

Technology in emergency and disaster medicine. Telemedicine. Virtual reality. The role of simulation in the improvement of human factors associated to the risk of medical errors

Tehnologia în medicina de urgență și catastrofă. Telemedicina. Realitatea virtuală. Rolul simulării în ameliorarea factorilor umani asociați riscului de producere a erorilor medicale

Cristian Boeriu¹, Raed Arafat², Sorana Truța¹, Emilia Turucz¹

¹Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade”, Tg. Mureș, România

²Departamentul pentru Situații de Urgență, Ministerul Afacerilor Interne, România

ABSTRACT

Both emergency medicine and disaster medicine have long been connected by technology. To take advantage of the benefits, technology should be considered as part of an integrated team to deliver clinical care to patients. Moreover, technology enabled learning systems, such as virtual reality, simulations or educational games, are commonly used not only as medical training tools but also to improve the human factors associated to the risk of medical errors. Disaster management makes use of multiple technologies to provide services in the disaster zones. The idea of using telemedicine in emergency and disaster situations has been around for more than four decades. Virtual reality represents an efficient alternative technique for training programs in disaster management for every learning stages. Simulation-based Crew Resource Management (CRM) training was found to be effective in the improvement of the non-technical skills and clinical performance of the interprofessional emergency teams.

Keywords: technology, telemedicine, simulation, virtual reality, crew resource management

REZUMAT

Medicina de urgență și medicina de dezastre sunt de mai mult timp conectate prin tehnologie. Pentru a beneficia de avantajele oferite de tehnologie, aceasta trebuie considerată ca parte integrantă a echipelor care asigură asistența medicală. Mai mult decât atât, sistemele educaționale bazate pe tehnologie, cum ar fi realitatea virtuală, simularea, jocurile pe computer, nu sunt utilizate doar ca instrumente de învățare a unor tehnici medicale, ci și pentru ameliorarea factorilor umani asociați riscului de producere a erorilor medicale. Managementul dezastrilor folosește tehnologii multiple pentru a asigura serviciile necesare în zonele calamitate. Ideea de a utiliza telemedicina în gestionarea situațiilor de urgență și dezastre a apărut în urmă cu mai bine de 40 de ani. Realitatea virtuală reprezintă o alternativă de instruire eficientă în medicina de urgență și dezastre, la toate nivelurile de învățare. Instruirea Crew Resource Management (CRM) bazată pe simulare s-a dovedit a fi utilă pentru îmbunătățirea abilităților nontehnice și a performanțelor clinice a echipelor medicale de urgență.

Cuvinte cheie: tehnologie, telemedicină, simulare, realitate virtuală, crew resource management

INTRODUCERE

Tehnologia informației în domeniul medical asigură managementul computerizat și schimbul securizat de date medicale între structurile sanita-

re, pacienți și alte entități, cum sunt companiile de asigurări sau agențiile guvernamentale.

Utilizarea tehnologiei informației crește calitatea, siguranța și eficiența serviciilor de sănătate prin îmbunătățirea accesului la aceste servicii,

Corresponding author:

Conf. Dr. Cristian Boeriu
E-mail: cboeriu@gmail.com

Article History:

Received: 2 December 2020
Accepted: 15 December 2020

reducerea costurilor, prevenirea erorilor medicale și eficientizarea segmentului administrativ prin reducerea utilizării documentației în format scris și/sau tipărit.

În plus față de beneficiile descrise mai sus, tehnologia informației în medicină îmbunătățește nivelul de asistență medicală acordată pacienților prin asigurarea interoperabilității sistemelor informatice disponibile în unități sanitare aflate chiar în țări diferite.

TELEMEDICINA

Telemedicina reprezintă un exemplu concret de implicare a tehnologiei în schimbul de informații medicale între diferite locații, utilizând sistemele informatice și de telecomunicații. Aceasta contribuie la îmbunătățirea asistenței medicale pentru persoanele aflate la distanță de unitățile sanitare și nu au acces facil la servicii medicale.

Implementarea sistemului de telemedicină în România a început printr-un proiect pilot inițiat la Târgu Mureș în anul 2003. Proiectul a constat în dotarea echipajelor paramedicale de prim ajutor calificat SMURD cu un sistem de transmisie în timp real a datelor medicale din prespital la Unitatea de Primire Urgențe (UPU) din structura Spitalului Clinic Județean de Urgență Târgu Mureș. La acest nivel, datele transmise (puls, tensiune arterială, frecvență respiratorie, pulsoximetrie, monitorizare cardiacă, ECG pe 12 canale) erau analizate în timp real de unul dintre medicii de urgență din UPU, care decidea apoi tratamentul care trebuia aplicat pacientului și spitalul la care urma să fie transportat.

După patru ani de evaluare, timp în care sistemul și-a demonstrat eficiența, la nivelul Ministerului Sănătății a fost luată decizia de a dota toate ambulanțele de tip B (deservite de paramedici pompieri și asistenți medicali din cadrul Serviciilor Județene de Ambulanță) cu echipamente de transmisie date, conectate la centre regionalizate de recepție integrate cu Unitățile de Primire Urgențe sau cu Sistemul Național Unic pentru Apeluri de Urgență 112.

Sistemul de telemedicină prespitalicească a fost întregit în anul 2009 cu unul care interconecta, în faza inițială, structurile de primire a urgențelor din 41 de spitale din Regiunea Centru a României, fiind extins ulterior la peste 100 de spitale situate în alte două regiuni. Scopul acestui sistem este acela de a veni în sprijinul medicilor fără specialitate de medicină de urgență care deservește structurile de primire a urgențelor din spitalele mici. Tehnologia

utilizată permite interacțiunea audio și video, în timp real, între medicul curant din teritoriu și medicii specialiști din centrul de recepție aflat într-un spital universitar, facilitându-se astfel luarea celor mai bune decizii în ceea ce privește tratamentul de urgență al pacienților și eventualul lor transfer într-un centru medical avansat.

Sistemul de telemedicină din România este în continuă dezvoltare, urmând să fie extins la nivel național.

În cazul producerii unui dezastru, telemedicina oferă medicilor aflați în diferite colțuri ale lumii posibilitatea de a oferi servicii medicale la distanță victimelor aflate în zona calamitată. Acest lucru a fost făcut posibil prin crearea sistemului multinațional de telemedicină, care angrenează, într-o structură unitară, servicii de telemedicină care utilizează tehnologii diferite, prin asigurarea interoperabilității între acestea.

Serviciile de telemedicină pot fi împărțite în două categorii: servicii audio/video și servicii de schimb de informații medicale. Serviciile audio/video asigură transmiterea informațiilor prin linii telefonice sau prin conexiuni video cu capacități audio, iar cele de schimb de informații medicale asigură transmisia de date medicale propriu-zise, cum ar fi semnele vitale.

La toate acestea se adaugă posibilitatea de achiziție, stocare și transmitere a informațiilor medicale (date, imagini, sunete, video) către o altă locație la nivelul căreia se află personalul medical calificat care va asigura evaluarea clinică. În cazul unui dezastru, transmisia datelor se face printr-o conexiune robustă prin satelit [1].

REALITATEA VIRTUALĂ

Intervențiile în cazul dezastrelor se desfășoară într-un mediu necunoscut, atât din punctul de vedere al terenului de lucru afectat de un eveniment neobișnuit, cât și din perspectiva personalului de intervenție, acesta provenind de multe ori din instituții diferite și cu nivel de instruire necunoscută.

Pregătirea în managementul dezastrelor trebuie să cuprindă obligatoriu, pe lângă întocmirea competențelor practice specifice individuale, și dezvoltarea abilităților nontehnice de comunicare, organizare și coordonare la orice nivel.

Un aspect important al formelor de pregătire în acest domeniu este menținerea competențelor pe termen lung. Expunerea personalului de intervenție la astfel de evenimente nu se întâmplă de rutină, șansele de acumulare a experiențelor fiind, din acest motiv, reduse. Pregătirea pentru dezastre tre-

buie să cuprindă un plan de reîmprospătare a informațiilor și a abilităților practice. O modalitate dovedită deja pentru a menține competențele în acest domeniu este participarea la exercițiile de teren în mod regulat.

Au fost create scale de evaluare globală ca indicatori potențiali ai competenței de pregătire generală în cadrul educațional, utilizând simulări de fidelitate crescută. Astfel de instrumente, cu utilizarea unor sisteme de scoruri adecvat definite, ar trebui să ajute la evaluarea competențelor în răspunsul de bază la dezastre, în combinație cu exerciții de dezastru cu multiple manechine complet imersive [2].

Realitatea virtuală reprezintă o alternativă promițătoare pentru programele de formare în managementul dezastrelor, aplicabilă în toate etapele de instruire, începând de la cursuri teoretice sau ateliere practice specifice și până la dezvoltarea exercițiilor complexe, multidisciplinare, cu integrarea întregului sistem de comandă și control.

Termenul de realitate virtuală este adesea folosit ca un mijloc de mediu virtual complet imersiv. De fapt, realitatea virtuală este un concept care se realizează prin intermediul unui simulator.

Simulatoarele sunt definite ca un ansamblu de software, hardware, aparate și dispozitive prin care se poate reproduce o situație sau un sistem tehnic în mediul virtual într-un mod interactiv, permițând dezvoltarea scenariilor pe toate tipurile de dezastre, inclusiv a unor situații excepționale, foarte greu sau imposibil de realizat altfel în cadrul exercițiilor reale de teren. Scenariile create pot fi reutilizate parțial sau integral de câte ori este nevoie și se pot adapta ușor pentru diferite grupe de audiență sau obiective noi de instruire.

Realitatea virtuală este utilizată pentru instruire încă din anii 1960, experimentată inițial pentru antrenarea piloților și a militarilor, tehnica s-a dezvoltat rapid și, pe lângă latura de divertisment, este tot mai frecvent utilizată în programele educaționale în diverse specialități [3].

Realitatea virtuală este un mediu interactiv, tridimensional, generat de un computer, care permite individului explorarea ambientului prin simțuri vizuale și auditive, respectiv manipularea unor obiecte sau realizarea unor acțiuni predeterminate. Persoana sau grupul „scufundat” în acest mediu virtual pot experimenta orice situație periculoasă, costisitoare sau nepractic de realizat în lumea reală.

Tehnologia realității virtuale s-a dezvoltat exploziv în ultimii ani. Prin adăugarea dispozitivelor de sincronizare a simțurilor, gradul de imersie în mediul virtual al individului se poate crește semnifi-

cativ. Ținta este aceea de a realiza o combinație perfectă de hardware, software și de sincronizare senzorială pentru a asigura un simț al prezenței, adică participanții să simtă că fac parte din acel mediu virtual.

Capacitatea de a crea personaje (de exemplu, avatare ca pacienți sau personal de răspuns la urgență) și de a adapta mediul scenariilor la caracteristicile geografice, meteorologice și comportamentale ale unei situații date face ca un soft de realitate virtuală să fie utilizabil și pentru dezvoltarea scenariilor și derularea exercițiilor de simulare în cadrul formării pentru răspuns la dezastre.

În cadrul exercițiilor de simulare pentru managementul dezastrelor, importanța terenului virtual de antrenament constă în potențialul de a reproduce cât mai realist stresul psihic creat de impactul vizual al situației. Totuși, utilizarea unui mediu virtual mai puțin complex, prin ignorarea detaliilor neimportante, poate asigura un nivel suficient de angajament psihologic în rândul participanților [4]. Mediul virtual doar prin interfața ecranului a fost folosit în mai multe studii pentru antrenarea personalului medical în efectuarea triajului medical în situații de dezastre, iar eficacitatea și nivelul de implicare a participanților sunt comparabile cu exercițiile de teren, în favoarea costurilor reduse [5-7].

Realitatea virtuală poate oferi o învățare bazată pe experiență, care le permite participanților să observe consecințele acțiunilor lor [8]. În mediul virtual, cursanții se deplasează în mod autonom și se angajează în activități autodirijate în contextul lor de învățare sau experimentează consecințele acțiunilor lor, învățând prin aceste procese [9]. Prin urmare, acest lucru poate duce la o mai mare eficacitate a formării [10].

Simulările și atelierile practice în mediul virtual asigură un mod de instruire sigură, eficientă și, nu în ultimul rând, cost-eficientă pentru formarea profesională a personalului de intervenție pentru situații de urgență. Este o metodă frecvent utilizată atât pentru antrenarea, cât și pentru evaluarea individuală periodică a competențelor specifice din acest domeniu profesional. Mai mult, prezintă un potențial de explorat pentru dezvoltarea exercițiilor complexe multidisciplinare de dezastre asemănătoare exercițiilor de teren.

Un potențial de explorat este utilizarea realității virtuale în contextul exercițiilor complexe, multidisciplinare și multinivel. De exemplu, poate fi utilă în dezvoltarea unor exerciții de simulare complexe, efectuate simultan în mai multe locații, provocate de un eveniment de amploare și unificat

de răspunsul integrat la dezastre, care implică mai multe organizații și care răspund în mai multe jurisdicții.

Apariția abordărilor bazate pe tehnologie pentru formarea în caz de răspuns la dezastre, prin intermediul realității virtuale, pare a fi promițătoare în capacitatea sa de a reduce lacunele metodelor de formare utilizate în mod obișnuit.

ROLUL SIMULĂRII ÎN AMELIORAREA FACTORILOR UMANI ASOCIAȚI RISCULUI DE PRODUCERE A ERORILOR MEDICALE

În ciuda evoluției medicinei moderne, în special în ceea ce privește diagnosticul și tratamentul diferitelor boli, numărul pacienților afectați de erori medicale este nepermis de mare. De fapt, erorile medicale sunt pe locul 8 drept cauză de deces în SUA, iar datele din alte țări sunt similare [11]. Numărul real al pacienților expuși unor erori medicale este mult mai mare, dar unii sunt mai norocoși și nu sunt afectați în mod evident de acestea [12]. Ca urmare, siguranța pacienților este departe de a fi perfectă, iar ameliorarea acesteia și dezvoltarea unei culturi a siguranței pacientului ar trebui să reprezinte un domeniu de mare interes.

La sfârșitul anilor '70, industria aviatică a subliniat importanța factorilor umani, 75% dintre accidente sau incidentele aviatică fiind atribuite erorilor umane [13]. Acest rezultat a determinat Administrația Națională Aeronautică și Spațială (NASA) să identifice aspectele erorilor umane implicate în producerea accidentelor aviatică [14]. În acest sens, s-au făcut experimente, au fost consultați piloți experimentați și au fost analizate din nou rapoartele accidentelor, cu scopul identificării abilităților/aptitudinilor care fie au contribuit la accidente, fie au fost eficiente în prevenirea lor [15].

Rezultatele acestor investigații au condus la crearea și implementarea unui instrument focusat pe pregătirea în factori umani, sub forma trainingului de tip CRM (Crew Resource Management). CRM este acum un program de pregătire interprofesională obligatoriu în aviație, care utilizează simulatoare de înaltă fidelitate pentru a dezvolta abilitățile nontehnice ale echipele de zbor (comunicare, verificare încrucișată, monitorizare încrucișată, leadership, utilizarea resurselor și atenție situațională). CRM este considerat responsabil pentru reducerea numărului catastrofelor aviatică din ultimele patru decenii [16,17].

În mod similar, aproximativ 70% dintre erorile medicale sunt atribuite factorilor umani [18] (leadership ineficient, comunicare nestandardizată în

echipă, lipsa atenției situaționale și a imaginii de ansamblu, folosirea neadecvată a resurselor, triajul necorespunzător, prioritizare neadecvată) [17,19,20] și nu unor greșeli tehnice [21], astfel încât ar fi logic ca pregătirea profesioniștilor în medicină să includă, pe lângă aspectele pur medicale, și trainingul focalizat pe factorii umani și evitarea erorilor datorate acestora.

În acest sens, s-au făcut progrese prin adoptarea și adaptarea cursurilor de tip CRM în sfera medicală, în particular în specialități implicate în managementul situațiilor critice, cu risc crescut de apariție a erorilor: anestezia, terapia intensivă, chirurgia și, nu în ultimul rând, medicina de urgență.

Obiectivul primar al CRM este îmbunătățirea dinamicii echipei, identificarea și schimbarea modelelor mentale care creează bariere în adoptarea comunicării eficiente, gestionării eficiente a sarcinilor, comportamentului adecvat unui lider și îmbunătățirii atenției situaționale [22], prin dezvoltarea sau ameliorarea abilităților nontehnice care sunt invers proporționale cu șansa de apariție a erorilor și efectelor adverse [15]. Aceste abilitățile nontehnice pot fi definite ca „abilități personale, cognitive și sociale care completează abilitățile tehnice și contribuie la performanță și siguranță în executarea sarcinilor” [23].

În acest scop, au fost utilizate inițial sesiunile didactice clasice, bazate pe prezentări orale sau discuții în grupuri mici, asistate, eventual, de înregistrări video pentru inițierea discuțiilor [24]. Deși principiile CRM pot fi predate de către un instructor cu abilități bune de prezentator, aplicarea practică a cunoștințelor este imposibilă într-un astfel de training. Pentru a acoperi acest element lipsă, au fost introduse simulările.

Eficiența trainingului CRM bazat pe simulare, în comparație cu alte metode de training (didactic de exemplu) pentru echipe interprofesionale/interdisciplinare, a fost evaluată într-o recenzie sistematică, care a inclus 12 studii. În 10 dintre cele 12 studii, acest tip de training a îmbunătățit semnificativ abilitățile nontehnice comparativ cu sesiunile didactice care au analizat cazuri [25].

Posibilitatea de a învăța și exersa într-un mediu nepunitiv și lipsit de riscuri pentru pacient reprezintă un avantaj major al trainingului bazat pe simulare (TBS) [26,27].

TBS este foarte util pentru situațiile cu frecvență de apariție redusă, dar cu risc crescut pentru pacient, reprezentând posibile amenințări la adresa siguranței pacientului [28]. În astfel de situații, în care expunerea la cazuri reale este redusă, profesioniștii riscă să piardă sau să nu dobândească nicio-

dată abilitățile necesare unei intervenții corespunzătoare [29,30]. TBS le oferă acestora șansa de a-și dezvolta abilitățile și de a se antrena, pentru a putea face față situației când devine necesar.

TBS se desfășoară în mod obișnuit în centre de simulare, departe de pacienții reali. Această abordare prezintă avantaje și dezavantaje. Printre dezavantaje se numără imposibilitatea recreării în centrul de simulare a unor condiții, frecvent întâlnite în urgență, precum zgomotul ambiental, evenimentele distractive, întreruperile repetate, numărul mare al pacienților, interacțiunile multiple cu personalul din alte specialități. Un alt dezavantaj îl constituie posibila diferență între echipamentele utilizate la locul de muncă și cele din centrul de simulare.

Mai mult, este posibil ca participanții să fie nevoiți să își asume alt rol decât cel cu care sunt obișnuiți la locul de muncă sau accesul la centrul de simulare poate fi limitat din diverse motive (activități desfășurate concomitent, constrângeri legate de timp și costuri) [31].

Pentru a depăși parte dintre aceste inconveniente și pentru că învățarea este în conexiune strânsă cu contextul experienței, pasul următor este mutarea simulărilor la locul de muncă [32]. Trainingul bazat pe simulare *in situ* este „un training de echipă, desfășurat în mediul real în care se acordă îngrijiri pacienților, utilizând echipamentul și resursele unității în care se desfășoară simularea și care implică membri reali ai echipei medicale” [33].

Un mare avantaj al simulării *in situ* (SIS) îl constituie posibilitatea identificării erorilor latente din sistem, a celor legate de echipamente, de administrarea medicației, de proceduri și infrastructură. O dată identificate, ele trebuie comunicate factorilor de decizie și celor care lucrează în mediul respectiv, permițând astfel inițierea unor modificări în sistem, cu scopul eliminării erorilor latente înainte ca acestea să producă evenimente adverse [33,34]. Acest lucru nu este posibil dacă simulările au loc în centrul de simulare. De asemenea, SIS permite testarea infrastructurii sistemului [35].

Din păcate, simularea *in situ* nu este lipsită complet de dezavantaje. În timpul simulărilor, este posibilă interferență cu acordarea asistenței medicale pacienților reali, putând fi necesară întreruperea simulării, urmată de eșec în atingerea obiectivelor stabilite. De asemenea, postsimulare trebuie acordată o atenție sporită participanților care au avut performanțe slabe și s-au întors la locul de muncă, activitatea lor putând fi influențată negativ [31]. Indiferent de tipul de TBS, simularea trebuie să fie urmată de debriefing, observațiile participanților putând fi benefice pentru îmbunătățirea

siguranței pacientului. Debriefingul are rolul de a facilita reflexia, reținerea și reamintirea [31,36]. Este important ca acesta să se desfășoare sub forma unei discuții colegiale, fără critică distructivă, încurajând schimbul de idei, descărcarea emoțiilor, feedback și analiză. Când condițiile tehnice permit, poate fi utilă folosirea înregistrărilor simulărilor pentru a compara informații și a iniția discuții.

Utilitatea trainingului CRM combinând sesiunea didactică cu sesiune de simulări, în ameliorarea abilităților nontehnice și a performanței clinice a echipelor medicale interprofesionale de urgență, în condiții de simulare, a fost testată și dovedită și în studiul realizat în 2016 în Unitatea de Primiri Urgențe din cadrul Spitalului Clinic Județean de Urgență Târgu Mureș și în centrul de simulare afiliat acestuia. Acest studiu a combinat simulările *in situ*, utilizate în scopul evaluării abilităților nontehnice individuale și a performanței echipei, cu un training de o zi, care a constat într-o prezentare despre erorile medicale și principiile CRM, urmat de o sesiune de simulări. Pentru sesiunea de simulări din centrul de simulare, au fost folosite manechine de fidelitate înaltă și echipamentul medical din camera de reanimare a centrului de simulare. Cu ajutorul unui sistem de transmisie video în timp real cu rezoluție înaltă, simulările au putut fi urmărite în direct de cei care nu erau direct implicați în scenariu, permițând astfel expunerea tuturor participanților la sesiune, la toate scenariile și efectuarea debriefingului colectiv. Pentru simulările *in situ*, a fost folosit un manechin de fidelitate înaltă și echipamentul din camera de reanimare a Unității de Primiri Urgențe. Aceste simulări au fost înregistrate cu o cameră video mobilă, permițând astfel evaluarea ulterioară.

Impactul acestui training de o zi a fost semnificativ în ceea ce privește abilitățile nontehnice ale tuturor participanților, indiferent de experiența lor în serviciul de urgență. Performanța echipei a fost, de asemenea, îmbunătățită și, empiric, ar putea avea un impact pozitiv asupra siguranței și evoluției pacienților reali [37,38].

În plus, dacă erorile medicale sunt adesea datorate erorilor umane, putem presupune că o intervenție educațională, cum ar fi trainingul CRM, având ca scop îmbunătățirea comunicării, dinamicii echipei și reducerii erorilor, ar duce la o îmbunătățire indirectă și cel puțin parțială a satisfacției la locul de muncă [39,40].

CONCLUZII

Medicina modernă se bazează pe tehnologie. Utilitatea sistemelor de telemedicină în ameliora-

rea asistenței medicale de urgență este incontestabilă și devine din ce în ce mai mult o parte integrantă esențială a sistemului sanitar.

Învățarea bazată pe simulare poate fi modul de a dezvolta cunoștințele și atitudinile specialiștilor din domeniul sănătății, în același timp protejând pacienții de riscuri inutile.

Trainingul CRM, care a combinat sesiunile didactice cu sesiunile de simulări, și-a dovedit

eficiența în ameliorarea abilităților nontehnice și a performanței clinice a echipelor medicale interprofesionale de urgență.

Mențiuni

Toți autorii au avut contribuție egală în realizarea acestui articol.

BIBLIOGRAFIE

- Hostiuc F, Buciu A. Intergration of Technology in the Multinational Telemedicine System. În A Multinational Telemedicine Systems for Disaster Response. Opportunities and Challenges. IOS Press 2017; ISBN 978-1-61499-727-6:46-47.
- Ciottono, Gregory R. Disaster medicine (1st ed.). Philadelphia: Elsevier Mosby 2006; ch.50:322-326.
- Farra S, Miller E, Timm N, Schafer J. Improved Training for Disasters Using 3-D Virtual Reality Simulation. *Western Journal of Nursing Research* 2012;35(5):655-671.
- Drury J, Coucking C, Reicher S, Burton A, Schofield D, Hardwick A, Graham D, Langston P. Cooperation versus competition in a mass emergency evacuation: A new laboratory simulation and a new theoretical model. *Behavior Research Methods* 2009;41(3):957-970.
- Cone DC, Serra J, Kurland L. Comparison of the SALT and Smart triage systems using a virtual reality simulator with paramedic students. *European Journal of Emergency Medicine* 2011; 18(6):314-321.
- Heinrichs W.L, Youngblood P, Harter PM, Dev P. Simulation for team training and assessment: Case studies of online training with virtual worlds. *World Journal of Surgery* 2008;32(2):161-170.
- Knight, JF, Carley S, Tregunna B, Smithies R, de Freitas S, Dunwell I, Mackway-Jones K. Serious gaming technology in major incident triage training: A pragmatic controlled trial. *Resuscitation* 2010; 81:1175.
- Bandura A. Social Cognitive Theory of Mass Communication. In Bryant J, Oliver MB, editors. Media Effects. 3rd ed. New York: Routledge; 2009:110-40.
- Leder J, Horlitz T, Puschmann P, Wittstock V, Schütz A. Comparing immersive virtual reality and powerpoint as methods for delivering safety training: Impacts on risk perception, learning, and decision making. *Saf Sci*. 2019;111:271-86.
- Mantovani F, Castelnovo G, Gaggioli A, Riva G. Virtual Reality Training for Health-Care Professionals. *Cyber Psychology Behav*. 2003;6(4):389-95.
- Baker GR, Norton PG, Flintoft V et al. The Canadian Adverse Events study: the incidence of adverse events among hospital patients in Canada. *Can Med Assoc J*. 2004;170:1678-86.
- Aron D, Headrick L. Educating physicians prepared to improve care and safety is no accident: it requires systematic approach. *Qual Saf Health Care*. 2002;11:168-73.
- Bond Air Services. Helicopter emergency medical service crew member training course manual: crew resource management. Gloucester. *Bond Air Services* 2002.
- Bleelman A, Sanusi S, Dale T, Brace S. Human factors and error prevention in emergency medicine. *Emerg Med J*. 2012;29:389-93.
- Flin R, Maran N. Basic concepts for crew resource management and non-technical skills. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2015;29:27-39.
- Helmreich R, Merrit A, Wilhelm J. The evolution of crew resource management training in commercial aviation. *Int J Aviat Psychol*. 1999;9:19-32.
- Petrosoniak A, Hicks CM. Beyond crisis resource management: new frontiers in human factors training for acute care medicine. *Curr Opin Anesthesiol*. 2013;26:699-706.
- Rovamo L, Nurmi E, Mattila MM, Suominen P, Silvennoinen M. Effect of a simulation-based workshop on multidisciplinary teamwork of newborn emergencies: an interventional study. *BMC Res Notes*. 2015;8:671..
- Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS; Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine. To err is human: building a safer care system. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
- Williamson J, Webb R, Sellen A et al. Human failure: an analysis of 2000 incident reports. *Anesth Intensive Care*. 1993;21:678-83.
- Hicks MC, Kiss A, Bandiera WG, Denny JC. Crisis Resources for Emergency Workers (CREW II): results of a pilot study and simulation-based crisis resource management course for emergency medicine residents. *CJEM* 2012;14(6):354-62.
- Department of Health. Am organization with memory. London: Stationary Office; 2000.
- Flin R, O'Conner P, Crichton M. Safety at the sharp end: a guide to non-technical skills. Aldershot: Ashgate; 2008.
- Brown LL, Overly FL. Simulation-Based Interprofessional Team Training. *Clin Pediatr Emerg Med*. 2016;17(3):179-84.
- Fung L, Boet S, Bould MD et al. Impact of crisis resource management simulation-based training for interprofessional and interdisciplinary teams: A systematic review. *J Interprof*. 2015; 29(5):433-44.
- Ericsson KA, Charness N. Expert performance: its structure and acquisition. *Am Psychol*. 1994;49:725-47.
- Raemer D. Team-oriented medical simulation. In: Dunn W, editor. Simulators in critical care education and beyond. Des Plaines, IL: Society of Critical Care Medicine;2004:42-6.
- Chiniarra G, Cole G, Brisbin K et al. Simulation in healthcare: a taxonomy and a conceptual framework for instructional design and media selection. *Med Teach*. 2013;35(8):e1380-95.
- Mittiga MR, Geis GL, Kerrey BT et al. The spectrum and frequency of critical procedures performed in a pediatric emergency department: implication of provider-level view. *Ann Emerg Med*. 2013;61:263-70.
- Overly FL, Sudikoff SN, Shapiro MJ. High-fidelity medical simulation as an assessment tool for pediatric residents' airway management skills. *Pediatr Emerg Care*. 2007;23:11-5.
- Petrosoniak A, Auerbach M, Wong AH et al. In situ simulation in emergency medicine: Moving beyond the simulation lab. *Emerg Med Austral*. 2017;29:83-8.
- Durning SJ, Artini AR. Situativity theory: a perspective on how participants and the environment can interact: AMEE guide no. 52. *Med Teach*. 2011;33:188-99.
- Patterson MD, Geis GL, Falcone RA et al. In situ simulation: detection of safety threats and teamwork training in the high risk emergency department. *BMJ Qual Saf*. 2013;22:468-77.
- Auerbach M, Kessler DO, Patterson M. The use of in situ simulation to detect latent safety threats in paediatrics: a cross-sectional survey. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning* 2015;1:77-82.
- Cheng A, Grant V, Auerbach M. Using simulation to improve patient safety: dawn of the new era. *JAMA Pediatr*. 2015;169:419-20.

36. Issenberg S, McGaghie W, Petrusa A et al. Feature and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach*. 2005;27:10-28.
37. Truta TS, Boeriu CM, Copotoiu SM et al. Improving nontechnical skills of an interprofessional emergency medical team through a one day crisis resource management. *Medicine* 2018;32:(e11828).
38. Truta TS, Boeriu CM, Lazarovici M et al. Improving Clinical Performance of an Interprofessional Emergency Team through a One-day Crisis Resource Management Training. *JCCM* 2018.
39. Carne B, Kennedy M, Gray T. Crisis resource management in emergency medicine. *Emerg Med Austral*. 2012;24:7-13.
40. Truta TS, Ban I, Boeriu C et al. Impact of a One Day Crisis Resource Management Training on the Work Satisfaction among Emergency Department Healthcare Staff. *Acta Med Marisiensis*. 2018; 64(3):95-102.