

# **PRIMENA SIMULACIJE U MEDICINSKOJ EDUKACIJI**



## ISTORIJAT

Primena simulacija u edukaciji u medicini se pominje hiljadama godina unazad što se vidi iz arheoloških otkrića izrezbarenih modela, figura i skulptura. Izgleda da su učeni ljudi toga doba prepoznali značaj korišćenja, istina jednostavnih modela i prostih simulacionih tehniku u izučavanju različitih oblasti medicine, posebno anatomije, fiziologije, akušerstva i hirurgije.



U antičkim vremenima modeli od gline i kamena su korišćeni za prikazivanje različitih kliničkih stanja i bolesti. (1, 2)

Jedna od prvih otkrivenih skulptura od kamena koja je preteča moderne simulacije u medicini je otkriće Vilendorfske Venere 1908. god. na paleolitskom nalazištu blizu Vilendorfa u Austriji, za koju se prepostavlja da je nastala u periodu od oko 24 000. godina pre naše ere. Statueta ženske osobe sa preuveličanim bokovima i grudima i malim tragovima crvene boje koji su upućivali na porođaj doveli su do naučnih zaključaka da se radi o boginji plodnosti. (6) Slične figure su pronađene i na području čitave Evroazije. (7)

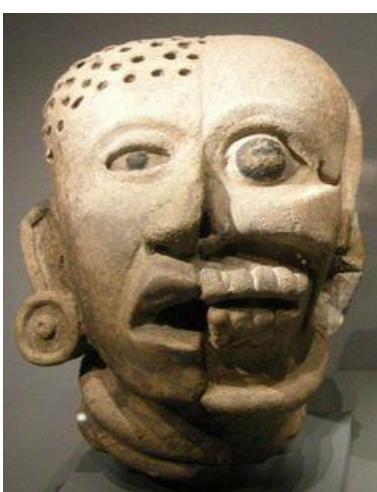
Slika 1. Skulptura Vilendorfske Venere

(preuzeto sa:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Venus\\_of\\_Willendorf#/media/File:Willendorf-Venus-1468.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Venus_of_Willendorf#/media/File:Willendorf-Venus-1468.jpg)

Stari Egipćani su imali solidna znanja iz anatomije za to vreme, a što se vidi na osnovu tehnika pravljenja mumija kao i klesanih figura koje im nisu koristile u obrazovanju već isključivo u religiozne svrhe (8)

Iz zlatnog perioda civilizacije Maja (317-889 godina naše ere) potiče glinena figura glave čoveka čija je jedna polovina realistično prikazivala lice živog čoveka a druga polovina ogoljenu lobanju koja veoma podseća na modele "memento mori" (latinska izreka - "seti se smrti" čiji je cilj da opomene ljude da su smrtna bića i da će umreti jednog dana) koji su bili popularni u XVIII i XIX veku u Evropi. (10, 11)



Slika 2. Glinena figura glave čoveka iz perioda civilizacije Maja preuzeto

sa:

[https://www.google.rs/search?q=glava+maje&biw=1280&bih=608&source=lnms&tbs=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI7MeU\\_dXixgIVhlgsCh3V5Qza#tbm=isch&q=Pre+Columbian+Mayan+clay+sculpture++national+gallery+of+Victoria&imgrc=maz1RGmV87D3zM%3A](https://www.google.rs/search?q=glava+maje&biw=1280&bih=608&source=lnms&tbs=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI7MeU_dXixgIVhlgsCh3V5Qza#tbm=isch&q=Pre+Columbian+Mayan+clay+sculpture++national+gallery+of+Victoria&imgrc=maz1RGmV87D3zM%3A)



U Kini, iz vremena Song dinastije (960 - 1067) otkrivene su dve bronzane figure čoveka u prirodnoj veličini koje su korišćene za učenje akupunkture. Ovi prvi modeli su imali 354 otvora na telu kroz koje su ubacivane akupunkturne igle. Prepostavlja se da su figure punjene tečnošću a zatim prekrivane tankim slojem voska, tako da je pojava kapi na mestu uboda posle uklanjanja akupunkturne igle ukazivala da je učenik pogodio akupunktturnu tačku. (15, 17)

Slika 3. Figura čoveka sa akupunktturnim tačkama

(preuzeto sa: <http://acupunctureforall.blogspot.com/2012/02/history-of-traditional-chinese-medicine.html>)

Iz perioda Čing dinastije (1644 - 1912) u Kini su korišćeni minijaturni modeli golih ženskih figura napravljeni od slonovače koji su služili za indirektni pregled ženskih pacijenata. U to vreme lekarski poziv je bio rezervisan samo za muškarce koji po moralnim kodeksima toga doba, sem palpiranja pulsa nisu smeli da obave fizikalni pregled ženskih pacijenata, pa su se snalazili tako što su im na pomenutim izrezbarenim modelima žene ili njihovi rođaci ili sluge pokazivali obolele delove tela i objasnjavali tegobe. (12,13,14)



Slika 4. Gola ženska figura od slonovače iz perioda dinastije Čing korišćenja za pregled pacijenta

(preuzeto sa:

[http://www.mohma.org/instruments/category/misc\\_diagnostic/](http://www.mohma.org/instruments/category/misc_diagnostic/)

U novijem dobu u Evropi simulacije u medicini počinju da se koriste u XVII veku, najpre u Italiji a zatim u Francuskoj, Velikoj Britaniji i Nemačkoj da bi, uprkos velikim otkrićima u medicini, najveći deo XX veka predstavljao mračno doba simulacione medicine.

U XVIII veku, simulatori porođaja su korišćeni za edukaciju studenata u izvođenju porođaja i rešavanju komplikacija koje se mogu javiti tokom porođaja.

Korišćenje preparata dobijenih disekcijom ljudskog tela je često bilo nemoguće, čak i zakonom zabranjivano pa su u XVIII i XIX veku počeli da se pojavljuju anatomske modeli u ljudskom obliku pravljeni od različitih materijala sa prikazivanim unutrašnjim anatomske strukturama (20)



Koristeći tehniku iz katoličkih crkava iz XIII veka gde su pravljeni zavetni delovi tela svetaca od voska, 1598. god. italijanski slikar i arhitekta Ludovico Cardi Cigoli pravi prvi anatomska model poznat kao Anatomia del Cigoli "čovek bez kože" čija se dobro očuvana bronzana kopija čuva u nacionalnom muzeju u Firenci (23)

Slika 5. Bronzana figura "čoveka bez kože"  
(preuzeto sa <http://brunelleschi.imss.fi.it/mediciscienze/imed.asp?c=70046>)



Slični modeli su pravljeni i u Francuskoj i zvali su se - "ecorche", što je označavalo modele u stojećoj umetničkoj poziciji sa kojih je skinuta koža kako bi se videli mišići i krvni sudovi, a koji su korišćeni u edukaciji studenata medicine. (25)

Slika 6. "Ecorche"  
(preuzeto sa <http://www.d-anatomystore.com/ecorche-male-anatomical-model/>)

Male rezbarene ljudske figure sa predstavljenom anatomijom unutrašnjih organa obično muškog i ženskog pola u paru, su se često koristile u Evropi u XVII i XVIII veku. Na nekim od njih su unutrašnji organi mogli da se izvade, a na ženskim modelima su obično bili prisutni i fetusi povezani sa majčinim telom preko pupčane vrpce napravljene od crveno obojene svile. Na mnogim od ovih modela anatomija je bila prilično grubo predstavljena pa se pretpostavlja da su ih koristile babice kako bi edukovale mlade bračne parove u vezi trudnoće i porodaja. (27) U XVIII veku, u Italiji, posebno u Firenci počinju sa radom specijalizovane radionice poznate pod imenom "La Specola" koje su proizvodile verne anatomske modele od voska za edukaciju studenata a koji se danas čuvaju u istoimenom muzeju u Firenci.



Slika 7. Anatomske voštane figure u muzeju "La Specola" u Firenci  
(preuzeto sa [http://www.museumsinflorence.com/musei/museum\\_of\\_natural\\_history.html](http://www.museumsinflorence.com/musei/museum_of_natural_history.html))

Početkom XIX veka, interesovanje za ovakve anatomske modele, kao i promene na telu izazvane različitim oboljenjima, a verno oblikovane u vosku ili drugim materijalima, postaju toliko popularne da se organizuju izložbe po Evropi i SAD. Krajem XIX veka interesovanje javnosti prema ovakvom prikazivanju ljudske anatomije i bolestima se menja, pa se pomenuti modeli prikazuju samo studentima u medicinskim školama i na fakultetima. (31, 32, 33)

U našoj zemlji, u Beogradu je pre nekoliko godina (oktobar 2012. god) održana kontroverzna izložba "Razotkrivanje tela" na kojoj su detaljno prikazani mišići, kosti, nervi i drugi organi u originalnom izdanju, a koju je do tada videlo preko 30 miliona ljudi širom sveta. Prisutni su imali prilike da vide i najzanimljiviji deo izložbe – poređenje zdravih i obolelih organa (srca, pluća, mozga, jetre), izgled mišića u ljudskom telu, kostiju, ali i razvoj fetusa koji je prikazan kroz nekoliko faza od šeste do dvadesete nedelje. Eksponati su pripremljeni kroz potpuno revolucionarni proces koji se zove prezervacija polimerima, u kojoj se ljudsko tkivo trajno čuva koristeći aceton i silikonsku gumu. Izložba je nastala u Atlanti a eksponati za izložbu sakupljeni su na osnovu saglasnosti ljudi koji su preminuli, a koji su dozvoljavali da njihova tela mogu da se koriste u naučne i obrazovne svrhe. Telegraf 23. Oktobar 2012 Lj. Vučetić



Slika 8. Eksponati na izložbi "Razotkrivanje tela" održanoj u Beogradu, oktobra 2012. god (preuzeto sa: <http://www.nadlanu.com/pocetna/vodic/puls-grada/Izlozba-ljudskih-tela-i-organa---quotRazotkrivena-telaquot.a-154932.138.html>)

U Francuskoj krajem XIX veka počinju da prave anatomske modele od specijalnog papira, a u Nemačkoj modele od gipsa na osnovu posmatranja zamrznutih organa i delova ljudskog tela. (39 40 43)



Frenologija je pseudonauka koja je bila popularna do pred kraj XIX veka kada je u potpunosti odbačena, a koja se bavila proučavanjem oblika lobanje i na osnovu toga ukazivala na mentalne sposobnosti i karakterne osobine. Frenolozi su pravili modele lobanje i delova mozga od porcelana po modelu lobanja poznatih ličnosti i okorelih kriminalaca i po tome donosili određene zaključke. (44)

Slika 9. Model lobanje od porcelana  
[http://www.antiquescientifica.com/web.antique\\_phrenology\\_busts.htm](http://www.antiquescientifica.com/web.antique_phrenology_busts.htm)

Prvi pokretni mišičnoskeletni model se pominje u najstarijem otkrivenom romanu na svetu "Satirikon" koji je napisao Petronijus oko 61 god. naše ere, a koji na satiričan način govori o životu Rimljana u vreme vladavine rimskog cara Nerona, gde rob na svečanoj večeri prikazuje srebrni skelet na kome su svi zglobovi i pršljenovi pokretni. (47)

Model skeleta sa zglobovima od gvožđa koji su se koristili za edukaciju u lečenju ekstremiteta je napravljen u Italiji između 1570 i 1700 god. (48)

Italijanski lekar Feliće Fontana (1730 - 1805) je deset godina pravio model sačinjen od 10 000 pokretnih drvenih detalja koji se mogao pretvarati u mušku ili žensku figuru. Napolen Bonaparta, oduševljen ovim modelom je zatražio da se napravi još jedna takva figura ali je brzo odustao od te želje povukavši se pred visokom cenom koju je trebalo platiti za nju. (8)

Jedna od najranije opisanih simulacija traume potiče iz 1559. godine kada je na francuskom dvoru, tokom turnira teško povređen kralj Henri II kome je drveno kopljje probilo kacigu i zarilo se u orbitu. Kraljevski hirurg Ambrouse Pare je u konsultaciji sa anatomom Vesaliusom na telima pogubljenih kriminalaca zabadao komadiće drveta u orbite pod različitim uglovima kako bi došao do ideje o izlečenju kralja. Ekperiment nije uspeo, a kralj je ubrzo preminuo. (50)



Sredinom XVIII veka hirurg iz Bolonje Giovanni Antonio Galli pravi prvi simulator za potrebe akušera i babica u obliku materice od stakla i savitljivog fetusa. (6)

1739 u Londonu Sir Richard Manningham takođe koristi stakleni uterus na kome se studenti uče akušerskim tehnikama. (52)

Slika 10. Stakleni simulator porođaja

<http://www.flinders.edu.au/library/fms/pdf/medical/Owen%20H%20Early%20use%20of%20simulation%20in%20med%20ed%202012.pdf>



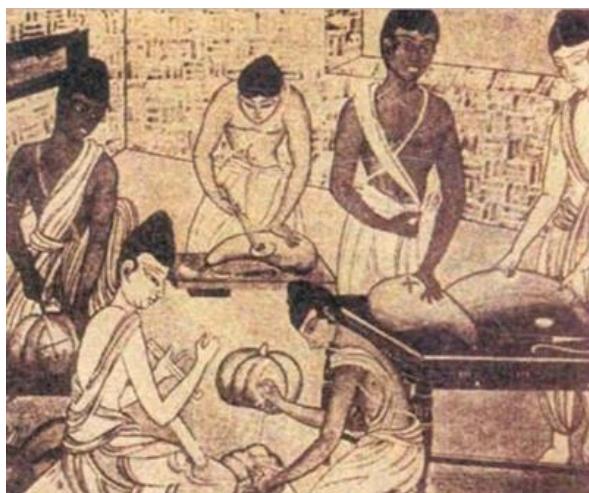
Zabrinut zbog pada nataliteta u ruralnim krajevima Francuske, Luj XV 1759 godine izdaje naredbu da se organizuju edukacije babica kako bi se smanjio procenat umrlih beba na rođenju. U tu svrhu se prave priručnici sa ilustrovanim pločama u boji kako bi što se što lakše edukovale nepismene babice. U iste svrhe prave i model donje polovine ženskog torza sa genitalijama i donjim ekstremitetima sa matericom, fetusima različite starosti, čak i sunđerom koji je oslobađao bezbojnu i crvenu tečnost (simulirajući amnionsku tečnost i krv) (54)

Slika 11. "Mašina" - simulator porođaja koji je napravila Angélique Marguerite Le Boursier du Coudray (preuzeto sa: <http://krishenkavintagetreasures.blogspot.com/2013/08/angelique-marguerite-le-boursier-du.html>)

U XVIII veku, bilo je mnogo pokušaja da se simuliraju fiziološki procesi sa primenom različitih mehanizama i mašina. Godine 1733. hirurg Avram Chovet je napravio model fetalne cirkulacije uz pomoć sistema povezanih staklenih cevčica koje su simulirale arterijski i venski sistem. (34, 99) 1741. god Žak de Vaukanson je na Akademiji u Lionu predstavio plan na osnovu koga je predlagao da se naprave anatomske figure koje će simulirati različite životne funkcije od cirkulacije, preko disanja, varenja, pokreta mišića i tetiva, funkcije nerava, a čijim izučavanjem će zdravstveni radnici lakše prepoznati različite poremećaje i bolesti. U isto vreme francuski hirurg, Le Cat predlaže da se napravi "veštački čovek" na kome će se testirati efekti terapije. Prvi kardiovaskularni simulator opisuje dr Cutler 1787. u izveštaju biološkom društvu u Vašingtonu a na osnovu onoga što je video u kući dr Bendžamin Frenklina 1787. Simulator je predstavljala staklena naprava od sistema cevi i rezervoara sa neprekidnim kretanjem crvene tečnosti unutar nje. (100)

1890. engleski oficir Hamilton Bover, je na Putu svile u Aziji otkrio tekst na sanskrtskom jeziku pisan na brezovoj kori. Kada ga je dešifrovaо, utvrđeno je da je to sveobuhvatni udžbenik hirurgije i medicine pripisan Sushruti, indijskom učenjaku za koga se smatra da je živeo između IV i VI veka pre naše ere. (102) Deo teksta u "Sushruta Samhita" interesantan za naše razmatranje o istoriju primene simulacionih modela, objašnjavao je primenu ponavljenih tehniki u savladavanju određenih hirurških veština na različitim modelima.

Na osnovu tog drevnog sanskrtskog teksta o medicini, još pre 2500 godina je opisano da se lutke od punjenog platna mogu koristiti za sticanje veština previjanja i korišćenja zavoja. Tehniku incizije su studenti savladavali praveći vešte pokrete nožem na plodovima lubenice ili tikve; Ekscizija je simulirana na torbama od kože napunjenih vodom ili blatom ili bešikama uginulih životinja; Venesekciju su uvežbavali na venama uginulih životinja uz pomoć Lotus stabljika; Ispunjavanje telesnih šupljina na crvotočnim stablima drveta, bambusa ili tikve; Izlučivanje - na drvenim daskama premazanim pčelinjim voskom; Tehnike šivenja na komadima platna i kože; Ektrakcije - vađenjem semena iz jezgra jedne vrste voća ili vađenjem zuba iz čeljusti mrtvih životinja; Kauterizacija - primenom baze na komadima mekanog mesa.



Slika 12. Sushruta studenti na simulacionim vežbama iz hirugije preuzeto sa <http://www.discourse-analysis.com/pages/india/india.html>

Mnogi smatraju da su arapska i evropska medicina nastale na osnovu ovih prevoda i saznanja iz indijske medicine. 106

Nakon "Sushruta Samhita", hirurški simulatori se ne pominju sve do XIX veka. 1868. god. na sastanku Njujork Medical Journal udruženja dr Hovard je održao predavanje "Radikalno lečenje kile" gde je koristio platno lutke da pokaže nove tehnike pri operacije kile. (107)

Ophthalmantom je model maske sa životinjskim ili kadaveričnim okom koju je napravio Sach oko 1820. godine u cilju edukacije lekara koji se bave hirurgijom oka. (111,112)

Godine 1879. Bacchi je opisao laringo-fantome koje je napravio Labus za vežbanje laringoskopije. (119,120)

Za nas je možda najinteresantniji simulator za učenje endotrahealne intubacije gde je profesor Otto Heubner 5. januara 1894. godine, u Beču, pokazao simulator napravljen od kadaveričnih grkljana gde je koristio O'Dwyer tubuse. (133)

Killian je 1902. godine uveo direktnu bronhoskopiju za uklanjanje stranih tela i istovremeno napravio bronhoskopski simulator.

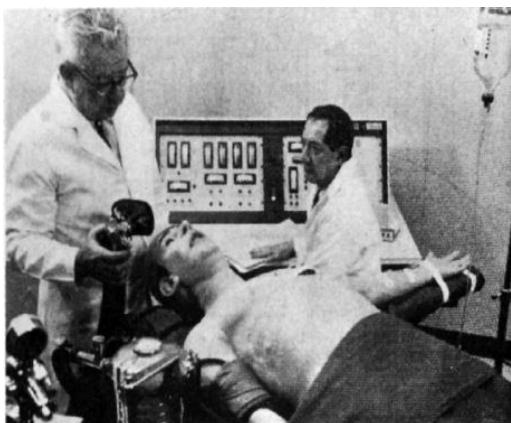
Prvi simulacijom izvođeni programi treninga u medicinskoj edukaciji nas vraćaju u kasne 1960. i rane 1970. kada su istraživači sa Univerziteta u Majamiju napravili "Harvey Cardiology simulator". (Jones at al, 1007; Gordon et al 1980.). Ovim simulatorom je bilo moguće realistično reprodukovati mnoga oboljenja u kardiologiji.



Slika 13. "Harvey Cardiology simulator".

(preuzeto  
<http://www.sciencemuseum.org.uk/broughttolife/objects/display.aspx?id=93413>)

sa



Kompjuterizovani, realistični pacijent simulatori su prvi put korišćeni 1966. kao trening u anesteziji (Denson & Abrahamson, 1969.) - na modelu "Sim One". Kompjuter je korišćen da snimi dozu ordiniranih medikamenata, generiše i prilaže vrednost krvnog pritiska i srčanih zvukova i kontroliše reakcije lutke (spavanje, kašljivanje, povraćanje, promene u disanju, prestanak životnih funkcija. "Sim One" je predstavljao tehnološki fenomen ispred svog vremena nastao skoro dve decenije pre uvođenja kompjuterske tehnologije i bioinžinjeringu u medicini.

Slika 14. Model "Sim One" (preuzeto sa <http://cyberneticzoo.com/robots/1967-sim-one-denson-abrahamson-american/>)

Medicinska kompjuterizovana simulacija nije originalan metod učenja već je evoluirao iz simulacija u drugim disciplinama u kojima greške mogu imati jednak katastrofalne posledice. Moderni simulacioni centri su se razvili na osnovu iskustava iz vazduhoplovstva gde simulacija počinje da se koristi posle Prvog svetskog rata za obuku pilotskog osoblja. Danas se bez simulacije ne može zamisliti obuka pilota za letenje ili priprema astronauta ili osoblja nuklearnih elektrana pre rada u realnim uslovima. Simulacija ima svoje potvrđeno mesto u avijaciji, vojsci, industriji a kao što ćemo videti u daljem tekstu, poslednjih godina sve više i u medicini.

## ZNAČAJ PRIMENE SIMULACIJE U MEDICINSKOJ EDUKACIJI

Medicinska simulacija je veštačko i verno predstavljanje realnih kliničkih situacija koje se koriste u edukaciji studenata i zdravstvenih radnika gde se umesto pravih pacijenata u realnim uslovima koriste fantomi - lutke, modeli, standardizovani pacijenti - glumci i ili kompjuteri.

Korišćenje simulacija u medicinskoj edukaciji pruža studentima mogućnost sticanja praktičnih znanja i veština bez rizika za nastanak komplikacija koji bi postojao u realnom kontaktu sa pacijentima. Može se koristiti kako za individualno učenje tako i vežbanje za snalaženje u multidisciplinarnom timu.

Simulacija na bazi medicinske edukacije ima za cilj da obezbedi optimalan odnos između OBRAZOVANJA (sticanja znanja, veština i stavova) zdravstvenih radnika sa jedne, i BEZBEDNOSTI PACIJENATA (uz poštovanje njihovih etičkih i zakonska prava) sa druge strane.

Osim toga medicinske simulacije imaju potencijal da se preko njih naprave scenarija koja se retko dešavaju u praksi, kao što su urgentne kritične, životno ugrožavajuće situacije.

Korišćenje tehnika medicinske simulacije u medicinskoj edukaciji menja stari tradicionalni metod edukacije čiji je moto:

**"See One, Do One, Teach"** - "Vidi jednom, Uradi jednom, Nauči"

u novi moderniji i uspešniji model učenja:

**"See One, Practicy Many, Do One"** - "Vidi jednom, Vežbaj više puta, Uradi jednom" (3)

Klasična medicinska edukacija podrazumeva da polaznici uče tako što posmatraju kako iskusnije kolege postupaju sa bolesnicima. Takođe, kod tradicionalnih metoda kliničke edukacije pacijenti su neminovno objekti edukacije za neiskusno medicinsko osoblje, gde je mogućnost greške veća, a bezbednost pacijenta u velikoj meri ugrožena. Izveštaj iz 2000. god pod nazivom " Err is Human" - "Ljudski je grešiti" Nacionalnog Medicinskog Instituta SAD pokazuje da svake godine u Americi 98 000 ljudi strada kao posledica lekarske greške. (2) Veliki broj studija pokazuje da oko 10% svih pacijenata primljenih u bolnicu oseti na sebi neku od lekarskih grešaka (3 - 7)

Učenje u medicini se ne sme zasnivati na metodama bezuspešnih i uspešnih pokušaja na pravim pacijentima, posebno u kritičnim i neočekivanim situacijama. Pristanak pacijenta za učešće u nastavnim programima prestaje da važi onog momenta kada pacijent oseti strah ili odbije nastavak procedure. Takođe i pitanja o poverljivosti i zaštiti podataka pacijenata se mogu dovesti u pitanje. (3, 4)

Zbog toga je neophodno definisati model učenja u medicini gde se pacijenti ne izlažu riziku, gde nijednog momenta nisu ugrožena njegova etička i zakonska prava. Medicinska simulacija nudi novi način učenja i održavanja medicinskog znanja i iskustva, gde je ovaj uslov u potpunosti ispunjen. Najveća prednost simulacije je da sve greške napravljene u procesu učenja trpe fantomi, modeli i kompjuterski programi, dok su u tom slučaju pacijenti potpuno zaštićeni.

Lekari često ne poseduju dovoljna znanja u izvođenju kliničkih veština, rešavanju kliničkih problema i primeni savremenih tehnologija u dijagnostici i terapiji, posebno u neočekivanim situacijama iako se smatra da su svojim nivoom obrazovanja i stečenim diplomama dovoljno edukovani i imaju dobra teorijska i praktična znanja.

Učenje zasnovano na simulacijama omogućava prelazak sa tradicionalnog orijentisanog pristupa učenja na mnogo integrativniji stepen korišćenja kognitivnih (opažanje, mišljenje, pamćenje, učenje), psihomotornih (praktične, manuelne veštine i tehnike, izvođenje rizičnih i kompleksnih procedura, upravljanje novim tehnologijama), izražajnih (donošenje samostalnih odluka, profesionalnih stavova) i interpersonalnih (intervjui, komunikacija, timski rad) funkcija.

U tzv. obrazovnom lancu medicinska simulacija sve više postaje važna karika u kojoj studenti posle teorijskih, dobijaju osnovna praktična znanja korišćenjem jednostavnih simulatora, zatim nastavljaju učenje na virtuelnim računarskim modelima, simulacije složenih kliničkih situacija da bi tek na kraju lanca završili učenje na stvarnim bolesnicima u realnom okruženju. Ovim se obrazovanje ne završava već se stalno vraća na početak lanca, pa kontinuirano učenje i održavanje znanja postaje deo karijere svih zaposlenih.

### **Moralno - etički značaj primene simulacije u medicinskoj edukaciji**

Iz perspektive pacijenata, simulacija smanjuje izloženost pacijenata procedurama od strane manje iskusnih zdravstvenih radnika, i na taj način doprinosi boljoj zaštiti prava pacijenata, kvalitetnijem lečenju koje se fokusira na potrebama pacijenta bez pravljenja kompromisa između obuke i lečenja. Ovo je ključna komponenta izgradnje poverenja između pacijenata i zdravstvenih radnika.

Kada se izvodi simulacija, prioritet je usmeren na učenje i studente, dok su u slučaju rada u realnim uslovima uvek u prvom planu pacijenti gde prioritet ima njihovo lečenje i zaštita od medicinskih grešaka, a tek je u drugom planu edukacija zdravstvenih radnika.

U radu sa pravim pacijentima vreme edukacije je limitirano a pristup pacijentu radi edukacije je sporadičan.

Simulacijom zasnovano medicinsko obrazovanje omogućava primena veoma efikasnog principa u obrazovanju: učenje na greškama. Simulacija omogućava lekaru u treningu da rizikuje, i da

pravi greške na kojima se uči, a da one ne budu štetne po pacijenta. U kliničkom okruženju, greške se moraju sprečiti ili ispraviti odmah da bi se zaštitio pacijent.

O greškama napravljenim tokom simulacije lekar na treningu i tokom evaluacije može govoriti bez opterećenja, brige, osećaja krivice, etičke ili pravne odgovornosti da je ugrozio pacijenta što ne bi mogao u realnom kliničkom okruženju. O svemu tome se kroz simulacionu medicinu može sasvim otvoreno razgovarati, bez osuđivanja i posledica po lekara. Razvijanje ovakvog kritičkog stava u cilju povećanja bezbednosti pacijenta predstavlja kamen temeljac sigurnog zdravstvenog sistema.

## **PRIMENA SIMULACIJE U EDUKACIJI U MEDICINI**

Medicinska simulacija ima primenu kako u dodiplomskim i poslediplomskim studijama, tako i u kontinuiranoj medicinskoj edukaciji (KME) zdravstvenih radnika kao i rešavanju kritičnih situacija u vanrednim prilikama elementarnih katastrofa i ratnim uslovima:

### **I. Primena simulacije na osnovnim studijama medicine**

Osnovne studije medicine su od primarnog značaja u sticanju znanja koje lekari primenjuju u kontaktu sa pacijentima. Međutim, praksa je pokazala da se većina neželjenih situacija desi upravo u prvih nekoliko godina nakon diplomiranja.

Najčešći razlozi za nastanak neželjenih situacija u kliničkoj praksi mladih lekara su:

1. Nedovoljna sposobnost primene teorijskih znanja na pacijentu
2. Nedovoljna teorijska i praktična znanja i veštine vezane za retke kliničke situacije kao što su hitna stanja ili neobični klinički sindromi.
3. Neutreniranost za duga i naporna dežurstva
4. Konfuzije u rešavanju više kliničkih situacija koje se dešavaju istovremeno
5. Upravljanje kritičnim situacijama bez supervizora
6. Nedostatak sposobnosti da potvrde i razjasne upustva kada su u nedoumici ili kada traže savet

Korišćenje simulacija u medicinskoj edukaciji tokom osnovnih studija može značajno pomoći u rešavanju ovih problema.

### **II. Simulacija na poslediplomskim studijama medicine**

Primena simulacija tokom poslediplomskih studija omogućava usvajanje praktičnih znanja i veština zasnovanih na vodičima dobre kliničke prakse. Upoređujući studente koji su se edukovali kroz primenu simulacije u odnosu na one sa tradicionalnim načinima sticanja znanja pokazalo se

da studenti druge godine poslediplomskih studija se u 68% slučajeva pridržavaju smernica AHA u odnosu na studente treće godine koji su tradicionalno edukovani i koji su se pridržavali tih smernica u 44 % slučajeva. (11)

### **III. Primena simulacije u KME**

KME ima takođe veliki značaj u cilju obnavljanja znanja i praktičnih veština i sticanja novih, a u uslovima stalnog razvijanja novih tehnologija i primene savremenih aparata različitih proizvođača, što zahteva od zdravstvenih radnika kontinuiranu edukaciju na tom polju. Naravno da rad na novim mašinama, aparatima i sa novim tehnologijama u dijagnostici i terapiji, primenom simulacionih tehniki posebno u početnim fazama učenja omogućava relaksiraniji pristup, učenju na greškama, ponavaljanju do sticanja dovoljnog iskustva, a što nije moguće u reallnim kliničkim uslovima.

**IV. Primena simulacija u edukaciji u medicinskom zbrinjavanju u vanrednim situacijama, elementarnim nepogodama i ratnim uslovima** zahtevaju unapred dobru organizovanu zdravstvenu službu, utrenirane profesionalce i timski rad. Simulaciona medicina daje veliki prostor i omogućava pripremu i obuku i za ovakav oblik sticanja znanja i veština.

Veliki broj istraživanja pokazuje ogroman značaj simulacije u medicinskom obrazovanju.

Lee i sar. i Coolen i sar. naglasili su ogroman značaj simulacije u uvežbavanju rešavanja kliničkih situacija u oblasti pedijatrijskih vanrednih situacija nad bilo kojim drugim metodama učenja (7,8). Littlewood i sar. to potvrđuju posebno u rešavanju kritičnih situacija. (9). Cohen i sar. su utvrdili da postoji veliki pomak (7:1) u sprečavanju nozokomijalnih infekcija pri manipulaciji centralnim venskim kateterima ako se u edukaciji koriste metode simulacione medicine u odnosu na tradicionalne metode učenja. (10) Van de Ven i sar. su u svom radu pokazali da primena simulacija u edukaciju u akušerstvu smanjuje mogućnost nastanka medicinske greške. (11). Ziv i sar. smatraju da je korišćenje simulacije u kliničkoj edukaciji deo etičke obaveze zdravstvenih radnika (14). Ovakav pristup takođe povećava nivo poverenja pacijenata u zdravstvene radnike i zdravstveni sistem u celini.

.

### **NEDOSTACI I PREPREKE U RAZVOJU SIMULACIONE MEDICINE**

- Nagle i velike promene posebno u sferi obrazovanja obično nailaze na veliki otpor od strane referentnih institucija i pojedinaca.
- Nedostatak adekvatne organizacije i planova i programa za njihovo realizovanje.
- Primena novih tehnologija zahteva vreme da budu šire prihvaćene.
- Nedovoljan broj instruktora, nedovoljno iskustvo u korišćenju metoda i opreme, neadekvatna saradnja sa sličnim centrima na globalnom nivou.

- Ekonomski faktor u primeni simulacija u medicinskoj edukaciji

Uključivanje simulacione medicine u obrazovni sistem jedne institucije zahteva prvo uključivanje simulacije u plan i program studijskih programa. Jedna od prvih prepreka u tome je kako ubediti finansijski sektor zdravstvene institucije u ekonomsku opravdanost i korisnost primene simulacije u edukaciji zdravstvenih profesionalaca. Primeri iz prakse i istraživanja na tom polju pokazuju pre svega indirektni, dugoročni benefit preko povećanja bezbednosti pacijenata, smanjenja mogućnosti medicinskih grešaka, sa manje komplikacija a time i troškova lečenja.

## **PODELA MEDICINSKIH SIMULATORA**

Sve simulatore koji se koriste u medicinskoj edukaciji možemo klasifikovati na dva različita načina: PO NAMENI I PO VERNOSTI SIMULACIJE:

### **I. KLASIFIKACIJA SIMULATORA PO NAMENI:**

1. Simulatori za edukaciju u izvođenju određenih procedura:

- Jednostavni modeli ili fantomi - lutke su napravljeni od gume, plastike, silikona ili drugog materijala. Mogu biti predstavljeni kao pojedini delova tela, organa, sistema organa ili kompletног pacijenta u prirodnoj veličini. Koriste se za plasiranje perifernih i centralnih venskih katetera, uvežbavanje laparaskopskih intervencija, uspostavljanja disajnog puta, intervencija na kičmenom stubu, postavljanje urinarnih katetera, simuliranje porođaja, pregled prostate i dojke itd.



Slika 15. Jednostavni fantomi u edukaciji studenata medicine, stomatologije i zdravstvene nege Medicinskog fakulteta Priština - K. Mitrovica (u daljem tekstu - na našem fakultetu)

- Životinjski modeli su tradicionalno korišćeni u naučne u obrazovne svrhe u fiziologiji i farmakologiji i za obuku u izvođenju nekih intervencija kao što su laparaskopske operacije. Korišćenje životinjskih modela u edukaciji je poslednjih godina u opadanju poštujući etičke aspekte zaštite životinja.

- Kao modeli se mogu koristiti delovi tela različitih životinja kao i plodovi biljaka koji se mogu kupiti u običnim prodavnicama. Na primer plod banane i svinjske nogice za učenje veštine hirurških šavova; plod pomorandže za vežbanje uzimanja biopsije kože; plod lubenice - uvežbavanje postavljanja epiduralnih katetera.



Slika 16. Šavni materijal i šavne tehnike - studentske vežba na modelima: plodu banane, svinjskim nogicama i svinjskom butu na našem fakultetu

- Kadavere koriste na medicinskim fakultetima na predmetu anatomija, za vežbanje nekih hirurških veština kao i kompleksnih injekcionih tehnika u terapiji bola i nervnoj blokadi. Ograničena dostupnost, osećaj neprijatnosti kod studenata, visoka cena i kontakt sa formalinom ograničavaju upotrebu ovakvih modela.

## 2. Simulatori za edukaciju u izvođenje određjenih kliničkih situacija

- Standardizovani ili simulirani pacijenti - glumci - obučeni da u ulozi pacijenata daju anamnističke podatke, komuniciraju sa studentima, daju kliničke podatke u cilju postavljanja dijagnoze od strane studenata.
- Kompjuterom vođene simulacije - Korišćenje kompjuterskih programa za stvaranje različitih kliničkih situacija samo preko ekrana kompjutera ili realističnim okruženjem sa kompjuterski navođenim fantomima - lutkama za simulaciju.



Slika 17. "Standardizovani - simulirani" pacijent

## II. KLASIFIKACIJA SIMULATORA PO VERNOSTI SIMULACIJE:

1. Najprostiji oblik simulacije je rešavanje kliničkih problema uz pomoć papira i olovke u studentskoj učionici na osnovu stručnih tekstova u vidu pisanih prikaza bolesnika, fotografija, dostupnih laboratorijskih rezultata, terapijskih lista i lista vitalnih parametara. Pristup polaznika simulaciju je pasivan sa razvijanjem kognitivnih funkcija. Ovakvim vidom simulacija se rešavaju problemi u dijagnostikovanju i lečenju kao i proceni stanja bolesnika. Nedostaci se ogledaju u nerealističnom pristupu, bez interaktivnosti, a prednost u niskoj ceni edukacije i mogućnosti edukacije većeg broja studenata u isto vreme. Primer za to je učenje gasnih analiza ili EKG-a ili tumačenje laboratorijskih analiza na osnovu podataka dobijenih iz medicinske dokumentacije bolesnika. Ovakav oblik simulacije se može izvoditi i preko teksta na kompjuterskom monitoru sa mogućnošću odabira jednog od ponuđenih odgovora. Na osnovu odabranog odgovora, dobija se novi tekst sa daljim razvijanjem kliničke situacije. Na primer ako se radi o scenariju u kome pacijent ima glavobolju, studentu se može ponuditi opcija da mu ordinira analgetik bez ikakvih daljih pretraga ili da nastavi sa daljom dijagnostikom slanjem pacijenta na CT ili druge dijagnostičke pretrage.



Slika 18. Rešavanje kliničkih problema uz pomoć papira i olovke na našem fakultetu

2. Drugi oblik simulacije su 3D modeli - statični fantomi u prirodnoj veličini ili modeli delova ljudskog tela za simulacije niske vernosti. Na ovakvim modelima učesnici razvijaju psihomotorne funkcije - stiču praktične, manuelne veštine. Na tzv. fantomu ili pacijent simulatoru niske vernosti mogu se izvesti izvesne tehničke radnje, ali su one veoma ograničene i nemaju interaktivnih mogućnosti ili softvere za rad. Ovakav oblik simulacija se izvodi u prostoru fantom sala ili studentskih učionica u koje se donose fantomi ili modeli a omogućava demonstraciju i sticanje praktičnih veština. Interaktivnost je i ovde malo zastupljena a prednost je u niskoj ceni koja zahteva samo fantome i modele uz mogućnost edukacije većeg broja studenata u isto vreme. Primer za to je fantom za učenje endotrahealne intubacije, fantomi za vežbanje plasiranja CVK, uvežbavanje BLS mera kardiopulmonalne reanimacije (tzv. "Resusci" lutke).



Slika 19. 3D modeli - statični fantomi u prirodnoj veličini ili modeli delova ljudskog tela za simulacije niske vernosti na našem fakultetu

3. Treći oblik simulacija su one koje se izvode preko kompjuterske opreme i prate na ekranu kompjutera po tipu kompjuterske grafičke animacije kojom se mogu prikazati fiziološki, farmakokinetski i dinamički procesi izavani ordiniranjem određenih lekova. Za rad na ovakvim simulatorima student koristi samo tastaturu i miša i prati promene na monitoru. Imaju veliku

primenu zbog niske cene koštanja i održavanja, praktično zahtevaju samo kompjuter sa osnovnom opremom i odgovarajućim softverom. Oblasti kao što je kardiologija i pulmologija gde se znanja stiču na osnovu auskultacije srčanih tonova ili disajnih šumova kao i gledanja određenih slika ili animacija su posebno pogodna za primenu ovih oblika simulacija. Danas praktično ne postoji predklinička ili klinička grana medicine gde se ne koristi ovaj oblik simulacije. Daje mogućnost razvijanja kognitivnih funkcija, sticanje kliničkih znanja i uglavnom su fokusirani na individualno odlučivanje u određenim okolnostima. Moguće ih je izvoditi u posebnim laboratorijama sa multimedijalnim kompjuterima. Ipak pristup kod ovog oblika simulacija nije dovoljno realističan i ponekad stvara probleme zbog nesnalaženja u korišćenju kompjuterskih programa. Prednosti se ogledaju u mogućnosti samostalnog učenja i povratnih informacija koje mogu dobiti tokom učenja. Primer za to je Gas Man Anesthesia Simulator.



Slika 20. Simulacije pomoću kompjuterske grafičke animacije na našem fakultetu

4. Sledеći nivo simulacije predstavljaju tzv "standardizovane ili simulirane pacijente". To su obično uvežbani izvođači - glumci koji simuliraju različita klinička stanja i bolesti i u komunikaciji sa studentima ih kroz anamnestičke podatke i određene segmente fizikalnog pregleda navode na postavljanje dijagnoze bolesti koju simuliraju. Na žalost, nije moguće odglumiti kliničke znake kao što su temperatura, krvni pritisak ili puls. Od uvođenja ove metode (Barrovs, 1968., Harden 1975, i dr) "standardizovani ili simulirani pacijenti" su najviše korišćena simulacija za edukaciju u medicini (Barrovs 1993). Ovakav pristup je delimično interaktivn i omogućava sticanje kognitivnih, psihomotornih i interpersonalnih znanja i iskustava bez mogućnosti izvođenja invazivnih procedura. Rezervisan je za male grupe studenata u isto vreme oko jednog "pacijenta". Pristup je realističan, omogućava razvijanje veština komunikacije, kao i multiprofesionalni pristup.



Slika 21. "Standardizovani ili simulirani" pacijenti na našem fakultetu

5. Viši nivo simulacije koji podrazumeva kompjuterski kontrolisane i programirane simulatore sa delimično interaktivnim pristupom. Omogućava sticanje kognitivnih, psihomotornih i interpersonalnih znanja i iskustava. Zahteva postojanje sobe za simulaciju ili "in situ" simulacije (objašnjene u daljem tekstu). Znanja koja se stiču su slična prethodnom nivou uz usvajanje invazivnih veština i tehnika u zavisnosti od osmišljenih scenarija. Za ovakva scenarija moraju da postoje sofisticirani programi, polaznici prethodno moraju da budu dobro upoznati sa opremom, a rad je moguć samo u malim grupama. Primer za to su Ambu Man ili SimMan.

U ovu grupu simulatora spada i ultrazvučni simulator koji funkcioniše kao pravi ultrazvučni aparat sa kompletном kontrolnom tablom i realističnim fantomom - lutkom. Koristi se za učenje ultrazvučnih pregleda različitih organskih sistema i patoloških promena (abdominalnih, ginekološko akušerskih, uključujući i endovaginalni pristup, pregled dojke, vaskularnog sistema itd). Ultrazvučni simulator je postao standardno sredstvo u edukaciji na medicinskim fakultetima u Americi i Kanadi.

U ovu grupu se može svrstati i simulator AED sa ručnim navođenjem od strane instruktora.



Slika 22. Kompjuterski kontrolisani i programirani simulator, simulator ultrazvučnog pregleda i simulator AED na našem fakultetu

Minimalno invazivne hirurške procedure su sve prisutnije i zahtevaju od hirurga kontinuirano sticanje novih znanja. Na polju endoskopije, slične tehnike se primenjuju u oblasti gastroenterologije, bronhoskopije, atroskopije - pa su i u tim oblastima razvijeni simulatori koji se koriste u edukaciji.

6. Najviši nivo simulacija predstavljaju kompjuterizovani interaktivni pacijent simulatori. Polaznicima omogućavaju razvijanje kognitivnih, psihomotornih i interpersonalnih sposobnosti. Pored kompjuterske opreme i softvera, zahtevaju i audio i video opremu. Visoko verni pacijent simulatori su osetljivi, skupi i teško se transportuju. Omogućavaju najverniji i najrealističniji prikaz kliničke situacije kroz okruženje tzv. virtualne realnosti.

Virtualna realnost se definiše kao sistem koji omogućava da se jedan ili više korisnika kreću i reaguju na kompjuterski simulirano okruženje. (Encarta, Online Encyclopedia. 2000) Tehnički, pravu virutelnu realnost predstavlja potpuno veštačko okruženje, gde se informacije za sva čula dobijaju preko kompjutera.

Rad sa ovakvim simulatorima i ovakovom okruženju obezbeđuju mogućnost multiprofesionalnog treninga i evaluacije posle završenog scenarija na osnovu audio i video zapisa i kritičkog osvrta članova tima polaznika i instruktora. Ovaj nivo simulacije zahteva postojanje dobro opremljenog Centra za simulaciju sa komandnom sobom. Takođe se može instalirati u različitim kliničkim okruženjima - "in situ" simlacija (reanimaciona ambulanta, Jedinica intenzivne terapije, operaciona sala itd).



Slika 23. Kompjuterizovani interaktivni pacijent simulator u Centru za simulaciju na našem fakultetu

Kod 5. i 6. nivoa vernosti simulacije vitalni parametri pacijenta se mogu menjati na dva načina:

- Nefiziološko ručno podešavanje parametara od strane instruktora
- Fiziološko programiranje: Parametri se menjaju u zavisnosti od izvedene intervencije od strane studenta i nezavisno od instruktora. Podrazumevaju automatsko generisanje

adekvatnog fiziološkog odgovora na sprovedenu intervenciju na fantomu. Npr. lek koji se ordinira fantomu u venu je obična voda, ali špric iz koga se lek aplicira ima čip koji kompjuter očitava i generiše adekvatan odgovor koji se manifestuje na fantomu ili monitoru vitalnih znakova. Primer za to je "HPS Human Patient Simulator"

Visoko verodostojni simulatori koriste celo telo fantoma koji se ponaša kao pravi pacijent sa mogućnošću da razgovara sa studentima dok ne izgubi svest, diše sa mogućnošću praćenja parametara plućne funkcije, na njemu se može palpirati puls i izmeriti krvni pritisak, auskulтирati srčani tonovi i disajni šumovi, meriti diurezu, postoji mogućnost pokretanja očnih kapaka, reagovanja zenica na svetlost, može se izvesti endotrahealna intubacija, plasirati CVK, torakalni dren, moguće je monitoring neuromuskularne transmisije korišćenjem klasičnog nervnog stimulatora, simuliranje kompartment sindroma ekstremiteta, zatim kompjuterski navođeni tipovi ventilacije, razmene gasova i kardiopulmonalne funkcije. Srčani ritam se može pratiti na pacijent monitoru. Ordiniranje lekova od anestetičkih gasova, do vazopresina, narkotika, paralitika, hipnotika i infuzionih rastvora dovodi do adekvatnog fiziološkog odgovora u zavisnosti od programiranog pola i godina na fantomu.

Nivo treninga i uključivanja u klinički problem se može povećati kreiranjem realnog radnog okruženja kao što je simulaciona JIT ili operaciona sala sa mogućnošću video snimanja scenarija u cilju evaluacije i poboljšanja u izvođenju manuelnih veština i tehnika tokom treninga.

Kompjuterizovani interaktivni pacijent simulatori se mogu kontrolisati sa kratkog rastojanja direktnim ili bežičnim putem ili direktnom konekcijom opreme sa komandnim pultom. Bar kodom obeleženi špricevi i intravensko давање lekova omogućavaju prepoznavanje datog leka od strane kompjutera i automatsku promenu vitalnih simptoma i znakova. Respiratori, defibrilatori, oprema za brzu transfuziju, aparati za anesteziju i druga oprema se lako povezuju sa savremenim interaktivnim pacijent simulatorima.

Kliničko stanje se kod kompjuterizovanog interaktivnog pacijent simulatora može dizajnirati preko kompjutera koristeći različite podatke kao što su telesna težina, krvni volumen, stanje srčanog mišića.

Kao i u filmskoj ili pozorišnoj umetnosti da bi simulacija bila verna, instruktor mora da obezbedi adekvatnu scenografiju (prostor, fantome i opremu), osmisli dobar scenario i uvežba tehničko i stručno osoblje kako bi bili postignuti prethodno definisani rezultati.

Instruktor obično obezbeđuje glas fantomu i obezbeđuje odvijanje scenarija preko kompjutera i opreme. Za vreme izvođenja simulacije komunicira sa studentima, a posle završene simulacije na osnovu napravljenih video snimaka vrši evaluaciju na osnovu čega utvrđuje greške o kojima razvija konstruktivnu diskusiju sa učesnicima simulacije.

U visoko vernoj simulaciji, važna uloga instruktora je i da psihički pripremi učesnika pre simulacije kako bi oni prihvatili tehnološka ograničenja (pacijent simulatora i opreme) i okruženje (svesni su da se radi o vežbi). Potrebno je napraviti psihološku atmosferu u kojoj se oseća da je važan i ljudski faktor i faktor vreme, gde su prisutni elementi stresa, a okruženje što bliže realnoj kliničkoj situaciji.

Stvaranje realistične atmosfere tokom scenarija ističe i utvrđivanje kvaliteta timskog rada. Ono pomaže otkrivanju loše dinamike tima, problema u komunikaciji, vođstvu ili čak odsustva protokola.

#### **PREDNOSTI SIMULACIJA NA KOMPJUTERSKI NAVOĐENIM FANTOMIMA SU:**

- a. Studenti mogu da primene i poboljšaju svoja praktična znanja i veštine u situacijama koje su verne realnim kliničkim situacijama.
- b. Omogućava neograničeno kreiranje situacija koje mogu biti suviše kritične, urgentne ili retke da bi se uvežbavale u realnim kliničkim uslovima
- c. Omogućava studentima da ponavljaju praktične veštine do postizanja adekvatnog praktičnog znanja.
- d. Omogućava učenje po standardnim procedurama i vodičima
- e. Omogućava evaluaciju individualnog ili grupnog treninga
- f. Scenario se može zaustaviti u bilo kom trenutku u cilju razvijanja diskusije o kliničkoj situaciji u scenaru
- g. Ne dovodi se u pitanje bezbednost pacijenta ili zaštita podataka o pacijentu.

# **CENTAR ZA SIMULACIJU, SIMULACIJA IN SITU I SIMULACIJA NA DALJINU**

U razvijenim evropskim zemljama gotovo svaka bolnica ili medicinska nastavna institucija ima razvijeni sistem edukacije zasnovan na simulaciji. Poslednjih 15 godina gotovo je nezamislivo sprovoditi edukaciju studenata medicine i zdravstvenih radnika bez nekih od napred pomenutih simulacionih tehnika i metoda.

U zavisnosti od ekonomskog razvoja sredine, nivoa i organizacije zdravstvene zaštite, planova i programa edukacija na medicinskim fakultetima i zdravstvenim institucijama, kao i entuzijazma i stručnosti instruktora visoko verne simulacije u virtuelnoj realnosti u medicini se mogu prostorno izvoditi na tri načina u:

1. Centrima za simulaciju
2. Simulaciji "in situ" i
3. Simulaciji na daljinu

## **1. CENTAR ZA SIMULACIJU**

Razvoj simulacionih centara je globalni fenomen koji treba da je prilagođen nastavnim planovima i programima koji su metodološki izvodljivi i ekonomski isplativi. Obično se radi o prostornim rešenjima u sklopu medicinskih fakulteta, škola ili zdravstvenih institucija. Pored neophodne opreme, koja podrazumeva modele - lutke različitog stepena vernošću, kompjuterske i audio - video opreme i odgovarajućih softvera neophodan je i adekvatan prostor. Prostor Centra za simulaciju treba da poseduje učionicu za pripremu studenata za nastavnu jedinicu, najmanje jednu sobu za simulaciju (npr simulacija jedinice intenzivne terapije, sobe za reanimaciju ili operacione sale) i komandne sobe koja je providnom pregradom povezana sa sobom za simulaciju.

Idealno bi bilo da se kod izgradnje Centra za simulaciju vodi računa da npr. operaciona sala u kojoj se izvode simulacije bude što sličnija sali u kojoj zdravstveni radnici svakodnevno obavljaju svoje profesionalne aktivnosti. U vazduhoplovstvu piloti treniraju svakih 6 meseci u simulatoru kokpita aviona koji u potunosti imitira pilotsku kabinu aviona koji rutinski leti.

Prostorno, tehničko, kadrovsko i organizaciono rešenje jednog Centra za simulaciju u medicini u našim uslovima smo opisali na primeru Centra za simulaciju koji funkcioniše pri Medicinskom fakultetu Priština - Kosovska Mitrovica.

Centar za simulaciju je nastao kao rezultat potrebe za savremenim pristupom u edukaciji studenata medicine, stomatologije i zdravstvene nege iz oblasti različitih urgentnih kliničkih

stanja sa kojima se ne sreću često u realnim uslovima tokom studija. U regionu smo jedan od prvih medicinskih fakulteta koji je uveo ovaj način obrazovanja studenata medicinskog fakulteta zahvaljujući entuzijazmu i kreativnosti grupe naših nastavnika, a zbog realnih potreba savremenog obrazovanja.

Centar za simulaciju predstavlja prostor od oko  $100\text{ m}^2$  koji se nalazi u bolničkom krugu u neposrednoj blizini Medicinskog fakulteta i nastao je adaptacijom neiskorišćenog skladišnog prostora u zgradи pedijatrije. Sastoji se iz sale za uvodna predavanja sa 30 mesta sa kompjuterskom i audio-video opremom, kancelarije za administrativne potrebe i pripremu instruktora, dve fantom sale, komandne sobe, sale za simulaciju, dva mokra čvora i skladištenog prostora za opremu.

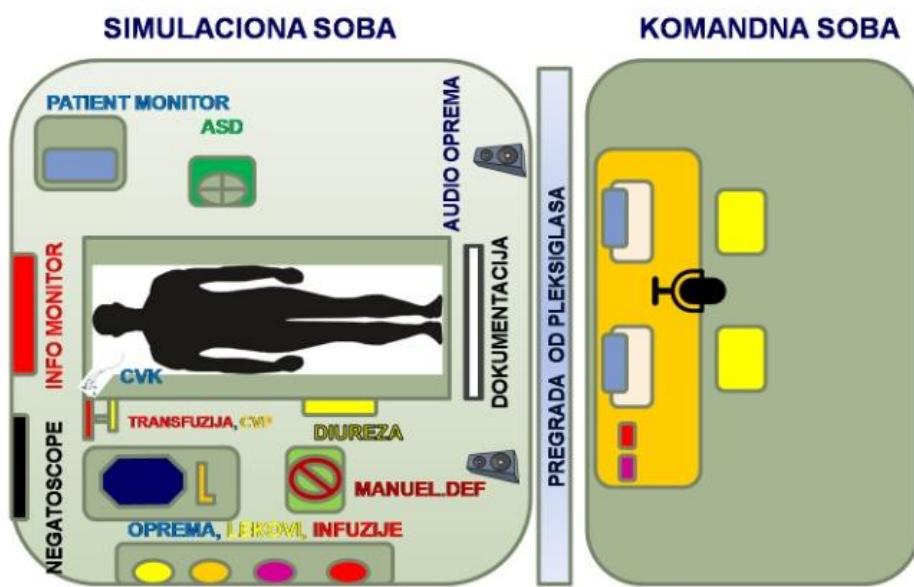
U sali za uvodna predavanja instruktori sa polaznicima teorijski obrađuju tematske jedinice predviđene za simulaciju obezbeđuju ili preporučuju literaturu u elektronskoj ili štampanoj verziji i upoznaju ih sa specifičnostima rada u Centru za simulaciju. Takođe, sala za uvodna predavanja se može pretvoriti u trenažni centar za obuku iz Prve pomoći za studente prve godine medicine, stomatologije i zdravstvene nege, gde na strunjačama uvežbavaju osnovne mere u pružanju Prve pomoći.



Slika 24. Sala za uvodna predavanja koja se po potrebi pretvara u salu za obuku iz Prve pomoći na našem fakultetu

U fantom salama su raspoređeni statični fantomi/lutke za BLS mere KPR, fantomi za parenteralno ordiniranje lekova (intravensko, intramuskularno, subkutano), oprema za oksigenoterapiju, a u jednom delu je smešten i aparat za anesteziju gde uz odgovarajuću pripremu fantoma i opreme studenti stiču osnovna znanja iz opšte anestezije. Poseban punkt čine mesta obuke za izvođenje ET intubacije na fantomu, plasiranje orofaringealnog i nazofaringealnog tubusa, laringealne maske i kombi tube. Pre ulaska u salu za simulaciju svi studenti su u obavezi da savladaju osnovne manuelne veštine i tehnike u fantom sali a koje su im neophodne za rešavanje problema tokom simulacionih scenarija.

Prostor za izvođenje simulacionih scenarija se sastoji iz komandne sobe iz koje se preko providnog stakla i video i audio opreme komunicira sa studentima u sali za simulaciju koja se po potrebi transformiše u Jedinicu intenzivne terapije (najčešće), reanimacionu ambulantu, nemonitorovanu jedinicu bolnice ili operacionu salu. Komandna soba raspolaže kompjuterskom opremom i odgovarajućim softverima, EKG simulatorom i simulatorom AED-a koji se nalaze u komandnoj sobi.



Slika 25. Shematski prikaz komandne sobe i simulacione sale u Centru za simulaciju na našem fakultetu



Slika 26. Realni prikaz komandne sobe i simulacione sale u Centru za simulaciju na našem fakultetu

U sobi za simulaciju centralno mesto zauzima fantom pacijent u bolesničkom krevetu koji je povezan sa monitorom na kome se simulira monitoring EKG-a, sistolnog i dijastolnog krvnog pritiska, pulsa i pulsne okismetrije. Fantom ima plasiran CVK povezan sa infuzionim rastvorima i sistemom za merenje CVP. Pored toga postoji mogućnost merenja satne diureze, ordiniranje transfizija i derivata krvi.

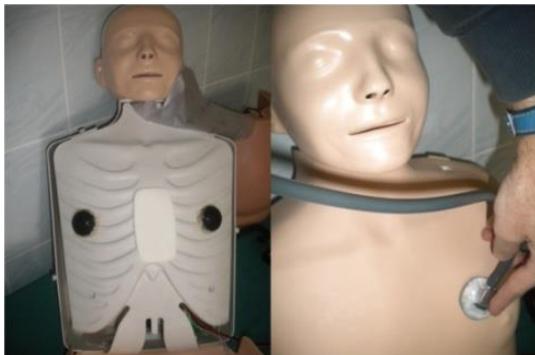


Slika 27.Centar za simulaciju na našem fakultetu



U fantome je ugrađena audio oprema koja omogućava auskultaciju srčanih tonova i disajnih šumova. Negatoskop na zidu omogućava tumačenje Rtg snimaka, a poseban deo čini klinički pregled dece i kompletna oprema za tu namenu.

Slika 28. Komandne table ECG i AED simulatora na našem fakultetu



Slika 29. Ugrađeni zvučnici u "tela" fantoma omogućavaju auskultaciju srčanih tonova i disajnih šumova

Postoji mogućnost simulacije KPCR, urgentnih stanja u kardiologiji, poremećaja srčanog ritma, urgentnih stanja u pulmologiji, grudnoj hirurgiji i pedijatriji. Na fantomu je moguće simulirati i pneumotoraks sa mogućnošću pleuralne punkcije i aktivne drenaže. Laboratorijske analize se prikazuju na ekranu monitora kao i na bolesničkoj listi uz odgovarajuću terapiju. Pored bolesničkog kreveta se nalazi i manuelni i automatski spoljašnji defibrilator. U saradnji sa fakultetom tehničkih nauka u pregovorima smo da napravimo specifične kompjuterske programe prilagođene našoj opremi za simulaciju, različitim urgentnim kliničkim stanja a u planu nam je nabavka i novih fantoma i opreme.

### **Preparacija za simulacionog scenarija**

Pripremi svakog scenarija prilazimo sistematično i uz ekipni rad instruktora uz prilagođavanje skromnim tehničkim mogućnostima. Pre izvođenja svake simulacije studenti imaju interaktivno predavanje u toku redovne ili izborne nastave gde se upoznaju sa tematskom jedinicom i literaturom.

Prilikom izbora svakog scenarija moraju se definisati pedagoški ciljevi i ciljne grupe polaznika, pitanja koja se razmatraju u simulaciji, dizajnirati simulacioni model, obezbediti didaktička sredstva, aparati, instrumenti, oprema, potrošni materijal i video i audio fajlovi neophodni za izvođenje simulacije.

Svaka simulacija se sastoji iz dve komponente: pacijenta i scenarija.

Podatke o pacijentu student dobija na osnovu unapred pročitanog teksta u vidu istorije bolesti, očitavanjem vitalnih znakova na pacijent monitoru, dobijanjem informacija o vitalnim simptomima direktnim kontaktom sa pacijentom (kome obično pozajmljuje glas instruktor ili demonstrator), na osnovu podataka sa info monitora, očitavanjem podataka sa terapijske liste, liste vitalnih parametara, laboratorijskih analiza i dostupnih dijagnostičkih pretraga i dekursusa u pacijentovoj dokumentaciji.



Slika 30. Izvođenje simulacionog scenarija u Centru za simulaciju na našem fakultetu

Svaki scenario je podeljen u "mini scenarija" tj "stanja" koja omogućavaju razvijanje scenarija. Kretanje od jednog do drugog "stanja" je izazvano okidačem (trigerom) koje može biti vreme, ordinirani lek, izvedena manuelna radnja od strane polaznika simulacije.

Pre započinjanja scenarija instruktor priprema i proverava kompjutersku i audio opremu i uvežbava pripremljeni scenario simulacije. Svaki scenario zahteva detaljnu pripremu potrebnih podataka koji se pojavljuju na ekranima info i pacijent monitora navođenim iz komandne sobe, audio i video informacijama, fajlovima srčanih tonova i disajnih šumova.

U slučaju da je u simulaciju uključen glumac kao jedan od aktera scenarija, potrebna je dobra uvežbanost u stvaranju realističnih situacija u kojima se očekuje dijagnostička ili terapijska odluka učesnika simulacije.

U toku simulacione vežbe studenti imaju zadatak da se preko info i pacijent monitora kao i dostupne dokumentacije upoznaju sa kliničkim problemom, postave dijagnozu i blagovremeno reaguju:

- Odgovorima na pitanja i kontaktom sa instruktorom preko audio opreme
- Manuelnim veštinama i tehnikama korišćenjem opreme i aparata
- Ordiniranjem medikamentozne terapije uz pomoć sestre – učesnika simulacije

Zadatak instruktora je da tokom simulacije preko kompjutera, info i pacijent monitora kao i audio opreme simulira faze scenarija.

Instruktor tokom simulacije ocenjuje polaznike na osnovu:

- Snalaženja u očitavanju i interpretiranju vitalnih znakova i simptoma, istorije bolesti, ostale dokumentacije
- Postavljanja dijagnoze, diferencijalne dijagnoze
- Snalaženja u urgentnom lečenju pacijenta, izvedenih manuelnih veština, ordiniranje terapije
- Komunikacionih sposobnosti
- Sposobnosti za timski rad
- Rukovanja opremom

Svaka simulacija se snima video kamerom. Nakon završene simulacije instruktor okuplja učesnike i izvodi "debriefing" - sažetu verbalnu analizu tj. rekonstrukciju sadržaja simulacije uz kritički osvrt na postupke članova tima, iznosi svoje ocene i odgovara na pitanja i uz interaktivni pristup sa učesnicima analizira video zapis simulacije i razrešava situacije koje nisu bile jasne tokom izvođenja scenarija. Na kraju izvodi evaluaciju tj. ocenjuje efikasnost, efektivnost, održivost i važnost konkretnog simulacionog scenarija u kontekstu sticanja znanja na osnovu plana studijskog programa.

Posle završene simulacije studenti popunjavaju anketni obrazac gde ocenjuju izbor teme za simulaciju, organizaciju, trajanje i dinamiku edukacije, način i metode rada, prostorne i tehničke uslove u Centru za simulaciju, predlažu teme, predavače i metode za sledeće edukacije, daju svoje posebne primedbe i sugestije.

Do sada smo organizovali scenarija za:

1. BLS I ALS mere CPR odraslih i dece
2. Respiratornu insuficijenciju
3. Anafilaktički i hemoragični sok
4. Skor ranog upozorenja
5. Vazdušnu emboliju
6. Manipulacije sa CVK i merenje CVP-a
7. Tenzioni pneumotoraks
8. Auskultaciju srčanih tonova i šumova
9. Tireotoksicnu oluju
10. Transfuziji krvi i krvnih derivata

Dalji planovi u razvoju našeg Centra za simulaciju su:

- Nabavka savremenih fantoma, opreme i softvera
- Organizovanje seminara u vezi simulacione medicine
- Objavljivanje radova na temu simulacione medicine u referentnim časopisima
- Povezivanje sa razvijenim Centrima za simulaciju u Evropi, edukacija instruktora, povezivanje sa drugim fakultetima – interdisciplinarni pristup
- Uključivanje u međunarodne projekte i fondacije
- Formiranje zajedničkog Centra za simulaciju na nivou Republike Srbije
- Povezivanje sa kolegama sa drugih Medicinskih fakulteta i zdravstvenih ustanova u Srbiji i regionu

Ideja rukovodioca Centra za edukaciju je da u rad uključi i studente demonstratore sa završnih godina studija koji bi aktivno učestvovali u pripremi i izvođenju scenarija kao i u ulozi "standardizovanih" pacijenata.

*Video prezentacije našeg Centra za simulaciju možete videti na linku  
<https://www.youtube.com/watch?v=NN556FrHlpo> (verzija na srpskom jeziku) i  
[https://www.youtube.com/watch?v=85K-AwR\\_ENQ](https://www.youtube.com/watch?v=85K-AwR_ENQ) (verzija na engleskom jeziku).*

## 2. "IN - SITU" SIMULACIJA

Iako simulacija postaje sve više popularna u oblasti medicinske edukacije, veliki problem na nekim fakultetima i u nekim zdravstvenim ustanovama je kako organizovati simulacione vežbe bez postojanja Centara za simulaciju koji još uvek nisu dostupni zbog pre svega visoke cene koštanja. Zbog toga mnoge medicinske ustanove koje se bave edukacijom pribegavaju modelu mobilnih treninga unutar radnog okruženja medicinskih radnika i uz opremu koju svakodnevno koriste, bez skupih i tehnološki zahtevnih Centara za simulaciju - što predstavlja tzv. "IN-SITY" simulaciju". Njene prednosti pored ekonomskog faktora su i humaniji i relaksirajiji pristup medicinskom osoblju koje se edukuje u svom dobro poznatom svakodnevnom radnom okruženju, kao i mogućnost realnog sagledavanja propusta u sistemu zdravstvene zaštite na terenu.

Poznato je da odrasli uče bolje kada predmet njihovog učenja ima direktni uticaj na njihov profesionalni rad. (5). Originalnost "in situ" simulacije je da se ne odvija u Centru za simulaciju već u realnom kliničkom okruženju. Weinstock i sar. i Paige i sar. su njeni najveći pobornici (34,35). U stvari, "in situ" stimulacija omogućava zdravstvenim radnicima da uče i razvijaju iskustva na istom mestu gde leče svoje bolesnike, primenjuju svoja znanja i koriste svoje iskustvo u cilju najboljeg lečenja bolesnika (37,45). Dokazano je da simulacija "in situ" poboljšava timski rad i komunikaciju u toku zbrinjavanja trauma (55). Theilen i sar. su pokazali da "in situ" stimulacija poboljšava reagovanje tima za urgentno zbrinjavanje pedijatrijskih bolesnika čije se stanje pogoršava (4,18). Sam i sar. predlažu da simulacija "in situ" postane deo univerzitetskog obrazovanja studenata medicine i zdravstvene zaštite. Smatra se da će planiranje simulacija "in situ" uskoro i formalno biti jedan od uslova za dobijanje dozvola za rad i akreditacija novih zdravstvenih ustanova (49,50).



Slika 31. Simulacija "in situ" (preuzeto sa <https://www.sgh.com.sg/education/institute-for-medical-simulation-and-education/simulationtraining/pages/in-situ-medical-simulation.aspx>)

Mobilna "in-situ" simulacija omogućava kretanje instruktora i dela opreme i materijala do mesta gde se realno leče bolesnici kako bi došle do izražaja prednosti realnog kliničkog okruženja. Simulacione sesije takođe mogu biti obavljene i u prehospitalnim uslovima kao npr. u sanitetskim vozilima ili helikopteru (25,41). Simulacija sa timom polaznika koji inače rade zajedno čini scenario realističnim i pojačava efekat učenja.



Slika 31. Simulacija "in situ" u prehospitalnim uslovima ( preuzeto sa <https://aucklandhems.files.wordpress.com/2013/04/insitu.jpg>)

Bez znanja polaznika, u scenariju se namerno može koristiti neispravna oprema, ili oni mogu dobiti netačne ili nepotpune informacije kako bi bili dovedeni u zabludu, pa čak mogu biti uključeni i drugi akteri - članovi lekarskog tima ili porodice koji mogu poremetiti sesiju baš kao i u stvarnom životu (22). Scenario onda odražava stvarnost u najvećoj mogućoj meri i daje sliku "prirodne simulacije".

### Prednosti, prepreke i izazovi "in situ" simulacije

Glavna prednost simulacije "in situ" je odsustvo potrebe za stalnom lokacijom za obavljanje obuke. Jedino što je potrebno je mesto za skladištenje materijala u vreme kada se ne koristi.

Druga prednost u pogledu učenja i evaluacije je da ceo sistem u radnom okruženju bude uključen u obuku i da bude testiran sopstvenom opremom i u svakodnevnom radu. Delac i sar. predlažu da se sesije za uvežbavanje sestrinskih timova za kardiopulmonalnu reanimaciju održavaju svakog meseca (42). Brooks-Buzza program predlaže da se simulacione sesije za urgentna stanja održavaju stomatolozima (43).

"In situ" simulacija se može koristiti i za primenu novih protokola lečenja kako bi se osigurala njihova primenljivost i otkrili potencijalni problemi koji nisu prethodno bili razmotreni ili nisu otkriveni u toku realnog kontakta sa bolesnikom (47,48).

Kod "in situ" simulacije se očekuje da ceo tim učesnika tokom trajanja simulacije bude oslobođen od profesionalnih obaveza kako ne bi propustili priliku za edukaciju. Međutim, to je u praksi ponekada teško izvodljivo posebno na urgentnim odeljenjima bolnice gde se ne može planirati prliv pacijenata i obim posla. (40,54).

### **Prednosti simulacije "in situ" u odnosu na Centre za simulaciju**

Visoko verna simulacija u Centrima za simulaciju zahteva značajnu finansijsku ulaganja u adekvatan prostor, skupu opremu i naravno profesionalni medicinski i tehnički osposobljen tim instruktora.

Opremanje sobe za simulaciju je često skupo i nedostižno. U uslovima finansijskih prepreka i ograničenog budžeta, simulacija in-situ može biti veoma održiva opcija.

Simulaciju in-situ ne treba posmatrati kao inferiorni pristup ili korak unazad u odnosu na simulaciju koja se odvija u Centrima za simulaciju. Više je treba gledati kao "povratak u budućnost" gde se zdravstveni radnici edukuju u svom prirodnom radnom okruženju ali na standardizovanim pacijentima ili fantomima vodeći računa o bezbednosti pacijenata.

### **3. SIMULACIJA NA DALJINU**

Simulaciona obuka nije dostupna u mnogim institucijama i često postoji nedostatak obučenih instruktora (moderatora) što predstavlja barijeru za razvoj ove vrste edukacije. Prepoznato je da je kvalitet instruktora simulacije jedan od najvažnijih faktora za uspešnu simacionu obuku (12) pa često polaznici i instruktori treba da odlaze u mnogo iskusnije centre kako bi učestvovali u visoko-kvalitetnim obukama. Međutim, putovanje zahteva vreme, ulaganje dodatnog napora kao i finansijske troškove što ograničava šire korišćenje simulacije u medicinskoj edukaciji.

Takođe visoka cena koštanja ograničava pojedine medicinske institucije za razvoj savremenih Centara za simulaciju.

Zahvaljujući savremenoj kompjuterskoj, elektronskoj i komunikacionoj tehnologiji u savremenom svetu je moguće obezrediti daljinski-kontrolisano učenje zasnovano na simulaciji "remote-facilitated simulation" (13-15).

Simulacija na daljinu zahteva postojanje komandnog simulacionog centra iz koga se upravlja simulacijama koje se mogu organizovati na udaljenim mestima, stotinama kilometara daleko. To naravno zahteva sofisticiranu opremu, kompjutere, softvere, audio i video opremu kao i inter/intranet velike brzine. Kompjuterska oprema iz komandnog centra je povezana sa visoko vernim simulatorima u simulacionoj jedinici, a instruktori iz komandnog centra prate rad studenata i komuniciraju sa njima preko web kamera i mikrofona.

Primenom ovog sistema, daljinskom kontrolom može se upravljati simulatorom i obezbediti simulaciona obuka polaznika kao i završna evaluacija.

Svaka daljinski kontrolisana simulaciona sesija treba da se sastoji iz uvodnog dela u kome se učesnici upoznaju sa opremom i načinom komunikacije sa instrukturima na daljinu, dobro organizovane simulacione vežbe i na kraju evaluacije i konstruktivnog kritičnog osvrta sa ukazivanjem na greške i učešćem svih učesnika u diskusiji.

Simulaciona sesija se snima na lokaciji obuke i video fajl se prenosi do udaljene lokacije instruktora.

Pored softvera za funkciranje visoko vernih simulatora potrebno je da postoji i dobar komunikacijski softver koji omogućava učesnicima i instrukturima da interaktivno komuniciraju u toku svih sesija.

Istraživanja o primeni simulacije na daljinu pokazuju da je ekonomski isplativija od formiranja Centara za simulaciju u a edukativnom smislu predstavlja kombinaciju simulacije "in situ" i Centra za simulaciju. Ovakav daljinski sistem ima i nekih tehničkih ograničenja. Mali broj fiksiranih web kamera može otežati instruktoru da prepozna suptilne pokrete i neverbalnu komunikaciju polaznika. Bilo bi idealno da postoji više kamera koje bi omogućile instruktoru da vidi veći broj tačaka iz više uglova gledanja. Postojala je bojazan kod instruktora da moraju da obrate više pažnje kako se učesnici osećaju tokom debrifinga i da će biti teško da prepoznaju njihove izraze lica. Još jedno pitanje u vezi tehnologije je brzina internet veze što može stvarati ograničenja posebno u nekim zemljama u razvoju.

Jednom nabavljenom oprema i softveri sa razvijenom mrežom "in situ" simulacija i malim brojem dobro edukavanih instruktora može pokriti edukaciju velikih regiona. Ovakav centralistički pristup omogućava ujednačen sistem edukacije ogromnog broja zdravstvenih radnika po usvojenim planovima i programima zemlje ili regiona u kome se sprovodi.

Autori ovog teksta do sada nisu imali praktičnih iskustava na polju simulacije na daljinu.

## Primena simulacionih modela u edukaciji stanovništva iz Prve pomoći

Poznavanje mera Prve pomoći postaje sve više deo opšteg obrazovanja savremenog čoveka. Edukacija stanovništva na tom polju je takođe lakše izvodljiva primenom simulacionih modela što smo i više puta realizovali kroz kurseve Prve pomoći u osnovnim i srednjim školama. Priprema za ove kurseve podrazumeva saradnju sa rukovodstvom škola, određivanje termina i prostora za održavanje kursa (najčešće prostorijama škole), obuka studenata - demonstratora od strane instruktora za edukaciju na fantomima, izvođenje teorijske i praktične nastave. Zanimljive, a sa druge strane životno važne teme, korišćenje lutaka/fantoma, animacije i učenje kroz igru čine ovakve kurseve sve više popularnim u našoj sredini.



Slika 30. Korišćenje simulatora u izvođenju obuke iz Prve pomoći od strane instruktora i studenata - demonstratora u osnovnoj školi u Kosovskoj Mitrovici

U Evropi i svetu postoji preko dvadeset udruženja koja se bave simulacionom medicinom. Pomenućemo neka od njih: Evropsko udruženje za primenu simulacije u medicini - Society in Europe for simulation applied to medicine /SESAM/ (formirano 1994), američko udruženje za simulacije u medicini - Society for Simulation in Healthcare - SSH (2004), Udruženje instruktora "standardizovanih pacijenata" - Association of Standardized patient educators /ASPE/ (2001), Internaciona simulaciono pedijatrijsko udruženje - International Pediatric Simulation Society /IPSS/. Slična udruženja postoje u Kanadi, Australiji, Novom Zelandu, Latinskoj Americi, Rusiji, Italiji, Španiji, Portugalu, Poljskoj, Indiji, Japanu, Koreji....

(link <http://www.ssih.org/About-SSH/Affiliated-Organizations>)

## ZAKLJUČAK

Primena simulacije je jedna od najvećih i najvažnijih inovacija u poslednjih 15 godina u medicinskoj edukaciji.

Vrlo često, mnogi je povezuju sa sofisticiranom opremom koja puno košta pa je često nedostižna u uslovima nedovoljnih finansijskih sredstava. Ovim tekstrom smo pokazali na našem primeru kako je moguće i u uslovima skromnih finansijskih sredstava, uz entuzijazam, kreativnost i dobre ideje doći do zadovoljavajućih rezultata u oblasti simulacione medicine sa tendencijom daljeg razvoja i povezivanja sa razvijenim Centrima za simulaciju u Evropi i svetu.

Dešavanja kao što su formiranje velikog broja akademskih udruženja posvećenih simulacionoj medicini, nastanak nekoliko stručnih časopisa o simulacionoj medicini, izdvajanje miliona dolara od strane nacionalnih istraživačkih centara za razvoj simulacione medicine i neprekidna istraživanja na tom polju predstavljaju dobru osnovu za dalji razvoj simulacione medicine u cilju savremene edukacije studenata i zdravstvenih radnika kao i povećanja bezbednosti pacijenata.

Nadamo se da će ovaj tekst biti naš mali doprinos u razvijanju simulacione medicine na ovim prostorima