

## НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРОВОТОКА В СТЕНОЗИРОВАННОЙ АРТЕРИИ

С.А. Алексейчук, Д.В. Иванов

*Саратовский государственный университет*

Актуальность проблемы лечения расстройств кровообращения заставляет все более детально изучать гемодинамику в каротидном русле, учитывая геометрические и патоморфологические параметры сосудов.

Целью нашей работы стало изучение и моделирование кровотока при условии резкого сужения просвета сосуда с учетом геометрии и механических характеристик реального сосуда.

Численные исследования проводились для двумерной и трехмерной моделей с использованием конечно-элементных пакетов "COMSOL MULTIPHYSICS 3.2" (двумерный случай), "ANSYS 7.0" (трехмерный случай). При исследовании делались следующие предположения: кровь представляет собой вязкую, однородную, несжимаемую жидкость, движение которой описывается системой уравнений Навье–Стокса; материал стенок артерии – однородный, изотропный и идеально упругий.

Результаты численных экспериментов как для двумерного, так и для трехмерного случаев выявили вихревые зоны до и после сужения сосуда. Также наблюдался обратный ток крови в области сужения.

Проведенная работа помогает развитию более глубоких представлений о гемодинамике и механизмах взаимодействия кровотока с сосудистой стенкой. В дальнейшем предполагается решение более сложных задач.

### КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ХИРУРГИИ: ФАНТАЗИИ ИЛИ НЕОБХОДИМОСТЬ?

В.Ф. Байтингер

*АНО НИИ микрохирургии ТНЦ СО РАМН,  
г. Томск*

В 1990 г. в Сиднее состоялся Первый международный симпозиум, посвященный компьютерному моделированию в медицинской эндоскопии. Первые сообщения о корректно построенных трехмерных графических моделях полых и паренхиматозных органов по данным КТ и МРТ по времени их появления совпали с достижениями в создании ПК (персональных компьютеров), которые позволили анимировать их в режиме реального времени. В настоящее время выполнены работы по трехмерной визуализации полостей внутреннего уха, параназальных синусов,

крупных сосудов, пищевода, желудка, билиарных и панкреатических протоков, толстой кишки, просвета бронхов, женской репродуктивной системы. Развивается медицинское компьютерное моделирование (моделирование представления и моделирование взаимодействия) с целью "репетиции" реального хирургического вмешательства с учетом индивидуальных топографоанатомических особенностей и характера патологии – компьютерно-ассистированная хирургия. Современные реалии таковы, что обучаться хирургическим навыкам на пациенте уже невозможно.

В последние 10 лет стало очевидным, что хирургия все больше и больше становится малоинвазивной, которая требует совершенно иных знаний как в области топографической (хирургической) анатомии, так и в предоперационной диагностике и интраоперационной навигации. Восторг, который охватил врачей в связи с якобы гигантскими диагностическими возможностями компьютерной рентгеновской томографии, магниторезонансной томографии, позитронной двухфотонной томографии, в последние годы несколько поутих. Дороговизна и ограниченные диагностические возможности! Трехмерное изображение деталей хирургической анатомии на основе данных КТ и МРТ не гарантирует высокую точность при видеосовмещении реальных и виртуальных данных.

В настоящее время четко обозначился ряд клинических направлений, где компьютерные технологии могли бы сыграть выдающуюся роль в улучшении результатов диагностики и лечения, а именно: эндоскопическая хирургия, микрохирургия, оториноларингология, нейрохирургия, пластическая хирургия, гинекология.

В 1995 г. на конференции "Мир виртуальной реальности" (Штутгарт, Германия) было уделено много внимания необходимости создания устройств для стереоскопического изображения, в частности в эндохирургии и микрохирургии. "Плоское" изображение на видеомониторе затрудняет оценку пространственных взаимоотношений объектов в зоне оперативного вмешательства. Необходимо стереоскопическое изображение на мониторе с трехмерным изображением. Другие способы получения стереоскопического изображения (при условии сохранения присущего человеку бинокулярного зрения) себя не оправдывают. Речь идет о цветофильтрующем методе, методе параллакса, методе жидкокристаллического затвора. В 1999 г. в прессе промелькнуло сообщение о том, что корейская корпорация "Samsung Electronics" разработала и выпустила на рынок первый в мире монитор с трехмерным изображением – 3D Hyper Monitor. Экран такого монитора состоит из двух жидкокристаллических панелей, каждая из которых отражает половину светового потока, создавая разные изображения для правого и левого глаз. В пресс-релизе, по-

священном выпуску этого монитора, представители корпорации указывали, что первой областью применения нового устройства, кроме компьютерных игр, станет разработка "трехмерных систем для эндоскопической хирургии". Нельзя забывать и о самом операторе (хирурге). Работа хирурга-эндоскописта связана с особенностью эндоскопической операции – опосредованная визуализация объекта (взгляд прикован к монитору, находящемуся на определенном удалении от глаз оператора) – требует серьезного отношения к охране труда. Его преследуют усталость мышц шеи, головные боли, нарушения зрения. В этой связи обсуждается идея создания индивидуального видеодисплея, фиксируемого на голове оператора, дабы избежать нарушения геометрической оси "рука – глаз" при перемещениях оптической трубки и инструментария из одной зоны оперирования к другой, и не препятствующего периферическому зрению. В последние годы ряд фирм ведет работу в направлении отхода от диагностической эндоскопии полостей и полых трубчатых органов. Диагностическая эндоскопия доставляет большие неудобства больному, существует опасность перфорации стенки полого органа, кровотечения или передача СПИДа и гепатита В. Выход из этой ситуации хирурги-эндоскописты видят в создании трехмерного графического образа органа и других деталей хирургической анатомии на основе КТ, МРТ и сонографии. Заметим, что еще в 1996 г. в отделении диагностической радиологии клиники Мейо (Рочесер, США) было проведено исследование по оценке возможности двухмерной и трехмерной КТ-колонографии в неинвазивном выявлении колоректальных полипов. Результаты впечатляют. В настоящее время этот метод не уступает обычной колоноскопии в исследовании правой половины толстой кишки и в выявлении новообразований, размер которых не превышает 5 мм.

Нельзя не остановиться на вопросе интраоперационной навигации в оториноларингологии и нейрохирургии. В этом направлении интенсивно работает один из учредителей АНО НИИ микрохирургии ТНЦ СО РАМН – фирма "Карл Цейс" (Оберкохен, Германия).

Почему ЛОР и нейрохирургия? Здесь зоны оперативного вмешательства представлены относительно малоподвижными мягкоткаными структурами, а также полостями, заполненными воздухом (ЛОР) и обладающими естественной рентгеноконтрастностью.

В настоящее время на основе МРТ разработаны методы построения трехмерной каркасной модели и ее последующее воспроизведение с автоматизированным выделением контуров органов либо патологических образований. Существуют большие надежды, что будут разработаны и изготовлены эхоконтрастные препараты для внутривенного и внутримышечного введения. В роли контрастного вещества при этом выступают пузырьки газа, растворенные в галактозе и обладающие достаточно малым размером, что позволяет им проникать через легочные капилляры. Находясь в просвете сосуда, такие пузырьки остаются некоторое время достаточно стабильными

и при взаимодействии с ультразвуковым лучом увеличивают его отражение на три порядка. Контрастные препараты третьего поколения позволяют получить более четкое изображение паренхимы органа и обеспечивают отчетливую визуализацию новообразований, размером в несколько мм. Разрешающая способность ультразвукового исследования может резко возрасти с внедрением метода второй гармоники, сущности которого заключается в сверхселективной регистрации частот, отраженных только от микропузырьков газа, находящихся в сосудистом русле. Работа по улучшению качества сонографии при использовании эхоконтрастных препаратов сможет в конечном итоге привести к вытеснению очень дорогих КТ и МРТ-томографов (Емельянов С.И., 2004).

#### **Виртуальная реальность в хирургии.**

Изначально виртуальная реальность применялась в хирургии в двух областях: для изучения топографической анатомии и для тренировки в выполнении хирургических вмешательств. Заметим, что еще в середине 60-х годов прошлого века были предприняты удачные попытки разработки элементов тренажера для виртуальной хирургии (Sutherland I.E., 1965). Это приспособление состояло из шлема с двумя телевизионными мониторами (расположенными перед глазами) для обеспечения стереоскопического изображения объектов, созданных компьютером (HMD). Более совершенная модель HMD была создана позднее в Национальном аэрокосмическом агентстве США. С помощью индивидуального дисплея пользователь может как бы манипулировать этим изображением в трех измерениях. Электронные перчатки DataGlove (вместо джойстика) были разработаны в VPL-исследовательском центре в Фостер-Сити в Калифорнии в 1985 г. Взаимосвязь между Head Mounted Display (HMD) и электронными перчатками осуществляется потенциально естественно и интуитивно (полное погружение в воображаемый мир). В 1989 г. S. Pieper et al. разработали первый тренажер с виртуальным воссозданием нижней конечности для выполнения операции пересадки сухожилий. В 1991 г. R.M. Satava сконструировал первый тренажер с виртуальным воссозданием анатомии брюшной полости. Вскоре будет завершён проект Национальной медицинской библиотеки США "Visible Human". Этот проект представляет собой стандартизированный виртуальный труп, созданный на основе аккумулированных данных компьютерной томографии, магнитно-ядерной томографии и фотокриотомографии реальных трупов, который будет национальной стандартной базой данных для всех обучающихся и проводящих научные исследования врачей.

С 1990 г. на кафедре оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования (Симбирцев С.А., Лойт А.А.) выполняются работы по трехмерному моделированию анатомических структур. Основой для создания трехмерных компьютерных моделей послужили данные изучения анатомических материалов, которые выполняли методом послойной препаровки и мор-

фометрии всех анатомических элементов с записью особенностей строения, наполнения сосудистого русла, гистопографических исследований. В аналитической цифровой форме в соответствии с размерами и положением в пространстве представили целые органы и их анатомические элементы. Сотрудниками кафедры были подготовлены компьютерные трехмерные модели легких, органов верхнего этажа брюшной полости и переднего отдела шеи. Эта работа была выполнена с помощью графического пакета "Power SHAPE" (Великобритания) фирмы "DELCAM". Модели полностью соответствовали прототипам в отображении пространственного расположения анатомических структур. На основе аналитического описания анатомических элементов верхнего этажа брюшной полости было построено 26 вариантов синтопии артерий, вен и внепеченочных желчных протоков в печеночно-двенадцатиперстной связке, более 20 вариантов строения легких. Полученные трехмерные образы составили библиотеку вариантной анатомии соответствующих структур. В процессе моделирования на трехмерной компьютерной модели верхнего этажа брюшной полости были воспроизведены все этапы и особенности хода лапароскопической холецистэктомии под различными углами зрения в зависимости от техники операции. На моделях в различных ракурсах были продемонстрированы повреждения различных структур печеночно-двенадцатиперстной связки. На основе аналитического математического описания анатомических элементов шеи и грудной полости были смоделированы операции резекции легкого и щитовидной железы. Сотрудники кафедры считают, что внедрение трехмерных компьютерных моделей органов в работу хирургов (как справочного пособия) позволит улучшить ориентацию в строении анатомических областей при проведении оперативных вмешательств, снизить количество неосторожных действий и осложнений во время операций.

Разработкой тренажеров для хирургии на основе виртуальной реальности занимаются несколько компаний, а именно: Медицинская корпорация Сайн (Вудбери, штат Коннектикут, США); Корпорация Ксион (Сиэтл, штат Вашингтон, США); Корпорация высоких технологий (Роквилл, штат Мэриленд, США); Технический университет штата Джорджия.

В своей работе вышеназванные компании руководствуются тем, что они должны разрабатывать хирургические тренажеры-имитаторы, аналогичные летным тренажерам.

Напрашивается возражение: "Разве можно обучать делу, которое связано с ответственностью за жизнь и здоровье, используя бездушные машины"? Но ведь и летчиков, в том числе и для гражданской авиации, обучают на компьютерных симуляторах, а ведь во время полета летчик отвечает за сотни жизней, включая свою собственную. Не меньшим потенциалом будет обладать виртуальная хирургия в области предоперационного планирования. Недалеко то время, когда качество изображения шлемов НМД

достигнет разрешения операционных видеомониторов (более 800x600 пикселей).

Таким образом, по мере увеличения мощности компьютеров, а также возрастания четкости и качества графических изображений однажды будет создан хирургический тренажер, способный воссоздать реалистичную картину оперативного вмешательства и реальные действия хирурга при выполнении операции.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЕРВИЧНОЙ ЗАКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

С.В. Балалин, А.В. Гущин, И.А. Ремесников

Волгоградский филиал

ФГУ МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Фёдорова, Росздрав, г. Волгоград

Современное ультразвуковое оборудование, используемое в офтальмологической практике, позволяет с достаточной точностью измерять не только размеры всего глазного яблока, но и отдельных его частей, таких как роговица и хрусталик. Известно также, что от величин соотношения таких параметров глазного яблока, как его переднезадний размер, глубина передней камеры, толщина хрусталика во многом зависит вероятность развития такого заболевания, как первичная закрытоугольная глаукома.

Разработана компьютерная программа для диагностики первичной закрытоугольной глаукомы. Получаемый при этом клинический результат состоит в повышении эффективности диагностики первичной закрытоугольной глаукомы.

Указанный результат достигается тем, что в предлагаемом способе диагностики первичной закрытоугольной глаукомы определяют параметры глаза с помощью ультразвуковой биометрии: глубину передней камеры, толщину хрусталика, длину переднезадней оси глаза, – и проводят расчет показателя прогнозирования глаукомы как отношение толщины хрусталика к глубине передней камеры и к длине переднезадней оси глаза по формуле:

$$\hat{E} = 145 \frac{\hat{D}}{\hat{P} \cdot \hat{A}},$$

где X – толщина хрусталика;

P – глубина передней камеры;

D – длина переднезадней оси глаза;

145 – константа уравнения, которая необходима для приведения получаемых значений в целые числа.

При значении показателя (K), равном или более 10, прогнозируют первичную закрытоугольную глаукому.

Предлагаемый способ был апробирован при диагностике 3496 пациентов Волгоградского филиала ФГУ МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Фёдорова без закрытоугольной глаукомы и 3320 пациентов с выявленным диагнозом первичной закрытоугольной глаукомы.