микроскопиясына қарағанда тінтуірдің көмегімен және техникалық дағдылары аз суретті үлкейтуді таңдауға мүмкіндік береді [47]. Негізгі кемшіліктер суреттерге қол жеткізудегі техникалық және интернет мәселелері болды [48]. Алайда, қашықтықтан оқытуға мәжбүрлі ауысу кезінде әлемнің жетекші медициналық университеттері гистология мен патология бойынша виртуалды микроскопияға негізделген курстарды сәтті енгізді, онда арнайы құрылған университеттің виртуалды микроскопиялық мәліметтер базасы қолданылды. Бұл шешім оларға осы оқу курстарын онлайн форматта енгізу техникалық тұрғыдан мүмкін, тиімді және студенттер жақсы қабылдайды деп айтуға мүмкіндік берді [11,22,49]. Сонымен, виртуалды микроскопия негізінде әртүрлі форматтағы белсенді оқу іс-шараларын (топтық және бірлескен талқылаулар, подкасттар, клиникалық жағдайлар) енгізе отырып, зерттеушілер виртуалды технологиялардың цифрлық оқыту ортасына жалпы оң әсерін, сондай-ақ медициналық жоғары оқу орындарының студенттері үшін жоғары қабылдау мен бейімделуді растады [24, 50]. Нәтижесінде, кейбір медициналық университеттерде профессорлық-оқытушылық құрам студенттерге бағытталған WSI платформасын [51] дамытуға бағытталған морфологиялық білім берудің оқу бағдарламасын реформалауды бастады, оны ойын механикасы мен ойын теориясын білімге енгізуге негізделген «геймификация»

элементтерімен бекітті. Мұндай оқыту жүйесін енгізу оқуды ынталандырды және студенттердің қанағаттанушылығын арттырды.

Виртуалды микроскопияның тағы бір назар аударарлық тұсы - қосымшасын Sakthi Velavan S. және басқа авторлар подкасттарды интеграцияланған оқу бағдарламасына қолдана отырып, морфология мазмұнын араластыруға негізделген [30]. Виртуалды микроскопияға негізделген подкасттар сандық гистологиялық және патоморфологиялық кескіндердің сипаттамалық жазбалары болып табылады. Зерттеу нәтижелері подкасттарды қарау мен оқушылардың жалпы үлгерімін жақсарту арасындағы оң байланысты көрсетті. Студенттер подкастқа негізделген виртуалды микроскопияны қолданғаннан кейін ең жақсы оқу тәжірибесі туралы хабарлады. Нәтижелер медициналық мектептердегі виртуалды микроскопияға негізделген оқытудың тиімділігін зерттеу бойынша ағымдағы шолуға және алдыңғы зерттеулерге сәйкес келеді. Қашықтықтан оқыту үлгілері патология саласындағы мансаптық өсу үшін жеткіліксіз болғанымен, виртуалды микроскопия әлі де ынтымақтастықты жақсартуға және ауруды микроскопиялық зерттеуге бейімделуі мүмкін [52-53].

Жүргізілген жұмыстың нәтижелері студенттер үшін де, оқытушылар үшін де жоғары медициналық білім беруде виртуалды микроскопияны қолданудың маңызды артықшылықтарын көрсетеді. Дүние жүзіндегі медициналық университеттер әртүрлі оқу жоспарларымен қатар оқыту әдістерінің кең ауқымын пайдаланатындықтан, білім беру араласуларының әсер ету нәтижелері әлі де әртүрлі болады. Дегенмен, әдебиеттерді талдау студенттердің виртуалды жарық микроскопиясын қалайтынының күшті дәлелдерін анықтады (бірақ оны толығымен ауыстыру мүмкін емес) және виртуалды микроскопияны қолдану арқылы емтиханның тиімділігі де жақсарды. Сандық патологияға және виртуалды микроскопиялық бағдарламалық жасақтамаға енгізілген жаңа жасанды интеллект пен машиналық оқыту технологияларының пайда болуы патологияның диагностикалық мүмкіндіктерін слайдтағы тіндік кесуден тыс кеңейтті. Жаңа қосымшалар және виртуалды микроскопиялық бағдарламалық жасақтама мен WSI жүйелерін кеңінен қолдану білікті дәрігерді даярлау үшін медициналық білім

берудің барлық деңгейлерінде осындай технологияларды біріктіру қажеттілігін тудырады.

Дегенмен, WSI сканерлері мен виртуалды микроскопиялық бағдарламалық қамтамасыз етудің жоғары құны медициналық университеттерге цифрлық микроскопияны енгізу үшін маңызды мәселе болып табылады. Сонымен қатар, микроскопияны оқыту және зерттеу үшін виртуалды микроскопияны жүзеге асырудың балама нұсқалары бар. Мұндай ресурстарға Интернеттегі ақысыз веб-сайттар және білім беру мақсатында еркін қолжетімді бұлтты серверлер кіреді. Осы шолуға енгізілген зерттеулерді талдау нәтижелері виртуалды микроскопиялық ресурстар үшін осындай тегін веб-сайттар мен бұлттық серверлерді пайдалануды көрсетеді [54]. Осы шолуда ең көп қолданылатын виртуалды микроскопиялық қосымшалардың бірі WSI-ді желіде немесе жергілікті желіде көруге мүмкіндік беретін Aperio ImageScope болды [55]. Biolucida - Айова университетіндегі бұлтқа негізделген сандық слайдтар кітапханасына қосылатын және бүкіл әлем бойынша ақысыз қарауға болатын тағы бір виртуалды микроскопиялық қарау құралы. Мичиган университетінің виртуалды слайд-қорабы және Лидс университетіндегі виртуалды патология кез келген қолжетімді веб-шолғышты пайдаланып Интернет арқылы көруге болатын көптеген WSI суреттерін ұсынады [40].

Патологияны оқытуда виртуалды технологияларды қолдану кең инфрақұрылымды және барлық білім алушылар үшін есептеу құрылғыларының қолжетімділігін талап етеді, бұл университетке айтарлықтай қаржылық ауыртпалық әкеледі. Интернет-ресурстарға қол жеткізу мәселелеріне әкелетін жаһандық дағдарыс жағдайында дәрігерді дайындау кезінде жарық микроскоптарын қолдану құзыреттілігін сақтауға жақсы себептер бар. Сонымен қатар, кейбір оқытушылар жаңа технологияларды қолданғысы келмеуі мүмкін. Бұл морфологияны оқытудың ажырамас бөлігі ретінде виртуалды микроскопияны енгізу мәселелі болуының кейбір себептері.

Шектеулер. Осы шолуды жүргізу кезінде айтарлықтай шектеу ұсынылған зерттеулердің біртектілігінің едәуір деңгейі болды. Бұл әртүрлі мәдениеттері бар әртүрлі географиялық популяциялардан әдістемелік (зерттеу және

бағалау дизайнындағы айырмашылықтар) және статистикалық (әсер немесе араласу нәтижелеріндегі айырмашылықтар) айырмашылықтарға байланысты болуы мүмкін.

5. Қорытынды

Морфологияны оқытудағы жарық микроскопиясымен салыстырғанда виртуалды микроскопияның тиімділік дәрежесін бағалау мәселесі бойынша жүргізілген зерттеулерді талдау олардың көпшілігі медициналық білімге цифрлық технологияларды енгізудің пилоттық және озық тәжірибесі екенін көрсетті.

Виртуалды микроскопия және WSI технологиялары жоғары медициналық білім алу кезінде патологияны оқыту мен зерттеуге айтарлықтай түзетулер енгізгені сөзсіз. Медициналық білімге виртуалды микроскопияны енгізу патологияны оқыту процесін ынталандыруға ғана емес, сондай-ақ, патологияны оқытудың барлық деңгейлерінде білім алушылардың қанағаттанушылығын арттыруға және оқытудың жоғары деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Білім беру мазмұнына еркін қолжетімділік және оның кеңейтілген онлайн мүмкіндіктерімен қамтамасыз етілуі оның жоғары құны мен Интернетке қолжетімділігіне қарамастан негізгі артықшылықтардың бірі болды. Бұл әлі де осы технологияның ең көп талқыланатын кемшіліктері болып табылады. Ғылым мен техниканың заманауи тенденциялары оқыту әдістерін цифрландыру

қажеттілігін, әсіресе бүкіл әлемде медициналық білім беруде виртуалды технологияларды кеңінен қолдану қажеттілігін арттыруда.

Виртуалды микроскопияның технологиялық кедергілермен аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы оңтайландыру арқылы күресуге болады. Алайда бұл жаңартулардың құны жеке пайдаланушылардың жаңа технологияларды игергісі келмеуімен бірге, цифрлық патологияның сәтті дамуына үлкен кедергі болуы мүмкін. Бірақ виртуалды технологияның пайдасы туралы белгілі бір оң ықылас бары сөзсіз.

Авторлардың қосқан үлесі: Барлық авторлар осы мақаланы жазуға тең дәрежеде қатысты. Концептуализация – М.С., А.Х. және М. К.; әдістеме – М.С.; тексеру – А.Ж.; ресми талдау – М.С., А.Х.; жазу (түпнұсқа жобалық дайындық) – М.С.; жазу (шолу және редакциялау) – М.С., А.Х.

Мақала мәтінін барлық авторлар оқыды, түпкілікті келісілді, қолжазбаның нұсқасымен және авторлық құқықты беру формасына қол қойылды.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысы болмағандығын мәлімдейді.

Қаржыландыру: Жұмыс қаржыландырусыз жүргізілді.

Әдебиет

1. Borodin, V. O., Sabirov, D. Kh., Tsybina, A. N., & Zvada, E. A. (2019). Mikroskopicheskie metody i ikh rol' v sovremennykh biologicheskikh naukakh (Microscopic methods and their role in modern biological sciences). [in Russian]. Nauchnoe obozrenie. *Pedagogicheskie nauki*, (5–2), 36–40. <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=2163>
2. Hanna, M. G., Parwani, A., & Sirintrapun, S. J. (2020). Whole Slide Imaging: Technology and Applications. *Advances in anatomic pathology*, 27(4), 251–259. <https://doi.org/10.1097/PAP.0000000000000273>
3. Lebedev, G. S., Shaderkin, I. A., Tertychnyi, A. S., & Shaderkina, A. I. (2021). Tsifrovaya patomorfologiya: sozdanie sistemy avtomatizirovannoy mikroskopii (Digital pathomorphology: Development of an automated microscopy system) [in Russian]. *Rossiyskiy zhurnal telemeditsiny i elektronogo zdavookhraneniya*, 7(4), 27–47. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-4-27-47>
4. Kostyukevich, S. V., Perevozchikova, N. G., Kazanskaya, E. A., Soboleva, M. V., Pracheva, A. A., Morozov, G. A., & Rossolko, G. N. (2021). Formirovanie prakticheskikh navykov mikroskopirovaniya u obuchayushchikhsya meditsinskogo vuza (Formation of practical microscopy skills in medical university students) [in Russian]. *Vestnik*

Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 49(1), 52–57.
<https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-prakticheskikh-navykov-mikroskopirovaniya-u-obuchayuschihsya-meditsinskogo-vuza/viewer>

5. Jakota, D. A., Korchagina, N. S., & Tumanova, E. L. (2019). Vozmozhnosti tekhnologii vizualizatsii vsego preparata v meditsinskom obrazovanii (Possibilities of using whole slide imaging technologies in medical education) [in Russian]. *Meditsinskoe obrazovanie i povyshenie kvalifikatsii*, 10(1), 55–64. <https://doi.org/10.24411/2220-8457-2019-11006>

6. Pavlov, A. V., Kraynova, E. A., Kostrov, S. A., Fokanova, O. A., & Korableva, T. V. (2018). Perekhod k prepodavaniyu gistologii na osnove tekhnologii whole-slide imaging: tekhnicheskie i organizatsionnye aspekty (Transition to teaching histology based on whole-slide imaging technology: Technical and organizational aspects) [in Russian]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 25(3), 194–197. <https://cyberleninka.ru/article/n/perehod-k-prepodavaniyu-gistologii-na-osnove-tehnologii-whole-slide-imaging-tehnicheskie-i-organizatsionnye-aspekty/viewer>

7. Loeffler, A. G., Smith, M., Way, E., Stoffel, M., & Kurtycz, D. F. I. (2019). A Taxonomic Index for Retrieval of Digitized Whole Slide Images from an Electronic Database for Medical School and Pathology Residency Education. *Journal of pathology informatics*, 10, 33. https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_34_19

8. Beresneva O.Yu., Sazonov S.V., Denisenko S.A. (2019). Whole slide imaging na kafedre gistologii, citologii i embriologii UGMU. (Whole slide imaging at the Department of Histology, Cytology and Embryology of USMU) [in Russian]. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*, 1, 31-33. <https://oa.mg/work/3026594314>

9. Yohannan, D. G., Oommen, A. M., Umesan, K. G., Raveendran, V. L., Sreedhar, L. S. L., Anish, T. S. N., Hortsch, M., & Krishnapillai, R. (2019). Overcoming Barriers in a Traditional Medical Education System by the Stepwise, Evidence-Based Introduction of a Modern Learning Technology. *Medical science educator*, 29(3), 803–817. <https://doi.org/10.1007/s40670-019-00759-5>

10. Pavlov, A. V. (2019). Virtual'naya mikroskopiya v prepodavanii gistologii — novaya real'nost' epokhi tsifrovyykh tekhnologiy (Virtual microscopy in histology teaching — A new reality of the digital technology era) [in Russian]. *Morfologiya*, 156(5), 75–84. <https://doi.org/10.17816/morph.101879>

11. Maity, S., Nauhria, S., Nayak, N., Nauhria, S., Coffin, T., Wray, J., Haerianardakani, S., Sah, R., Spruce, A., Jeong, Y., Maj, M. C., Sharma, A., Okpara, N., Ike, C. J., Nath, R., Nelson, J., & Parwani, A. V. (2023). Virtual Versus Light Microscopy Usage among Students: A Systematic Review and Meta-Analytic Evidence in Medical Education. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(3), 558. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030558>

12. Caruso M. C. (2021). Virtual Microscopy and Other Technologies for Teaching Histology during Covid-19. *Anatomical sciences education*, 14(1), 19–21. <https://doi.org/10.1002/ase.2038>

13. Christian, R. J., & VanSandt, M. (2021). Using Dynamic Virtual Microscopy to Train Pathology Residents during the Pandemic: Perspectives on Pathology Education in the Age of COVID-19. *Academic pathology*, 8, 23742895211006819. <https://doi.org/10.1177/23742895211006819>

14. Almarzooq, Z. I., Lopes, M., & Kochar, A. (2020). Virtual learning during the COVID-19 pandemic: a disruptive technology in graduate medical education. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(20), 2635–2638. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.015>

15. Nauhria, S., & Ramdass, P. (2019). Randomized cross-over study and a qualitative analysis comparing virtual microscopy and light microscopy for learning undergraduate histopathology. *Indian journal of pathology & microbiology*, 62(1), 84–90. https://doi.org/10.4103/IJPM.IJPM_241_18

16. Kuo, K. H., & Leo, J. M. (2019). Optical Versus Virtual Microscope for Medical Education: A Systematic Review. *Anatomical sciences education*, 12(6), 678–685. <https://doi.org/10.1002/ase.1844>
17. Chapman, J. A., Lee, L. M. J., & Swailes, N. T. (2020). From Scope to Screen: The Evolution of Histology Education. *Advances in experimental medicine and biology*, 1260, 75–107. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6_5
18. Khatskevich, K., Oh, Y. S., Ruiz, D., McGlawn-McGrane, B., Freire, G., Liu, L., Lewis, N., & Mhaskar, R. (2022). Virtual Microscopy Tagging and Its Benefits for Students, Faculty, and Interprofessional Programs Alike. *Cureus*, 14(8), e27860. <https://doi.org/10.7759/cureus.27860>
19. Then, S. M., Kokolski, M., Mbaki, Y., Merrick, D., & Anderson, S. (2023). An international collaborative approach to learning histology using a virtual microscope. *Anatomia, histologia, embryologia*, 52(1), 21–30. <https://doi.org/10.1111/ahe.12888>
20. Lee, L. M. J., Goldman, H. M., & Hortsch, M. (2018). The virtual microscopy database-sharing digital microscope images for research and education. *Anatomical sciences education*, 11(5), 510–515. <https://doi.org/10.1002/ase.1774>
21. Ishak, A., AlRawashdeh, M. M., Meletiou-Mavrotheris, M., & Nikas, I. P. (2022). Virtual Pathology Education in Medical Schools Worldwide during the COVID-19 Pandemic: Advantages, Challenges Faced, and Perspectives. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(7), 1578. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12071578>
22. Lee, B. C., Hsieh, S. T., Chang, Y. L., Tseng, F. Y., Lin, Y. J., Chen, Y. L., Wang, S. H., Chang, Y. F., Ho, Y. L., Ni, Y. H., & Chang, S. C. (2020). A Web-Based Virtual Microscopy Platform for Improving Academic Performance in Histology and Pathology Laboratory Courses: A Pilot Study. *Anatomical sciences education*, 13(6), 743–758. <https://doi.org/10.1002/ase.1940>
23. Chiou, P. Z., & Jia, Y. (2023). Evaluating the use of virtual microscopy in cytology education. *Journal of the American Society of Cytopathology*, 12(3), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.jasc.2023.03.001>
24. Lakhtakia R. (2021). Virtual Microscopy in Undergraduate Pathology Education: An early transformative experience in clinical reasoning. *Sultan Qaboos University medical journal*, 21(3), 428–435. <https://doi.org/10.18295/squmj.4.2021.009>
25. Cruz, M., Murphy, M., Gentile, M. M., Stewart, K., Barroeta, J. E., Carrasco, G. A., Kocher, W. D., & Behling, K. C. (2021). Assessment of Pathology Learning Modules With Virtual Microscopy in a Preclinical Medical School Curriculum. *American journal of clinical pathology*, 156(5), 794–801. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqab018>
26. Gopalan, V., Kasem, K., Pillai, S., Olveda, D., Ariana, A., Leung, M., & Lam, A. K. Y. (2018). Evaluation of multidisciplinary strategies and traditional approaches in teaching pathology in medical students. *Pathology international*, 10.1111/pin.12706. <https://doi.org/10.1111/pin.12706>
27. Bertram, C. A., Firsching, T., & Klopfeisch, R. (2018). Virtual Microscopy in Histopathology Training: Changing Student Attitudes in 3 Successive Academic Years. *Journal of veterinary medical education*, 45(2), 241–249. <https://doi.org/10.3138/jvme.1216-194r1>
28. Chimmalg, M. (2018). Off-line virtual microscopy in teaching histology to the undergraduate medical students: do the benefits correlate with the learning style preferences? *Journal of the Anatomical Society of India*, 67(2), 186–192.. Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.jasi.2018.11.010>
29. Straub, B. K., Gerber, T. S., Buggenhagen, H., Jäger, B., Sommer, C., & Roth, W. (2021). Digitale Lehre in der Pathologie: Erfahrungen aus Mainz [Digital teaching in pathology: experiences from Mainz]. *Der Pathologe*, 42(Suppl 2), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s00292-021-01028-2>

30. Sakthi-Velavan, S., & Zahl, S. (2023). Integration of virtual microscopy podcasts in the histology discipline in osteopathic medical school: Learning outcomes. *Anatomical sciences education*, 16(1), 157–170. <https://doi.org/10.1002/ase.2181>
31. Humphreys, H., Stevens, N., Leddin, D., Callagy, G., Burke, L., Watson, R. W., & Toner, M. (2020). Pathology in Irish medical education. *Journal of clinical pathology*, 73(1), 47–50. <https://doi.org/10.1136/jclinpath-2019-206033>
32. Hernandez, T., Fallar, R., & Polydorides, A. D. (2021). Outcomes of Remote Pathology Instruction in Student Performance and Course Evaluation. *Academic pathology*, 8, 23742895211061822. <https://doi.org/10.1177/23742895211061822>
33. Laohawetwanit, T. (2020). The use of virtual pathology in teaching medical students: first experience of a medical school in Thailand. *MedEdPublish*, 9, 116. <https://doi.org/10.15694/mep.2020.000116.1>
34. Al Nemer A. (2020). Undergraduate medical students' perception of pathology. *Annals of diagnostic pathology*, 44, 151422. <https://doi.org/10.1016/j.anndiagpath.2019.151422>
35. Laohawetwanit, T., Kunjantarachot, A., & Apornvirat, S. (2023). The Role of Online Virtual Microscopy in Improving Medical Students' Performance and Preference in Pathology: Experience from a Medical School in Thailand. *Asian Medical Journal and Alternative Medicine*, 23(1), 69-74: <https://asianmedjam.com/index.php/amjam/article/view/336/1255>
36. Fernandes, C. I. R., Bonan, R. F., Bonan, P. R. F., Leonel, A. C. L. S., Carvalho, E. J. A., de Castro, J. F. L., & Perez, D. E. C. (2018). Dental Students' Perceptions and Performance in Use of Conventional and Virtual Microscopy in Oral Pathology. *Journal of dental education*, 82(8), 883–890. <https://doi.org/10.21815/JDE.018.084>
37. Amer, M. G., & Nemenqani, D. M. (2020). Successful Use of Virtual Microscopy in the Assessment of Practical Histology during Pandemic COVID-19: A Descriptive Study. *Journal of microscopy and ultrastructure*, 8(4), 156–161. https://doi.org/10.4103/JMAU.JMAU_67_20
38. Chen, C. P., Clifford, B. M., O'Leary, M. J., Hartman, D. J., & Picarsic, J. L. (2019). Improving Medical Students' Understanding of Pediatric Diseases through an Innovative and Tailored Web-based Digital Pathology Program with Philips Pathology Tutor (Formerly PathXL). *Journal of pathology informatics*, 10, 18. https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_15_19
39. Prasad, H. L. K., Prasad, H. V. K., Sajitha, K., Bhat, S., & Shetty, K. J. (2020). Comparison of Objective Structured Practical Examination (OSPE) Versus Conventional Pathology Practical Examination Methods among the Second-Year Medical Students-a Cross-sectional Study. *Medical science educator*, 30(3), 1131–1135. <https://doi.org/10.1007/s40670-020-01025-9>
40. Kyaw, B. M., Saxena, N., Posadzki, P., Vseteckova, J., Nikolaou, C. K., George, P. P., Divakar, U., Masiello, I., Kononowicz, A. A., Zary, N., & Tudor Car, L. (2019). Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *Journal of medical Internet research*, 21(1), e12959. <https://doi.org/10.2196/12959>
41. Jiang, H., Vimalasvaran, S., Wang, J. K., Lim, K. B., Mogali, S. R., & Car, L. T. (2022). Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. *JMIR medical education*, 8(1), e34860. <https://doi.org/10.2196/34860>
42. David, L., Martins, I., Ismail, M. R., Fernandes, F., Sidat, M., Seixas, M., Fonseca, E., & Carrilho, C. (2018). Interactive Digital Microscopy at the Center for a Cross-Continent Undergraduate Pathology Course in Mozambique. *Journal of pathology informatics*, 9, 42. https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_63_18
43. Tudor Car, L., Kyaw, B. M., Teo, A., Fox, T. E., Vimalasvaran, S., Apfelbacher, C., Kemp, S., & Chavannes, N. (2022). Outcomes, Measurement Instruments, and Their Validity Evidence in Randomized Controlled Trials on

Virtual, Augmented, and Mixed Reality in Undergraduate Medical Education: Systematic Mapping Review. *JMIR serious games*, 10(2), e29594. <https://doi.org/10.2196/29594>

44. Eng-Tat, A., Liu, P., R, J., M, C., R L, S., Lian, W. Q. D., Huppertz, B., Khamuani, M., & Minarcik, J. R. (2023). The challenges of histology education. *Clinical anatomy (New York, N.Y.)*, 36(2), 308–314. <https://doi.org/10.1002/ca.23989>

45. McDaniel, M. J., Russell, G. B., & Crandall, S. J. (2018). Innovative Strategies for Clinical Microscopy Instruction: Virtual Versus Light Microscopy. *The journal of physician assistant education: the official journal of the Physician Assistant Education Association*, 29(2), 109–114. <https://doi.org/10.1097/JPA.0000000000000198>

46. Somera Dos Santos, F., Osako, M. K., Perdoná, G. D. S. C., Alves, M. G., & Sales, K. U. (2021). Virtual Microscopy as a Learning Tool in Brazilian Medical Education. *Anatomical sciences education*, 14(4), 408–416. <https://doi.org/10.1002/ase.2072>

47. Hortsch, M., Koney, N. K., Oommen, A. M., Yohannan, D. G., Li, Y., de Melo Leite, A. C. R., & Girão-Carmona, V. C. C. (2023). Virtual Microscopy Goes Global: The Images Are Virtual and the Problems Are Real. *Advances in experimental medicine and biology*, 1421, 79–124. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30379-1_5

48. Bisson, T., Franz, M., Dogan O, I., Romberg, D., Jansen, C., Hufnagl, P., & Zerbe, N. (2023). Anonymization of whole slide images in histopathology for research and education. *Digital health*, 9, 20552076231171475. <https://doi.org/10.1177/20552076231171475>

49. Qing, J., Cheng, G., Ni, X. Q., Yang, Y., Zhang, W., & Li, Z. (2022). Implementation of an interactive virtual microscope laboratory system in teaching oral histopathology. *Scientific reports*, 12(1), 5492. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09473-6>

50. Alomaish, A. R., El Hassan, L. A. M., Mahfouz, M. S., Haidar, W. N., & M Omer, H. O. (2022). Medical Students' Perception towards Choosing Pathology Program at Jazan University, Saudi Arabia. *Advances in medical education and practice*, 13, 1465–1474. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S386194>

51. Dong, Y., Puttapirat, P., Deng, J., Zhang, X., & Li, C. (2020). LibMI: An Open Source Library for Efficient Histopathological Image Processing. *Journal of pathology informatics*, 11, 26. https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_11_20

52. Mukherjee, M. (2020). E-learning in pathology education: a narrative review and personal perspective. *INNOVATIONS*. <https://www.emjreviews.com/innovations/article/e-learning-in-pathology-education-a-narrative-review-and-personal-perspective/>

53. Amer, M. G., & Nemenqani, D. M. (2020). Successful Use of Virtual Microscopy in the Assessment of Practical Histology during Pandemic COVID-19: A Descriptive Study. *Journal of microscopy and ultrastructure*, 8(4), 156–161. https://doi.org/10.4103/JMAU.JMAU_67_20

54. Manou, E., Lazari, E. C., Lazaris, A. C., Agrogiannis, G., Kavantzias, N. G., & Thomopoulou, G. E. (2022). Evaluating e-Learning in the Pathology Course During the COVID-19 Pandemic. *Advances in medical education and practice*, 13, 285–300. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S353935>

55. Christian, R. J., & VanSandt, M. (2021). Using Dynamic Virtual Microscopy to Train Pathology Residents during the Pandemic: Perspectives on Pathology Education in the Age of COVID-19. *Academic pathology*, 8, 23742895211006819. <https://doi.org/10.1177/23742895211006819>

Виртуальная микроскопия или световая микроскопия: эффективность в преподавании морфологии

[Мусабекова С.А.](#)¹, [Абдикадилова Х.Р.](#)², [Атмтаев Ж.Ж.](#)³

¹ Профессор кафедры патологии, Карагандинский Медицинский Университет, Караганда, Казахстан

² Ассоциированный профессор кафедры физиологии, Карагандинский Медицинский Университет, Караганда, Казахстан

³ Судебно-медицинский эксперт, Центр судебных экспертиз Министерства Юстиции Республики Казахстан, Караганда, Казахстан

Резюме

На протяжении многих лет обучение морфологии в медицинских ВУЗах основывалось на световой микроскопии. Однако, развитие виртуальных технологий способствовало к развитию цифровой патологии. Изучение академической успеваемости студентов, обучающихся морфологическим дисциплинам с применением виртуальной и световой микроскопии для определения перспективной траектории развития обучения в медицинском образовании. За последние пять лет доминирующей тенденцией в системе высшего медицинского образования является активное внедрение виртуальной микроскопии при обучении морфологическим дисциплинам.

Цель исследования: анализ использования виртуальной или световой микроскопии в обучении морфологии в медицинских ВУЗах стран.

Методы. В соответствии со стратегией поиска в научных базах данных: Google Scholar, PubMed, Web of Science, Scopus, Mendeley, CINAHL, Embase и Cochrane Library были изучены статьи, находящиеся в открытом доступе, глубиной за последние 5 лет. Критерии включения: публикации уровня доказательности А и В, включающие мета-анализы, систематические обзоры, оригинальные когортные и поперечные исследования. Критерии исключения: мнения экспертов, рекламные статьи, случаи диагностики патологии у пациентов и статьи с неопределенными качественными или количественными данными.

Выводы. В целом результаты анализа показали, что студенты, обучающиеся с использованием виртуальной микроскопии, демонстрировали более высокую академическую успеваемость и предпочитали этот метод. Совокупный эффект всех исследований подтверждает более высокую успеваемость студентов при использовании ими виртуальной микроскопии для обучения. Обзор литературы и объективная оценка результатов обучения морфологии в современном мире подчеркивает, что несмотря на некоторые сложности внедрения виртуальной микроскопии в качестве инструмента в учебный процесс, преимущества цифровой патологии значительно перевешивают ее недостатки и способствуют формированию высокой профессиональной компетентности будущих врачей.

Ключевые слова: световая микроскопия, виртуальная микроскопия, морфология, цифровая патология, результаты обучения, эффективность обучения.

Virtual microscopy or light microscopy: effectiveness in teaching morphology

[Saule Mussabekova](#)¹, [Khamida Abdikadirova](#)², [Zhan Atmtayev](#)³

¹ Professor of the Department of Morphology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

² Associate professor of the Department of Physiology, Karaganda Medical University», Karaganda, Kazakhstan

³ Forensic medical expert, State Enterprise Forensic Expertise Centre of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan

Abstract

For many years, the teaching of morphology medical education relied on light microscopy. However, the development of virtual technology has led to the development of digital pathology. Evaluating the academic performance of students studying morphology using virtual and light microscopy to determine the promising

trajectory of learning in medical education. In the last 5 years, the dominant trend in higher medical education has been the active implementation of virtual microscopy in morphological teaching.

This review aims to analyse the use of virtual or light microscopy in teaching morphology in medical school countries.

Methods. According to the search strategy of the databases: Google Scholar, PubMed, Web of Science, Scopus, Mendeley, CINAHL, Embase, and Cochrane Library, open access articles with a depth of the last 5 years were studied. Inclusion criteria: publications of the level of evidence A and B including meta-analyses, systematic reviews, original cohort, and cross-sectional studies. Exclusion criteria: expert opinions, promotional articles, cases of pathology diagnosed in patients, and articles with uncertain qualitative or quantitative data.

Conclusions. Overall, the results showed a preference for this technology and higher academic grades in the learners. The cumulative effect size of all studies strongly argues for the higher academic performance of students when they use virtual microscopy for learning. The literature review and objective evaluation of morphology learning outcomes in today's world emphasizes that despite some difficulties in implementing virtual microscopy as a tool in medical education, there are more advantages than disadvantages in preparing future physicians with high levels of competence.

Keywords: light microscopy, virtual microscopy, morphology, higher medical education, digital pathology, learning outcomes, learning effectiveness.