 © Авторы статьи / Authors of the article

ХИРУРГИЯ/SURGERY

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.31 EDN: VEWHCZ

ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕНАЖЁРОВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАВЫКОВ ЗАВЯЗЫВАНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ УЗЛОВ

Обзор

Кашихин А.А.[1], Полиданов М.А.[2,] *, Капралов С.В.[3], Масляков В.В.[4], Волков К.А.[5], Данилов А.Д.[6], Гржибовский А.М.[7]

[1] ORCID : 0009-0006-0644-7278;
[2] ORCID : 0000-0001-7538-7412;
[3] ORCID : 0000-0001-5859-7928;
[4] ORCID : 0000-0001-6652-9140;
[5] ORCID : 0000-0002-3803-2644;
[7] ORCID : 0000-0002-5464-0498;

[1, 2, 7] Университет «Реавиз», Санкт-Петербург, Российская Федерация
[3, 4, 5, 6] Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Саратов, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (maksim.polidanoff[at]yandex.ru)

Предложена: 13.08.2026; Принята: 21.09.2026; Опубликована: 17.11.2026

Аннотация

Цель. Обобщить и критически оценить отечественный и зарубежный опыт в области создания и применения тренажёров для отработки навыков завязывания хирургических узлов, а также обосновать конструкцию оригинального тренажёра с регулируемой степенью натяжения модели раны.

Материал и методы. Проведён систематический поиск и анализ патентной документации в базах ФИПС, Espacenet и WIPO PATENTSCOPE по профильным ключевым словам и классам МПК G09B 23/28, A61B 17/00 за период 1980–2025 гг., а также обзор научной и учебно-методической литературы в eLibrary, PubMed и Scopus за 1976–2025 гг. Критериями включения являлись наличие описания конкретных конструктивных решений, экспериментальных данных по эффективности обучения и принадлежность к рецензируемым изданиям. Использованы сравнительно-сопоставительный и структурно-функциональный методы анализа, элементы аналитической механики.

Результаты и обсуждение. Прослежена эволюция отечественных разработок от самодельных кафедральных приспособлений к электронным системам с обратной связью (RU 211256), интраоперационным измерительным приборам (RU 2283027, RU 64887) и настольным платформам базовых навыков (RU 2801337 C1, RU 2717071 C1). Проанализированы зарубежные патенты (US 4789340 A1, US 6398557 B1, EP 3510587 B1) и доказательная база симуляционного обучения (рандомизированные испытания, систематические обзоры, OSATS, FLS, концепция осознанной практики). Рассмотрены биомеханика хирургического узла и геометрия натяжения. Систематизированы материалы, имитирующие ткани (силикон, эластичная резина), и принципы подбора несущих элементов. Показано, что ни одна из известных разработок не обеспечивает простого и наглядного изменения натяжения модели раны путём варьирования угла между держателями. Наиболее перспективным признан подход, реализованный в полезной модели RU 232 267 U1: регулировка угла между стержнями в диапазоне от 0 до 120 градусов в сочетании со сменными эластичными материалами, имитирующими сосудистую стенку и кожный покров, при сохранении предельной простоты и многоразовости конструкции.

Выводы. Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о необходимости комплексного подхода к проектированию тренажёров для отработки хирургических узлов. Системная интеграция управляемой геометрии натяжения и открытой материаловедческой платформы в единой механической конструкции может стать основой для создания отечественного образца тренажёра, превосходящего зарубежные аналоги по эффективности, доступности и эргономичности.

Ключевые слова: хирургический узел, тренажёр, симуляционное обучение, натяжение, геометрия натяжения, хирургическое образование, мануальные навыки, эластичные материалы, полезная модель, медицинское образование.

A REVIEW OF DOMESTIC AND INTERNATIONAL EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND USE OF SIMULATORS FOR PRACTISING SURGICAL KNOT-TYING SKILLS

Review article

Kashikhin A.A.[1], Polidanov M.A.[2,] *, Kapralov S.V.[3], Maslyakov V.V.[4], Volkov K.A.[5], Danilov A.D.[6], Grjibovski A.M.[7]

[1] ORCID : 0009-0006-0644-7278;
[2] ORCID : 0000-0001-7538-7412;
[3] ORCID : 0000-0001-5859-7928;
[4] ORCID : 0000-0001-6652-9140;
[5] ORCID : 0000-0002-3803-2644;
[7] ORCID : 0000-0002-5464-0498;

[1, 2, 7] University "Reaviz", Saint-Petersburg, Russian Federation
[3, 4, 5, 6] Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation

 © Авторы статьи / Authors of the article

* Corresponding author (maksim.polidanoff[at]yandex.ru)

Suggested: 13.08.2026; Accepted: 21.09.2026; Published: 17.11.2026

Abstract

Objective. To summarise and critically evaluate domestic and international experience in the development and use of simulators for practising surgical knot-tying skills, and to substantiate the design of an original simulator with an adjustable level of tension in the wound model.

Materials and Methods. A systematic search and analysis of patent documentation was carried out in the FRS, Espacenet and WIPO PATENTSCOPE databases using relevant keywords and IPC classes G09B 23/28, A61B 17/00 for the period 1980–2025, as well as a review of scientific and educational literature in eLibrary, PubMed and Scopus for the period 1976–2025. The inclusion criteria were the presence of a description of specific design solutions, experimental data on teaching effectiveness, and publication in peer-reviewed journals. Comparative and structural-functional methods of analysis, as well as elements of analytical mechanics, were used.

Results and Discussion. The evolution of domestic developments has been traced, from homemade chair attachments to electronic systems with feedback (RU 211256), intraoperative measuring devices (RU 2283027, RU 64887) and desktop platforms for basic skills (RU 2801337 C1, RU 2717071 C1). Foreign patents (US 4789340 A1, US 6398557 B1, EP 3510587 B1) and the evidence base for simulation-based training (randomised trials, systematic reviews, OSATS, FLS, the concept of deliberate practice) have been analysed. The biomechanics of the surgical assembly and the geometry of tension were examined. Materials simulating tissues (silicone, elastic rubber) and the principles for selecting load-bearing elements were systematised. It is demonstrated that none of the known designs allows for a simple and intuitive adjustment of the tension in the wound model by varying the angle between the holders. The approach implemented in utility model RU 232 267 U1 is recognised as the most promising: adjustment of the angle between the rods within a range of 0 to 120 degrees, combined with interchangeable elastic materials that mimic the vascular wall and skin, whilst maintaining the utmost simplicity and reusability of the design.

Conclusions. Domestic and international experience highlights the need for a complex approach to the design of simulators for practising surgical knots. The systematic integration of controlled tension geometry and an open materials science platform within a single mechanical structure could form the basis for the development of a domestic simulator model that surpasses its foreign counterparts in terms of effectiveness, affordability and ergonomics.

Keywords: surgical node, training device, simulation training, tension, tension geometry, surgical training, manual skills, elastic materials, utility model, medical education.

Введение

Проблема формирования и закрепления мануальных хирургических навыков у студентов медицинских вузов, ординаторов и слушателей курсов повышения квалификации остаётся одной из центральных в системе подготовки хирургических кадров на протяжении более чем столетия. Традиционная модель обучения, восходящая к холстедовской традиции и лаконично выраженная формулой "see one, do one, teach one", предполагала, что обучающийся сначала наблюдает манипуляцию в исполнении наставника, затем выполняет её сам под присмотром и, наконец, передаёт навык младшему коллеге [12]. Эта модель, блестяще оправдавшая себя в эпоху становления современной хирургии, обнаружила принципиальную уязвимость в условиях современного медицинского права, пациентоориентированной этики и растущей сложности хирургических технологий: первичное выполнение манипуляции на живом пациенте перестало восприниматься как допустимая педагогическая норма. Завязывание хирургических узлов является базовым, фундаментальным навыком, без которого невозможно выполнение ни одной хирургической операции — от простейшего ушивания раны до сложнейших реконструктивных вмешательств на сосудах и паренхиматозных органах, — и именно поэтому оно оказалось в эпицентре перехода от холстедовской модели к модели структурированной симуляционной подготовки.

Статистика хирургических осложнений свидетельствует о том, что недостаточная отработка навыков завязывания узлов на доклиническом этапе обучения приводит к интраоперационным ошибкам: соскальзыванию лигатур, недостаточному натяжению шовного материала, повреждению тканей чрезмерным затягиванием узла и, как следствие, к послеоперационным кровотечениям и несостоятельности швов [19], [20]. Современная доктрина медицинского образования исходит из того, что каждый мануальный навык должен отрабатываться на тренажёре до достижения автоматизма и объективно оцениваться по стандартизированным критериям перед допуском к работе с пациентом. Масштабные исследования последнего двадцатилетия, обобщённые в систематических обзорах по симуляционному обучению, убедительно продемонстрировали, что структурированная тренажёрная подготовка достоверно снижает число технических ошибок в операционной и ускоряет формирование устойчивого моторного навыка [14], [15]. Эти обстоятельства определяют устойчивый и растущий спрос на компактные, доступные и функциональные тренажёры, позволяющие обучающемуся самостоятельно и многократно отрабатывать технику завязывания узлов вне операционной и вне строгого расписания симуляционного центра.

Зарубежные и отечественные исследования в области тренажёров хирургического профиля ведутся с конца восьмидесятых годов двадцатого века и охватывают широкий спектр направлений — от биомеханики хирургического узла до разработки промышленных настольных платформ и электронных систем с обратной связью. Настоящий обзор систематизирует этот опыт, прослеживает эволюцию конструкторских решений и оценивает перспективы их практического применения. Отечественные и зарубежные наработки анализируются не ради самого анализа, а как эмпирическая база для последующего проектирования оригинального образца тренажёра. Приоритетным видится такой подход, при котором в едином конструктивном решении объединяются управляемая геометрия натяжения,

 © Авторы статьи / Authors of the article

сменные биомиметические материалы и предельная механическая простота — это позволит превзойти существующие аналоги по эффективности и доступности.

Цель работы — обобщить и критически оценить отечественный и зарубежный опыт в области создания и эксплуатации тренажёров, предназначенных для отработки навыков завязывания хирургических узлов, и обосновать конструкцию оригинального тренажёра с регулируемой степенью натяжения модели раны.

Методы и принципы исследования

В рамках систематического обзора изучены патентные документы, опубликованные в базах данных ФИПС (Роспатент), Espacenet и WIPO PATENTSCOPE, а также научные и учебно-методические публикации, индексируемые в eLibrary, PubMed и Scopus, опубликованные в интервале с 1976 по 2025 год. Для поиска использовались следующие ключевые слова: "тренажёр хирургический", "завязывание узлов", "surgical knot tying trainer", "surgical suture simulator", "knot tying practice device", "surgical knot tying education", "simulation-based surgical training", "surgical skills laboratory", "manual dexterity training"; патентный поиск осуществлялся по классам МПК G09B 23/28 и A61B 17/00 за период с 1980 по 2025 год.

Отбор источников проводился по трём критериям: наличие описания конкретных конструктивных особенностей тренажёров либо применяемых материалов; наличие экспериментальных данных по эффективности обучения; принадлежность публикации к рецензируемым журналам, официальным патентным ведомствам либо нормативно-технической документации. Аналитическая обработка материала строилась на сравнительно-сопоставительном и структурно-функциональном методах, а также на элементах аналитической механики при интерпретации взаимодействия нити с моделью раны.

Основные результаты

Проектирование эффективного тренажёра невозможно без чёткого представления о том, как формируется и закрепляется мануальный навык завязывания узла и какие конструктивные параметры определяют педагогическую ценность устройства. В этом отношении значимую роль сыграли классические работы по симуляционному обучению. Систематический обзор S.B. Issenberg и соавторов, выполненный в рамках методологии BEME, установил, что ключевыми факторами эффективной симуляции являются повторяемость практики, наличие обратной связи и возможность постепенного усложнения заданий [13]. Обзор W.C. McGaghie и соавторов закрепил вывод о том, что симуляционное обучение при соблюдении этих условий превосходит традиционные формы клинической подготовки по ряду измеримых исходов [14]. Рандомизированные исследования N.E. Seymour и соавторов [16] и T.P. Grantcharov и соавторов [15] продемонстрировали перенос навыка, сформированного на тренажёре, в реальную операционную. Теоретическим фундаментом этих подходов служит концепция осознанной практики K.A. Ericsson и соавторов, согласно которой экспертный уровень навыка достигается не простым накоплением часов, а структурированным повторением с постепенным повышением сложности и контролем результата [18], а стандартизация оценки мануальных навыков обеспечена методикой OSATS [17] и программой FLS, включившей интракорпоральное завязывание узлов в число обязательных стандартизированных заданий. Эти положения непосредственно обосновывают конструктивные требования к тренажёру: он должен обеспечивать многократное повторение, градуированное усложнение и наглядную обратную связь.

История отечественных разработок в области тренажёров для отработки хирургических навыков насчитывает несколько десятилетий, однако её ранний период практически не отражён в патентной литературе и реконструируется преимущественно по кафедральной традиции: кафедры оперативной хирургии использовали самодельные конструкции из деревянных брусков, вбитых гвоздей и бельевых резинок, что позволяло сформировать первичный моторный навык, однако не обеспечивало ни стандартизации условий обучения, ни возможности дозированного изменения натяжения, ни объективного контроля качества завязанного узла. Качественный перелом наступил в двухтысячных годах, когда в структуре российских медицинских вузов начали создаваться аккредитационно-симуляционные центры, предъявившие к тренажёру принципиально новые требования: тиражируемость, стандартизацию, многоразовость, гигиеническую обрабатываемость и компактность.

Первым значимым отечественным патентным документом в рассматриваемой области является патент RU 211256, в котором предложено устройство для отработки хирургических узлов, содержащее элементы для наложения узлов, датчик силы затягивания узла, датчик контроля положения узла в пространстве, устройство анализа данных и дисплей, расположенные на общем основании; элементы для наложения узлов жёстко закреплены на тензодатчике, закреплённом на штоке, подвешенном при помощи радиально расположенных пружин, а вес тензодатчика компенсируется противовесом [2]. Несмотря на очевидную новизну и высокую информативность обратной связи, данная конструкция обнаруживает ряд принципиальных ограничений: крайне сложная конструкция делает устройство дорогим в производстве и сложным в обслуживании, жёсткое закрепление элементов исключает быструю замену модели ткани, а необходимость калибровки датчиков и наличия электропитания делает устройство непригодным для автономной работы студента вне симуляционного центра. Более существенно то, что конструкция не предусматривает возможности изменять натяжение путём изменения угла между элементами фиксации, что лишает обучающегося наглядного механического ощущения «геометрии натяжения» [2].

Следующим этапом стала разработка, защищённая патентом RU 2283027, предназначенная для измерения степени натяжения тканей и размера грыжевых ворот и содержащая две шарнирно соединённые бранши, прямые фиксирующие иглы и измерительное пружинное устройство [3]. Критический анализ выявляет, что данное устройство, будучи предназначенным для интраоперационных измерений, не является тренажёром в полном смысле слова: оно требует обязательной обработки после каждого применения — дезинфекции, предстерилизационной очистки, стерилизации, — что может повлечь нарушение его целостности и получение ложных результатов, а инвазивный характер фиксирующих игл делает его непригодным для массового учебного процесса [3]. Известно также устройство

 © Авторы статьи / Authors of the article

для определения усилий натяжения сшиваемых краёв раны во время хирургических операций (патент RU 64887), включающее корпус, шток с пружиной, указатель и измерительную шкалу и изготовленное из нержавеющей стали [4]. Недостатком данного устройства является его неудобство в использовании и сложная конструкция: прибор ограничен функцией измерения и не обеспечивает формирования собственно моторного навыка завязывания узла [4].

К современному поколению отечественных разработок относится патент RU 2801337 C1, раскрывающий тренажёр для отработки базовых хирургических навыков и отражающий устойчивый интерес отечественных разработчиков к настольным платформам для базовой хирургической подготовки [21]; в том же ряду документов, формирующих уровень техники, следует назвать патент RU 2717071 C1, относящийся к средствам тренировки хирургических манипуляций [5]. Сопоставление этих документов показывает, что отечественная конструкторская мысль последовательно двигалась от измерительных приборов интраоперационного назначения к настольным тренировочным платформам, однако ни на одном из этапов не была решена задача простого и наглядного изменения натяжения модели раны путём варьирования угла между держателями.

Параллельно с патентными разработками на отечественном рынке учебных пособий сформировался сегмент промышленных тренажёров, представленных, в частности, продукцией компании ГЭОТАР-Мед. Тренажёр для отработки навыков вязания узлов и кожного шва (артикул SI-S-KTA-01) представляет собой настольную платформу с крючком, прозрачным цилиндром с крючком в глубине и параллельно натянутыми трубками; в комплект входит двухцветный шнурок, имитирующий увеличенную нить, а платформа крепится к рабочей поверхности с помощью встроенных присосок [9]. Аналогичную компоновку имеет тренажёр для вязания узлов разных типов (артикул SI-S-KTB-01), предназначенный для отработки техники вязания узлов, в том числе в ограниченном пространстве и на глубине [10]. Недостатком обоих устройств является сложность конструкции и отсутствие возможности изменять натяжение путём изменения угла между элементами фиксации: множество разнородных приспособлений создаёт громоздкую систему, не позволяющую сосредоточиться на одном конкретном навыке, а присоски ограничивают выбор рабочей поверхности и затрудняют перенос тренажёра [9], [10]. Наиболее близким к заявляемому решению из числа промышленных образцов является тренажёр для отработки базовых хирургических навыков завязывания узлов с натяжением ТБН-1.03, содержащий платформу, эластичные трубки для отработки правильного завязывания узла на тканях под натяжением, крючок для завязывания узла, цилиндрическое углубление для навыка работы в глубине и двухцветную нить [11]. Недостатком данного устройства является то, что оно не имеет возможности изменять натяжение при помощи изменения угла между элементами фиксации: эластичные трубки закреплены стационарно, и обучающийся не может варьировать степень натяжения модели раны, что ограничивает формирование навыка работы с тканями различной упругости [11].

Обращение к зарубежному опыту является методологической необходимостью, поскольку именно в рамках программ симуляционного обучения ведущих медицинских школ мира были сформулированы количественные критерии освоения мануальных навыков и внедрены в серийное производство первые образцы специализированных тренажёров. Одним из ранних документов этого направления является патент US 4789340 A1 (1988), представляющий собой механическое приспособление с фиксированными элементами для закрепления нити; конструкция не предусматривает возможности изменения натяжения или угла расположения элементов, однако сам факт появления такого документа свидетельствует о назревании парадигмального сдвига: от тренировки «на пациенте» к тренировке «на устройстве» [6]. Следующим хронологическим этапом является патент US 6398557 B1 (2002), описывающий устройство для тренировки хирургических навыков, включающее платформу с элементами для фиксации нити и имитации тканей; тем не менее конструкция сохраняет статическую геометрию рабочего поля, и натяжение модели задаётся единожды при сборке [7]. Наиболее современным зарубежным аналогом является патент EP 3510587 B1 (2024), описывающий тренажёр для отработки навыков наложения швов и завязывания узлов с элементами регулировки натяжения; появление этого документа за считанные месяцы до приоритетной даты российской полезной модели наглядно подтверждает, что проблема регулируемого натяжения модели раны стала осознаваться мировой конструкторской общественностью как актуальная, однако европейское решение ориентировано преимущественно на лапароскопическую хирургию и не обеспечивает возможности изменения угла между держателями в широком диапазоне, необходимом для имитации различных клинических ситуаций открытой хирургии [8].

Понимание механики хирургического узла является необходимым условием осознанного проектирования тренажёра. С механической точки зрения узел характеризуется силой натяжения нити, силой трения между витками и суммарным углом обхвата нити, а условие устойчивости узла описывается капстанным уравнением (формулой Эйлера—Эйтельвейна): удерживающая сила связана с натяжением нагруженной ветви экспоненциальной зависимостью от произведения коэффициента трения на суммарный угол обхвата. Практический смысл этой зависимости огромен: каждый дополнительный полуузел экспоненциально увеличивает устойчивость узла, тогда как снижение коэффициента трения гладких синтетических нитей требует компенсации путём увеличения числа полуузлов. Именно поэтому классические экспериментальные исследования прочности хирургических узлов, среди которых основополагающей является работа H. Tera и C. Åberg, изучавших прочность на разрыв двенадцати типов хирургических узлов на различных шовных материалах, неизменно подчеркивают взаимосвязь типа узла, числа полуузлов и физико-механических свойств нити [19]. Для формирования академического узла необходимы два последовательных полуузла, завязанных в противоположных направлениях; при завязывании обоих полуузлов в одном направлении формируется неустойчивый «бабий узел», а врачебная петля с дополнительным оборотом нити в первом полуузле применяется при работе с тканями под высоким натяжением. Биомеханика взаимодействия нити с тканью показывает, что оптимальная сила затягивания хирургического узла составляет доли и единицы ньютонов, при этом превышение порога приводит к прорезыванию нити через ткань, а недостаточное затягивание — к несостоятельности лигатуры; отсюда вытекает важнейшее педагогическое требование: тренажёр должен позволять формировать навык дозированного усилия, что может быть удовлетворено только при наличии регулируемого сопротивления модели раны.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Рассмотрение геометрии натяжения составляет физическую основу собственной разработки авторов. Два стержня длиной L, закреплённые на платформе с возможностью изменения угла θ между ними, несут на верхних концах крючки, между которыми натянута эластичная нить модели раны; при увеличении угла расстояние между крючками возрастает, и приращение длины нити пропорционально синусу половины угла: $\Delta L \approx 2 \cdot L \cdot \sin(\theta/2)$. Следовательно, сила упругого натяжения нити, подчиняющаяся закону Гука для малых деформаций, возрастает с углом по синусоидальному закону: $F(\theta) = F_0 + k \cdot 2 \cdot L \cdot \sin(\theta/2)$, где F_0 — начальное натяжение, k — коэффициент жёсткости эластичного материала. Для стержней длиной 20 см и диапазона углов от 0 до 120 градусов приращение расстояния между крючками достигает 34,6 см, что обеспечивает многократное изменение натяжения и создаёт широкий педагогически значимый градиент сопротивления. В момент полного натяжения на стержни действуют две силы: сила перемещения стержней F_2 и сила натяжения упругого материала F_L; в результате они уравновешивают друг друга, по величине одинаковы и направлены в противоположные стороны, что обеспечивает статическую устойчивость конструкции. Сочетание регулируемой геометрии натяжения и сменных эластичных материалов различных модулей упругости воспроизводит на тренажёре двумерное пространство тренировочных условий «натяжение × жёсткость ткани»: силиконовая нить с низким модулем упругости демпфирует усилие мягко, подобно сосудистой стенке, тогда как резиновая нить с более высоким модулем упругости отвечает жёстче, подобно коже, охватывая основные клинические ситуации, с которыми хирург сталкивается при завязывании узлов.

Материаловедческий анализ показывает, что силикон (полидиметилсилоксан) с модулем упругости порядка долей и единиц мегапаскалей оптимален для имитации сосудистой стенки: материал сохраняет эластичность при десятках тысяч циклов деформации, химически инертен и биосовместим; эластичная резина с более высоким модулем упругости имитирует кожный покров и отличается низкой стоимостью и высокой прочностью на разрыв. Эластичные трубки закрепляются на крючках стержней без применения клея, что превращает тренажёр в открытую материаловедческую платформу. Металлические стержни из нержавеющей стали или алюминиевого сплава обеспечивают коррозионную стойкость и жёсткость при длине 20 см, а Т-образная платформа из древесины или полимерного композита обеспечивает устойчивость конструкции за счёт удержания проекции центра тяжести внутри контура опоры при любых направлениях прикладываемых усилий. Градиент нитей — от двухцветного шнурка увеличенного диаметра для начального этапа к реальным шовным материалам (шёлк, полиамид, полипропилен) для продвинутого этапа — образует дополнительную педагогическую ступень, естественно встраиваемую в конструкцию.

Обобщая отечественные и зарубежные наработки, можно заключить, что к середине двадцатых годов двадцать первого века назрела объективная необходимость в создании простого, компактного и доступного тренажёра, позволяющего изменять степень натяжения модели раны путём варьирования угла между держателями, не требующего сложного обслуживания и обеспечивающего возможность многократной отработки навыков завязывания хирургических узлов различными способами. Именно эта задача решена в полезной модели RU 232267 U1, зарегистрированной в марте 2025 года [1]. В тренажёре, содержащем платформу с установленным на ней приспособлением, включающим держатели с моделью раны из эластичного материала, держатели выполнены в виде двух стержней с крючками на одном из концов, на которых закреплена модель раны, при этом концы стержней закреплены на платформе крючками вверх с помощью крепёжных элементов и выполнены с возможностью регулировки положения стержней относительно друг друга и фиксации в нужном положении [1]. Платформа имеет Т-образную форму, стержни выполнены из металла длиной 20 см, а в качестве эластичного материала используются сменные материалы, имитирующие ткань человеческого тела: силиконовые эластичные трубки имитируют сосуды, а резиновые эластичные трубки имитируют кожный покров [1].

Новизна разработки заключается не в экзотике отдельных элементов, а в их функциональном сочетании: простейшие элементы организованы в систему, обладающую качественно новым свойством — управляемой геометрией натяжения. Новыми элементами, не имеющими аналогов в известных технических решениях, являются выполнение держателей в виде двух стержней с крючками, обеспечивающих изменение угла между ними от 0 до 120 градусов; реализация изменения натяжения модели раны исключительно путём механической регулировки положения стержней без применения пружин, противовесов или электронных систем; Т-образная форма платформы, обеспечивающая устойчивость при боковых усилиях; возможность фиксации стержней в любом промежуточном положении. Иллюстративный расчёт показывает количественные возможности конструкции: при коэффициентах жёсткости силиконовой трубки $k_1 \approx 15$ Н/м и резиновой трубки $k_2 \approx 40$ Н/м прирост силы натяжения для угла 60° составляет около 3 Н для силикона и около 8 Н для резины, а для угла 120° — около 5,2 Н и около 13,8 Н соответственно; таким образом, переход от нулевого угла к максимальному изменяет сопротивление модели раны в несколько раз, а замена силикона на резину смещает весь градиент в сторону более жёстких тканей, что полностью соответствует педагогической логике постепенного усложнения. Разработанное устройство расширяет арсенал существующих устройств подобного назначения, оно компактно, просто в обращении, стерилизуется путём погружения в антисептические растворы и представляет собой эргономичную многофункциональную платформу, предназначенную для студентов медицинских вузов, ординаторов и слушателей курсов повышения квалификации [1].

Сопоставление рассмотренных разработок убедительно свидетельствует в пользу оригинальности и педагогической состоятельности собственной разработки авторов: ни одна из рассмотренных конструкций не обеспечивает одновременного выполнения требований простоты, компактности, регулируемости натяжения путём изменения угла и доступности для массового учебного процесса. Ранние отечественные патенты ограничиваются сложными электронными системами или интраоперационными измерениями [2], [3], [4], зарубежные патенты и промышленные образцы предлагают статические конструкции без регулировки угла [7], [8], [9], и лишь собственная разработка авторов объединяет механическую простоту с функциональной регулируемостью. Существенно и то, что регулируемый градиент натяжения получен не усложнением устройства, а остроумной геометрической организацией

 © Авторы статьи / Authors of the article

простейших элементов, то есть развитие функциональности пошло по пути, противоположному пути предшественников, наращивавших сложность ради частичного решения той же задачи.

Заключение

Проведённый анализ свидетельствует о том, что отечественные и зарубежные исследования в области тренажёров для отработки хирургических узлов охватывают широкий спектр направлений: электронные системы с обратной связью и интраоперационные измерительные приборы (Россия), механические тренировочные приспособления и настольные платформы (США, Европа), доказательную базу симуляционного обучения (США, Канада, Великобритания) и стандартизированные системы оценки мануальных навыков (OSATS, FLS). Наибольший прогресс достигнут в области настольных платформ с эластичными элементами и в накоплении доказательной базы эффективности тренажёрной подготовки.

Вместе с тем, несмотря на значительные усилия, ни одна из существующих разработок не обеспечивает комплексного решения, объединяющего все ключевые педагогические требования: регулируемый градиент натяжения, сменные биомиметические материалы, универсальность по отношению ко всем основным типам узлов, компактность, многоразовость и доступность для массового учебного процесса. Большинство решений ориентированы на один-два аспекта, что в условиях современного медицинского образования представляется недостаточным.

Перспективным направлением является системная интеграция управляемой геометрии натяжения, открытой материаловедческой платформы и стандартизированной педагогической методики в единой механической конструкции. Именно такой подход, реализованный в полезной модели RU 232267 U1, позволит создать тренажёр, обеспечивающий многоуровневое формирование навыка при сохранении простоты и доступности, и может быть положен в основу отечественного образца, превосходящего зарубежные аналоги.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку методических комплексов, включающих тренажёр, набор сменных эластичных трубок различной жёсткости с паспортными характеристиками, нити различных калибров и видеоинструкции; интеграцию простейшего механического индикатора натяжения; разработку сменных модулей для отработки завязывания узлов в углублении и в ограниченном пространстве; а также проведение педагогического исследования эффективности тренажёра в сравнении с традиционными методами обучения на основе рандомизированного контролируемого испытания с использованием методологии OSATS.

Финансирование

Работа поддержана грантом Фонда содействия инновациям (конкурс «Студенческий стартап» (очередь 7), раздел Н2 «Медицина и технологии здоровьесбережения», заявка СтС-623114 от 17.03.2026, Договор №4399ГСССС27/117511 от 10.09.2026).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was supported by a grant from the Foundation for Assistance to Innovation (the "Student Startup" competition (stage 7), section H2 "Medicine and Health-Preserving Technologies", application StS-623114 dated 17.02.2026, Contract No. 4399GSSS27/117511 dated 10.09.2026).

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Капралов С.В. Тренажер для отработки навыков завязывания хирургических узлов : пат. 232267 РФ / С.В. Капралов, М.А. Полиданов, А.Д. Данилов [и др.]; заявитель и патентообладатель С.В. Капралов [и др.]. — № 2025102222; заявл. 2025-02-03; опубл. 2025-03-04. — 9 с.

2. Мареев О.В. Тренажер для отработки хирургических узлов : пат. 211256 РФ / О.В. Мареев, Г.О. Мареев, З.З. Балкизов [и др.] ; заявитель и патентообладатель О.В. Мареев [и др.]. — № 2021133618; заявл. 2021-11-18; опубл. 2022-05-26. — 11 с.

3. Речковский Л.Р. Устройство для измерения степени натяжения тканей и размера грыжевых ворот : пат. 2283027 РФ / Л.Р. Речковский, А.Н. Чугунов; заявитель и патентообладатель Л.Р. Речковский [и др.]. — № 2005104661/14; заявл. 2005-02-15; опубл. 2006-09-10. — 6 с.

4. Зайцев А.Б. Устройство для определения усилий натяжения сшиваемых краев раны во время хирургических операций : пат. 64887 РФ / А.Б. Зайцев, А.В. Воробьев, А.В. Иванов; заявитель и патентообладатель А.Б. Зайцев [и др.]. — № 2007110041/22; заявл. 2007-03-19; опубл. 2007-07-27. — 1 с.

5. Шаматкова С.В. Тренажер по освоению мануальных навыков при формировании хирургических узлов : пат. 2717071 РФ, МПК G09B 23/28 / С.В. Шаматкова, Д.В. Лосев, А.О. Смирнова; заявитель и патентообладатель С.В. Шаматкова [и др.]. — № 2019126403; заявл. 2019-08-20; опубл. 2020-03-17. — 15 с.

6. Zikria B.A. Surgical student teaching aid : pat. 4789340 US, MPK G09B 23/28 / B.A. Zikria; the applicant and the patentee B.A. Zikria. — № US07/086,533; appl. 1987-08-18; publ. 1988-12-06. — 8 p.

7. Hoballah J.J. Devices, methods and kits for training in surgical techniques : pat. 6398557 US, MPK G09B 23/28 / J.J. Hoballah; the applicant and the patentee J.J. Hoballah. — № US09/398,992; appl. 1999-09-17; publ. 2002-06-04. — 19 p.

8. Novokhatskiy I. Surgical simulator : pat. 3510587 EP, MPK G09B 23/28 / I. Novokhatskiy; the applicant and the patentee I. Novokhatskiy. — № EP17783702.8; appl. 2017-09-06; publ. 2024-11-06. — 16 p.

 © Авторы статьи / Authors of the article

9. Тренажёр для отработки навыков вязания узлов и кожного шва : артикул SI-S-KTA-01 // ГЭОТАР-Мед. — URL: https://www.geotar-med.ru/catalog/trenazheryi-i-fantomyi/trenazher-dlya-otrabotki-navyikov-vyazaniya-uzlov-i-kozhnogo-shva.html (дата обращения: 03.02.2025).

10. Тренажёр для вязания узлов разных типов : артикул SI-S-KTB-01 // ГЭОТАР-Мед. — URL: https://www.geotar-med.ru/catalog/trenazheryi-i-fantomyi/trenazher-dlya-vyazaniya-uzlov.html (дата обращения: 03.02.2025).

11. Тренажёр для отработки базовых хирургических навыков завязывания узлов с натяжением ТБН-1.03. — URL: https://rstdy.ru/shop/trenazher-dlya-otrabotki-bazovyh-hirurgicheskih-navykov-zavyazyvaniya-uzlov-tbn-1-03/ (дата обращения: 03.02.2025).

12. Halsted W.S. The training of the surgeon / W.S. Halsted // Johns Hopkins Hospital Bulletin. — 1904. — Vol. 15. — P. 267–275.

13. Issenberg S.B. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review / S.B. Issenberg, W.C. McGaghie, E.R. Petrusa [et al.] // Medical Teacher. — 2005. — Vol. 27. — № 1. — P. 10–28.

14. McGaghie W.C. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009 / W.C. McGaghie, S.B. Issenberg, E.R. Petrusa, R.J. Scalese // Medical Education. — 2010. — Vol. 44. — № 1. — P. 50–63.

15. Grantcharov T.P. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training / T.P. Grantcharov, V.B. Kristiansen, J. Bendix [et al.] // British Journal of Surgery. — 2004. — Vol. 91. — № 2. — P. 146–150.

16. Seymour N.E. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study / N.E. Seymour, A.G. Gallagher, S.A. Roman [et al.] // Annals of Surgery. — 2002. — Vol. 236. — № 4. — P. 458–464.

17. Martin J.A. Objective structured assessment of surgical technical skills (OSATS) / J.A. Martin, G. Regehr, R. Reznick [et al.] // British Journal of Surgery. — 1997. — Vol. 84. — № 2. — P. 273–278.

18. Ericsson K.A. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance / K.A. Ericsson, R.T. Krampe, C. Tesch-Römer // Psychological Review. — 1993. — Vol. 100. — № 3. — P. 363–406.

19. Tera H. Tensile strengths of twelve types of knot employed in surgery, using different suture materials / H. Tera, C. Åberg // Acta Chirurgica Scandinavica. — 1976. — Vol. 142. — № 1. — P. 1–7.

20. Гостищев В.К. Общая хирургия : учебник / В.К. Гостищев. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. — 736 с.

21. Пучков К.В. Тренажер для отработки базовых хирургических навыков : пат. 2801337 РФ, МПК G09B 23/28 / К.В. Пучков, Д.В. Лосев, И.А. Галынский; заявитель и патентообладатель ООО «Новые технологии Плюс». — № 2022130631; заявл. 2022-11-25; опубл. 2023-08-07. — 15 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kapralov S.V. Trenazher dlya otrabotki navykov zavyazyvaniya khirurgicheskih uzlov [Surgical knot tying skills trainer] : pat. 232267 Russian Federation / S.V. Kapralov, M.A. Polidanov, A.D. Danilov [et al.]; the applicant and the patentee S.V. Kapralov [et al.]. — № 2025102222; appl. 2025-02-03; publ. 2025-03-04. — 9 p. [in Russian]

2. Mareev O.V. Trenazher dlya otrabotki hirurgicheskih uzlov [Surgical knot training simulator] : pat. 211256 Russian Federation / O.V. Mareev, G.O. Mareev, Z.Z. Balkizov [et al.] ; the applicant and the patentee O.V. Mareev [et al.]. — № 2021133618; appl. 2021-11-18; publ. 2022-05-26. — 11 p. [in Russian]

3. Rechkovsky L.R. Ustrojstvo dlya izmereniya stepeni natyazheniya tkanej i razmera gryzhevyh vorot [Device for measuring tissue tension and hernia gate size] : pat. 2283027 Russian Federation / L.R. Rechkovsky, A.N. Chugunov; the applicant and the patentee L.R. Rechkovskij [et al.]. — № 2005104661/14; appl. 2005-02-15; publ. 2006-09-10. — 6 p. [in Russian]

4. Zaitsev A.B. Ustrojstvo dlya opredeleniya usilij natyazheniya sshivaemyh kraev rany vo vremya hirurgicheskih operacij [Device for determining tension forces of sutured wound edges during surgical operations] : pat. 64887 Russian Federation / A.B. Zaitsev, A.V. Vorobyov, A.V. Ivanov; the applicant and the patentee A.B. Zajcev [et al.]. — № 2007110041/22; appl. 2007-03-19; publ. 2007-07-27. — 1 p. [in Russian]

5. Shamatkova S.V. Trenazher po osvoeniyu manual'nyh navykov pri formirovanii hirurgicheskih uzlov [Simulator for mastering manual skills in surgical knot formation] : pat. 2717071 Russian Federation, MPK G09B 23/28 / S.V. Shamatkova, D.V. Losev, A.O. Smirnova; the applicant and the patentee S.V. Shamatkova [et al.]. — № 2019126403; appl. 2019-08-20; publ. 2020-03-17. — 15 p. [in Russian]

6. Zikria B.A. Surgical student teaching aid : pat. 4789340 US, MPK G09B 23/28 / B.A. Zikria; the applicant and the patentee B.A. Zikria. — № US07/086,533; appl. 1987-08-18; publ. 1988-12-06. — 8 p.

7. Hoballah J.J. Devices, methods and kits for training in surgical techniques : pat. 6398557 US, MPK G09B 23/28 / J.J. Hoballah; the applicant and the patentee J.J. Hoballah. — № US09/398,992; appl. 1999-09-17; publ. 2002-06-04. — 19 p.

8. Novokhatskiy I. Surgical simulator : pat. 3510587 EP, MPK G09B 23/28 / I. Novokhatskiy; the applicant and the patentee I. Novokhatskiy. — № EP17783702.8; appl. 2017-09-06; publ. 2024-11-06. — 16 p.

9. Trenazhyor dlya otrabotki navykov vyazaniya uzlov i kozhnogo shva [Simulator for practicing knot tying and skin suture skills] : article SI-S-KTA-01 // GEOTAR-Med. — URL: https://www.geotar-med.ru/catalog/trenazheryi-i-fantomyi/trenazher-dlya-otrabotki-navyikov-vyazaniya-uzlov-i-kozhnogo-shva.html (accessed: 03.02.2025). [in Russian]

10. Trenazhyor dlya vyazaniya uzlov raznykh tipov [Simulator for tying various types of knots] : article SI-S-KTB-01 // GEOTAR-Med. — URL: https://www.geotar-med.ru/catalog/trenazheryi-i-fantomyi/trenazher-dlya-vyazaniya-uzlov.html (accessed: 03.02.2025). [in Russian]

 © Авторы статьи / Authors of the article

11. Trenazhyor dlya otrabotki bazovykh khirurgicheskikh navykov zavyazyvaniya uzlov s natyazheniem TBN-1.03 [Simulator for practicing basic surgical skills of tying knots with tension TBN-1.03]. — URL: https://rstdy.ru/shop/trenazher-dlya-otrabotki-bazovyh-hirurgicheskih-navykov-zavyazyvaniya-uzlov-tbn-1-03/ (accessed: 03.02.2025). [in Russian]

12. Halsted W.S. The training of the surgeon / W.S. Halsted // Johns Hopkins Hospital Bulletin. — 1904. — Vol. 15. — P. 267–275.

13. Issenberg S.B. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review / S.B. Issenberg, W.C. McGaghie, E.R. Petrusa [et al.] // Medical Teacher. — 2005. — Vol. 27. — № 1. — P. 10–28.

14. McGaghie W.C. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009 / W.C. McGaghie, S.B. Issenberg, E.R. Petrusa, R.J. Scalese // Medical Education. — 2010. — Vol. 44. — № 1. — P. 50–63.

15. Grantcharov T.P. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training / T.P. Grantcharov, V.B. Kristiansen, J. Bendix [et al.] // British Journal of Surgery. — 2004. — Vol. 91. — № 2. — P. 146–150.

16. Seymour N.E. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study / N.E. Seymour, A.G. Gallagher, S.A. Roman [et al.] // Annals of Surgery. — 2002. — Vol. 236. — № 4. — P. 458–464.

17. Martin J.A. Objective structured assessment of surgical technical skills (OSATS) / J.A. Martin, G. Regehr, R. Reznick [et al.] // British Journal of Surgery. — 1997. — Vol. 84. — № 2. — P. 273–278.

18. Ericsson K.A. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance / K.A. Ericsson, R.T. Krampe, C. Tesch-Römer // Psychological Review. — 1993. — Vol. 100. — № 3. — P. 363–406.

19. Tera H. Tensile strengths of twelve types of knot employed in surgery, using different suture materials / H. Tera, C. Åberg // Acta Chirurgica Scandinavica. — 1976. — Vol. 142. — № 1. — P. 1–7.

20. Gostishchev V.K. Obshchaya khirurgiya [General Surgery] : textbook / V.K. Gostishchev. — 5th edition, revised and enlarged. — Moscow : GEOTAR-Media, 2022. — 736 p. [in Russian]

21. Puchkov K.V. Trenazher dlya otrabotki bazovykh khirurgicheskikh navykov [Simulator for practicing basic surgical skills] : pat. 2801337 Russian Federation, MPK G09B 23/28 / K.V. Puchkov, D.V. Losev, I.A. Galynsky; the applicant and the patentee LLC "New Technologies Plus". — № 2022130631; appl. 2022-11-25; publ. 2023-08-07. — 15 p. [in Russian]