

НАТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ РІДИННОГО ВМІСТУ
ПРИДАТКОВОЇ ПАЗУХИ НОСУ ЗА МЕТОДОМ ПРОЕТЦАСоколов А. А., аспірант, e-mail: andrii.sokolov@nure.uaАврунін О. Г., д.т.н., проф., e-mail: oleh.avrunin@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки

Соколов А. М., лікар-отоларинголог, e-mail: FalconLOR2@gmail.com

Полтавська обласна клінічна лікарня ім. М. В. Скліфосовського

Актуальність дослідження. Одним із базових консервативних методів лікування захворювань придаткових пазух носа та носоглотки є метод переміщення за Проетцем, або так звана «кукушка» [1, 2]. Суть методу – це пропускання рідини через порожнину носа для змивання та звільнення патологічного секрету з поверхні слизової оболонки порожнини, носоглотки та придаткових пазух носа. Ефективність цього методу залежить від ступеня фіксації бактеріальних біоплівки, мікрофлори, функціонування можливостей природно вивідних отворів придаткових пазух носа та фізичних властивостей патологічного секрету у придаткових пазухах носа [3, 4]. Удосконалення методики промивання носа за Проетцем дозволить практикуючим лікарям у більшій кількості клінічних випадків домогтися одужання пацієнта без операційних втручань.

Мета роботи – провести натурне моделювання переміщення рідинного вмісту придаткової пазухи носа за методом Проетца.

Основні матеріали досліджень. Основним завданням було створення натурної моделі порожнини носа і придаткових пазух, що дозволяє експериментально перевірити ефективність дренажу вмісту придаткових пазух в умовах різних режимів протікання промивної рідини через порожнину носа [5].

В якості спрощеної моделі (в ідеальному випадку модель порожнини носа та пазух повинна бути роздрукована на 3D-принтері [6, 7]) порожнини носа використали звичайний фільтр від одноразової інфузійної системи, що імітує резистентність слизової порожнини носа повітряному/водному потоку (рис. 1). Пазухи носа моделювали за допомогою одноразових шприців з відтягнутими поршнями, що приєднуються до бічної поверхні фільтра. Канюлі шприців імітували співвуста пазух (внутрішній діаметр канюлі можна порівняти з природними вивідними отворами людини). Шприци заповнювалися рідинами, за своїми фізичними властивостями подібними до патологічного секрету. У першому випадку застосовувався застиглий розчин підфарбованого харчового желатину. У другому випадку яєчний білок із денатурованими включеннями. У третьому випадку застосовувався розчин забарвленого завареного крохмалю.

Пропускання рідини через модель проводилися у двох режимах: у першому режимі промивна рідина повністю заповнювала та протікала через порожнину носа, а у другому режимі подача промивної рідини чергувалася з подачею повітря з частотою до 6 Гц. Це створювало додаткові турбулентні потоки за рахунок пульсацій та перепад тиску в моделі пазухи, які, у свою чергу, сприяли більш інтенсивному вимиванню умовного патологічного вмісту. Одночасно з цим спостерігалася зміна швидкості вимивання вмісту пазух носа залежно від просторового розташування придаткової пазухи носа. Під час застосування другого режиму ми спостерігали негативні результати, або досягали порівняних результатів за більш довгий час промивання. У дослідженні з розчином желатину, при промиванні в першому режимі дренажу моделі пазухи було ледве помітним. У другому режимі промивання модель пазухи дренажувалась повністю. У досліді із завареним розчином крохмалю в першому режимі промивання дренажу не спостерігалася. Використання другого режиму промивання спричинило повне очищення моделі пазухи.



Рис. 1 – Модель придаткової пазухи для дослідження промивання патологічного секрету

У експерименті з яєчним білком з денатурованими включеннями перший режим промивання дозволяв моделі пазухи частково дренуватися до obturaції вивідного отвору великим денатурованим фрагментом. Використання другого режиму промивання призводило до деформації або руйнування великих фрагментів, що нарешті призводило до їх вимивання через змодельоване співвустя. У досліді з білково-вуглеводною сумішшю застосування обох методів призвело до очищення моделі пазух, але з різною швидкістю вимивання.

Висновок. Найбільш ефективно дренування досягалося за умови вертикального розташування моделей порожнини носа і пазухи, де модель пазухи знаходилася зверху і гравітація допомагала виходу вмісту. Найбільш ефективно використання методу переміщення за Проетцем в лікуванні синуситів буде забезпечуватися в тому випадку, якщо синус, уражений патологічним процесом, буде розташований над порожниною носа, в якій циркулює промивна рідина. З урахуванням того, що метод пульсаційного промивання показав більш високу ефективність, ми вважаємо за необхідне створення пристрою, що дозволяє автоматизувати чергування подачі повітря і рідини з частою і шпаруватістю, що налаштовується, а також підтримує профілі терапевтичного впливу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аврунін О. Г., Бодяньський Є. В., Калашник М. В., Семенець В. В., Філатов В. О. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 248 с. doi: 10.30837/978-966-659-234-0.
2. Аврунін О. Г., Бодяньський Є. В., Семенець В. В., Філатов В. О., Шушляпіна Н. О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання. Харків : ХНУРЕ, 2018. 132 с. URL: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-235-7>.
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. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Abdelhamid, I. Y., Pavlov, S. V., Shushliapina, N. O., Wójcik, W., Kalizhanova, A. (2021). Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1-22. doi:10.3390/s21041198.
5. Avrunin, O. G.; Nosova, Y. V.; Abdelhamid, I. Y.; Pavlov, S. V.; Shushliapina, N. O.; Bouhlal, N. A.; Ormanbekova, A.; Iskakova, A.; Harasim, D. Research Active Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors* 2021, 21, 8508. <https://doi.org/10.3390/s21248508>.
6. Я. В. Носова, О. Г. Аврунін, Н. О. Шушляпіна, 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. DOI: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2021-42-2-33-43>.
7. Filsow M. 3D-reconstruction of anatomical structures using rapid prototyping for medical applications / M. Filsow, M. Tymcovych, O. Avrunin. // *Матеріали XV міжнародної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»* – Кременчук: КрНУ, 2016. – С. 112-113.