

MEŠANA REALNOST I VIRTUELNA REALNOST U MEDICINSKOJ EDUKACIJI

MIXED REALITY AND VIRTUAL REALITY IN MEDICAL EDUCATION

Nikola Vasilijević¹, Nemanja Dimić^{1,2}, Marina Boboš^{1,2}, Irina Nenadić^{1,2}, Marko Djurić^{1,2}, Suzana Bojić^{1,2}, Predrag Stevanović^{1,2}

1 Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivnu terapiju, Kliničko bolnički centar "Dr Dragiša Mišović - Dedinje", Beograd, Srbija

2 Medicinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija

SAŽETAK

Uvođenje tehnologija virtualne (VR), pojačane (AR) i mešane realnosti (MR) značajno menja paradigmu medicinskog obrazovanja. Njihova upotreba omogućava studentima medicine da u kontrolisanim i sigurnim uslovima razvijaju kliničke veštine, donose odluke i uče kroz realistične simulacije. Danas su u upotrebi različite platforme specifično dizajnirane za učenje anatomije, sticanje hirurških veština, simulacije kliničkih scenarija, razvijanje empatije kod studenata i lekara kao i mnoge druge. Posebnu ulogu ima uređaj HoloLens 2 (HL2), koji kombinuje vizuelni, auditivni i senzomotorni odgovor kako bi kreirao visokostepeno interaktivno iskustvo. Na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu HL2 je implementiran u edukaciju, kako u simulacionom centru, tako i u jedinici intenzivne nege, omogućavajući studentima da posmatraju realne intervencije u virtuelnom okruženju. Budućnost edukacije će biti definisana integrativnim tehnologijama iako njihovo prihvatanje za sada zahteva rešavanje tehničkih izazova, obezbeđivanje privatnosti i sigurnosti podataka i još rada na proveru efikasnosti kroz velike kliničke i studije primenljivosti.

Ključne reči: virtualna realnost, mešovita realnost, edukacija, hololens

ABSTRACT

The introduction of virtual (VR), augmented (AR) and mixed reality (MR) technologies is significantly changing the paradigm of medical education. Their use allows medical students to develop clinical skills, make decisions and learn through realistic simulations in controlled and safe conditions. Today, various platforms are in use specifically designed for learning anatomy, acquiring surgical skills, simulating clinical scenarios, developing empathy in students and doctors, and many others. A special role is played by the device HoloLens 2 (HL2), which combines visual, auditory and sensorimotor feedback to create a highly interactive experience. At the Medical Faculty of the University of Belgrade, HL2 was implemented in education, both in the simulation center and in the intensive care unit, allowing students to observe real interventions in a virtual environment. The future of education will be defined by integrative technologies, although their acceptance for now requires solving technical challenges, ensuring data privacy and security, and more work to verify effectiveness through large-scale clinical and applicability studies.

Keywords: virtual reality, mixed reality, education, hololens

UVOD

U današnje vreme tehnologije virtualne stvarnosti (Eng. Virtual Reality, VR), pojačane stvarnosti (Eng. Augmented Reality, AR) te mešane realnosti (Eng. Mixed Reality, MR) imaju sve veću ulogu u medicinskom obrazovanju. U modernim kurikulumima postoji težnja da edukacija studenata bude bezbedna, u sigurnom okruženju, i da se stečena znanja i veštine kroz virtualne tehnologije lako prebace u klinički kontekst. (1)

U VR kreirano okruženje je u potpunosti veštačko, prikazuje se preko setova koji pokrivaju veći deo glave te izoluju korisnika od okruženja. S druge strane u AR dolazi do preklapanja digitalnog interfejsa i fizičkog okruženja i na taj način se "proizvodi" okruženje koje je u isto vreme i digitalno i stvarno. MR se definiše kao spajanje stvarnog i virtualnog sveta i može se svrstati u veću klasu tehnologija koje pokrivaju okruženja AR i pojačane stvarnosti (Augmented reality, AV). (2)

Prvi virtualni sistem u medicini predstavio je Robert Man još 1965. sa ciljem da obezbedi novi sistem treninga u ortopediji. Tokom decada koje su usledile sistemi su značajno napredovali da bi sada sadržali, pored vizuelnih predstava, i senzomotorni odgovor. Većina ovih sistema su uređaji koji se montiraju na glavu (Head mounted device, HMD). Koriste tehnologije kao što su laseri, infracrvene senzore, kamere, senzore pokreta kao i druge tehnološke elemente kao što su rukavice, upravljačke ručice i druge specijalizovane alate koji imaju ulogu da prepoznaju pokret i daju stimulus, odnosno povratnu informaciju tokom simulacije.

Jedan od novijih uređaja je i HoloLens2 (HL2) kompanije Microsoft koji je u upotrebi i u simulacionom centru Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

HL2 je HMD jedinica koja uspostavlja konekciju sa udaljenim oblakom (cloud) za rekonstrukciju slike i storniranje audio i video podataka. Prednji deo uređaja nosi brojne senzore zajedno sa korespondirajućim hardverskim komponentama kao što su procesori, kamere i projektujuća sočiva. Postavke na uređaju se mogu prilagoditi karakteristikama korisnika. (3) Pored toga, uređaj nosi dva 3D zvučnika koji su pozicionirani pored ušiju korisnika tako omogućavajući simultanu percepciju zvukova kako iz fizičke tako i virtuelne stvarnosti. Uređaj sadrži transparentna holografska sočiva koja obezbeđuju jasnu sliku virtualnog sadržaja preko realnog okruženja. HL2 poseduje algoritme za mašinsko učenje koji mu omogućavaju da precizno mapira i analizira okolinu i na taj način dobije informacije sa jedinstvenim karakteristikama te okoline. Može da zadrži memoriju prostora i osigura postojanje čak i kada se aparat isključi. Ova sposobnost omogućava uređaju da prepozna i "pozove" celu sobu konzistentno. Rezolucija prikaza je 2k sa aspektom 3:2, pokretana LED svetlom. Da bi se optimizovao prikaz trodimenzionalnog iskustva senzori pokreta očiju su uključeni. Azure Kinect sensor omogućava percepciju dubine dok akcelerometar, žiroskop i magnetometer registruju pokrete. Dodatno, uređaj je opremljen sa 8MP kamerom koja može da fotografiše i snima video u rezoluciji 1080p. (4, 5)

Upotreba MR u medicinskoj edukaciji

MR je donela revoluciju u edukaciju zasnovanu na simulacijama. MR nudi jedinstvenu platformu koja omogućava studentima medicine i uopšte zdravstvenim radnicima svih profila da dobiju realistična i interaktivna iskustva kao deo učenja. (6) Simulacije koje koriste MR tehnologiju repliciraju kliničke scenarije, procedure i anatomske strukture na taj način omogućavaju studentima da vežbaju i unapređuju svoje veštine u sigurnom i kontrolisanom okruženju. (7)

Značajna prednost MR simulacije u medicinskoj edukaciji je njena mogućnost na premosti jaz između teorijskog znanja i praktične primene tog znanja. MR takođe studentima pruža mogućnosti da vežbaju kliničko odlučivanje i da razvijaju kritičko mišljenje u okruženju bez rizika kako po

pacijente tako i po same studente. Na taj način se na realističnom scenariju može simulirati pregled pacijenta, postaviti dijagnoza stanja i doneti odluka o lečenju. (7) Takođe, učenje na daljinu i u saradnji sa kolegama koje su na fizičkoj distanci briše geografske barijere i edukaciju čini pristupačnijom.

Virtualne tehnologije pružaju vrlo interaktivno okruženje koje značajno uključuje učesnike u edukaciji. Npr. Choi (8) je sa saradnicima razvio virtualni simulator za šivenje rana, a Izard (9) je kreirao VR alatu za učenje anatomije. Oba "programa" su pokazala kako VR može stvoriti realistične situacije za medicinsko obučavanje, unapređujući razumevanje kompleksnih procedura i anatomskih struktura.

Uključivanje senzorimotornog odgovora u VR simulacijama doprinosi prenošenju veština iz virtualnog okruženja, kao i realnih scenarija koji mogu biti od posebnog značaja u poljima kao što su medicinske intervencije u borbenim okruženjima. (10)

U digitalnom okruženju stvara se potencijal ponovljivosti i samo-vežbe bez rizika što je posebno korisno u kontekstu procedura koje se ne mogu izvoditi često na pravim pacijentima. (11)

Ispitivači su zaključili da mešana realnost i uključivanje veštačke inteligencije u medicinsku edukaciju pruža nove načine za obučavanje profesionalaca, poboljšavajući njihovo iskustvo učenja inovativnim pristupom (12), kao i da interaktivna priroda VR i AR neguje značajnije uključivanje studenata i povećava motivaciju što vodi u potencijalno bolje rezultate (13, 14)

Najviše je istraživana, i ujedno najviše upotrebljavana, tehnologija VR i MR u simulaciji operativnih tehnika i procedura u:

- Laparoskopskoj hirurgiji - Sistemi su označeni kao "hibridni" jer podrazumevaju upotrebu pravih instrumenata i virtualnog okruženja za scenario, obezbeđuju realističan odgovor; u mogućnosti su da mere parametre kao što su vreme da se izvrši zadatak, "ekonomiju pokreta" hirurga, broj grešaka tokom operacije i sl. Značajni moduli: MIST-VR, LAP-VR, Lap Mentor, Lap Sim.

- Otvorenoj hirurgiji - VREST simulator za otvorenu hirurgiju; trening i pristup je bio prvi modul za hernioplastiku po Lihtenštajnu.

- Digestivnim endoskopskim procedurama - Simulatori za učenje ezofagogastroduodenoskopije i kolonoskopije, kao i ERCP nisu pokazali benefite za iskusne lekare, dok su za početnike bili uspešni u prenosu znanja do dostizanja platoa nakon 7-10 ponavljanja kada bi za dalje napredovanje bilo neophodno pristupiti realnim procedurama (15)

- Neurohirurgiji (Neuro VR, Immersive Touch i dr.) - Simulatori u savladavanju veština u neurohirurgiji su često u upotrebi, karakteriše ih niža cena u poređenju sa animalnim modelima, neograničen broj ponavljanja, nude visoku varijabilnost u scenarijima ali su rezolucija i realističnost konstruisanog sveta problem na kojem još treba raditi (16)

- Endovaskularnoj hirurgiji - Obično VR simulatori imaju alate za merenje vremena trajanja procedure, volumena kontrasta koji je upotrebljen i vremena pod fluoroskopijom. Upotreba donosi korist i ranoj fazi učenja i deluje da se stečene veštine mogu adekvatno prebaciti u realno okruženje. (17)

Na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu studentima je dostupan simulacioni centar u kome se koristi HL2 i MR tehnologija što im omogućava da se upoznaju sa različitim kliničkim scenarijima i izvođenjem brojnih procedura. Dok studenti sa svojim instruktorima rade u simulacionom centru, kolega anesteziolog upotrebljava HL2 u jedinici intenzivnog lečenja (JIL) tokom rada sa pacijentima (slika 1). Video snimak u realnom vremenu iz JIL omogućava studentima da posmatraju dinamička podešavanja parametara na mehaničkom ventilatoru prema specifičnim potrebama pacijenta kao i plasiranje centralnih venskih i arterijskih linija u realnom vremenu uz direktna objašnjenja eksperata intenzivista.



Slika 1. HoloLens 2 mešana realnost - Intenzivno lečenje u Simulacionom centru

Dalje, HL2 obezbeđuje studentima sveobuhvatno iskustvo kroz simulaciju različitih kliničkih stanja u različitim stadijumima pospešujući diskusiju i kolektivno donošenje odluka sa mentorima koje se tiču dalje dijagnostike i terapijskog pristupa. Značajan je i momenat tokom Studentskog kongresa 2022. godine kada su učesnici imali priliku da koriste HL2 i budu svedoci kliničkog pogoršanja pacijenata obolelih od hronične opstruktivne bolesti pluća, da "isprate" epileptični napad, stanje kome i Parkinsonovu bolest. Svaki od pacijenata je bio reprezentovan virtualnom 3D animacijom sa mogućnošću za studenta da na licu mesta manipulišu slikom dok u isto vreme prate vitalne parameter pacijenta na pridodatim displejima (Slika 2.).



Slika 2. Studenti medicine uče kroz virtualne slučajeve

Budućnost edukacije je definisana integrativnim tehnologijama, MR posebno, jer za sada nudi najveći potencijal i upotrebljivost u ovoj oblasti. Ipak, usvajanje MR tehnologija u obrazovanju, posebno medicinskom, istinski ističe razlike između generacija u načinu komunikacije i stilu učenja. (18) Naime, milenijalci (rođeni između 1980. i 1994.) su familijarni sa upotrebom pametnih telefona i tableta, ali pripadnici Generacije Z (rođeni posle 1995.) su familijarniji sa tehnologijama kao što su MR i 3D štampača. U anketi koja je obuhvatila 145 studenata medicine istraživači (19) su pronašli da iako studenti ocenjuju disekcije kao izuzetno važne za razumevanje anatomije 74% njih je izjavilo da bi ih trebalo zameniti simulatorima i MR u daljoj edukaciji. Dobar deo studija koje su ispitivale validnost upotrebe VR, AR i MR u edukaciji su imale značajne manjkavosti u smislu malog broja ispitanika, oslanjanje na anketu u ispitivanju i nekonzistentnost dokaza usled lošeg dizajna. Uprkos ovim nedostacima, mnoge studije su pokazale pozitivan odnos ispitanika prema virtualnim tehnologijama u edukaciji i želju kako studenata tako i eksperata da se ove tehnologije dalje implementiraju u edukaciju. (20)

Iako je podrška zasnovana na dokazima o kvalitetu upotrebe virtualnih tehnologija u medicinskom obrazovanju još uvek mala, sve veći broj dokaza i opšti trend u razvoju novih tehnologija upućuje da će ove tehnologije imati sve veću ulogu u edukaciji. Svakako, daljim razvojem uređaja i moduli za edukaciju moraju postati dostupniji i u ekonomskom smislu.

ZAKLJUČAK

Tehnologije virtuelne, pojačane i mešane stvarnosti predstavljaju revolucionarni korak u transformaciji medicinske edukacije. Njihova sposobnost da povežu teorijsko znanje sa praktičnim veštinama u sigurnom, simulacijskom okruženju čini ih izuzetno vrednim alatom u obuci zdravstvenih profesionalaca. Iskustva iz prakse, kao što su primena HL2 na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, ukazuju na značajan potencijal ove tehnologije u unapređenju kvaliteta obrazovanja. Iako postoje izazovi u pogledu dostupnosti, troškova i validacije efikasnosti, sve više studija i pozitivnih utisaka korisnika sugerišu da će MR tehnologije imati centralno mesto u budućnosti medicinske nastave.

REFERENCE

1. Kamphuis C, Barsom E, Schijven M, Christoph N. Augmented reality in medical education? *Perspect Med Educ*. 2014;3:300-311.
2. Milgram P, Kishino F. Taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*. 1994;E77-D(12):449-459.
3. Hempel J. Project HoloLens: Our Exclusive Hands-On With Microsoft's Holographic Goggles. 2015.
4. Microsoft. Introducing the Microsoft HoloLens Development Edition. 2015. <https://www.microsoft.com/it-it/hololens>
5. George O, Foster J, Xia Z, Jacobs C. Augmented Reality in Medical Education: A Mixed Methods Feasibility Study. *Cureus*. 2023;15(3):e36927.
6. Koleccki R, Pręgoszka A, Dąbrowa J et al. Assessment of the utility of Mixed Reality in medical education. *Transl Res Anat*. 2022;100214.
7. Choi K, Chan S, Pang W. Virtual suturing simulation based on commodity physics engine for medical learning. *J Med Syst*. 2012; 36:1781-93.
8. Izard S, Juanes J, Palomera P. Virtual reality educational tool for human anatomy. *J Med Syst*. 2017; 41:1-6.
9. Tene T, Vique López DF, Valverde Aguirre PE, Orna Puente LM, Vacacela Gomez C. Virtual reality and augmented reality in medical education: an umbrella review. *Front Digit Health*. 2024 Mar 14;6:1365345.
10. Yovanoff M, Chen H, Pepley D, Mirkin K, Han D, Moore J, et al. Investigating the effect of simulator functional fidelity and personalized feedback on central venous catheterization training. *J Surg Educ*. 2018; 75:1410-21.
11. Mendes H, Costa C, da Silva N, Leite F, Esteves A, Lopes D. PIÑATA: pinpoint insertion of intravenous needles via augmented reality training assistance. *Comput Med Imaging Graph*. 2020; 82:101731.
12. Mariscal G, García E, Urias M, Duarte S, Pérez SM. Virtual reality simulation-based learning. *Educ Knowledge Soc (EKS)*. 2020; 21:11-6.
13. Cercenelli L, De Stefano A, Billi AM, Ruggeri A, Marcelli E, Marchetti C, et al. AEduAR, anatomical education in augmented reality: a pilot experience of an innovative educational tool combining AR technology and 3D printing. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19:1024.
14. van der Wiel SE, KuttnerMagalhaes R, Rocha Goncalves CR, Dinis-Ribeiro M, Bruno MJ, Koch AD. Simulator training in gastrointestinal endoscopy - From basic training to advanced endoscopic procedures. *Best Practice and Research. Clinical Gastroenterology*. 2016; 30:375-387.
15. Konakondla S, Schirmer CM. Simulation training in neurosurgery: Advances in education and practice. *Advances in medical education and practice*. 2017; 8:465-473.
16. Tsang JS, Naughton PA, Leong S, Hill AD, Kelly CJ, Leahy AL. Virtual reality simulation in endovascular surgical training. *Surgeon*. 2008 Aug;6(4):214-20.
17. Labovitz J, Hubbard C. The Use of Virtual Reality in Podiatric Medical Education. *Clin Podiatr Med Surg*. 2020 Apr;37(2):409-420.
18. Kalthur, Pandey, Prabhat. Benefits and pitfalls of learning anatomy using the dissection module in an indian medical school: a millennial Learner's perspective, *Transl. Res. Anat*. 2022;26:100159.
19. Tang KS, Cheng DLMiE, Greenberg PB. Augmented reality in medical education: a systematic review. *CMEJ*. 2020; 11(1): e81-e96.