



М.Ю. Батраков<sup>1</sup>, Н.А. Горбаченко<sup>1</sup>, Д.Ю. Зайцев<sup>1</sup>,  
Н.В. Сапцин<sup>1</sup>, А.В. Иващенко<sup>1</sup>, С.С. Чаплыгин<sup>2</sup>, А.В. Колсанов<sup>2</sup>

## ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКОМУ ОПЕРАТИВНОМУ ВМЕШАТЕЛЬСТВУ

(<sup>1</sup> Magenta Technology, London, UK;

<sup>2</sup> ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет»)

Симуляционное обучение в медицине – вид учебной деятельности, направленный на освоение обучающимися всех категорий практических навыков, комплексных умений и отработки командных действий в процессе оказания медицинской помощи на основе применения симуляционных моделей: роботов-симуляторов пациента, виртуальных тренажеров, муляжей, фантомов и манекенов. Симуляционные технологии в медицине являются новым для российского здравоохранения форматом обучения с выраженным практическим акцентом, эффективно формирующим в участниках прикладные навыки через погружение в реальность [1]. В связи с этим актуальной является задача разработки и внедрения современных технологий симуляционного обучения в медицинских вузах [2].

Существующие медицинские тренажеры для обучения врачей-хирургов навыкам и умениям, необходимым для эндохирургического вмешательства, которые обладают высокой реалистичностью, достаточно дороги [3], и при этом не позволяют в полной мере моделировать обратную связь, что существенно снижает достоверность тактильных ощущений. Для устранения этого недостатка был разработан аппаратно-программный комплекс «Виртуальный хирург» для 3D моделирования операционного процесса и системного обучения врача-хирурга методикам открытой хирургии с небольшим размером операционного поля, методикам эндоваскулярной хирургии и эндоскопической хирургии на этапах додипломного и последипломного образования.



Комплекс универсален, может применяться для отработки базовых навыков и для освоения методик проведения операций, включая тактику при возможных осложнениях. Наличие общей программной составляющей, возможность подключения различных манипуляторов и средств визуализации позволяет использовать комплекс как для освоения методик эндоваскулярной и эндоскопической хирургии, так и для методик открытой хирургии с небольшим размером операционного поля. Манипуляторы с реалистичной силовой обратной связью по ощущениям максимально приближены к реальным. Возможность неограниченного повторения упражнений позволяет использовать комплекс для закрепления навыков. Наличие алгоритмов оценки качества в составе учебно-методических модулей комплекса позволяет объективно оценить результаты тренировок.

Внешний вид тренажера, для симуляционного обучения эндоскопическому оперативному вмешательству приведен на рисунке 1. Конструкция манипуляторов была разработана с возможностью подключения к компьютеру и управления через программное обеспечение АПК «Виртуальный хирург». В ходе разработки комплекса разработаны два варианта универсального манипулятора различной конструкции.

Первый вариант предполагает использование сервомашин HITEC HS 7955 с шагово-импульсным управлением. Второй вариант предполагает использование сервомашин Dynamixel MX28 с цифровым управлением, возможностью регулировки усилия и получения данных о текущем состоянии. Во втором варианте макета схема была доработана с целью повышения эргономических (габариты) и технических (надёжность) показателей манипулятора.

Степени свободы движения манипулятора для эндоскопического инструмента включают в себя все степени свободы движения и необходимые обрат-



Рис. 2. Внешний вид тренажера



ные связи, требуемые для манипулятора имитации камеры. Поэтому испытания взаимодействия ПО с манипулятором для имитации камеры проводятся с использованием того же макета с отключенными избыточными обратными связями.

Программное обеспечение комплекса реализовано с использованием современных технологий для построения и моделирования 3D сред и физических свойств материалов: USB HID, DirectInput, SDL, OpenGL, Direct3D, OpenCL, DirectCompute, CUDA, PhysX, Havok. В частности, реализован специализированный модуль, который обеспечивает полную реализацию модели физического взаимодействия в рамках операционного поля, включая обнаружение и обработку столкновений мягких тел, т.е. факта взаимодействия объектов операционного поля между собой, определение изменений в положении (перемещение) и в геометрии (деформация) объектов операционного поля, определение изменений топологии объектов операционного поля (нарушение целостности), обработку дискретных событий, изменяющих физическую модель операционного поля (клипирование, отрезание, коагуляция, смена инструмента и т.д.), регистрацию событий взаимодействия инструментов с объектами операционного поля с требуемой детализацией и расчет положений и сил при взаимодействии инструментов с объектами операционного поля.

В результате по заданию оператора комплекс может проводить 3D моделирование операционного процесса, загружая учебно-методические модули по конкретным методикам эндоскопической хирургии. Моделирование проводится по установленным сценариям. В зависимости от уровня подготовки пользователя могут быть выбраны сценарии различной сложности, включающие особенности анатомического строения органов и варианты развития осложнений до операции и в ходе операции. После загрузки программного модуля требуемой методики и уровня сложности пользователь приступает к выполнению симуляции хирургического вмешательства, используя манипуляторы комплекса, действуя по методике выполнения операции, контролируя свои действия по изображению на мониторе и по ощущениям обратной силовой реакции манипуляторов. Изображение на мониторе (см. рис. 2) строится на основании отслеженных изменений положения манипуляторов и команд пользователя. По окончании симуляции на экран выводятся результаты работы пользователя в виде текста. Пользователь с правами администратора может выбирать методики и уровень сложности симуляции, а также распечатывать результаты.

После загрузки программного модуля требуемой методики и уровня сложности пользователь приступает к выполнению симуляции хирургического вмешательства, используя манипуляторы комплекса, действуя по методике выполнения операции, контролируя свои действия по изображению на мониторе и по ощущениям обратной силовой реакции манипуляторов. Изображение на мониторе строится на основании отслеженных изменений положения манипуляторов и команд пользователя. Обратные силовые реакции манипуляторов имитируют сопротивление тканей и инструментов, создавая на рукоятках управления силы сопротивления, пропорциональные приложенным пользователем уси-



лиям и рассчитанные по заложенным критериям сопротивления тканей и инструментов. По окончании симуляции на экран выводятся результаты работы пользователя в виде текста. Пользователь с правами администратора может выбирать методики и уровень сложности симуляции, а также распечатывать результаты.

Разработанные технологии 3D моделирования операционного процесса и учебно-методические модули позволяют обеспечить системное обучение хирурга методикам эндоскопической хирургии на этапах додипломного и последипломного образования. Использование его в учебном процессе позволяет повысить качество подготовки высококвалифицированных медицинских специалистов.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ.

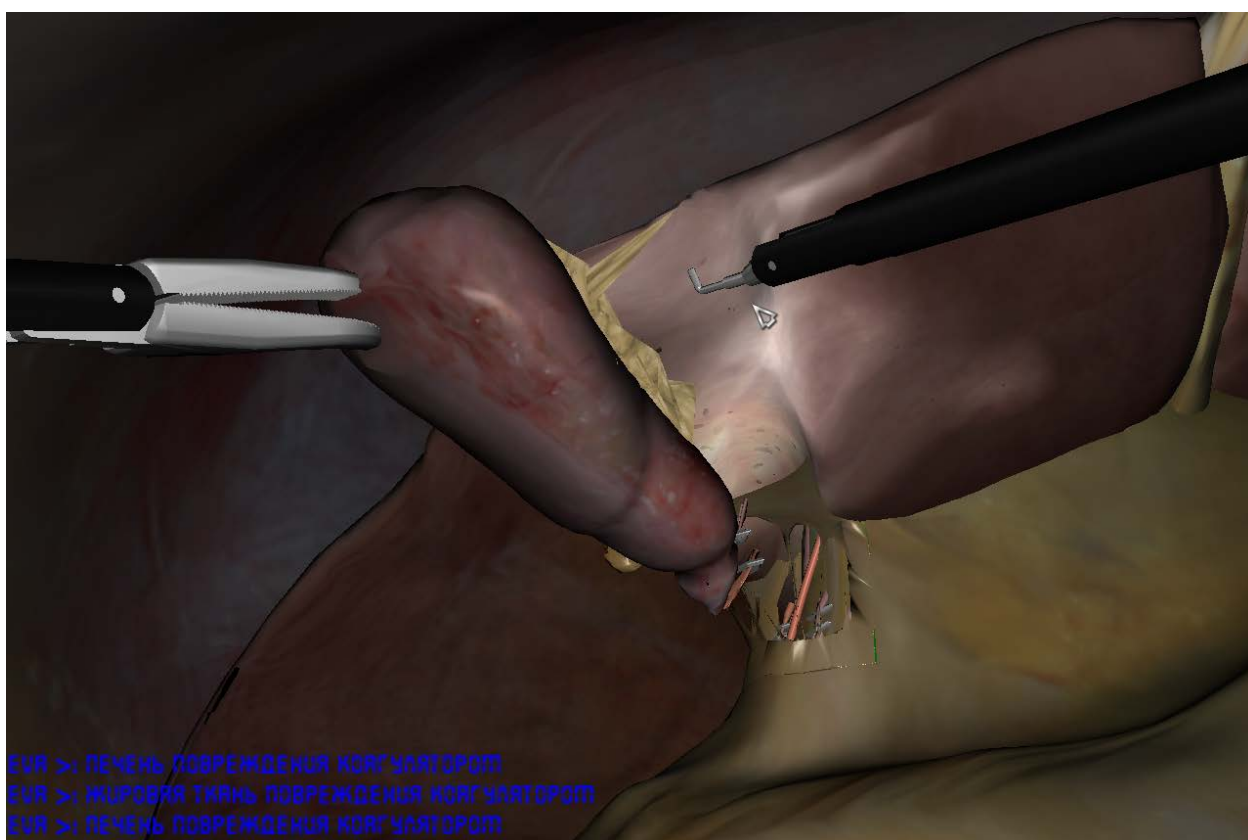


Рис. 2. Трехмерная модель для лапароскопической холецистэктомии

### Литература

1. Филимонов В.С., Талибов О.Б., Вёрткин А.Л. Эффективность симуляционной технологии обучения врачей по ведению пациентов в критических ситуациях // Врач скорой помощи, 2010. – № 6. – с. 9 – 19
2. Колсанов А.В., Юнусов Р.Р., Яремин Б.И., Чаплыгин С.С., Воронин А.С., Грачев Б.Д., Дубинин А.А., Назарян А.К. Разработка и внедрение современных медицинских технологий в систему медицинского образования // Врач-аспирант, 2012. – № 2.4 (51). – с. 584 – 588



3. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация по уровням реалистичности оборудования для обучения эндохирургии // Виртуальные технологии в медицине, 2012. – № 1(7). – с. 35 – 39