

МОЖЛИВОСТІ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СТРУКТУР НОВОЇ ПОРОЖНИНИ

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,
61166, Харків, просп. Науки, 14,

²Харківський національний медичний університет,
61022, Харків, просп. Науки, 4,

Анотація. Проведено математичне моделювання та дослідження впливу різних типів локальних опорів носової порожнини на назальну аеродинаміку при диханні. На підставі цих даних за допомогою методів комп'ютерного планування хірургічних втручань і моделювання необхідної конфігурації носової порожнини можливо прогнозувати функціональний результат операції.

Ключові слова: 3-D моделювання, математичні моделі, ринохірургічні втручання, внутрішньо-носові структури

Процеси розповсюдження повітря у носовій порожнині при диханні викликають живу дискусію і є об'єктом досліджень багатьох авторів [1, 2]. Розглядаються типи назальної аеродинаміки та вплив архітекtonіки і окремих структур носової порожнини на повітряний опір при диханні [3, 4]. Розроблена достатньо велика кількість математичних моделей, як аналітичних, так і чисельних для визначення основних аеродинамічних показників повітряного потоку в залежності від геометричних властивостей носової порожнини при різних режимах дихання. Але, на сучасному етапі на перший план встає адекватність розроблених математичних моделей і їх спроможність прогнозувати показники повітряного потоку при зміні конфігурації внутрішньо-носових структур. При цьому, в першу чергу, розглядається можливість розробленого математичного апарату для комп'ютерного планування ринохірургічних втручань та їх корисність для впровадження в звичайну клінічну практику [5].

Тому, актуальними є питання вивчення впливу конфігурації внутрішньо-носових структур на назальну аеродинаміку на натурних моделях, які можливо отримати за допомогою сучасних методів швидкого прототипування. Створення таких реальних моделей можливо за даними комп'ютерної томографії [6, 7]. Після сегментації внутрішніх стінок носової порожнини виконується слайсінг моделі та її виготовлення за технологією 3D-друку. При цьому, за вихідними даними томографічних досліджень різних пацієнтів можливо виконання натурних моделей не тільки при умовній нормі, але й при конкретних патологічних станах. Виготовлені таким чином моделі можна досліджувати при використанні аеродинамічного стенду, в якому встановлені сенсори витрати повітря і перепаду тиску. За допомогою останніх отримуються дані щодо повітряного тиску у окремих точках вимірювання вздовж повітряного каналу натурної моделі біля структур, які можуть прогнозовано викликати підвищення аеродинамічного носового опору.

У 2019-2020 роках були реалізовані перші дві частини спільного науково-дослідного Україно-німецького проекту «3D-model. Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при типових патологіях». Робота за цим проектом дозволила отримати унікальні експериментальні дані щодо змін показників повітряного потоку при диханні в залежності від патологічних станів. Так, за основними результатами було вперше отримано та уточнено теоретичні дані за рахунок проведення експериментальних досліджень натурних моделей на аеродинамічному стенді. Визначено впливи локальних аеродинамічних опорів на загальну провідність верхніх дихальних шляхів та основні точки виміру тиску на натурних моделях. Проведено математичне моделювання та дослідження впливу

різних типів локальних опорів носової порожнини на назальну аеродинаміку при диханні. На підставі цих даних за допомогою методів комп'ютерного планування хірургічних втручань і моделювання необхідної конфігурації носової порожнини можливо прогнозувати функціональний результат операції. Мала довжина носової порожнини у порівнянні із областю взаємовпливу місцевих опорів не дозволяє враховувати їх спільний опір повітряного потоку, тому доцільно враховувати тільки місцевий опір, який вносить максимальні втрати напору. Перспективою роботи є експериментальне дослідження межового шару повітряного потоку [8] та його впливу на стінки носової порожнини.

Список літератури

1. Аврунин О.Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О.Г. Аврунин, Я.В. Носова, С.А. Худаева. // Тези доповіді 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117 – 119.
2. Nosova Y.V. A tool for researching respiratory and olfaction disorders/ Y.V. Nosova, K.I. Faruk, O.G. Avrunin // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018. – №77(15). – С. 1389–1395.
3. Ismail, Husham Farouk, et al. The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities. International Journal of Life Science and Medical Research 2.3 (2012): 52-55.
4. Носова Я. В. Визуализация обонятельной щели / Я. В. Носова, Н. О. Шушляпина, Т. В. Носова // Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015р. - №39 (1148). – С. 73-77.
5. Аврунин О. Г. Сравнение дискриминантных характеристик риноманометрических методов диагностики / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец, П.Ф. Щапов // Радіотехніка. – 2011. – 164. – С. 102–107.
6. Аврунин О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунин //Радиоэлектроника и информатика.– 2007. – № 4. – С. 119–122.
7. Avrunin O.G. Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain / O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, S. P. Moskovko, et. al. // Przegląd Elektrotechniczny: doi:10.15199/48.2017.05.20. – V. 93-5. – 2017. – P. 102-105.
8. Avrunin O. G. Research of laminar boundary layer influence of the air flow on the mucous membrane of the nasal cavity / O.G. Avrunin, Ya. V. Nosova, O. Gryshkov, B. Glasmacher, N. Shushliapina // 46 th ESAO Congress. The International Journal of Artificial Organs. - Hannover, Germany. - 2019, Vol 42 Number 8. – P. 430.
9. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.

Відомості про авторів

1. **Носова Яна, к.т.н., доцент кафедри біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, тел. (057) 702-13-64, e-mail: yana.posova@nure.ua.**
2. **Тимкович Максим, к.т.н., доцент кафедри біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, тел. (057) 702-13-64, e-mail: yana.posova@nure.ua.**
3. **Шушляпіна Наталія, к.т.н., доцент, Харківський національний медичний університет, 61022, Харків, просп. Науки, 4, каф. Оториноларингології, тел. (067) 588-68-49 e-mail: shushliapina_nataliia775@ukr.net**