

Н.О. Шушляпіна
Я.В. Носова
О.О. Аврунін
Ібрагім Юнусс Абделхамід

ОСОБЛИВОСТІ 3D-ПРОТОТИПУВАННЯ ВЕРХНІХ ДИХАЛЬНИХ ШЛЯХІВ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Анотація

Розглядаються особливості підготовки 3D-моделей для швидкого прототипування верхніх дихальних шляхів. Суть розробки полягає у отриманні діагностичних даних рентгенівської комп'ютерної томографії області верхніх дихальних шляхів, сегментації структур носової порожнини та створення інформаційної комп'ютерної моделі, яка дозволить провести натурне 3D-прототипування за допомогою різних матеріалів, що відповідають механічним властивостям тканин. Це дозволяє створювати персоналізовані моделі носової порожнини та досліджувати їх аеродинамічні властивості при різних режимах дихання.

Ключові слова: 3D-прототипування, томографія, носове дихання, візуалізація.

У зв'язку з повномасштабною війною, нажаль, є висока актуальність лікування поранень обличчя та верхніх дихальних шляхів. Саме українські фахівці в галузі біомедичної інженерії [1, 2] спільно з лікарями працюють над удосконаленням технологій для проведення відповідних заходів діагностики, терапії та реабілітації [3, 4]. Велика роль тут відводиться підходам, які пов'язані з швидким прототипуванням імплантів [5, 6] та натурних моделей [7], які необхідні для дослідження аеродинамічних властивостей верхніх дихальних шляхів, зокрема при травматичних пошкодженнях. Це необхідно, щоби з'ясувати функціональні зміни, які пов'язані зі структурними змінами у верхніх дихальних шляхах, внаслідок травматизації і сформувані необхідні заходи лікування та реабілітації. Найбільшу увагу при цьому доцільно приділяти саме персоналізації та адекватності різних підходів натурального моделювання.

Такі підходи зараз реалізуються на основі засобів інтроскопічної візуалізації [8, 9] і 3D прототипування [7]. На даний час розроблено теоретичні основи впливу змін архітектоники верхніх дихальних шляхів на їх функціональні властивості [10, 11], розроблені пристрої для тестування носового дихання [11, 12] а також особливості носового дихання при різних навантаженнях [13]. Для того, щоб виготовити адекватну натурну 3D модель верхніх дихальних шляхів доцільно виготовляти її з матеріалів, які відповідають механічним властивостям тканин, зокрема, хрящових та кісткових структур, м'яких тканин пересінки та крил носу, а також ділянок слизової оболонки. Вхідними даними є результати рентгенівської комп'ютерної томографії області верхніх дихальних шляхів. Далі виконується сегментація отриманої воксельної моделі на різні за розташуванням та щільністю структури і підготовка інформаційної моделі для 3D-прототипування, за якою визначаються матеріали для друку відповідних структур. Відповідна модель розбивається на підструктурні одиниці, які друкуються певними матеріалами. Вихідними даними при цьому є геометричні моделі кожної структури у форматі stl, які в подальшому за допомогою програм – слайсерів перетворюється на G-код з урахуванням характеристик технології прототипування, моделі 3D-принтера та матеріалу виготовлення. Отримана модель після фінішного збирання та обробки може бути досліджуватись на аеродинамічному стенді для визначення показників повітряного потоку при різних режимах дихання. віртуальне модифікування моделі, її прототипування і отримання порівняльних характеристик з результатами випробувань первинної моделі. Таким чином, можливо здійснити прогнозування функціональних результатів корекції області верхніх дихальних шляхів після складних травматичних пошкоджень, за рахунок отримання персоналізованих вхідних даних з урахуванням індивідуальної фізіологічної варіабельності та особливостей порушення носового дихання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белянінова Г. Г. Внесок Харківського національного університету радіоелектроніки у досягнення Цілі сталого розвитку 3 - «Міцне здоров'я і благополуччя» / Г. Г. Белянінова // III Наук.-практ. конф. «Advanced discoveries of modern science: experience, approaches and innovations». – European Scientific Platform. – 2023. – С. 132-133.
2. Белянінова, Г., & Тітова, Л. (2023). Внесок харківського національного університету радіоелектроніки у досягнення цілі сталого розвитку 16 - «Мир та справедливість». *Grail of Science*, (25), 69–75. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.03.2023.010>.
3. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодяньський С. В., Колісник П. Ф., Лисенко О. М., Чайковський І. А., Філатов В. О. (2019). Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К». – 2019. – 260 с.
4. Аврунін О.Г., Філатов В.О., Тимкович М.Ю., Кухаренко Д.В., Пятикоп В.О. Комп'ютерне планування малоінвазивних втручань в офтальмології та нейрохірургії. Харків : ХНУРЕ, 2020. 160 с. DOI: 10.30837/978-966-659-283-8.
5. Avrunin O, Tymkovych M, Drauil J. Automatized technique for threedimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry, Proceedings of the Information Technologies in Innovation Business Conference (ITIB). 2015. p. 39–42
6. Аврунін О.Г., Шамраєва Е.О. Реконструкція об'ємних моделей черепа і імплантата по томографічним знімкам // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137–140.
7. Я. В. Носова, О. Г. Аврунін, Н. О. Шушляпина, І. Ю. Абделхамід, і А. Б. Алі Саєд, «Порівняльний аналіз математичних та натурних моделей при визначенні коефіцієнту аеродинамічного носового опору», *Опт-ел. інф-енерг. техн.*, вип. 42, вип. 2, с. 33–43, Жов 2022.
8. Аврунін, О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович, Х. И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 101-104.
9. Тимкович М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М.Ю. Тимкович, О.Г. Аврунін, В.В. Семенец // Техн. електродинамика: Тематич. вып. – 2012. – Т.4. – С. 178–183.
10. Avrunin, O.G.; Nosova, Y.V.; Pavlov, S.V.; and etc. Possibilities of Automated Diagnostics of Odontogenic Sinusitis According to the Computer Tomography Data. *Sensors* 2021, 21, 1198. <https://doi.org/10.3390/s21041198>.
11. Avrunin, O.G.; Nosova, Y.V.; Pavlov, S.V.; Shushliapina, N.O.; and etc. Research Active 11. Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors* 2021, 21, 8508. doi: 10.3390/s21248508
12. Аврунін О. Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О. Г. Аврунін, А. И. Бых, В. В. Семенец //Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники :сб. науч. тр. III Междунар.науч. конф., 28 сент. – 2 окт. 2010 г. – Х. ; Кацивели : ХНУРЭ, 2010. – С. 280-281.
13. Аврунін О. Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О. Г. Аврунін, Я. В. Носова, С. А. Худаева. // Тези доповіді 5-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117–119.
14. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.

Шушляпіна Наталія Олегівна, к.м.н., доцент Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, E-mail: nataliia.shuliapina@nure.ua

Носова Яна Віталіївна, к.т.н., доцент кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, E-mail: yana.nosova@nure.ua

Ібрагім Юнус Абделхамід, аспірант Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, E-mail: ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua

Аврунін Олександр Олегович, студент Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, E-mail: oleksandr.avrunin@nure.ua

FEATURES OF 3D PROTOTYPING OF THE UPPER RESPIRATORY TRACT

Abstract. Features of preparation of 3D models for rapid prototyping of the upper respiratory tract are considered. After segmentation structures of the nasal cavity CT-datasets of the upper respiratory tract created an informational computer model that will allow full-scale 3D prototyping using various materials that correspond to the mechanical properties of tissues. This makes it possible to create personalized models of the nasal cavity and to study their aerodynamic properties under different breathing modes.

Key words: 3D prototyping, tomography, nasal breathing, visualization

Shushlyapina Nataliya, PhD, associate professor of the Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, E-mail: nataliia.shuliapina@nure.ua

Yana Vitaliyvna Nosova, PhD, associate professor of the of the Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, E-mail: yana.nosova@nure.ua

Ibrahim Yunuss Abdelhamid, PhD-student of Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, E-mail: ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua

Avrunin Oleksandr, student of Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, E-mail: oleksandr.avrunin@nure.ua