

Н.І. Мар'єнко
О.Ю. Степаненко





Харківський національний
медичний університет,
Харків, Україна

Надійшла: 20.09.2020
Прийнята: 22.10.2020

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.52-58>

УДК: 611:57.086:517:530.191

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОЗОЧКА ЛЮДИНИ ЗА ДАНИМИ МАГНІТНО- РЕЗОНАНСНОЇ ТОМОГРАФІЇ: МЕТОД ДИЛАТАЦІЇ ПІКСЕЛІВ

Maryenko N.I.  , Stepanenko O.Yu.   Fractal analysis of human cerebellum based on magnetic resonance imaging data: pixel dilating method.

Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine.


ABSTRACT. Background. The use of fractal analysis as a morphometric method allows to investigate biological structures that have the properties of fractals, including the human cerebellum. Adaptation of fractal analysis techniques to assess the state of brain structures using magnetic resonance imaging is an important area of modern morphology. **Objective:** to determine the values of the fractal dimension (FD) of the cerebellar tissue measured by magnetic resonance imaging using the pixel dilation. **Methods.** The study was conducted on magnetic resonance images of the brain of 120 relatively healthy patients. Fractal analysis of digital magnetic resonance images of the cerebellum was performed using the method of pixel dilation in the author's modification. Results. It was found that the average value of FD of the cerebellar vermis on the midsagittal section on T2 weighed images with a brightness threshold of 100 was 1.691 ± 0.01 . The FD values of the cerebellar hemisphere tissue were: in the paravermal zone on the left 1.683 ± 0.01 , on the right 1.685 ± 0.01 ; in the central zone of the hemisphere on the left 1.679 ± 0.01 , on the right 1.672 ± 0.01 ; on the lateral zone of the hemisphere on the left 1.665 ± 0.01 , on the right 1.682 ± 0.01 . These values do not differ statistically significantly in the symmetrical areas of the right and left hemispheres and do not differ from the FD values of the cerebellar vermis. **Conclusion.** The method of pixel dilation of fractal analysis can be used for morphometric study of magnetic resonance images of the brain. Fractal analysis allows an objective assessment of the morphofunctional condition of the cerebellum, which can be used to diagnose various diseases of the cerebellum and other CNS structures.


Key words: fractal analysis, fractal dimension, box counting, pixel dilation, magnetic resonance imaging.

Citation:

Maryenko NI, Stepanenko OYu. [Fractal analysis of human cerebellum based on magnetic resonance imaging data: pixel dilating method]. *Morphologia*. 2020;14(3):52-8. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.52-58>

 Maryenko N.I. 0000-0002-7980-7039

 Stepanenko O.Yu. 0000-0002-5686-0857

 maryenko.n@gmail.com; stepanenko@3g.ua

© SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine», «Morphologia»

Вступ

В останні роки у нейроморфології та у морфології в цілому все частіше використовується фрактальний аналіз. Застосування цього методу в якості морфометричного дозволяє охарактеризувати біологічні структури зі складною деревоподібно розгалуженою формою, які мають властивості фракталів – самоподібність та самоповторюваність [1]. Фрактальна розмірність (фрактальний індекс, ФІ), що визначається за допомогою фрактального аналізу, кількісно характеризує ті морфологічні особливості, які раніше оцінювались виключно суб'єктивно: ФІ є показником ступеня заповнення структурою простору та мірою складності організації (у

випадку деревоподібних структур – у тому числі й мірою розгалуженості). ФІ, визначений на двовимірних зображеннях, варіює від 1 до 2 [1, 2].

Фрактальний аналіз широко використовується для оцінки стану клітинних та субклітинних структур, судинного русла різних органів та тканин, структур нервової системи – дендритного дерева нейронів, відростків гліальних клітин, кори та білої речовини півкуль, ядер стовбуру мозку та мозочка [2-5].

Існують різні способи фрактального аналізу: спосіб підрахунку квадратів (підрахунку комірок, box counting), спосіб дилатації пікселів (pixel dilating), спосіб caliper (perimeter stepping, спосіб поділу периметру). Серед них у морфо-

логії найчастіше використовують метод підрахунку квадратів. Крім цього, розроблена велика кількість модифікацій та варіантів способів фрактального аналізу, що були розроблені із урахуванням особливостей досліджуваних структур, типу досліджуваного зображення [6, 7].

Для дослідження мозочка як фрактальної структури використовують різні способи фрактального аналізу у різних модифікаціях. Найчастіше визначається фрактальна розмірність мозочка на зображеннях магнітно-резонансних (МР) томограм головного мозку за допомогою способу підрахунку квадратів [8-10], дещо рідше – дилатації пікселів [11]. Але здебільшого ці модифікації є калькою зі способів фрактального аналізу, які використовуються для інших структур і не враховують особливостей будови та просторової організації мозочка.

Для дослідження білої речовини мозочка на секційному матеріалі у наших попередніх роботах ми розробили власну модифікацію методу підрахунку квадратів та обчислили значення фрактальної розмірності білої речовини на центральному сагітальному та парасагітальних зрізах [12]. Цей метод дозволяє визначити фрактальний індекс (ФІ) різних структур на цифрових зображеннях нативних та незабарвлених макропрепаратів через свою методологічну простоту та можливість застосування для різного матеріалу. Однак при спробі адаптації цього методу для дослідження МР томограм мозочка виявились деякі складнощі. По-перше, зображення мозочка на МР томограмах є недостатньо контрастними для точного візуального визначення меж структур, що є необхідним для об'єктивного визначення ФІ. По-друге, метод підрахунку квадратів є рутинним, оскільки підрахунки здебільшого здійснюються вручну, що також знижує об'єктивність дослідження та значно збільшує час для дослідження.

Враховуючи ці особливості, було продовжено пошук інших способів фрактального аналізу. Для цієї мети ми розробили власну модифікацію способу дилатації пікселів, що дозволяє автоматизовано проводити підрахунок та за допомогою комп'ютерного контрастування (сегментації) зображення чітко визначити межі досліджуваної структури [13]. Порівняльний аналіз двох способів фрактального аналізу (підрахунку квадратів та дилатації пікселів) на ідентичних зображеннях довів, що ці методи дозволяють отримати ідентичні результати, що статистично значуще не відрізняються один від одного [14].

Мета дослідження – визначити значення фрактальної розмірності мозочка за даними магнітно-резонансної томографії за допомогою методу дилатації пікселів.

Матеріали та методи

Для морфометричного дослідження були

використані магнітно-резонансні (МР) томограми головного мозку 120 пацієнтів віком 18-86 років (середній вік – $43,33 \pm 1,43$ років), у яких не було виявлено морфологічних змін головного мозку, тому будова головного мозку цих пацієнтів розглядалась як умовна норма. Серед пацієнтів було 65 жінок, 55 чоловіків.

Томографія головного мозку була проведена за допомогою магнітно-резонансного томографа Siemens Magnetom Symphony зі значенням магнітної індукції 1,5Тл. Були використані Т2 зважені зображення МР томограм мозочка, для яких, на відміну від Т1 зважених зображень, характерна більша контрастність тканини мозочка та чіткіша межа між тканиною мозочка та оточуючими тканинами. Обробку цифрових зображень здійснювали за допомогою програм Syngo Fast View та Adobe Photoshop CS5.

Для дослідження використовували фрагмент цифрового зображення (томограми) головного мозку, що містив серединний сагітальний зріз мозочка (рис.1) або один із парасагітальних зрізів. У програмі для перегляду томограм Syngo Fast View калібрували зображення та визначали досліджувану ділянку.

Для проведення фрактального аналізу копіювали фрагмент зображення, що вміщує серединний сагітальний зріз мозочка, у програму Adobe Photoshop CS5, де проводили усі подальші етапи роботи із цифровим зображенням. Потім зображення контрастували за допомогою інструменту «Поріг» програми Adobe Photoshop CS5, який забарвлює усі пікселі, темніші від заданого порогового значення, у чорний колір, світліші – у білий (рис. 1): після контрастування у режимі Т2 пікселі, що відповідають ділянці досліджуваної структури, забарвлюються чорним кольором, фон – білим. Для дослідження томограм у режимі Т2 оптимальним пороговим значенням є встановлене нами емпіричне значення яскравості 100, яке дозволяє визначити зовнішній контур часточок мозочка та міжчасточкові щілини, тобто контрастована ділянка відповідає тканині мозочка в цілому.

Після контрастування проводили дилатацію пікселів (рис.2): послідовно удвічі зменшували роздільну здатність зображення (від 128 пікселів на дюйм до 64, 32, 16, 8 та 4 пікселів на дюйм). Подальший підрахунок ФІ проводився за допомогою алгоритму, описаного раніше [13].

Визначався ФІ тканини мозочка в цілому на серединному сагітальному зрізі повністю (рис. 1, 2) та ФІ парасагітальних зрізів у паравермальній ділянці, центральних та латеральних ділянках півкуль. Для дослідження паравермальної ділянки використовували томографічний зріз, що розташований на відстані 5 мм від серединного сагітального зрізу. Для визначення центральної ділянки півкуль вираховували парасагітальний

зріз, що знаходиться найближче до точки, рівновіддаленої від серединної сагітальної площини та латеральної точки відповідної півкулі.

Для дослідження латеральної ділянки півкулі обирали найбільш латеральний зріз півкулі, на якому візуалізується тканина мозочка.

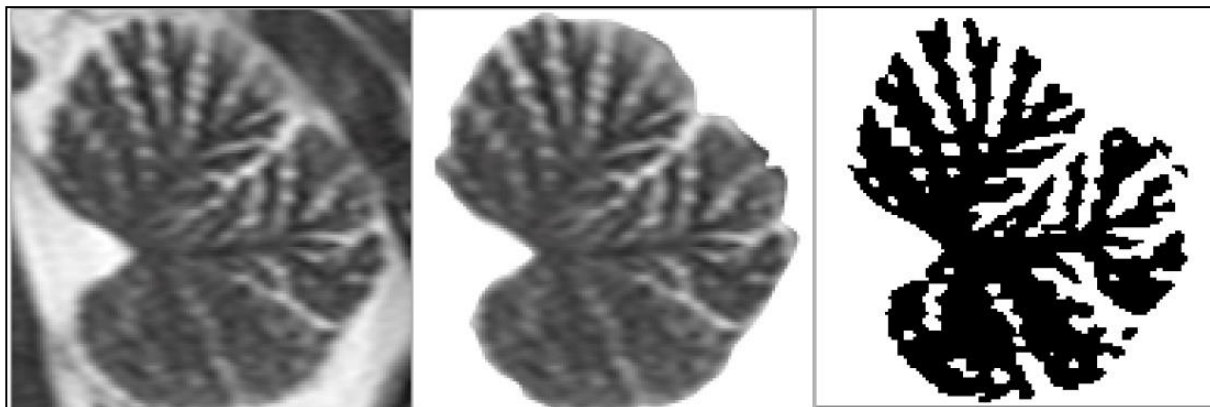


Рис. 1. Методика сегментації цифрового зображення магнітно-резонансної томограми у режимі T2. Для контрастування тканини мозочка використане порогове значення 100. Пояснення в тексті.

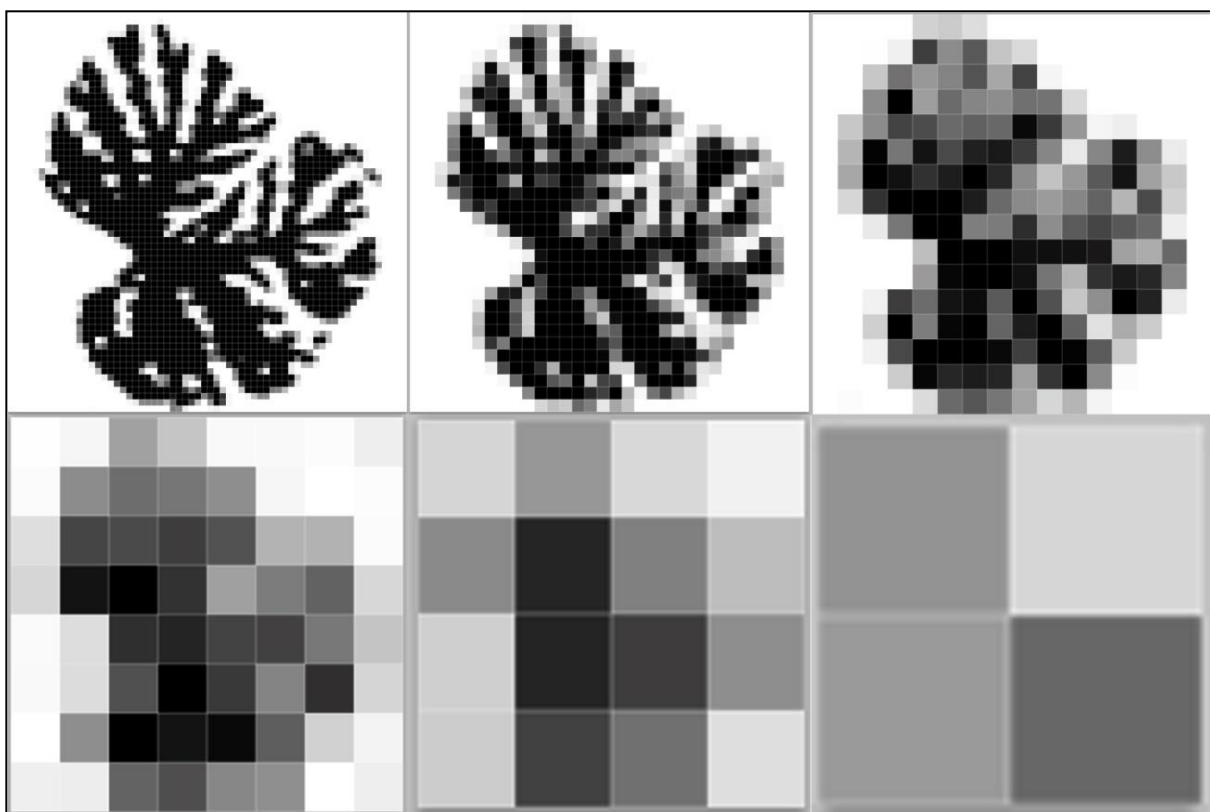


Рис. 2. Методика фрактального аналізу магнітно-резонансної томограми у режимі T2 за допомогою дилатації пікселів. Для контрастування тканини мозочка використане порогове значення 100. Пояснення в тексті.

Отримані дані обробляли за допомогою методів варіаційної статистики. Для аналізу розподілу значень використовували критерій Колмогорова-Смірнова та аналіз розподілу за процентилями. Для визначення сили та спрямованості кореляційного зв'язку розрахований коефіцієнт кореляції Пірсона. Для порівняння середніх вибіркового значень та для визначення

значущості кореляційного зв'язку використаний критерій Стьюдента. Для порівняння значень ФІ у різних ділянках мозочка використовували однофакторний дисперсійний аналіз.

Результати та їх обговорення

Середнє значення ФІ тканини черв'яка мозочка в цілому на серединному сагітальному зрізі у режимі T2 складає $1,691 \pm 0,01$ ($M \pm m$) та варіює

від 1,426 до 1,960. Низьке значення коефіцієнту варіації (6,5%) свідчить про щільність розподілу значень відносно середнього значення. Значення фрактального індексу розподілені за нормальним законом (рис.3). Про це свідчить перевірка за допомогою критерію Колмогорова-Смірнова ($P > 0,75$), близькість значень медіани (1,694) та моди (1,750) до середнього вибіркового значення фрактального індексу та близькість значень розподілу за процентилями до розподілу значень

за ($M \pm \sigma$): величина 2,5-го перцентилля (1,492) близька до значення ($M - 2\sigma$) (1,472), 97,5-го перцентилля (1,895) – до значення ($M + 2\sigma$) (1,911), 16-го перцентилля (1,581) – до значення ($M - 1\sigma$) (1,582), 84-го (1,805) – до значення ($M + 1\sigma$) (1,801).

Значення ФІ для паравермальних, центральних та крайових зон правої та лівої півкуль мозочка наведені на рис. 4.

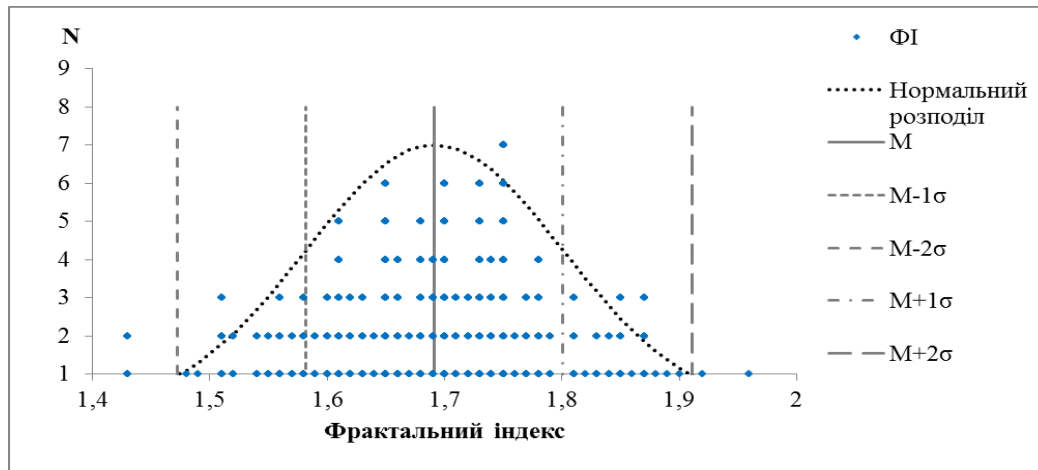


Рис. 3. Розподіл частоти значень ФІ мозочка на сагітальних зрізах черв'яка мозочка за даними МРТ. Режим T2, порогове значення контрастування 100. Для порівняння показаний графік нормального розподілу, який має такі ж середнє значення та середнє квадратичне відхилення.

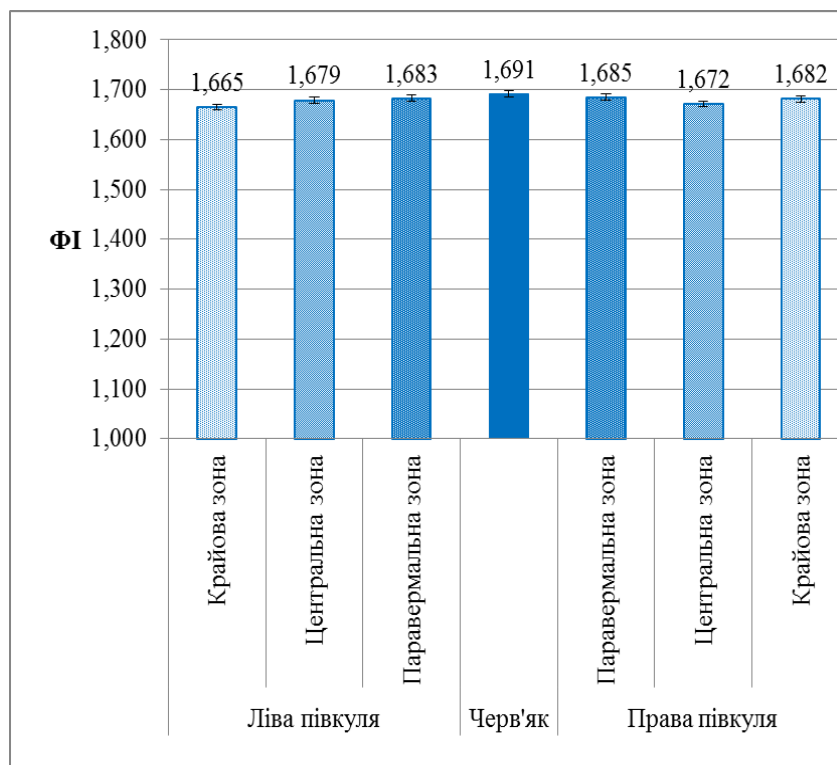


Рис. 4. Середні значення фрактального індексу ($M \pm m$) повних парасагітальних зрізів черв'яка та півкуль мозочка за даними МРТ. Режим T2, порогове значення контрастування 100.

Як видно з даних рис. 4, значення ФІ тканини півкуль мозочка на різній відстані від серединної сагітальної площини статистично значуще не відрізняються у паравермальній, центральній та крайовій зонах півкуль, у симетричних ділянках правої та лівої півкуль та від значення ФІ черв'яка мозочка.

Отримані дані щодо відсутності значущої різниці між значеннями ФІ тканини мозочка у цілому підтверджують дані наших попередніх досліджень [12], які показали відсутність значущої різниці ФІ білої речовини мозочка на парасагітальних зрізах, розташованих на різній відстані від серединної сагітальної площини. Таким чином, на різних парасагітальних зрізах мозочка практично не відрізняється як ФІ білої речовини, так і ФІ тканини мозочка в цілому.

Отримані значення ФІ тканини мозочка в цілому статистично значуще перевищують значення ФІ, отримані у результаті досліджень, проведених на секційному матеріалі за допомогою методу підрахунку квадратів ($1,372 \pm 0,006$) ($P < 0,001$) [12]. Така різниця обумовлена тим, що за допомогою методу дилатації пікселів визначається ФІ тканини мозочка в цілому, тоді як метод підрахунку квадратів враховує лише білу речовину мозочка. Враховуючи той факт, що значення ФІ, обчислені на ідентичних зображеннях за допомогою способів підрахунку квадратів та дилатації пікселів, статистично значуще не відрізняються [14], можна зробити висновок, що різниця обумовлена не особливостями методики підрахунку ФІ, а особливостями визначення меж досліджуваної структури: метод підрахунку квадратів дозволяє візуально визначати межі сірої та білої речовини на макрофотографіях незабарвлених макропрепаратів мозочка, тоді як попереднє контрастування (сегментація) зображення МР томограми для дилатації пікселів виокремлює тканину мозочка в цілому, що відображається у статистично значуще вищих значеннях ФІ, обчислених за допомогою цього способу.

Значення ФІ мозочка, обчислені іншими дослідниками із використанням власних модифікацій фрактального аналізу, дещо відрізняються від отриманих нами даних. Ці роботи щодо фрактального аналізу мозочка людини не численні і також базуються на даних магнітно-резонансної томографії [8-11].

Частіше для дослідження мозочка використовується метод підрахунку квадратів. Серед цих робіт – дослідження Акаг Е. та ін. [8, 9], де був проведений фрактальний аналіз серединних сагітальних зрізів мозочка на основі дослідження 16 магнітно-резонансних томограм. Значення ФІ, отримане в результаті цього дослідження, склало $1,49 \pm 0,06$. Також встановлене значуще зростання ФІ при синдромі Кіарі. Ці дані, отримані за допомогою методу підрахунку квадратів, також узгоджуються із даними наших попередніх до-

сліджень, проведених за допомогою власної модифікації цього ж методу на секційному матеріалі [12]. Різниця даних обумовлена меншим віковим діапазоном пацієнтів та меншим обсягом вибірки, залученої у дослідження.

У решті робіт визначали тривимірне значення ФІ [10, 11]. Різниця значень ФІ, обчислених у цих роботах та двомірне значення ФІ, яке було обчислене у нашій роботі, обумовлена різними варіантами фрактальної розмірності: значення тривимірного ФІ, що може мати значення від 2 до 3, теоретично завжди перевищують значення двовимірного ФІ, що має значення від 1 до 2.

У роботі Wu Y.T. та ін. [10] за даними МРТ визначались значення тривимірного фрактального індексу білої та сірої речовини мозочка, що склали відповідно $2,2746 \pm 0,0446$ та $2,5267 \pm 0,0228$. Встановлене значуще зменшення ФІ мозочка при розсіяному склерозі.

У дослідженні Liu J.Z. та ін. [11] визначався тривимірний фрактальний індекс із застосуванням методу дилатації пікселів для фрактального аналізу МРТ мозочка. ФІ визначався на корональних томографічних зрізах мозочка зі скелетованими гілками білої речовини. Тобто ФІ, обчислений у цьому дослідженні, відповідає не тканині мозочка в цілому, а лише основним гілкам білої речовини. Середнє значення ФІ скелетованих гілок білої речовини складало $2,57 \pm 0,01$.

Отже, враховуючи співставність та ідентичність значень ФІ, обчислених за допомогою різних способів фрактального аналізу [14], та різницю значень ФІ, отриманих на різному матеріалі із різним алгоритмом визначення меж досліджуваної структури (візуальне визначення для методу підрахунку квадратів чи комп'ютерна сегментація зображення для методу дилатації пікселів), можна вважати, що на значення ФІ найсуттєвіше впливає саме спосіб визначення меж досліджуваної структури та фону.

Для дослідження нативних препаратів методом вибору є спосіб підрахунку квадратів, що дозволяє проводити фрактальний аналіз тих медичних зображень, де комп'ютерна сегментація неможлива. Для магнітно-резонансних томограм, рентгенограм та інших медичних зображень із високою контрастністю, яка робить можливою комп'ютерну сегментацію цих зображень, методом вибору є спосіб дилатації пікселів, що дозволяє об'єктивно та автоматизовано проводити підрахунок фрактального індексу.

У даній роботі для дослідження МР томограм мозочка використана комп'ютерна сегментація цифрових зображень із пороговим значенням яскравості 100. Використання інших порогових значень для сегментації зображення дозволить відокремити структури тканини мозочка, що мають різний діапазон яскравості.

Висновки

Фрактальний аналіз за допомогою методу дилатації пікселів може бути використаний для морфометричного дослідження магнітно-резонансних томограм головного мозку. Фрактальний аналіз дозволяє провести об'єктивну оцінку морфофункціонального стану мозочка, що може бути використане для діагностики різних захворювань мозочка та інших структур ЦНС.

Значення ФІ черв'яка та різних ділянок півкуль значуще не відрізняються, що має враховуватись під час морфометричних досліджень.

Значення ФІ тканини мозочка в цілому, обчислені за даними МРТ за допомогою дилатації пікселів, перевищують значення ФІ білої речовини, обчислені за даними дослідження секційного матеріалу за допомогою методу підрахунку квадратів.

Ключову роль у визначенні ФІ на медичних зображеннях грає алгоритм візуального або комп'ютерного визначення меж досліджуваної структури.

Різниця отриманих нами даних та даних інших дослідників обумовлена різницею методологічних підходів.

Перспективи подальших розробок

Розробка алгоритмів комп'ютерної сегментації зображень для окремого дослідження різних компонентів досліджуваної структури (наприклад, сірої та білої речовини) є метою подальших досліджень, що дозволить диференційовано визначати не тільки ФІ тканини мозочка в цілому, а й ФІ білої речовини та різних шарів кори мозочка на його МР томограмах.

Джерела фінансування

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи «Розробка нових методів оцінки морфофункціонального стану клітин, тканин та органів у нормі та патології» (номер державної реєстрації 0119U002911).

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Літературні джерела References

1. Mandelbrot BB. Fractals – form, chance and dimension. San Francisco: W. H. Freeman;1977. 365 p.
2. Isaeva VV, Karetin YuA, Chernyshev AV, Shkuratov DYU. Fraktaly i khaos v biologicheskom morfogeneze [Fractals and chaos in biological morphogenesis]. Vladivostok: nstitut biologii morya DVO RAN; 2004. 128 p. Russian.
3. De Luca A, Arrigoni F, Romaniello R, et al. Automatic localization of cerebral cortical malformations using fractal analysis. Phys. Med. Biol. 2016;61(16):6025–6040.
4. Squarcina L, De Luca A, Bellani M, et al. Fractal analysis of MRI data for the characterization of patients with schizophrenia and bipolar disorder. Phys. Med. Biol. 2015;60 (4):1697–1716.
5. Tălu S. Fractal analysis of normal retinal vascular network. Oftalmologia. 2011;55(4):11–16.
6. Ristanović D, Stefanović BD, Puškaš N. Fractal analysis of dendrite morphology using modified box-counting method. Neurosci. Res. 2014;84:64–67.
7. Zaletel I, Ristanović D, Stefanović BD, Puškaš N. Modified Richardson's method versus the box-counting method in neuroscience. J. Neurosci. Methods. 2015;242:93–96.
8. Akar E, Kara S, Akdemir H, Kiris A. Fractal analysis of MR images in patients with Chiari malformation: The importance of preprocessing. Biomedical Signal Processing and Control. 2017;31:63-70.
9. Akar E, Kara S, Akdemir H, Kiris A. Fractal dimension analysis of cerebellum in Chiari Malformation type. Computers in Biology and Medicine. 2015;64:179-186.
10. Wu YT, Shyu KK, Jao CW, Wang ZY, et al. Fractal dimension analysis for quantifying cerebellar morphological change of multiple system atrophy of the cerebellar type (MSA-C). Neuroimage. 2010;49(1):539–551.
11. Liu JZ, Zhang LD, Yue GH. Fractal dimension in human cerebellum measured by magnetic resonance imaging. Biophys. J. 2003;85 (6):4041–4046.
12. Stepanenko OYu, Maryenko NI. [Fractal analysis of the human cerebellum white matter]. World of Medicine and Biology. 2017;3(61):145–149. Russian.
13. Maryenko NI, Stepanenko OYu. [Fractal analysis as a morphometric method in morphology: a pixel dilatation technique in the study of digital images of anatomical structures]. Medytsyna syohodni i zavtra. 2019;1(82):8–15. Ukrainian.
14. Maryenko NI, Stepanenko OYu. [Two variants of fractal analysis as morphometric method in anatomy: box counting vs pixel dilating technique]. Medytsyna syohodni i zavtra. 2019;2(83):14–22. Ukrainian.

Мар'єнко Н.І., Степаненко О.Ю. Фрактальний аналіз мозочка людини за даними магнітно-резонансної томографії: метод дилатації пікселів.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Застосування фрактального аналізу в якості морфометричного методу дозволяє кількісно охарактеризувати біологічні структури, що мають властивості фракталів, у тому числі й мозочок людини. Адаптація методик фрактального аналізу для оцінки стану структур головного мозку на магнітно-резонансних томограмах є актуальним напрямком сучасної морфології. **Мета:** визначити значення фрактальної розмірності (ФІ) тканини мозочка за даними магнітно-резонансної томографії за допомогою методу дилатації пікселів. **Методи.** Дослідження проведене на магнітно-резонансних томограмах головного мозку 120 умовно здорових пацієнтів. Був проведений фрактальний аналіз цифрових зображень магнітно-резонансних томограм мозочка за допомогою методу дилатації пікселів у авторській модифікації. **Результати.** Встановлено, що середнє значення ФІ тканини черв'яка мозочка в цілому на серединному сагітальному зрізі у режимі T2 із пороговим значенням яскравості 100 складає $1,691 \pm 0,01$. Значення ФІ тканини півкуль мозочка складають у паравермальній зоні ліворуч $1,683 \pm 0,01$, праворуч $1,685 \pm 0,01$; центральній зоні півкулі ліворуч $1,679 \pm 0,01$, праворуч $1,672 \pm 0,01$; крайовій зоні півкулі ліворуч $1,665 \pm 0,01$, праворуч $1,682 \pm 0,01$. Ці значення статистично значуще не відрізняються у симетричних ділянках правої та лівої півкуль та не відрізняються від значення ФІ черв'яка мозочка. **Підсумок.** Фрактальний аналіз за допомогою методу дилатації пікселів може бути використаний для морфометричного дослідження магнітно-резонансних томограм головного мозку. Фрактальний аналіз дозволяє провести об'єктивну оцінку морфофункціонального стану мозочка, що може бути використане для діагностики різних захворювань мозочка та інших структур ЦНС.

Ключові слова: фрактальний аналіз, фрактальний індекс, підрахунок квадратів, дилатація пікселів, магнітно-резонансна томографія.

Мар'єнко Н.И., Степаненко А.Ю. Фрактальный анализ мозжечка человека по данным магнитно-резонансной томографии: метод дилатации пикселей

РЕФЕРАТ. Актуальность. Применение фрактального анализа в качестве морфометрического метода позволяет количественно охарактеризовать биологические структуры, имеющие свойства фракталов, в том числе и мозжечок человека. Адаптация методик фрактального анализа для оценки состояния структур головного мозга на магнитно-резонансных томограммах является актуальным направлением современной морфологии. **Цель:** определить значение фрактальной размерности (ФИ) ткани мозжечка по данным магнитно-резонансной томографии с помощью метода дилатации пикселей. **Методы.** Исследование проведено на магнитно-резонансных томограммах головного мозга 120 условно здоровых пациентов. Был проведен фрактальный анализ цифровых изображений магнитно-резонансных томограмм мозжечка с помощью метода дилатации пикселей в авторской модификации. **Результаты.** Установлено, что среднее значение ФИ ткани червя мозжечка в целом на срединном сагитальном срезе в режиме T2 с пороговым значением яркости 100 составляет $1,691 \pm 0,01$. Значения ФИ ткани полушарий мозжечка составляют в паравермальной зоне мозжечка слева $1,683 \pm 0,01$, справа $1,685 \pm 0,01$; центральной зоне полушария слева $1,679 \pm 0,01$, справа $1,672 \pm 0,01$; краевой зоне полушария слева $1,665 \pm 0,01$, справа $1,682 \pm 0,01$. Эти значения статистически значимо не отличаются в симметричных участках правого и левого полушарий и не отличаются от значения ФИ червя мозжечка. **Заключение.** Фрактальный анализ с помощью метода дилатации пикселей может быть использован для морфометрического исследования магнитно-резонансных томограмм головного мозга. Фрактальный анализ позволяет провести объективную оценку морфофункционального состояния мозжечка, может быть использован для диагностики различных заболеваний мозжечка и других структур ЦНС.

Ключевые слова: фрактальный анализ, фрактальный индекс, подсчет квадратов, дилатация пикселей, магнитно-резонансная томография.