

# Методологія наукових досліджень

## Scientific research methodology

Шановні колеги! У рубриці „Методологія наукових досліджень” редакція продовжує публікацію матеріалів, що пов’язані з найважливішими аспектами наукової і навчальної діяльності: організаційно-методичним забезпеченням наукових видань, загальними принципами статистичного, біометричного і математичного супроводження досліджень, а також оригінальними методичними підходами вітчизняних і зарубіжних морфологів.

О.І. Ковальчук  
М.П. Бондаренко  
А.Г. Охрей  
І.Ю. Прибитько  
Є.М. Решетник

Київський національний  
університет імені Тараса  
Шевченка,  
Київ, Україна

Надійшла: 26.08.2020  
Прийнята: 22.09.2020

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.158-164>

УДК 61, 611, 612

### ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ (ВІРТУ- АЛЬНОЇ І ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ) В МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ ТА ПРАКТИЦІ

Kovalchuk O.I.  ✉, Bondarenko M.P. , Okhrey A.G. , Prybytko I.Y. , Reshetnyk E.M.  Features of using immersive technologies (virtual and augmented reality) in medical education and practice. Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine.


**ABSTRACT.** Nowadays, the subject of research is to study the characteristics of the impact of the usage of immersive technologies on the quality of the educational process. Using the equipment of the virtual reality rooms of the Educational and Research Center "Institute of Biology and Medicine" of Taras Shevchenko National University of Kyiv to implement immersive technologies in the modern educational process, students are approaching the peaks of professionalism in the future. Learning with the use of immersive technologies contributes to the formation of focus on the practical component of education, increase the productivity of the educational process, increase attention, adapt the speed of information retrieval, increase motivation, improve creativity and memory, allow comprehensive assessment of educational achievements. contributes to the provision of quality, modern, visual and optimized training of medical personnel.

**Key words:** immersive technologies, virtual reality (VR), augmented reality (AR), digital competencies.

#### Citation:

Kovalchuk OI, Bondarenko MP, Okhrey AG, Prybytko IY, Reshetnyk EM. [Features of using immersive technologies (virtual and augmented reality) in medical education and practice]. Morphologia. 2020;14(3):158-64. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.158-164>

 Kovalchuk O.I. 0000-0002-6311-3518

 Bondarenko M.P. 0000-0002-2755-9248

 Okhrey A.G. 0000-0002-4596-1492

 Prybytko I.Y. 0000-0003-1487-166X

 Reshetnyk E.M. 0000-0003-1084-842X

✉ kofa@i.ua

© SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine», «Morphologia»

## Вступ

Впровадження нових технологій в педагогічний процес є невід'ємною складовою покращення якості освіти. На сьогоднішній день у вищих навчальних закладах викладання здійснюється переважно традиційними методами, які включають викладання матеріалу, його опрацювання студентами та перевірку отриманих знань. В прикладних галузях важливим аспектом є практичне освоєння матеріалу, відпрацювання методик, а також набуття досвіду. Зокрема, в медичній освіті практичні заняття, стажування є дуже важливими, а якість і кількість їх проведення впливає на кваліфікацію майбутніх кадрів. Викладання базових медичних дисциплін «Анатомія людини», «Фізіологія», «Патофізіологія» на належному рівні потребує демонстрації безпосередньо людського матеріалу, оскільки навіть найкраще навчально-методичне забезпечення, а саме підручники, посібники та навчальні відеоматеріали не є достатніми для найкращого засвоєння знань [1].

Вдосконалення та оптимізація комп'ютерних систем зробили можливим широке використання технологій віртуальної (VR) та розширеної (доповненої) реальності (AR) в різноманітних сферах, у тому числі і в медичній освіті [2].

Цифрова компетентність усіх учасників освітнього процесу допомагає знаходити, аналізувати, оцінювати та використовувати на практиці різноманітний (в тому числі і об'ємний) цифровий контент. Творче використання цифрових технологій керує процесом самовдосконалення та розвитку.

Застосування імерсивних технологій дозволяє значно покращити засвоєння матеріалу, а також підготувати майбутніх лікарів до різноманітних ситуацій, які можуть виникнути під час реальних операцій чи маніпуляцій з пацієнтами, напрацювати навички роботи з людським матеріалом в реальному часі. Впровадження та використання комп'ютерних технологій в навчальному процесі не потребує значних фінансових затрат, а за умови розробки ефективних симуляцій дозволяє зменшити кількість годин, проведених на практичних заняттях, присвячених ознайомленню з особливостями роботи з різними ситуаціями чи значним об'ємом матеріалу, і, відповідно, присвятити більше часу напрацюванню практичних навичок на набуттю компетентностей. Фактично, використання імерсивних технологій в освітньому процесі – наочне і цікаве вивчення різних дисциплін в одній кімнаті. AR та VR – якісна заміна таблиць, муляжів, трупного матеріалу. Процеси навчання з отриманням нових знань та компетенцій на основі імерсивних технологій мотивують і організовують.

Імерсивні технології віртуальної і доповне-

ної реальності не можуть повністю замінити інші види викладання, проте їх поєднання із класичними педагогічними підходами значно покращує успішність студентів [3], що може бути пов'язано як з урізноманітненням візуалізації анатомічних об'єктів, так і зі зростанням зацікавленості навчальним процесом.

Перша віртуальна система в медицині була введена ще в 1965 році Робертом Манном, щоб полегшити сприйняття навчального матеріалу для ортопедів. В кінці 1980-х уже здійснювались спроби запровадження візуалізації за допомогою VR в клінічну практику [4].

Упродовж останніх років технологія VR значно змінилася: покращення технічного забезпечення та нові інженерні рішення поліпшили якість візуалізації, а також зменшили негативні ефекти використання VR (нудота, запаморочення, тимчасове погіршення зору та ін) [5, 6].

Крім того, світові тренди в медичній освіті орієнтовані на гуманістичні ідеали, що також накладає певні обмеження на доступність матеріалів для навчальних цілей. Сучасна освіта має бути безпечною та проводитися з дотриманням визнаних і законодавчо затверджених етичних нормативів [1].

Використання симуляцій на основі VR та AR для навчання студентів тих медичних спеціальностей, які потребують досконалого володіння інвазивними методиками, дозволяє ознайомити з особливостями роботи в асептичних умовах, продемонструвати алгоритм проведення втручань без використання людського матеріалу. Важливим є безпосередня участь кожного студента в освітньому процесі, а також можливість самостійного проведення тисяч маніпуляцій з імітацією найновішого устаткування індивідуально.

Використання технологій доповненої та віртуальної реальності дають змогу опанувати елементарні хірургічні маніпуляції лікарям з різною спеціалізацією, що є надзвичайно важливо, адже, як приклад, майбутні сімейні лікарні не проходять професійну хірургічну практику.

В той же час, студенти, які бажають в подальшому обирати спеціальності, в основі яких лежать маніпуляції (оперативні втручання, проведення обстежень – колоноскопія, гінекологічне обстеження тощо), за допомогою симуляцій швидше навчаються та вдосконалюють свої навички, знижуючи ризики ускладнень пов'язані з недосвідченістю лікаря-інтерна.

Використання віртуальної реальності дозволяє візуалізувати всю складність ділянки, яку потрібно оперувати та надає можливість повторити процес стільки разів, скільки потрібно, що неможливо провести в реальних умовах [7]. В дослідженні Seymour та співавт. за участі 16 лікарів-хірургів було показано, що лікарі, які проходили навчання з використанням методик

віртуальної реальності, виконують операції на 29% швидше, ніж ті, хто використовували традиційні методи [8].

Отже, сучасні навчальні технології можуть запропонувати безпечну, ефективну та вигідну навчальну програму саме завдяки впровадженню віртуальної і доповненої реальності [9, 10].

VR – це використання програмного забезпечення для створення симуляції оточення. На відміну від традиційних користувацьких інтерфейсів з екранами, візуалізація у VR здійснюється за допомогою спеціального дисплея у формі шолома (HMD) та певних датчиків (маніпулятори, рукавиці, стилуси), які дозволяють користувачу взаємодіяти з оточенням та віртуальними персонажами та об'єктами як із реальними [11].

AR і VR мають багато спільних технічних аспектів, але AR відрізняється від VR, оскільки її суть полягає не в тому, щоб сформувати повністю штучне середовище, а в накладанні зображення, створеного комп'ютером, на реальне оточення користувача [1, 12].

Планшети, мобільні телефони, окуляри AR та інші оптимізовані пристрої можуть використовуватися як апаратні засоби для запуску програм AR, в тому числі і для медичних потреб. AR широко застосовується в клінічній практиці, надаючи додаткову інформацію для лікаря під час інтервенційних процедур. Доповнена реальність доповнює справжнє хірургічне поле віртуальним накладанням візуалізованих результатів таких обстежень, як трактографія, або ангиографія та ультразвукове дослідження) [13, 14].

**Мета дослідження** – аналіз сучасних наукових даних про використання і вплив імерсивних технологій в медичній освіті та практиці.

#### **Матеріали**

Обладнання аудиторій віртуальної реальності кафедри анатомії та патологічної фізіології Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (30 смартфонів та VR шоломів для здобувачів освіти); 2 планшета для викладачів; 2 Wi-Fi роутери; шолом Oculus з маніпуляторами; комп'ютер з VR-підтримкою).

#### **Методи**

В освітньому процесі на кафедрі анатомії та патологічної фізіології Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка для реалізації навчання з використанням імерсивних технологій використовуються додатки:

- GoogleExpeditions – підтримує AR/VR, створивши враження, що глядач є свідком процесів. Демонстрація з коментарями викладача та обговорення побаченого допомагає підвищити зацікавленість учасників освітнього процесу до

пізнавальної діяльності, демонстрація певних утворів і процесів покращує їх розуміння та засвоєння.

- Anatomyou - 3D-занурювальний (імерсивний) додаток, яке навчає вас анатомії людини для малоінвазивних процедур; багато інших розробників взяли його за основу. Наприклад, користувачі Oculus мають у своєму розпорядженні 3DOrganon VRAnatomy [44].

- CreatorAVR дозволяє створювати навчальні завдання, використовувати зворотній зв'язок за допомогою мобільних пристроїв без необхідності програмування; допомагає учасникам освітнього процесу швидко створювати інтерактивний навчальний контент безпосередньо на своїх планшетах та смартфонах з подальшим відтворенням у смартфонах [45].

*Застосування технологій віртуальної та доповненої реальності в медичній освіті та їх ефективність*

На сьогодні вже існує певний досвід впровадження технологій віртуальної та доповненої реальності в навчальний процес для студентів-медиків. Накопичений досвід дозволяє стверджувати, що симулятори VR та AR повинні мати стандарти якості, щоб бути придатними для цілей медичної освіти. Однак, навіть якщо ці стандарти будуть дотримані, ефективність такого способу навчання, як і класичних методик викладання в першу чергу залежить від мотивації студентів. Використання новітніх і незвичних (але одночасно надсучасних) технологій, можливість попрацювати в цифровому просторі також можуть слугувати додатковим стимулом мотивації студентів при набутті цифрових компетентностей.

Існує ряд опублікованих досліджень, які намагаються перевірити тренажери VR та AR в конкретних навчальних закладах (що стосуються різних галузей медицини та етапів навчання) з метою вивчення їх обґрунтованості, перенесення отриманих навичок у реальні ситуації, криві здатності навчатися та період утримання навичок [15-20]. Показано, що VR є адекватним для засвоєння практичних навичок з лапароскопічної хірургії, нейрохірургії, вивчення методів катетеризації та ендоскопічних процедур) [21].

Розглянемо докладніше перспективи використання VR / AR в різних напрямках медичної освіти.

1. *Анатомія та фізіологія* – це класичні фундаментальні предмети, для вивчення яких використовується VR / AR [22]. Вперше додаток для вивчення анатомії людини за допомогою віртуальної реальності був створений у 1991 році на основі даних КТ / МРТ та містить понад 7000 цифрових анатомічних зображень [23, 24]. При вивченні дисципліни «Анатомія людини» також використовуються AR-програми на основі планшетів / смартфонів, які проєктують об'ємну ін-

формацію, візуальні тривимірні структури та посилення на традиційні сторінки підручників та атласів. На сьогодні існує можливість моделювання динамічних процесів на різних рівнях організації біосистем. У викладанні фізіології актуальним слід вважати моделювання роботи мембран клітин, зокрема нейронів, та систем органів, зосереджуючись на найбільш інформативних параметрах, наприклад, для серцево-судинної системи, включаючи до такої активної моделі частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск, скоротливість та судинний опір [24].

2. *Хірургія.* Імерсивні технології корисні при вивченні низки дисциплін в хірургічній спеціалізації, зокрема лапароскопії, ендоскопічних процедур та нейрохірургії. Точність та реалістичність є надзвичайно важливими елементами для маніпуляцій, для максимального відтворення реальних стресових умов практичної діяльності лікаря. Так, сучасні VR-лапароскопічні тренажери є «гібридними», оскільки вони складаються з реальних інструментів та віртуального робочого поля, оснащені системами оцінювання, які вимірюють такі параметри, як час виконання завдання, помилки, допущені під час операції, та ергономічність рухів хірурга [25]. Вони особливо корисні при активному застосуванні інтенсивного зворотного зв'язку з інструктором [26]. Аналогічно основним застосуванням AR в хірургічній підготовці є телеметрія: керівник може навчити студента, вказавши правильні хірургічні рухи, шляхи та особливості маніпуляцій на екрані [27].

Моделювання VR та AR має великий потенціал при відпрацюванні складних процедур, таких як мастоїдектомія [28]. Застосування імерсивних технологій покращує результати навчання та закріплення навичок, необхідних для успішного здійснення операції [29]. При проведенні нервово-судинного хірургічного втручання, AR можна використовувати для візуалізації судинної архітектури, що може допомогти фахівцю прийняти рішення, скоротити час роботи та підвищити точність. Поєднання медичних засобів, збагачених передопераційними показниками за допомогою AR під час реальної хірургічної операції допомагає як досвідченим лікарям, так і початківцям-хірургам поліпшити їх просторове розуміння анатомії для визначення найбільш нетравматичного підходу [30, 31].

3. *Загальна практика.* Ряд симуляцій, таких як візуалізація 3D-динаміки легенів за допомогою AR дозволяють в режимі реального часу візуалізувати 3D-динаміку органів, накладену безпосередньо на манекена або на пацієнта в операційній. Також ця система може бути використана для відтворення спеціалізованих навчальних клінічних сценаріїв [32], таких як позаматкова вагітність [33].

### *Переваги та недоліки технології VR / AR*

VR / AR тренажери мають ряд переваг: мінімальна вартість використання, спрощення низки етичних питань та безпека порівняно з навчанням на фактичних пацієнтах. Більше того, за допомогою симуляторів можна досягти більшої різноманітності та складності процедур. На відміну від анатомічної лабораторії або клініки, сучасні навчальні комп'ютерні технології дозволяють студенту навчатись в зручний час, незалежно від наявності трупного матеріалу або пацієнтів. Цінність VR в контексті навчання полягає в тому, що цей підхід пропонує оточення, максимально схоже на сценарії реального життя. Проведення операцій в умовах VR дозволяє набути необхідних психомоторних навичок для освоєння інвазивних методик [9, 34, 35]. У підсумку, спостерігається поліпшення результатів навчання здобувачами медичної освіти, як це було показано у дослідженні успішності вивчення нейроанатомії при використанні імерсивних та інтерактивних віртуальних технологій [36].

Проте, впровадження новітніх методів у систему медичної освіти має низку складнощів. До них перед усім належать труднощі в оцінці ефективності використання віртуальної і доповненої реальності в медичній освіті [37]. Окрім того на сьогодні навчальні методики віртуальної та доповненої реальності не включені до навчального процесу структурно, не застосовуються систематично [38]. Щоб тренажери мали цінність, вони повинні забезпечувати реалістичний зворотний зв'язок, що дозволяє користувачеві застосувати цю підготовку в реальній ситуації [39, 40].

Порівняння між моделюванням у VR та реальним життям є предметом дискусій, оскільки студенти, які навчаються, не отримують фізичних відгуків при взаємодії з реальними об'єктами. VR оцінюється як менш ефективний метод для підвищення кваліфікації порівняно з тактильним моделюванням, таким як трупний матеріал та фізичні моделі [41].

Одна з особливостей даної технології – вартість придбання та обслуговування VR апаратури [42]. Проте, такі технології сприяють економії часу викладачів та аудиторного фонду (простору): одна установка зазвичай не займає більше 2x2м, проте дозволяє виконувати різноманітні імітаційні дії, коли відбувається моделювання VR. Крім того, багато імерсивних систем дозволяють створювати за замовчуванням навчальні програми з урахуванням конкретних потреб. Ці системи також можуть генерувати великі обсяги даних про продуктивність. Такі дані є цінними для забезпечення використання, заохочення участі здобувачів освіти та виявлення студентів, які можуть отримати більшу користь від подальшого навчання за іншими методиками.

Крім того, впровадження цифрових технологій потребує постійного підвищення цифрової

компетентності науково-педагогічних кадрів, які зможуть використовувати переваги імерсивних технологій.

Слід зазначити також, що ваховуючи зацікавленість виробників програмного забезпечення та відповідного устаткування ринком охорони здоров'я, а також попит та зростаючу конкуренцію в сучасних цифрових галузях [43], слід очікувати все більшої доступності імерсивних технологій, і, як результат, економічної доцільності їх впровадження у медичну освіту вже сьогодні.

Дослідження вказують на поліпшення результатів навчання здобувачами медичної освіти, наприклад з нейроанатомії при використанні імерсивних та інтерактивних віртуальних технологій [44].

#### **Висновки**

VR/AR в імерсивних технологіях – це перш за все інструменти, які використовуються для досягнення визначеного набору результатів навчання. Необхідність впровадження технологій розширеної (доповненої) (AR) та віртуальної реальності (VR) у навчальний процес обумовлена широким застосуванням цих новітніх технологій у медичній практиці. Зокрема, розширена та віртуальна реальність все частіше визнається ефективним доповненням у хірургічній практиці, забезпечуючи хірургів високо точними різноплановими аудіовізуальними даними під час операції.

Із вищесказаного можна зробити наступні підсумки щодо перспективності використання віртуальної та доповненої реальності в медичній освіті:

- мотивація та забезпечення підвищення цифрових компетентностей усіх учасників освітнього процесу;

- одночасне поєднання практичних та теоретичних знань, можливість підготовки студентів з широким спектром практичних навичок та вмій.

- розширення методологічного арсеналу науково-педагогічних працівників,

- усунення низки етичних обмежень під час проведення медичних навчальних досліджень,

- оптимізація навчального процесу, через зменшення тривалості підготовки до занять і здешевлення матеріального забезпечення навчального процесу в довгостроковій перспективі.

#### **Перспективи подальших досліджень**

Подальші дослідження дозволять розробити послідовність і обґрунтування використання віртуальної та доповненої реальності при набутті цифрових компетентностей в процесі вивчення дисциплін «Анатомія людини», «Фізіологія» та «Патофізіологія».

#### **Джерела фінансування**

Робота виконана в рамках фундаментального проекту «Дослідження реакцій організму при використанні імерсивних технологій» кафедри анатомії та патологічної фізіології Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

#### **Інформація про конфлікт інтересів**

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

### **Літературні джерела**

#### **References**

1. Kamphuis C, Barsom E, Schijven M, Christoph N. Augmented reality in medical education? *Perspect Med Educ*. 2014 Jan 14;3(4): 300-11.

2. Joo-Nagata J, Martínez AF, García-Bermejo GJ, García-Peñalvo FJ, Augmented reality and pedestrian navigation through its implementation in m-learning and e-learning: Evaluation of an educational program in Chile. *Comput. Educ*. 2017 Aug 111:1–17.

3. Nicholson DT, Chalk C, Funnell WRJ, Daniel SJ. Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer generated three dimensional anatomical ear model. *Med edu*. 2006. Nov 01; 40(11):1081-7.

4. Riva G. Virtual Reality for Health Care: The Status of Research. *CyberPsychology & Behavior*. 2002;5(3):219–25.

5. Langreth R. Virtual reality: Head mounted distress. *Popular Science*. 1994;5:49.

6. Vozenilek J. See One, Do One, Teach One:

*Advanced Technology in Medical Education*. *Academic Emergency Medicine*. 2004;11(11):1149–54.

7. Izard SG, Juanes JA, García Peñalvo FJ, Estrella JMG, Ledesma MJS, Ruisoto P. Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine [Internet]. 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29392522>

8. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance. *Annals of Surgery*. 2002;236(4):458–64.

9. Herron J. Augmented Reality in Medical Education and Training. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries* 2016;13:51–5.

10. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthc J*. 2019 Oct; 6(3): 181–185.

11. Hamacher, A., Kim, S. J., Cho, S. T., Pardeshi, S., Lee, S. H., Eun, S. J., & Whangbo, T.

- K. (2016). Application of virtual, augmented, and mixed reality to urology. *International neurourology journal*, 20(3), 172.
12. Abhari K, Baxter JSH, Chen ECS, Khan AR, Peters TM, Ribaupierre SD, et al. Training for Planning Tumour Resection: Augmented Reality and Human Factors. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2015;62(6):1466–77.
13. Ruisoto P, Juanes JA, Contador I, Mayoral P, Prats-Galino A. Experimental evidence for improved neuroimaging interpretation using three-dimensional graphic models. *Anatomical Sciences Education*. 2012;5(3):132–7.
14. Valdés PA, Roberts DW, Lu F-K, Golby A. Optical technologies for intraoperative neurosurgical guidance. *Neurosurgical Focus*. 2016;40(3):E8.
15. Barsom EZ, Graafland M, Schijven MP. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surgical Endoscopy* 2016;30:4174–83.
16. Alaraj A, Charbel FT, Birk D, Tobin M, Luciano C, Banerjee PP, et al. Role of Cranial and Spinal Virtual and Augmented Reality Simulation Using Immersive Touch Modules in Neurosurgical Training. *Neurosurgery* 2013;72.
17. Pelargos PE, Nagasawa DT, Lagman C, Tenn S, Demos JV, Lee SJ, et al. Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. *Journal of Clinical Neuroscience* 2017;35:1–4.
18. Shuhaiber JH. Augmented Reality in Surgery. *Archives of Surgery* 2004;139:170.
19. Zhu E, Hadadgar A, Masiello I, Zary N. Augmented reality in healthcare education: an integrative review. *PeerJ* 2014;2.
20. Kuehn BM. Virtual and Augmented Reality Put a Twist on Medical Education. *Jama* 2018;319:756.
21. Falah JFM, Khan MS, Alfalah T, Alfalah SFM, Chan W, Harrison DK, et al. Virtual reality medical training system for anatomy education [Internet]. *ResearchOnline*. IEEE; 2016. Available from: <https://researchonline.gcu.ac.uk/en/publications/virtual-reality-medical-training-system-for-anatomy-education>
22. Faria JWVD, Teixeira MJ, Júnior LDMS, Otoch JP, Figueiredo EG. Virtual and stereoscopic anatomy: when virtual reality meets medical education. *Journal of Neurosurgery*. 2016;125(5):1105–11.
23. Riva G. Applications of Virtual Environments in Medicine. *Methods of Information in Medicine*. 2003;42(05):524–34.
24. Trelease RB. Anatomical informatics: Millennial perspectives on a newer frontier. *The Anatomical Record*. 2002;269(5):224–35.
25. Badash I, Burt K, Solorzano CA, Carey JN. Innovations in surgery simulation: a review of past, current and future techniques. *Annals of Translational Medicine*. 2016;4(23):453–3.
26. Paschold M, Huber T, Zeißig SR, Lang H, Kneist W. Tailored instructor feedback leads to more effective virtual-reality laparoscopic training. *Surgical Endoscopy*. 2013;28(3):967–73.
27. Wong BM, Levinson W, Shojania KG. Quality improvement in medical education: current state and future directions. *Medical Education*. 2011;46(1):107–19.
28. Andersen SAW, Foghsgaard S, Konge L, Cayé-Thomassen P, Sørensen MS. The effect of self-directed virtual reality simulation on dissection training performance in mastoidectomy. *The Laryngoscope*. 2015;126(8):1883–8.
29. Andersen SAW, Konge L, Cayé-Thomassen P, Sørensen MS. Retention of Mastoidectomy Skills After Virtual Reality Simulation Training. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*. 2016;142(7):635.
30. Jill Goetz UACof E. New Technology May Help Surgeons Save Lives [Internet]. *UANews*. 2015. Available from: <https://uanews.arizona.edu/story/new-technology-may-help-surgeons-save-lives>.
31. Wehbe-Janek H, Colbert CY, Govednik-Horny C, White BAA, Thomas S, Shabahang M. Residents' perspectives of the value of a simulation curriculum in a general surgery residency program: A multimethod study of stakeholder feedback. *Surgery*. 2012;151(6):815–21.
32. Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education* 2017;10:549–59.
33. Burden C, Oestergaard J, Larsen C. Integration of laparoscopic virtual-reality simulation into gynaecology training. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology* 2011;118:5–10.
34. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, Scaffidi MA, Grover SC, Walsh CM. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018; Aug 17;8(8).
35. Oda M, Tanaka K, Takabatake H, Mori M, Natori H, Mori K. Realistic endoscopic image generation method using virtual-to-real image-domain translation. *Healthcare Technology Letters* 2019;6:214–9.
36. Ekstrand C., Jamal A., Nguyen R., Kudryk A., Mann J., Mendez I. Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: a randomized controlled study [Internet]. *CMAJ Open*. 2018 Feb 23;6(1):E103-E109. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29510979/>.
37. Chan KS, Zary N. Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. *JMIR Medical Education* 2019;5.
38. Sánchez-Cabrero R, Costa-Román Ó, Peri-

cacho-Gómez FJ, Novillo-López MÁ, Arigita-García A, Barrientos-Fernández A. Early virtual reality adopters in Spain: sociodemographic profile and interest in the use of virtual reality as a learning tool. *Heliyon* 2019; March 5:e01338.

39. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of highfidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher*. 2005;27:10-28.

40. Kirkman MA, Ahmed M, Albert AF, Wilson MH, Nandi D, Sevdalis N. The use of simulation in neurosurgical education and training. *Journal of Neurosurgery*. 2014;121(2):228–46.

41. Yoshino M, Kin T, Ito A, Saito T, Nakagawa D, Ino K, et al. Combined use of diffusion tensor tractography and multifused contrast-enhanced FIESTA for predicting facial and cochlear nerve positions in relation to vestibular schwannoma [Internet]. *Jns. American Association of Neurological Sur-*

geons; 2015 [cited 2020Jun19]. Available from: <https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/123/6/article-p1480.xml>

42. Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*. 2017;10(6):549–59.

43. Khor W S, Baker B, Amin K, Chan A, Patel K, Wong J. Augmented and virtual reality in surgery – the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls. *Ann Transl Med*. 2016 Dec; 4(23): 454.

44. Задерей Н. М., Мельник І. Ю., Нефьодова Г. Д. Сучасні підходи до STEM-навчання в університетській освіті. - *ScientificJournal “Virtus” Issue # 5, February, 2016.* – P. 152 – 155.

45. DJragonVRAnatomy – Електронний ресурс: <https://www.oculus.com/experiences/rift/872418872856459/>

**Ковальчук О.І., Бондаренко М.П., Охрей А.Г., Прибытько І.Ю., Решетник Є.М. Особливості використання імерсивних технологій (віртуальної і доповненої реальності) в медичній освіті та практиці.**

**РЕФЕРАТ.** На сучасному етапі предметом досліджень є вивчення особливостей впливу використання імерсивних технологій на якість освітнього процесу. Використовуючи обладнання аудиторій віртуальної реальності Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка для реалізації імерсивних технологій у сучасному освітньому процесі здобувачі освіти наближуються до вершин професіоналізму в майбутньому. Навчання з використанням імерсивних технологій сприяє формуванню орієнтації на практичну складову освіти, підвищують продуктивність освітнього процесу, посилюють увагу, адаптують швидкість пошуку інформації, підвищують мотивацію, покращують розвиток творчих здібностей та пам'яті, дозволяють комплексно оцінити навчальні досягнення, що, в свою чергу, сприяє забезпеченню якісної, сучасної, наочної та оптимізованої підготовки медичних кадрів.

**Ключові слова:** імерсивні технології, віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), цифрові компетентності.

**Ковальчук А.И., Бондаренко М.П., Охрей А.Г., Прибытько И.Ю., Решетник Е.Н. Особенности использования иммерсивных технологий (виртуальной и дополненной реальности) в медицинском образовании и практике.**

**РЕФЕРАТ.** На современном этапе предметом исследований является изучение особенностей влияния использования иммерсивных технологий на качество образовательного процесса. Используя оборудование аудиторий виртуальной реальности Учебно-научного центра «Институт биологии и медицины» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко для реализации иммерсивных технологий в современном образовательном процессе студенты приближаются к вершинам профессионализма в будущем. Обучение с использованием иммерсивных технологий способствует формированию ориентации на практическую составляющую образования, повышают производительность образовательного процесса, усиливают внимание, адаптируют скорость поиска информации, повышают мотивацию, улучшают развитие творческих способностей и памяти, позволяют комплексно оценить учебные достижения, что, в свою очередь, способствует обеспечению качественной, современной, наглядной и оптимизированной подготовки медицинских кадров.

**Ключевые слова:** иммерсивные технологии, виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), цифровые компетентности.