

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ВНУТРЕННЕМ УХЕ ЧЕЛОВЕКА

А.А. Пашенко, А.И. Бых, Н.Д. Евстратов
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Кафедра БМЭ, ХНУРЭ, просп. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина
e-mail: andr.paschenko@gmail.com, gavrun@list.ru

Annotation. The main purpose of this work is to determine the sequence of surgical planning procedures and review the software, which allow executing all this actions. The possible application of 3D Slicer and Visual Ear Simulator in surgical planning routine are shown. Given the conclusions of this applications usage possibility in surgical planning.

Keywords CT, MRI, surgical planning, inner ear, surgical simulation.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием технологий медицинской визуализации появляется все больше возможностей «посмотреть» внутрь живого человека неинвазивным образом. Использование врачом трехмерной информации о пациенте (трехмерные данные томографов, рентгеновских аппаратов, УЗИ и т.д.) позволяет значительно повысить эффективность диагностики заболеваний [1-3].

Интерактивные модели и объемная реконструкция внутренних органов, полученные после выполнения трехмерной реконструкции медицинских изображений, позволяют совершать удаленные операции, планировать хирургическое вмешательство, создавать проекты частей органов, протезов, зубов и т.п. Применение таких объемных моделей дает возможность повысить степень подготовленности врача к проведению сложных оперативных вмешательств [1].

Создание систем планирования хирургических вмешательств на базе технологий виртуальной реальности, которые позволят существенно улучшить качество обучения врачей, снизить количество врачебных ошибок, является актуальной задачей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является анализ программных продуктов для

виртуального планирования операций на слуховом аппарате человека для определения последовательности основных этапов компьютерного хирургического планирования и возможностей их корректной реализации на виртуальной модели пациента.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Хирургическое планирование – это метод предоперационной визуализации хирургического вмешательства с целью определения последовательности действий, необходимых для успешного оперативного лечения.

При традиционном планировании оперативных вмешательств хирург сам вычисляет различные параметры и порядок проведения операции исходя из своего предыдущего опыта. Таким образом, результат операции во многом зависит от человеческого фактора. Применение методов виртуального моделирования дает хирургу возможность снизить влияние субъективных факторов и продумать план операции более тщательно.

В общем случае процедура виртуального хирургического планирования может состоять из нескольких последовательных шагов:

1. Производится исследование головы человека с помощью: а) компьютерной спиральной томографии (определяются

объекты с плотной структурой), б) магнито-резонансной томографии (отображает мягкие ткани объекта).

2. Производится перенесение данных, полученных в ходе обследования, в компьютерную систему, которая реконструирует объемное изображение структур из полученных томографических снимков и позволяет воспроизведения на виртуальной модели пациента, которые впоследствии будут выполняться при оперативном вмешательстве.

3. С помощью устройств-манипуляторов хирург управляет виртуальным хирургическим инструментом и осуществляет все действия, которые он выполнял бы при реальном оперативном лечении:

- а) локализация области оперирования
- б) определение траектории прохождения инструмента
- в) оценка возможных рисков при проведении операции
- г) оценка расположения важных внутренних анатомических структур
- д) выполнение хирургических действий

СИСТЕМЫ ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

На данном этапе развития систем хирургического планирования общедоступными для широкого круга пользователей являются программные продукты 3D Slicer и Visual Ear Simulator.

Рассмотрим возможности этих продуктов при планировании хирургических вмешательств.

3D Slicer был разработан для применения в нейрохирургических операциях, однако область применения намного шире – возможности программы используются врачами при операциях на сердце, позвоночнике и других органах.

Для проведения хирургического планирования 3D Slicer предлагает следующие инструменты: объединение данных, полученных с помощью различных исследований (томографические, ультразвуковые,

ангиографические), определение траектории следования хирургического инструмента, отсечение ненужных объемов, цветовое кодирование различных анатомических структур и определение тканей, применение анатомических атласов. Также существует возможность использования 3D Slicer при оперативном вмешательстве для визуализации происходящих процессов.

При планировании хирургических операций на слуховом аппарате человека с помощью 3D Slicer, хирург может получить виртуальную трехмерную модель внутреннего уха, реконструированную из томографических данных, определить траекторию для хирургического инструмента с целью обеспечения минимальной инвазивности оперативного вмешательства и наибольшей точности, исследовать пространственное расположение жизненно-важных анатомических структур. Важной особенностью является возможность отображения положения хирургического инструмента, оборудованного специальными отслеживающим устройством, на виртуальной модели в реальном масштабе времени, что позволяет повысить точность проведения операции.

Однако существующий функционал приложения не позволяет проводить виртуальную симуляцию оперативного вмешательства, в связи с чем возможная область применения 3D Slicer не столь широка.

На рис.1 отображены результаты одновременного отображения 2D-изображения и виртуальной модели внутреннего уха в 3D Slicer [4].

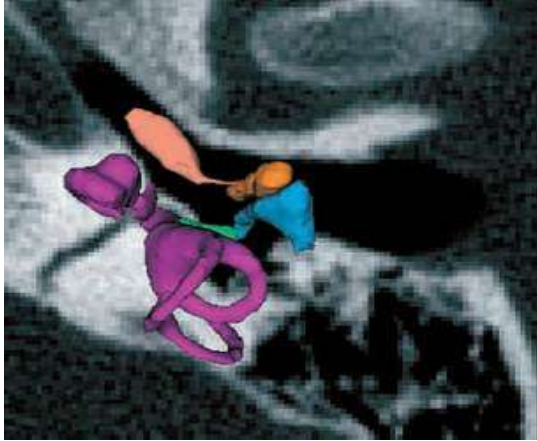


Рис.1

Приложение Visible Ear Simulator (VES) было разработано для обеспечения симуляции хирургических вмешательств на слуховом аппарате человека с целью обучения и повышения практических навыков у хирургов [4-7].

В качестве входных данных VES использует набор томографических срезов или заранее подготовленный тестовый набор срезов головы. После построения объемной модели слухового аппарата, оператору доступны следующие хирургические инструменты – скальпель, сверла разных диаметров и типов.

Виртуальная симуляция операции происходит в три шага: выбор необходимого типа сверла и его диаметра (рис. 2), позиционирование сверла (рис. 3), определение возможности сверления.

Особого внимания заслуживает шаг определения возможности сверления – после позиционирования сверла в необходимом месте автоматически проверяется наличие в небезопасной близости к сверлу важных анатомических структур, повреждение которых может иметь негативные последствия для пациента

Важным преимуществом данного программного продукта является возможность использовать для симуляции как традиционные для вычислительных систем устройства ввода, так и специальные системы трехмерного позиционирования с обратной связью.

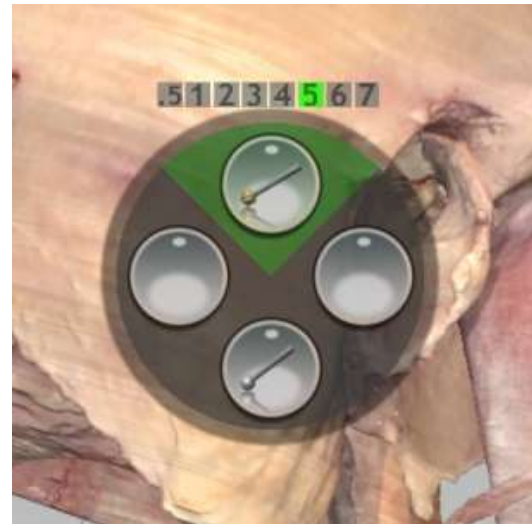


Рис. 2

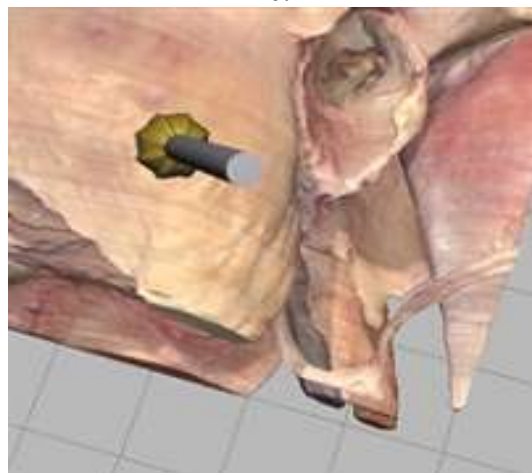


Рис.4

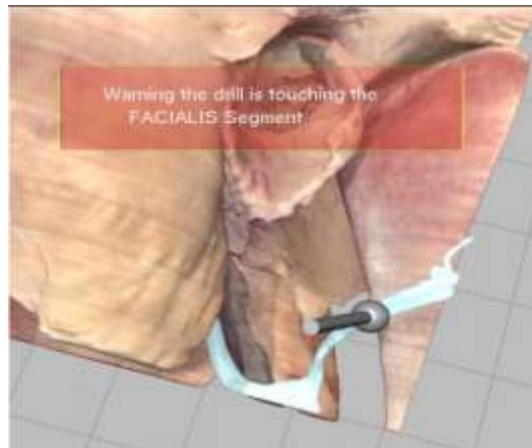


Рис.3

К недостаткам Visible Ear Simulator можно отнести высокие требования к ресурсам вычислительной системы, достаточно большую зависимость качества полученной визуальной модели слухового аппарата от исходных данных в сравнении с 3D Slicer, отсутствие

возможности проводить планирование траектории прохождения хирургических инструментов, отсутствие системы одновременного отображения томографических срезов и объемной модели для улучшения наглядности.

ВЫВОДЫ

Использование виртуальных моделей внутреннего уха для хирургического планирования и симуляции оперативных вмешательств дает возможность врачу наглядно определять необходимые для успешного операционного вмешательства параметры и выполнять необходимые действия.

Проведение виртуального планирования и симуляции перед реальным хирургическим вмешательством поможет врачу получить представление о расположении различных зон интереса и таким самым увеличить шансы на позитивное завершение лечения.

Существующие общедоступные программные продукты позволяют выполнять почти весь спектр необходимых хирургу действий – позиционирование инструмента, прокладка маршрута, отслеживание местоположения инструмента, визуализация важных анатомических структур находящихся рядом с областью оперативного вмешательства, предупреждение о различных опасных действиях.

Однако все вышеперечисленные возможности на данный момент еще не объединены в одном программном продукте, что не позволяет проводить полный цикл хирургического планирования и симуляции операционного вмешательства с оценкой возможных рисков, определением различных параметров, необходимых для успешного проведения лечения.

К недостаткам существующих систем относятся высокие требования к вычислительной мощности, зависимость результата моделирования от качества входных данных, необходимость

использования специальных позиционирующих устройств для симуляции хирургического инструмента.

Поэтому перспективным является направление разработки алгоритмов и создания программного продукта, который позволит выполнять все действия и процедуры, которые необходимы для полноценного проведения хирургического планирования и симуляции оперативного вмешательства. Такой продукт может быть использован как для обучения, так и для применения практикующими хирургами, а так же для научных исследований в области систем медицинской визуализации и навигации.

Литература

1. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137-140.
2. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – Х.: ХНУРЭ «Компания СМИТ». – 2006. – № 2 (65). – С. 83-87.
3. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным// Прикладная радиоэлектроника.–2005.–Т4, С. 441-443
4. T. Rodt, P. Ratin, H. Becker, and et al, “3D visualization of the middle ear and adjacent structures using reconstructed multi-slice CT dataset, correlating images and virtual endoscopy to the 2D cross-sectional images”, *Neuroradiology*, 44: p783-790, 2002.
5. S. Boor, J. Maurer, W. Mann, P. Stoeter, Virtual endoscopy of the inner ear and the auditory canal., *Neuroradiology* 42:p543–547, 2000
6. A. Morra, G. Tirelli, A. Rimondini, V. Cioffi, Usefulness of Virtual Endoscopic Three-dimensional Reconstructions of the Middle Ear, *Acta Otolaryngol* 2002; 122: p382–385
7. D. T. Gering A System for Surgical Planning and Guidance using Image Fusion and Interventional MR – Massachusetts Institute of Technology, 1999.