

УДК 613.955:613.956

ИННОВАЦИОННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

© 2023 О.В. Платонов

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва

Контактная информация: Платонов Олег Владимирович. E-mail: platolvlad@yandex.ru

Проведен анализ отечественных и международных научных исследований за период с 2017 по 2022 г., посвященных вопросам внедрения технологий виртуальной реальности (VR) и их применения в процессе обучения школьников и студентов. Многие авторы рассматривают этот вопрос сугубо теоретически, не подкрепляя полученные выводы фактическими данными, но отмечают, что использование технологий виртуальной реальности имеет ряд преимуществ. Практические исследования подтверждают, что применение VR-технологий может благоприятно сказаться на мотивации обучающихся и эффективности обучения. Проведен сравнительный анализ использования традиционных подходов организации обучения и инновационных технологий, таких как виртуальная реальность. Отмечено недостаточное количество исследований с комплексной оценкой влияния на здоровье и функциональное состояние обучающихся данных технологий при их долгосрочном использовании.

Ключевые слова: здоровье; обучающиеся; VR-технологии, эффективность обучения.

INNOVATIVE DIGITAL TECHNOLOGIES IN EDUCATION (SCIENTIFIC REVIEW)

© 2023 O.V. Platonov

Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Contact: Oleg V. Platonov. E-mail: platolvlad@yandex.ru

The analysis of domestic and international scientific studies published in the period from 2017 to 2022 and devoted to the introduction of virtual reality (VR) technologies and their application in the process of teaching schoolchildren and students. Many works consider this issue purely theoretically, without supporting the conclusions with actual data, but note that the use of virtual reality technologies has a number of advantages. Practical research confirms that the use of VR technologies can have a positive effect on the motivation of students and the effectiveness of training. A comparative analysis of the use of traditional approaches to the organization of training and the use of innovative technologies, such as virtual reality, is carried out. There is a lack of research with a comprehensive assessment of the impact of these technologies on the health and functional state of students in their long-term use.

Keywords: health; students; VR technologies, learning efficiency.

Одной из ключевых задач развития современного образования в Российской Федерации является повышение его качества путем внедре-

ния перспективных цифровых образовательных технологий, в том числе, таких как технологии виртуальной реальности [1-2].

Виртуальная реальность (англ. virtual reality – VR), представляет собой сгенерированное техническими средствами окружение, с которым пользователь способен взаимодействовать и ощущать с помощью различных органов чувств. В зависимости от заданных параметров, созданная виртуальная среда может отвечать практически любым необходимым условиям и обеспечивать разные уровни взаимодействия пользователя с ней. Основное отличие виртуальной реальности от дополненной (англ. artificial reality – AR) состоит в том, что VR создает новую, искусственную среду, а AR лишь привносит отдельные искусственные детали и элементы в реальный мир.

Наиболее распространенными устройствами, поддерживающими создание виртуальной реальности, являются шлемы виртуальной реальности (очки виртуальной реальности, наголовный дисплей, head-mounted display – HMD). Они представляют собой надеваемую на голову конструкцию, снабженную дисплеем (одним или несколькими), акустической системой и рядом датчиков (гироскопов, акселерометров), обеспечивающих отслеживание ориентации в пространстве. Эти устройства позволяют пользователю частично погрузиться в виртуальную реальность за счет зрительного и акустического эффекта присутствия в созданной среде, а также взаимодействовать с некоторыми объектами с помощью специальных устройств для ввода команд – контроллеров (англ. controllers), представляющие собой пульт с несколькими кнопками на нём.

Область применения VR-технологий может быть весьма разнообразной. Первые прототипы, появившиеся в 60-х годах XX века, использовались для тренировки пилотов, сотрудников чрезвычайных служб и военных, позволяя им погружаться в потенциально опасную среду без риска для себя. На момент создания VR-технологии имели ряд технических ограничений, связанных с малой вычислительной мощностью компьютеров, которая обуславливала общую громоздкость конструкции, а кроме того, их использование требовало высоких экономических затрат. В связи с этими и рядом других факторов, использование технологий виртуальной реальности было ограничено. В 2010-х годах, с развитием индустрии развлечений, в частности, видеоигр, были разработаны VR-шлемы в их современном виде. С тех пор, единствен-

ное, что менялось на протяжении лет – непосредственно технические характеристики.

В данный момент времени, применение технологий виртуальной реальности не ограничивается исключительно правительственными нуждами или индустрией развлечений. Они становятся все более доступными, что позволяет адаптировать использование виртуальной реальности под самые разные цели и задачи.

VR-очки обладают набором характеристик, которые потенциально могут повлиять на здоровье человека при их использовании. В первую очередь, такими характеристиками являются разрешение и частота обновления экрана. При низком значении этих характеристик качество изображения, выводимого на дисплей, будет значительно хуже, чем при высоких. Низкое качество изображения способствует напряжению зрительного анализатора и, как следствие, развитию утомления и появлению неприятных или болезненных ощущений в глазах.

Принципиальным отличием VR-устройств от других технических средств является то, что дисплей, благодаря которому создается зрительный эффект присутствия в виртуальной реальности, находится на малом расстоянии от зрительного анализатора. Это является потенциальным фактором риска, так как волны электромагнитного излучения, возникающие при работе устройства, не успевают рассеиваться, что может способствовать развитию компьютерного зрительного синдрома [3].

Гигиенисты придают особое значение развитию цифровой образовательной среды, так как она обуславливает выраженные изменения в функциональном состоянии организма школьников [4-7]. Тот факт, что новые, малоизученные с точки зрения влияния на здоровье технологии виртуальной реальности уже применяются в образовательной деятельности старшеклассников и студентов показывает необходимость проведения исследований по гигиенической оценке безопасности их использования.

Цель: анализ результатов современных научных исследований, посвященных применению VR-технологий в процессе образовательной деятельности школьников и студентов.

Материалы и методы исследования. Был проведен поиск в базах данных PubMed и eLibrary. Получено порядка полутора тысяч публикаций, из которых отобрано 23 статьи, опу-

бликованных в период с 2017 по 2022 год и непосредственно посвященных внедрению VR-технологий в образовательный процесс. В данный обзор не включались статьи, посвященные прочим цифровым образовательным технологиям, а также работы, объектом исследования которых были люди старше 27 лет.

Результаты исследования и их обсуждение.

Технологии виртуальной реальности с момента повышения их популярности и доступности, вызывают высокий интерес у научного сообщества, что обуславливает большое количество публикаций, посвященных изучению VR-технологий с различных точек зрения, в том числе и в контексте их внедрения в структуру образования [8-14]. Однако, многие работы рассматривают исключительно образовательную сторону вопроса, преимуществ и недостатки использования виртуальной реальности, непосредственно как инновационного элемента образовательного процесса.

Многие из отечественных исследований, посвященных применению VR-технологий в образовании, отмечают целый ряд потенциальных преимуществ. Так, Нуртдинова Л. Р и Лабзина П. Г. в своих работах [8-10] рассматривают виртуальную реальность как потенциально идеальную среду для изучения иностранных языков, способную обеспечить все необходимые для этого условия. Исследователи отмечают, что технологии виртуальной реальности при условии грамотного построения учебного процесса могут способствовать погружению в языковую среду, разнообразить процесс обучения и повысить мотивацию обучающихся. Васичкина О. Н. в своем исследовании [11] также отмечает преимущества использования VR в виде визуализации информации и моделирования различных жизненных ситуаций. Помимо этого, авторы обращают внимание на потенциальные проблемы при реализации данных технологий, такие как перегруженность обучающихся информацией, а также непонимание и неприятие нововведений со стороны преподавателей. В работе А. Ю. Уварова [13], посвященной виртуальной реальности как явлению, отмечаются значительные перспективы внедрения технологий виртуальной реальности в процесс обучения, в данный момент времени ограниченные лишь экономическим фактором. Однако, в рассмотренных работах вопрос о влиянии использования VR-технологий

на функциональное состояние организма обучающихся не изучался.

А. Е. Баюров и О. А. Петрова в своей работе [14], затрагивали вопрос влияния VR-устройств на здоровье. Однако это ограничилось упоминанием такого явления как киберболезнь (англ. cybersickness), которое может проявляться у пользователя при различии в визуальном и фактическом восприятии своего перемещения в виртуальном пространстве.

Во многих зарубежных исследованиях, посвященных этой тематике [15-18], приведены данные о функциональном состоянии обучающихся.

Так, Rong Q., et. al. [17] провели эксперимент, в котором участвовал 31 ученик старшей школы (11 мальчиков и 20 девочек), 17 из которых (8 мальчиков и 9 девочек) изучали изобразительное искусство с использованием шлемов виртуальной реальности. Для оценки результатов было проведено три анкетирования: «Creative Thinking Test for Middle School Students» («Тест на творческое мышление для обучающихся в средней школе»), «Distraction Scale» («Тест на рассеянность внимания») и «Test Anxiety Scale» («Шкала определения уровня тревожности»), до и после прохождения обучения. Было отмечено, что после 4-х недель обучения у детей, занимающихся с применением VR-технологий, уровень тревожности был значимо ниже, чем у контрольной группы, а также увеличивался уровень креативности и концентрации.

В исследовании Wang N., et. al. [18], посвященном использованию технологий виртуальной реальности для физической подготовки подростков принимало участие 40 девушек, которых разделили на две равные группы – экспериментальную и контрольную. После освоения программы участником предлагалось выполнить ряд физических упражнений. Отмечалось, что у группы, проходящей обучение с использованием VR-очков, были лучшие результаты, чем у контрольной группы. Согласно результатам проведенного опроса, было отмечено, что большинство обучающихся считают использование технологий виртуальной реальности интересным и удобным методом обучения.

Традиционно, обучение медицинским специальностям предполагает широкое использование практико-ориентированного подхода. Виртуальная реальность как инструмент обучения специалистов в области медицины обладает большим

потенциалом, так как позволяет моделировать опасные или стрессовые ситуации, связанные с оказанием медицинской помощи, не подвергая риску ни обучающегося, ни пациента.

В связи с этим, вызывают интерес работы, посвященные сравнению традиционных и современных методов обучения медицинским специальностям [19-21].

Так, в исследовании *Vui et. al.* [19] рассматриваются технологии 3D-моделирования (в том числе и VR) в сравнении с консервативными методами обучения, такими как презентации и видео-лекции. Отмечается, что несмотря на то, что каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, применение VR-технологий в процессе обучения значительно повышает интерес обучающихся к предмету, их мотивацию, а также позволяет углубить полученные знания и улучшить итоговые результаты.

Мета-анализ, проведенный *Zhao et. al.* [21], подтверждает полученные результаты и также отмечает, что при использовании VR в процессе обучения студенты достигают лучших результатов.

Существует достаточное количество исследований, посвященных внедрению VR-технологий в обучение студентов медицинских университетов [22-29].

Работы *Sutherland et. al.* [23], *Alharbi et. al.* [24] и *Kolla et. al.* [25] посвящены внедрению VR в курс обучения анатомии с целью исследования эффективности их применения в процессе обучения студентов.

Alharbi et. al. [24] провели эксперимент, в котором 170 человек, обучающихся на третьем курсе медицинского университета, были разделены на четыре группы. Первая и вторая группы (по 52 человека в каждой) состояла из юношей, а третья и четвертая (по 33 человека) – из девушек. После разделения на группы, студенты проходили курс обучения, в конце которого сдавали тест на зна-

ние анатомии, а также проходили опрос. Результаты групп студентов, занимающихся с VR, были значимо более высокими, чем у контрольных групп. В опросе они отмечали, что виртуальная реальность предоставляла им лучшую визуализацию органов и тканей, позволяла лучше понимать соотношение органов в пространстве относительно друг друга, а также была удобна и интересна для использования. Вместе с тем некоторые студенты отмечали такие побочные эффекты как головная боль, сухость глаз и головокружение после использования VR-очков.

Схожие результаты показало и аналогичное по структуре исследование *Kolla et. al.* [25], в котором участвовало 28 студентов-первокурсников, изучающих анатомию.

Заключение. Применение технологий виртуальной реальности благоприятно сказывается на мотивации обучающихся, их заинтересованности, способствует визуализации материала и, как следствие, увеличивает эффективность обучения.

Однако, стоит отметить, что объектом исследования в работах по данной теме, в первую очередь являются студенты старших курсов, организм которых менее подвержен влиянию факторов окружающей среды, так как процессы полного созревания и роста завершаются к возрасту 21-23 лет и организм становится полностью готов к выполнению и биологических, и социальных функций. Отсутствуют работы, направленные на оценку функционального состояния организма школьников, при применении VR в учебном процессе. В рассмотренных и проанализированных публикациях не поднимается вопрос о влиянии подобных технологий на здоровье обучающихся при постоянном использовании. Это является весомым основанием для проведения дальнейших исследований, посвященных внедрению VR в образовательный процесс школьников и студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучма В. Р., Ткачук Е. А., Шишарина Н. В., Подлинняев О. Л. Гигиеническая оценка инновационных образовательных технологий в начальной школе. Гигиена и санитария. 2019; 3: 288-293.
2. Степанова М.И., Березина Н. О., Лашнева И. П., Шумкова Т. В. Гигиеническая оценка инновационной педагогической системы начального обучения. ЗНиСО. 2018; 8 (305): 44—46.

3. Исакова Е.В. Работа с компьютером и компьютерный зрительный синдром. Вятский медицинский вестник. 2011; 3-4: 32-35.
4. Кучма В.Р. Гигиеническая безопасность гиперинформатизации жизнедеятельности детей. Гигиена и санитария. 2017; 11: 1059-1063.
5. Кучма В. Р., Сухарева Л. М., Степанова М. И., Храмов П. И., Александрова И. Э., Соколова С. Б. Науч-

ные основы и технологии обеспечения гигиенической безопасности детей в "цифровой школе". Гигиена и санитария. 2019; 12: 1385-1391.

6. Александрова И. Э. Гигиенические принципы и технология обеспечения безопасных для здоровья школьников условий обучения в цифровой образовательной среде. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018; 3: 23–33.

7. Кучма В. Р., Саньков С. В., Барсукова Н. К. Гигиеническая оценка шрифтового оформления электронных текстов, предъявляемых на ноутбуке. Гигиена и санитария. 2019; 98 (12): 1402-1407.

8. Нуртдинова Л. Р. Образовательная среда виртуальной реальности как средство развития коммуникативной компетенции студентов при обучении иностранному языку. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2017; (1 (33)): 57-65.

9. Лабзина П. Г., Гуреев М. В., Жабин М. Е., Новалов Е. И. Принципы обучения профессионально ориентированному иностранному языку в виртуальной реальности. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2017; (4 (36)): 79-89.

10. Нуртдинова Л. Р., Гуреев М. В., Крутская С. В. Принципы проектирования виртуальных сред в образовательном пространстве и психологические особенности их восприятия обучающимися. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2018; (1(37)): 123-130.

11. Васичкина О.Н. Виртуальная реальность в преподавании: проблемы и их решение. МНИЖ. 2022; 4-3 (118): 43-45.

12. Иоселиани А. Д. Виртуальная реальность и инновационная среда образования. Манускрипт. 2021; 14(1): 122-125.

13. Уваров А. Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании. Наука и школа. 2018; 4: 108-117.

14. Баюров А. Е., Петрова О. А. Виртуальная реальность в образовании. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2019; 3: 633-635.

15. Rojas-Sánchez MA, Palos-Sánchez PR, Folgado-Fernández JA. Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. Educ Inf Technol (Dordr). 2023; 28(1): 155-192.

16. Hamad A, Jia B. How Virtual Reality Technology Has Changed Our Lives: An Overview of the Current and Potential Applications and Limitations. Int J Environ Res Public Health. 2022 Sep 8; 19(18): 11278.

17. Rong Q, Lian Q, Tang T. Research on the Influence of AI and VR Technology for Students' Concentration and Creativity. Front Psychol. 2022; 13: 767689.

18. Wang N, Abdul Rahman MN, Lim BH. Teaching and Curriculum of the Preschool Physical Education Major Direction in Colleges and Universities under Virtual Reality Technology. Comput Intell Neurosci. 2022; 2022: 3250986.

19. Bui I, Bhattacharya A, Wong SH, Singh HR, Agarwal A. Role of Three-Dimensional Visualization Modalities in Medical Education. Front Pediatr. 2021; 9: 760363.

20. Zhao G, Fan M, Yuan Y, Zhao F, Huang H. The comparison of teaching efficiency between virtual reality and traditional education in medical education: a systematic review and meta-analysis. Ann Transl Med. 2021; Feb 9(3): 252.

21. Behmadi S, Asadi F, Okhovati M, Ershad Sarabi R. Virtual reality-based medical education versus lecture-based method in teaching start triage lessons in emergency medical students: Virtual reality in medical education. J Adv Med Educ Prof. 2022; 10(1): 48-53.

22. Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology - student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. GMS J Med Educ. 2021; 38(6):100.

23. Sutherland J, Belec J, Sheikh A, Chepelev L, Althobaity W, Chow BJW, Mitsouras D, Christensen A, Rybicki FJ, La Russa DJ. Applying Modern Virtual and Augmented Reality Technologies to Medical Images and Models. J Digit Imaging. 2019; 32(1): 38-53.

24. Alharbi Y, Al-Mansour M, Al-Saffar R, Garman A, Alraddadi A. Three-dimensional Virtual Reality as an Innovative Teaching and Learning Tool for Human Anatomy Courses in Medical Education: A Mixed Methods Study. Cureus. 2020; 12(2): e7085.

25. Kolla S, Elgawly M, Gaughan JP, Goldman E. Medical Student Perception of a Virtual Reality Training Module for Anatomy Education. Med Sci Educ. 2020; 30(3): 1201-1210.

26. Wu Q, Wang Y, Lu L, Chen Y, Long H, Wang J. Virtual Simulation in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review of Recent Practice. Front Med (Lausanne). 2022; 9: 855403.

27. Bogomolova K, Hierck BP, Looijen AEM, Pilon JNM, Putter H, Wainman B, Hovius SER, van der Hage JA. Stereoscopic three-dimensional visualisation technology in anatomy learning: A meta-analysis. Med Educ. 2021; 55(3): 317-327.

28. Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. JMIR Med Educ. 2022; 8(1): e34860.

29. Baniyadi T, Ayyoubzadeh SM, Mohammadzadeh N. Challenges and Practical Considerations in Applying Virtual Reality in Medical Education and Treatment. Oman Med J. 2020; 35(3):25.

REFERENCES

1. Kuchma V. R. Hygienic safety of hyperinformatization of children's life. Gigena i sanitarya. 2017; 11: 1059-1063 (in Russian).

2. Kuchma V. R., Tkachuk E.A., Shisharina N.V., Podlinskyayev O.L. Hygienic assessment of innovative educational tech-

nologies in primary school. Gigena i sanitarya. 2019; 3: 288-293 (in Russian)

3. Kuchma V. R., Suhareva L.M., Stepanova M.I., Chramtsov P.I., Aleksandrova I.E., Sokolova S.B. Scientific foundations and technologies for ensuring the hygienic safety of

children in the "digital school". *Gigiena i sanitarya*. 2019; 12: 1385-1391 (in Russian).

4. *Aleksandrova I.E.* Hygienic principles and technology for ensuring safe learning conditions for schoolchildren in a digital educational environment. *Voprosi shkolnoy i universitetskoy medicini i zdorovya*. 2018; 3: 23–33 (in Russian).

5. *Stepanova M.I., Berezina N.O., Lashneva I.P., Shumkova T.V.* Hygienic assessment of the innovative pedagogical system of primary education. *ZNiSO*. 2018; 8 (305): 44–46 (in Russian).

6. *Kuchma V. R., San'kov S.V., Barsukova N.K.* Hygienic assessment of the font design of electronic texts presented on a laptop. *Gigiena i sanitarya*. 2019; 98 (12): 1402-1407 (in Russian).

7. *Nurtdinova L. R.* Virtual Reality Educational environment as a means of developing Students' Communicative Competence when Teaching a Foreign Language. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. *Seriya: Psihologo-pedagogicheskie nauki*, 2017; (1 (33)): 57-65 (in Russian).

8. *Labzina P. G., Gureev M. V., Zhabin M. E., Novalov E. I.* Principles of teaching a professionally oriented foreign language in virtual reality. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. *Seriya: Psihologo-pedagogicheskie nauki*, 2017; (4 (36)): 79-89 (in Russian).

9. *Nurtdinova L. R., Gureev M. V., Krutskaya S. V.* Principles of designing virtual environments in the educational space and psychological features of their perception by students. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. *Seriya: Psihologo-pedagogicheskie nauki*, 2018; (1(37)): 123-130 (in Russian).

10. *Vasichkina O.N.* Virtual reality in teaching: problems and their solution. *MNIZH*. 2022; 4-3 (118): 43-45 (in Russian).

11. *Ioseliani A. D.* Virtual reality and innovative educational environment. *Manuskript*. 2021; 14(1): 122-125 (in Russian).

12. *Uvarov A. Y.* Virtual reality technologies in education. *Nauka i shkola*. 2018; 4: 108-117. (in Russian).

13. *Bayurov A. E., Petrova O. A.* Virtual reality in education. *Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики*. 2019; 3: 633-635. (in Russian).

14. *Rojas-Sánchez MA, Palos-Sánchez PR, Folgado-Fernández JA.* Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 2023; 28(1): 155-192. (in English).

15. *Hamad A, Jia B.* How Virtual Reality Technology Has Changed Our Lives: An Overview of the Current and Potential Applications and Limitations. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Sep 8; 19(18): 11278. (in English).

16. *Rong Q, Lian Q, Tang T.* Research on the Influence of AI and VR Technology for Students' Concentration and Creativity. *Front Psychol*. 2022 Mar 24; 13: 767689. (in English).

17. *Wang N, Abdul Rahman MN, Lim BH.* Teaching and Curriculum of the Preschool Physical Education Major Direction in Colleges and Universities under Virtual Reality Technology. *Comput Intell Neurosci*. 2022; 2022: 3250986. (in English).

18. *Bui I, Bhattacharya A, Wong SH, Singh HR, Agarwal A.* Role of Three-Dimensional Visualization Modalities in Medical Education. *Front Pediatr*. 2021; 9: 760363. (in English).

19. *Zhao G, Fan M, Yuan Y, Zhao F, Huang H.* The comparison of teaching efficiency between virtual reality and traditional education in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Ann Transl Med*. 2021; 9(3): 252. (in English).

20. *Behmadi S, Asadi F, Okhovati M, Ershad Sarabi R.* Virtual reality-based medical education versus lecture-based method in teaching start triage lessons in emergency medical students: Virtual reality in medical education. *J Adv Med Educ Prof*. 2022; 10(1): 48-53. (in English).

21. *Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F.* Skepticism towards advancing VR technology - student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. *GMS J Med Educ*. 2021;38(6):100 (in English).

22. *Sutherland J, Belec J, Sheikh A, Chepelev L, Althobaity W, Chow BJW, Mitsouras D, Christensen A, Rybicki FJ, La Russa DJ.* Applying Modern Virtual and Augmented Reality Technologies to Medical Images and Models. *J Digit Imaging*. 2019; 32(1): 38-53. (in English).

23. *Alharbi Y, Al-Mansour M, Al-Saffar R, Garman A, Al-raddadi A.* Three-dimensional Virtual Reality as an Innovative Teaching and Learning Tool for Human Anatomy Courses in Medical Education: A Mixed Methods Study. *Cureus*. 2020; 12(2): 7085. (in English).

24. *Kolla S, Elgawly M, Gaughan JP, Goldman E.* Medical Student Perception of a Virtual Reality Training Module for Anatomy Education. *Med Sci Educ*. 2020; 30(3): 1201-1210. (in English).

25. *Wu Q, Wang Y, Lu L, Chen Y, Long H, Wang J.* Virtual Simulation in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review of Recent Practice. *Front Med (Lausanne)*. 2022; 9: 855403. (in English).

26. *Bogomolova K, Hierck BP, Looijen AEM, Pilon JNM, Putter H, Wainman B, Hovius SER, van der Hage JA.* Stereoscopic three-dimensional visualisation technology in anatomy learning: A meta-analysis. *Med Educ*. 2021; 55(3): 317-327. (in English).

27. *Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT.* Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ*. 2022; 8(1): 34860. (in English).

28. *Baniasadi T, Ayyoubzadeh SM, Mohammadzadeh N.* Challenges and Practical Considerations in Applying Virtual Reality in Medical Education and Treatment. *Oman Med J*. 2020; 35(3): 125. (in English).