В настоящий момент симуляционное образо- вание является одной из основных методик обучения практическим медицинским навыкам в развитых странах. Еще в трактатах Авиценны встречаются упоминания об оригинальных способах обучения ме- тодике репозиции костных отломков при оскольча- тых переломах: в матерчатый мешок помещался ке- рамический кувшин и разбивался на относительно крупные отломки, которые обучаемому предстояло собрать в целый сосуд [1].

Первое упоминание о специализированных уст- ройствах для обучения относится к XVIII столетию, когда на заседании Французской академии хирургов была продемонстрирована и одобрена «Машина» Ан- желики дю Кудрэ (Angélique Marguerite Le Boursier du Coudray), главной акушерки старейшего парижского госпиталя Hôtel-Dieu de Paris. Эта конструкция, пред- назначенная для отработки навыков акушерского по- собия, представляла собой сложный полноразмерный манекен женщины с детально проработанной областью таза, изготовленной из настоящих человеческих тазо- вых костей, хлопка и кожаных ремней. Изменение на тяжения ремней позволяло имитировать сложные роды с анатомически и клинически узким тазом. Также в комплект входила фигурка младенца с реалистично подвижными суставами и пальпируемыми анатомиче- скими ориентирами. Демонстрация машины королю Франции Людовику XV столь впечатлила его, что был издан указ, согласно которому Анжелика дю Кудрэ назначалась ответственной за обучение акушерок и врачей во всей Франции повивальному делу [2]. Позд- нее подобные симуляторы были созданы в Великобри- тании, Германии и Японии. Однако до середины ХХ столетия учебные манекены в основном применялись лишь для обучения медсестер и акушерок.

Потребность в обучении врачей стандартизиро- ванным мануальным навыкам и, как следствие, разра- ботка соответствующих коммерческих предложений появились в середине ХХ столетия, когда П.Сафар в 1957 г. разработал и обосновал современную систему сердечно-легочной реанимации (СЛР) [3]. Уже в 1960 году был создан механический манекен-симулятор Resusci Anne, который после доработки совместно с автором методики СЛР Питером Сафаром стал приго- ден для обучения полному циклу сердечно-легочной реанимации и остается популярным до наших дней.

Развитие компьютерных технологий неизбежно привело к их применению в медицине вообще и в си- муляционном обучении в частности. Так, в 1965 г. был разработан первый стандартизированный робот- пациент SIM 1 (SIM One) — машина, воспроизводив- шая симптоматику различных заболеваний при помо- щи лежащего манекена с имитацией дыхания, сердце- биения, пульса и диаметра зрачков, реагировавшего на «введение» широкого спектра лекарственных средств и дававшего возможность отработки навыков СЛР. Хотя проект не был коммерчески удачным и вскоре закрылся, уже через 3 года появился робот-симулятор Harvey, который в значительно модифицированном виде выпускается до настоящего времени. Он был спо- собен воспроизводить до 25 заболеваний кардиологи- ческого профиля и позволял выполнять некоторые ак- тивные действия со стороны обучаемого, в частности, СЛР. Этот проект в коммерческом плане был более успешным. Выпуск аналогов подобных симуляторов был начат в Японии уже в 70-х годах [2].

Следующим этапом развития симуляторов стало появление математических моделей физиоло- гических и патологических состояний сердечно- сосудистой и дыхательной систем, а также взаимо- действия аналога организма и лекарственных средств. Развитие этих технологий привело к созда- нию в 1988 г. устройства CASE (comprehensive anes- thesia simulation environment) — первого тренажера для анестезиологов, базировавшегося на математи- ческих моделях, описанных выше [4]. В аппарате Gainesville Anesthesia Simulator, независимом проек- те разработчиков из Флориды, была впервые приме- нена точная симуляция газообмена [5].

Разработка хирургических симуляторов шла несколько иным путем. Пионерами здесь были спе- циалисты вооруженных сил США, которые начали развивать программу спасательных медицинских капсул TraumaPod в конце 1980-х гг. В них предпола-

галось совмещение эвакуационной, диагностической и лечебной программ с минимальным участием чело- века, что потребовало создания компьютерных моде- лей анатомических структур человеческого организ- ма. Полученные в ходе этой работы данные натолк- нули на мысль о возможности их использования в обучении специалистов хирургического профиля [6].

Другим важным стимулом к развитию хирур- гических симуляторов послужило развитие лапаро- скопической хирургии, требовавшее отработки со- вершенно новых моторных стереотипов, в частности — подготовки к фулькрум-эффекту (приобретение чувства глубины и координации «глаз-рука» и др.). Хотя поначалу многие хирурги использовали для тренировки коробочные тренажеры, с 1984 г. нача- лись попытки создания симулятора, позволяющего не только перестроить моторику, но и отработать навы- ки тактильного и визуального восприятия брюшной полости с помощью лапароскопических инструмен- тов. Этот проект, разработанный учёными из научно- исследовательского центра Карлсруэ, назывался KISMET, а в 2000 г. созданный на его базе коммерче- ский симулятор VEST (Virtual Endoscopical Surgery Training) был запущен в коммерческое производство. В нем был реализован ряд передовых решений, таких как 3D-визуализация и механизмы обратной связи. К сожалению, высокая цена и продолжавшиеся дискус- сии в медицинской печати о целесообразности меди- цинского обучения вообще сократили продажи тре- нажера до минимума, и проект был признан коммер- чески неуспешным. Первой компанией, сумевшей добиться коммерческого успеха с видеолапароскопи- ческим виртуальным симулятором, стала Ethiskill (подразделение Ethicon Ltd.) с тренажером MIST. До настоящего момента он остается одним из самых хо- рошо исследованных медицинских хирургических симуляторов — в поисковой системе PubMed индекси- ровано 84 статьи по результатам его эксплуатации [6].

К настоящему моменту приоритет в разработке симуляторов направлен на создание так называемых гибридных тренажеров, позволяющих отрабатывать совместные действия врачей и медсестер различных специальностей. Широкая номенклатура подобных изделий представлена как зарубежными (Symbionix, HealtySim), так и отечественными (Эйдос-медицина, Казань) производителями. В последнем случае имеется ряд преимуществ, связанных с ценовой политикой, возможностью изготовления тренажеров «под заказ» с использованием конкретного оборудования, приме- няемого заказчиком в повседневной практике, а также с упрощением гарантийного обслуживания. При этом в последние годы российское симуляционное оборудо- вание получило признание за рубежом — так, трена- жеры ЭЙДОС в настоящий момент эксплуатируются в медицинских учебных центрах Стамбула и Токио, а также в учебных центрах ведущих фирм медицинского оборудования Covidien и Karl Storz [7].

Таким образом, в настоящий момент существу- ет огромный спектр различных устройств для симуля- ционного обучения, различающихся качеством симу- ляции, ценой и возможностями тренировки медицин- ских специалистов. Для более подробного ознакомле- ния с данной темой в статье обсуждаются конкретные преимущества подобных тренажеров, вопросы их классификации и организации учебного процесса.

С момента появления первых медицинских си- муляторов широко обсуждалась целесообразность их применения. Противники симуляционного обучения указывали на низкую реалистичность, высокую стои- мость и сомнительную эффективность симуляторов. Дискуссия на эту тему ведется до настоящего време- ни, однако в 80—90 гг. ряд научных и практических открытий заставил по-новому сформулировать ста- рые вопросы. К числу этих заметных изменений не- обходимо отнести резкое увеличение распространен- ности эндоскопических вмешательств, требовавших от хирургов освоения принципиально новых техник, создание достоверных математических моделей фи- зиологии и патофизиологии человека. Возникла не- обходимость разработки мощных малогабаритных и недорогих компьютеров, способных справиться с за- дачами по адекватной имитации функций человече- ского организма. Благодаря им на рынке медицин- ских симуляторов в настоящий момент представлен огромный перечень товаров, различающихся реали- стичностью и ценой. Таким образом, в настоящий момент можно сформулировать три главных вопроса относительно эффективности симуляционного обуче- ния следующим образом:

— какова реальная эффективность медицин- ских симуляторов на разных уровнях обучения?

— каково место симуляторов в структуре ме- дицинского образования?

— каким образом необходимо организовывать обучение на медицинских симуляторах?

Безусловно, решение всех трех вопросов выхо- дит за рамки этой статьи и требует проведения серь- езных сравнительных исследований для каждой мо- дели тренажера, однако в настоящий момент, опира- ясь на данные литературы, можно постулировать сле- дующее. Симуляционное обучение улучшает качест- во выполнения манипуляций в обычных и, прежде всего, стрессовых ситуациях в анестезиологии [8], позволяет добиться [9] и, при использовании симуля- торов высокого класса реалистичности, поддерживать [10] качество выполнения сестринских манипуляций, увеличивает качество ухода за пациентом у новичков [11], увеличивает частоту успешных малых хирурги- ческих вмешательств [12,13] снижает число осложне- ний при выполнении после курса симуляционного обучения хирургических [14] и акушерско- гинекологических [15] вмешательств. Доказано также улучшение ролевого и командного функционирова- ния при обучении хирургических, анестезиологиче- ских и скоропомощных бригад на медицинских си- муляторах [16]. Описан успешный опыт применения симуляционных устройств в исследованиях техниче- ских новинок в медицине [17], в сравнении различ- ных методик оперативных вмешательств [18] или безопасности технических медицинских устройств [19]. Вместе с тем, неоднозначными остаются резуль- таты исследований по симуляционному обучению ультразвуковым методикам исследования [20-22].

Единая система организации обучения на ме- дицинских симуляторах в настоящий момент не раз- работана. Однако на современном уровне отмечает- ся тенденция к сбору доступных лечебному или на-

учно-образовательному учреждению симуляторов в единые учебные подразделения. Преимущества по- добной схемы очевидны: специализированный пер- сонал для организации обучения и обслуживания оборудования, снижение эксплуатационных расхо- дов за счет наличия единого комплекта расходных материалов, возможность организации командных тренингов, обеспечение территорией для установки крупноразмерных тренажеров (к примеру, тренаже- ров бригад скорой медицинской помощи).

Место и доля симуляционного образования в структуре обучения зависит главным образом от ха- рактера медицинской специальности, в которой оно производится. В настоящий момент существует ог- ромное количество учебных схем, проверку эффек- тивности которых затрудняет отсутствие общеприня- тых стандартов симуляционного оборудования, и, как следствие, трудности в сравнении результатов его применения. Но целесообразность симуляционного обучения в медицине признана в большинстве стран мира. Существуют различные организации, зани- мающиеся формированием стандартов в области си- муляционного образования, хотя сертификация обо- рудования и учебных центров в большинстве случаев является добровольной, а основная задача их состоит в способствовании развитию симуляционного обра- зования. В Российской Федерации подобной органи- зацией является Российское общество симуляционно- го обучения в медицине (РОСОМЕД). Это общество с 2012 г. проводит ежегодные конференции с участием ведущих отечественных и зарубежных специалистов клинического, образовательного, инженерного и про- изводственного сегментов с целью выработки стан- дартов в симуляционном образовании. Большую ра- боту в этом направлении проводит департамент ме- дицинского образования и кадровой политики Мини- стерства здравоохранения Российской Федерации.

**Классификация современных симуляторов**

Существует значительное количество класси- фикаций, применяемых для структурирования инфор- мации о симуляторах. Вследствие обилия групп при- знаков, по которым можно классифицировать эти учебные изделия, и широкого круга задач, для которых создаются классификации, обобщенные схемы вряд ли являются возможными. Опуская здесь различные ин- женерные классификации, не имеющие прямой связи с задачами и функционированием симуляторов, разбе- рем те схемы, которые можно использовать для струк- турирования данных исследований по эффективности симуляторов. Пионером комплексного симуляционно- го обучения профессором Д.Габа была предложена классификация, основанная на используемой технике симуляции с выделением следующих форм [23]:

— вербальные тренажеры (ролевые игры);
— стандартизированные пациенты (актеры);
— тренажеры практических навыков с исполь-

зованием физических или виртуальных моделей;
— «пациенты-на-экране» — тренажеры с ви- деоизображением пациентов на мониторе без исполь-

зования физической имитации;
— «электронные пациенты» — полноценные

физические имитации организма или частей организ- ма, дополненные условно-реалистичной моделью взаимодействия с обучаемыми.

Ввиду широкого разнообразия способов си- муляции и различных подходов к оценке того, что именно является в их создании ключевым, появи- лись и другие классификации по технологии обеспе- чения симуляции. К примеру, профессор Г.Алинье [24] предлагал выделять такие типы симуляторов:

0. Письменные симуляции (традиционная фор- ма обучения в виде тестирования).

1. Низкореалистичные манекены, фантомы, тренажеры отдельных навыков.

2. Изделия «с экраном» (виртуальные симуля- торы).

3. Стандартизированные пациенты и ролевые иг- ры.

4. Манекены среднего класса реалистичности.

5. Манекены высокого класса реалистичности (роботы-симуляторы пациента).

В указанной классификации специально был введен нулевой уровень симуляции, соответствую- щий традиционному «теоретическому» методу изу- чения с разбором клинических задач, что, по замыс- лу, должно позволить более точно применять эту классификацию при проведении сравнительных ис- следований по методике симуляции. Однако в по- добных классификациях смешиваются понятия «си- муляционной технологии» и «уровня реалистично- сти», что создает некоторые парадоксы в определе- нии сравнительных классов симуляторов, а также исключение из классификаций «коробочных» симу- ляторов и иных механических приспособлений, предполагающих отработку конкретных движений, а не клинической ситуации.