

## ПІДГОТОВКА СИМУЛЯТОРІВ ДЛЯ НАВЧАННЯ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ХІРУРГІЇ НА ОСНОВІ 3D-МОДЕЛЕЙ В РИНОЛОГІЇ

Сокольцов А. О., аспірант, e-mail: [andrii.sokoltsov@nure.ua](mailto:andrii.sokoltsov@nure.ua)

Аврунін О. Г., д.т.н., проф., e-mail: [oleh.avrunin@nure.ua](mailto:oleh.avrunin@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Ендоскопічна хірургія пазух носа (FESS) є однією з найпоширеніших та ефективних операцій у ринології, проте вона потребує високого рівня навичок. Традиційні методи навчання базуються на практиці на пацієнтах або трупному матеріалі, що супроводжується етичними обмеженнями та складнощами з доступом до матеріалів. Сучасна післядипломна освіта активно впроваджує моделювання, зосереджуючи увагу на підвищенні безпеки пацієнтів. Це призвело до скорочення можливостей традиційного навчання, що раніше базувалося на принципах хірургічного учнівства, та до пошуку нових ефективних підходів для підготовки медичних спеціалістів.

У літературі розглядаються різні підходи для навчання основам ендоскопічної хірургії, включаючи моделювання операцій на овочах, використання тваринних тканин та сучасні 3D моделі з доповненою реальністю. Хоча такі методи, як моделі з перцю і томатів, економічно доступні та етично прийнятні, вони не можуть точно відтворювати анатомічну складність реальних тканин. Проте, ці тренування поліпшують координацію та точність роботи з інструментами, що підвищує впевненість хірургів. Більшість учасників зазначають, що ці методи добре готують до роботи з трупними зразками та живими пацієнтами [1-2]. Розвиток 3D-друку пропонує інноваційне рішення для створення персоналізованих анатомічних моделей, які можуть використовуватися для тренування хірургів та симуляції реальних операційних умов. Ця методика дозволяє підвищити якість підготовки майбутніх хірургів, мінімізуючи ризики для пацієнтів та значно покращуючи результати навчання. Виготовлення моделей пазух носа базується на комп'ютерній томографії (КТ) пацієнтів із хронічним синуситом [3-4]. На основі отриманих даних моделі розробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для тривимірного моделювання (наприклад, Mimics), яке дозволяє точно відтворити анатомічні структури [5]. Для друку моделей використовується технологія FDM (Fused Deposition Modeling), що дозволяє створювати точні копії кісткових і м'яких тканин з різною твердістю. Це важливо для відтворення реалістичного відчуття під час роботи з моделями та навчання маневрам в умовах обмеженого доступу до анатомічних структур. Для покращення реалістичності використовуються спеціальні матеріали, що імітують слиз та інші виділення, характерні для післяопераційного періоду. В експерименті вводяться біорозкладні гемостатичні вати, що імітують зміни тканин через тиждень після операції. Моделюються також специфічні стани тканин, що сприяє відпрацюванню навичок очищення порожнини носа та видалення залишкових матеріалів. Для оцінки рівня підготовки використовуються стандартизовані шкали, зокрема об'єктивна структурована оцінка технічних навичок (OSATS), яка дозволяє кількісно вимірювати прогрес стажерів до та після проходження тренування [6-7]. Система оцінювання базується на п'ятибальній шкалі Лайкерта, що враховує правильність виконання кожного етапу операції. Також використовуються КТ-сканування після тренувань для оцінки якості препарування. Дослідження показують, що стажери, які пройшли навчання на 3D-моделях, демонструють значно покращені навички маневрування хірургічними інструментами та скорочення часу операцій у порівнянні з традиційними методами підготовки. Використання 3D-моделей знижує ризик ускладнень і підвищує впевненість хірургів у роботі з пацієнтами. Крім того, багаторазове використання моделей дозволяє оптимізувати навчальні програми, оскільки моделі можуть бути адаптовані до конкретних клінічних випадків.

Застосування 3D-друкованих моделей для підготовки хірургів значно розширює можливості медичної освіти [8, 9]. Вони не лише надають можливість відпрацьовувати складні

маніпуляції, але й дозволяють підвищувати рівень персоналізації підготовки, враховуючи індивідуальні анатомічні особливості пацієнтів. Однак технологія має певні виклики: моделі з високою точністю і реалістичністю можуть бути дорогими, і постає питання щодо імітації тканин різної щільності. Проте ці виклики є технічно вирішуваними, і подальший розвиток адитивних технологій відкриває перспективи для удосконалення якості симуляторів. Тому, застосування 3D-друку у підготовці хірургів є важливим кроком вперед у медичній освіті. Це дозволяє значно покращити якість підготовки, підвищити безпеку пацієнтів і мінімізувати ризики ускладнень під час реальних операцій [9, 10]. Залучення 3D-технологій у медичні навчальні програми є перспективним напрямом, який дозволяє інтегрувати інноваційні рішення для підготовки кваліфікованих хірургів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Tikka S et al. A Feasible, Low-Cost, Capsicum and Tomato Model for Endoscopic Sinus and Skull Base Surgery Training. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022 Dec;74(Suppl 3):4565-4570. doi: [10.1007/s12070-021-02583-z](https://doi.org/10.1007/s12070-021-02583-z). Epub 2021 Jul 5. PMID: 36742779; PMCID: PMC9895242.
2. de Oliveira HF et al. A feasible, low-cost, reproducible lamb's head model for endoscopic sinus surgery training. *PLoS One.* 2017 Jun 29;12(6):e0180273. doi: [10.1371/journal.pone.0180273](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180273). PMID: 28662196; PMCID: PMC5491169.
3. 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>.
4. Тымкович М. Ю. Использование DICOM изображений в медицинских системах / М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунин, В.В. Семенец // НТУУ «КПІ» Техн. електродинаміка : Темат. вип. : Силова електроніка та енергоефективність, (СБЕ'2012)». – Київ : НТУ «ХПІ». – 2012. – С. 178-183. ISSN 1607-7970.
5. Dong D et al. [Preparation and validation of simulant for endoscopic sinus surgery]. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi.* 2021 Jan 5;35(1):70-73. Chinese. doi: [10.13201/j.issn.2096-7993.2021.01.018](https://doi.org/10.13201/j.issn.2096-7993.2021.01.018). PMID: 33540979; PMCID: PMC10128531.
6. Suzuki M et al. Repetitive simulation training with novel 3D-printed sinus models for functional endoscopic sinus surgeries. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2022 Jul 21;7(4):943-954. doi: [10.1002/lio2.873](https://doi.org/10.1002/lio2.873). PMID: 36000044; PMCID: PMC9392405.
7. Suzuki M et al. Training of Functional Endoscopic Sinus Surgery With Advanced Manufactured 3D Sinus Models and a Telemedicine System. *Front Surg.* 2021 Oct 1;8:746837. doi: [10.3389/fsurg.2021.746837](https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.746837). PMID: 34660685; PMCID: PMC8517106.
8. Avrunin, O. G., Tymkovych, M. Y., Saed, H. F. I., Loburets, A. V., Krivoruchko, I. A., Smolarz, A., & Kalimoldayeva, S. (2019). Application of 3D printing technologies in building patient-specific training systems for computing planning in rhinology. Paper presented at the Information Technology in Medical Diagnostics II - Proceedings of the International Scientific Internet Conference on Computer Graphics and Image Processing and 48th International Scientific and Practical Conference on Application of Lasers in Medicine and Biology, 2018, 1-8. doi:[10.1201/9780429057618-1](https://doi.org/10.1201/9780429057618-1).
9. Сокольников А. Аспекти моделювання хірургічних втручань на придаткових пазухах носа / А. Сокольников, О. Г. Аврунін // Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали III міжнародної науково-технічної конференції, 8–10 травня 2024 р. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – С. 188-190.
10. V. Semenets, V. Kauk, O. Avrunin. “The advanced technology of remote training at the initial process” [“Vprovadjennya tehnologiy dystantsiynogo navchannya u navchalnii protses”], High School, 2009. – No. 5. – P. 40–45.