ИННОВАЦИИ В СИМУЛЯЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ – ОПЫТ СОЗДАНИЯ СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПИНАЛЬНЫХ ПУНКЦИЙ

Таптыгина Е.В.¹, Мягкова Е.Г.¹, Большаков И.Н.¹, Ахмедова Э.И.¹

¹ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, e-mail: tptygina@mail.ru

Симуляционное обучение является неотъемлемой частью образовательного процесса в медицинских вузах. В КрасГМУ ежегодно проводится конкурс «Инновации в симуляционном обучении» с целью стимулирования деятельности студентов по разработке симуляторов. Одной из представленных на конкурс работ стала разработка тренажера для проведения спинальных пункций. Цель проекта: создание тренажера, выполненного самостоятельно из доступных материалов, максимально повышающего реалистичность ощущений при отработке практического навыка проведения спинальной пункции. Материалы для тренажера подбирались исходя из доступности их приобретения и возможности работать с ними самостоятельно. Разработанная модель тренажера представляет собой плоскую прямоугольную коробку-панель толщиной 8 см, в которую уложен сменный блок с поясничным отделом позвоночника, на остистые отростки которого установлены точные слепки аппликатора из прозрачной эластичной силиконовой резины, имитирующего одновременно анатомическую связку и наружный листок твердой мозговой оболочки. Для создания реалистичной анатомической модели поясничных позвонков была создана STL-модель, изготовление поясничного отдела позвоночника было произведено с помощью 3D-печати. После изготовления составных частей пробной модели тренажера она была собрана, в комплектации имеются сменные расходные материалы.

Ключевые слова: медицинское образование, симуляционные технологии, симуляционное обучение, симулятор, тренажер, спинальная пункция

INNOVATION IN SIMULATION TRAINING – THE EXPERIENCE OF CREATING A SIMULATOR FOR CARRYING OUT SPINAL PUNCTURE

Tptygina E.V.¹, Myagkova E.G.¹, Bolshakov I.N.¹, Akhmedova E.I.¹

¹Krasnoyarsk state medical University n.a. professor V. F. Voyno-Yasenetsky, Krasnoyarsk, e-mail: tptygina@mail.ru

Simulation training is an integral part of the educational process in medical Universities. Annually in Krasnoyarsk state medical University held a competition «Innovation in simulation education», the main aim of which - stimulation activities of students in the creation of the simulators. One of the works presented at the competition was the simulator for spinal punctures. The aim of the project: the creation of the simulator from available materials, which maximizes the realism of sensations during doing the practical skill of spinal puncture. Materials and methods. Materials for the simulator were selected based on the availability of their purchase, and the ability to work with them independently. The created model is a flat rectangular box with a thickness of 8 cm, in which a replaceable unit with a lumbar spine is laid. On the spinous processes of lumbar spine the exact casts of the applicator made of transparent elastic silicone rubber, simulating at the same time both anatomical ligament and the external leaf of the Dura mater are installed. To create the most realistic anatomical model of the lumbar vertebrae was created an STL model, the lumbar spine was made by 3D printing. Conclusion. After manufacturing the components of the test model of the simulator, it was assembled, having a complete set of replaceable consumables.

Keywords: medical education, simulation technology, simulation training, simulator, spinal puncture

Симуляционное обучение – обязательный компонент в подготовке врачей, использующий модель многократного повторения навыка с целью предоставления возможности каждому обучающемуся выполнить практическую деятельность или ее элемент в соответствии с профессиональными стандартами. Симуляционные технологии позволяют провести эффективное качественное обучение в достаточно короткие сроки [1, 2]. Главной особенностью такого обучения является полнота и реалистичность моделирования объектов

в определенной ситуации, возможность приобрести необходимые теоретические и практические знания, отрабатывать конкретные навыки, не нанося ущерб человеку [3, 4]. Обучение на базе симуляционных центров позволяет имитировать патологические состояния и реанимационные ситуации в режиме реального времени и отработать алгоритм действий во время заданных различных неотложных состояний. Это в свою очередь повышает качество обучения специалистов. Симуляторы дают возможность многократно повторить отработку практических навыков, оценить уровень полученных знаний, прогнозировать исход манипуляций и закреплять алгоритм выполнения навыков с учетом внезапно возникших непредвиденных ситуаций [5].

В настоящее время симуляционное обучение является неотъемлемой составляющей образовательного процесса медицинских высших учебных заведений. Кроме того, при получении навыков проведения сложных медицинских манипуляций требуются устройства, точно имитирующие анатомические характеристики объекта воздействия [6]. По мере приобретения теоретических знаний возрастает и доля практической профессиональной подготовки обучающихся: от изучения основ десмургии, ухода за пациентом на 1-м курсе, отработки навыков постановки инъекций и оказания реанимационных мероприятий на фантомах 1-го уровня – до работы в виртуальной учебной клинике на симуляторах, точно моделирующих реальные клинические ситуации [7]. Внедрение симуляционных центров и кабинетов в структуру образовательных медицинских учреждений является перспективным и интересным направлением. Симуляторы, снабженные датчиками оценки проводимых манипуляций, способствуют наилучшей отработке навыков: сердечно-легочной реанимации, измерения артериального давления, остановки кровотечения, интубации и др. Существуют также симуляционные комплексы, снабженные видеокамерами и системой видеотрансляции, что способствует отработке эндоскопических оперативных навыков у обучающихся. Обеспеченность медицинских образовательных организаций подобными технологиями существенно повышает интерес обучающихся к учебному процессу [8].

В 2013 г. в Красноярском государственном медицинском университете имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого (далее – КрасГМУ) была создана кафедра – центр симуляционных технологий с целью повышения качества практической подготовки обучающихся путем применения современных технологий освоения и совершенствования практических навыков – специальных муляжей, фантомов и тренажеров, а также виртуальных (компьютерных) симуляторов, обеспечивающих создание реальности медицинских вмешательств и процедур [9]. С 2014 г. кафедрой – центром симуляционных технологий ежегодно проводится конкурс на лучшее изобретение для обучения с использованием симуляционных технологий «Инновации в симуляционном обучении»,

целями которого являются поддержка инициатив и стимулирование деятельности студентов по разработке и использованию симуляционных технологий в образовательном процессе университета. Успешную реализацию проекта по созданию симуляторов из доступных материалов можно продемонстрировать на примере разработки тренажера для отработки практического навыка проведения спинальной пункции, техникой выполнения которой должны овладеть врачи многих специальностей (анестезиологи-реаниматологи, педиатры, неонатологи, инфекционисты и др.) [10].

В неврологии одним из важнейших практических навыков врача является умение проводить люмбальную пункцию, которая широко применяется в диагностических и лечебных целях. Наряду с техническими сложностями проведения процедуры молодые врачи часто сталкиваются с психологическими проблемами, связанными с неуверенностью и боязнью неудачной попытки манипуляции. Также в ходе подготовки специалистов в сфере здравоохранения имеет значение наличие у обучающихся страха перед пациентом. Обучение и отработка навыков на симуляторах, фантомах помогают существенно справиться с этим барьером [11]. В статье Т.Я. Николаевой и соавторов [12] представлено исследование, в котором сравнили результаты обучения навыкам люмбальной пункции врачей-резидентов, обучившихся на тренажерах, с теми, кто получил традиционное клиническое образование. Результаты исследования показали, что навыки и производительность резидентов, обучившихся на тренажерах, были значительно лучше ($p < 0,001$). В этой же статье Т.Я. Николаевой и соавторов приведено исследование, в котором оценивалась эффективность применения тренажера для выполнения люмбальной пункции в процессе подготовки врачей-педиатров; тестировались практические навыки у 54 резидентов до и после обучения на тренажере; кроме того, оценивался уровень тревожности у резидентов по шкале STAI-S (State Anxiety Scale). Результаты исследования показали, что комбинированное использование тренажера люмбальной пункции и интерактивной обучающей сессии оказывает положительное влияние на практическую компетентность, а также способствует снижению уровня тревожности резидентов в реальной клинической практике.

Современные тренажеры III и IV поколений стоят больших денег, так же как и их обслуживание. Следует учесть и увеличение числа обучающихся в группах, что приводит к неизбежному преждевременному износу тренажеров. Заменить тренажеры весьма сложно в сегодняшних социально-экономических условиях [13]. Возможность разрабатывать симуляторы из доступных материалов и в дальнейшем внедрять их в образовательный процесс для получения обучающимися практических навыков является одним из направлений развития симуляционного обучения [14].

Известные тренажеры для освоения навыка спинальной пункции в базовой комплектации содержат эластичную силиконизированную аппликацию, имитирующую межостистую связку, в качестве единого слоя с желтой связкой, где передняя поверхность этой аппликации, выполняя межостистые пространства, не имитирует реалистичность желтой связки, поскольку не выстилает заднюю стенку позвоночного канала, как это анатомически подтверждается на натуральных образцах соответствующей области у человека. Наружный листок твердой мозговой оболочки в позвоночном канале отсутствует, а, следовательно, не спаян с желтой связкой. Такой недостаток модели нарушает реалистичность попадания в эпидуральное пространство и не позволяет обучающимся получить достоверные тактильные ощущения для прочного усвоения этого практического навыка, не закрепляет при обучении навыки продвижения пункционной иглы и отработки ощущений «легкого» провала в эпидуральное межоболочечное пространство. Аппликации межостистых связок не предусматривают наличия надостистых связок, которые в норме переходят в межостистые, представляя собой единое целое связочного аппарата позвоночника, которые первыми после кожи и подкожной клетчатки должны подвергаться пунктированию иглой. Это создает дополнительное усилие для закрепления реалистичной нагрузки на ткани при продвижении пункционной иглы, а расположение остистых отростков поясничных позвонков под углом 90° не соответствует реальному углу их наклона у пациента по отношению к дужкам позвонков.

Цель: самостоятельное создание тренажера из доступных материалов, максимально повышающего реалистичность ощущений при отработке практического навыка проведения спинальных пункций.

Материалы и методы исследования. Тренажер представлен плоской прямоугольной панелью, выполненной из картонной коробки, в которую уложен сменный блок с поясничным отделом позвоночника, соответствующим натуральному образцу, с наклоном остистых отростков поясничных позвонков под углом в 75° , на поверхность которых установлены точные слепки аппликатора из плотной прозрачной эластичной силиконовой резины, имитирующего одновременно надостистые, межостистые, желтую связки и наружный листок твердой мозговой оболочки (рис. 1).

Рис. 1. Поясничный позвоночный канал с остистыми отростками позвонков (1) и межостистый силиконовый вкладыш с подошвами желтой связки (2) в боковой позиции.

Поясничный отдел позвоночника выполнен из полимерного пластика с помощью 3D-моделирования (рис. 2).

Рис. 2. Сквозные отверстия на передней поверхности всех поясничных позвонков, сообщающиеся с позвоночным каналом

При этом передний отдел тел поясничных позвонков выполнен со сквозными отверстиями основанием 25 мм и высотой 35 мм, сообщающимися с позвоночным каналом и захватывающими половину высоты каждого соседнего позвонка и межпозвонковый хрящ. Передняя часть аппликатора, имитирующая желтую связку и наружный листок твердой мозговой оболочки, выполнена в виде гладких подошв толщиной 2 мм и размерами, на 2–2,5

мм превышающими по периметру размеры междузвонковых отверстий, которые имеют шапочкообразную форму и вставлены в задний отдел позвоночного канала через все междузвонковые отверстия шириной 15 мм и высотой 10 мм на глубину 2 мм, закреплены подошвами в позвоночном канале. Позвоночный канал выполнен в поперечной плоскости в форме ступенчатой усеченной пирамиды.

Внутренний листок твердой мозговой оболочки и паутинная оболочка представлены единым целым в виде прозрачной плотной эластичной силиконовой трубки, формой и внешними размерами точно соответствующей основанию усеченной пирамиды, с толщиной стенки 2 мм и переднезадним наружным размером 10 мм, плотно вставляемой в позвоночный канал и заполненной жидкостью. Трубка, имитирующая субарахноидальное пространство, заполнена раствором – смесью глицерина и воды, находящейся под небольшим давлением, создаваемым системой для проведения внутривенных инъекций и пластиковой емкостью объемом от 200 до 600 мл на стойке с регулируемой высотой. Пункцию производят через прослойку подкожной жировой клетчатки, выполненную из полиуретана рыхлой структуры, и пластинку имитатора кожи. Тренажер позволяет отработать навыки тактильных ощущений при проведении иглы в межоболочечные пространства не только из срединной позиции, но и из парамедианных позиций (рис. 3).

Рис. 3. Тренажер для отработки практического навыка проведения спинальных пункций

В ходе создания указанного симулятора были использованы доступные, не требующие больших затрат материалы: поясничный отдел позвоночника, напечатанный на 3D принтере, коробка из-под обуви, прозрачная трубка диаметром 15 мм и длиной 30 см, поролон толщиной 1 и 2 см площадью 30 х 25 см, санитарный силиконовый герметик 1/3 тубы, система для внутривенных инъекций, трикотажная ткань площадью 35 х 30 см, искусственная кожа площадью 35 х 30 см.

Результаты исследования и их обсуждение. Одним из главных преимуществ созданного симулятора является ценовая доступность: стоимость разработанного нами тренажера составила 4405 рублей, стоимость расходных материалов – 278 рублей, при этом стоимость аналогичных оригинальных симуляторов – тренажеров для спинальной пункции производства Великобритании превышает 100 000 рублей, а стоимость комплектующих составляет порядка 20 000 рублей.

Разработанный нами тренажер имеет ряд отличий от аналогов: изготовлен из доступных материалов, имеет реалистичные свойства тканей, компактный, мобильный, прочный и удобный при использовании, имеет длительный срок эксплуатации, прост в применении, в том числе при замене комплектующих.

После разработки пробный образец тренажера был предложен для тестирования врачам – практикующим специалистам в области анестезиологии и реаниматологии, для которых выполнение спинальных пункций является профессиональным навыком, с которым они регулярно сталкиваются в своей клинической практике. По результатам тестирования опытного образца была получена высокая оценка разработанной модели, специалисты подтвердили реалистичность и схожесть проведения манипуляции у пациентов.

Тренажер для выполнения спинальных пункций был представлен нами на Всероссийском конкурсе симуляционных разработок «Отечественные инновации в симуляционном обучении» в рамках VI Международной конференции «Инновационные обучающие технологии в медицине» в Москве в октябре 2015 г. По результатам двух конкурсных дней и тайного голосования более 500 участников конференции победителем конкурса был объявлен наш «Тренажер для выполнения спинальных пункций». По результатам экспертной оценки участников конкурса было рекомендовано внедрить разработку в образовательный процесс с применением симуляционных технологий. В 2017 г. на «Тренажер для выполнения спинальных пункций» был получен патент РФ № 168198 от 23.01.2017 г. как на полезную модель.

На сегодняшний день проект реализуется в рамках гранта программы «Умник» фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по направлению «Медицина будущего». Основной задачей проекта является усовершенствование созданного тренажера с целью коммерциализации и вывода на рынок пробной партии.

Создание тренажеров целесообразно осуществлять с последовательным выполнением определенных этапов, которые обязательно должны заканчиваться валидацией оборудования и методик.

О.В. Доховым и С.А. Анашкиной предложены следующие этапы разработки симуляционного оборудования [15], которые полностью нашли подтверждение и в нашей

работе: выбор объекта симуляции; определение учебных задач, решение которых должно обеспечить симуляционное оборудование; определение критериев валидности (эффективность, практическая значимость), которыми должен обладать симулятор; определение весомости (значимости) каждого критерия; проектирование устройства с учетом полученных критериев валидности; подбор материалов; изготовление одного или нескольких образцов, разработка методики проведения симуляционного тренинга; проверка работоспособности симуляционного оборудования; валидация симуляционного оборудования и методики обучения – получение доказательств эффективности и практической ценности симулятора или методики в рамках поставленной учебной задачи.

Заключение. Созданный тренажер, предназначенный для отработки техники проведения спинальных пункций, обеспечивает возможность реалистичного выполнения спинальных пункций с забором ликвора, эпидуральных пункций, позволяет отрабатывать навык постановки эпидуральной анестезии за счет установки катетеров в эпидуральное пространство. Наличие субарахноидальной полости, ступенчатообразная форма позвоночного канала обеспечивают в тренажере стабильное расстояние эпидурального пространства, благодаря которому при прохождении пункционной иглы на расстояние 3–4 мм сохраняются тактильные ощущения провалов, обеспечивая максимальную реалистичность при отработке практического навыка.

Представленный тренажер для проведения спинальных пункций актуализирует потребность в реализации проектов по получению интеллектуальной собственности с перспективой на усовершенствование и расширение масштабов производства. С дальнейшим внедрением тренажеров в образовательный процесс повысится доступность симуляционного обучения и уровень практической подготовки обучающихся медицинских вузов.

Список литературы

1. Арутюнов Г.П., Драгунов Д.О., Соколова А.В., Симбирцев С.Ю., Палферова Е.А. Современная технология обучения как способ повышения качества лечения и диагностики коморбидных пациентов // Терапия. 2017. № 2. С. 15-19.
2. Евдокимов Е.А. Оптимизация образования в области медицины: роль симуляционных технологий // Медицинский алфавит. 2013. №17. С. 8-13.
3. Павлов В.Н. Симуляционные технологии в формировании профессиональных компетенций // Медицинское образование и вузовская наука. 2012. №1. С. 43-46.
4. Ogden P.E., Cobbs L.S., Howell M.R., Sibbitt S.J., Di-Pette D.J. Clinical simulation: importance to the internal medicine educational mission. Am. J. Med. 2007. vol. 120. no 9. pp. 820-

5. Чернышева О.Е., Герасименко В.В., Климовицкий Ф.В., Полесова Т.Р., Самойленко И.Г., Балычевцева И.В., Хапченкова Д.С., Кривошеева В.В., Павлов Е.Н. Медицинские симуляторы и манекены как элемент обучения студентов практическим навыкам в педиатрии // Травма. 2017. Т. 18, № 1 С. 103-105.
6. Типикин В.А. Внедрение современных образовательных технологий в системе дополнительного профессионального образования // Виртуальные технологии в медицине. 2012. Т. 2, №2. С. 31-34.
7. Ибрагимова Э.С. Практическая подготовка специалистов-медиков в контексте требований стандартов нового поколения // Проблемы современного педагогического образования. 2016. № 52-7. С. 178-184.
8. Соболева Е.В., Пешиков О.В., Пешикова М.В., Шлепотина Н.В. Современные подходы в обучении студентов медицинских вузов // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. 2017. Т. 1, № 1 (16). С. 34-36.
9. Таптыгина Е.В., Никулина С.Ю. Применение симуляционных технологий в образовательном процессе в Красноярском государственном медицинском университете // Современные тенденции развития педагогических технологий в медицинском образовании. Вузовская педагогика: материалы Всерос. науч.-педагог. конф. с междунар. уч. (Красноярск, 2-4 февраля 2016 г.) Красноярск: Изд-во КрасГМУ, 2016. С. 418-420.
10. Таптыгина Е.В., Мягкова Е.В., Ахмедова Э.И. Опыт проведения конкурса Инновации в симуляционном обучении // Современные тенденции развития педагогических технологий в медицинском образовании. Вузовская педагогика: материалы Всерос. науч.-педагог. конф. с междунар. уч. (Красноярск, 2-4 февраля 2016 г.) Красноярск: Изд-во КрасГМУ, 2016. С. 410-411.
11. Лысенко И.М., Лысенко О.В., Баркун Г.К., Рождественская Т.А., Косенкова Е.Г. Основные преимущества применения симуляционного оборудования при обучении студентов в учреждениях высшего медицинского образования // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации: материалы 72-ой науч. сессии сотрудников университета. Витебский государственный медицинский университет (Витебск, 25-26 янв. 2017 г.) Витебск: Изд-во Витебский государственный медицинский университет, 2017. С. 405-407.
12. Николаева Т.Я., Чугунова С.А., Конникова Э.Э. Интерактивные методы обучения в неврологии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. 2017. № 1 (06). С. 55-58.
13. Садчиков Д.В. Тренинг в высшем медицинском образовании // Вестник

анестезиологии и реаниматологии. 2017. Т. 14, № 3. С. 18-22.

14. Ахмедова Э.И., Метелев И.А., Таптыгина Е.В. Внедрение интерактивной модели как компонента 3х этапного симуляционного комплекса по отработке алгоритмов действий при неотложных состояниях // Актуальные вопросы охраны здоровья населения регионов Сибири: материалы XIII науч. практич. конф. молодых ученых (Красноярск, 3-4 июня 2015 г.) Красноярск, 2015. С. 68-69.

15. Дохов О.В., Анашкина С.А. Разработка тренажера внутривенных инъекций и забора крови // Проблемы здоровья и экологии. 2017. № 1 (51). С. 113-118.