

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО**

**Кременчуцькому національному університету
імені Михайла Остроградського**



**XX МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ
ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ПОЛЯ ТЕХНІЧНИХ
І БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Посвідчення УкрІНТЕІ № 687 від 06.11.2020

Матеріали конференції



Кременчук – 2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО**

**Кременчуцькому національному університету
імені Михайла Остроградського**



МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

*XX Міжнародна науково-технічна конференція
«Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»*

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

*XX Международная научно-техническая конференция
«Физические процессы и поля технических и биологических объектов»*

CONFERENCE PROCEEDINGS

*XX International scientific and technical conference
«Physical processes and fields of technical and biological objects»*

(посвідчення про реєстрацію УкрІНТЕІ № 687 від 06.11.2020)

Кременчук, 12–14 листопада 2021 р.

БІОЛОГІЧНІ ТА МЕДИЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

АСПЕКТЫ НАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РИНОХИРУРГИИ

Аврунин О.Г., Носова Я.В., Тымкович М.Ю., Ибрагим Юнусс Абделхамид (Саудовская Аравия)

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина. E-mail: yana.nosova@nure.ua

Рассматриваются аспекты натурального моделирования в ринохирургии. 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.

Ключевые слова: прототипирование, воздушный поток, аэродинамические модели, планирование операций.

ASPECTS OF NATURAL MODELING IN RHINOSURGERY

Avrunin O., Nosova Ya., Tymkovych M., IbrahimYounouss Abdelhamid

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: yana.nosova@nure.ua

The aspects of natural modeling in rhinosurgery are considered. The introduction of rapid prototyping technologies in rhinology allows predicting the functional result of the operation not only according to the data of mathematical modeling of the process of air flow through the nasal cavity during breathing, but also considering the analysis of full-scale aerodynamic models of the investigated area. The introduction of such simulation technologies takes the process of planning surgical operations to a qualitatively new level and makes it possible to increase the reliability of the results of procedures associated with predicting the functional results of surgical interventions.

Key words: prototyping, airflow, aerodynamic models, operations planning.

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

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. 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 [1-4]. Это позволяет специалисту наглядно оценить пространственное расположение оперируемых структур и выбрать минимально травматичную траекторию хирургического доступа [4, 5].

Такие подходы также актуальны при моделировании закрытия черепных дефектов для изготовления натурального прототипа костных имплантатов [6]. В задачах конфигурационного планирования функциональных ринохирургических операций также целесообразным является натурная визуализация и моделирование динамического изменения геометрических характеристик анатомических структур операционной области [7, 8]. Кроме того, натурные модели могут использоваться для прогнозирования функционального результата операции [5, 8] и предоперационной проверки принятых решений с помощью испытаний на специальных аэродинамических стендах.

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

Суть разработки состоит в получении данных от средств интроскопии, как правило, спиральной компьютерной томографии, позволяющей с высокими пространственным разрешением и контрастностью визуализировать костно-хрящевые и мягкотканые структуры полости носа, сегментации анатомических данных [9], создании виртуальной модели исследуемой области, подготовке 3D-модели для прототипирования с помощью специализированных программ-слайсеров, разбивающих воспроизводимый объект на срезы с учетом аппаратных особе-

ностей 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 натурных 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 ходов (воздушных каналов), и определение геометрических характеристик их «живых» сечений, таких как площадь, периметр, эквивалентный диаметр с учетом расстояния между сечениями [7].

Выходными данными этапа сегментации является получение геометрической модели в формате stl.

Далее, сегментированная модель с помощью специальных программ – слайсеров преобразуется в G-код с учетом характеристик используемого 3D-принтера и параметров прототипирования для последующего изготовления.

Далее происходит виртуальная коррекция анатомических структур носовой полости путем посрезового двухмерного варпинга по ключевым точкам деформации, перемещение которых задается специалистом интерактивно. Далее программа варпинга вычисляет координаты изменяемых анатомических объектов.

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 (на основе математического моделирования) и натурное (на основе натурального моделирования) прогнозирование функциональных результатов ринологических операций с учетом определения аэродинамических сопротивлений в каждой половине носа по геометрическим параметрам живых сечений потока для турбулентного и ламинарного режимов потока воздуха, соответственно [10]. Показатели расходов воздуха берутся или поданным риноманометрии, или с учетом физиологической возрастной нормы.

ВЫВОДЫ. 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 натурных 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. 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.
2. Опыт проведения стереотаксических расчетов с использованием интраоперационной компьютерной томографии / В.И. Сипитый, В.А. Пятикоп, И.А. Кутовой, О.Г. Аврунин // Украинский нейрохирургический журнал. – 2006. – № 3. – С. 58-62.
3. Бажан О. В. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії / О. В. Бажан, О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович // І Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство», Кременчук. - 2018. - С.184.
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. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодяньський С.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с.
6. 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. K. Al-Omari, H.F. Ismail Saied, O.G. Avrunin, Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity // Image Processing & Communications, challenges3, AISC 102. Springer - Verlag Berlin Heidelberg. -2011: P. 303-310.
8. Аврунін О.Г., Бодяньський С.В., Семенець В.В., Філатов В.О., Шушляпіна Н.О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 125 с.
9. Tymkovych, M., Avrunin, O., Paliy, V., et al., Automated method for structural segmentation of nasal airways based on cone beam computed tomography. Proc. SPIE, 10445, 446–453 (2017).
10. Носова, Я. В. Определение микрохарактеристик воздушного потока в носовой полости при дыхании / Я. В. Носова, О. Г. Аврунин, Х. И. Фарук // Вестник НТУ «ХПИ», Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 122-127. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.19