

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ У НЕЙРОМОРФОЛОГІЇ: ОСОБЛИВОСТІ ПІДБОРУ СПОСОБІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ

Мар'єнко Н. І., Степаненко О. Ю.

Кафедра гістології, цитології та ембріології
Харківський національний медичний університет
Харків, Україна

Вступ. У сучасній морфології та медицині в цілому використовуються різні морфометричні методи, більшість яких базується на методах Евклідової геометрії. Протягом останніх десятиліть у природничих науках дедалі частіше використовуються методи фрактальної геометрії, до яких належить фрактальний аналіз (ФА). Цей спосіб математичного аналізу може використовуватися для дослідження медичних зображень у якості морфометричного методу. Основним параметром, що визначається за допомогою ФА, є фрактальна розмірність (ФР). Для автоматизації ФА у морфології можуть використовуватися морфометричні програми та застосунки, використання яких передбачає проведення попередньої обробки зображень. Такі алгоритми, як правило, передбачають конвертацію зображення у бінарний формат за допомогою сегментації: бінарне растрове зображення складається тільки з чорних та білих пікселів, що відповідають досліджуваній структурі та фоновим ділянкам. Після сегментації та конвертації у бінарний формат отримують силуетне зображення, у якому силует відповідає зрізу певної структури або її проекції на площину. Однак цифрові силуети не є єдиним варіантом зображень, що можуть використовуватися для дослідження. Для проведення ФА можуть використовуватися додаткові алгоритми обробки силуетних зображень: це скелетонування та контурування (окреслення контуру). Скелетонування передбачає ерозію цифрового силуету до отримання ліній певної товщини (як правило, 1 піксель), при цьому утворюється цифровий скелет зображення, що повторює просторову конфігурацію досліджуваної структури. При контуруванні контури силуету окреслюють лінією заданої товщини (як правило, також 1 піксель). Отримане контурне зображення повторює просторову конфігурацію поверхні структури, що досліджується. Як скелетоновані, так і контурні зображення є бінарними, що так само, як і силуетні зображення, можуть використовуватися для проведення морфометрії, у тому числі ФА.

Метою даного дослідження стало визначити значення ФР силуетних, скелетонованих та контурних зображень мозочка та великих півкуль головного мозку людини за допомогою ФА томографічних зрізів магнітно-резонансних (МР) томограм головного мозку.

Матеріали і методи. У якості морфологічного матеріалу було використано Т2-зважені МР зображення головного мозку 100 осіб віком від 18 до 86 років, у яких не було виявлено морфологічних змін структур головного мозку та навколишніх тканин. Для дослідження мозочка були відібрані серединні сагітальні томографічні зрізи, для дослідження великих півкуль – корональні зрізи, проведені на рівні чотиригорбової пластинки. На першому етапі попередньої підготовки із зображень видалялись навколишні структури, ці ділянки забарвлювались білим кольором. Для отримання силуетних зображень використовувався інструмент «Поріг» програми «Adobe Photoshop CS5», що сегментує зображення відповідно до порогового значення яскравості пікселів. Для сегментації тканини мозочка було використане порогове значення яскравості 100, для сегментації великих півкуль – 128. Після автоматизованої сегментації проводилась ручна корекція для підвищення анатомічної точності отриманих цифрових силуетів. Також проводились скелетонування та контурування силуетних зображень, для чого були використані інструменти «Skeletonize» та «Outline» програми «Image J». ФА проводився за допомогою способу підрахунку квадратів з використанням програми «Image J» (інструмент «Fractal box count»). Значення ФР визначалися на трьох типах зображень: силуетних, скелетонованих та контурних.

Результати. Середнє значення ФР силуетних зображень мозочка склало $1,707 \pm 0,004$ (мінімальне значення – 1,629, максимальне – 1,815); скелетонованих зображень – $1,421 \pm 0,005$ ($1,281 \div 1,540$); контурних зображень – $1,523 \pm 0,005$ ($1,404 \div 1,659$). Значення ФР, визначені на різних типах зображень мозочка, були пов'язані між собою статистично значущими позитивними кореляційними зв'язками середньої сили: ФР силуетних і скелетонованих зображень – $R = 0,504$ ($P < 0,001$), ФР силуетних і контурних зображень – $R = 0,629$ ($P < 0,001$), ФР скелетонованих і контурних зображень – $R = 0,673$ ($P < 0,001$). Середнє значення ФР силуетних зображень великих півкуль головного мозку склало $1,872 \pm 0,001$ (мінімальне значення – 1,834, максимальне – 1,905); скелетонованих зображень – $1,157 \pm 0,003$ ($1,094 \div 1,261$); контурних зображень – $1,243 \pm 0,002$ ($1,197 \div 1,296$). Значення ФР, визначені на різних типах зображень великих півкуль, були пов'язані між собою кореляційними зв'язками різної сили і спрямованості: ФР силуетних і скелетонованих зображень – $R = -0,088$ ($P > 0,05$), ФР силуетних і контурних зображень – $R = 0,045$ ($P > 0,05$), ФР скелетонованих і контурних зображень – $R = 0,648$ ($P < 0,001$). Між значеннями ФР мозочка та великих півкуль були виявлені наступні кореляційні зв'язки: ФР силуетних зображень мозочка та великих півкуль – $R = -0,002$ ($P > 0,05$), ФР скелетонованих зображень – $R = 0,165$ ($P > 0,05$), ФР контурних зображень – $R = -0,019$ ($P > 0,05$).

Фрактальна розмірність характеризує ступінь заповнення простору певною структурою, що обумовлений її структурною та просторовою складністю: чим складнішою буде будова певного утворення (тобто буде більшою його структурна складність), тим складнішою буде його просторова конфігурація (і більшою буде його просторова складність), і тим більше структура буде заповнювати доступний їй простір. Значення ФР, визначені на різних типах зображень, дозволяють кількісно охарактеризувати різні аспекти будови досліджуваних структур. Так, ФР силуетних зображень характеризує структуру в цілому та те, як вся структура заповнює простір. ФР скелетонованих зображень дозволяє охарактеризувати структурну складність, а саме – ступінь розгалуженості досліджуваної структури: чим більше гілок та точок галузження матиме структура, тим більшою буде її структурна складність, і тим більшим буде значення ФР цифрового скелету. Тому ФА скелетонованих зображень є особ-

ливо інформативним для дослідження деревоподібних, розгалужених або сітчастих структур. ФР контурних зображень дозволяє отримати уявлення про складність просторової конфігурації поверхонь досліджуваної структури: чим складнішою буде просторова конфігурація структури в цілому, тим складнішою буде просторова конфігурація її поверхні і тим більшим буде значення ФР лінійного контуру досліджуваної структури на двовимірних зображеннях. ФА контурних зображень є особливо інформативним у випадках, коли необхідно оцінити складність просторової конфігурації іррегулярних поверхонь, лінійних та мембранних структур.

Висновки. Отже, для проведення ФА можуть використовуватись різні варіанти попередньої підготовки зображень. Вибір досліджуваного типу зображення (силуетне, скелетоноване чи контурне) має враховувати особливості форми досліджуваної структури та відповідати поставленій меті; може проводитися ФА тільки одного типу зображень, або кількох одразу. Значення ФР, визначені на силуетних, скелетонованих та контурних зображеннях дозволяють комплексно оцінити особливості форми досліджуваних структур та якісно доповнити арсенал морфометричних методів сучасної морфології.

Ключові слова: фрактали, морфометрія, головний мозок, морфологія.

ВНУТРІШНЬОСУДИННЕ УЛЬТРАЗВУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІНЦЕВИХ АРТЕРІЙ

Підвальна У. С., Матешук-Вацеба Л. Р.

Кафедра нормальної анатомії

Завідувач кафедри: Матешук-Вацеба Л. Р., доктор медичних наук, професор

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Львів, Україна

Вступ. Сучасним методом прижиттєвої оцінки морфології вінцевих артерій є внутрішньосудинне ультразвукове дослідження. Цей сонографічний метод під контролем Х-променів дозволяє візуалізувати структуру стінки вінцевої артерії та її просвіту з люменальної поверхні судини.

Мета роботи. Подати морфологічну оцінку стінки вінцевих артерій при використанні внутрішньосудинного ультразвуку для опису з можливістю імплементувати новітні технології в теоретичну медицину.

Матеріали та методи. DICOM файли зображення 34 пацієнтів, яким проводилося внутрішньосудинне ультразвукове дослідження вінцевих артерій, згідно показів за рекомендаціями Американського коледжу кардіології. Обстеження проводилося на IVUS Philips Volcano та ангиографі Siemens Artis Zee Floor Eco.

Результати. За даними зображень внутрішньосудинного ультразвукового дослідження вінцевих артерій ідентифіковано інтиму, яка концентрично вистилає просвіт судини. Інтима, відбиваючи ультразвукові хвилі, відображається однорідним концентричним ехо при дослідженні, надаючи зображенню вигляд світлого кільця. Ендотеліоцити інтими лежать паралельно до люменального краю судини. Внутрішня еластична мембрана диференціюється завдяки доброму акустичному ефекту. Медія вінцевих артерій складається зі значної кількості гладких міоцитів (попри те, що це судини еластичного типу), які розташовані шарами і не відбивають ультразвукових хвиль. Таким чином ультразвукові хвилі проходять крізь товщу медії і на зображенні мають темне забарвлення, що дозволяє легко диференціювати медію при дослідженні. Зовнішня еластична мембрана з добрим акустичним ефектом. Поздовжня орієнтація волокон адвентиції сприяє інтенсивному відбиванню ультразвукових хвиль. Як результат, на зображенні візуалізується яскрава смуга. Адвентиція не має вигляду концентричного кільця, на відміну від інтими. Анатомічно це пояснюється здатністю адвентиції впливати на діаметр вінцевої артерії завдяки паралельному орієнтуванню колагенових волокон та нещільній консистенції сполучної тканини. При оцінці зовнішнього рельєфу необхідно враховувати, що адвентиція містить vasa vasorum, нервові волокна та лімфатичні судини. При аналізі одержаних зображень визначаються зміни в структурі стінки вінцевої артерії, адже усі дослідження проведені, згідно показів, тобто у осіб зі структурними змінами вінцевих артерій. Зокрема характерними є зміна ехогенності, що свідчить про неодорідність структури і є ознакою того, що одні елементи відбивають ехо сигнал, а інші навпаки затримують його. Кальцифікація атеросклеротичних бляшок сприяє відбиванню ехо-сигналу та візуалізації яскравої зони. Натомість ліпідні включення є гіпоехогенними, тобто не відбивають сигнал.

Висновки. Внутрішньосудинне ультразвукове обстеження забезпечує прижиттєву морфологічну оцінку стінок вінцевих артерій, що має суттєву перевагу та дозволяє 3D візуалізацію судин і може бути використаним як у клінічній, так і теоретичній медицині.

Ключові слова: вінцеві судини, внутрішньосудинний ультразвук, анатомія, аорта.