



*REDAKTOR DZIAŁU
dr n. med.
Janusz Kochman
Kierownik Pracowni
Kardiologii
Inwazyjnej
I Katedra i Klinika
Kardiologii
Warszawskiego
Uniwersytetu
Medycznego*

Kardiologia po Dyplomie
2010; 9 (4): 56

Tematyka zamieszczonego poniżej artykułu odbiega zasadniczo od tego, co zwykle prezentowaliśmy na łamach działu poświęconego kardiologii interwencyjnej i do czego nasi Czytelnicy zdążyli się zapewne przyzwyczaić. Zachęcam jednak do lektury, ponieważ opracowanie dotyczy ciekawego zagadnienia: wykorzystania technik symulacyjnych w procesie uczenia i doskonalenia umiejętności w zakresie zabiegów endowaskularnych.

Poprawa jakości usług oraz eliminacja błędów medycznych są niezbędne w coraz szybciej się rozwijającej medycynie XXI wieku. Należy jednak powiedzieć, że mimo rosnącej liczby innowacyjnych technik małoinwazyjnych, zwłaszcza w kardiologii i chirurgii, wymagających szczególnego doświadczenia operatorskiego, program szkoleń się nie zmienia. Tradycyjne kształcenie młodych adeptów skupia się na liczbie wykonanych zabiegów oraz na czasie wymaganym do osiągnięcia zadowalającego poziomu kompetencji. Czy można sobie wyobrazić inny model szkolenia, który z jednej strony pozwalałby na skrócenie czasu nabywania odpowiednich umiejętności manualnych, a z drugiej ograniczał ryzyko powikłań i zapewniał co najmniej porównywalny poziom doświadczenia klinicznego? Wydaje się, że pewien postęp w tej dziedzinie może zostać osiągnięty dzięki wprowadzaniu coraz powszechniej wirtualnym technikom symulatorowym (virtual reality simulator, VRS). Współczesne VRS mają rozbudowane moduły endowaskularne umożliwiające szeroki zakres szkolenia, poczynając od tętnic biodrowych, a kończąc na naczyniach wewnątrzczaszkowych. Pozwalają one m.in. na regulację stopnia trudności poszczególnych procedur i ich dostosowanie do poziomu zaawansowania operatora. Stwarza to unikalne możliwości nabywania i podnoszenia kwalifikacji w zabiegach endowaskularnych wysokiego ryzyka bez udziału chorego.

Oczywiście wirtualny pacjent nie zastąpi w pełni tradycyjnego systemu zdobywania umiejętności i potrzebnego doświadczenia klinicznego. Może pozwolić jednak na szybsze osiągnięcie sprawności zabiegowej i zwiększenie bezpieczeństwa chorych. Opisywane w prezentowanym artykule wirtualne techniki symulatorowe są również od niedawna dostępne w naszym kraju. Osoby zainteresowane odpowiednim szkoleniem odsyłam do Instytutu Wirtualnych Technik w Medycynie działającym przy Europejskim Centrum Zdrowia Otwock. Szczegółowe informacje mogą Państwo uzyskać, odwiedzając stronę internetową Europejskiego Centrum Zdrowia Otwock <http://www.ecz-otwock.pl/> lub kontaktując się z działem szkoleń szkolenie@ecz-otwock.pl.

Do zobaczenia na obradach

Janusz Kochman

Wirtualna rzeczywistość – nowe metody szkoleń w dziedzinie przezskórnych zabiegów endowaskularnych

Marcin Dąda

I Katedra i Klinika Kardiologii
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Adres do korespondencji

I Katedra i Klinika Kardiologii
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
ul. Banacha 1a, 02-097 Warszawa
email: dadamarcin@yahoo.com

Kardiologia po Dyplomie 2010; 9 (4): 57-61

Wprowadzenie

Ocenia się, że pomyłki medyczne w Stanach Zjednoczonych są odpowiedzialne za około 44 000-94 000 zgonów rocznie [1,2]. Do wielu z nich dochodzi podczas nabywania doświadczenia w zakresie wykonywania małoinwazyjnych procedur diagnostycznych i terapeutycznych [3]. Rozwój technik małoinwazyjnych w medycynie to ogromny postęp związany z ograniczeniem urazu operacyjnego, ale również nowe wyzwanie dla lekarzy. Z chirurgicznego punktu widzenia operatorzy tracą możliwość fizycznej oceny czucia zarówno tkanek, jak i narzędzi. Ponadto klinicyści muszą się nauczyć koordynować ocenę dwuwymiarowego obrazu z monitora oraz manipulować oprzyrządowaniem przy użyciu rąk i nóg. Te trudności operatorskie i ogólnosystemowy cel ograniczenia błędów medycznych są nie lada wyzwaniem dla współczesnego lekarza, a także systemu szkoleń młodych adeptów procedur małoinwazyjnych w Polsce i na całym świecie.

Rys historyczny

Początek szkolenia przy użyciu wirtualnych technik symulatorowych (virtual reality simulator, VRS) sięga roku 1920, kiedy Edward Link zaprojektował i opisał pierwszy symulator lotu, który po latach stał się podstawą szkolenia młodych pilotów. W medycynie pierwszy VRS został wprowadzony w chirurgii w roku 1991 [5]. Jego zastosowanie i powszechne użycie spotkało się jednak ze sceptycznym nastawieniem środowiska medycznego. Dopiero 15 lat później Grantcharov i wsp.

opublikowali na łamach *British Journal of Surgery* wyniki pierwszego i jedyne do tej pory randomizowanego prospective badania, w którym potwierdzono korzyści z VRS w zabiegach laparoskopowych. Lekarze rezydenci, którzy zostali przeszkoleni przy użyciu VRS, popełnili statystycznie mniej błędów podczas laparoskopowego usunięcia pęcherzyka żółciowego w porównaniu z grupą przeszkoloną metodami standardowymi [6]. Podobne wyniki zostały przedstawione przez Seymoura i wsp., którzy wykazali, że grupa adeptów poddanych treningowi przy użyciu VRS wykonała operacje nie tylko o 30% szybciej, ale również popełniła 6 razy mniej błędów [7]. Wirtualne techniki symulacyjne zyskały powszechne uznanie i zostały oficjalnie zaakceptowane przez American College of Surgeons w roku 2002 [8]. FDA z kolei wymogło na operatorach wykonujących przezskórną angioplastykę tętnic szyjnych (carotid artery stenting, CAS) ukończenie szkolenia Carotid Artery Stenting Education System (CASES), którego integralną częścią jest VRS [9].

Pierwsze endowaskularne VRS dedykowane kardiologii interwencyjnej opisał Dawson w roku 2000 [10]. Obecnie istnieją co najmniej 3 wysokiej jakości symulatory:

- Angio Mentor (Simbionix, Ohio, Stany Zjednoczone),
- ProCedicus Vascular Intervention Simulation Trainer (VIST, Mentice, Szwecja),
- Medical Simulation SimSuite (Medical Simulation Corporation, Colorado, Stany Zjednoczone).

Wszystkie modele mają podobną budowę i składają się z jednostki mechanicznej – symulującej pacjenta, monitora lub monitorów oraz wysokiej jakości komputera – jednostki centralnej. VIST (ryc. 1) w odróżnieniu od

RYCINA 1

Wirtualny symulator Procedicus Vascular Intervention Simulation Trainer (VIST).



RYCINA 2

Wirtualny symulator Angio Mentor. A. Angio Mentor Ultimate. B. Angio Mentor Express oraz Angio Mentor Mini.

pozostałych symulatorów posiada funkcję realtime tactile feedback umożliwiającą realne odczuwanie oporów tkanek podczas zabiegu. Instrumenty używane podczas symulacji to w większości narzędzia stosowane w codziennej praktyce lub ich modyfikacje. Powyższe systemy mają rozbudowane moduły endowaskularne umożliwiające różne szkolenia, np.:

- moduł tętnic wieńcowych,
- moduł tętnic szyjnych,

- moduł tętnic nerkowych,
- moduł tętnic biodrowych.

Współczesne VRS pozwalają ocenić podstawowe parametry życiowe, przeprowadzić badanie neurologiczne, a także podać leki. Co ważniejsze, możliwość regulacji stopnia trudności poszczególnych procedur umożliwia ich dostosowanie do poziomu zaawansowania operatora. Integralną częścią powyższych symulatorów jest system oceny poszczególnych etapów oraz istotnych parametrów, takich jak: ilość użytego kontrastu, całkowity czas procedury, czas naświetlania, liczba użytych stentów, prawidłowość ich doboru itp. Raporty są generowane automatycznie dla każdej sesji. Poza możliwością przeprowadzania typowych zabiegów endowaskularnych powyższe symulatory pozwalają na implantację elektrod stymulatorowych oraz wykonanie zabiegów neurochirurgicznych. Angio Mentor dostępny jest w trzech wersjach w zależności od potrzeb adeptów: Angio Mentor Ultimate, Angio Mentor Express oraz Angio Mentor Mini. Mają one rozbudowany moduł monitorowania pacjenta oraz podawania leków (ryc. 2A, B i 3). Niewątpliwie najbardziej rozbudowany z powyższych trzech systemów jest Medical Simulation SimSuite (ryc. 4), który składa się realistycznego manekina, 6 odrębnych, interaktywnych ekranów oraz wirtualnego lekarza, który przedstawia istotne dla badania informacje (badanie podmiotowe, przedmiotowe itd.). Celem tak rozbudowanego systemu jest umożliwienie treningu całego wielodyscyplinarnego zespołu. W przeciwieństwie do dwóch pozostałych systemów SimSuite umożliwia również symulację przeskórnej implantacji zastawek serca.

Ponieważ medycyna XXI wieku to medycyna oparta na dowodach naukowych, ocena przydatności VRS w procedurach endowaskularnych była bardzo skrupulatna. Po pierwsze udowodniono, że VRS oraz generowane raporty są w stanie odróżnić zaawansowanych technicznie operatorów od mniej doświadczonych kolegów. Parametry, takie jak: czas badania, całkowita dawka promieniowania,



RYCINA 3

Moduł podawania leków (Angio Mentor).



RYCINA 4

Wirtualny symulator SimSuite.

ilość użytego kontrastu, są statystycznie lepsze dla operatorów z większym doświadczeniem niż dla nowicjuszy [11-14]. Konsekwentnie powyższe parametry zostały pozytywnie skorelowane z istotnie statystycznie lepszymi wynikami klinicznymi [15]. Liczne publikacje potwierdziły, że VRS umożliwia wykonywanie procedur CAS nie tylko szybciej i przy mniejszej dawce napromieniowania, ale również ogranicza liczbę pomyłek i powikłań [14,16,17]. Ostatnim, zarazem kluczowym krokiem potwierdzającym zasadność adaptacji technik wirtualnych było pokazanie możliwości przełożenia umiejętności zdobytych podczas szkoleń na lepsze wyniki pracy z chorymi [18,19]. Warto natomiast podkreślić, że kluczowe badanie

VR-To-OR pozostaje jedynym randomizowanym badaniem prospektywnym wykazującym korzystny wpływ VRS na wyniki leczenia (laparoscopia). Obecnie prowadzone jest kolejne prospektywne badanie randomizowane – STRIVE (Simulator Training Randomized versus Interventional Vascular Experience) – oceniające wpływ VRS na wyniki CAS [20]. Badanie STRIVE, znane również pod nazwą VR-to-cardiac catheterization, umożliwi porównanie wyników leczenia w grupie lekarzy, którzy pierwsze CAS wykonują po uprzednim zastosowaniu VRS, z wynikami grupy lekarzy szkolonych metodą klasyczną.

Zastosowanie wirtualnych technik

Główną zaletą VRS jest niewątpliwie możliwość doskonalenia w warunkach zbliżonych do rzeczywistych bez ryzyka nieodwracalnych konsekwencji zdrowotnych dla pacjentów. Niedocenianym, choć równie ważnym aspektem jest możliwość szczegółowej oceny parametrów istotnych klinicznie: całkowity czas zabiegu, czas naświetlania oraz ilość użytego kontrastu. Dostępność powyższych danych w postaci raportu umożliwi ocenę nawyków korelujących z technicznym poziomem zaawansowania operatora. Lekarze mogą również przećwiczyć złożone procedury na danych pochodzących od wybranych pacjentów przy użyciu PROcedure Rehearsal Studio™ (Angio Mentor) oraz Mission Rehearsal (VIST). Powyższe moduły pozwalają na wprowadzenie danych z tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego wybranego pacjenta w celu określenia profilu przypadku. Ta opcja symulatora (full physics) umożliwia zaplanowanie i przećwiczenie najdogodniejszego rozwiązania problemu medycznego, doboru narzędzi oraz zapatrzenia potencjalnych powikłań, które mogą wystąpić w czasie zabiegu.

Celem treningu przy użyciu VRS jest przede wszystkim pozyskanie automatycznej koordynacji pomiędzy monitorem, procedurami manualnymi a pozostałymi funkcjami uruchamianymi nogami. Ta możliwość pozwala skoncentrować uwagę na aspektach ważnych, a nie na przykład na tym, co ręką [21]. Drugim strategicznym celem jest osiągnięcie powtarzalności wyników, co sugeruje solidne przygotowanie kursanta do warunków, z jakimi zetknie się w pracowni hemodynamicznej, lecząc pacjentów. Należy podkreślić, że kluczem nie jest VRS, a raczej program szkolenia młodych adeptów integrujący VRS z programem szkolenia komplementarnego. Oczywiście, początkowy okres szkolenia wydaje się czasem największej przydatności technik wirtualnych, kiedy ryzyko pomyłki jest największe, zwłaszcza podczas wykonywania procedur wysokiego ryzyka.

Ograniczenia wirtualnych technik

Istotnym ograniczeniem wirtualnych symulatorów jest niewątpliwie ich koszt. Obecnie mało instytucji w polskiej służbie zdrowia może sobie pozwolić na taki wydatek.

Drugim ograniczeniem podkreślanym w piśmiennictwie jest potrzeba nadzoru technicznego i okresowa kalibracja aparatury. Jest ona zwykle kalibrowana przez lekarzy, którzy zostali przeszkoleni przez serwis techniczny producenta, niemniej jednak zdarzają się bardziej skomplikowane operacje serwisowe wymagające zaawansowanego personelu technicznego [22].

Przyszłość wirtualnych technik

Przyszłość VRS to integracja technik wirtualnych z programem szkoleń młodych adeptów innowacyjnych technik małoinwazyjnych o wysokim ryzyku (CAS, PCI). Kolejnym logicznym krokiem byłaby ocena zdobytych umiejętności i zintegrowania VRS z egzaminem umożliwiającym akredytację lekarza jako samodzielnego operatora wykonującego zabiegi endowaskularne. Ośrodki wykonujące niewiele zabiegów mogą wykorzystać symulatory technik wirtualnych, by odświeżyć i utrzymać wysoki poziom usług. Poza tym VRS może zostać użyty nie tylko w celu poprawy umiejętności lekarzy, ale również do przećwiczenia sytuacji szczególnych o wysokim ryzyku, gdzie integracja wszystkich członków zespołu hemodynamicznego jest niezbędna do prawidłowej pracy i zapewnienia najlepszych wyników leczenia [23]. Moduły umożliwiające zabiegi wirtualne przy użyciu danych pacjenta mogą ułatwiać wybór techniki oraz narzędzi, co w konsekwencji może poprawiać bezpieczeństwo i skuteczność zabiegów.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój innowacyjnych i wymagających szczególnych umiejętności przezskórnych technik endowaskularnych jest wyzwaniem dla operatorów i systemu szkolenia młodego pokolenia lekarzy. Tradycyjne kształcenie adeptów skupia się na liczbie wykonanych zabiegów oraz na czasie szkolenia. Wysokiej jakości VRS zapewniają unikalne warunki zdobywania umiejętności technicznych, a także utrzymania wysokich kwalifikacji. Możliwość nauczania się koordynacji ruchowej i kognitywnej w procedurach endowaskularnych wysokiego ryzyka bez udziału pacjenta pozwala na samodoskonalenie i poprawia bezpieczeństwo zabiegów. Jednak upowszechnienie wirtualnych technik symulatorowych w dziedzinach takich jak przezskórne zabiegi endowaskularne (PCI oraz CAS) wymaga potwierdzenia ich skuteczności w randomizowanych badaniach klinicznych (jak w przypadku wirtualnych technik laparoskopowych).

Piśmiennictwo

1. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson M: To err is human: building a safer health system. Washington, DC: Institute of Medicine, 1999.
2. Senate of Surgery. Response to the general medical council determination on the Bristol Case: Senate paper 5. London: The Senate of Surgery of Great Britain and Ireland, 1998.

3. Cuschieri A: The dawn of a new century: reflections on surgical issues. *Surg Endosc* 2000, 14: 1-4.
4. Healy GB: The College should be instrumental in adapting simulators to education. *Bull Am Coll Surg* 2002, 8: 10-12.
5. Satava RM: Virtual reality surgical simulator: the first steps. *Surg Endosc* 1993, 7: 203-205.
6. Grantcharov TP, Kristianson VB, Bendix J, et al.: Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg* 2004, 91: 146-50.
7. Seymour N, Gallagher AG, et al.: Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double blinded study. *Ann Surg* 2002, 236: 458-464.
8. Healy GB: The College should be instrumental in adapting simulators to education. *Bull Am Coll Surg* 2002, 8: 10-12.
9. Yadav JS: Carotid stenting in high-risk patients: design and rationale of the SAPPHERE trial. *Cleveland Clin J Med* 2004, 71 (suppl 1): S45-46.
10. Dawson SL, Cotin S, Meglan D, et al.: Designing a computer-based simulator for interventional cardiology training. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000, 51 (4): 522-527.
11. Van Herzele I, Aggarwal R, Choong A, et al.: Virtual reality simulation objectively differentiates level of carotid stent experience in experienced interventionalists. *J Vasc Surg* 2007, 46 (5): 855-863.
12. Dayal R, Faries PL, Lin SC, et al.: Computer simulation as a component of catheter-based training. *J Vasc Surg* 2004, 40 (6): 1112-1117.
13. Hislop SJ, Hsu JH, Narins CR, et al.: Simulator assessment of innate endovascular aptitude versus empirically correct performance. *J Vasc Surg* 2006, 43 (1): 47-55.
14. Hsu JH, Younan D, Pandalai S, et al.: Use of computer simulation for determining endovascular skill levels in a carotid stenting model. *J Vasc Surg* 2004, 40 (6): 1118-25.
15. Lin PH, Bush RL, Peden EK, et al.: Carotid artery stenting with neuroprotection: assessing the learning curve and treatment outcome. *Am J Surg* 2005, 190 (6): 850-857.
16. Patel AD, Gallagher AG, Nicholson WJ, Cates CU: Learning curves and reliability measures for virtual reality simulation in the performance assessment of carotid angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006, 47 (9): 1796-1802.
17. Van Herzele I, Aggarwal R, Neequaye S, et al.: Experienced endovascular interventionalists objectively improve their skills by attending carotid artery stent training courses. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2008, 35 (5): 541-550.
18. Berry MLT, Beard J, Klingestierna H, et al.: Porcine transfer study: virtual reality simulator training compared with porcine training in endovascular novices. *Cardiovasc Inter Radiol* 2007, 30: 455-461.
19. Chaer RA, Derubertis BG, Lin SC, et al.: Simulation improves resident performance in catheter-based intervention: results of a randomized, controlled study. *Ann Surg* 2006, 244 (3): 343-352.
20. Gallagher AG, Cates CU: Virtual reality training for the operating room and cardiac catheterisation laboratory. *Lancet* 2004, 364: 1538-1540.
21. Eysenck MW, Keane MT: Attention and performance limitations. W: Levitin DJ, ed. *Foundations of cognitive psychology: core readings*. Cambridge, MA: MIT Press 2002: 363-398.
22. Neequaye SK, Aggarwal R, Van Herzele I, et al.: Endovascular skills training and assessment. *J Vasc Surg* 2007, 46 (5): 1055-1064.
23. Soler L, Delingette H, Malandain G, et al.: An automatic virtual patient reconstruction from CT-scans for hepatic surgical planning. *Stud Health Tech Info* 2000, 70: 316-322.