

УДК [617-089:355]:378.147.091.33-027.88

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОК В АТТЕСТАЦИИ И ОБУЧЕНИИ БАЗОВЫМ ЭНДОХИРУРГИЧЕСКИМ НАВЫКАМ НА ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ БОКС-ТРЕНАЖЕРАХ

Дохов О. В.

*Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Реферат. Объективная оценка эндохирургических навыков может проводиться на традиционных лапароскопических бокс-тренажерах без привлечения экзаменатора. Это стало возможным благодаря системам трекинга действий и измерения силы. Используемые для этого технологии могут быть оптическими, механическими, электромагнитными или ультразвуковыми. Однако это существенные и громоздкие модификации бокс-тренажера, нивелирующие преимущества в портативности и цене.

Целью исследования было предложить нетривиальный подход к оценке эндохирургических навыков с использованием оптических меток в упражнениях реальной среды обучения. Предлагаемый метод основан на программном считывании оптических меток «положительные» и «ошибочные». В качестве меток применялись разновидности штрих-кодов и QR кода. Оборудование не потребовало каких-либо сенсоров, кроме двух стандартных USB-камер.

В соответствии с базовыми эндохирургическими навыками мы разработали 6 упражнений для тестирования предложенного метода. Штрих-коды создавались и считывались собственным программным продуктом, написанным в Java с задействованием открытых библиотек Zxing and Sarxos. Приложение позволяет работать как с линейными, так и с двухмерными штрих-кодами. В зависимости от специфики упражнений мы применяли QR code, Code 128 или Circular Code 128. Метки помещались на физические объекты, такие как кубик в упражнении «бимануальная координация». Технология ориентирована на то, чтобы открыть возможность создания простых и валидных инструментов оценки на бокс-тренажерах. Упражнения с оптическими метками просты и дешевы при создании, что может быть ценным для дальнейшего совершенствования и валидации. Бокс-тренажер, оснащенный USB-камерами и считывающим приложением, подходит для объективной оценки и самооценки обучающихся. Данная технология делает простой бокс-тренажер способным обеспечить объективную оценку базовых эндохирургических навыков без привлечения наблюдателя.

Ключевые слова: базовые эндохирургические навыки, симуляционное обучение, лапароскопический бокс-тренажер, объективная оценка.

Введение. С начала 2000-х гг. разработано более 20 курсов тренинга по лапароскопии в США, Германии, Нидерландах, Российской Федерации и других странах. В общей сложности насчитывается около 100 уникальных упражнений для отработки эндохирургических навыков [1]. Часть навыков является ключевыми, присутствуют в подавляющем большинстве курсов и входят в обязательный минимум при аттестации хирургов в системах здравоохранения Европы и Северной Америки [2].

Эндохирургические навыки в литературе чаще всего упоминаются как лапароскопические (laparoscopic skills). Однако тренинги в области малоинвазивной хирургии включают, помимо лапароскопических вмешательств, еще несколько направлений, таких как внутрисветная эндоскопия и артроскопия. В настоящей работе используется термин «эндохирургические навыки» как наиболее универсаль-

ный. Различают базовые эндохирургические навыки (basic laparoscopic skills) и продвинутые (advanced laparoscopic skills), обе группы относятся к техническим навыкам [3, 4]. Нетехнические навыки (soft skills) также отрабатываются на симуляционных тренингах, однако в рамках данной работы не рассматриваются. Advanced laparoscopic skills чаще упоминаются в контексте конкретных вмешательств, например, лапароскопическая гистерэктомия, чреспищеводная лапароэндоскопия и т. д.

К базовым эндохирургическим навыкам относят восприятие трехмерного пространства по двумерному изображению, тактильное восприятие, компенсацию фулькрум-эффекта, навигацию лапароскопом, зрительно-моторную координацию, бимануальную координацию, захват и перемещение объектов, разрезание и диссекцию тканей, интра- и экстракорпоральный шов, клипирование, наложение

эндоплетли. Наложение эндошва является наиболее трудным заданием, поскольку объединяет в себе другие базовые навыки [5].

Проблема объективной оценки и обучения практическим навыкам в малоинвазивной хирургии остро стоит не только в Беларуси, но и в мировом научном сообществе специалистов медицинского образования [6]. Существуют несколько подходов к решению этой проблемы. С учебно-методической точки зрения их можно распределить по двум группам. Первая объединяет аттестационные методики с участием экзаменатора. Ко второй группе относятся методики с использованием автоматической регистрации и анализа действий обучаемого. Технологии, наиболее значимые для повышения объективности оценки, систематизированы в таблице 1.

Высокую эффективность обучения демонстрируют такие технологии, как виртуальная и дополненная реальность, биологические и полимерные модели. Однако при всех достоинствах перечисленные направления имеют ряд нерешенных проблем: несовершенство учебно-методического обеспечения, трудности в интеграции инновационных методик в учебный процесс, высокая стоимость оборудования. На сегодняшний день нет универсального «золотого» стандарта в обучении базовым эндохирургическим на-

выкам, при этом в отечественных методиках используются зарубежные симуляторы с дорогостоящим программным обеспечением.

Цель работы — предложить технологию обучения и объективной оценки базовых эндохирургических навыков, основанную на оснащении лапароскопического бокс-тренажера системой фиксации оптических меток.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе военной кафедры и учебного центра практической подготовки и симуляционного обучения УЗ «Гомельский государственный медицинский университет». Использовались следующие эндохирургические инструменты и симуляционное оборудование: лапароскопический бокс-тренажер 3-DMed T3 Classic (3-Dmed®, Franklin, Ohio, USA); USB-камера SVEN IC — 320 (0°, 720P HD); ножницы Метценбаума (Karl Storz Endoscope GmbH and Co. KG, Tuttlingen, Germany); эндоскопический клип-аппликатор EL-314 (Ethicon Ligaclip®); граспер alpha Z.2235.60 (GIMMI®); иглодержатель XM 1290/05 (nopa® instruments Medizintechnik GmbH, Tuttlingen, Germany). Для построения упражнений использованы пластины из поливинилхлорида 160×160×6 мм, непрозрачные и полупрозрачные силиконовые листы толщиной 1,5 мм. В качестве оптических меток использованы двух-

Таблица 1 — Объективная оценка эндохирургических навыков без участия экзаменатора

Симуляционное оборудование	Применяемые технологии	Характеристика
VR-симулятор (виртуальный тренажер)	VR	В процессе выполнения заданий в виртуальной среде измеряются показатели реальных движений оператора: длина траектории левого и правого инструмента, амплитуда углового отклонения инструментов, угловая скорость, ускорение и др.
	VR + имитация обратной тактильной связи	Оснащение VR-симуляторов модулем имитации обратной тактильной связи (haptic feedback) повышает в первую очередь реалистичность симуляции, объективность повышается косвенно
Бокс-тренажер (коробочный тренажер)	Отслеживание действий (Human Motion Tracking)	Отслеживание движений обучаемого на классическом коробочном тренажере сделало возможным его применение для аттестации без привлечения экзаменатора, сохраняя при этом важное преимущество бокс-тренажера — работу реальными инструментами
	Измерение силы воздействия (force measuring)	Измерение параметров силы механического воздействия на ткани расширяет возможности бокс-тренажера по объективной оценке сложных навыков, таких как интракорпоральный шов
	Human Motion Tracking + force measuring	Сочетание двух предыдущих технологий в одном устройствекратно повышает его дискриминантную валидность, т. е. способность достоверно различать профессионала, новичка и специалиста среднего уровня

мерные и одномерные штрих-коды: Aztec Code, Code 128, Circle Code 128, QR. Изображения всех штрих-кодов печатались на струйном принтере EPSON 0F7F5 (M100 Series) черными чернилами. Программное обеспечение разработано в среде Java с использованием открытых библиотек Zxing и Sarxos.

Результаты и их обсуждение. На основе классического бокс-тренажера разработано устройство для аттестации и отработки мануальных навыков в малоинвазивной хирургии (рисунок 1). Работа устройства основана на распознавании оптических меток, которые располагаются на физических объектах (имитационных тканях) среды выполнения упражнения. В процессе выполнения задания метки считываются камерой эндоскопа, идентифицируются, регистрируется порядок и время их считывания.

В качестве оптических меток предложено использовать широко распространенные линейные и двумерные штрих-коды [7]. Нами были изучены алгоритмы сканирования отдельных оптических кодов. Сравнение условий читаемости для некоторых видов штрих-кодов представлено на рисунке 2.

Для работы на предложенном устройстве нами создано приложение LapLog на платфор-

ме Java (рисунок 3). В программном коде продукта заложены алгоритмы считывания двумерных и одномерных штрих-кодов: Aztec Code, Code 128, Circle Code 128, Data Matrix, PDF-417, MicroQR, EAN-8, EAN-13, QR.

Важно отметить, что представленные штрих-коды использовались не по своему прямому назначению. При построении упражнений учитывались свойства алгоритмов считывания. Размер, взаимное расположение, особенности графики и тип оптических меток подбирались, исходя из задач каждого конкретного упражнения (рисунок 4).

Считывание меток происходит только при соблюдении определенных условий. Например, при правильном наложении интракорпорального шва считывается метка положительного действия. Если при этом обучающийся допускает перенапряжение тканей или другое чрезмерное воздействие, становится доступной для считывания метка ошибки (штрафная метка).

После выполнения обучающимся заданий упражнения приложение формирует отчет — чек-лист, в котором собраны данные о ходе выполнения упражнения и выставлена оценка. Чек-лист может быть сохранен в формате файла Excel (рисунок 5).

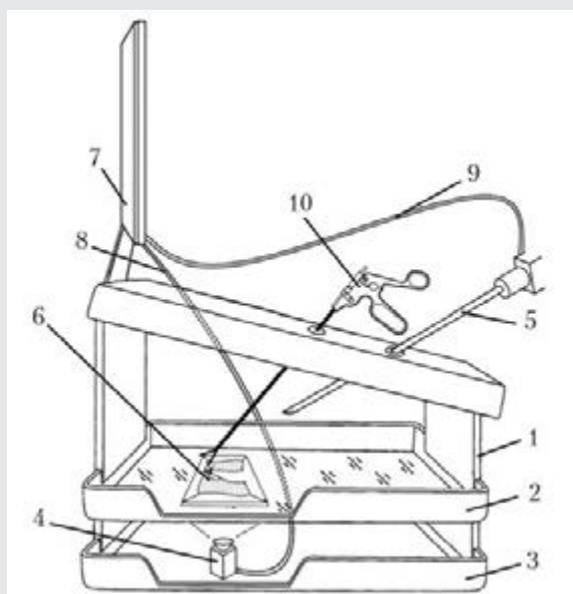


Рисунок 1 — Схема гибридного симулятора:
 1 — корпус; 2 — лоток с прозрачным дном;
 3 — лоток нижний; 4 — USB-видеокамера;
 5 — USB эндовидеокамера подвижная;
 6 — аттестационно-тренировочный модуль;
 7 — монитор с блоком ЭВМ; 8, 9 — кабель;
 10 — эндохирургический инструмент

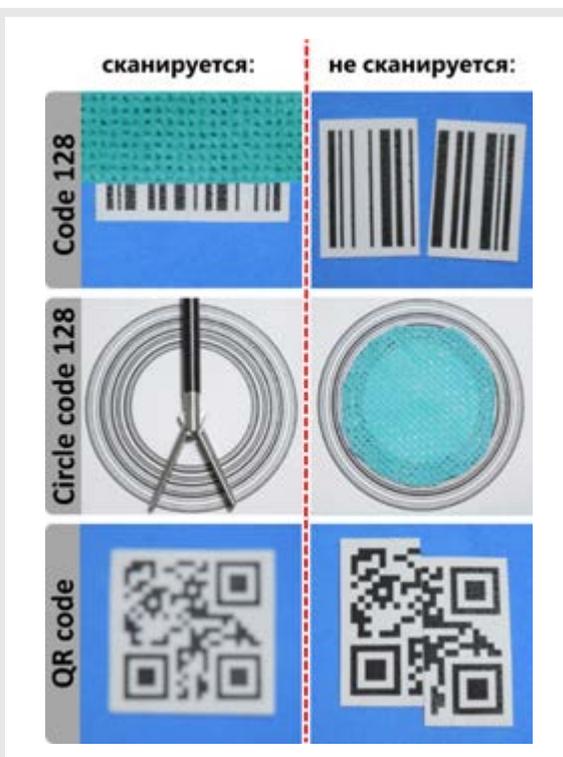


Рисунок 2 — Сравнение условий читаемости для некоторых видов штрих-кодов



Рисунок 3 — Интерфейс диалогового окна приложения LapLog



Рисунок 4 — Разработанные упражнения и скриншоты процесса их выполнения: иссечение ткани по контуру (а); интракорпоральный шов (б); навигация лапароскопом (в); эндоклипирование (г); бимануальная координация (д); обращение с тканями (е)

ОЦЕНКА:		
А	В	С
1 ОБУЧАЕМЫЙ:	#002	Иванов ИС
2 УПРАЖНЕНИЕ:	#001	Обращение с тканями
3		
4 СКАНИРОВАННЫЕ МЕТКИ:	ВРЕМЯ СКАНИРОВАНИЯ:	
5 ex1tag4	14:27:26	
6 ex1tag6	14:27:33	
7 ex1tag5	14:27:40	
8 ex1tag2	14:27:44	
9 ERRORTAG	14:27:56	
10 ex1tag1	14:28:02	
11 ex1tag3	14:29:17	
12		
13 Время выполнения:		111 секунд
14 Распознано меток:		6 из 6
15 Допущено ошибок:		1
16		
17 ОЦЕНКА:		9 из 10
18		

Рисунок 5 — Вид чек-листа, формируемого в среде Excel после выполнения упражнения

Формат выведения оценки также задается пользователем. Она может отображаться: в процентах, по пяти- или десятибалльной шкале, в форме зачета. Экзаменатор может дифференцировать по значимости отдельные действия, предусмотренные упражнением. Выполнение важного действия дает больший вклад в общую оценку, чем выполнение второстепенной манипуляции. Например, для положительной оценки большую роль будет играть состоятельность интракорпорального шва, чем его аккуратность. Аналогичным образом можно задать «цену ошибки» для неправильных или опасных действий.

Помимо правильных и ошибочных действий, на оценку, безусловно, должно влиять время выполнения заданий. При этом экзаменатор (эксперт, кафедра, комиссия) может устанавливать зачетное время, как это сделано в тренингах

по лапароскопии Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) и The McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills (MISTELS). Тем не менее, приложение позволяет учитывать каждую сэкономленную секунду как бонусный балл, повышающий итоговую оценку.

Критерии оценки, зачетное время, дифференцировка баллов за правильные и неправильные действия являются предметом отдельного исследования, связанного с изучением графиков приобретения навыков обучаемыми — кривых обучения.

Заключение. Рассматривая методики и технологии современного медицинского образования, следует выделить два процесса: обучение и аттестация. Отдельные технологии могут хорошо подходить для первого и быть мало полезными для второго процесса. Виртуальная и дополненная реальность успешно используются при обучении и аттестации, обладает преимуществами по некоторым критериям, однако имеют и свои недостатки. Виртуальные симуляторы хорошо себя зарекомендовали при проведении объективных структурированных клинических экзаменов, однако их нельзя использовать в качестве единственного средства для тренинга, если в нем нет обратной тактильной связи. Объективная оценка эндохирургических навыков достигается разумным подходом к выбору аттестационного инструментария, предварительным обучением экза-

менаторов, тестированием разработанных оценочных шкал и чек-листов.

Создана гибридная симуляционная технология формирования и диагностики базовых эндохирургических навыков в малоинвазивной хирургии, основанная на комбинации таких элементов, как бокс-тренажер, полимерные имитаторы тканей и программный продукт — оптическая система трекинга действий обучаемого.

Бокс-тренажеры, оснащаемые системами отслеживания действий и измерения параметров силы, по данным литературных источников, демонстрируют конструктивную и дискриминантную валидность. Это делает целесообразным их использование на хирургических станциях объективного структурированного клинического экзамена.

Применение предложенной технологии позволяет без дополнительных затрат проводить симуляционные тренинги по малоинвазивной хирургии, включающие большинство известных упражнений и заданий, а именно: навигация и поиск объектов видеоэндоскопом, перемещение объектов, координация видеоэндоскопа и рабочего инструмента, иссечение тканей по заданному контуру, наложение клипс, прошивание тканей и формирование узлов. Описанные упражнения могут быть выполнены в режиме аттестации, т. е. объективной и независимой оценки без влияния человеческого фактора.

Список цитированных источников

1. Лукоянычев, Е. Е. Комплекс педагогических инструментов для обеспечения виртуального симуляционного обучения видеолaparоскопической хирургии [Электронный ресурс] / Е. Е. Лукоянычев [и др.] // Вестник ВолГМУ. — 2018. — №1 (65). — С. 132–135. — Режим доступа: <https://www.volgmed.ru/uploads/journals/articles/1524128772-vestnik-2018-1-3129.pdf>. — Дата доступа: 01.07.2022. DOI: 10.19163/1994-9480-2018-1(65)-132-135.
2. Simulation platforms to assess laparoscopic suturing skills: a scoping review / E. Bilgic [et al.] // Surg. Endosc. — 2019. — Vol. 33, №9. — P. 2742–2762.
3. Advanced laparoscopic skills: Understanding the relationship between simulation-based practice and clinical performance / D. Nepomnayshy [et al.] // Am. J. Surg. — 2019 — Vol. 218, №3. — P. 527–532. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2019.01.024.
4. Evaluation of a remote-controlled laparoscopic camera holder for basic laparoscopic skills acquisition: a randomized controlled trial / M. S. A. Amin [et al.] // Surg. Endosc. — 2021. — Vol. 35, №8. — P. 4183–4191. DOI: 10.1007/s00464-020-07899-5.
5. Measuring Forces in Suture Techniques for Wound Closure / N. Marsidi [et al.] // J. Surg. Res. — 2020. — Vol. 255. — P. 135–143.
6. Evaluation of self-educational training methods to learn laparoscopic skills — a randomized controlled trial [Electronic resource] / S. Axt [et al.] // BMC Med Educ. — 2018 Vol. 18, №85. — Mode of access: <https://bmcmmeduc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-018-1193-3#citeas>. — Date of access: 01.07.2022. DOI: 10.1186/s12909-018-1193-3.
7. Dokhov, O. Barcodes as Optical Marks for an Objective Assessment of Laparoscopic Skills in a Box Trainer [Electronic resource] / O. Dokhov, V. Bogdanovich // Surg. Innov. — 2022. — Mode of access: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15533506221100297>. — Date of access: 01.06.2022. DOI: 10.1177/15533506221100297.



The use of optical marks in the assessment and training of basic endosurgical skills on laparoscopic box-trainers

Dokhov O. V.

Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

Objective assessment of endosurgical skills can be carried out on traditional box-trainers without involving a supervisor. That is possible thanks to the force and motion tracking systems. The technologies may be optical, mechanical, electromagnetic, or ultrasound. These are usually significant and bulky modifications of the box-trainer, which negate its important advantages of portability and cost. This study aims to present a peculiar approach to assess endosurgical skills using optical marks in real environment tasks. The proposed method of skill assessment is based on the program reading of optical marks, “positive” and “error.” The barcode and QR code varieties were used as optical marks. The equipment did not require any sensors except two standard USB cameras. Following the basic endosurgical skills, we have developed 6 special tasks for the testing of our method. We have used Zxing and Sarxos open-source libraries for barcode creation and decoding in the custom software written in Java. The app allows dealing with both linear barcodes and two-dimensional barcodes. We utilized QR code, Code 128, and Circular Code 128 as marks, depending on the specifics of the tasks. Marks were applied to physical objects, such as dice in the task of “bimanual coordination”. The technology is focused on opening up the scope for easy creation of valid assessing tools on BT-platforms. Tasks with optical marks are easy and cheap to make, which can be valuable for further improvement and validation. Box-trainer, equipped with USB cameras and custom mark-reading software, is suitable for objective assessment and self-assessment of trainees. The proposed approach makes the simple box-trainer able to provide an objective assessment of basic endosurgical skills without involving observers.

Keywords: basic endosurgical skills, simulation training, laparoscopic box-trainer, objective assessment.

Поступила 11.07.2022