

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Навчально-науковий центр заочної форм навчання
(повна назва)

Кафедра _____ Біомедичної інженерії
(повна назва)

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

_____ Система мікро-КТ візуалізації серцевого клапану
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи БМІзм-21-1

_____ Бабаєв Афер Сахіб .
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 163 Біомедична інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ «Біомедична інженерія»

(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ д.т.н. проф. Семенець В.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри БМІ _____
(підпис)

_____ Аврунін О.Г.
(прізвище, ініціали)

2022 р.

ВСТУП

Актуальність питань, пов'язаних з розробкою новітніх методів медичної візуалізації, не викликає сумнівів [1, 2]. Для інтроскопічних досліджень, які потребують високого просторового розрізнення, в останнє десятиріччя використовується метод мікрокомп'ютерної томографії. Даний метод за принципом дії схожий зі звичайною конусно-променевою комп'ютерною томографією (фактично відрізняється сенсорним блоком більшого розрізнення), але в порівнянні з нею має дуже високу відповідну роздільну здатність, яка досягає сотень нанометрів [3-5] і може використовуватись для різноманітних, зокрема, медико-біологічних досліджень [6-10]. Однією з актуальних задач для використання мікрокомп'ютерної томографії (КТ) є дослідження кальцифікації серцевого клапану.

Серце має чотири клапани, що мають різну будову та розташування. У клапанів серця є загальна особливість та завдання: вони повинні пропускати достатню кількість крові, але лише у певному напрямку. Уражений клапан серця або погано пропускає кров уперед, або через нього кров повертається у зворотному напрямку, або ж присутні обидва згадані патологічні процеси одночасно. Це призводить до того, що серце не може виконувати свою функцію перекачування крові. Тобто кров має проходити через них та не повертатися [11-16]. Операції на клапані серця полягають у заміні (протезування клапана) або пластики клапана. Методи мікрокомп'ютерної томографії дозволяють візуалізувати кальцифікацію серцевого клапану. Для цього використовуються різні методи реконструкції [17-19] обробки [20-21], аналізу [22-26] та візуалізації [27-29] томографічних зображень.

Кваліфікаційна робота складається із трьох розділів. В першому наведено медико-технічне обґрунтування роботи та огляд літературних джерел, в другому – розглядається структурна схема діагностичної системи стану серцевого клапану. В третьому наводиться розробка алгоритму визначення рівня кальцифікації штучного серцевого клапану.

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – систему мікро-КТ візуалізації серцевого клапану

Об'єкт дослідження – процес визначення рівня кальцифікації серцевого клапана за даними мікро-КТ.

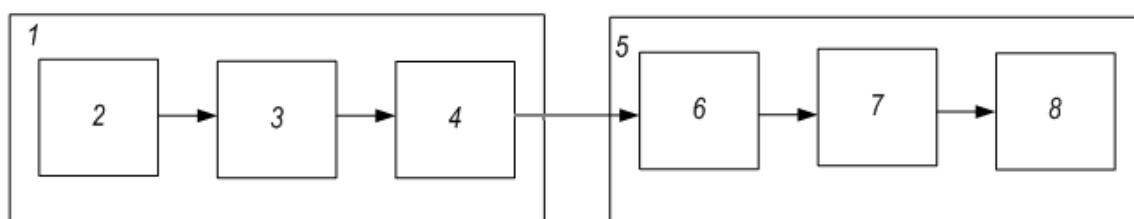
Предмет дослідження – методи та алгоритми визначення кальцифікації серцевого клапана за даними мікро-КТ.

Наукова новизна роботи у тому, що за допомогою використання методів сегментації можна підвищити достовірність щодо рівня кальцифікації серцевого клапана.

Результати роботи можуть бути використані при розробці спеціалізованого програмного забезпечення для спеціалізованих клінік та дослідних медичних центрів.

В першому розділі проведено медико-технічне обґрунтування роботи, наведено аналіз патологій та методів оперативного лікування захворювань серцевого клапану а також засобів мікрокомп'ютерної томографії.

У другому розділі наведено структурну схему системи мікро-КТ візуалізації серцевого клапана згідно з рисунком 1.



- 1 – підсистема інтраскопії;
- 2 – серцевий клапан;
- 3 – мікро-комп'ютерний томограф;
- 4 – інтерфейсний блок;
- 5 – підсистема обробки зображення;
- 6 – модуль попередньої обробки зображення;
- 7 – модуль визначення кальцифікації серцевого клапана;
- 8 – модуль візуалізації.

Рисунок 1 – Структурна схема системи мікро-КТ візуалізації серцевого клапана

До її складу входять мікро-комп'ютерний томограф, в якому проводиться сканування серцевого клапану, інтерфейсний блок, який передає дані в модуль обробки зображень, модуль визначення рівня кальцифікації серцевого клапану та модуль візуалізації. Система підрозділяється відповідно на підсистеми інтроскопії та обробки зображень.

У третьому розділі було запропоновано та розроблено метод візуалізації та визначення кальцифікації штучного серцевого клапану. Мікротомографічна візуалізація штучного серцевого клапану на томографічному зрізі та повна 3D-візуалізація наведена на рисунку 2,а та 2,б, відповідно.

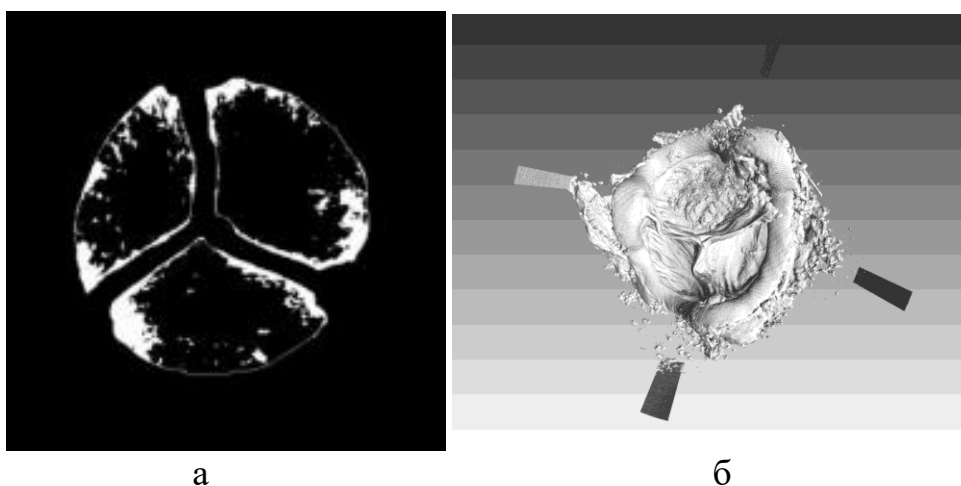


Рисунок 2 – Мікротомографічна візуалізація серцевого клапану: а – томографічний зріз; б – 3D-візуалізація вексельної моделі

Ступінь кальцифікації штучного серцевого клапану визначалася як процентне відношення між кількістю кальцифікованих вокселів $N_V^{(Ca)}$ до їх загальної кількості $N_V^{(\Sigma)}$ згідно з формулою

$$P^{(Ca)} = \frac{N_V^{(Ca)}}{N_V^{(\Sigma)}} \cdot 100\% .$$

Поріг належності вокселів окремим структурам визначався за шкалою Хаунсфілда (в одиницях Hu). Також реалізований алгоритм багаторакурсної візуалізації воксельної моделі штучного серцевого клапану.

ВИСНОВКИ

Система візуалізації мікро-КТ візуалізації штучного серцевого клапану є достатньо новітньою та актуальною на даний час.

Проведений аналіз публікацій показав окремі проблеми щодо обробки та аналізу мікро-КТ зображень.

Розширення інформативності та діагностичної значущості методу мікрокомп'ютерної томографії можна досягти шляхом розробки та вдосконалення алгоритмів аналізу та візуалізації даних.

За допомогою використання методів сегментації можна підвищити достовірність щодо рівня кальцифікації серцевого клапана.

Основною проблемою візуалізації можуть бути артефакти та невірне визначення порогу сегментації щодо належності вокселів певним структурам.

Розроблений алгоритм дозволяє визначати рівень кальцифікації серцевого клапана та виконувати багаторакурсну візуалізацію за воксельною моделлю.

Перспектива роботи – розробка та тестування розробленого графічного програмного забезпечення на великій кількості входних даних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

АРТЕФАКТ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, КЛАПАН СЕРЦЕВИЙ, ТОМОГРАФІЯ
КОМП'ЮТЕРНА, СЕГМЕНТАЦІЯ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Аврунин О.Г. Методы визуализации внутримозговых структур на современном этапе / О. Г. Аврунин, В. В. Семенец, А. Б. Щербакова. // Радиоэлектроника и информатика. – 1999. – № 4(9) – С. 107-108.
2. Аврунин О.Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных/ О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2006. – № 23.– С. 3-8.
3. Ashmawy, M. S. Detection of simulated vertical root fractures; which is better multi-detector computed tomography or cone beam computed tomography? / Ashmawy M. S., Yamany I., Abou-Khalaf A. et al. // The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. - 2018. - V. 49. - № 1. - P. 60-65.
4. Apps, J. R. Imaging invasion: micro-CT imaging of adamantinomatous craniopharyngioma highlights cell type specific spatial relationships of tissue invasion / Apps J. R., Hutchinson J. C., Arthurs O. J. et al. // Acta neuropathologica communications. - 2016. - V. 4. - № 1. - P. 57.
5. Aksoy, U. Publication trends in micro-CT endodontic research: a bibliometric analysis over a 25-year period / Aksoy U., Kuşuk M., Versiani M. A. et al. // International Endodontic Journal. - 2021. - V. 54. - № 3. - P. 343-353.
6. Bohner, L. O. L. Comparative analysis of imaging techniques for diagnostic accuracy of peri-implant bone defects: a meta-analysis / Bohner L. O. L., Mukai E., Oderich E. et al. // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology. - 2017. - V. 124. - № 4. - P. 432-440.
7. Boon, M. Morphometric analysis of explant lungs in cystic fibrosis / Boon M., Verleden S. E., Bosch B. et al. // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. - 2016. - V. 193. - № 5. - P. 516-526.
8. Bayram, H. M. Micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack formation after using new heat-treated nickel-titanium systems / Bayram H. M., Bayram E., Ocak M. et al. // Journal of Endodontics. - 2017. -V. 43. - № 10. - P. 1736-1739.

9. Candemil, A. P. Are metal artefact reduction algorithms effective to correct cone beam CT artefacts arising from the exomass? / Candemil A. P., Salmon B., Freitas D. Q. et al. // *Dentomaxillofacial Radiology*. - 2019. - V. 48. - № 3. - Article 20180290.

10. Castagnola, R. Micro-CT evaluation of two different root canal filling techniques / Castagnola R., Marigo L., Pecci R. et al. // *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. - 2018. - V. 22. - № 15. - P. 4778-4783.

11 Іванов В.П., Юзвiшина О.В., Габчак О.Л. (2008) Кальцинуюча хвороба клапанів серця: сучасні погляди на етіопатогенез. *Укр. мед. часопис*, 5(67): 201–107 (<http://www.umj.com.ua/article/2277>; http://www.umj.com.ua/archive/67/pdf/1159_ukr.pdf).

12. Freeman R.V., Otto C.M. (2005) Spectrum of calcific aortic valve disease pathogenesis, disease progression, and treatment strategies. *Circulation*, 111(24): 3316–3326.

13. Apostolakis E., Doering C., Kantartzis M. et al. (1990) Calcific aortic-valve stenosis and angiodysplasia of the colon: Heyde's syndrome — report of two cases. *Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 38(6): 374–376.

14. Aronow W.S., Ahn C., Shirani J., Kronzon I. (1999) Comparison of frequency of new coronary events in older subjects with and without valvular aortic sclerosis. *Am. J. Cardiol.*, 83(4): 599–600.

15. Bahler R.C., Desser D.R., Finkelhor R.S. et al. (1999) Factors leading to progression of valvular aortic stenosis. *Am. J. Cardiol.*, 84(9): 1044–1048.

16. Fox C.S., Vasan R.S., Parise H. et al. (2003) Mitral annular calcification predicts cardiovascular morbidity and mortality: the Framingham Heart Study. *Circulation*, 107(11): 1492–1496.

17. Аврунин О.Г., Аверьянова Л.А., Бых А.И., Головенко В.М., Скляр О.И. Методика создания виртуальных средств имитации работы рентгеновского компьютерного томографа // *Техническая электродинамика. Тем. Вып.* – Киев, 2007. – Т. 5, С.105-110.

18. O. Avrunin. The experience software-based design of virtual medical intrascopy systems for simulation study *International Journal* / O. Avrunin, L. Aver'yanova, V. Golovenko, O. Sklyar // *Information Technologies and Knowledge*. – 2008. – Vol.2. – P. 470–474.
19. O. Avrunin, L. Aver'yanova, V. Golovenko, O. Sklyar *E-Learning of Functioning Principles Medical Intrascopy Systems*. 2-th International Conference “Modern (e-) Learning”, July, 2007, Varna, Bulgaria, ITHEASOFIA, Pp. 134–137
20. Аврунин О.Г. Методика стереотаксических расчетов при интраоперационном проведении компьютерной томографии / О. Г. Аврунин // *Проблемы бионики*. – 2002.– № 57.
21. Аврунин О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович., Х. Фарук // *Бионика интеллекта*. – 2013.– № 2 (81). – С. 101–104.
22. 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.
23. Тымкович М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунин, В. В. Семенец // *Техн. электродинамика: Тематич. вып.* – 2012. – Т.4. – С. 178-183.
24. 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.
25. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С.В. Павлов, О.Г. Аврунін, С.М. Злепко, Є.В. Бодянський та ін.]; за редакцією С. Павлова, О. Авруніна. – Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2019. – 260 с.

26. Сипитый В.И. Особенности применения методик 2D и 3D компьютерной томографии при моделировании имплантатов для краниопластики фронтоорбитальных костных дефектов / В. И. Сипитый, Ю. А. Бабалян, О. Г. Аврунин // Медицина сегодня и завтра. – 2007. – № 4. – С. 60-63.

27. Аврунин О. Г. Визуализация данных контрастной компьютерной томографии / О. Г. Аврунин, Т. А. Карпенко // Прикладная радиоэлектроника. – 2007. – № 1. – С. 56-61.

28. Книгавко, Ю.В. Алгоритмы программного рендеринга трехмерной графики для задач медицинской визуализации / Ю.В. Книгавко, А.Г. Аврунин // Журн. Техническая электродинамика.- 2010.- С. 258-261.

29. Книгавко, Ю.В. Программная визуализация объемных медицинских данных / Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин // Журн. Техн. электродинаміка – 2011. – С. 301-308.