

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СИМУЛЯЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЙ КАРДИОХИРУРГИИ

Р.О. Сорокин^{1,2}, Б.О. Афонин¹, А.Н. Шонбин¹, И.С. Сорванова², Д.О. Быстров^{1,2}

¹ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич», МЗ РФ

²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» МЗ РФ

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Сорокин Роман Олегович (Sorokin Roman Olegovich), email: don.sorokin2009@yandex.ru.

АННОТАЦИЯ:

Цель: провести анализ опыта симуляционного обучения по миниинвазивной кардиохирургии и оценить эффективность использования тренажера, имитирующего работающее сердце.

Материалы и методы: разработан тренажер для отработки навыков в кардиохирургии, который имитирует сокращения, при этом сохраняется внутриполостное и внутрисосудистое «кровообращение». Организовано две программы обучения: коронарное шунтирование на работающем сердце (OPCAB), включая минимально инвазивное коронарное шунтирование (MIDCAB), и торакоскопическая аблация левого предсердия (T-Maze). Участниками первой программы стали студенты старших курсов и клинические ординаторы (5 курсантов, завершивших курс, и 15, прошедших неполный курс), второй – врачи-сердечно-сосудистые хирурги (15 курсантов). Учебные операции выполнялись на свиных сердцах (WetLab). Этапы обучения OPCAB: 1) демонстрация техники анастомозов, 2) самостоятельное выполнение анастомозов на «остановленном» сердце, 3) выполнение анастомозов на «работающем» сердце (тренажер Pomor Beating Heart). Выполнялось шунтирование передней нисходящей артерии, 15 повторений для каждого курсанта. Оценивались показатели: подготовка конduitов, время формирования анастомоза, длительность операции, маршрут шунтов, герметичность, проходимость и отсутствие стеноза анастомоза. Этапы обучения T-Maze: 1) лекционный курс, 2) тренинг в симуляционном центре на разработанных тренажерах, 3) участие в операциях, 4) проведение операций на рабочем месте с участием опытного хирурга.

Результаты: отмечалось улучшение качественных характеристик анастомозов. Средняя оценка качества анастомоза от 1 подхода к 15 возросла с 1,8 до 3,8, затраченное время в среднем уменьшилось с 20 до 15 мин. Остаются неразработанными методы оценки освоения навыков при обучении операции T-Maze. После завершения курса в 2 кардиохирургических центрах успешно стартовали программы лечения изолированной фибрилляции предсердий.

Заключение. Представленный опыт небольшой, но отражает первые шаги в решении проблемы обучения. Развитие кардиохирургии диктует необходимость освоения новых хирургических технологий. Ступенчатый, детальный подход в обучении минимально инвазивной хирургии – залог успеха получения хороших результатов лечения. Наилучший способ симуляции – WetLab. Симулятор Pomor Beating Heart может стать устройством, полностью удовлетворяющим требованиям симуляционного обучения в кардиохирургии. Доступность, универсальность, реалистичные манипуляционные и гемодинамические характеристики тренажера качественно улучшают подготовку специалистов.

Ключевые слова: симуляционное обучение, WetLab, кардиохирургический тренажер, коронарное шунтирование, работающее сердце, торакоскопическая аблация

Для цитирования. Р.О. Сорокин, Б.О. Афонин, А.Н. Шонбин, И.С. Сорванова, Д.О. Быстров, «ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СИМУЛЯЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЙ КАРДИОХИРУРГИИ». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2025; 1(1): 99–108.

SIMULATION TRAINING IN MINIMALLY INVASIVE CARDIAC SURGERY: NOVEL METHODOLOGIES

Roman O. Sorokin^{1,2}, Boris O. Afonin¹, Aleksey N. Shonbin¹, Irina S. Sorvanova², Dmitriy O. Bystrov²

¹SBHI of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich»

²FSBEI of HE «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

ABSTRACT:

Aim: analysis of simulation training experience in minimally invasive cardiac surgery with evaluation of a beating-heart simulator efficacy.

Methods: a cardiac surgery training simulator was developed to practice skills while simulating myocardial contractions and maintaining intracavitary/intravascular circulation. Two training programs were implemented: 1) off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB), including minimally invasive coronary artery bypass (MIDCAB), and 2) thoracoscopic left atrium ablation (T-Maze). The OPCAB program involved 5 students/residents (full course) and 15 (partial course), while the T-Maze program trained 15 cardiovascular surgeons. Procedures were performed on porcine hearts (WetLab). OPCAB training stages are: 1) anastomoses technique demonstration, 2) Practice on arrested hearts, 3) beating-heart anastomoses (Pomor Beating Heart simulator). Trained LAD bypass with 15 repetitions per participant. Evaluated parameters: conduit preparation, anastomosis time, procedural duration, shunt routing, tightness, patency, and stenosis absence. The T-Maze training stages: 1) lecture course, 2) simulation training, 3) participation in surgery, 4) supervised independent performance.

Results: an improvement in anastomosis quality was observed. The average quality score increased from 1.8 to 3.8 (scale: 1-5) between the first and fifteenth attempt, while procedure time decreased from 20 to 15 minutes. Currently, no standardized assessment methods exist for T-Maze procedure skill acquisition. Following the training program, two cardiac surgery centers successfully implemented isolated atrial fibrillation treatment protocols.

Conclusion. Although limited in scale, this experience demonstrates initial progress in addressing surgical training challenges. The evolution of cardiac surgery necessitates training in novel techniques. A structured, step-by-step approach to minimally invasive surgery education is crucial for achieving optimal clinical outcomes. The WetLab method remains the gold standard for simulation. The Pomor Beating Heart simulator shows potential as a comprehensive cardiac surgery training device, combining accessibility, versatility, realistic tissue handling, and hemodynamic accuracy to significantly enhance surgical skill acquisition.

Keywords: simulation training, WetLab, cardiac surgery simulator, coronary bypass surgery, working heart, thoracoscopic ablation

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обучения хирургическим мануальным навыкам в сердечно-сосудистой хирургии всегда оставалась актуальной. Современные технологии и стандарты лечения, а также профессиональные стандарты подготовки специалистов требуют, чтобы молодой специалист «сразу» был готов выполнять свои функциональные обязанности. Симуляционное обучение развивает навыки управления нежелательными periоперационными событиями и существенно повышает «безопасность» самого хирурга [1].

Развитие минимально инвазивных технологий в кардиохирургии с новой силой актуализировали вопрос обучения новым технологиям. Особенностью новой волны стала потребность в обучении не только молодых кардио-хирургов, а также специалистов старшей возрастной категории, уже имеющих солидный опыт работы в кардиохирургии. Данная проблематика актуальна не только для отечественного медицинского образования.

В 2017 г. Noly P. и соавт., опубликовали сведения о 12 аккредитованных симуляционных программах обучения кардиохирургии для резидентов, некоторое из которых функционируют с 1958 года [2].

В современном медицинском образовании огромную нишу занимают симуляционные технологии. Однако остаются значительные вопросы: какие симуляторы наиболее реалистичны, обладают высоким обучающим потенциалом и какие из них наиболее применимы в такой специфической отрасли хирургии, как кардиохирургия?

Маловероятно, что классические подходы к обучению хирургов такие, как присутствие на операциях (визуальное обучение ходу операции), участие на операциях в роли второго, первого ассистента, выполнение манипуляции под контролем старшего коллеги когда-то утратят свою значимость, они всегда были и будут иметь ключевое значение. Продуктивность участия в операциях клинических ординаторов в значительной степени повышается при успешном предварительном прохождении курса базовых мануальных хирургических навыков, как минимум на простых симуляторах (муляжи органов, мягких тканей, бокс-тренажеры) и/или виртуальных тренажерах. В противном случае молодой специалист рискует долгое время оставаться в роли «стерильного» наблюдателя за ходом операции. Некоторые авторы подчеркивают превалирующую роль в обучении преподавателя-наставника. Mehaffey H. и соавт., выступают за активное присутствие наставников в операционной, подчеркивая при этом, что преподаватели не могут активно и эффективно обучать кардиохирургии, находясь в своих кабинетах [3].

Как было отмечено ранее, кардиохирургия занимает особое положение среди других хирургических специальностей, в значительной степени за счет специфики мануальных приемов и особенностей выполнения операций на сердце. В связи с этим возникают существенные трудности в обучении молодых кардиохирургов. На сего-

дняшний день рынок медицинских симуляторов предлагает достаточно узкий спектр продукции для освоения операций на сердце. Помимо этого, предлагаемые варианты тренажеров обладают большой дороговизной и остаются малодоступными образовательным организациям. В тоже время муляжи и симуляторы, которые остаются доступным для обучения, отдаленно имитируют реальные условия операции. Стоит отметить, что на данный момент в официальных источниках имеются лишь единичные сведения о тренажерах, позволяющих отрабатывать навыки в минимально инвазивной кардиохирургии. Song Wu и соавт., в своей обучающей практике использовали два собственных тренажера, в которые включались «живые» сердца: для коронарного шунтирования (КШ) на работающем сердце (off-pump coronary artery bypass, OPCAB) и для операции миниинвазивного прямого коронарного шунтирования (Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass, MIDCAB). Оба тренажера использовались резидентами последовательно. Авторы указывают, что тренинг позволил улучшить навыки формирования анастомозов при OPCAB, что в свою очередь облегчило освоение операции MIDCAB [4].

Цель: анализ и обобщение опыта проведения обучающих симуляционных курсов, посвященных минимально инвазивной кардиохирургии, а также оценка эффективности использования разработанного тренажера, имитирующего работающее сердце.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2010 года в ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» (далее СГМУ) с целью подготовки профильных студентов к олимпиадам по хирургии используется технология «WetLab». С этого же времени студентами, активными участниками хирургических студенческих научных кружков используются сердца животных (телячьи, свиные, бараньи, оленьи) для моделирования кардиохирургических операций.

С 2020 года на базе учебно-экспериментальной операционной Межкафедрального студенческого хирургического объединения «Лигатура» СГМУ ведется разработка и внедрение в образовательный процесс муляжей и тренажеров для обучения манипуляционным навыкам в кардиохирургии.

В 2021 и 2022 гг. успешно защищены проекты и получены гранты общей суммой 1 млн. руб. в конкурсе инновационных проектов СГМУ и конкурсе УМНИК. Результатом данной деятельности стала разработка тренажера для освоения кардиохирургических навыков и операций на работающем сердце под названием «Pomor Beating Heart» (PBH).

Тренажером создаются условия работающего сердца (имитация сокращений) за счет гидравлической и



Рис. 1. Рассстановка бригады при OPCAB.
Прим.: аортокоронарное шунтирование OPCAB -off-pump.
Fig. 1. Team setup during OPCAB.
Note: OPCAB - off-pump coronary artery bypass

пневматической системой. При этом сохраняется внутриполостное и внутрисосудистое «кровообращение». Принципиальным отличием от аналогов является использование в качестве объекта хирургического вмешательства биологической модели – свиного сердца, подготовленного в лабораторных условиях. Биологические свойства живой материи позволяют воспроизвести реалистичность условий при выполнении учебных операций на сердце.

Тренажер предназначен для освоения следующих видов операций:

- подключение аппарата искусственного кровообращения;
- коронарное шунтирование на работающем сердце (OPCAB);
- ушивание раны сердца;
- чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ);
- видеоторакоскопическая радиочастотная абляция (РЧА) левого предсердия;
- видеоторакоскопическая резекция ушка левого предсердия.

С целью имитации специфических анатомических ограничений к тренажеру РВН разработаны 3 варианта сменимых бокс-муляжей грудной клетки:

- 1) для выполнения операции OPCAB;
- 2) для выполнения операции миниинвазивного прямого коронарного шунтирования (MIDCAB);
- 3) комбинированный бокс для выполнения операций OPCAB и видеоторакоскопической РЧА левого предсердия с резекцией ушка левого предсердия.

Проанализированы ближайшие аналоги, с позиции практической кардиохирургии учтены особенности, положительные и отрицательные стороны имеющихся тренажеров.

Существующие ближайшие аналоги:

- 1) Небьющееся сердце в грудной клетке (ГЭОТАР, Россия);
- 2) Бьющееся сердце для коронарного шунтирования со вспомогательным оборудованием (ГЭОТАР, Virtumed Россия).

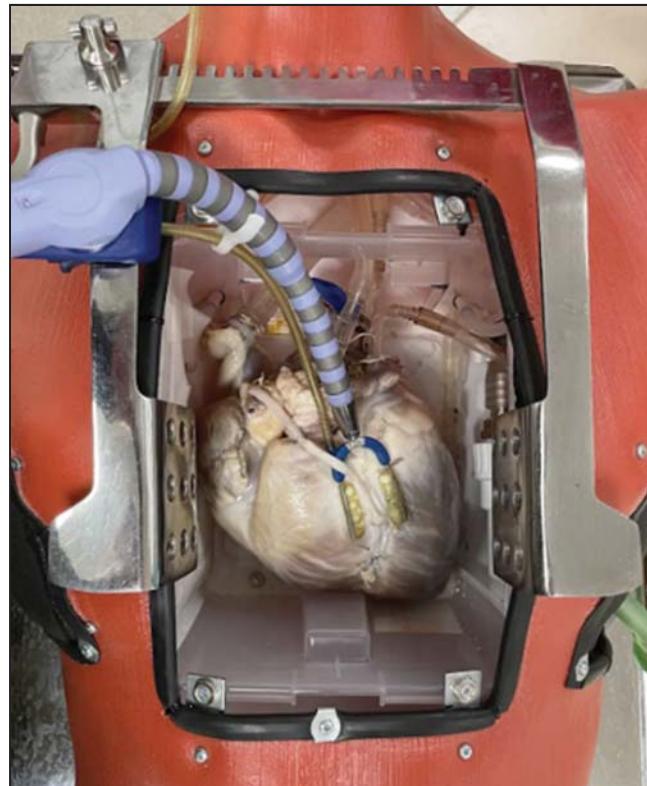


Рис. 2. OPCAB с использованием Pomor Beating Heart.
Прим.: аортокоронарное шунтирование OPCAB -off-pump.
Fig. 2. OPCAB using Pomor Beating Heart.
Note: OPCAB - off-pump coronary artery bypass.

Ученные аналоги тренажеров по данным Роспатента:

- 1) Тренажер для отработки кардиохирургических навыков (патент РФ 218128, опубликован 12.05.23.);
- 2) Тренажер для обучения технике коронарного шунтирования на работающем сердце (патент РФ 2743246, опубликован 16.02.21.);
- 3) Учебная анатомическая модель сердца человека (патент РФ 187284, опубликован 28.02.19.);
- 4) Mechanical model of the cardiovascular system and method of demonstrating the physiology of the cardiovascular system (патент США 20170186341, опубликован 29.06.17.)

Тренажер впервые представлен на обозрение и успешно апробирован в 2024 г. в рамках отборочного этапа СЗФО XXXII Московской Международной студенческой хирургической олимпиады (ММСХО) им. академика М.И. Перељмана (место проведения - г. Архангельск). На конкурсе «Кардиохирургия-2» РВН использовали 16 студентов-стажеров, будущих ординаторов по специальности «сердечно-сосудистая хирургия» из команд медицинских ВУЗов СЗФО. Задание конкурса – выполнить КШ на работающем сердце (OPCAB). На конкурсе «Эндоваскулярная хирургия» (проводился впервые в России) тренажер использовался для выполнения ЧКВ (стентирования правой коронарной артерии), участвовали 8 студентов.

Первым и основным направлением рабочей группы по



Рис. 3. Рассстановка бригады при MIDCAB.
Прим.: MIDCAB - Малоинвазивное прямое аортокоронарное шунтирование.

Fig. 3. Team setup during MIDCAB.
Note: MIDCAB - Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass.

с имитационному обучению в кардиохирургии была операция КШ на работающем сердце (OPCAB). В тренинге использовались принципы, заложенные апологетом off-rhythm хирургии Sergeant Paul [5]. Испытателями процесса стали студенты старших курсов и ординаторы СГМУ. Учебные операции выполнялись на свиных сердцах по принципам «WetLab».

Обучение происходило в следующей последовательности:
1) демонстрация экспертом техники формирования дистального анастомоза с коронарной артерией и proximalного анастомоза с восходящей аортой (аортокоронарное шунтирование, АКШ)
2) самостоятельное выполнение анастомозов на «остановленном» (пустом) сердце
3) самостоятельное выполнение анастомозов на «работающем» сердце с использованием тренажера РВН (рис. 1, 2).

Наиболее анатомически доступной для анастомозирования является передняя нисходящая артерия (ПНА). Первые манипуляции следует выполнять на этой артерии. По мере накопления опыта у курсанта и появления уверенности в исполнении можно переходить от одношунтовых операций к множественному коронарному шунтированию, включая бассейны огибающей артерии (ОА) и правой коронарной артерии (ПКА) в разных комбинациях с применением всех необходимых приемов, использующихся в off-rhythm хирургии (использование стабилизаторов миокарда, временных внутрикоронарных шунтов, глубокого тракционного перикардиального шва). Свиное сердце при должном хранении несмотря на то, что это биологический материал, достаточно неприхотливый орган. Одно сердце, как учебный объект, может использоваться



Рис. 4. Маммарокоронарное шунтирование ПНА через миниторакотомию.
Прим.: ПНА - передняя нисходящая артерий.

Fig. 4. IMA-LAD bypass grafting via Mini-Thoracotomy.
Note: PNA – anterior descending artery.

от 3 до 5 раз. Бассейн ПНА на одном сердце может реваскуляризоваться 5-7 раз. Симуляционный курс по хирургическому лечению ишемической болезни сердца (ИБС) в настоящее время продолжает дорабатываться. Имеющийся опыт небольшой. Всего обучающихся за 2022-2024 гг., кто имел минимум один подход к сердцу, было 20. Из этого числа 5 участников прошли все этапы освоения операции OPCAB. Усложнением курса стала разработка тренажеров для освоения операции MIDCAB. Данные тренажеры также используются в комплексе с РВН. Особенностью их является имитация анатомических ограничений, обусловленных миниторакотомией (рис. 3, 4).

Единого утвержденного стандарта оценки выполнения манипуляций при КШ не существует. Для объективизации успешности исполнения был использован опыт проведения хирургических олимпиад. Основными показателями, которые оценивались экспертами, стали подготовка кондукторов, время формирования анастомоза и длительность всей операции, маршрут шунтов, проходимость анастомоза, наличие или отсутствие стеноза соусьья, герметичность линий шва (табл. 1).

По пяти критериям проводилась оценка 5 курсантов, полностью завершивших цикл обучения. Для представления результатов проводимого тренинга выбрано 2 критерия: время и качество выполнения дистального анастомоза. Для оценки проходимости анастомоза применялся буж 1,5 мм. Герметичность анастомозов проверялась путем наполнения шунта водопроводной окрашенной бриллиантовым зеленым водой. Использовался оценочный коэффициент (К), разработанный для объективизации успешности выполнения задания. К = сумма баллов за

дистальный анастомоз / время выполнения. Анастомозы выполнялись с ПНА в проксимальном и среднем отделах. Средний диаметр артерии в указанных отделах 1,5-1,75 мм. Максимальная оценка за дистальный анастомоз - 4 балла.

В 2024-2025 гг. на базе регионального сердечно-сосудистого центра ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич» (РССЦ) и МСХО «Лигатура» впервые в России проведено два обучающих симуляционных курса «T-Maze training». Общее количество слушателей курса составило 15 человек. Авторским коллективом разработана двухдневная программа, включающая 4 ступени обучения:

- 1) Лекционный курс;
- 2) Тренинг в симуляционном центре;
- 3) Участие в операциях;
- 4) Проведение первой серии операций на рабочем месте с участием опытного хирурга – проктора.

На первой ступени выступали приглашенные эксперты ведущих кардиохирургических центров России, а также региональные специалисты в области аритмологии. Тренинг в симуляционном центре предполагал пошаговый разбор и отработку мануальных, прежде всего эндоскопических, навыков по принципу «от общего к частному». Участники курса имели разный исходный уровень владения эндоскопическими технологиями. Поэтому первоначально отрабатывались базовые навыки в эндоскопической хирургии. Выполнялись следующие упражнения: проведение шнура через кольца в заданном направлении, бимануальное перекладывание колец, вырезание фигуры по контуру, формирование интракорпорального

эндоскопического узла, прошивание тканей с формированием узла (**рис. 5**).

Далее следовал уровень продвинутых навыков. Участниками выполнялись задания, моделирующие конкретные этапы операции T-Maze:

- 1) Обход легочных вен эндоскопическим диссектором «Lumitip»;
- 2) Наложение абляционных щипцов по проводнику на легочные вены;
- 3) Вскрытие перикарда и наложение швов-держалок;
- 4) Резекция ушка левого предсердия линейным шивающе-режущим аппаратом.



Рис. 5. Отработка базовых эндоскопических навыков.
Fig. 5. Basic endoscopic skills training.

Таблица 1. Критерии оценки выполнения операции коронарного шунтирования [5]

Table 1. Criteria for evaluating the performance of coronary bypass grafting

1. Конduit / Conduit	
Перевязка коллатералей / Collateral vessel ligation	1 балл – Перевязаны или прошиты все коллатерали 0 баллов – Не перевязаны/прошиты одна и более коллатералей
Маршрутизация и ориентирование шунтов / Graft Routing and Orientation	1 балл – Оптимальный маршрут 1 балл – Отсутствие натяжения 1 балл – Шунты ориентированы с учетом направления клапанов БПВ 1 балл – Отсутствие кинкинга (плавный угол на изгиба > 100°) 1 балл – Отсутствие ротации более 45°
2. Дистальный анастомоз / Distal anastomosis	
Проходимость / Graft Patency	2 балла – Свободное прохождение бужа 1 балл – Умеренный стеноз – сопротивление при прохождении бужа 0 баллов – Грубый стеноз – анастомоз непроходим для бужа без повреждения стенки сосудов; подхват нитью противоположной стенки
Герметичность / Seal	2 балла – Герметичность или минимальное диффузное «кровотечение» из вколов 1 балл – Умеренное диффузное «кровотечение» 0 баллов – Струйное или выраженное диффузное «кровотечение» по всей линии
3. Проксимальный анастомоз «аорта-вена» / Proximal anastomosis «aorta-vena»	
Проходимость / Graft Patency	2 балла – Свободное прохождение бужа 1 балл – Умеренный стеноз – сопротивление при прохождении бужа 0 баллов – Грубый стеноз – анастомоз непроходим для бужа без повреждения стенки сосудов; подхват нитью противоположной стенки
Герметичность / Seal	2 балла – Герметичность или минимальное диффузное «кровотечение» из вколов 1 балл – Умеренное диффузное «кровотечение» 0 баллов – Струйное или выраженное диффузное «кровотечение» по всей линии



Рис. 6. Укладка сердца в тренажере.
Fig. 6. Cardiac positioning in the simulator.



Рис. 7. Торакоскопическая изоляция ушка левого предсердия.
Fig. 7. Thoracoscopic left atrial appendage excision.



Рис. 8. Участие курсантов в операции T-Maze.
Fig. 8. Basic endoscopic skills training.

С этой целью были разработаны авторские силиконовые модели, на которых выполнялись обход диссектором легочных вен и наложение абляционных щипцов. Вскрытие перикарда происходило на мини-боксе с натянутым свиным перикардом, к которому изнутри прилегал наполненный водой шар. Поставленную задачу необходимо было выполнить без повреждения шара. Резекция ушка левого предсердия проводилась на свином сердце, подключенным к тренажеру РВН (рис. 6). Данный тренажер имитировал сократительную деятельность сердца, а циркулирующая внутри жидкость создавала эффект наполнения, что добавляло опосредованный инструментом тактильный эффект при прошивании ушка. Для оптимального использования сердец с целью тренинга резецировались ушки обоих предсердий (рис. 7).

На 3 этапе программы стало участие курсантов в опера-

циях в качестве ассистентов (рис. 8) и вручение сертификатов при подведении итогов.

После прохождения 3 этапов курсанты возвращались в свою медицинскую организацию и начинали поиск и отбор пациентов для проведения первой серии операций. На основе нашего опыта проведения торакоскопических вмешательств (450 операций), мы рекомендуем придерживаться следующих критериев отбора: возраст меньше 70 лет, женский пол, следует избегать пациентов с ожирением II-III степени, хронической обструктивной болезнью легких и другой тяжелой сопутствующей патологией. При этом каждый выбранный пациент отдельно обсуждался с проктором. Так же проктор помогал сформировать необходимый набор инструментов для проведения операций. После подготовительных этапов (отбор «идеальных» пациентов, формирование набора инструментов) проводилась серия операций (2-5) с участием проктора.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценочные показатели курсантов представлены в таблице 2. Среднее время, затраченное на формирование первого дистального анастомоза (первый подход), составило 20 мин, пятнадцатого анастомоза – 15 мин. С увеличением количества подходов отмечалось улучшение качественных характеристик анастомозов. Так при первых подходах большинством курсантов допущены ошибки в виде заужения анастомоза или прошивания задней стенки с развитием окклюзии в зоне анастомоза. К пятнадцатому повторению большая часть курсантов устранили данную ошибку. Подобная тенденция прослеживалась и в отношении герметичности анастомозов. Перед курсантами не стояло задачи добиться абсолютно сухого поля в области анастомоза,

Таблица 2.**Оценка формирования дистального анастомоза с ПНА**

Table 2.

Evaluation of Distal Anastomosis to LAD

Количество повторений / Number of attempts	Время формирования анастомоза (мин) / Anastomosis Time (Min)	Проходимость дистального анастомоза (балл) / Distal anastomosis patency (Score)	Герметичность дистального анастомоза (балл) / Distal anastomotic seal (Score)	K
Курсант № 1				
1	19	1	1	0,11
5	17	1	1	0,12
10	16	2	1	0,19
15	13	2	2	0,31
Курсант № 2				
1	24	1	1	0,08
5	21	2	1	0,14
10	20	2	2	0,20
15	17	2	2	0,24
Курсант № 3				
1	18	2	1	0,11
5	18	2	1	0,17
10	16	2	2	0,25
15	14	2	2	0,29
Курсант № 4				
1	20	1	1	0,10
5	18	2	1	0,17
10	16	2	1	0,19
15	15	2	1	0,20
Курсант № 5				
1	21	0	0	0
5	19	1	1	0,11
10	17	2	1	0,18
15	16	2	2	0,25

Примечание: ПНА – передняя нисходящая артерий**Note:** LAD – left anterior descending artery**Таблица 3.****Опыт использования тренажера Pomor Beating Heart для освоения мануальных навыков в кардиохирургии**

Table 3.

Training experience with the Pomor Beating Heart simulator for developing cardiac surgical skills

Время проведения	Мероприятие	Название навыка/операции / Type of manipulation	Количество участников / number of participants
Февраль 2024 г.	XXXII ММСХО им. академика М.И. Перельмана, отборочный этап СЗФО (г. Архангельск)	OPCAB	16
		ЧКВ	8
Июль 2024 г.	Кардиокоманда: 2024 Архангельск. Актуальные вопросы кардиоторакальной хирургии (курс «T-Maze training»)	Резекция ушка левого предсердия	8
Март 2025 г.	Учебный курс «Видеоторакоскопические технологии в хирургической аритмологии» («T-Maze training 2», г. Архангельск)	Резекция ушка левого предсердия	7
Май 2025 г.	XV Северная региональная студенческая олимпиада по хирургии (г. Архангельск)	Ушивание раны сердца	2

Примечание: ММСХО – Московская Международная студенческая хирургическая олимпиада, Moscow International Student Surgical Olympiad, ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство.

T-Maze – торакоскопическая радиочастотная абляция левого предсердия, Note: T-Maze thoracoscopic radiofrequency ablation of the left atrium; OPCAB – off-pump coronary artery bypass.

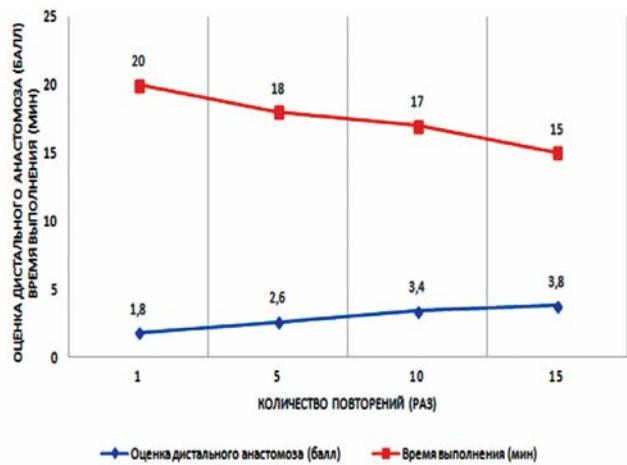


Рис. 9. Оценка формирования дистального анастомоза с ПНА
Fig. 9. Cardiac positioning in the simulator.

однако появление струйного «кровотечения» принималось за ошибку. Тренд положительной динамики изменения качества дистального анастомоза в зависимости от количества повторений манипуляций отражен на графике (рис. 9). На данный момент не разработаны инструменты объективно оценки хода тренинга и результатов освоения навыков при обучении операции торакоскопической РЧА. В таблице 3 отражен суммарный опыт использования разработанных тренажеров на научно-практических мероприятиях в г. Архангельске. После прохождения 4 этапов симуляционного курса «T-Maze training» в 2 кардиохирургических центрах России успешно стартовали операции для лечения изолированной фибрилляции предсердий.

Общероссийская общественная организация «Российское общество симуляционного обучения в медицине» (РОСОМЕД) предложила классификацию уровней реалистичности симуляторов:

1. Визуальный
2. Тактильный
3. Реактивный
4. Автоматизированный
5. Аппаратный
6. Интерактивный
7. Интегрированный

Фабричные тренажеры имеют зарекомендовали себя как универсальные и надежные средства обучения хирургов. К сожалению, тренажеры даже самого высокого класса не позволяют обеспечить высокий уровень тактильных ощущений. Коллектив авторов является сторонниками применения технологии обучения «WetLab». «WetLab» нельзя отнести ни к одному представленному выше уровню: одной стороны он является следующей, восьмой, ступенью, с других позиций занимает промежуточное значение между другими ступенями. Данный подход предполагает работу на

влажном фиксированном или нефиксированном биологическом материале животного происхождения. Биологическая материя сама по себе является готовым средством для отработки навыков. Наша позиция строится на следующем тезисе – только «живое» сердце может в достаточной мере имитировать «живое» сердце. По нашему мнению, использование свиных сердца наиболее полно удовлетворят потребности обучения. Несмотря на кажущуюся проблематичность хранения и использования биоматериала, сердца показывают хорошую износостойкость. Сердца позволяют многократно выполнять манипуляции за один или несколько подходов.

Возможности «WetLab» в кардиохирургии

Изолированное сердце, помещенное в бокс-муляж грудной клетки, создает хорошие условия для выполнения операции в условиях искусственного кровообращения. В таком виде имеется широкий спектр операций, доступные для тренинга:

- Коронарное шунтирование
- Вмешательства клапанах сердца
- Операции при аневризмах восходящей аорты с реконструкцией аортального клапана
- Хирургические коррекции ВПС

Ряд операций выполняется на работающем сердце. К числу таких относятся off-pump коронарное шунтирование, торакоскопическая радиочастотная абляция с резекцией ушка левого предсердия. Для общих и торакальных хирургов, которые часто оказывают неотложную помощь пострадавшим, актуально ушивание ран сердца, аорты и других магистральных сосудов грудной клетки. Указанный перечень вмешательств небольшой, но обеспечение процесса симуляционного обучения становится очень сложной задачей, так как воспроизведение имитации работающего сердца технически трудно осуществимо, особенно в контексте «WetLab».

В 2002 году Reuthebuch O. и соавт., предложили свой вариант тренажера для off-pump хирургии, включающий реплику грудной клетки, насос и искусственное сердце из полиуретана. Отмечается простота использования таких тренажёров, так как не требуется хранение биоматериала [6]. Однако в этом кроется и минус – отсутствие реально-го тактильного эффекта при работе с искусственными материалами. Именно с этой целью был разработан тренажер для освоения кардиохирургических навыков и операций на работающем сердце РВН.

Общие признаки и недостатки аналогов:

- 1) Малореалистичный вид, конструкция из искусственных полимеров, отдаленно напоминающая сердце по физико-техническим и манипуляционным свойствам;
- 2) В некоторых аналогах предусмотрена имитация сердечной деятельности (сокращений) либо только за счет подвижных механических платформ, либо за счет подачи сжатого воздуха компрессором;
- 3) Аналоги не предусматривают одновременную синхронную циркуляцию жидкости внутри камер и сосудов сердца и работу компрессора;

4) Создание искусственных сердец для хирургического тренинга - дорогостоящий процесс. Каждый экземпляр претерпевает значительные физические изменения уже после одного подхода в тренинге, что быстро делает его непригодным и требует замены.

Представленный опыт является очень скромным, тем не менее это первые, но очень важные шаги авторского коллектива в попытках внедрения симуляционного обучения в кардиохирургии с использованием «WetLab» и обобщения имеющихся результатов. Схожие с полученными результатами демонстрировали и зарубежные авторы. Так Feins R. и соавт., указали на отличные итоговые баллы у резидентов, кто прошел учебный модуль с регулярными повторениями манипуляций [7]. Авторы также ставили перед собой цель – поделиться практическими

аспектами организации учебного процесса, и открыты к замечаниям, комментариям и новым идеям.

Стремительное развитие кардиохирургии диктует необходимость освоения меняющихся хирургических технологий. Ступенчатый, детальный подход в обучении минимально инвазивной хирургии – залог успеха получения хороших результатов лечения. Наилучший способ симуляции – WetLab. Для обучения операциям на сердце, выполняемых без ИК, требуются специализированные и высокотехнологичные устройства. Симулятор РВН может стать устройством, полностью удовлетворяющим требованиям симуляционного обучения в кардиохирургии. Доступность, универсальность, реалистичные манипуляционные и гемодинамические характеристики РВН могут качественно улучшить подготовку молодых специалистов. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Макаров А.И., Сорокин Р.О. и др. Регламент отборочного этапа Северо-Западного ФО 32 Московской Международной студенческой хирургической олимпиады им. академика М.И. Перельмана. Режим доступа: https://psv4.userapi.com/s/v1/d/AziJuwX28f3mY8g2wqe_LsnMEll7iuSOU1MDBAx8pOSXwwlQQJIXEdHfEby7pu_9ISs8GKJqRUJGjXMdnvZMiyDj-SESGM-kc-mDMjezwnU11o5egeWcA/32_SZFO_Reglament_V_2_0.pdf. (дата обращения: 14.07. 2025)
- Noly Pierre E., Rubens Fraser D., Maral O. Cardiac surgery training in Canada: Current state and future perspectives. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017; 154 (3): 998-1005. PMID: 28495057. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.04.010>.
- Mehaffey Hunter J., Irving K. General principles of teaching cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022;164(6): e487-e490. PMID: 35989119. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2022.07.023](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2022.07.023)
- Song W, Yuan-hao F, Hong Z, et al. Simulation Training in Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass

Grafting. *The Heart Surgery Forum.* 2020; 23 (6): 774-780. PMID: 33234215. DOI: [10.1532/hsf.3185](https://doi.org/10.1532/hsf.3185)

5. Sergeant Paul. Experience, insights and techniques for cardiac surgeons and their teams. OPCAB Procedure Guide. Medtronic. Available at: <https://europe.medtronic.com/content/dam/medtronic-com/us-en/hcp/therapies-conditions/cardiovascular/mics-therapy/documents/opcab-procedure-sergeant-guide-us-en.pdf>. (accessed: 14.07.2025)

6. Reuthebuch O., Lang A., Groscruth P., et al. Advanced training model for beating heart coronary artery surgery: the Zurich heart-trainer. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 22 (2002) 244–248. PMID: 12142193. DOI: [10.1016/s1010-7940\(02\)00269-5](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00269-5).

7. Feins Richard H., Burkhardt Harold M., Conte John V., et al. Simulation-Based Training in Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2017; 103: 312–321. PMID: 27570162. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2016.06.062](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.06.062).

REFERENCES

- Makarov A.I., Sorokin R.O., et al. Regulations of the Selection Stage for the Northwestern Federal District at the 32nd Moscow International Student Surgical Olympiad Named After Academician M.I. Perelman. Available at: https://psv4.userapi.com/s/v1/d/AziJuwX28f3mY8g2wqe_LsnMEll7iuSOU1MDBAx8pOSXwwlQQJIXEdHfEby7pu_9ISs8GKJqRUJGjXMdnvZMiyDj-SESGM-kc-mDMjezwnU11o5egeWcA/32_SZFO_Reglament_V_2_0.pdf. (accessed: 14.07.2025) [In Russ].
- Noly Pierre-Emmanuel, Rubens Fraser D., Ouzounian Maral. Cardiac surgery training in Canada: Current state and future perspectives. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017; 154 (3): 998-1005. PMID: 28495057. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2017.04.010](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.04.010)
- Mehaffey Hunter J., Kron Irving. General principles of teaching cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022 Dec; 164 (6): e487-e490. PMID: 35989119. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2022.07.023](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2022.07.023)
- Wu Song, Fu Yuan-hao, Zhao Hong, et al. Simulation Training in Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass

Grafting. *The Heart Surgery Forum.* 2020; 23 (6): 774-780. PMID: 33234215. DOI: [10.1532/hsf.3185](https://doi.org/10.1532/hsf.3185)

5. Sergeant Paul. Experience, insights and techniques for cardiac surgeons and their teams. OPCAB Procedure Guide. Medtronic. Available at: <https://europe.medtronic.com/content/dam/medtronic-com/us-en/hcp/therapies-conditions/cardiovascular/mics-therapy/documents/opcab-procedure-sergeant-guide-us-en.pdf>. (accessed: 14.07.2025)

6. Reuthebuch O., Lang A., Groscruth P., et al. Advanced training model for beating heart coronary artery surgery: the Zurich heart-trainer. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 22 (2002) 244–248. PMID: 12142193. DOI: [10.1016/s1010-7940\(02\)00269-5](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00269-5).

7. Feins Richard H., Burkhardt Harold M., Conte John V., et al. Simulation-Based Training in Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2017; 103: 312–321. PMID: 27570162. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2016.06.062](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.06.062).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сорокин Роман Олегович [ORCID: 0000-0003-0835-4244] - ассистент, ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич», отделение кардиохирургии, сердечно-сосудистый хирург 163001, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Суворова, 1 ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» МЗ РФ, г. Архангельск кафедра клинического моделирования и симуляционных навыков. 163001, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Троицкий, 51

Афонин Борис Олегович [ORCID: 0000-0002-6022-1126] - сердечно-сосудистый хирург, ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич», отделение кардиохирургии. 163001, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Суворова, 1

Шонбин Алексей Николаевич [ORCID: 0000-0002-1361-7945] - заведующий отделением кардиохирургии, к.м.н. ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич». 163001, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Суворова, 1

Сорванова Ирина Сергеевна [ORCID: 0009-0003-2561-4025] - кафедра хирургии, клинический ординатор, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» МЗ РФ, г. Архангельск 163001, Российской Федерации, г. Архангельск, ул. Троицкий, 51

Быстров Дмитрий Олегович [ORCID: 0000-0002-4909-4381] - зам. главного врача, руководитель регионального сердечно-сосудистого центра, сердечно-сосудистый хирург, к.м.н. ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волосевич» 163001, Российской Федерации, г. Архангельск, ул. Суворова, 1

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск кафедра хирургии, доцент 163001, Российской Федерации, г. Архангельск, ул. Троицкий, 51

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Финансирование. 1. Грант в конкурсе на лучшие проекты молодых ученых по приоритетным направлениям научного и инновационного развития ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава РФ (договор №427 от 29.04.22.)

2. Грант на выполнение научно-исследовательских работ и оценку перспектив коммерческого использования результатов в рамках реализации инновационного проекта ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в конкурсе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК») (договор/соглашение № 18490ГУ/2023 от 21.08.23.)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR INFORMATION FORM

Roman O. Sorokin [ORCID: 0000-0003-0835-4244] - MD, Assistant, SBHI of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich», Cardiovascular Surgeon, 1, Suvorova St., Arkhangelsk, Russian Federation, 163001 Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Department of Clinical Modeling and Simulation Skills 1, Troitsky Ave., Arkhangelsk, Russian Federation, 163000

Boris O. Afonin [ORCID: 0000-0002-6022-1126] - MD, Cardiovascular Surgeon, SBHI of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich» 1, Suvorova St., Arkhangelsk, Russian Federation, 163001

Alexey N. Shonbin [ORCID 0000-0002-1361-7945] - MD, PhD, Head of the Department of Cardiac Surgery, SBHI of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich» 1, Suvorova St., Arkhangelsk, Russian Federation, 163001

Irina S. Sorvanova [ORCID: 0009-0003-2561-4025] - Department of Surgery, Resident, SBHI of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich» 1, Troitsky Ave., Arkhangelsk, Russian Federation, 163000

Dmitry O. Bystrov [ORCID 0000-0002-4909-4381] - Cardiovascular Surgeon, Deputy Chief Medical Officer, Head of the Regional Cardiovascular Center 1, Suvorova St., Arkhangelsk, Russian Federation, 163001 SBHI of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich» Associate Professor, Department of Surgery, FSBEI of HE «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation 1, Troitsky Ave., Arkhangelsk, Russian Federation, 163000

Contribution: All authors contributed equally to the preparation of the publication.

Funding: 1. Grant in the competition for the best projects of young scientists in priority areas of scientific and innovative development FSBEI of HE «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Agreement No.4266 dated 04/29/2022)

2. Grant for research and evaluation of the prospects for commercial use of the results within the framework of the innovative project of the FSBEI-institution «Fund for Assistance to the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical field» in the competition «Uchastnik molodezhnogo nauchno-innovacionnogo konkursa» («УМНИК») (contract/agreement No. 18490GU/2023 dated 08/21/2023)

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest