

Міністерство освіти та науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання
(повна назва)

Кафедра біомедичної інженерії
(повна назва)

**АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
АВТОРЕФЕРАТ**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Метод комп'ютерного планування при лікуванні носових кровотеч

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи БМІзм-19-1

Баглай О.С.

(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 проф. Семенець В.В.

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____

_____ Аврунін О. Г.

2020 рік

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 56 с, 16 рис., 62 джерела, 4 додатки.

Мета роботи - розробити метод для комп'ютерного планування усунення носових кровотеч за ангиографічними даними.

Об'єкт дослідження - процес комп'ютерного планування усунення носових кровотеч.

Предмет дослідження – метод комп'ютерного планування усунення носових кровотеч.

Методи дослідження – алгоритми обробки зображень та методи біофізики.

В роботі проведений аналіз ангиографічних методів дослідження артерій голови та шиї. Проведено сегментацію сонних артерій в автоматизованому режимі та визначено їх геометричні характеристики. Наведено розрахунки щодо зниження статичного тиску у внутрішній сонній артерії при перев'язуванні зовнішньої.

За результатами роботи розроблено графічне програмне забезпечення, що дозволяє проводити сегментацію та визначення геометричних показників сонних артерій за ангиографічними даними.

Результати роботи можуть бути використані у спеціалізованих клініках та діагностичних центрах.

АНГІОГРАФІЯ, АРТЕРІЇ, КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ, НОСОВІ КРОВОТЕЧІ

ABSTRACT

The explanatory note contains 56 pages, 16 figures, 62 sources, 4 appendices.

The aim of the work is to develop a method for computer planning of elimination of nasal bleeding according to angiographic data.

The object of research is the process of computer planning to eliminate nosebleeds.

The subject of the research is a method of computer planning to eliminate nosebleeds.

Research methods - image processing algorithms and biophysics methods.

The analysis of angiographic methods of research of arteries of the head and neck is carried out in the work. Segmentation of carotid arteries in the automated mode is carried out and their geometrical characteristics are defined. Calculations for the reduction of static pressure in the internal carotid artery during ligation of the external one are given.

Based on the results of the work, graphic software was developed that allows segmentation and determination of geometric parameters of the carotid arteries according to angiographic data.

The results can be used in specialized clinics and diagnostic centers.

ANGIOGRAPHY, ARTERIES, COMPUTED TOMOGRAPHY, NOSE BLEEDING

ВСТУП

Сучасний стан розвитку біомедичних технологій потребує нових уявлень щодо фізіологічних процесів та методів усунення різних патологічних станів [1-4]. Носове дихання грає важливу роль у загальній фізіології зовнішнього дихання [5, 6]. Порушення носового дихання призводять до зниження якості життя [7, 8], знижують ефективність спортивних тренувань [9, 10] та в тяжких випадках викликають гіпоксію головного мозку і потребують обов'язкової, як правило, хірургічної корекції [11, 12]. Також порушення носового дихання часто призводять до зниження нюхальної функції [13, 14]. Проблемами діагностики та лікування захворювань носової порожнини і відновлення носового дихання займались багато вітчизняних та закордонних авторів [15-30]. Окремими патологічними станами є носові кровотечі, які в складних та рецидивуючих випадках потребують хірургічного лікування, а не тільки проведення передніх, або задніх тампонад носу [31, 32]. Тому, в окремих випадках та при рецидиві носової кровотечі необхідно проведення перев'язки зовнішньої сонної артерії [33-40]. Даний метод, як здається, незаслужено забутий лікарями. Він знаходить застосування в онкології при хірургічних втручаннях на верхніх дихальних шляхах. Тому, потрібні розробка і впровадження в клінічну практику патогенетично обґрунтованого комплексного методу лікування профузних носових кровотеч.

Необхідно провести обґрунтування вибору методу лікування профузних носових кровотеч пов'язаний з усуненням причин їх викликають. Таким чином, визначення причин носових кровотеч пов'язаний і роль колатерального кровообігу при рецидивах кровотечі дозволяє розрахувати оптимальний обсяг втручання для виконання радикального гемостазу.

Можливості отоларингологів і щелепно-лицевих хірургів в усуненні даної патології обмежені і в більшості випадків зводяться до лігирування дистальних відділів судин, що постачають кров у зону кровотечі.

Це стало причиною проведення аналізу порівняльної ефективності різних методів купірування рецидивуючих профузний носових кровотеч [40].

Тому, актуальним є завдання, яке спрямоване на розробку алгоритмів і методів обробки ангиографічних зображень для візуалізації судин головного мозку.

Мета роботи - розробити метод для комп'ютерного планування усунення носових кровотеч за ангиографічними даними.

Для вирішення поставленої мети розв'язувалися наступні завдання:

- Провести огляд апаратури методів усунення носових кровотеч .
- Розробити структурну схему ангиографічного комплексу для комп'ютерного планування при лікуванні носових кровотеч.
- Розробити алгоритм визначення артеріального перепаду тиску при перев'язки зовнішньої сонної артерії.
- Розробити алгоритм визначення діаметру сонних артерій.
- Сформувати основні медико-технічні вимоги для систем комп'ютерного планування при лікуванні носових кровотеч за ангиографічними даними.

Об'єкт дослідження - процес комп'ютерного планування усунення носових кровотеч.

Предмет дослідження – метод для комп'ютерного планування усунення носових кровотеч.

Методи досліджень – алгоритми обробки зображень та методи біофізики.

Магістерська атестаційна робота складається з 3х розділів.

В першому розділі проведено медико-технічне обґрунтування роботи, показано проблематику щодо вибору методів усунення носових кровотеч. Проведено аналіз методів інтроскопії [41, 42], реконструктивної томографії [43, 44], візуалізації судин, зокрема, ангиографії, контрастної комп'ютерної томографії, магнітно-резонансної ангиографії [45-48]. Розглянуто основні методи щодо візуалізації судин при комп'ютерному плануванні хірургічних втручань [51, 52] та методи обробки томографічних зображень [53-58].

Визначено, що анатомічно на рівні шиї проводиться розділ загальної (спільної) сонної артерії на зовнішню та внутрішню. Зовнішня виконує кровопостачання в область обличчя, внутрішня – до головного мозку. Перев'язування зовнішньої сонної артерії виконується біля точки біфуркації за схемою, що наведена на рис 1. Показана важливість роботи та постановка завдань досліджень.

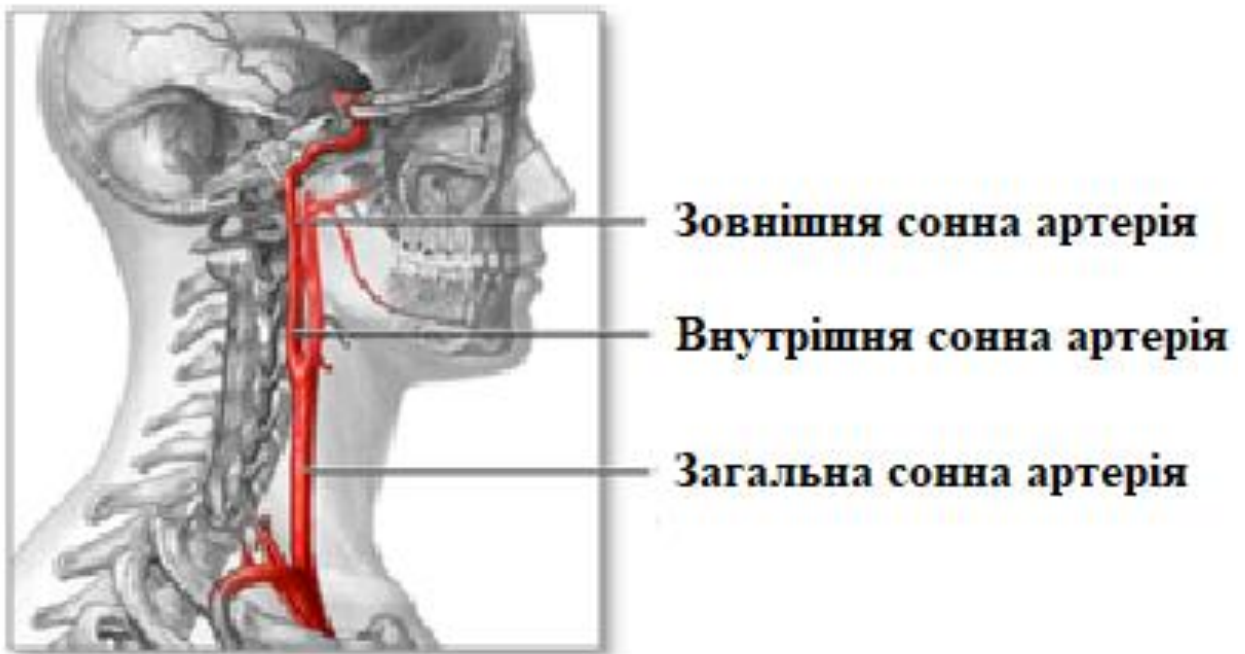
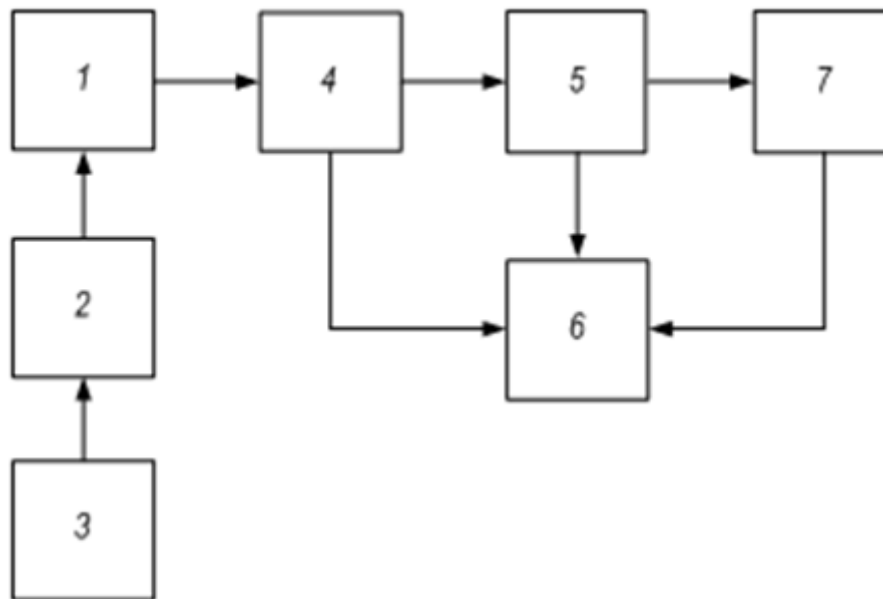


Рисунок 1 – Розташування сонних артерій: загальної, зовнішньої та внутрішньої

У другому розділі наведений синтез структурної схеми ангіографічного комплексу, що наведений на рис 2, до складу якого входять 1 – інтерфейс, 2 – ангіографічна система, 3 – пацієнт, 4 – модуль попередньої обробки даних, 5 – модуль сегментації судин, 6 – модуль візуалізації даних, 7 – модуль розрахунків показників кровообігу.

У третьому розділі наведено розробка методу сегментації артерій за рівнем інтенсивності та алгоритму визначення їх основних, що впливають на кровообіг, геометричних властивостей – діаметрів (з урахуванням того, що приймається кругла форма перетину судин).



- 1 – інтерфейс;
- 2 – ангиографічна система;
- 3 – пацієнт;
- 4 – модуль попередньої обробки даних;
- 5 – модуль сегментації судин;
- 6 – модуль візуалізації даних;
- 7 – модуль розрахунків показників кровообігу.

Рисунок 2 – Структурна схема ангиографічного комплексу

Сегментація структури сонних артерій виконувалась за алгоритмом обробки за граничним рівнем інтенсивності [59], результат якої наведено на рис.3. Зроблено висновки про те, що основною причиною усунення кровотечі стало не тільки перев'язування зовнішньої сонної артерії, але й зниження статичного тиску на стінки внутрішньої сонної артерії, яке залежить від швидкості кровообігу. Обґрунтування запропонованого методу складається з гідродинамічних положень та відповідних розрахунків відповідно до закону Бернуллі. При цьому визначено, що величина статичного тиску (10 кПа) у внутрішній сонній артерії складає 75% від величини статичного тиску (13,3 кПа) в загальній сонній артерії. Отриманий результат означає, що при перев'язці зовнішньої сонної артерії (тимчасового виключення її з системи кровообігу) статичної тиск крові на стінки у внутрішній сонній артерії (за рахунок зменшення діаметра її перетину і збільшення лінійної швидкості кровообігу в

ній при постійному об'ємній витраті крові) зменшується на 25%. Це дозволяє проводити планування зупинки носових кровотеч, спираючись на дані біофізичного моделювання механіки кровообігу. Таким чином, розроблено алгоритм визначення діаметру сонних артерій, створено алгоритм визначення артеріального перепаду тиску при перев'язки зовнішньої сонної артерії, сформовано основні медико-технічні вимоги для систем комп'ютерного планування при лікуванні носових кровотеч за ангиографічними даними, основними з яких є необхідність дотримуватись максимальної точності візуалізації при формуванні вхідних зображень [60].

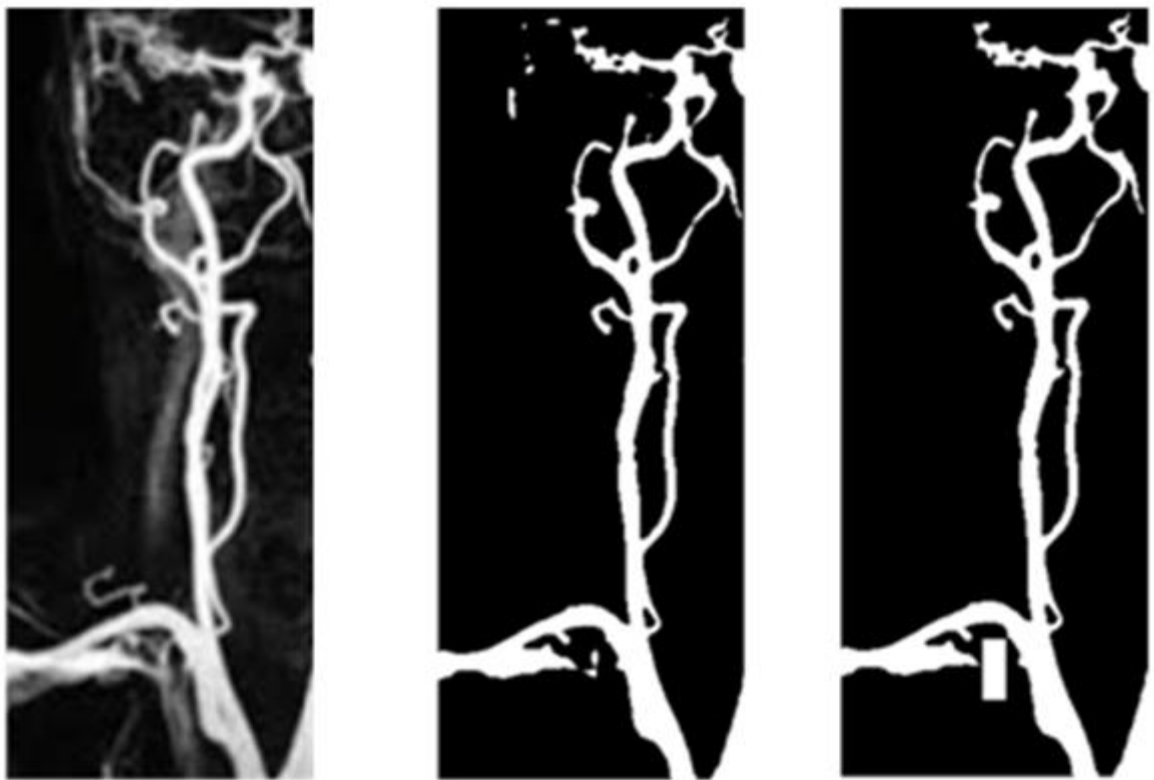


Рисунок 3 – Результати сегментації артерій: а) вихідне зображення; б) зображення після сегментації; в) зображення після усунення локальних завад

Результати роботи можливо використовувати при проведенні комп'ютерного планування оперативних втручань та при стимуляційному навчанні лікарів оториноларингологів та нейрохірургів [61, 62].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання атестаційної роботи магістра були проаналізовані методи ангиографічної візуалізації артерій головного мозку та методи обробки томографічних зображень.

Проведено синтез структурної схеми ангиографічного комплексу, до складу якого входять інтерфейс, ангиографічна система, пацієнт, модулі попередньої обробки даних, сегментації судин, візуалізації даних та розрахунків показників кровообігу.

При перев'язуванні зовнішньої сонної артерії зниження тиску крові у внутрішній сонній артерії складає (10 кПа) – це 75% від величини статичного тиску (13,3 кПа) в загальній сонній артерії. Отриманий результат означає, що при перев'язці зовнішньої сонної артерії (тимчасового виключення її з системи кровообігу) статичної тиск крові на стінки у внутрішній сонній артерії (за рахунок зменшення діаметра її перетину і збільшення лінійної швидкості кровообігу в ній при постійному об'ємної витрати крові) зменшується на 25%. Це дозволяє проводити планування зупинки носових кровотеч, спираючись на дані біофізичного моделювання механіки кровообігу.

Перев'язка одного магістрального судини призводить до збільшення відповідно швидкості перфузії в 4 рази з наступним одномоментним зниженням парціального тиску на стінки судин в дистальних відділах на 25%. Це зниження тиску і призводить до згасання носової кровотечі при наявності відносно невеликих ерозивних або деструктивних змін судин порожнини носа.

Сегментація структури сонних артерій виконувалась за алгоритмом обробки за граничним рівнем інтенсивності.

Перев'язування зовнішньої сонної артерії при рецидивуючих профузних носових кровотечах незалежно від системного кровопостачання є актуальним - як метод дієвого усунення даного серйозного патологічного процесу.

Результати роботи можуть бути використані у спеціалізованих оториноларингологічних відділеннях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Комп'ютерне планування малоінвазивних втручань в офтальмології та нейрохірургії / О. Г. Аврунін, Д. В. Кухаренко, В. О. П'ятикоп, В. В. Семенець, М. Ю. Тимкович, В. О. Філатов. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 160 с.
2. Книгавко Ю.В. Расчет функциональных параметров, определяющих показания к проведению ринопластики / Ю. В. Книгавко, О. Г. Аврунин, Х. Фарук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 2/10 (62). – С. 24-27.
3. Аврунін О.Г., Бодянський 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
4. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання : монографія / О. Г. Аврунін, Є. В. Бодянський, В. В. Семенець, В. О. Філатов, Н. О. Шушляпіна. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 132с. doi: 10.30837/978-966-659-235-7
5. Аврунин О. Г. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания / О. Г. Аврунин, Р. С. Томашевский, Х. И. Фарук. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – 208 с.
6. Прогнозування функціональних результатів септопластики / С. Б. Безшапочний, О. Г. Аврунін, В. В. Лобурець, А. В. Лобурець, Ю. А. Гасюк // Оториноларингологія. – 2020. – № 4 (3). – С. 67-72.
7. Грохова Г. П. Мотиви щодо самостійних занять студентів фізичною рекреацією / Г. П. Грохова, Прісич О.Ю. // Сучасні тенденції спрямовані на збереження здоров'я людини: збірник наукових праць. – Харків, 2020. – Випуск 1. – С. 177-179.
8. Безшапочний С. Б. Сучасні аспекти риносинуситів / С. Б. Безшапочний, В. В. Лобурець // Клінічна імунологія. Алергологія. Інфектологія. – 2007. – № 6. – С. 43-48.
9. Прісич О. Ю. Особливості дихання під час фізичних навантажень в різноманітних видах спорту / О. Ю. Прісич, А. П. Грохова // Матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Фізичні процеси та поля

технічних і біологічних об'єктів». – Кременчук. – 2020. – С. 34-36.

10. Прісич О. Ю. Метод тестування носового дихання для оцінки потенційних можливостей спортсменів / О. Ю. Прісич, Г. П. Грохова, О. Г. Аврунін // Матеріали 3 Міжнародної науково-технічної конференції Актуальні проблеми автоматики та приладобудування. – Харків, 2020. – С. 74-75.

11. Аврунін О.Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунін // Технічна електродинаміка, тем випуск «Силовая електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 2. – С. 293-298.

12. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с. doi:10.30837/978-966-659-236-4

13. 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 «ХП». – 2015 р. – №39 (1148). – С. 73-77.

14. Nosova, Ya. V. Biotechnical system for integrated olfactometry diagnostics / Ya. V. Nosova, O. G. Avrunin, V. V. Semenets // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – N 1 (1). – P. 64–68. DOI:10.30837/2522-9818.2017.1.064.

15. Носова Я.В. Анализ энергетических характеристик носового дыхания при ольфактометрических исследованиях / Я. В. Носова, Хушам Фарук, Н. О. Шушляпина // Матеріали XIII Международной научно-технической конференции "Физические процессы и поля технических и биологических объектов", 07-09 ноября, 2014 г., Кременчуг. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 83.

16. Шушляпіна Н. О. Нюхова дисфункція асоційована з «COVID-19» / Н. О. Шушляпіна, О. В. Бондаренко, Я. В. Носова // Тези за матеріалами: XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з міжнародною участю «Актуальні питання клінічної медицини» (20 листопада 2020 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя. – 2020. – С. 267-268.

17. Nosova, Ya.V., Faruk, Kh.I., Avrunin, O.G. A tool for researching respiratory and olfaction disorders. Telecommunications and Radio Engineering. Vol.77 (15), (2018), P. 1389-1395; DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i15.90

18. Варіанти аеродинаміки «клапана» носа при різній патології носа і навколоносових пазух / Ю. В. Мітін, Л. Р. Джурко, С. В. Скицюк, А. Б. Чернов // ЖВНГХ. – 2003. – № 1. – С. 24-30.

19. Bachmann W. Obstructed nasal breathing. Basis investigation: history, inspection, rhinomanometry, allergy [Електронний ресурс] / W. Bachmann. – 2001. – 31 с. – Режим доступа: <http://www.atmosmed.de>. – Загл. с экрана.

20. Ульянов Ю. П. Нормограмма аэродинамики носа / Ю. П. Ульянов // Рос. Ринология. – 1996. – № 5. – С.15-17.

21. Пискунов В. С. Исследование аэродинамики воздушного потока в полости носа / В. С. Пискунов // Российская ринология. – 2000. – № 2. – С. 12-15.

22. Синус-катетер ямик в терапии синуситов у детей / В. В. Шиленкова, В. С. Козлов, Л. Л. Державина, А. А. Шиленков // Российская ринология. Научно-практический журнал. – 2003. – № 3. – С. 7-12.

23. Состояние дыхательной функции носа при свежих травмах по данным передней активной риноманометрии / Ю. Ю. Русецкий, И. О. Чернышенко, М. А. Попов и др. // Вестник оториноларингологии. – М. : «Медиа Сфера». – 2007. – № 5. – С. 29-32.

24. The value of bilateral simultaneous nasal spirometry in the assessment of patients undergoing septoplasty / G. Fyrmpas, D. Kyrmizakis, V. Vital, J. Constantinidis // Rhinology. – 2011. – №49(3). – P. 297-303.

25. Шиленкова В. В. Носовой цикл у здоровых детей / В. В. Шиленкова, В. С. Козлов // Вестник оториноларингологии. – 2008. – №1. – С. 11-16.

26. Кротов А. Ю. Возможности объективной оценки дыхательной функции носа / А. Ю. Кротов // Материалы 8-го съезда отоларингологов Украины. – Киев. – 1995. – С. 56.

27. Пухлик С. М. Медикаментозный ринит, вызванный длительным применением назальных деконгестантов / С. М. Пухлик, А. В. Гапонюк // Журнал вушних, носових і горлових хвороб. – 2000. – № 6. – С.37-39.

28. Пискунов В. С. Исследование аэродинамики воздушного потока в полости носа / В. С. Пискунов // Российская ринология. – 2000. – № 2. – С. 12-15.

29. Study and application of a mathematical model for the provisional assessment of areas and nasal resistance, obtained using acoustic rhinometry and

active anterior rhinomanometry/ G. Zambetti, M. Moresi, R. Romeo, F. Filiaci // Clin. Otolaryngol. Allied Sci. – 2001. – №26 (4). – 286-293.

30. Szucs E. Acoustic rhinometry and rhinomanometry in the evaluation of nasal patency of patients with nasal septal deviation / E. Szucs, P. Clement // Am. J. Rhinol. – 1998. – №12 (5). – P. 345-352.

31. Бабияк В. И. Клиническая оториноларингология. Руководство для врачей / В. И. Бабияк, Я. А. Накатис. – СПб. : Гиппократ. – 2005. – 800 с.

32. Руководство по ринологии / Под ред. Г. З. Пискунова. – М. : Литтерра, 2011. – 960 с.

33. Фундаментальная и клиническая физиология / под ред. А. Камкина, А. Каменского. — М.: Academia, 2004. – 1072 с.

34. Возженников А.Ю. Ультразвуковые аспекты гипертонического ремоделирования общих сонных артерий у больных артериальной гипертензией 1 стадии, 1-2 степени, без субклинического поражения органов-мишеней / А. Ю. Возженников, Т. А. Мидленко // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 5-12.

35. Ефремушкин Г.Г. Объёмный кровоток в магистральных артериях при различных уровнях артериального давления у больных артериальной гипертензией пожилого возраста/ Г.Г. Ефремушкин, Т.В. Филиппова, Е.А. Денисова // Российский кардиологический журнал.- 2010.- № 6 (86). - С. 11-15.

36. Кабалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Маркова М.А. и др. Высокое систолическое давление: акцент на эластические свойства артерий // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2006; 5 (6): 10-16

37. Ефремушкин Г.Г. Терминологические аспекты оценки артериального давления// Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2008; 7 (2): 83-88.

38. Гулевская Т. С., Моргунов В. А. Патологическая анатомия нарушений мозгового кровообращения при атеросклерозе и артериальной гипертензии. – М.: ОАО Изд-во «Медицина», 2009. – 296 с.

39. Шумилина М. В. Комплексная ультразвуковая диагностика патологии периферических сосудов. Учебно-методическое руководство. – Изд. 2-е, доп. – М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012. – 384 с., цв. ил.

40. Возможности хирургических вмешательств при носовых кровотечениях

/ М. В. Калашник, О. Г. Аврунин, Ю. М. Калашник, А. А. Корчинский, Д. А. Горлюк // Оториноларингологія.– 2019. – №1с (2). – С. 41-42.

41. 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.

42. Аврунин О.Г. Возможности повышения точности расчета зоны оперативного вмешательства при стереотаксических операциях на головном мозге человека / О. Г. Аврунин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – № 4. – С. 120-122.

43. Аврунин О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии / О. Г. Аврунин // Радиоэлектроника и информатика. – 2007. – № 4. – С. 119-122.

44. Аврунин О.Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных / О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2006. – № 23.– С. 3-8.

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

46. Романко Н.М. КТ-ангіографія судин головного мозку / Н.М. Романко // Променева діагностика, променева терапія. – 2011. – №4. – С. 15–19.

47. Бородин О. Ю. Сравнительный анализ возможностей динамической контрастной (3d ffe) и время-пролетной (3d tof) магнитно-резонансной ангиографии в диагностике аневризм и мальформаций сосудов головного мозга / О.Ю. Бородин // Сибирский медицинский журнал,. – 2011. – С. 87–95.

48. Контрастная магнитнорезонансная ангиография сосудов головного мозга: артериальная аневризма средней менингеальной артерии (клинический случай) / О.Ю. Бородин, В.М. Гуляев, Е.В. Барышева, В.Ю. Усов. // Сибирский медицинский журнал. – 2013. – С. 80–85.

49. Давыденко И.С. Проспективное сравнение компьютерно-томографической ангиографии, магнитнорезонансной ангиографии и цифровой субтракционной ангиографии для определения степени гемодинамически значимых стенозов внутренних сонных артерий / И.С.

Давыденко, М.В. Коновалов, М.А.. Пирадов // Клиническая неврология. – 2008. – №8. – С. 19–24.

50. Аврунин О.Г. Этапы развития стереотаксического метода / О.Г. Аврунин, С.Ю. Масловский, В. А. Пятикоп, В. В. Семенец // Экспериментальна і клінічна медицина. – 2001.– № 1.– С. 125-127.

51. Аврунин, О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович, Х. И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 101-104.

52. Oleg G. Avrunin, Maksym Y. Tymkovych, Sergii P. Moskovko, "Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain", Przegląd Elektrotechniczny, vol. 3, pp. 102-105, 2017.

53. 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.

54. Ахметшин А. И. Повышение чувствительности анализа рентгеновских снимков методом автоморфного отображения в базисе собственных изображений / А. И. Ахметшин, Л. Г. Ахметшина // Клиническая информатика и телемедицина. – 2008. – Т.4. – №.5. – С. 30-36.

55. Хоружик С. А. Основы КТ-визуализации. Часть 1. Просмотр и количественная оценка изображений / С. А. Хоружик, А. Н. Михайлов // Радиология-практика. – 2011. – № 3. – С. 62-75.

56. Визуализация объема в медицине / А. Поммерт, Б. Пффлессер, М. Риимер и др. // Открытые системы. – 1996. – №5. – С. 56-61.

57. Хилл Ф. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов / Ф. Хилл: Пер. с англ. СПб.: Питер, 2002.– 1088 с.

58. 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.

59. Щапов П. Ф. Получение информационной избыточности в системах измерительного контроля и диагностики измерительных объектов / П. Ф.

Щапов, О. Г. Аврунн // Український метрологічний журнал. 2011. № 1. С. 47-50.

60. M.Y. Tymkovych, O.G. Avrunin, V.G. Paliy, M. Filzow, O. Gryshkov, B. Glasmacher, Z. Omiotek, R. Dzierlak, S. Smailova, A. Kozbekova, "Automated method for structural segmentation of nasal airways based on cone beam computed tomography", *Processings of SPIE*, vol. 10445, pp. 104453F, June 2017.

61. П'ятикоп, В. О. Сучасні технології фантомного моделювання в нейрохірургії як різновид симуляційного навчання лікарів-нейрохірургів / В. О. П'ятикоп, О. Г. Аврунн, М. Ю. Тимкович, І. О. Кутовий, І. О. Полях // *Матеріали навчально-методичної конференції Симуляційне навчання в системі підготовки медичних кадрів, Харків, ХНМУ.* – 2016. – С.136- 138.

62. Бажан О. В. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії / О. В. Бажан, О. Г. Аврунн, М. Ю. Тимкович // *І Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство», Кременчук.* – 2018. – С. 184.