

Одеський національний медичний університет, Одеса
**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
У ФАХОВОМУ НАВЧАННІ ХІРУРГІВ**

A. M. Chaika

Odesa National Medical University, Odesa

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL TRAINING OF SURGEONS

Анотація. Метою роботи була оцінка перспектив застосування сучасних інформаційних технологій у фаховому навчанні хірургів. Проведений інформаційний пошук у відкритих базах даних дозволив встановити, що сучасний етап розвитку педагогічних інновацій у галузі вищої медичної освіти вимагає на додипломному та післядипломному рівнях застосування інформаційних технологій. При викладанні хірургічних дисциплін можуть застосовуватися технології інтерактивного навчання із застосуванням систем медичної симуляції, робототехніки та автоматизованих систем підтримки клінічного рішення із використанням штучного інтелекту та інтегрованих систем відеофіксації інтраопераційних подій.

Ключові слова: інформаційні технології; медична освіта; хірургія; безперервна освіта.

Abstract. The purpose of the work was to assess the prospects for the use of modern information technologies in the professional training of surgeons. The conducted information search in open databases made it possible to establish that the current stage of development of pedagogical innovations in the field of higher medical education requires the use of information technologies at the undergraduate and postgraduate levels. When teaching surgical disciplines, interactive learning technologies using medical simulation systems, robotics, and automated clinical decision support systems using artificial intelligence and integrated video recording systems of intraoperative events can be used.

Key words: information technologies; medical education; surgery; continuous education.

Вступ. До останнього часу навчання хірурга базувалося переважно на тісному контакті молодого фахівця з хірургом-експертом, передачі знань шляхом наслідування та поступового розширення компетенцій при виконанні того чи іншого втручання [1, 2, 4]. Традиційно навчання хірургічної майстерності відбувалося як трансфер знань та навичок від наставника до учня безпосередньо під час проведення хірургічних втручань. Тривалість періоду навчання та її ефективність безпосередньо залежали від низки чинників – досвіду наставника, інтенсивності практики, особистісних якостей і мотивації самого учня. Починаючи з асистенції, молодий хірург поступово ставав досвідченим самостійним оператором, одночасно опановуючи все більш складні види оперативних втручань та іноді самостійно вдосконалюючи вже існуючі операції [9, 16]. При цьому формувалися окремі хірургічні школи, які мали свій почерк та відрізнялися певною

спеціалізацією у виконанні тих чи інших оперативних втручань. Модель навчання, формально подібна у різних університетських осередках та клініках, практично не піддавалася стандартизації [9].

Тривалий час в основі підготовки майбутніх хірургів були принципи, закладені Холстедом. Він був вражений формальним навчанням німецьких хірургів із тісною інтеграцією фундаментальних наук у навчальний план. Прийнявши концепцію д-ра Ослера щодо обходів біля ліжка та німецьку навчальну програму, він створив модель навчання, в основу якої було покладено три принципи:

- Резидент повинен мати інтенсивні та повторювані можливості для догляду за хірургічними пацієнтами під наглядом кваліфікованого викладача хірургії.
- Резидент повинен отримати розуміння наукових основ хірургічного захворювання.
- Резидент повинен набути навичок у веденні пацієнтів і технічних операціях дедалі більшої склад-

ності з поступовою підвищеною відповідальністю та незалежністю [16].

Для XIX та XX сторіч були характерні ізоляційні тенденції у навчанні хірургії, це впливало на академічну мобільність. Натомість у сучасну епоху, коли темпи модернізації різних галузей медицини сягнули нечуваних рівнів, стало недостатньо передавати знання лише безпосередньо у ході роботи в операційній [11, 18, 20]. Поява інформаційних технологій не лише збільшила кількість форм збереження й передачі інформації щодо досвіду оперативних втручань, та дозволила проводити деякі розділи навчання дистанційно [3, 8], але й висунула до існуючої системи медичної освіти якісно нові вимоги.

Мета статті – оцінка перспектив застосування сучасних інформаційних технологій у фаховому навчанні хірургів.

Теоретична частина. На сьогодні окреслилися та набули певного розвитку такі галузі застосування інформаційних технологій у навчанні хірургічних дисциплін [5–7, 10, 12–15, 17, 19], як інтерактивне навчання із застосуванням систем медичної симуляції [5, 13, 14]; застосування робототехніки та автоматизованих систем підтримки клінічного рішення з використанням штучного інтелекту [6, 7, 10, 12, 19]; інтегровані системи відеофіксації інтраопераційних подій, які дозволяють хірургу-експерту дистанційно надавати допомогу молодому хірургу у складних ситуаціях, у тому числі у випадку, коли оперативне втручання виконується у складних умовах (військові дії, надзвичайна гуманітарна ситуація, погана транспортна доступність регіону, в якому перебував хірург-оператор) [15, 17].

Роль інтерактивного навчання за допомогою технологій у хірургічній освіті недостатньо вивчено та висвітлено. Показано, що максимальне залучення, участь та інтерактивність як стажерів-хірургів, так і викладачів покращують якість та результати хірургічної освіти. Враховуючи те, що існує зростаюча тенденція до переходу від традиційного односпрямованого навчання до інтерактивного навчання, орієнтованого на учня, такий підхід не просто є перспективним, а може стати революційним – відпаде необхідність у традиційній гейдельберзькій класно-урочній системі [9, 20].

Удосконалення навчальної діяльності від традиційної – дидактичної односпрямованої лекції до різноспрямованої, інтерактивної, захоплюючої і стимулюючої діяльності може підвищити освітні результати студентів, інтернів та курсантів. З появою освітніх технологій інтерактивне та спільне

навчання стало більш творчим. Різноманітні освітні технологічні платформи, навчальні розробки та інструменти служать різним освітнім цілям.

Освітні системи інтегрували численні технології, такі, як смартфони, планшети та хмарні сервіси, які значно полегшують навчальні стратегії і методи навчання. Багато закладів і програм використовують нові технології для покращення загального процесу навчання. Освітні технології пропонують нові концепції та застосування в навчанні, крім швидшого зв'язку чи зберігання цифрових ресурсів. Крім того, було виявлено, що активне та інтерактивне навчання в хірургічній освіті має сильний і неясний вплив залежно від того, як воно структуровано. Для посилення та просування інтерактивної хірургічної освіти в широкому масштабі широко застосовуються міжнародні програми інтерактивного навчання, які передбачають широкий обмін знаннями та навичками «без кордонів».

Прикладом таких ініціатив є eSurgery – безкоштовний електронний навчальний ресурс, який допомагає молодим фахівцям у перші роки навчання хірургії [5]. Цей ресурс надає широкі теоретичні знання, загальні для всіх хірургічних спеціальностей, і допоможе слухачам розвинути базові знання та навички, необхідні хірургу. Розроблений Королівським коледжем хірургів у партнерстві з Health Education England e-learning for healthcare, eSurgery пропонує інтерактивні сеанси електронного навчання, які тривають від 20 до 30 хв. Учні можуть опрацювати будь-який модуль, який відповідає їхнім навчальним потребам, у будь-якому порядку, який вони виберуть.

Штучний інтелект (ШІ) – це дослідження математичних алгоритмів, які прагнуть відтворити когнітивні функції, такі, як міркування, вирішення проблем, прийняття рішень і розпізнавання об'єктів і мови. Машинне навчання – це галузь ШІ, яка передбачає навчання алгоритму вчитися і робити майбутні прогнози, розпізнаючи шаблони без явного програмування. Ці алгоритми згодом здатні передбачити результат (наприклад, ідентифікацію об'єкта) на основі його «досвіду», коли їм представлені нові дані, яким він не піддавався [6, 7].

Штучні нейронні мережі та глибокі нейронні мережі є основою для деяких з останніх досягнень у машинному навчанні, натхненними біологічними нервовими системами в їхній здатності обробляти великі обсяги даних і параметризувати їх на багатьох рівнях (рис. 1).

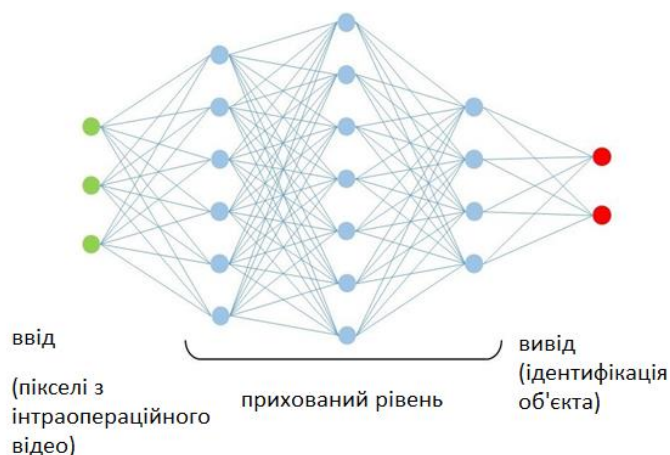


Рис. 1. Схематичне зображення нейронної мережі. Кожне коло представляє «нейрон», який складається зі складних арифметичних операцій, який отримує кілька вхідних даних від інших нейронів. Через багато раундів навчання з використанням навчального набору даних зв'язки та ваги між нейронами стають точнішими, щоб оптимізувати передбачувану точність вихідних даних із нового набору вхідних даних [12].

Нейронні мережі обробляють сигнали в шарах простих обчислювальних одиниць (нейронів). Зв'язки між кожним із цих блоків зважені таким чином, що після багатьох раундів навчання мережа створює цифровий відбиток, який здатний отримувати вихідні дані (наприклад, присутність об'єкта у відео чи ні) із заданого введення даних (наприклад, пікселів із відеофільму). Глибоке навчання (нейронні мережі, які містять багато шарів прихованих нейронів між входом і виходом) є надзвичайно «жадними до даних». Їхня здатність створювати ці цифрові сліди, які можуть робити точні та значущі висновки з даних, з якими вони ніколи раніше не стикалися, виходить із навчання їх на великому наборі даних із багатьма варіаціями та екземплярами. Завдяки повторюваним ітераціям навчання (наприклад, за допомогою таких методів, як пряме поширення та зворотне поширення), мережа поступово налаштовуватиме вагу зв'язків між кожним шаром нейронів, поки не зведе до мінімуму розбіжність між прогнозованими та фактичними результатами [12].

Можливо, одним із найцікавіших аспектів глибокого навчання та ШІ є його здатність ідентифікувати об'єкти та сцени, особливо в операційній, щоб робити клінічно значущі висновки. Глибоке комп'ютерне бачення використовує глибокі нейронні мережі з візуальними даними як вхідні дані. Пікселі з відео- та фотозображень подаються в мережу та обробляються через багато прихованих шарів для виявлення конкретних і відповідних функцій для виявлення об'єктів і класифікації зоб-

ражень. Поширеними архітектурами для пошуку шаблонів у просторових даних є згорткові нейронні мережі, залишкові нейронні мережі та рекурентні нейронні мережі. До цього дня глибоке навчання використовується для різних діагностичних і прогностичних застосувань у медицині, включаючи підозрілі ураження грудей на маммографії, діабетичну ретинопатію та підозрілі ураження шкіри при дерматоскопії [6].

Глибоке комп'ютерне бачення може мати величезне застосування в хірургічній освіті – як для навчання, так і для оцінки. Теорії професійного досвіду припускають, що розвиток навичок для складних завдань набувається через цілеспрямовану практику конкретних компетенцій. Це вимагає багаторазової практики, зосередженої на своїх слабких сторонах, одночасно отримуючи негайний зворотний зв'язок від тренера з широкими можливостями для повторення, доки продуктивність не досягне цільового значення. Хоча цей процес чудово працює в легкій атлетичі, шахах, класичній музиці чи інших сферах, у хірургії часто важко відтворити багато реалістичних операційних сценаріїв один за одним, де стажист може практикуватися в досвіді та оцінювати результат. Що ще важливіше, цілеспрямована практика вимагає не лише конкретних, вимірних і відтворюваних показників, але й тренера, який буде доступний для надання необхідного зворотного зв'язку в режимі реального часу під час навчання [12].

ШІ потенційно може заповнити цю порожнечу, використовуючи глибоке навчання та комп'ютерне

бачення для автоматизованого навчання. Наприклад, хірургічні симулятори віртуальної реальності генерують велику кількість кінстетичних і тактильних даних, які можуть бути застосовані для глибокого навчання, щоб ідентифікувати закономірності на основі різних рівнів досвіду (початківець проти експерта), а також отримувати інформацію щодо оперативної продуктивності та забезпечувати автоматичний зворотний зв'язок. Недавнє дослідження Malrani et al. показало цінність автоматизованої коучингової платформи, інтегрованої в симулятор віртуальної реальності для хірургічної системи da Vinci Surgical System, яка здатна надавати безперервну або на вимогу керівництво як графічне накладання під час відпрацювання технічних навичок роботизованої хірургії [10].

Глибоке навчання також можна використовувати для надання автоматизованого коучингу на вимогу для прийняття інтраопераційних рішень. Нещодавно наша група розробила модель, яка може автономно ідентифікувати безпечні зони розсічення (зона GO), небезпечні зони розтину (зона NO-GO) та інші анатомічні структури під час лапароскопічної холецистектомії на основі анотацій експертів-хірургів. Використовуючи платформу електронного навчання Think Like a Surgeon, слухачів просять зробити анотації до хірургічних відео, щоб відповісти на конкретні запитання (наприклад, де б ви зробили препарування далі). Анотовані пікселі стажерів згодом порівнюються з сегментацією хірургічного поля за допомогою ШІ, де вони отримують об'єктивну оцінку точності і багато можливостей для повторення та практики без присутності справжнього тренера. Поточні дослідження спрямовані на оцінку покращення продуктивності цієї платформи [7].

Незважаючи на обіцянки ШІ щодо оцифровки та покращення хірургічного навчання, існує багато підводних каменів. Будь-який автоматизований хірургічний тренер повинен пройти серйозні дослідження, щоб продемонструвати докази дійсності, і що вищі ставки оцінки (наприклад, ліцензування та акредитація), то більше ці дані повинні бути дійсними, надійними та юридично обґрунтованими. Крім того, якщо нейронна мережа розроблена для відтворення конкретної людської поведінки або аспекту операції, повинні бути докази того, що цей конкретний елемент є репрезентативним для основної конструкції хірургічного досвіду [12].

Дослідження якісних та змішаних методів часто є корисними для визначення компетенцій, які

є найбільш ефективними при розробці моделі ШІ. У хірургії існує багато нюансів, які роблять комп'ютерний зір більш складним, ніж в інших галузях науки та техніки. Наприклад, виявлення анатомічних структур і площин розсічення (семантична сегментація) непросте, оскільки більша частина хірургічної анатомії вкрита жировою та фіброзною тканиною, а виявлення об'єктів для прихованих структур без чітких меж складне. Крім того, навчання мережі на наборі даних, який уже було позначено або анотовано експертами, має мати необхідний золотий стандарт, і експерти часто матимуть протилежні оцінки та висновки. Хоча логістично простіше досягти експертного консенсусу для класифікаційних завдань (наприклад, чи є підозріле ракове ураження чи ні), отримання експертного консенсусу щодо меж об'єктів у хірургічному полі є більш складним. Щоб подолати це, використовувалися різні інструменти, такі, як тест візуальної узгодженості, для досягнення консенсусу на основі панелі експертних анотацій у галузі хірургії, і ця конвергенція анотацій є золотим стандартом консенсусу, який згодом використовується для навчання мережі [6, 7, 12].

Інша проблема полягає в отриманні адекватних даних для навчання мережі для досягнення високого рівня продуктивності. Відсутність хірургічних відео може ускладнити навчання мережі достатньою кількістю випадків і прикладів, щоб вона могла робити точні прогнози в нових і нових випадках. Нарешті, оскільки ці програми продемонстрували потенціал в інших сферах, поширеною критикою є те, що важко зрозуміти, як алгоритм приймає рішення, що може бути проблематичним у контексті освіти, де успішні стосунки між викладачем і учнем ґрунтуються на довірі. Проте зростаючий інтерес до ШІ приводить до вдосконалення методів «відкриття чорної скриньки» глибокого навчання [12].

Однак при впровадженні ШІ в освітні програми, ми стикаємося із суттєвими етичними та правовими міркуваннями. Як лікарі, ми не маємо видатного досвіду належного впровадження нових технологій чи інновацій у нашу сферу. Ми часто приймаємо речі за чисту монету і починаємо робити висновки на основі знахідок без ретельної оцінки. Крім того, ми традиційно недооцінюємо власну упевненість і потребуємо захисту своєї інтелектуальної власності. Оскільки ШІ і глибоке навчання пронизують різні аспекти хірургічної допомоги, нам необхідно змінити цю тенденцію.

Хірурги повинні розуміти, що є величезна цінність та інтерес до необроблених, невідредагованих операційних відео. Коли ми приймаємо рішення в цій сфері, нам потрібно пам'ятати про дві речі: по-перше, таке відео має бути записане, поширене та використане відповідним чином для досліджень, фахової освіти та покращення її якості. По-друге, існує величезна можливість для всіх членів хірургічної спільноти навчатися з таких мультимедійних засобів як особисто, так і спільно. Оскільки ці дані стають дедалі доступнішими та застосовуються для багатьох цілей для покращення хірургічної допомоги, важливо також знати, що існує великий попит у галузі, і доступ до них потрібно регулювати з високим ступенем контролю. Необхідно дотримуватися процедур, щоб підтримувати безпеку та цілісність даних, що часто ускладнює керування самими даними. Хірурги повинні брати активну участь у використанні, обслуговуванні та створенні алгоритмів, які походять із цих великих сховищ наборів даних [12, 18].

Крім того, дії, вжиті в результаті застосування алгоритмічного використання машинного навчання та ШІ, потрібно робити мудро. При правильному виконанні існує величезний потенціал для формування зворотного зв'язку, технічної оцінки, мінімі-

зації роботи та навчання на основі великих даних. А втім, якщо ШІ використовується для ухвалення важливих рішень, таких, як атестація чи догляд за пацієнтами, ШІ має здійснюватися програмно та на основі доказів, подібно до впровадження інших інноваційних технологій. До останніх належать зокрема «розумні» окуляри, які використовуються для передачі інтраопераційних даних у режимі реального часу до хірурга-експерта, який допомагає оператору у складній ситуації [15].

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. Сучасний етап розвитку педагогічних іновацій у галузі вищої медичної освіти вимагає на додипломному та післядипломному рівнях застосування інформаційних технологій.

2. При викладанні хірургічних дисциплін можуть застосовуватися технології інтерактивного навчання із застосуванням систем медичної симуляції, робототехніки та автоматизованих систем підтримки клінічного рішення з використанням штучного інтелекту та інтегрованих систем відеофіксації інтраопераційних подій.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з аналізом ефективності навчання хірургів навичок відеоендоскопічних втручань за допомогою технології штучного інтелекту.

Список літератури

1. Лосев О. О. Викладання «дитячої хірургії» в Одеському національному медичному університеті / О. О. Лосев, М. Г. Мельніченко // Медична освіта. – 2011. – № 3. – С. 102–104.
2. Лупальцов В. І. Оптимізація викладання практичних навичок по хірургії / В. І. Лупальцов, А. І. Ягнюк, О. В. Мірошніченко // Сучасні підходи до вищої медичної освіти в Україні : матеріали XIV Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, присвяченої 60-річчю ТДМУ (з дистанційним під'єднанням ВМ(Ф)НЗ України за допомогою відеоконференц-зв'язку) (Тернопіль, 18–19 трав. 2017 р.): у 2 т. / Терноп. держ. мед. ун-т імені І. Я. Горбачевського. – Тернопіль : ТДМУ, 2017. – Т. 1. – С. 134–135.
3. Наш досвід дистанційного навчання загальної хірургії в умовах пандемії коронавірусу / В. Ю. Ільїна-Стогнієнко, А. О. Колотвін, В. П. Майданюк [та ін.] // Вісник морської медицини. – 2021. – № 1 (90). – С. 12–16.
4. Сучасні методики викладання хірургічних дисциплін в медичному коледжі / В. С. Драбовський, Ж. П. Кундій, Н. В. Мартиненко [та ін.]. – Режим доступу : <https://core.ac.uk/download/pdf/200105223.pdf>.
5. A comprehensive review of robotic surgery curriculum and training for residents, fellows, and postgraduate

- surgical education / R. Chen, A. P. Rodrigues, C. Krause [et al.] // Surg. Endosc. – 2020. – Vol. 34 (1). – P. 361–367. DOI 10.1007/s00464-019-06775-1. PMID: 30953199.
6. Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils / D. A. Hashimoto, G. Rosman, D. Rus, O. R. Meireles // Ann. Surg. – 2018. – Vol. 268 (1). – P. 70–76. DOI 10.1097/SLA.0000000000002693. PMID: 29389679; PMID: PMC5995666.
7. A systematic review on artificial intelligence in robot-assisted surgery / A. Moglia, K. Georgiou, E. Georgiou [et al.] // Int. J. Surg. – 2021. – Vol. 95. – P. 106151. DOI 10.1016/j.ijssu.2021.106151. PMID: 34695601.
8. Distance education for anatomy and surgical training – A systematic review / M. Co, K. Y. C. Cheung, W. S. Cheung [et al.] // Surgeon. – 2022. – Vol. 20 (5). – P. e195-e205. DOI 10.1016/j.surge.2021.08.001. PMID: 34483055; PMID: PMC8514899.
9. Education of the modern surgical resident: Novel approaches to learning in the era of the 80-hour workweek / L. Nguyen, F. C. Brunnicardi, D. J. Dibardino [et al.] // World J. Surg. – 2006. – Vol. 30 (6). – P. 1120–1127.
10. Effect of real-time virtual reality-based teaching cues on learning needle passing for robot-assisted minimally in-

vasive surgery: a randomized controlled trial / A. Malpani, S. S. Vedula, H. C. Lin [et al.] // *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.* – 2020. – Vol. 15 (7). – P. 1187–1194. DOI 10.1007/s11548-020-02156-5. PMID: 32385598.

11. Khaliq T. Simulation in Surgery / T. Khaliq, Q. A. A. Atif // *J. Coll. Physicians Surg. Pak.* – 2019. – Vol. 29 (3). – P. 199–200. DOI 10.29271/jcpsp.2019.03.199. PMID: 30823940.

12. Machines for Surgical Education? A Review of Applications of Deep Learning for Training and Assessment / A. Madani, D. A. Hashimoto, A. Alseidi, M. S. Altieri. – Access mode : <https://www.facs.org/for-medical-professionals/news-publications/journals/rise/articles/deep-learning/>.

13. Maizels M. Computer-enhanced visual learning interactive: judging suitability for newborn circumcision / M. Maizels, P. Meade // *J. Pediatr. Urol.* – 2019. – Vol. 15 (2). – P. 189–191. DOI 10.1016/j.jvisurg.2020.03.003. PMID: 32284242.

14. Medical and Surgical Education Challenges and Innovations in the COVID-19 Era: A Systematic Review / A. Dedeilia, M. G. Sotiropoulos, J. G. Hanrahan [et al.] // *In Vivo.* – 2020. – Vol. 34 (3). – P. 1603–1611.

References

1. Losiev, O.O., & Melnichenko, M.H. (2011). Vykladannia «dytiachoi khirurgii» v Odeskomu natsionalnomu medychnomu universyteti [Teaching “children surgery” in Odesa National Medical University]. *Medychna osvita – Medical Education*, 3, 102-104 [in Ukrainian].

2. Lupaltsov, V.I., Yahniuk, A.I., & Miroshnychenko, O.V. (2017). Optyimizatsiia vykladannia praktychnykh navychok po khirurgii [Optimization of teaching practical skills in surgery]. Suchasni pidkhody do vyshchoi medychnoi osvity v Ukraini – Modern approaches to higher medical education in Ukraine: *Proceedings of the XIV AllUkrainian science and practice conf. from international participation dedicated to the 60th anniversary of TDMU*. Ternopil: TDMU [in Ukrainian].

3. Ilina-Stohniienko, V.Yu., Kolotvin, A.O., Maidaniuk, V.P., Kvasnevskyi, O.A., Kashtalian, N.M., & Kvasnevskyi, Ye.A. (2021). Nash dosvid dystantsiinoho navchannia zahalnoi khirurgii v umovakh pandemii koronavirusu [Our experience of distant teaching general surgery in the conditions of coronavirus pandemic]. *Visnyk morskoi medytsyny – Journal of Marine Medicine*, 1(90), 12-16 [in Ukrainian].

4. Drabovskiy, V.S., Kundii, Zh.P., Martynenko, N.V., Chelishvili, A.L., & Osipov, O.S. Suchasni metodyky vykladannia khirurgichnykh dystsyplin v medychnomu koledzhi [Modern methodics of teaching surgery disciplines in the medical college]. Retrieved from: <https://core.ac.uk/download/pdf/200105223.pdf> [in Ukrainian].

DOI 10.21873/invivo.11950. PMID: 32503818; PMCID: PMC8378024.

15. Rods&Cones is a remote assistance solution for medical environments. – Access mode : <https://www.rods-cones.com/our-kits/>.

16. Sachdeva A. K. The changing paradigm of residency education in surgery: A perspective from the American College of Surgeons / A. K. Sachdeva // *Am. Surg.* – 2007. – Vol. 73 (2). – P. 120–129.

17. Surgery Assistance Smart Glasses: new tech partnership means revolution in the Operating Theatre. – Access mode : <https://iristick.com/resources/surgery-assistance-smart-glasses>.

18. Villet R. Teaching surgery in 2020 / R. Villet // *J. Visc. Surg.* – 2020. – Vol. 157 (3). – P. S71–S72. DOI 10.1016/j.jvisurg.2020.03.003. PMID: 32284242.

19. Wang R. S. Robotic Surgery Training: Current Trends and Future Directions / R. S. Wang, S. N. Ambani // *Urol. Clin. North Am.* – 2021. – Vol. 48 (1). – P. 137–146. DOI 10.1016/j.ucl.2020.09.014. PMID: 33218588.

20. Williams T. P. Tele-education assisted mentorship in surgery (TEAMS) / T. P. Williams, V. Klimberg, A. Perez // *J. Surg. Oncol.* – 2021. – Vol. 124 (2). – P. 250–254. DOI 10.1002/jso.26495. PMID: 34245580.

5. Chen, R., Rodrigues, A.P., Krause, C., Siu, K.C., & Oleynikov, D. (2020). A comprehensive review of robotic surgery curriculum and training for residents, fellows, and postgraduate surgical education. *Surg. Endosc.*, 34(1), 361-367. DOI 10.1007/s00464-019-06775-1. PMID: 30953199.

6. Hashimoto, D.A., Rosman, G., Rus, D., & Meireles, O.R. (2018). Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. *Ann. Surg.*, 268(1), 70-76. DOI 10.1097/SLA.0000000000002693. PMID: 29389679; PMCID: PMC5995666.

7. Moglia, A., Georgiou, K., Georgiou, E., Satava, R.M., & Cuschieri, A. (2021). A systematic review on artificial intelligence in robot-assisted surgery. *Int. J. Surg.*, 95, 106151. DOI 10.1016/j.ijsu.2021.106151. PMID: 34695601.

8. Co, M., Cheung, K.Y.C., Cheun, W.S., Fok, H.M., Fong, K.H., Kwok, O.Y., ... Chu, K.M. (2022). Distance education for anatomy and surgical training – A systematic review. *Surgeon*, 20(5), e195-e205. DOI 10.1016/j.surge.2021.08.001. PMID: 34483055; PMCID: PMC8514899.

9. Nguyen, L., Brunicardi, F.C., Dibardino, D.J., Scott, B.G., Awad, S.S., Bush, R.L., & Brandt, M.L. (2006). Education of the modern surgical resident: Novel approaches to learning in the era of the 80-hour workweek. *World J. Surg.*, 30(6), 1120-1127.

10. Malpani, A., Vedula, S.S., Lin, H.C., Hager, G.D., & Taylor, R.H. (2020). Effect of real-time virtual reality-based teaching cues on learning needle passing for robot-assisted minimally invasive surgery: a randomized controlled trial.

Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg., 15(7), 1187-1194. DOI 10.1007/s11548-020-02156-5. PMID: 32385598.

11. Khaliq, T., & Atif, Q.A.A. (2019). Simulation in Surgery. *J. Coll. Physicians Surg. Pak.*, 29(3), 199-200. DOI 10.29271/jcsp.2019.03.199. PMID: 30823940.

12. Madani, A., Hashimoto, D.A., Alseidi, A., & Altieri, M.S. Machines for Surgical Education? A Review of Applications of Deep Learning for Training and Assessment. Retrieved from: <https://www.facs.org/for-medical-professionals/news-publications/journals/rise/articles/deep-learning/>.

13. Maizels, M., & Meade, P. (2019). Computer-enhanced visual learning interactive: judging suitability for newborn circumcision. *J. Pediatr. Urol.*, 15(2), 189-191. DOI 10.1016/j.jpurol.2019.02.025. PMID: 31103193.

14. Dedeilia, A., Sotiropoulos, M.G., Hanrahan, J.G., Janga, D., Dedeilias, P., & Sideris, M. (2020). Medical and Surgical Education Challenges and Innovations in the COVID-19 Era: A Systematic Review. *In Vivo*, 34(3), 1603-1611. DOI 10.21873/invivo.11950. PMID: 32503818; PMID: PMC8378024.

15. Rods&Cones is a remote assistance solution for medical environments. Retrieved from: <https://www.rods-cones.com/our-kits/>.

16. Sachdeva, A.K. (2007). The changing paradigm of residency education in surgery: A perspective from the American College of Surgeons. *Am. Surg.*, 73(2), 120-129.

17. Surgery Assistance Smart Glasses: new tech partnership means revolution in the Operating Theatre. Retrieved from: <https://iristick.com/resources/surgery-assistance-smart-glasses>.

18. Villet, R. (2020). Teaching surgery in 2020. *J. Visc. Surg.*, 157(3), S71-S72. DOI 10.1016/j.jvisc-surg.2020.03.003. PMID: 32284242.

19. Wang, R.S., & Ambani, S.N. (2021). Robotic Surgery Training: Current Trends and Future Directions. *Urol. Clin. North Am.*, 48(1), 137-146. DOI 10.1016/j.ucl.2020.09.014. PMID: 33218588.

20. Williams, T.P., Klimberg, V., & Perez, A. (2021). Tele-education assisted mentorship in surgery (TEAMS). *J. Surg. Oncol.*, 124(2), 250-254. DOI 10.1002/jso.26495. PMID: 34245580.

Отримано 28.04.2023.
Рекомендовано 09.06.2023.

Електронна адреса для листування: urolog.chaika@gmail.com