

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ  
КАФЕДРА ГІСТОЛОГІЇ ТА ЕМБРІОЛОГІЇ

# ТКАНИННІ РЕАКЦІЇ В НОРМІ, ЕКСПЕРИМЕНТІ, КЛІНІЦІ

Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю

Київ, 13-14 червня 2024

*присвячена 100-річчю  
професора К.С. Кабака*



ПРОФ.  
ПЕРЕЖКО П.І.  
1868-1891



ПРОФ.  
ЯКИМОВИЧ Я.І.  
1891-1904



ПРОФ.  
ЛОМИНСЬКИЙ Ф.І.  
1905-1924



ПРОФ.  
ЧЕРНЯХОВСЬКИЙ А.Г.  
1924-1929



ПРОФ.  
ШАХОВ С.Д.  
1930-1953



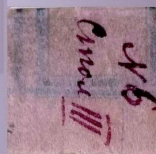
ПРОФ.  
ЗАЗИБІН Н.І.  
1954-1976



ПРОФ.  
КАБАК К.С.  
1976-1992



ПРОФ.  
ЧАЙКОВСЬКИЙ Ю.Б.  
1992-2022



*Матеріали конференції  
під редакцією професора О.М.Грабового*

## ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ТКАНИНИ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ

*Мар'єнко Н.І.*

*Науковий керівник: д.мед.н., проф. Степаненко О.Ю.*

*Кафедра гістології, цитології та ембріології*

*Завідувач кафедри: д.мед.н., проф. Степаненко О.Ю.*

*Харківський національний медичний університет*

*Харків, Україна*

**Актуальність:** Мозочок, з його складною архітектурою білої речовини, кори та окремих шарів кори (зернистого та молекулярного), є досить складним об'єктом для морфометричного аналізу. Морфометричні методи, що походять із класичної, Евклідової геометрії, мають обмежену спроможність комплексного характеризування структур зі складною конфігурацією. Альтернативним методом морфометрії подібних структур може стати фрактальний аналіз – метод математичного аналізу, що походить із фрактальної геометрії. Фрактальний аналіз дозволяє кількісно описувати геометрично складні структури за допомогою фрактальної розмірності – величини, що характеризує ступінь заповнення простору досліджуваним об'єктом. При зростанні складності досліджуваної структури (складчастості кори, галузження білої речовини тощо), відповідно зростає і ступінь заповнення цією структурою простору, і, відповідно, зростає й фрактальна розмірність. Наразі більшість досліджень головного мозку за допомогою фрактального аналізу базуються на вивченні магнітно-резонансних томограм, що мають обмежені можливості візуалізації компонентів тканини мозочка. Тому важливим є дослідження компонентів тканини мозочка й за допомогою вивчення гістологічних зрізів.

**Мета:** встановити значення фрактальної розмірності компонентів тканини мозочка людини – тканини мозочка в цілому, його білої речовини, кори в цілому, а також зернистого та молекулярного шарів кори шляхом вивчення гістологічних зрізів головного мозку.

**Методи дослідження:** Для дослідження було використано гістологічні зрізи головного мозку із бази BigBrain (BigBrain Project). BigBrain є відкритою базою, що містить тривимірну модель головного мозку людини чоловічої статі віком 65 років, побудовану на основі серійних гістологічних зрізів. Серійні зрізи товщиною 20 мкм були забарвлені для виявлення тіл нейронів за допомогою методу Меркеля та відскановані, у результаті чого були отримані цифрові зображення високої роздільної здатності, на основі яких було побудовано тривимірну модель головного мозку в цілому. Для даного дослідження були використані серединні сагітальні зрізи черв'яка мозочка. Розмір використаного для подальшого аналізу зображення складав 1024×1024 пікселів із абсолютним масштабом зображення 30 пікселів = 1 мм. Це зображення повністю вміщувало серединний сагітальний зріз черв'яка мозочка, при чому фонові структури були видалені із зображення. На основі порогових значень яскравості різних компонентів тканини мозочка була проведена сегментація зображення із подальшою ручною корекцією. У результаті сегментації були отримані бінарні (чорно-білі) маски тканини мозочка в цілому, його білої речовини, кори в цілому, зернистого та молекулярного шарів кори. Додатково за допомогою програми ImageJ була проведена обробка бінарних зображень тканини мозочка в цілому та було отримано окреслені зображення (зображення контуру поверхні мозочка) та скелетоновані зображення. Після попередньої підготовки було проведено фрактальний аналіз, для чого був застосований спосіб підрахунку квадратів. Для цього була використана програма ImageJ, інструмент «fractal box count». Були використані такі значення box size: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 та 512 пікселів. Для розрахунку фрактальних розмірностей був використаний як повний діапазон значень box size (1-512 пікселів), так і обмежені діапазони: 1-256, 1-128, 2-512, 2-256 та 2-128 пікселів.

**Результати:** У результаті проведеного фрактального аналізу були отримані наступні значення фрактальних розмірностей. Фрактальна розмірність тканини мозочка в цілому при використанні різних діапазонів box size складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,881, 1-256 пікселів – 1,883, 1-128 пікселів – 1,901, 2-512 пікселів – 1,872, 2-256 пікселів – 1,873, 2-128 пікселів – 1,893. Фрактальна розмірність білої речовини складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,540, 1-256 пікселів – 1,510, 1-128 пікселів – 1,492, 2-512 пікселів – 1,531, 2-256 пікселів – 1,489, 2-128 пікселів – 1,458. Фрактальна розмірність кори в цілому складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,853, 1-256 пікселів – 1,851, 1-128 пікселів – 1,864, 2-512 пікселів – 1,848, 2-256 пікселів – 1,844, 2-128 пікселів – 1,859. Фрактальна розмірність зернистого шару кори складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,718, 1-256 пікселів – 1,701, 1-128 пікселів – 1,691, 2-512 пікселів – 1,721, 2-256 пікселів –

1,701, 2-128 пікселів – 1,687. Фрактальна розмірність молекулярного шару кори складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,746, 1-256 пікселів – 1,727, 1-128 пікселів – 1,720, 2-512 пікселів – 1,750, 2-256 пікселів – 1,728, 2-128 пікселів – 1,719. Фрактальна розмірність контуру мозочка складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,450, 1-256 пікселів – 1,384, 1-128 пікселів – 1,320, 2-512 пікселів – 1,513, 2-256 пікселів – 1,446, 2-128 пікселів – 1,381. Фрактальна розмірність цифрового скелета мозочка складала: у діапазоні box size 1-512 пікселів – 1,354, 1-256 пікселів – 1,278, 1-128 пікселів – 1,196, 2-512 пікселів – 1,434, 2-256 пікселів – 1,359, 2-128 пікселів – 1,277. Величина достовірності апроксимації  $R^2$  при підрахунку фрактальної розмірності для всіх діапазонів box size тканини мозочка в цілому, білої речовини та кори (і її шарів) перевищувала 0,99, а для фрактальних розмірностей контуру та цифрового скелета варіювала від 0,97 до 0,99. Таким чином, більшість компонентів тканини мозочка продемонстрували фрактальні властивості, оскільки зміна розмірів box size для підрахунку суттєво не вплинула на значення фрактальної розмірності, а значення величини достовірності апроксимації  $R^2$  були близькими до одиниці.

**Висновки:** Компоненти тканини мозочка, маючи складну геометричну архітектуру, демонструють виражені фрактальні властивості – складність конфігурації, самоподібність та самоповторюваність, що проявляється у їх масштабній інваріантності (при зміні масштабу будова структури залишається подібною). Проведене дослідження підтверджує наявність фрактального принципу будови мозочка. З огляду на це, фрактальний аналіз може застосовуватись для морфометричної оцінки різних компонентів тканини мозочка із використанням різних типів матеріалу – анатомічних зрізів, гістологічних препаратів або для прижиттєвого дослідження магнітно-резонансних томограм.

**Ключові слова:** мозочок, кора, сіра речовина, біла речовина, фрактальний аналіз

## П'ЯТЬ ВІДКРИТТІВ ВОЛОДИМИРА БЕЦА (ДО 190-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)

*Медведев В.В. д.мед.н., проф., професор кафедри нейрохірургії*

*Зав. кафедрою: акад. НАН та НАМН України, д.мед.н., проф. Цимбалюк В.І.*

*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця*

*Київ, Україна*

**Вступ:** Володимир Олексійович Беца – мабуть, найвідоміший у науковому світі вітчизняний представник біомедичної науки, першовідкривач названих його ім'ям гігантських пірамідних нейронів рухової кори. Водночас, існують вагомі підстави стверджувати, що Беца здійснив ще 4 важливих нейроморфологічних відкриття, долучившись до становлення нейронної доктрини, і продемонстрував приклад актуальної до цього часу нейроноцентричної методології розкриття функцій мозку.

**Мета:** розкрити роль Беца у відкритті п'яти важливих морфологічних феноменів головного мозку і визначити значення цих відкриттів.

**Матеріали і методи дослідження:** використано метод пошуку й узагальнення наукової інформації, історичний метод і метод предметного морфологічного пошуку серед наявних нейрогістологічних препаратів Беца (описано нами у серії авторських публікацій).

**Огляд (основний матеріал доповіді).**

I. 150 років тому Беца детально описав морфологію і розташування гігантських пірамідних нейронів у регіональному, віковому, статевому, розвитковому і міжвидовому аспектах, висуваючи припущення щодо участі цих клітин у функції рухової ділянки кори, виявлених кількома роками раніше Fritsch і Hitzig. Зараз ці клітини відносять до так званих «екстрателенцефальних» нейронів 5 шару кори, у масштабі всього мозку людини їх кількість – мізерна, а присутність поміж ссавців – обмежена. З урахуванням об'єму усіх відростків ці нейрони є чи не найбільшими еукаріотичними клітинами. Парадоксально, але до цього часу уявлення про їхній молекулярний профіль, медіаторний фенотип, електрофізіологічні властивості, зв'язки і функції залишаються вкрай скупими. Не викликає сумніву роль клітин Беца у патогенезі ряду захворювань рухової сфери, наприклад, бічного аміотрофічного склерозу, однак, якою саме є ця роль – незрозуміло.