

МЕТОДЫ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНАТОМИИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ

А. В. Колсанов, А. К. Назарян, В. Д. Иванова, Б. И. Яремич, С. С. Чаплыгин,
Р. Р. Юнусов, М. Б. Хайкин
ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Самара, Россия

В статье рассматриваются новые методы 3D-моделирования и визуализации кровеносных сосудов, применяемые как в клинической практике, так и в научной деятельности. Трехмерная визуализация ветвления магистральных сосудов позволяет более эффективно планировать тактику оперативного лечения и имеет большое клиническое значение для подготовки хирурга к нестандартным ситуациям во время операции. 3D-модели, полученные таким образом, можно будет использовать в разработке виртуальных тренажеров, что немаловажно для начинающих врачей.

Ключевые слова: 3D-моделирование, анатомия кровеносных сосудов, трехмерная реконструкция, 3D-сканирование, виртуальные технологии.

© The authors, 2014

Virtual Simulation Methods in the Study of Blood Vessels' Anatomy

This article discusses new methods of 3D-modeling and visualization of vessels used in clinical practice and in research activities. Three-dimensional visualization of the branching of the main blood vessels to better planning and tactics of surgical treatment has important clinical implications for the training of the surgeon to non-standard situations during surgery. 3D-models can be used in the development of virtual simulators, which is important for novice doctors.

Keywords: 3D-modeling, vascular anatomy, three-dimensional reconstruction, 3D-scanning, virtual technology.

Новые методы визуализации с использованием 3D-моделирования являются значительным шагом в развитии анатомии и ангиологии. На основании данных, полученных при проведении спиральной КТ, с использованием контрастного вещества, 3D-сканирования и специального программного обеспечения стало возможной очень точная реконструкция сосудистого русла.

Трехмерная реконструкция, которая уже используется в клинической практике (преобразование файлов DICOM в трехмерную модель при спиральной КТ, МРТ, 3D-УЗИ), станет незаменимой при диагностике, выборе метода лечения и прогнозировании исходов того или иного вмешательства [12].

Немаловажную роль трехмерная реконструкция органов играет в образовательной среде: интерактивность и виртуальные срезы делают анатомию простой, эффективной, привлекательной и легко доступной восприятию студентов.

История изучения клинической анатомии сосудов начинается с глубокой древности и связана с именами Гиппократ, Галена, А. Паре, Везалия и др. Несомненно, огромный вклад в изучение магистральных сосудов внес Н.И. Пиро-

гов. А. Каррель в начале XX в. впервые описал технику сосудистого шва и сосудистых анастомозов, успешно выполнил многие трансплантации у животных. Таким образом, он фактически открыл путь для современной сосудистой хирургии, которая до этого ограничивалась лигированием сосуда.

Целью данной работы является демонстрация роли новых компьютерных методов визуализации, доступных на сегодняшний день в области морфологии и ангиологии, используемых в анатомических исследованиях и учебных целях [7, 8].

К классическим методам изучения анатомии сосудов можно отнести следующие:

1. Анатомическое препарирование трупного материала. С древних времен и по сей день это основной метод исследования в анатомии. Помимо зарисовки анатомических объектов во время вскрытия, в настоящее время стал доступным и широко используется для документирования метод цифровой фотографии;

2. Пластификация анатомического препарата. Для изучения архитектоники ветвей магистральных артерий изготавливаются препараты методом пластина-

ции. Метод разработал в 1977 г. немецкий анатом Gunther von Hagens. Этим направлением активно занимается морфологическая школа Военно-медицинской академии (г. Санкт-Петербург). В Самаре пластинацией биологических тканей занимаются сотрудники НОЦ «Полимерное бальзамирование» СамГМУ. Данная методика заключается в замещении воды и липидов в биологических тканях силиконовым полимером, придающим органам уникальные свойства, а именно, сохранение естественной формы, размеров и топографо-анатомических взаимоотношений сосудисто-нервных структур;

3. Создание коррозионных анатомических препаратов. Процесс изготовления коррозионных препаратов основан на затвердевании инъецируемой массы в полостях биологических объектов, кровеносных сосудах, почечных канальцах и прочих полых структурах и последующем разрушении тканей органа под действием щелочей. Данный метод является наглядным и позволяет в мельчайших подробностях увидеть изучаемый объект.

К современным методам анатомического исследования относятся новые цифровые методы с использованием виртуальной реальности.

Использование виртуальной реальности в области медицинской визуализации позволяет производить виртуальные срезы любых анатомических структур в организме человека: костей, мышц, кровеносных сосудов и др. [19, 22].

С помощью данных методов стало возможным провести 3D-реконструкцию бассейнов магистральных артерий, используя данные мультиспиральной компьютерной томографии с введением контрастного вещества.

Специальные компьютерные программы, такие как «Vitrea» (VitalImages) от компании Toshiba, «Voxar» – Varco.com и «VolViz» для операционной системы Windows и OsiriX11 для операционной системы OSX (Apple), используются для интерактивного 3D-моделирования анатомических структур, которые могут быть дифференцированы друг от друга по плотности.

Для 3D-реконструкции данные, полученные при МСКТ в формате DICOM, конвертируются в полигональную модель. Полученное цифровое изображение требует дальнейшего рендеринга и ручной сегментации. Используется специальное

программное обеспечение (ScanIP, Slicer для Windows, Analis для OSX и др.) [14, 18]. Результатом этого типа моделирования являются облако точек и вектор конфигурации, который описывает форму анатомических структур и позволяет сделать 3D-отображение изучаемых объектов. Таким образом, прямая трехмерная реконструкция или техника объемного рендеринга (VRT) основана на трассировке лучей воксельной сцены.

Многие виды программного обеспечения для VRT, доступные на сегодняшний день (GE, Siemens, Philips, Toshiba), предназначены, в основном, для радиологов. Они автоматизируют процесс сегментации, имеют преимущества в скорости и простоте использования, а также предполагают более полное использование полученных данных. Цифровая модель используется при дальнейшей обработке путем создания соответствий при различной плотности ткани, прозрачности, светопроводимости для каждого вокселя в реконструированной 3D-модели.

Компьютерные программы, в частности, QuickTimeVirtualReality от Apple, могут быть использованы для изменения прозрачности тканей и угла зрения (масштабирование, вращение), что позволяет проводить виртуальные срезы анатомических областей. Подобные методы не дают гемодинамической информации, но очень полезны при анатомическом изучении отдельных органов и их структур.

Для математического моделирования и создания трехмерной модели магистральных артерий, а также других анатомических объектов возможно использование 3D-сканера (например, SolutionixRegscan III) с последующей обработкой отсканированных объектов с помощью 3D-редактора AutodeskMaya или Autodesk 3DsMax [9, 11].

3D-сканер SolutionixRexcan III – это оптическая 3D измерительная система с высоким разрешением до 5 Мп, точностью 0.007 мм и низкими показателями зашумления.

На отпрепарированный биологический материал и область вокруг него устанавливаются метки совмещения, регистрируя которые 3D-сканер формирует единую систему координат и таким образом может производить оцифровку объекта. Фиксированное расположение маркеров, создающих единую систему координат, позволяет оператору перемещать

сканер во время процедуры регистрации поверхности сложной формы, что дает возможность получения полных трехмерных копий без дополнительной сборки отдельных элементов.

При сканировании однородных поверхностей данный прибор дает хорошее качество сетки трехмерной модели. Настройка производится в программном обеспечении устройства за счет изменения объема виртуального куба, в котором происходит регистрация трехмерных координат поверхности объекта.

Производится регистрация маркеров 3D-сканером, после чего задаются в программном обеспечении величины разрешения сканирования в соответствии с характеристиками сканируемой поверхности сосудов.

Затем проводится процесс непосредственного сканирования поверхностей сосудов, в результате чего получается необходимое количество сканов. В дальнейшем элементы сессии сканирования экспортируются в программу для ЭВМ ezScan7, что позволяет приступить к обработке полученного материала [8, 10].

Для того, чтобы получить единые электронные копии объектов сложной формы (в данном случае – сосудистое русло бассейна внутренней подвздошной артерии), проводилась сборка «сырого» материала, т. е. совмещались воедино набранные количества сканов ветвей внутренней подвздошной артерии в программном обеспечении ezScan7 с последующей обработкой моделей в редакторе Autodesk Maya 2013 или Autodesk 3DsMax [24].

Независимо от способа реконструкции полученная в результате 3D-модель после поверхностного текстурирования и освещения обеспечивает высокую реалистичность визуализации анатомических структур. Возможно вращение модели, увеличение ее размеров, изменение прозрачности тканей, выполнение виртуальных срезов.

Заключение

В заключение следует подчеркнуть что, достижения в области компьютерных технологий способствовали разработке новых методов визуализации и 3D-моделирования анатомических структур. Визуализация анатомических объектов методом 3D-моделирования стала значи-

тельным шагом в изучении как анатомии, так и ангиологии.

Полученные результаты с успехом можно использовать в сфере медицинского образования, а также в клинической практике, при постановке диагноза и выборе метода лечения. Полученные таким образом 3D-модели можно будет использовать при разработке виртуальных тренажеров, что немаловажно для начинающих врачей [7, 8].

Использование виртуальной реальности в области медицинской анатомической визуализации является в настоящее время одним из ведущих научных направлений кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий совместно с научно-образовательным центром «Виртуальные технологии в медицине» СамГМУ [7–11].

Список литературы

1. Гуленко И.Е. Система видеозахвата и анализа движения – распознавание трансформаций и движения объекта / И.Е. Гуленко: Новые информационные технологии: матер. конф. Крым. Судак. 15–25 мая 2004 г. С. 141–142.
2. Кованов В.В. Оперативная хирургия и топографическая анатомия / В.В. Кованов. М., Медицина, 2003. 400 с.
3. Привес М.Г. Анатомия человека / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.П. Бушкович. СПб.: Гиппократ, 2003. 683 с.
4. Семенова Т.В. Клиническая анатомия и оперативная хирургия /Т.В. Семенова. Донецк: Друк-Инфо, 2006. 276 с.
5. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека / Р.Д. Синельников, Я.Р. Синельников. М.: Медицина, 1996. Т. 2. 263 с.
6. Тимофеев А.В. Интеллектуальное и мультиагентное управление робототехническими системами с использованием моделей виртуальной реальности / А.В. Тимофеев // Мехатроника. 2000. № 3. С. 26–31.
7. Вариантная анатомия внутренней подвздошной артерии и ее визуализация методом трехмерного моделирования / А.В. Колсанов [и др.] // Фундаментальные исследования. 2013. № 9–2. С. 247–251.
8. Виртуальные и симуляционные технологии в медицинском образовании / А.В. Колсанов [и др.] // Врач-аспирант. 2013. № 2.3 (57). С. 411–415.
9. Виртуальные технологии в клинической анатомии человека: новая эра морфологической науки и практики / А.В. Колсанов [и др.] // Морфологические ведомости. 2012. № 3. С. 30–34.

10. Моделирование и визуализация сложных анатомических структур в системе виртуальной реальности для создания обучающих медицинских тренажеров на базе АПК «Виртуальный хирург» / А.В. Колсанов [и др.] // Известия СНЦ РАН. 2013. Т. 15, № 4–1. С. 242–247.
11. 3D-моделирование варибельности ветвей внутренней подвздошной артерии / А.В. Колсанов [и др.] // Сб. матер. V Международн. конф. SCIENCE4HEALTH 2013. М., 2013. С. 133–135.
12. A Multi-Agent-System Architecture for Man-Machine-Interaction in Computer Aided Surgery / C. Burghart [et al.] // Proceedings of the 16th IAR Annual Meeting IAR/ICD Workshop. France. Strasbourg. November 22–23, 2001. P. 117–122.
13. *Ballantyne G.H.* The da Vinci telerobotic surgical system: the virtual operative field and telepresence surgery / G.H. Ballantyne, F. Moll // Surg. Clin. North. Am. 2011. Vol. 83, No. 6. P. 1293–1304.
14. Mapping large loops with a single hand-held camera / L.A. Clemente [et al.] // Robotics Science and Systems. 2007.
15. *Davison A.J.* Real-time simultaneous localisation and mapping with a single camera / A.J. Davison // International Conference on Computer Vision. 2003.
16. *Garcia O.* Real-time 3d modeling from endoscope image sequences / O. Garcia, J. Civera, A. Guemes // Workshop on Advanced Sensing and Sensor Integration in Medical Robotics. ICRA, 2009.
17. Variability in the origin of the obturator artery / M.M. Pai [et al.] // Basic Research. 2009. № 64 (9). P. 897–901.
18. *Wu C.* Three-dimensional modeling from endoscopic video using geometric constraints via feature positioning / C. Wu, Y. Sun, C. Chang // IEEE Trans. on Biomedical engineering. 2007. № 54(7).
19. Aortic aneurysm morphology in Asians: features affecting stent-graft application and design / S.W. Cheng [et al.] // J Endovasc Ther. 2004. V. 11. P. 605–612.
20. The importance of iliac fixation in prevention of stentgraft migration / M.A. Heikkinen [et al.] // JVasc Surg. 2006. V. 43. P. 1130–1137.
21. Internal iliac artery embolization in stent-graft treatment of aortoiliac aneurysms: analysis of outcomes and complications / M.K. Razavi [et al.] // J Vasc Interv Radiol. 2000. V. 11. P. 561–566.
22. Adverse consequences of internal iliac artery occlusion during endovascular repair of abdominal aortic aneurysms / L.A. Karch [et al.] // J Vasc Surg. 2000. V. 32. P. 676–683.
23. Intentional internal iliac artery occlusion to facilitate endovascular repair of aortoiliac aneurysms / O.J. Yano [et al.] // Vasc Surg. 2001. V. 34. P. 204–211.
24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, заявка № 2013616634. Дата поступления: 09.04.2013. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 15.06.2013.

Информация об авторах

Колсанов Александр Владимирович – докт. мед. наук, профессор, зав. кафедрой оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

Назарян Айкуш Карлосовна – ассистент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

Иванова Валентина Дмитриевна – докт. мед. наук, профессор, профессор кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

Яремин Борис Иванович – канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

Чаплыгин Сергей Сергеевич – канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

Юнусов Ренат Рафатович – канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

Поступила в редакцию 16.05.2014 г.