

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Дунайський університет Кремс
Донбаська державна машинобудівна академія
Західночеський університет
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України
Люблінський технічний університет
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний Центр зі співробітництва з ЄС у сфері науки та технологій
Політехнічний університет Мадриду
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
Яський технічний університет



**Збірник тез доповідей
I-ї Міжнародної науково-технічної конференції
“Перспективи розвитку машинобудування
та транспорту - 2019”**

13-15 травня 2019 р.

**Abstracts of papers presented at
I-th International scientific and technical
conference “Prospects for the development of
mechanical engineering and transport - 2019”**

13-15 may 2019

Вінниця - 2019 - Vinnytsia

ВОЗМОЖНОСТИ НАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РИНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

CAPABILITIES OF FULL-SCALE MODELING FOR PLANNING RHINOLOGIC SURGICAL INTERVENTIONS

Аврунин О.Г.¹, Носова Я.В.¹, Шушляпина Н.О.², Ибрагим Юнус Абделхамид¹

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники

²Харьковский национальный медицинский университет

Capabilities of full-scale modeling for planning rhinologic surgical interventions are described. The aim of the work is to develop an approach that allows the simulation of rhinologic surgical interventions, which based on the creation and study of the geometric and functional characteristics of real personalized models of the internal structure of the upper respiratory tract using diagnostic data from computed tomography.

Технологии быстрого прототипирования позволяют обеспечить принципиальный качественный скачок в большинстве медицинских приложений, в особенности в имплантологии и при планировании хирургических вмешательств [1]. Сравнительно кратковременный и достаточно точный процесс изготовления натуральных моделей медицинского назначения позволяют современные подходы быстрого прототипирования и, в первую очередь, методы экструзионной 3D печати, получившее наибольшее распространение в последние несколько лет [2].

Исторически, технологии высокоточного планирования хирургических вмешательств, например, в стереотаксической нейрохирургии, развивались благодаря использованию фантомов – упрощенных моделей головы пациента, на которой предоперационно отработывались оперативные приемы прецизионного наведения хирургического инструмента на искомую область внутри мозга [2, 3]. Современные средства интроскопии и 3D печати позволяют персонализировать процесс изготовления фантома с учетом индивидуальной вариабельности по данным компьютерной томографии [2]. Это позволяет специалисту наглядно оценить пространственное расположение оперируемых структур и выбрать минимально травматичную траекторию хирургического доступа [4]. Такие подходы также актуальны при моделировании закрытия черепных дефектов для изготовления натурального прототипа костного имплантата [5]. В задачах конфигурационного планирования функциональных ринохирургических операций также целесообразным является натурная визуализация и моделирование динамического изменения геометрических характеристик анатомических структур операционной области [6, 7]. Кроме того, натурные модели могут использоваться для прогнозирования функционального результата операции и предоперационной проверки принятых решений с помощью испытаний на специальных аэродинамических стендах.

Исходя из этого, целью работы является разработка подхода, позволяющего проводить моделирование ринологических оперативных вмешательств на основе создания и исследования геометрических и функциональных характеристик реальных персонализированных моделей внутренней структуры верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии.

Суть разработки состоит в получении данных спиральной компьютерной томографии, позволяющей с высокими пространственным разрешением и контрастностью визуализировать костно-хрящевые и мягкотканые структуры полости носа, создании виртуальной модели исследуемой области, подготовке 3D-модели для прототипирования с помощью специализированных программ-слайсеров, разбивающих воспроизводимый объект на срезы с учетом аппаратных особенностей устройства прототипирования, этапа 3D-печати для получения натурной модели и выполнения над этой моделью заданных манипуляций – тренинга с помощью выбираемого хирургического инструментария. После виртуального изменения пространственной конфигурации носовой полости и повторного изготовления

реальной модели возможно проведение сравнительных испытаний обеих натуральных моделей на аэродинамическом стенде для определения и анализа показателей носового сопротивления – перепада давлений и соответствующего расхода воздуха. Первым этапом выполнялось построение фронтальных мультипланарных реконструкций верхних дыхательных путей, сегментация носовых проходов, и определение геометрических характеристик их «живых» сечений, таких как площадь, периметр, эквивалентный диаметр. Выходными данными этого этапа является получение геометрической модели в формате stl. Далее, сегментированная модель с помощью программ – слайсеров преобразуется в G-код с учетом характеристик используемого 3D-принтера и параметров прототипирования.

На исходных фронтальных сечениях носовой полости происходит виртуальная коррекция анатомических структур носовой полости путем посрезового двухмерного варпинга с учетом исходного и результирующего расположения ключевых точек деформации. Перемещение ключевых точек задается специалистом интерактивно, и далее программа варпинга вычисляет новые координаты изменяемых анатомических объектов [7]. После этого повторяются, приведенные выше, стадии изготовления натурной модели и выполняются сравнительные аэродинамические испытания исходной и модифицированной моделей. При этом через изготовленные натурные модели пропускается физиологически обоснованный поток воздуха и в соответствующих точках устанавливаются датчики перепада давления и расхода воздуха. Таким образом, выполняется двойное – виртуальное (математическое) и натурное прогнозирование функциональных результатов ринологической операции с учетом определения аэродинамических сопротивлений по живых сечений потока согласно данным литературы [7] для турбулентного и ламинарного режимов потока воздуха, соответственно. Показатели расходов воздуха берутся по данным риноманометрии.

Внедрение технологий быстрого прототипирования в ринологию позволяет основываться на прогнозировании функционального результата операции не только по данным математического моделирования процесса протекания воздушного потока через носовую полость при дыхании, но и с учетом анализа натуральных аэродинамических моделей исследуемой области. Внедрение таких симуляционных технологий переводит процесс планирования хирургических операций на качественно новый уровень и позволяет повысить достоверность результатов процедур, связанных с прогнозированием функциональных результатов оперативных вмешательств.

Литература

1. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с.
2. П'ятикоп, В. О. Сучасні технології фантомного моделювання в нейрохірургії як різновид симуляційного навчання лікарів-нейрохірургів / В.О. П'ятикоп, О.Г. Аврунін, М.Ю. Тимкович, І.О. Кутовий, І.О. Полях // Матеріали навчально-методичної конференції Симуляційне навчання в системі підготовки медичних кадрів, Харків, ХНМУ. – 2016. – С.136-138.
3. Опыт проведения стереотаксических расчетов с использованием интраоперационной компьютерной томографии / В.И. Сипитый, В.А. Пятикоп, И.А. Кутовой, О.Г. Аврунин // Український нейрохірургічний журнал. – 2006. – № 3 . – С. 58-62.
4. The surgical navigation system with optical position determination technology and sources of errors // O.G. Avrunin, M. Alkhorayef, H.F.I. Saied, M.Y. Tymkovych // Journal of Medical Imaging and Health Informatics. – 2015. –Vol. 5. – P. 689–696.
5. Сипитый В.И. Особенности применения методик 2D и 3D компьютерной томографии при моделировании имплантатов для краниопластики фронтоорбитальных костных дефектов / В. И. Сипитый, Ю. А. Бабалян, О. Г. Аврунин // Медицина сегодня и завтра. – 2007. – № 4. – С. 60-63.
7. Ismail, H. F., Osman, E., AL-Omari, A. K., Avrunin, O. G. The Role of Paranasal Sinuses in the Aerodynamics of the Nasal Cavities. International Journal of Life Science and Medical Research, 2012, 2, 3, 52-55, doi:10.5963/LSMR0203004.