

УДК: 617.5-089

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Екимова Дарья Михайловна, Шарова Светлана Алексеевна

Кафедра анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России
Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. В последние десятилетия хирургическая практика претерпела значительные изменения, благодаря внедрению высоких технологий, которые позволяют получить более точное представление об анатомии человека. Данная статья посвящена применению трехмерного моделирования анатомических структур, что становится всё более актуальным методом, необходимым для успешного планирования и проведения сложных хирургических операций. **Цель исследования** – анализ возможности применения технологий трехмерного моделирования в области хирургии, оценка перспектив развития данного метода в медицине. **Материал и методы.** Анализ научных публикаций, статей и результатов исследований, связанных с применением трехмерного моделирования в области хирургии. **Результаты.** Получены сведения возможности использования трехмерного моделирования при планировании хирургических операций. Выявлены основные перспективы развития данной технологии в медицине. **Выводы.** Трехмерное моделирование анатомических структур является неотъемлемой частью современного хирургического планирования. Его применение способствует улучшению качества и безопасности медицинских вмешательств, повышению эффективности хирургической практики и улучшению клинических исходов для пациентов. Перспективы дальнейшего применения и развития трехмерных моделей в хирургии требуют внимания и дополнительных исследований для максимального раскрытия их потенциала. **Ключевые слова:** трехмерное моделирование, хирургия, КТ, МРТ.

THREE-DIMENSIONAL MODELING OF ANATOMICAL STRUCTURES FOR PLANNING COMPLEX SURGICAL OPERATIONS

Ekimova Daria Mikhailovna, Sharova Svetlana Alekseevna

Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery

Ural State Medical University

Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. In recent decades, surgical practice has undergone significant changes due to the introduction of high technologies that allow us to obtain a more accurate representation of human anatomy. This article is devoted to the use of three-dimensional modeling of anatomical structures, which is becoming an increasingly relevant method necessary for successful planning and performance of complex surgical operations. **The aim of the study** is to analyze the possibility of using three-dimensional modeling technologies in surgery, to assess the prospects for the development of this method in medicine. **Material and methods.** Analysis of scientific publications, articles and research results related to the use of three-dimensional modeling in surgery. **Results.** Information was obtained on the possibility of using three-dimensional modeling in planning surgical operations. The main prospects for the development of this technology in medicine were identified. **Conclusions.** Three-dimensional modeling of anatomical structures is an integral part of modern surgical planning. Its applying helps to improve the quality and safety of medical interventions, increase the effectiveness of surgical practice and improve clinical outcomes for patients. Prospects for further use and development of three-dimensional models in surgery require attention and additional research to maximize their potential. **Keywords:** three-dimensional modeling, surgery, CT, MRI.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы трехмерные модельные технологии сделали значительный шаг вперед, предоставляя хирургам и специалистам в области медицины новые возможности для изучения и визуализации анатомических структур. Основными методами, используемыми для

создания трехмерных моделей, являются компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Трехмерное моделирование предоставляет хирургам уникальную возможность предварительного визуального анализа анатомических особенностей пациента, что необходимо при планировании сложных хирургических операций, таких как резекции опухолей, трансплантация органов, реконструкция их функций и т.д.

На сегодняшний день трехмерное моделирование остается предметом активных исследований, целью которых является продолжение разработки более совершенных методов визуализации и проектирования, а также интеграции этих технологий в повседневную практику. Таким образом, дальнейшие исследования в данной области могут привести к значительным улучшениям в качестве хирургической помощи [1].

Цель исследования – опираясь на научную литературу, проанализировать возможность использования технологий трехмерного моделирования в планировании сложных хирургических операций. Оценить преимущества и недостатки 3D-моделирования в области медицины, а также перспективы развития данного метода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведение анализа научной литературы в виде публикаций, статей и исследований на темы, связанные с применением трехмерного моделирования в области хирургии. Изучение способа создания 3D-модели и перспектив их применения в различных областях медицины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Компьютерная томография зарекомендовала себя как один из самых распространенных методов для получения детализированных изображений костных структур и мягких тканей. КТ позволяет получать серии поперечных срезов, которые затем обрабатываются с использованием специального программного обеспечения для создания трехмерной модели. Единственным недостатком этого метода для компьютерного моделирования является то, что на снимках, полученных при КТ, достаточно сложно выделить мягкие ткани и жидкости. Однако более жесткая костная ткань на таких томограммах просматривается очень четко, что позволяет использовать их для создания качественных пациент-ориентированных моделей [2]. Это особенно полезно в случаях, когда необходимо выявить анатомические взаимосвязи костей черепа, синусов и зубных структур, что имеет особое значение при планировании хирургических вмешательств, таких как удаление опухолей или восстановление после травм [3, 4].

Магнитно-резонансная томография предоставляет возможность визуализировать мягкие ткани, включая мозг, нервные структуры и сосуды, что не всегда охватывается КТ. МРТ также позволяет получать изображения без использования ионизирующего излучения, что особенно важно для пациентов, нуждающихся в неоднократных обследованиях.

Процесс преобразования изображений в трехмерные модели включает несколько этапов. Первым этапом является сбор данных с помощью современных методов медицинской визуализации – КТ и МРТ. Следующим шагом является сегментация полученных изображений. Этот процесс включает в себя выделение отдельных анатомических объектов, таких как органы, сосуды или опухоли. После завершения сегментации 3D-модели визуализируются и подготавливаются к дальнейшему анализу.

Одним из ярких примеров успешного применения трехмерного моделирования является планирование нейрохирургических операций на опухолях головного мозга. Традиционные методы визуализации, такие как двухмерные КТ и МРТ, не всегда обеспечивают необходимой информации о сложной анатомии мозга и окружающих структур [4]. Использование трехмерных моделей позволяет хирургам лучше понять взаимное расположение очага заболевания и сосудов, что минимизирует риск опасных осложнений во время операции. Исследования показывают, что при планировании операции на основании

трехмерных моделей, количество осложнений значительно снижается, а время пребывания пациентов в стационаре сокращается [5-7].

Такой вид диагностики позволяет на дооперационном этапе определиться с хирургической стратегией и тщательно отработать последовательность действий при оперативном вмешательстве.

Другим примером успешного внедрения трехмерного моделирования является дентальная имплантология. Применение трехмерных моделей позволяет точно определить положение имплантов и учитывать анатомию челюсти [8]. Это помогает избежать возможных осложнений, таких как повреждение нервов или синусов, что существенно улучшает процесс выздоровления пациентов после операций [9].

Кроме того, применение трехмерных моделей в реконструктивной хирургии тоже показало свои преимущества. Хирурги могут использовать персонализированные модели для планирования сложных операций, таких как восстановление мягких тканей или костей после травм [10, 11].

3D-модели сердца, напечатанные в реальных размерах, служат тренажерами, на которых кардиохирурги отрабатывают этапы операции в каждом сложном и нетипичном случае, и даже могут помочь в подборе донорского сердца в зависимости от веса пациента. Значительно проще и нагляднее становится общение с пациентом или родителями (в детской хирургии), обсуждение анатомических особенностей врожденного порока сердца, либо другой патологии, а также хода операции. Такой подход является шагом к персонализированному лечению каждого пациента [12].

Однако, несмотря на позитивные результаты, важно отметить, что внедрение трехмерного моделирования требует дополнительных ресурсов — как временных, так и материальных, которые включают в себя необходимость обучения медицинского персонала, приобретения необходимого программного обеспечения и оборудования. Тем не менее, результаты, полученные в ходе успешных операций, подтверждают целесообразность инвестиций в трехмерные технологии для повышения качества медицинской помощи [13].

Несмотря на значительные достижения в области трехмерного моделирования анатомических структур в хирургической практике, остаются важные направления для дальнейших исследований и развития этих технологий.

Одним из наиболее перспективных направлений является улучшение существующих алгоритмов для сегментации и обработки изображений. Современные методы, основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении, обладают потенциалом значительно улучшить точность и скорость создания трехмерных моделей. Будущее исследований здесь лежит в разработке более совершенных нейронных сетей, которые смогут автоматически выделять анатомические структуры, минимизируя влияние человеческого фактора и уменьшая время, необходимое для подготовки модели [14].

Другое важное направление включает в себя исследование интеграции трехмерного моделирования с дополненной реальностью (AR) и виртуальной реальностью (VR). Дополненная реальность (AR) — это технология, которая накладывает цифровые элементы на реальный мир, позволяя пользователю взаимодействовать с виртуальными объектами в реальном времени. В контексте медицины AR симуляции предлагают возможность создавать виртуальные модели анатомии, медицинских процедур и даже пациентов, предоставляя пользователю возможность взаимодействовать с ними. AR симуляции могут принимать форму 3D моделей органов, хирургических инструментов, а также сценариев, имитирующих тяжелые клинические ситуации. Это дает возможность медицинским работникам отрабатывать свои навыки без риска для реальных пациентов. Также технологии дополненной реальности могут применяться интраоперационно. Например, Autoplan — система хирургической навигации, предназначенная для планирования оперативного вмешательства и интраоперационного контроля. Она позволяет детально планировать хирургическое

вмешательство с помощью построения анатомической 3D-модели внутренних органов на основе объёмного изображения снимков МРТ и КТ пациента. Технология основана на проекции положения 3D-модели по отношению к телу человека и гарантирует точное определение места расположения патологии.

Системы VR могут предоставить хирургам возможность взаимодействовать с трехмерными моделями в режиме реального времени, что создает новые возможности для обучения и планирования операций. Развитие этого направления может привести к улучшению навыков молодых специалистов и помогать хирургам в точном воспроизведении сложных вмешательств. Например, создание обучающих симуляций на базе трехмерных моделей позволит сочетать теоретические знания с практическим опытом [15].

Перспективы дальнейших исследований также могут быть связаны с внедрением трехмерного моделирования в качестве инструмента для оценки анатомических изменений при прогрессирующих заболеваниях. Это может быть востребовано, например, в онкологии, где регулярное наблюдение за пациентами с опухолями требует детальной оценки изменений размеров и локализации образований. Исследования в рамках данной области смогут реализовать персонализированный подход к лечению, основываясь на актуальных данных о состоянии пациента.

ВЫВОДЫ

1. Трехмерное моделирование позволяет получить более точное представление о сложной анатомии пациента. По сравнению с традиционными методами визуализации, такими как двухмерные рентгеновские снимки или КТ и МРТ, трехмерные модели обеспечивают хирургов точной информацией о взаимном расположении важных структур. Хирурги, использующие 3D-модели, могут более эффективно визуализировать анатомические структуры пациента и заранее предугадывать возможные трудности, что непосредственно влияет на минимизацию операционных рисков и улучшение исходов вмешательств.

2. Использование трехмерных моделей способствует значительному снижению времени на подготовку к операции. Хирурги могут заранее детально познакомиться с анатомией пациента, что сокращает время вмешательства и обеспечивает более быстрый доступ к целевым участкам. Согласно изученным данным, абсолютно все учреждения, внедрившие трехмерное моделирование, отметили сокращение времени на операции и повышение уверенности в своих действиях во время вмешательства.

3. Трехмерное моделирование имеет огромный потенциал в области обучения студентов. Виртуальные модели предоставляют молодым специалистам возможность изучать анатомию и практиковаться на моделях до того, как они приступят к реальным операциям. Это не только ускоряет процесс обучения, но и значительно повышает уровень подготовки будущих врачей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Попель, Г.А. Диагностика врожденных сосудистых мальформаций наружной локализации/ А.В. Воробей, И.А. Давидовский, М.Т. Воевода, А.И. Рогатен и др. // Новости хирургии. – 2016. – Т.24. №4. – С. 407-416.
2. Кочегаров, А. А. Аддитивные 3D-технологии в оперативной травматологии / А. А. Кочегаров, С. Э. Маркина // Физика. Технологии. Инновации: тезисы докладов VII Международной молодежной научной конференции, посвященной 100-летию Уральского федерального университета (Екатеринбург, 18–22 мая 2020 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – С. 924-925.
3. Кадолич, Ж.В. Применение трехмерных технологий для индивидуального эндопротезирования височно-нижнечелюстного сустава/ А.П.Бобович, Д. А. Довгало, А. А. Кашперов, С. В. Зотов //Полимерные материалы и технологии. – 2023. – Т. 9. №23. – С. 68-77.
4. Итинсон, К.С. Роль симуляционных образовательных технологий в формировании профессиональных компетенций будущих врачей/ В.М. Чиркова//Балтийский гуманитарный журнал. – 2019. – Т.8 №4 (29). – С. 71-73.
5. Олизаревич, М.В. Микрохирургические вмешательства на позвоночнике с использованием компьютерного расчета и графической визуализации/ П.С. Ремов // Новости хирургии. – 2016. – Т. 24. №6. – С. 592-600.
6. 3D-печать в медицине/М.И.Лобанова, Д. В. Овчинников, И. С. Железняк [и др.]/Известия российской военно-медицинской академии. – 2019. – Т. 38, №4. – С. 201-206.
7. Климовский, С.Д. Применение трехмерного моделирования и печати в нейрохирургическом и эндоваскулярном лечении пациентов с интракраниальными аневризмами/Г.Г. Газарян, М.Д. Кричман//Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2024. –Т. 19, №1. – С. 99-105.

8. Аддитивные технологии в медицине: учебное пособие / В. В. Попов, Г. В. Муллер-Камский, С. И. Степанов [и др.] – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2023. – 92 с.
9. Чижмаков, Е.А. Имедиант-протез с напечатанным зубным рядом из полиметилметакрилата и базисом из полиэтилентерефталата: клинический случай/ Е.Г. Жеребцов, М.А. Галанкина, А.С. Арутюнов //Клиническая стоматология. – 2023. – Т. 26. (№3. – С. 100-109.
10. Соловьев, В.М. и др. Технология построения твердотельных моделей бедренных костей на основе данных компьютерной томографии//Изв. Сарат. Ун-та. – 2010. – Т.10. – С. 81-87.
11. Баиндурашвили, А.Г. Применение трехмерной печати в хирургии позвоночника и другой костной патологии/ С.В. Виссарионов, М.С. Познович, А.В. Овечкина и др. //Современные проблемы науки и образования. – 2019. –№6.
12. Заводовский, К. В. Возможности технологии 3D-печати в предоперационной оценке особенностей анатомии дефекта межжелудочковой перегородки и аномалии развития правого желудочка/ Е. В. Кривошеков, К. С. Бразовский, А. А. Лежнев и др.// Russian Electronic Journal of Radiology. – 2018. – Т.8. №1. – С.194-201.
13. Алипов, В.В. Компьютерное моделирование в экспериментальной морфологии и хирургии/В.В.Алипов //Морфология. – 2019. –Т.155, №2. – С. 14-15.
14. Коробкеев, А.А. Клиническая и компьютерно-томографическая диагностика индивидуальных позиций медиальных резцов у людей с физиологической окклюзией/ Д. А. Доменюк, С. В. Дмитриенко, Я.А. Коробкеева, В. М. Гринин, В.В. Шкарин //Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 15. №1. – С. 97-102.
15. Ванюшко, В.Э, В. В. Фадеев. Узловой зуб (клиническая лекция) // Эндокринная хирургия. – 2012. – №4. – С. 11-16.

Сведения об авторах

Д.М. Екимова* – студент

С.А. Шарова – старший преподаватель

Information about the authors

D.M. Ekimova* – Student

S.A. Sharova – Senior Lecturer

***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

ekimovad2005@gmail.com

УДК: 616.717.7

ПЕРЕЛОМЫ КОСТЕЙ ЗАПЯСТЬЯ У ДЕТЕЙ: СЕРИЯ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

Киселева Ксения Владимировна¹, Слукина Анастасия Евгеньевна¹, Гордиенко Иван Иванович^{1,2}

¹Кафедра детской хирургии

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России,

²ГАУЗ СО «Детская городская клиническая больница № 9»

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Переломы костей запястья – редкая травма для детского возраста. Диагностика таких повреждений у детей часто представляет значительные сложности и требует дополнительных методов визуализации, включая компьютерную и магнитно-резонансную томографию. На сегодняшний день не существует единого подхода к лечению переломов костей запястья у детей, хотя в научной литературе описано множество консервативных методов и способов остеосинтеза. **Цель исследования** – изучить структуру переломов костей запястья у детей, проанализировать варианты хирургической тактики, оценить результаты оперативного лечения. **Материал и методы.** Представлена серия случаев переломов костей запястья у детей, пролеченных на базе травматологических отделений ДГКБ №9 за период с 2021 по 2024 год. В исследование включено 5 пациентов в возрасте от 9 до 16 лет – 3 пациента с переломом ладьевидной кости (60%), 1 пациент с переломом крючковидной кости (20%), и 1 пациент с переломом кости-трапеции (20%). **Результаты.** Всем пациентам в исследуемой выборке было показано оперативное лечение. В трех случаях (60%), пациентам с переломами кости-трапеции, ладьевидной и крючковидной костей, выполнена фиксация костных отломков спицами Киршнера. Двум пациентам с переломами ладьевидной кости (40%) потребовалась открытая репозиция и остеосинтез канюлированным винтом. Оценка отдаленных результатов лечения показала, что во всех случаях удалось добиться удовлетворительного функционального результата. **Выводы.** Переломы костей запястья у детей требуют тщательной диагностики и индивидуального подхода к выбору метода лечения. Оперативное вмешательство показано при переломах со смещением и диастазом костных отломков более 1 мм, а также при переломах проксимального полюса ладьевидной кости. Своевременное хирургическое лечение и ранняя активная реабилитация позволяют минимизировать риск осложнений и восстановить функцию лучезапястного сустава в полном объеме.

Ключевые слова: переломы костей запястья, остеосинтез, дети.

WRIST FRACTURES IN CHILDREN: A CASE SERIES