

Зенин О. К., Косников Ю. Н., Никитин О. В., Кафаров Э. С., Дмитриев А. В., Милтых И. С.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза

ООО «Корпоративный центр ИКС 5», г. Москва

ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова», г. Грозный

Институт неотложной и восстановительной хирургии имени В. К. Гусака, г. Донецк

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА «3D-VASCULOGRAPH» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ ВНУТРИОРГАННОГО СОСУДИСТОГО РУСЛА ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ЧЕЛОВЕКА

Цель. Представить новую компьютерную программу «3D-Vasculograph», генерирующую геометрические 3D-модели внутриорганного сосудистого русла на базе морфометрических данных о реальных сосудистых деревьях внутренних органов человека.

Материалы и методы. Разработка осуществлялась с использованием среды разработки FreePascal Lazarus 2.0.12. Геометрическое моделирование на плоскости и геометрическое моделирование в пространстве использовалось в качестве основных методов для генерации 3D-модели.

Результаты. Предложена двухэтапная последовательность построения модели. Модель строится из фрагментов русла – дихотомий. На первом этапе, на базе морфометрических данных о геометрии реальных сосудистых русел строится 2D-модель очередного фрагмента, которая отражает структуру и количественные характеристики сосудов. На втором этапе добавляется информация о третьей пространственной координате элементов сосудистого русла и строится 3D-модель фрагмента. Для повышения наглядности модели введены возможность изгиба кровеносных сосудов и различие диаметров их начальной и конечной точек.

Заключение. Представлена компьютерная программа «3D-Vasculograph», генерирующая геометрические 3D-модели внутриорганного сосудистого русла на базе морфометрических данных о реальных сосудистых деревьях. Полученные в результате работы программы 3D-модели можно использовать в качестве наглядных учебных пособий в условиях электронного и дистанционного обучения анатомии человека.

Ключевые слова: виртуальная анатомия, внутриорганное сосудистое русло, компьютерное моделирование, 2D- и 3D-модели.

Актуальность. Сегодня никого уже не нужно убеждать в пользе применения 3D-атласов для изучения анатомии человека. Особенно это стало заметно в период пандемии COVID-19, когда большинство учащихся находилось на дистанционном обучении [4]. Термин «виртуальная анатомия» перестал быть ругательством и даже преподавателями анатомии с большим стажем работы воспринимается адекватно. Многие медицинские образовательные учреждения мира и России обеспечены интерактивными анатомическими столами (например, «Пирогов», «Бриолайт», «Atomage» и др.) [1-3, 6].

Однако, в потоке этой модной тенденции есть и потери. Так, например, изображения сосудистых русел различных органов представлены весьма схематично, что в дальнейшем сказывается на качестве восприятия данного объекта будущими врачами-практиками и формировании в сознании учащихся искаженных образов [5]. Возможно, это связано с отсутствием тесного творческого взаимодействия между практикующими анатомами и разработчиками моделей. Добиться большей реалистичности 3D моделей сосудистого русла различных внутренних органов человека могло бы помочь создание этих моделей на базе морфометрических

данных реальных сосудистых деревьев. Вышесказанное определило цель данной работы.

Цель. Представить новую компьютерную программу «3D-Vasculograph», генерирующую геометрические 3D-модели внутриорганного сосудистого русла на базе морфометрических данных о реальных сосудистых деревьях внутренних органов человека.

Материалы и методы. Для создания специального программного обеспечения использовалась операционная система Microsoft Windows 10 и среда разработки FreePascal Lazarus 2.0.12.

Минимальные системные требования для работы данного программного обеспечения: IBM-совместимый персональный компьютер, процессор – не ниже Intel Core 2 Duo, оперативная память – не менее 4 Гб, операционная система – Microsoft Windows 7 и выше. Для масштабных 3D моделей желательно наличие дискретной видеокарты с объемом памяти не менее 2Гб.

Результаты. В результате работы была создана компьютерная программа «3d-vasculograph» с интуитивно-понятным интерфейсом, позволяющая пользователю легко и быстро воспользоваться ее функциями.

Программа позволяет создавать трехмерные модели внутриорганных сосудистых русел на основании количе-

Zenin O. K., Kosnikov Yu. N., Nikitin O. V., Kafarov E. S., Dmitriev A. V., Milytkh I. S.

Penza State University, Penza

LLC «Corporate Center X 5», Moscow

Chechen State University, Grozny

Institute of Emergency and Reconstructive Surgery named after V.K.Gusak, Donetsk

«3D-VASCULOGRAPH» COMPUTER PROGRAM FOR MODELING THE GEOMETRY OF THE INTRAORGAN VASCULAR BED OF HUMAN INTERNAL ORGANS

Aim. To present a new computer program “3D-Vasculograph” that generates geometric 3D-models of the intraorgan vascular bed based on morphometric data of real vascular trees of human internal organs.

Materials and methods. Development was carried out using the Free Pascal Lazarus 2.0.12 development environment. Geometric modeling in plane and geometric modeling in space have been used as the main methods for generating the 3D model.

Results. A two-stage sequence of model construction is proposed. The model is built from fragments of the channel – dichotomies. At the first stage, based on morphometric data on the geometry of real vascular channels, a 2D model of the next fragment is built, which reflects the structure and quantitative characteristics of the vessels. At the second stage, information about the third spatial coordinate of the elements of the vascular bed is added and a 3D model of the fragment is built. To increase the visibility of the model, the possibility of bending of blood vessels and the difference in the diameters of their starting and ending points have been introduced.

Conclusion. The computer program “3D-Vasculograph” generates geometric 3D models of the intraorgan vascular bed based on morphometric data on real vascular trees. The resulting 3D models can be used as visual teaching aids in the context of electronic and distance learning of human anatomy.

Keywords: virtual anatomy, intraorgan vascular bed, computer modelling, 2D and 3D models.

ственных табличных данных об их анатомии. 3D-модель русла строится из его структурно-функциональных единиц – дихотомий. Работа программы осуществляется в два этапа: на первом этапе, на основании морфометрических данных геометрии реального сосудистого русла строится 2D-модель определенного фрагмента, отражающая количественные характеристики сосудов; на втором этапе добавляется информация о третьей пространственной координате элементов сосудистого русла и 3D-модель участка русла. Программа может изгибать кровеносные сосуды и менять начальное и конечное сечение диаметров сегмента.

Обсуждение. Интерфейс программы состоит из меню и рабочей области с настройками и индикатором выполнения (рисунок 1).

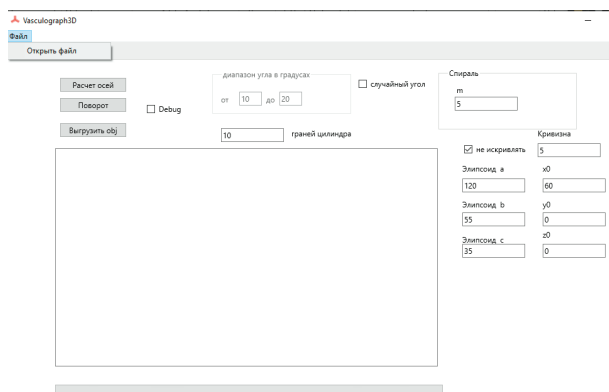


Рисунок 1 – Интерфейс компьютерной программы «3D-Vasculograph»

В меню расположен элемент «Файл», содержащий оператор Открыть файл. С его помощью пользователь

загружает данные морфометрии в виде текстового файла с расширением.txt морфометрических данных геометрии реального сосудистого русла. Данные представляются в виде связанного графа, вершины которого соответствуют точкам разветвления сосудов, а ребра – сосудистым сегментам. Первый столбец соответствует условному адресу сегмента, обозначающий номер вершины, которая служит началом сегмента, второй – условный адрес сегмента, номер вершины, являющейся концом сегмента, третий – диаметр сегмента в мм, четвертый – длина сегмента в мм (рис. 2).

Рабочая область программы позволяет настраивать угол, спираль, кривизну, размеры и позицию эллипсоидов а, б и с относительно трех координат, число граней цилиндра.

N нач. узла	N кон. узла	D (мм)	L (мм)
0	1	4.6	13.7
1	2	4.6	5.2
2	3	2.8	4.1
3	4	2.8	5.2
4	5	2.8	2.2
5	6	2.8	4.2

Рисунок 2 – Фрагмент морфометрических данных геометрии реального сосудистого русла

Существует два режима работы программы с углами дихотомий: подсчет угла в соответствии с формулами

С. D. Murray и подбор случайного угла в заданном диапазоне. Для использования последнего режима необходимо установить флажок *случайный угол* и указать диапазон в полях *от* и *до*.

Поле *спираль* позволяет управлять параметром закручивания модели вокруг центральной оси.

В случае, если флажок *не искривлять* установлен, сосудистые сегменты дихотомий не будут искривляться. Для достижения более реалистичной картины сосудистого русла данный флажок необходимо снять и откорректировать параметр «*Кривизна*» в специальном поле.

Размеры и положение относительно x_0 , y_0 , z_0 эллипсоидов a , b и c , в которые вписывается 3D-модель сосудистого русла, устанавливаются в соответствующих полях *эллипсоид a* , *эллипсоид b* , *эллипсоид c* , x_0 , y_0 , z_0 – задают параметры эллипсоида с центром в точке x_0 , y_0 , z_0 поверхность которого ограничивает сосудистое дерево.

С помощью специального поля можно настраивать число *граней цилиндра* для сглаживания сосудистых сегментов, составляющих внутриорганный сосудистый русло.

После установки настроек пользователь последовательно нажимает на кнопки «*Расчет осей*», «*Поворот*». Как только индикатор выполнения заполнен полностью, следует нажать кнопку «*Выгрузить obj*» для получения финального результата. В каталоге программы создается файл «*unl.obj*», представляющий собой 3D-модель сосудистого русла (рисунок 3). В дальнейшем файл может быть открыт с помощью CAD-программ, например, «*GLC_Player*».

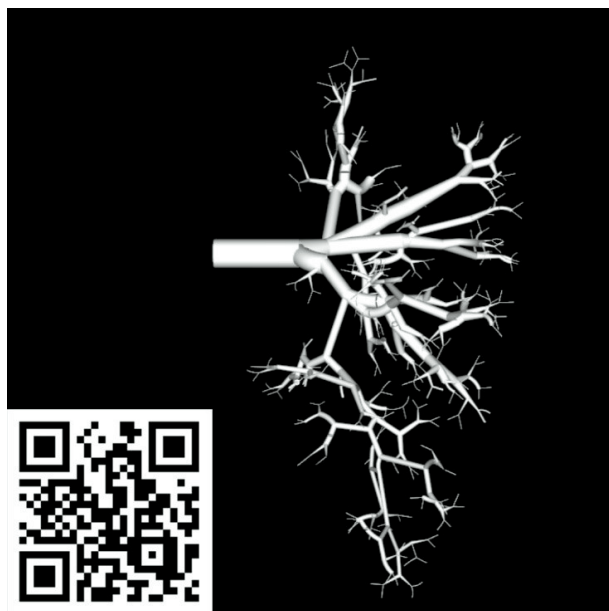


Рисунок 3 – Результат работы программы: 3D-модель внутриорганного сосудистого русла почки человека, построенная на основе морфометрических данных геометрии реального сосудистого русла

Закключение. Представлена компьютерная программа «3D-Vasculograph», генерирующая геометрические 3D-модели внутриорганного сосудистого русла на базе морфометрических данных о реальных сосудистых деревьях. Полученные в результате работы программы 3D-модели можно использовать в качестве наглядных учебных пособий в условиях электронного и дистанционного обучения анатомии человека.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колсанов А. В., Воронин А. С., Яремин Б. И., Чаплыгин С. С. и др. Виртуальные и симуляционные технологии в медицинском образовании // Врач-аспирант. 2013. № 2.3. С. 411-415.
2. Колсанов А. В., Назарян А. К., Иванова В. Д., Яремин Б. И. и др. Методы виртуального моделирования при изучении анатомии кровеносных сосудов // Журнал анатомии и гистопатологии. 2014. № 2. С. 24-27.
3. Колсанов А. В., Назарян А. К., Яремин Б. И., Мурушиди М. Ю. и др. Современные подходы к изучению анатомии сосудов с помощью 3D-моделирования // Управление качеством медицинской помощи. 2013. № 2. С. 15-19.
4. Attardi S., Harmon D., Barremkala M., Bentley D., Brown K. et al. An Analysis of Anatomy Education Before and During Covid-19: August-December 2020 // Anatomical Sciences Education. 2021.
5. Nayak S., Soumya K. Flawless, accurate models only can help in deeper learning of anatomy // Surgical and Radiologic Anatomy. Vol. 43, № 4. P. 529-530.
6. Singal A., Bansal A., Chaudhary P., Singh H. et al. Anatomy education of medical and dental students during COVID-19 pandemic: a reality check // Surgical and Radiologic Anatomy. 2020. Vol. 43, № 4. P. 515-521.

Контактная информация и сведения об авторах

E-mail: zen.olegz@gmail.com.

Зенин Олег Константинович, д. м. н., профессор, профессор кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.

Косников Юрий Николаевич, д. т. н., профессор, профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.

Никитин Олег Владимирович, старший консультант ООО «Корпоративный центр ИКС 5», г. Москва.

Кафаров Эдгар Сабирович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова», г. Грозный.

Дмитриев Андрей Викторович, к. м. н., заведующий отделением рентген-эндоваскулярной хирургии Института неотложной и восстановительной хирургии имени В. К. Гусака, г. Донецк.

Милтых Илья Сергеевич, студент ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.