

Przydatność symulatorów w nauczaniu małoinwazyjnej techniki operacyjnej w chirurgii

Surgical simulators in didactics of minimally invasive techniques

Zbigniew Gruca¹, Jarek Kobiela², Tomasz Stefaniak^{1,2}

¹Pomorska Fundacja Rozwoju Chirurgii, Gdańsk

²Klinika Chirurgii Ogólnej, Endokrynologicznej i Transplantacyjnej, Akademia Medyczna, Gdańsk

Wideochirurgia i inne techniki małoinwazyjne 2008; 3 (1): 30–34

Streszczenie

Szkolenie w zakresie techniki operacyjnej przybrało u progu XXI wieku nowy wymiar. Największy wpływ na metodologię i organizację kształcenia miało szerokie wprowadzenie małoinwazyjnych wideoskopowych technik operacyjnych. Rosnące oczekiwania chorych i szkolących niejako wymusiły włączenie dydaktyki z zakresu laparoskopii i endoskopii giętkiej do kształcenia przeddyplomowego i podyplomowego. Nauczanie w warunkach sali operacyjnej jest obecnie kontrowersyjne. Zagadnienia etyczne, przeszkody prawne i ryzyko wysokich roszczeń finansowych za błędy popełniane podczas tzw. krzywej uczenia doprowadziły do zainteresowania nową metodologią kształcenia początkowego w chirurgii. Pomorska Fundacja Rozwoju Chirurgii jest pierwszą polską organizacją pozarządową prowadzącą nowoczesne i wielokierunkowe nauczanie chirurgii. Dzięki aktywnemu pozyskiwaniu funduszy i bogatym międzynarodowym doświadczeniom, Fundacja ma infrastrukturę i metodologię niedostępną w innych ośrodkach w Polsce. Autorzy niniejszej pracy przedstawiają swoje doświadczenia i poglądy dotyczące kształcenia w chirurgii z wykorzystaniem symulatorów wirtualnych i fizycznych.

Słowa kluczowe: symulatory chirurgiczne, chirurgia małoinwazyjna, dydaktyka chirurgii.

Summary

Teaching in surgery has reached a new perspective in the 21st century. The greatest impact on didactics has been obtained due to the wide spread of minimally invasive surgery. Increasing demands from patients made it inevitable to include laparoscopy and flexible endoscopy in the curriculum of surgical specialities. Such training performed on live patients may cause multiple controversies. Ethical issues, legal obstacles and the threat of high financial compensations for mistakes made during the so-called 'learning curve' have prompted significant questions on new methodologies of initial training within surgery. The Pomeranian Foundation for Progress in Surgery is the first Polish non-governmental institution involved in modern and multidirectional tuition of surgery. Thanks to the active search for funding and broad international experience, the Foundation offers the infrastructure and methodology unavailable in any other centre in Poland. The authors present their experience and approach to teaching of surgery involving the use of virtual and physical simulators.

Key words: surgical simulators, minimally invasive surgery, surgery didactics.

Adres do korespondencji

prof. dr hab. n. med. Zbigniew Gruca, Pomorska Fundacja Rozwoju Chirurgii, ul. Wileńska 44, 80-215 Gdańsk, faks +48 58 524 15 69, e-mail: zgruca@chirurgia-pomorska.edu.pl

Kształcenie w chirurgii

Szkolenie w zakresie techniki operacyjnej przybrało u progu XXI wieku nowy wymiar. Największy wpływ na metodologię i organizację kształcenia miało szerokie wprowadzenie małoinwazyjnych wideoskopowych technik operacyjnych. Rosnące oczekiwania chorych i szkolących niejako wymusiły włączenie dydaktyki z zakresu laparoskopii i endoskopii giętkiej do kształcenia przeddyplomowego i podyplomowego. Wymaga to nie tylko rozszerzenia programu nauczania w aspekcie teoretycznym, ale także umożliwienia praktycznego zapoznania się z tymi technikami. Dodatkowo wyzwaniem stanowi technologiczne zaawansowanie aparatury i instrumentarium, które często wymaga opanowania koordynacji ruchowej, ruchowo-wzrokowej, a także umiejętności przestrzennego myślenia strategicznego.

Dla chirurgów podczas kształcenia dostęp małoinwazyjny stał się synonimem opanowania zaawansowanych technologii i jest właściwie podstawową techniką operacyjną wymagającą szerokiego zakresu szkolenia. Jednak dla ich nauczycieli wideoskopia okazuje się umiejętnością wtórną w stosunku do operacji metodą otwartą, ponieważ uczyli się tej techniki w późniejszych etapach kształcenia podyplomowego. Ze względu na to, że pierwszą cholecystektomię laparoskopową wykonano w 1985 roku, laparoscopia nie mogła być podstawową techniką operacyjną dla obecnych nauczycieli.

Ponadto rosnące oczekiwania społeczeństwa przekładają się w prosty sposób na promowanie technik małoinwazyjnych, co stawia wysokie wymagania nawet pod względem krzywej uczenia.

Przy zmniejszającym się przyzwoleniu na zdobywanie umiejętności przez młodych chirurgów na sali operacyjnej, zwiększa się rola dydaktyki opartej na ćwiczeniach w pracowniach. Ten sposób szkolenia zapewnia większe bezpieczeństwo chorym ze względu na ewentualne błędy techniczne i zmniejsza ryzyko zakażeń, które niesie ze sobą wprowadzanie większej grupy szkolenych na salę operacyjną i przedłużający się czas zabiegu. Szkolenie operacyjne w warunkach sali operacyjnej pociąga za sobą również wysokie koszty i wymaga nieustannego nadzoru nauczyciela. Laboratoria do doskonalenia umiejętności manualnych w środowisku wirtualnym, na zwierzętach lub preparatach narządowych pozwalają na bezpieczne, kontrolowane i praktycznie nieograniczone czasowo doskonalenie podstawowych technik chirurgicznych [1]. Szczególną rolę w tym kształceniu odgrywają symulatory chirurgiczne.

Symulatory w chirurgii

Symulatory chirurgiczne stworzone do wykształcenia i rozwijania podstawowych umiejętności mają rzeczywiste przełożenie na umiejętności operacyjne [2]. Złe nawyki techniczne (sprzyjające błędom podczas zabiegów laparoskopowych) zdarzają się również ekspertom w danej dziedzinie. Ocenia się, że ponad połowie niepożądanych zdarzeń śródoperacyjnych można zapobiec. Interesujące jest to, że trening mający na celu wyeliminowanie błędów obowiązuje pilotów, obsługę naziemną lotnisk, pracowników elektrowni atomowych, a tylko w niewielkim stopniu chirurgów wykonujących operacje małoinwazyjne [3]. Podobnie jak podczas kształcenia pilotów samolotów, nauczanie chirurgów można zaplanować, poczynając od najprostszyc zadań do najbardziej skomplikowanych. Podstawowe umiejętności obejmują koordynację ruchową, wzrokowo-ruchową w postaci nawigacji kamerą i prostych czynności, takich jak przekładanie czy obracanie różnego kształtu i rozmiaru przedmiotów. Bardziej zaawansowane są najczęściej elementy scenariuszy operacyjnych, takie jak klipsowanie, szycie, przecinanie struktur czy uwalnianie zrostów. Zdobywanie zaawansowanych umiejętności ma na celu naśladowanie rzeczywistego zabiegu operacyjnego czy procedury endoskopowej. Przykładem może być *gastric by-pass*, zaopatrywanie krwawienia czy polipektomia [4]. Każdy z powyższych stopni trudności stosuje się na odpowiednich etapach nauczania chirurgii, pozwalając na nabycie już nie tylko podstawowych, ale także zaawansowanych umiejętności praktycznych przed rozpoczęciem nauczania w warunkach sali operacyjnej [5]. Taką możliwość w laparoskopii dają zasadniczo 2 rodzaje urządzeń. Pierwsze to tzw. trenażery fizyczne (ang. *box trainers*), które z wykorzystaniem standardowych narzędzi wprowadzanych do specjalnie skonstruowanego pojemnika pozwalają na wykonywanie podstawowych ćwiczeń. Drugie to tzw. trenażery wirtualne (ang. *virtual trainers*), które w środowisku wytworzonym przez grafikę komputerową umożliwiają zdobywanie umiejętności praktycznych na wszystkich poziomach.

Rosser i wsp. wykazali, że podstawowe ćwiczenia na trenażerze wirtualnym (ang. *peg transfer* – przecinanie) poprawiają wyniki uzyskiwane w tych bardziej zaawansowanych zabiegach, takich jak szycie laparoskopowe [6]. To z kolei – jak udowodnili Scott i wsp. – wpływa na lepsze wyniki w szyciu laparoskopowym na modelu zwierzęcym [7]. Hyltander i wsp. przedstawili bezpośrednią korelację między ćwiczeniami podstawo-

Tab. I. Ćwiczenia wykorzystywane w Centrum Edukacyjnym PFRCh na trenażerach manualnych

• przeniesienie guzików do kubka (10 szt.)
• przeniesienie guzików do kubka w optyce odwróconej (5 szt.)
• nawleczenie guzików na nitkę (2–3–5 szt.)
• nawleczenie powrotne guzika (2–3 razy)
• zawiązanie szwu na uchu kubka (2–5 razy po 5 węzłów)
• związanie 2 guzików (bez luzu) (2–5 razy)
• zszycie 2 krawędzi gąbki (bez luzu) (5 razy)

wymi (Basic Skills, Lap Sim, Surgical Science AB) a lepszymi wynikami cholecystektomii laparoskopowej na modelu zwierzęcym [8]. Seymour i wsp. opublikowali pracę, w której porównano usuwanie pęcherzyka żółciowego z łoży przez rezydentów trenujących na symulatorze MIST-VR (Mentice, Sweden) z tymi, których nie szkolono na symulatorze. Wyniki 1. grupy były znamienne lepsze [9]. Podobny związek wykazano w przypadku trenażerów fizycznych. Rezydenci, którzy osiągnęli wysokie wyniki na trenażerze, uzyskiwali lepsze wyniki w warunkach sali operacyjnej [10]. Szkolenie w warunkach laboratorium z wykorzystaniem symulatorów pozwala więc na naukę i doskonalenie techniki operacyjnej.

Trenażery fizyczne

Trenażery fizyczne składają się z pudła, mniej lub bardziej przypominającego korpus człowieka, do którego przez specjalne otwory z gumową uszczelką



Ryc. 1. Uroczyste otwarcie Centrum Edukacyjnego PFRCh. Na pierwszym planie prof. sir Alfred Cushieri i prof. Zbigniew Gruca

wprowadza się trokary, a przez nie laparoskop i narzędzia laparoskopowe. Zakres umiejętności, które mogą być nauczane w ten sposób, jest ograniczony praktycznie tylko przez wyobraźnię nauczyciela. W tab. 1. przedstawiono zakres ćwiczeń stosowany przez autorów podczas szkoleń w Centrum Edukacyjnym Pomorskiej Fundacji Rozwoju Chirurgii (PFRCh).

W kwietniu 2004 roku SAGES (*Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons*) wprowadziło oparty o trenażery fizyczne program *Podstawy chirurgii laparoskopowej* [11]. Stanowi on część kształcenia rezydentów chirurgii ogólnej.

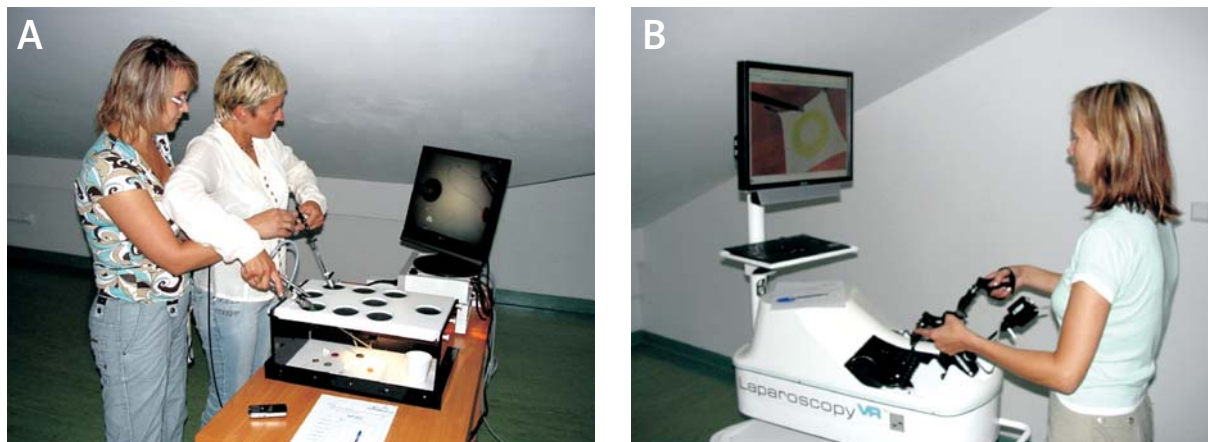
Trenażery wirtualne

Trenażery wirtualne składają się z komputera z zaawansowaną kartą graficzną i specjalnym oprogramowaniem, monitora LCD oraz manipulatorów, których rękojeści są identyczne z rękojeściami narzędzi laparoskopowych. W zależności od producenta i opcji wyposażenia manipulatory mają tzw. haptkę, czyli dają poczucie oporu, dotyku podczas wykonywania czynności. Na światowym rynku dostępne są następujące urządzenia: Laparoscopy VR (Immersion Medical), MIST-VR (Mentice), LapSim (Surgical Science AB), Lap Mentor (Simbionix Ltd) oraz inne urządzenia o zasięgu lokalnym.

Centrum Edukacyjne PFRCh

Centrum Edukacyjne Pomorskiej Fundacji Rozwoju Chirurgii (PFRCh) otwarto 30 marca 2007 roku (ryc. 1.). Inauguracyjny wykład wygłosił niekwestionowany autorytet, pionier chirurgii laparoskopowej prof. sir Alfred Cushieri. Centrum, oprócz przestronnej bazy lokalowej i nowoczesnego sprzętu multimedialnego, wyposażono w 2 stanowiska z trenażerami fizycznymi oraz jedno z trenażerem wirtualnym. Podczas ćwiczeń przy każdym stanowisku znajduje się nauczyciel, który wyjaśnia i prezentuje zaplanowane ćwiczenia, a także udziela wskazówek i rad. Wszystkie ćwiczenia odbywają się pod bezpośrednim nadzorem nauczyciela. Archiwizowane i analizowane są czasy i wyniki ćwiczeń poszczególnych szkolonych, co pozwala na ocenę dynamiki osiągniętych postępów.

Trenażery fizyczne (Karl Storz) składają się ze standardowego pojemnika, trokarów, narzędzi (imadła, dissektory, graspery, nożyczki laparoskopowe), kamery 30° 10 mm, źródła światła, monitora LCD 17" i stopera. Wnętrze pojemnika stanowią – w zależności od ćwiczenia – kubek i guziki oraz nici chirurgiczne (ryc. 2A.).



Ryc. 2. Kursanci podczas ćwiczeń manualnych na тренаżerze fizycznym (A) i wirtualnym (B)

Trenażer wirtualny to jednostka Laparoscopy VR™ z systemem haptyki (Immersion Medical) (ryc. 2B.). Dostępne są następujące ćwiczenia z 3-stopniową skalą trudności:

- 1) podstawowe – nawigacja kamerą, przenoszenie przedmiotów, wycinanie kształtu z siatki, zakładanie klipsów i przecinanie;
- 2) procedury – uwalnianie zrostów, odmierzanie jelita i wykorzystanie staplera;
- 3) cholecystektomia laparoskopowa (z różnymi wariantami anatomicznymi).

Trenażer laparoskopowy ma rozbudowany panel administracyjny umożliwiający wielopoziomą analizę wyników indywidualnych i grupowych. Istnieje możliwość obiektywnej oceny parametrów przez aparat, co pozwala na wybór z grupy kursantów najbardziej uzdolnionych osób, które w przyszłości będą kandydatami do stypendium PFRCh. Na ryc. 3. przedstawiono przykładowe podsumowanie ćwiczenia przekładanie pigułek (ang. *peg transfer*).

Kursy

Pomorska Fundacja Rozwoju Chirurgii oferuje następujące kursy z zakresu chirurgii małoinwazyjnej:

- popularnonaukowy kurs *Podstawy chirurgii małoinwazyjnej* dla licealistów zainteresowanych studiami na wydziale lekarskim,
- zaawansowane zabiegi chirurgii wideoskopowej dla studentów ostatnich lat wydziałów lekarskich,
- podstawy chirurgii laparoskopowej dla pielęgniarek operacyjnych,
- fundoplikację laparoskopową,
- chirurgię laparoskopową narządów miękkich.

Godne uwagi jest to, że PFRCh jako jedyna na świecie rozpoczęła kształcenie przeddyplomowe w zakresie laparoskopii dla studentów ostatnich lat wydziałów lekarskich uczelni medycznych. Fakt ten potwierdził prof. sir Alfred Cushieri [12]. Szczegółowe informacje dotyczące kursów organizowanych przez PFRCh dostępne są na stronie internetowej www.chirurgia-pomorska.edu.pl.

Podsumowanie

Zastosowanie nowoczesnych technik dydaktycznych w procesie szkolenia chirurgicznego staje się – także w Polsce – warunkiem *sine qua non*. Trudno obecnie wyobrazić sobie ośrodek dydaktyczny, który nie miałby takiej infrastruktury. Niedobór taki dalece upośledza możliwości szkolenia i ogranicza je do osób już zapoznanych z laparoskopią. Zwiększa ryzyko związane z podejmowaniem pierwszych kroków przez młodego chirurga w warunkach zabiegu operacyjnego. Ponadto w związku z rzadko realizowaną w krajowych ośrodkach zasadą wideorejestracji wszystkich zabiegów operacyjnych i ich analizowania *ex post* – jak to czyni się w ośrodkach zagranicznych – niemożliwe jest uczenie się na błędach. Odpowiednia baza sprzętowa pozwala – po pierwsze – na przetestowanie umiejętności kursantów oraz przygotowanie ich w warunkach nieobciążających pacjenta do realizowania bardziej zaawansowanych scenariuszy operacyjnych [13]. Szkolenie takiego rodzaju umożliwia także ustawną ocenę postępów, przesunięcie akcentów na odpowiednie elementy szkolenia. Coraz nowocześniejsze oprogramowanie i bardziej skomplikowane zadania stawiane podczas ćwiczeń ułatwiają podejmowanie decyzji podczas zabiegów na sali operacyjnej.

Laparoscopy VA™ User: JSmith001

MY CURRICULUM DEMOS HELP ADMINISTRATOR

MY ASSIGNMENTS

Group 1 Course

- Level 1 Adhesion Skill
- Level 1 Camera Skill
- Level 1 Clipping Skill
- Level 1 Cutting Skill
- Level 1 Peg Transfer Skill
- Level 2 Adhesion Skill
- Level 2 Camera Skill
- Level 2 Clipping Skill
- Level 2 Cutting Skill
- Level 2 Peg Transfer Skill
- Level 3 Adhesion Skill
- Level 3 Camera Skill
- Level 3 Clipping Skill
- Level 3 Cutting Skill
- Level 3 Peg Transfer Skill

Training Objectives

Instructions

Didactics

Parameters

Case History

Pre-Procedures

Post-Procedures

Print

Summary of Usage

My Results

11/21/2006 10:03

METRICS EVALUATION FORM

Level 1 Adhesion Skill attempted by JSmith001 on 11/21/2006

Time Measurements	Your Results	Administrator Acceptable Results
Total Time to complete this task	00:05:14	00:10:00 <input checked="" type="checkbox"/>
Exceeded task time limit	No	Yes <input checked="" type="checkbox"/>
Time cautery used	00:00:00	00:00:10 <input checked="" type="checkbox"/>

Dissection	Your Results	Administrator Acceptable Results
All adhesions seperated	No	Yes <input type="checkbox"/>
Percentage of adhesions seperated by cutting	9	0 <input checked="" type="checkbox"/>
Percentage of adhesions seperated by cautery	0	0 <input checked="" type="checkbox"/>
Percentage of adhesions remaining	87	0 <input type="checkbox"/>

Complications	Your Results	Administrator Acceptable Results
Bowel Injured	Yes	No <input type="checkbox"/>
Bowel Perforated	No	No <input checked="" type="checkbox"/>
Bowel Bruised	Yes	No <input type="checkbox"/>
Bowel Burned	No	No <input checked="" type="checkbox"/>

Dexterity Measurements	Your Results	Administrator Acceptable Results
Right Hand path length	5 m	4 m <input type="checkbox"/>
Left Hand path length	4 m	4 m <input checked="" type="checkbox"/>

LOG OUT EXIT START SIMULATION

Ryc. 3. Raport z ćwiczenia *peg transfer*

Piśmiennictwo

1. Scott DJ, Goova MT, Tesfay ST. A cost-effective proficiency-based knot-tying and suturing curriculum for residency programs. *J Surg Res* 2007; 141: 7-15.
2. Park J, MacRae H, Musselman LJ i wsp. Randomized controlled trial of virtual reality simulator training: transfer to live patients. *Am J Surg* 2007; 194: 205-11.
3. Sarker SK, Chang A, Vincent C, Darzi AW. Technical skills errors in laparoscopic cholecystectomy by expert surgeons. *Surg Endosc* 2005; 19: 832-5.
4. Aggarwal R, Grantcharov T, Moorthy K i wsp. A competency-based virtual reality training curriculum for the acquisition of laparoscopic psychomotor skill. *Am J Surg* 2006; 191: 128-33.
5. Woodrum DT, Andreatta PB, Yellamanchilli RK i wsp. Construct validity of the LapSim laparoscopic surgical simulator. *Am J Surg* 2006; 191: 28-32.
6. Rosser JC, Rosser LE, Savalgi RS. Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. *Arch Surg* 1997; 132: 200-4.
7. Scott DJ, Bergen PC, Rege RV i wsp. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg* 2000; 191: 272-83.
8. Hyltander A, Liljegren E, Rhodin PH, Lönroth H. The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. *Surg Endosc* 2002; 16: 1324-8.
9. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA i wsp. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* 2002; 236: 458-63.
10. Scott DJ, Valentine RJ, Bergen PC i wsp. Evaluating surgical competency with the American Board of Surgery In-Training Examination, skill testing, and intraoperative assessment. *Surgery* 2000; 128: 613-22.
11. Dunkin B, Adrales GL, Apelgren K, Mellinger JD. Surgical simulation: a current review. *Surg Endosc* 2007; 21: 357-66.
12. Informacja ustna podczas otwarcia Centrum Edukacyjnego PFRCh.
13. van Dongen KW, Tournioj E, van der Zee DC i wsp. Construct validity of the LapSim: can the LapSim virtual reality simulator distinguish between novices and experts? *Surg Endosc* 2007; 21: 1413-7.