

Simulační trénink v invazivní a intervenční kardiologii

Radka Smitalová^{1,2}, David Pospíšil^{1,2}, Barbora Farkasová^{1,2}, Jan Kaňovský^{1,2}, Petr Kala^{1,2}

¹Interní kardiologická klinika, Fakultní nemocnice Brno

²Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

Tato práce shrnuje poznatky z oblasti simulační techniky využívající podporu virtuální reality jako vzdělávací a tréninkovou pomůcku v oblasti intervenční kardiologie. Autoři se věnují historickému vývoji, současnými možnostem, formám simulačních modalit, jejich výhodám, nevýhodám a limitacím. Dosud publikované studie ukazují, že simulátory jsou užitečným prostředkem pro hodnocení a trénink dovedností operátora. Vzájemné srovnání těchto studií je však pro jejich různorodost obtížné. Neexistuje dostatek prací, které kvantifikují přínos simulačního tréninku do reálné klinické praxe či srovnávají výsledky simulačního tréninku s konvenčním.

Klíčová slova: simulace v medicíně, simulační trénink, intervenční kardiologie.

Simulation training in invasive and interventional cardiology

This document summarizes the knowledge based on virtual reality simulations used as a learning and training instrument in interventional cardiology. The authors focus on historical development, current possibilities, forms, advantages, disadvantages, and limitations of various simulation modalities. The studies published so far have shown that simulators are useful tools for the assessment and training of operator skills. However, a comparison of these studies is difficult because of their diversity. There are not enough studies quantifying the benefits of simulation training in real clinical practice or comparing the results of simulation training with the conventional one.

Key words: simulation in medicine, simulation training, interventional cardiology.

Co je simulace – simulační trénink a proč se používá

Simulace je metoda, při které dochází k napodobování určitého postupu nebo situace za účelem vzdělávání, výcviku, modelování neobvyklých či riskantních scénářů nebo testovacích systémů při zavádění nových prvků (1). Moderní medicínský simulátor používá mechanizované rozhraní řízené softwarovými aplikacemi, které napodobují reálnou odezvu pacienta a zprostředkují jeho interakci s operátorem, přičemž průběh simulačního procesu je uživateli zprostředkován pomocí audiovizuální techniky. Simulátory v medicíně mohou být užitečným prostředkem pro rozvoj praktických dovedností, ale také jsou dobře využitelné k nácviku nových technik, zákroků či použití nových nástrojů bez vlivu na zdraví pacienta (2).

Historie simulačního tréninku

První medicínské simulátory vznikaly už ve starověké Mezopotámii, kde jednoduché modely z ovčích plic a jater sloužily ke vzdělávání učedníků. Kolem 200 n. l. vytvořil řecký lékař Galen první model lidského těla, který byl postupem času dále zdokonalován. Roku 1628 vznikl první model krevního oběhu. Kolem roku 1980 se vzdělávací instituce a centra začaly zajímat o to, jak by bylo možné věrohodně a správně replikovat různé tělesné funkce. Na základě těchto zájmů byla v USA sestavena figurína Harvey, která simulovala palpační, auskultační a EKG aktivitu a byla tak prvním krokem k vytvoření simulátoru, který by věrně napodoboval lidské životní funkce. V Evropě se toho času pracovalo na technologiích pro použití při traumatických poraněních

těla, a to zejména na přenosných ventilátorech, defibrilátorech, resuscitačních figurínách apod. V roce 1986 byla zrealizována kompletní, anatomicky odpovídající 3D prezentace lidského těla. Dále byly tvořeny 2D popisné a grafické modely, které se postupně zdokonalovaly a vznikaly tak první sofistikované počítačové simulátory pro vzdělávání zdravotnického personálu (2).

Simulační trénink v intervenční kardiologii

Simulace v medicíně je mimo jiné obory využitelná v intervenční kardiologii, kde může být užitečným nástrojem k postgraduálnímu a specializačnímu vzdělávání. Existuje několik možností, které mohou být využity k endovaskulární simulaci: syntetické a zvířecí modely, lidská

KORRESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

Ing. David Pospíšil, pospisil.david@fnbrno.cz

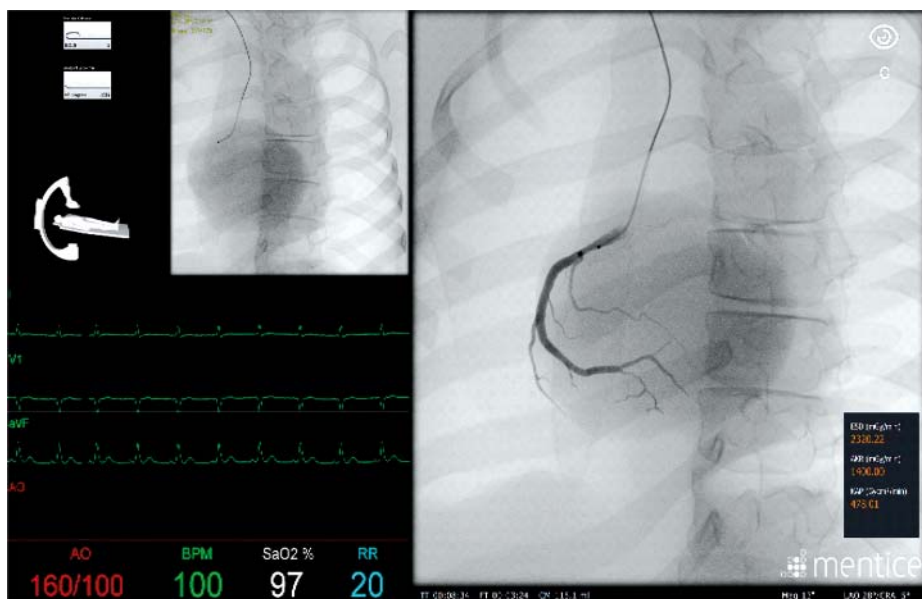
Interní kardiologická klinika, Fakultní nemocnice Brno, Jihlavská 20, 625 00 Brno

Cit. zkr: Interv Akut Kardiolog 2020; 19(2): 130–133

Článek přijat redakcí: 5. 11. 2019

Článek přijat k publikaci: 23. 2. 2020

Obr. 1. Zobrazení pracovní obrazovky simulátoru VIST (Mentice) – monitoring vitálních funkcí, pozice C-ramena a skiaskopický obraz během nástřiku pravé koronární tepny



těla (post mortem), či konečně virtuální realita. Jednotlivé prostředky mají výhody i nevýhody a liší se pořizovacími a udržovacími náklady. Syntetické modely jsou poměrně levné, jednoduché a mobilní. Nedokáží však věrohodně napodobit dynamiku krevního řečiště. Zvířecí modely nabízejí vysokou míru realismu, ovšem jejich použití je limitováno jak vyššími náklady, tak právními a etickými aspekty. U zvířecích modelů je ve srovnání s lidským tělem nutno uvažovat rozdílné anatomické poměry a trénink lze provádět pouze ve specializovaném zařízení s odpovídajícím personálním a materiálním vybavením. Lidská těla mohou být vysoce realistickým prostředkem k endovaskulární simulaci, nicméně omezená dostupnost a vysoká cena související s nejrůznějšími dalšími požadavky jejich použití značně limituje. Systémy využívající virtuální realitu zajišťují nejvyšší dosažitelnou realističnost simulace, avšak patří k nejdražším. K zásadním výhodám patří možnost opakování výkonů se stejnými výchozími podmínkami. Na rozdíl od ostatních modalit nabízí možnost simulované úkoly hodnotit pomocí metrik (3).

Výhody simulačního tréninku s využitím virtuální reality

Simulátory přinášejí mnohé benefity jak pro zdravotnický personál, tak především pro jejich pacienty. Fungují jako věrohodný a bezpečný vzdělávací nástroj. Simulující školenec může opakovaně provádět dílčí úkony či celé zákroky a zároveň řešit nejrůznější komplikace.

Simulátory eliminují potřebu skutečného pacienta, a snižují nutnost supervize zkušeného operátora, čímž dochází k úspoře časových i finančních prostředků. Pomocí simulátorů je také možné s výhodou ověřovat a trénovat nové postupy, které mohou být uplatněny v raritních situacích. Po dokončení simulace je k dispozici detailní vyhodnocení za pomoci hodnotících metrik. Mezi hodnocenými parametry se objevují údaje o celkovém a skiaskopickém čase, radiační expozici pacienta a operátora, množství použitého kontrastu, podaných lécích, chybách při manipulaci s nástroji či výskytu a následném zvládnutí komplikací (2).

Nevýhody

Ačkoli je usilováno o věrné napodobení reality, absence pacienta přináší určitá omezení. Interakce operátor-pacient se odehrává na úrovni strojově zadávaných instrukcí. Použitému instrumentáriu většinou chybí náplň tělními tekutinami a spotřební materiál je nákladný. Vzhledem k tomu, že ze stran výrobců dochází k častým modernizacím systémů, bývá nutností nákup nových materiálů a doplňků opakovat. Některé z provedených studií ukazují, že návyk školenec na simulátor může negativně ovlivnit jeho chování při následném přechodu na práci s reálným pacientem. Rizikem může být zažití chybných postupů a jejich pozdější přenesení do praxe při absenci dozoru a hodnocení zkušeného odborníka při simulačním tréninku. Následné odnaučení nežádoucích návyků může

být komplikované (4). Studie odhalují možné ochabnutí získaných dovedností, pokud nejsou opakovaně trénovány (5). Pro zajištění efektivního učení formou simulačního tréninku je nezbytná důkladná organizace práce a dispozice adekvátního personálu, což může být organizačně náročné (1).

Možnosti dostupných endovaskulárních simulátorů

V současnosti na trhu existuje několik typů endovaskulárních simulátorů různých výrobců. Mezi nejznámější a nejrozšířenější patří simulátor VIST (Mentice, Gothenburg, Švédsko), Simsuite (Medical Simulation Corporation, Denver, Colorado), Angiomentor (Simbionix, Cleveland, Ohio) a CathLabVR (CAE Healthcare, Montreal, Quebec, Canada). Všechny tyto simulátory umožňují v cévním systému manipulovat s vodiči, kateétrami, dilatačními balony a stenty. Jsou vybaveny funkcí haptické zpětné vazby formou směrově variabilní rezistence, či pohyb simulující pulzace při manipulaci se zavedeným instrumentáři. Simulátory navíc disponují kvantitativními metrikami hodnotícími průběh výkonu. Samozřejmostí je uživatelsky realistická práce s C-ramenem a patientským stolem, případně jejich vizualizace (obrázek 1). Všechny systémy simulují monitoring vitálních funkcí (obrázek 1) a díky integrovaným farmakologickým modelům reakce pacienta na podávané léky. Simulátory disponují obměnitelnou komplexní databází výkonů pokrývající celou oblast intervenční kardiologie.

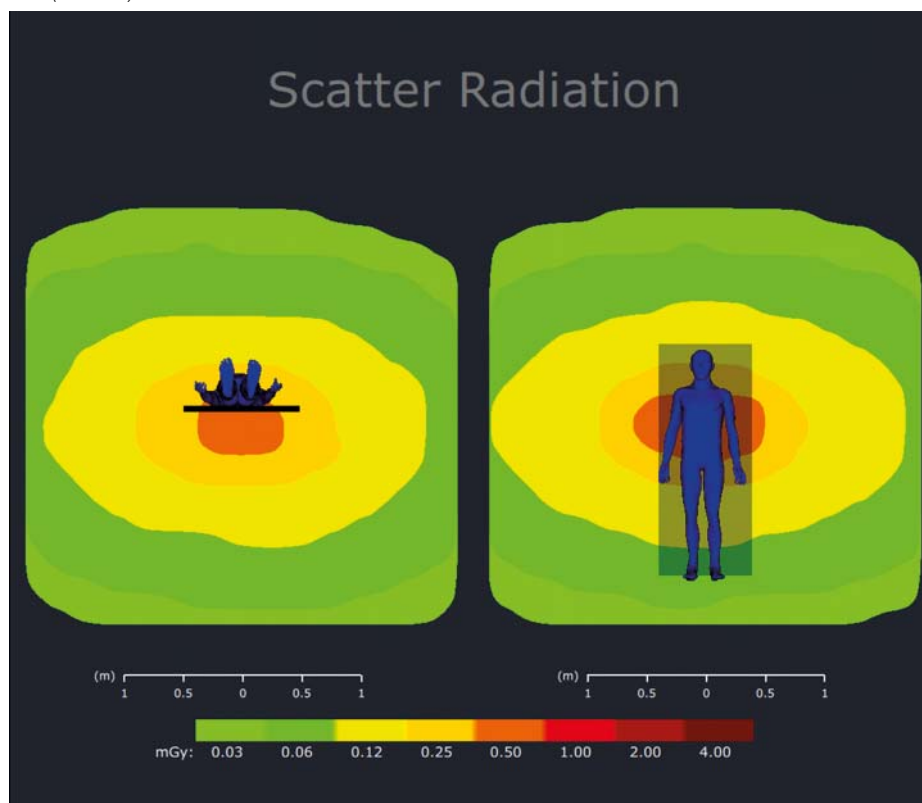
Mezi přístroji jednotlivých výrobců se přirozeně vyskytují rozdíly, například v simulované fyziologické odezvě při virtuálním podání medikamentů. Některé modely umožňují souběžné využití dvou přístupových míst do krevního řečiště, či zobrazovacích modalit, jako jsou intravaskulární ultrazvuk (IVUS), intrakardiální echo (ICE) a transezofageální echokardiografie (TEE). Některé modely kombinují mobilní verzi a obsahují různé tréninkové angiografické moduly – koronární, neurovaskulární, renální či modul pro periferní vaskulární intervence. Některé káží graficky znázornit míru radiační zátěže operátora i pacienta (obrázek 2 a obrázek 3).

Kromě již jmenovaných se dále můžeme setkat s moduly strukturálních srdečních intervencí tj. uzávěr defektu síňového septa, patentního foramen ovale, ouška levé síně či implantace mitrální a aortální chlopně (6).

Obr. 2. Zobrazení kumulativní radiační zátěže pro operátora a pacienta na simulátoru VIST (Mentice). Operátor během výkonu využil ochranné pomůcky – ochrannou vestu, límec a brýle



Obr. 3. Příklad zobrazení kumulativního rozptýleného záření v okolí pacientského stolu na simulátoru VIST (Mentice)



Studie v oblasti simulačního tréninku

Bylo provedeno mnoho studií zabývajících se hodnocením školených účastníků. Stanovit efektivitu výuky založené na simulaci však není jednoduché. Srovnávání jednotlivých prací je obtížné, liší se mezi sebou v počtu a předchozích zkušenostech účastníků, ošetřovaných

cévách, výrobcích a modelech simulátorů, také délce školení a hodnocených parametrech. U většiny porovnatelných studií ale platí, že trénink na simulátoru snižuje skiaskopický i celkový čas výkonu (2, 3, 13, 14, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12). Některé studie popisují tendence zlepšení zručnosti operátorů (3, 5, 13, 15), jiné tvrdí, že dochází k prohlubování znalostí (3, 6,

15, 16, 17) a zvýšení sebedůvěry při zákroku (18). Další studie popisují snížení množství použité kontrastní látky (1, 2, 3, 4, 10, 11, 12, 13), nebo snížení počtu periprocedurálních chyb (4, 10, 19). Je třeba poznamenat, že rychleji provedený zákrok s menším množstvím kontrastu nutně nemusí znamenat příznivější klinický výstup (19). Otázkou je, zda jsou hodnocené parametry vhodným indikátorem pro posouzení efektivity výuky, a jak by se vyvíjel stav u pacientů, kteří by byli ošetřováni lékaři dříve školenými na simulátorech. Jako nejvhodnější se jeví zavést hodnocení přímo dozorujícími zkušenými lékaři (7).

Byly provedeny i studie stanovující efektivitu simulačního tréninku za pomoci dotazníkového sebehodnocení školených jedinců (10, 20, 21, 22, 23, 24, 25), výsledky však ne vždy vypovídají o skutečných dovednostech (23). Některé z uvedených studií kombinují objektivní metrické hodnocení se subjektivním sebehodnocením, výstupem je pak údaj o korelaci osobních vjemů s objektivně hodnocenými výsledky. V případě (26) byly porovnávány klinické výsledky dvou skupin operátorů, z nichž první prošla tradičním školením bez použití simulátoru, zatímco druhá simulátor využívala. Ačkoli byly u simulační skupiny zaznamenány lepší výsledky, celkové zlepšení klinických výsledků v tomto případě nelze zcela potvrdit. Studie totiž v hodnocení neuvažuje potenciální komplikace a chyby operátora během výkonu.

Závěr

Simulační trénink v intervenční kardiologii využívající virtuální realitu se v posledních letech stává velmi vítaným a vyhledávaným doplňkem pro výuku začínajících operátorů a skýtá značné výhody. Studiemi bylo potvrzeno objektivní snížení celkového času výkonu, dávky radiačního záření pacienta i operátora a snížení množství aplikované kontrastní látky. Dále bylo prokázáno zvýšení zručnosti a sebedůvěry, prohlubování znalostí a snížení počtu periprocedurálních chyb. V kontrastu k výhodám není k dispozici dostatek studií zabývajících se vlivem simulačního tréninku na reálnou praxi. Není dosud prokázáno, zda dovednosti operátora získané během simulačního tréninku vedou k adekvátnímu zlepšení při práci s reálným pacientem, kde do procesu navíc vstupuje velké množství proměnných.

LITERATURA

1. Gosai J, Purva M, Gunn J. Simulation in cardiology: state of the art. *Eur Heart J* [Internet]. 2015; 36(13): 777–783. Available from: <https://academic.oup.com/eurheartj/article-lookup/doi/10.1093/eurheartj/ehu527>.
2. Kunkler K. The role of medical simulation: an overview. *Int J Med Robot Comput Assist Surg* [Internet]. 2006; 2(3): 203–10. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/rcs.101>.
3. Neequaye SK, Aggarwal R, Van Herzele I, Darzi A, Cheshire NJ. Endovascular skills training and assessment. *J Vasc Surg* [Internet]. 2007; 46(5): 1055–1064. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0741521407009706>.
4. Cawthorn TR, Nickel C, O'Reilly M, Kafka H, Tam JW, Jackson LC, et al. Development and Evaluation of Methodologies for Teaching Focused Cardiac Ultrasound Skills to Medical Students. *J Am Soc Echocardiogr* [Internet]. 2014; 27(3): 302–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0894731713009644>.
5. Dulohery MM, Stoven S, Kurklinsky A, Halvorsen A, McDonald FS, Bhagra A. Ultrasound for Internal Medicine Physicians. *J Ultrasound Med* [Internet]. 2014; 33(6): 1005–1011. Available from: <http://doi.wiley.com/10.7863/ultra.33.6.1005>.
6. Green SM, Klein AJ, Pancholy S, Rao S V., Steinberg D, Lipner R, et al. The current state of medical simulation in interventional cardiology: A clinical document from the Society for Cardiovascular Angiography and Intervention's (SCAI) Simulation Committee. *Catheter Cardiovasc Interv* [Internet]. 2014; 83(1): 37–46. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ccd.25048>.
7. See KWM, Chui KH, Chan WH, Wong KC, Chan YC. Evidence for Endovascular Simulation Training: A Systematic Review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2016; 51(3): 441–451. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1078588415007601>.
8. Van Herzele I, Aggarwal R, Neequaye S, Hamady M, Cleveland T, Darzi A, et al. Experienced Endovascular Interventionalists Objectively Improve their Skills by Attending Carotid Artery Stent Training Courses. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2008; 35(5): 541–550. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1078588408000129>.
9. Klass D, Tam MDBS, Cockburn J, Williams S, Toms AP. Training on a vascular interventional simulator: an observational study. *Eur Radiol* [Internet]. 2008; 18(12): 2874–2878. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00330-008-1090-y>.
10. Coates PJB, Zealley IA, Chakraverty S. Endovascular Simulator Is of Benefit in the Acquisition of Basic Skills by Novice Operators. *J Vasc Interv Radiol* [Internet]. 2010; 21(1): 130–134. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051044309009555>.
11. Naughton PA, Aggarwal R, Wang TT, Van Herzele I, Keeling AN, Darzi AW, et al. Skills training after night shift work enables acquisition of endovascular technical skills on a virtual reality simulator. *J Vasc Surg* [Internet]. 2011 Mar; 53(3): 858–66. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0741521410018719>.
12. Mazzaccaro D, Nano G. The use of virtual reality for carotid artery stenting (CAS) training in type I and type III aortic arches. *Ann Ital Chir* [Internet]. 83(2): 81–85. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22462324>.
13. Willaert WIM, Aggarwal R, Daruwalla F, Van Herzele I, Darzi AW, Vermassen FE, et al. Simulated Procedure Rehearsal Is More Effective Than a Preoperative Generic Warm-Up for Endovascular Procedures. *Ann Surg* [Internet]. 2012; 255(6): 1184–1189. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00000658-201206000-00027>.
14. Spiotta A, Rasmussen P, Masaryk T, Benzel E, Schlenk R. P-008 Simulated diagnostic cerebral angiography in neurosurgical training: a pilot program. *J Neurointerv Surg* [Internet]. 2011; 3(Suppl_1): A19–A19. Available from: <http://jnis.bmj.com/cgi/doi/10.1136/neurintsurg-2011-010097.42>.
15. Fargen KM, Arthur AS, Bendok BR, Levy EI, Ringer A, Siddiqui AH, et al. Experience With a Simulator-Based Angiography Course for Neurosurgical Residents. *Neurosurgery* [Internet]. 2013; 73: S46–50. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006123-201310001-00010>.
16. Passman MA, Fleser PS, Dattilo JB, Guzman RJ, Naslund TC. Should simulator-based endovascular training be integrated into general surgery residency programs? *Am J Surg* [Internet]. 2007; 194(2): 212–219. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000296100700311X>.
17. Villamaria CY, Eliason JL, Napolitano LM, Stansfield RB, Spencer JR, Rasmussen TE. Endovascular Skills for Trauma and Resuscitative Surgery (ESTARS) course. *J Trauma Acute Care Surg* [Internet]. 2014; 76(4): 929–936. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=01586154-201404000-00004>.
18. Duran C, Bismuth J, Mitchell E. A nationwide survey of vascular surgery trainees reveals trends in operative experience, confidence, and attitudes about simulation. *J Vasc Surg* [Internet]. 2013; 58(2): 524–528. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0741521413001316>.
19. Kessel D, Gould D, Lewandowski B. Virtual Reality Simulation Training can Improve Inexperienced Surgeons' Endovascular Skills. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 31: 588–593. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2007; 33(2): 259. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1078588406006551>.
20. Berry M, Lystig T, Reznick R, Lönn L. Assessment of a Virtual Interventional Simulator Trainer. *J Endovasc Ther* [Internet]. 2006; 13(2): 237–243. Available from: <http://jet.sagepub.com/lookup/doi/10.1583/05-1729.1>.
21. Berry M, Reznick R, Lystig T, Lönn L. The use of virtual reality for training in carotid artery stenting: a construct validation study. *Acta radiol* [Internet]. 2008; 49(7): 801–805. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1080/02841850802108438>.
22. Meng K, Lipson JA. Utilizing a PACS-integrated Ultrasound-guided Breast Biopsy Simulation Exercise to Reinforce the ACR Practice Guideline for Ultrasound-Guided Percutaneous Breast Interventional Procedures During Radiology Residency. *Acad Radiol* [Internet]. 2011; 18(10): 1324–1328. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1076633211002984>.
23. Willoteaux S, Lions C, Duhamel A, Vernhet H, Sapoval M, Boyer L, et al. Réalité virtuelle en radiologie vasculaire interventionnelle : évaluation des performances de l'opérateur selon son niveau d'expérience. *J Radiol* [Internet]. 2009; 90(1): 37–41. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0221036309700769>.
24. Narra P, Kuban J, Grandpre LE, Singh J, Barrero J, Norbash A. Videoscopic Phantom-based Angiographic Simulation: Effect of Brief Angiographic Simulator Practice on Vessel Cannulation Times. *J Vasc Interv Radiol* [Internet]. 2009; 20(9): 1215–1223. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051044309005995>.
25. Barry Issenberg S, Mcgaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* [Internet]. 2005; 27(1): 10–28. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01421590500046924>.
26. Andreatta P, Chen Y, Marsh M, Cho K. Simulation-based training improves applied clinical placement of ultrasound-guided PICCs. *Support Care Cancer* [Internet]. 2011; 19(4): 539–543. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00520-010-0849-2>.