

## PREGLEDNI RAD

# VIRTUAL REALITY IN THE EDUCATION OF INSTRUMENTATION TECHNIQUES FOR NURSES/TECHNICIANS

## VIRTUALNA STVARNOST U EDUKACIJI TEHNIKA INSTRUMENTIRANJA MEDICINSKIH SESTARA/TEHNIČARA

Marija Spevan<sup>1</sup>, Željko Jovanović<sup>2</sup>, Bojan Miletic<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija, Katedra za sestrinstvo, Rijeka Hrvatska

ORCID: 0000-0003-0288-2206

<sup>2</sup> Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija, Katedra za temeljne medicinske znanosti, Rijeka Hrvatska

ORCID: 0000-0002-2859-7350

<sup>3</sup> Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija, Katedra za kliničke medicinske znanosti 1, Rijeka Hrvatska

ORCID: 0000-0002-8787-9550

\*Autor za korespondenciju

Željko Jovanović, Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija, Katedra za temeljne medicinske znanosti, V.C.Emina 5,

51000 Rijeka, Hrvatska

E adresa: zeljko.jovanovic@fzsri.uniri.hr

### SAŽETAK

Medicinsko obrazovanje danas se rapidno mijenja. Korištenje *Virtual Realityja* u obrazovanju medicinskih sestara/tehničara sve je češće, stoga je važno utvrditi jesu li edukacije putem simulacija virtualne stvarnosti jednake ili bolje nego uobičajeni, klasični programi edukacije. Istraživanja pokazuju da korištenje *Virtual Realtyja* u obrazovanju medicinskih sestara/tehničara omogućuje ponavljajuću, praktičnu edukaciju za razvoj kognitivnih sposobnosti i ovladavanje vještinama koje se obično definiraju kao mjera sudionikovog razumijevanja koncepata i sposobnost da demonstrira postupak ili tehniku. U ovaj pregled opsega prema postavljenim kriterijima u konačnu analizu uključeno je pet istraživanja koja podržavaju implementaciju *Virtual Realtyja* za poučavanje studenata sestrinstva radu u operacijskim salama. Preporuka je provesti dodatna istraživanja kako bi se utvrdila spremnost nastavnika i studenata za implementaciju *Virtual Realtyja* u visoko obrazovanje u sestrinstvu te dobiti takve edukacije na povećanje sestrijskih kompetencija.

**Ključne riječi:** medicinske sestre/tehničari, obrazovanje, virtualna stvarnost

### ABSTRACT

Medical education is rapidly changing today. The use of virtual reality in the training of nurses is more common. Therefore, it is important to determine whether training through virtual reality simulations is equivalent to or better than traditional training programs. Research shows that the use of virtual reality in nurse/technician education provides repetitive, hands-on training to develop cognitive abilities and skill mastery, commonly defined as a measure of the participant's understanding of concepts and ability to demonstrate a procedure or technique. In this scoping review, according to the established criteria, five studies were included in the

final analysis, supporting the implementation of virtual reality for training nursing students to work in operating rooms. It is recommended that additional research be conducted to determine faculty and student readiness for the implementation of virtual reality in graduate nursing education and to explore the benefits of such education in enhancing nursing competencies.

**Keywords:** education; nurses; virtual reality

### UVOD

Obrazovanje medicinskih sestara/tehničara zahtijeva primjenu teorijskih znanja u kliničkoj praksi. Visoko obrazovanje u sestrinstvu direktno utječe na kvalitetu pružanja sestrijske skrbi u budućem radu (1). Nedovoljan broj sati kliničkih vježbi utječe na smanjenu mogućnost da studenti steknu kliničko iskustvo prije završetka studija (2). S brzim razvojem tehnologije i sve većim nedostatkom medicinskih sestara/tehničara, ukazuje se na važnost transformacije obrazovanja u sestrinstvu kako bi se studenti sestrinstva pripremili na stvarne potrebe zdravstvenog sustava nakon završetka studija sestrinstva (3, 4). Usklađivanje teorije i prakse tijekom obrazovnog procesa je neophodno, ali predstavlja i veliki izazov za nastavnike (5). Kako bi doskočili ovom problemu, mnogi autori predlažu uvođenje virtualne stvarnosti (VS) odnosno simulacije u nastavni proces. U obrazovanju medicinskih sestara/tehničara, simulacija koja integrira kliničku praksu i teoriju reproducira stvarnost, olakšava aktivno sudjelovanje u učenju i pruža mogućnosti za ponavljanje, povratnu informaciju, evaluaciju i refleksiju te se koristi kao glavna strategija poučavanja i učenja za poboljšanje izlaznih kompetencija studenata sestrinstva (6).

Simulacijska edukacija pomoću realističnih modela čovjeka može se primijeniti na mali broj studenata istovremeno i zahtijeva posebno opremljen prostor. Ova metoda ima visoke troškove nabave, instalacije, upravljanja, popravka i održavanja (7). Nadalje, ova metoda simulacijske edukaci-

je uvelike ovisi o razini kompetencija i znanja nastavnika te nudi ograničenu interakciju sa studentima (8). Kako bi se kompenzirala takva ograničenja, uveden je program simulacije u razna područja zdravstvene njege koristeći VS. Simulacija temeljena na VR je poželjna zbog veće učinkovitosti, poboljšanja koncentracije kod studenata, te prilagođenog i personaliziranog pristupa studentima u usporedbi s konvencionalnom edukacijom (9). VR je računalna simulacija koja omogućuje učenje studenata u realističnom trodimenzionalnom kliničkom okruženju bez ugrožavanja sigurnosti pacijenata. Edukacija pomoću 3D virtualnog svijeta omogućuje jednostavan pristup informacijama i aktivno ih koristi tijekom učenja kako bi se povećala motivacija studenata za učenjem (10). U istraživanjima koja su imala kontrolnu skupinu, postojale su statistički značajne razlike u povećanju znanja, održavanju i stabilnosti znanja, širenju znanja, promjeni stava i emocionalnoj povezanosti, stabilnosti, zadovoljstvu, prisutnosti, učinku, vještinama, interakcijama i donošenju odluka kod studenata (11).

### Edukacija medicinskih sestara/tehničara o radu u operacijskim salama

Rad u operacijskoj sali zahtijeva visoku razinu kliničkih vještina iz rutinskih kirurških zahvata, a iz toga proizlazi iskustvo za hitne operacije (11). U operacijskoj sali važno je održavanje dobrih međuljudskih odnosa i vješto korištenje instrumenata i specijalizirane opreme kao i brzina, okretnost i spretnost djelatnika koji rade unutar operacijskog bloka (12). Međutim, visoka razina znanja potrebna za korištenje različite opreme i potrošnog materijala u operacijskim salama i komplicirani kirurški zahvati često stvaraju strah za studente sestrinstva i osjećaj nemoći (13). Kao rezultat toga, potrebne su različite obrazovne metode za praktično obrazovanje studenata sestrinstva (14). Kako VR tehnologija napreduje i postaje sve pristupačnija, obrazovanje medicinskih sestara/tehničara se transformira (15). VR je privukao sve veću pažnju u području obrazovanja medicinskih sestara/tehničara i koristi se u mnogim konceptima sestrinstva uključujući vodstvo, komunikaciju, donošenje odluka, kritičko razmišljanje, inkluzivnost, procjenu zdravlja i trijažu (16). Korištenje VR-a u obrazovanju omogućuje ponavljajuću, praktičnu obuku za razvoj kognitivnih sposobnosti i ovladavanje vještinama među studentima sestrinstva, koje se obično definiraju kao mjera sudionikovog razumijevanja koncepata i sposobnost sudionika da demonstrira postupak ili tehniku (17). Osim toga, VR simulacije mogu studentima sestrinstva pružiti priliku vježbanja i razvoja vještina u sigurnom okruženju bez rizika za pacijente (18). Kako je sve više podataka o korištenju VR i simulacije u obrazovanju medicinskih sestara/tehničara cilj ovog rada je istražiti koliko se simulacija ili VR koristi u poučavanju rada studenata sestrinstva u operacijskim salama.

### METODE

#### Dizajn

Odabran je scoping review radi pružanja pregleda postojećih dokaza prema smjernicama koje su dali Muun i sur.

(2018) (19). Scoping review proveden je u listopadu 2023. godine kako bi se utvrdilo koje su simulacijske strategije učinkovite u edukacijskom procesu medicinskih sestara/tehničara u poučavanju tehnika koje su potrebne za rad u operacijskim salama. Istraživačko pitanje formulirano je pomoću mnemonike PCC (Population, Concept and Context), kako slijedi: Koje su simulacijske strategije učinkovite (C) u edukacijskom procesu studenata sestrinstva (P) za bolje usvajanje ishoda učenja tehnika instrumentiranja (C)?

### Identifikacija relevantnih studija

Pretraživanje literature učinjeno je pomoću ključnih riječi na engleskom i hrvatskom jeziku u bazi podataka PubMed. Pretraživanje literature provedeno je pomoću kriterija za uključivanje i isključivanje. Sve publikacije objavljene između 2018. i 2023. godine uključene su u konačnu analizu. Ostali kriteriji prikazani su u Tablici 1. Pretraživanje je provedeno putem ključnih riječi; (simulation) OR (virtual reality) AND (education of nursing) OR (medical student) AND (operating room techniques).

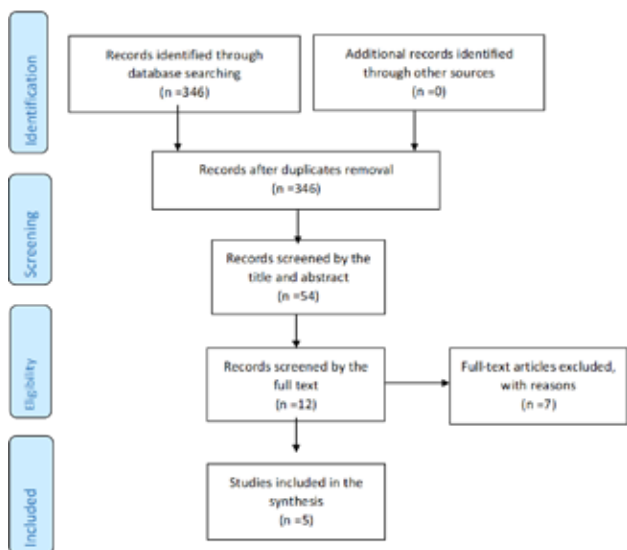
Niz za pretraživanje je oblikovan na sljedeći način:

### Odabir i ekstrakcija studija

Pretraživanje literature i daljnji postupak analize su prikazani u dijagramu toka (*Slika 1*) pomoću PRISMA smjernica (20). Istraživanja su uključena u konačnu analizu ako je opseg istraživanja bio strategija ili intervencija koja sadrži simulacijske intervencije u edukaciji studenata sestrinstva. Zbog strogih kriterija za uključivanje i isključivanje, ostao je mali broj istraživanja za pregled.

Tablica 1. Kriteriji za uključivanje i isključivanje u pretragu literature

	Uključivanje	Isključivanje
Populacija	Studenti sestrinstva i medicine	Studenti drugih studijskih programa, djeca, odrasli
Intervencije	Simulacijska edukacija u poučavanju tehnika instrumentiranja	Druge intervencije
Vrsta istraživanja	Kvantitativne studije, kvalitativne studije, meta analize, studije s mješovitim dizajnom metoda, randomizirana kontrolirana ispitivanja	Pregled literature, sustavni pregledi, scoping reviews, studijski protokoli
Vremenski okvir	2018.-2023.	Publikacije prije 2018.
Dostupnost	Članci dostupni u cijelosti	Članci koji nisu dostupni u cijelosti
Jezik	Engleski, hrvatski	Drugi jezici



Slika 1. PRISMA dijagram (20)

PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) smjernice su preporučene smjernice za izvještavanje u sustavnim pregledima i metaanalizama, prvi su puta objavljene 2009. godine kako bi autorima sustavnih pregleda bilo omogućeno transparentno izvještavanje o predmetu istraživanja, metodologiji i dobivenim rezultatima (21).

## Sinteza literature

Identificirani članci su analizirani prema karakteristikama istraživanja. Svi rezultati su opisani u *Tablici 2* prema referenci, zemlji, dizajnu, cilju, uzorku i ključnim rezultatima.

## RASPRAVA

Od ukupno 346 radova, samo je 5 odabrano za konačnu analizu. Naime, vrlo mali broj znanstvenih članaka bavi se simulacijom rada u operacijskim salama. Teorija učenja pruža osnovne smjernice za budući razvoj nastavnih aktivnosti kako bi studenti bolje razumjeli i primijenili stečeno znanje i vještine, a upravo sustav VS predstavlja jednu od mogućih metoda poučavanja (27,28). Korištenje VS u nastavi donosi značajne prednosti u unapređivanju znanja studenata. Simulacije postaju sve važniji alati u obrazovanju, posebice u učenju praktičnih vještina, primjerice rada u operacijskim salama. Simulacije daju mogućnost vježbanja u sigurnom okruženju, aktivno uključuju studente u moguće scenarije, a istovremeno se osigurava ispravljanje mogućih pogrešaka bez rizika za pacijente.

Kao nastavna metoda, VS ima više prednosti. Ona pruža mogućnost za bolju interakciju studenata u odnosu na tradicionalne metode poučavanja u obliku predavanja ili pasivnog promatranja. Boljom interakcijom se mogu poboljšati rezultati učenja. VS daje i veću mogućnost individualnog pristupa. Svaki student može napredovati vlastitom brzinom i ponavljati određenu aktivnost koliko god je to potrebno dok ne stekne osjećaj sigurnosti. Upravo je takav rezultat neophodan prilikom rada u operacijskoj sali, gdje su posljedice mogućih greški potencijalno fatalne. Nastavnici mogu individualizirati putove učenja prema potrebama i mogućnostima svakog

studenta. Rezultati istraživanja pokazali su kako studenti izuzetno cijene učenje uz pomoć VS. Ona im daje osjećaj samopouzdanja i sigurnosti (28). No, osim povoljnog učinka na rezultate učenja, ona ima i značajan psihološki učinak na studente smanjujući pritisak koji se u klasičnim metodama učenja stvara zbog straha od pogreške. VS pored toga omogućuje i učenje vrlo specifičnih situacija koje se rijetko događaju u profesionalnom životu i nerijetko završavaju fatalno zbog neiskustva i nesnalaženja medicinskog osoblja. Simulacija upoznaje studente s takvim situacijama, prati ih u rješavanju problema, istovremeno im dajući pravo na grešku bez posljedica za pacijenta. Dakle, VS pruža studentima mogućnost učenja od najjednostavnijih elemenata skrbi pacijenata do najsloženijih zahvata uz osiguravanje maksimalne sigurnosti za potencijalne pacijente. Time se studente postupno uvodi u stvarno kliničko okruženje, uz osjećaj sigurnosti i kompetentnosti. Pored toga, ne treba zaboraviti kontinuirano profesionalno usavršavanje zdravstvenih radnika koje je temelj uspješnosti tijekom dugogodišnjeg radnog vijeka, posebice uz, danas vrlo dinamične, promjene znanja i tehnologija. VS omogućuje zdravstvenim djelatnicima u svim područjima da ostanu informirani o najnovijim metodama i postupcima. Misleći pri tome na potrebu sudjelovanja i organiziranje različitih stručnih skupova i radionica, VS može značajno smanjiti troškove usavršavanja.

Dakle, VS donosi brojne prednosti u život zdravstvenih djelatnika od samog ulaska u profesionalni život pa sve do završetka profesionalne karijere. Stoga su daljnja istraživanja VS nužna za upoznavanje prednosti i nedostataka ove moderne tehnologije koja će vjerojatno biti sve prisutnija u svakodnevnom profesionalnom radu zdravstvenih djelatnika.

## OGRANIČENJA

Ograničenja ovog pregleda opsega su;

- Jedna uključena baza podataka
- Mali broj dostupnih istraživanja

## ZAKLJUČAK

VS prema dostupnoj literaturi postaje sve dostupnija i često birana opcija u obrazovanju medicinskih sestara/tehničara. Kako je za područje rada u operacijskim salama dostupan mali broj provedenih istraživanja, teško je donijeti konačan relevantan zaključak. Navedeno naglašava potrebu za nastavkom istraživanja spremnosti nastavnika i studenata za prihvaćanje VS. Važno je identificirati obilježja primjene ove moderne tehnologije u obrazovanju medicinskih sestara/tehničara i kasnijem cjeloživotnom profesionalnom usavršavanju. Konačni cilj bi bio adekvatna implementacija sustava VS u obrazovanje medicinskih sestara/tehničara u Hrvatskoj za specifična praktična područja.

## REZULTATI

Tablica 2. Karakteristike uključenih istraživanja

#	Referenca (zemlja)	Dizajn	Cilj	Uzorak	Ključni rezultati
1	Rosler, Sankaranarayanan, i Duvall, 2019. (SAD) (22)	Eksperimentalno istraživanje	Istražiti učinkovitost Virtualnog elektrokirurškog trenera vještina (VEST©) o vještinama zaštite od požara u operacijskim salama među studentima sestriinstva	26 studenata sestriinstva	Ovaj projekt rješava jaz u obrazovanju medicinskih sestara koji se odnosi na integraciju učinkovite i optimalne tehnologije u nastavne planove i programe kako bi se zadovoljile potrebe učenja studenata.
2	Francis i sur., 2020. (SAD) (23)	Randomizirano dvostruko slijepo istraživanje	Procjena utjecaja na samoučinkovitost studenata pretkliničke medicine kroz imerzivnu simulaciju operacijske dvorane virtualne stvarnosti .	52 studenta medicine	Ova je studija pokazala značajne rezultate, pružajući objektivne podatke koji se mogu koristiti za donošenje odluka o uključivanju VR-a kao alata za poučavanje. Istraživanje dugoročnih učinaka izloženosti VR-u, kao što su klinička izvedba studenata i početna samoučinkovitost u operacijskoj sali uživo, također su obrazovni ishodi od interesa.
3	Blumstein i sur., 2020. (SAD) (24)	Ranomizirano, prospektivno, slijepo istraživanje	Usporediti izvedbu studenata medicine obučeni korištenjem VR programa s onima koji su obučeni pomoću SG programa u SawBones simulacijom postupka IMN tibije osmišljenog za procjenu ortopedskih kirurških tehnika.	20 studenata medicine	Rezultati pokazuju da studenti medicine koji su obučeni za izvođenje simuliranog postupka IMN tibije imali bolje rezultate kada su bili obučeni kroz interaktivnu VR simulaciju nego kada su koristili pasivnu SG i sugeriraju moguću buduću ulogu obuke u virtualnoj stvarnosti u obrazovanju ortopedske kirurgije i kirurškom obrazovanju općenito.
4	Lee i sur., 2019. (SAD) (25)	Randomizirano slijepo istraživanje	Hipoteza je glasila da bi uporaba video zapisa s uputama o opremi i tehnikama održavanja dišnih puteva, uz trenutačnu konvencionalnu praktičnu nastavu jedan na jedan u operacijskoj dvorani, značajno poboljšala vještine.	34 studenta medicine	Rezultati pokazuju da je dopuna konvencionalne praktične obuke suvremenim kanalima kao što su videozapisi poboljšala proceduralne vještine studenata. Medijski format bio je relativan za ove moderne učenike i pružao je dodatnu korist samostalnog učenja.
5	Sugand i sur., 2019. (UK) (26)	Randomizirano jednostruko slijepo istraživanje	Pokazati učinak simulacijskog treninga kod studenata medicine koji nisu upoznati s ovim postupkom i simulacijom.	45 studenata medicine	Korištenje FluoroSim-a omogućuje poboljšanje vještina u vankliničkim uvjetima za studente.

## LITERATURA

1. Shin S, Park JH, Kim JH. Effectiveness of patient simulation in nursing education: meta-analysis. *Nurse Educ Today*. 2015 Jan;35(1):176-82. doi: 10.1016/j.nedt.2014.09.009. Epub 2014 Oct 29. PMID: 25459172.
2. Yuan HB, Williams BA, Fang JB, Ye QH. A systematic review of selected evidence on improving knowledge and skills through high-fidelity simulation. *Nurse Educ Today*. 2012 Apr;32(3):294-8. doi: 10.1016/j.nedt.2011.07.010. Epub 2011 Sep 8. PMID: 21862186.
3. Pepin J, Goudreau J, Lavoie P, Bélisle M, Blanchet Gagneau A, Boyer L, Larue C, Lechasseur K. A nursing education research framework for transformative learning and interdependence of academia and practice. *Nurse Educ Today*. 2017 May;52:50-52. doi: 10.1016/j.nedt.2017.02.001. Epub 2017 Feb 14. PMID: 28249197.
4. Juraschek SP, Zhang X, Ranganathan V, Lin VW. United States Registered Nurse Workforce Report Card and Shortage Forecast. *Am J Med Qual*. 2019 Sep/Oct;34(5):473-481. doi: 10.1177/1062860619873217. PMID: 31479295.
5. Dubovi I, Sharona TL, Efrat D. "Now I know how! The learning process of medication administration among nursing students with non-immersive desktop virtual reality simulation." *Computers & Education* 113 2017: 16-27.
6. Blum CA, Borglund S, Parcels D. High-fidelity nursing simulation: impact on student self-confidence and clinical competence. *Int J Nurs Educ Scholarsh*. 2010;7:Article 18. doi: 10.2202/1548-923X.2035. Epub 2010 Jun 3. PMID: 20597857.
7. Liaw SY, Chan SW, Chen FG, Hooi SC, Siau C. Comparison of virtual patient simulation with mannequin-based simulation for improving clinical performances in assessing and managing clinical deterioration: randomized controlled trial. *J Med Internet Res*. 2014 Sep 17;16(9):e214. doi: 10.2196/jmir.3322. PMID: 25230684; PMCID: PMC4180357.
8. Jeffries, P. *Simulation in nursing education: From conceptualization to evaluation*. Lippincott Williams & Wilkins, 2020.
9. Choi JH. The future of education and culture industry through virtual reality. *Future Horiz*, 29, 2016 : 20-23.
10. Jenson CE, Forsyth DM. Virtual reality simulation: using three-dimensional technology to teach nursing students. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 2012;30(6), 312-318.
11. Kang S, Kim C, Lee HS, Nam JW, Park MS. Integrative review on nursing education adopting virtual reality convergence simulation. *Journal of Convergence for Information Technology*, 2020;10(1), 60-74.
12. Cho MJ. A Study on the Job-Satisfaction and Its Depressive Factors in Human Relation Among Operation Room Nurses. *The Korean Nurse*, 1993;32(4), 48-60.
13. Hwang S. Problem-Based Learning on the Knowledge Achievement, Critical Thinking Ability, Attitude and Motivation Toward Learning of Nursing Students; Chonnam National University: Gwangju. Korea, 2003.
14. Jung AR, Park EA. The Effectiveness of Learning to Use HMD-Based VR Technologies on Nursing Students: Chemoport Insertion Surgery. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Apr 15;19(8):4823. doi: 10.3390/ijerph19084823. PMID: 35457689; PMCID: PMC9028481.
15. Foronda CL, Alfes CM, Dev P, Kleinheksel AJ, Nelson DA Jr, O'Donnell JM, Samosky JT. Virtually Nursing: Emerging Technologies in Nursing Education. *Nurse Educ*. 2017 Jan/Feb;42(1):14-17. doi: 10.1097/NNE.0000000000000295. PMID: 27454054.
16. Fealy S, Jones D, Hutton A, Graham K, McNeill L, Sweet L, Hazelton M. The integration of immersive virtual reality in tertiary nursing and midwifery education: A scoping review. *Nurse Educ Today*. 2019 Aug;79:14-19. doi: 10.1016/j.nedt.2019.05.002. Epub 2019 May 4. PMID: 31078869.
17. Smith SJ, Farra S, Ulrich DL, Hodgson E, Nicely S, Matcham W. Learning and Retention Using Virtual Reality in a Decontamination Simulation. *Nurs Educ Perspect*. 2016 Jul/Aug;37(4):210-214. doi: 10.1097/01.NEP.0000000000000035. PMID: 27740579.
18. Weiner E, Gordon J, Rudy S, McNew R. Expanding Virtual Reality to Teach Ultrasound Skills to Nurse Practitioner Students. *Stud Health Technol Inform*. 2019 Aug 21;264:893-897. doi: 10.3233/SHTI190352. PMID: 31438053.
19. Munn Z, Peters MDJ, Stern C, Tufanaru C, McArthur A, Aromataris E. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Med Res Methodol*. 2018 Nov 19;18(1):143. doi: 10.1186/s12874-018-0611-x. PMID: 30453902; PMCID: PMC6245623.
20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Prisma Group. Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Physical therapy*, 2000;89(9), 873-880.
21. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, ... i Moher, D. (2021). *Pravila PRISMA 2020.: ažurirane smjernice za izvještavanje u sustavnim pregledima*. *Medicina Fluminensis: Medicina Fluminensis*, 57(4), 444-465.
22. Rossler KL, Sankaranarayanan G, Duvall A. Acquisition of Fire Safety Knowledge and Skills With Virtual Reality Simulation. *Nurse Educ*. 2019 Mar/Apr;44(2):88-92. doi: 10.1097/NNE.0000000000000551. PMID: 29847356; PMCID: PMC6252293.
23. Francis ER, Bernard S, Nowak ML, Daniel S, Bernard JA. Operating Room Virtual Reality Immersion Improves Self-Efficacy Amongst Preclinical Physician Assistant Students. *J Surg Educ*. 2020 Jul-Aug;77(4):947-952. doi: 10.1016/j.jsurg.2020.02.013. Epub 2020 Mar 19. PMID: 32199861.

24. Blumstein G, Zukotynski B, Cevallos N, Ishmael C, Zoller S, Burke Z, Clarkson S, Park H, Bernthal N, SooHoo NF. Randomized Trial of a Virtual Reality Tool to Teach Surgical Technique for Tibial Shaft Fracture Intramedullary Nailing. *J Surg Educ.* 2020 Jul-Aug;77(4):969-977. doi: 10.1016/j.jsurg.2020.01.002. Epub 2020 Feb 5. PMID: 32035854; PMCID: PMC7351249.
25. Lee SC, Huang H, Minard CG, Schackman J, Rajagopalan S. The use of podcast videos for airway skills. *Clin Teach.* 2019 Dec;16(6):585-588. doi: 10.1111/tct.12984. Epub 2018 Dec 27. PMID: 30592144.
26. Sugand K, Wescott RA, Carrington R, Hart A, van Duren BH. Training and Transfer Effect of Fluoro-Sim, an Augmented Reality Fluoroscopic Simulator for Dynamic Hip Screw Guidewire Insertion: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2019 Sep 4;101(17):e88. doi: 10.2106/JBJS.18.00928. PMID: 31483408.
27. Pritchard A. *Ways of learning: Learning theories for the classroom.* Routledge, 2017.
28. Liu JYW, Yin YH, Kor PPK, Cheung DSK, Zhao IY, Wang S, Su JJ, Christensen M, Tyrovolas S, Leung AYM. The Effects of Immersive Virtual Reality Applications on Enhancing the Learning Outcomes of Undergraduate Health Care Students: Systematic Review With Meta-synthesis. *J Med Internet Res.* 2023 Mar 6;25:e39989. doi: 10.2196/39989. PMID: 36877550; PMCID: PMC10028520.