

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ОТОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі проведено огляд методів формування отоскопічних зображень, пристроїв які використовуються для цього.

Ключові слова: отоскоп, будова отоскопа, медичні прилади, оториноларингологія, слуховий канал.

Abstract

In this work, an overview of the methods of forming otoscopic images and the devices used for this is carried out.

Key words: otoscope, structure of otoscope, medical devices, otorhinolaryngology, auditory canal.

Вступ

Гостре середнє вушне запалення (АОМ), або запалення середнього вуха, є найпоширенішим захворюванням. Діагностика навіть для досвідчених лікарів є складною. Недостатнє лікування призводить до збільшення хворобливості пацієнтів, тоді як переписування зайвих антибіотиків може призвести до появи резистентності бактерій. Процедура діагностики запалення середнього вуха полягає у візуалізації барабанної перетинки, за допомогою пневматичного отоскопа або отоендоскопа.

Дослідження показали, що набряк та зміна кольору барабанної перетинки є двома найефективнішими діагностичними ознаками, які дозволяють діагностувати запалення середнього вуха та запалення середнього вуха з ефузією (характеризується наявністю рідини в середньому вусі без бактеріальної інфекції) [1]. Для діагностики захворювання вуха в медицині використовуються такі види отоскопів: оптичний(традиційний), пневматичний, цифровий та отоендоскоп.

Огляд існуючих методів формування отоскопічних зображень

Оптичний отоскоп функціонує на основі системи лінз і джерела світла. Лінзи забезпечують збільшення, дозволяючи детально розглядати слуховий канал та барабанну перетинку. Джерело світла освітлює внутрішню частину вуха через невелику воронку, що вводиться в слуховий канал. Лікар дивиться через окуляр на збільшене зображення для діагностики стану барабанної перетинки або виявлення можливих захворювань вуха.

Цифровий отоскоп працює на основі камери, яка з'єднується зі ЕОМ яка приймає дані з камери. Камера вводиться у вуха, знімаючи високоякісні зображення барабанної перетинки та слухового проходу. Ці зображення можуть бути збільшені та збережені для аналізу або передачі медичним спеціалістам для діагностики. Сучасні цифрові отоскопи можуть включати підсвічування, різні насадки, а також програмне забезпечення для обробки та класифікації зображень за допомогою алгоритмів машинного навчання. Принцип роботи отоендоскопа такий як і в цифрового отоскопа. На рис.1 зображено побудову оптичного та цифрового отоскопу.

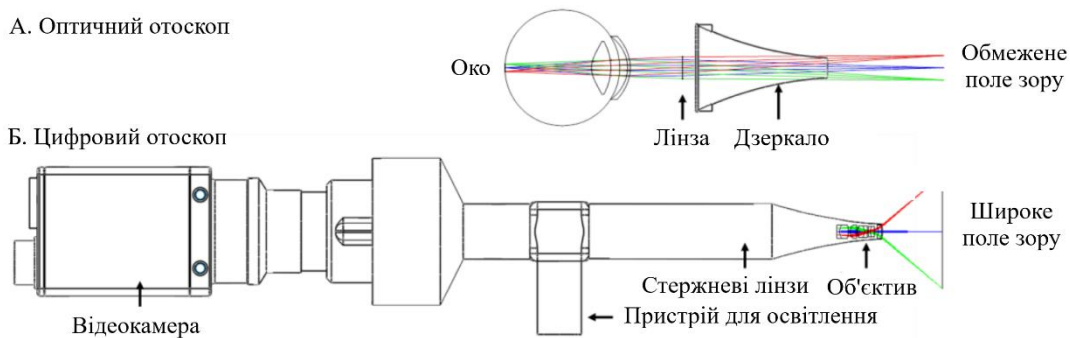


Рисунок 1. Будова оптичного та цифрового отоскопа

Традиційний отоскоп забезпечує вузький монокулярний огляд барабанної перетинки, що обмежує можливість оцінки невеликих змін форми. Ці пристрої використовують просту одинарну збільшувальну лінзу, що значно обмежує поле зору, як показано на рис. 1(А). З іншого боку, нові цифрові отоскопи (рис. 1(Б)) можуть забезпечувати високоякісні зображення з великим полем зору (45–100 градусів) та великою глибиною різкості. Однак всі ці отоскопи працюють з 2D зображеннями, що може призвести до неправильної інтерпретації наявності випинання барабанної перетинки, що сприяє найпоширенішій помилці клініцистів: класифікації ексудативного середнього отиту.[2] Тому вже досить тривалий час ведуться дослідження щодо використання в отоскопії методів, які дозволятимуть отримати 3D зображення внутрішньої структури вуха, зокрема барабанної перетинки. До таких методів відноситься використання оптичного когерентного томографічного отоскопа[3,4] та отоскопа зі структурованим освітленням[5]. Ці методи покладаються на механізми сканування, які можуть спричинити розриви зображення або розмиття руху, а також роблять такі отоскопи громіздкими порівняно з традиційними відео отоскопами. Оптичний когерентний томографічний отоскоп, може досягати високої швидкості збору даних за допомогою високошвидкісної камери лінійного сканування, але поле зору обмежене до 10 градусів, що значно менше за комерційно доступні цифрові отоскопи. Для зйомки всієї барабанної перетинки та частини слухового каналу зазвичай потрібне поле зору 50 градусів. Крім того, система, є дуже громіздкою.

Структурований світловий сканер, представлений у 2015 році[5], проектує послідовність світлових шаблонів на барабанну перетинку та знімає шаблон за допомогою веб-камери. Швидкість проєкції становить 3 кадри за секунду, і для 3D-профільної реконструкції барабанної перетинки потрібна послідовність з п'яти шаблонів. Це становить час зйомки приблизно 1,6 с, що є неприпустимо повільним для зйомки дітей у клінічних умовах. Автори не повідомляють поле зору цієї системи. Нарешті, отоскоп з структурованим освітленням[5] вимагає інтеграції проектора в корпус отоскопа, що робить його більшим порівняно з сучасними комерційними отоскопами.

В 2016 році було представлено розробку світлопольового цифрового отоскопа, який при невеликих габаритах здатний формувати 3D зображення з широким полем зору та достатньою різкістю зображення.[6] Автори стверджують, що у порівнянні з попередніми підходами, світло польовий цифровий отоскоп, використовує компактний сенсор зображення та пасивне освітлення для потокової передачі відео з високою частотою знімання (19 кадрів за секунду з типовим часом експозиції 10–20 мс), великим полем зору (50 градусів) і форм-фактором, схожим на комерційні цифрові отоскопи. Запропонований світло польовий цифровий отоскоп досягає 3D-зйомки з точністю глибини 0,21 мм у центрі поля та 0,44 мм на краю поля. Він дозволяє проводити 3D-зйомку барабанної перетинки на швидкості відео. Для досягнення таких результатів, авторами було розроблено власну систему оптичних лінз яка складається з групи об'єктивних лінз, до складу якої входять: набір ахроматичних лінз, кон'югант зіниці, та сапфірове скло для захисту, та двох груп релейних лінз. Загальна побудова продемонстрована на рисунку 2.

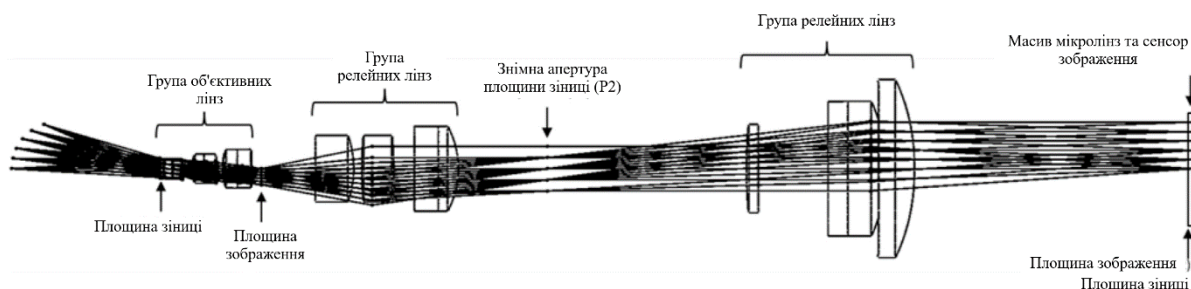


Рисунок 2. Повна будова системи лінз

Даний прототип вже був клінічно протестований на базі дитячої лікарні Пітсбурга Медичного центру університету Пітсбурга. При клінічних дослідженнях було визначено один із основних недоліків даного пристрою - це порівняно з сучасними цифровими отоскопами є зменшена бічна роздільна здатність, що зумовлено отриманням як просторових, так і кутових зразків на одному сенсорі.

Висновки

Отоскопічні зображення відіграють важливу роль у діагностиці захворювань вуха, зокрема гострого середнього отиту та ексудативного середнього отиту. Основні методи формування отоскопічних зображень включають оптичні (традиційні) отоскопи, цифрові отоскопи та сучасні отоендоскопи. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження.

Оптичні отоскопи функціонують на основі системи лінз і джерела світла. Вони забезпечують збільшення зображення барабанної перетинки та слухового каналу через окуляр. Основними обмеженнями таких отоскопів є вузьке поле зору та неможливість оцінки невеликих змін форми барабанної перетинки.

Цифрові отоскопи використовують камери, які передають зображення на комп'ютер. Вони забезпечують високоякісні зображення, які можуть бути збережені для подальшого аналізу. Деякі сучасні цифрові отоскопи можуть включати підсвічування, різні насадки та програмне забезпечення для обробки зображень за допомогою алгоритмів машинного навчання. Основною перевагою є велике поле зору та висока роздільна здатність зображень, проте вони обмежені двовимірними (2D) зображеннями.

Отоендоскопи функціонують за принципом цифрових отоскопів, але можуть забезпечувати кращу якість зображень завдяки використанню ендоскопічних технологій. Вони можуть мати велике поле зору та велику глибину різкості, однак також обмежені 2D-зображеннями.

Цей метод використовує високошвидкісні камери лінійного сканування для отримання 3D-зображень внутрішньої структури вуха. Основні обмеження включають вузьке поле зору (близько 10 градусів) та громіздкість системи. Тим не менш, він може досягати високої швидкості збору даних, що є перевагою для швидкої діагностики.

Оптичні та цифрові отоскопи забезпечують базові 2D-зображення, які підходять для загальної діагностики, але мають обмеження у виявленні тривимірних змін структури вуха. Оптичний когерентний томографічний отоскоп та отоскоп зі структурованим освітленням надають 3D-зображення, але їх використання обмежене громіздкістю та повільністю. Світлопольовий отоскоп комбінує переваги високої швидкості, великого поля зору та можливості створення 3D-зображень, що робить його перспективним інструментом для точнішої діагностики середнього отиту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ahmed, S., Shapiro, N. L., & Bhattacharyya, N. Incremental health care utilization and costs for acute otitis media in children. - *Laryngoscope*, 2014p. – 301–305 с.
2. Kuruvilla, A., Shaikh, N., Hoberman, A., & Kovačević, J. Automated diagnosis of otitis media: vocabulary and grammar. - *International Journal of Biomedical Imaging*, 2013. – 27 с.
3. Nguyen, C. T., Tu, H., Chaney, E. J., Stewart, C. N., & Boppart, S. A. Non-invasive optical interferometry for the assessment of biofilm growth in the middle ear. *Biomedical Optics Express*, 2010. – 1104–1116 с.
4. Nguyen, C. T., Jung, W., Kim, J., Chaney, E. J., Novak, M., Stewart, C. N., & Boppart, S. A. Noninvasive in vivo optical detection of biofilm in the human middle ear. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012. – 9529–9534 с.
5. Das, A. J., Estrada, J. C., Ge, Z., Dolcetti, S., Chen, D., & Raskar, R. A compact structured light based otoscope for three dimensional imaging of the tympanic membrane. *Proceedings of SPIE*. – 2011p.
6. Bedard, N., Shope, T., Hoberman, A., Haralam, M. A., Shaikh, N., Kovačević, J., Balram, N., & Tošić, I. Light field otoscope design for 3D in vivo imaging of the middle ear. *Biomedical Optics Express*. 2017p. 260-272с.

Марчук Андрій Юрійович - аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, andriu4934@gmail.com.

Науковий керівник: **Заболотна Наталія Іванівна** – професор кафедри біомедичної інженерії та оптикоелектронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com.

Marchuk Andrii Yuriyovych - Postgraduate student, Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, andriu4934@gmail.com.

Scientific supervisor: **Zabolotna Natalia I.** - Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com.