

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.4.2022.9-27>  
УДК: 616-71.616-006.04



## Роль методів магнітно-резонансної томографії при оцінці кістозних уражень головного мозку: проспективне дослідження

Беніамін М.М.<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-2411-6054, e-mail: dr\_alaabenyamin@hotmail.com  
Ельгефнаві С.Б.<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-9529-6515, e-mail: suzan\_bahig@hotmail.com  
Абдельсамад А.М.<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-7299-4134, e-mail: amrmahmoud@med.asu.edu.eg  
Гассан Г.Г.<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-7662-8561, e-mail: doctor\_hendgalal@gu.edu.eg

<sup>1</sup>Університет Айн Шамс, медичний факультет, кафедра інвазивної та діагностичної радіології, Каїр, Арабська Республіка Єгипет

<sup>2</sup>Університет Галала, факультет прикладних медико-санітарних дисциплін, кафедра радіологічних та діагностичних візуалізаційних технологій, Суець, Арабська Республіка Єгипет

## Role of MRI modalities in assessment of cystic brain Lesions: a prospective study

Beniamin M.M.<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0001-5596-9968, e-mail: suzan\_bahig@hotmail.com  
Elhefnawy S.B.<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-9529-6515, e-mail: suzan\_bahig@hotmail.com  
Abdelsamad A.M.<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-7299-4134, e-mail: amrmahmoud@med.asu.edu.eg  
Hassan H.G.<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-7662-8561, e-mail: doctor\_hendgalal@gu.edu.eg

<sup>1</sup>Ain Shams University, Faculty of Medicine, the Department of Interventional and Diagnostic Radiology, Cairo, Arab Republic of Egypt

<sup>2</sup>Galala University, Faculty of Applied Health Science Technology, Technology of Radiology and Medical Imaging, Suez, Arab Republic of Egypt

### Ключові слова:

дифузно-зважена магнітно-резонансна томографія, магнітно-резонансна спектроскопія, диференціація, інтрааксіальні кістозні ураження головного мозку.

### Для кореспонденції:

Беніамін Мохамед Мохамед Алаа Елдієн  
Університет Айн Шамс, Медичний Факультет;  
м. Каїр, Арабська Республіка Єгипет;  
e-mail: dr\_alaabenyamin@hotmail.com

© Beniamin M.M., Elhefnawy S.B.,  
Abdelsamad A.M., Hassan H.G., 2022

### РЕЗЮМЕ

**Актуальність.** Внутрішньочерепні кістозні ураження – це неприродні порожнини, в яких порушується цілісність паренхіми головного мозку через різні патології, такі як інфекції та пухлини, що містять білкову рідину та/або клітинний/некротичний матеріал.

**Мета роботи.** Дослідити значення деяких методів магнітно-резонансної томографії (МРТ), в основному дифузно-зваженої томографії та магнітно-резонансної спектроскопії (МРС) при диференціації поширених внутрішньочерепних інтрааксіальних кістозних уражень головного мозку, щоб допомогти цим пацієнтам отримати найкращу медичну допомогу та лікування.

**Матеріали та методи.** Наше дослідження, проведене з квітня 2019 року по квітень 2021 року, є проспективним. У нього включено сорок дорослих пацієнтів обох статей з кістозним/некротичним інтрааксіальним ураженням головного мозку зі змінним перифокальним набряком і посиленням ободу під час постконтрастного дослідження в кабінеті МРТ у відділенні радіології лікарні університету Айн Шамс. Усі обстеження проводилися після підписання інформованої згоди самим пацієнтом або його опікуном, якщо пацієнт є недієздатним з будь-яких причин.

**Результати та їх обговорення.** Значення зовнішнього коефіцієнта дифузії у центрі уражень відрізнялися. Ми виявили найнижче значення зовнішнього коефіцієнта дифузії в центрі ураження при абсцесі  $0,4 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с і найвище значення зовнішнього коефіцієнта дифузії  $3,2 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с, що було виявлене при кістозному неопластичному ураженні. Існувала значна різниця в значеннях зовнішнього коефіцієнта дифузії в центрі неопластичних некротичних уражень; середнє значення зовнішнього коефіцієнта дифузії становило  $(1,95 \pm 1,08) \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с і  $(1,15 \pm 0,65) \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с в абсцесних ураженнях з пороговим значенням, чутливістю, специфічністю, позитивним прогностичним значенням, негативним прогностичним значенням і значенням точності 1,55%, 92,9%, 91,7%, 96,3%, 84,6% і 92,5% відповідно. МРС проводилася у 40 випадках, у яких також були розраховані середні співвідношення Cho/Cr, Cho/NAA та NAA/Cr. Ці співвідношення були порівняні між різними категоріями. Були виявлені статистично значущі відмінності між

співвідношеннями Cho/Cr, Cho/NAA в обох групах (значення  $p < 0,001^{**}$ ), тоді як співвідношення NAA/Cr не мало статистично значущої різниці.

**Висновки.** Дифузно-зважена томографія і магнітно-резонансна спектроскопія можуть використовуватися як додаткові діагностичні методи для диференціації абсцесів головного мозку від кістозних або некротичних пухлин головного мозку. Крім того, деякі методи МРТ можуть бути корисними при розрізненні абсцесу мозку від кістозних або некротичних пухлин, такі як дифузна тензорна візуалізація (DTI), перфузійно-зважена візуалізація, а також позитронно-емісійна комп'ютерна томографія (ПЕТ-КТ). Це допоможе підвищити точність МРТ при диференціації абсцесу мозку від кістозних або некротичних пухлин.

#### Для цитування:

Беніамін М.М., Ельгефнаві С.Б., Абдельсамад А.М., Гассан Г.Г. Роль методів магнітно-резонансної томографії при оцінці кістозних уражень головного мозку: проспективне дослідження. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2022. Т. 30. № 4. С. 9–27. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.4.2022.9-27>

#### Key words:

diffusion-weighted MRI, MRS (magnetic resonant spectroscopy), differentiation, intra-axial cystic brain lesions.

#### For correspondence:

Beniamin Mohamed Mohamed Alaa Eldien  
Ain Shams University, Faculty of Medicine;  
Cairo, the Arab Republic of Egypt;  
e-mail: dr\_alaaabeniamin@hotmail.com

© Beniamin M.M., Elhefnawy S.B.,  
Abdelsamad A.M., Hassan H.G., 2022

#### ABSTRACT

**Background.** Intracranial cystic lesions are unnatural cavities in which the continuity of the brain parenchyma is disrupted because of different pathologies such as infections and tumors containing proteinaceous fluid and/or cellular/necrotic materials.

**Purpose** – to investigate the value of some MRI modalities, mostly DWI and MR spectroscopy, in differentiation of the common intracranial intra-axial cystic brain lesions to help these patients benefit from the best medical management and treatment.

**Materials and Methods.** This is a prospective study, conducted from April 2019 till April 2021. It involved forty adult patients of both sexes with a cystic/necrotic intra-axial brain lesion with variable perifocal edema and rim enhancement on post-contrast study at MRI unit, radiology department, Ain Shams University (ASU) Hospital. All examinations were carried out after signing of the informed consent by the patients themselves or their guardian if the patient was incapacitated by any means.

**Results.** The ADC values in the center of lesions were not uniform. We found the lowest ADC value in the center of the lesion at the abscess  $0.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , and the highest ADC value  $3.2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  was in cystic neoplastic lesion. There was a significant difference in the ADC values in the center of neoplastic necrotic lesions; mean ADC value was  $(1.95 \pm 1.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  and  $(1.15 \pm 0.65) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  in abscess lesions, with a cut-off value, sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) and accuracy value of: 1.55%, 92.9%, 91.7%, 96.3%, 84.6% and 92.5% respectively. MRS was performed in 40 cases, and the Cho/Cr, Cho/NAA and NAA/Cr mean ratios were calculated. These ratios were compared between the different categories. Statistically significant differences were found in the Cho/Cr, Cho/NAA ratios between both groups ( $p$  values  $< 0.001^{**}$ ), while no statistically significant difference was found in the NAA/Cr ratio.

**Conclusion.** Diffusion-weighted imaging (DWI) and magnetic resonance spectroscopy (MRS) are useful as additional diagnostic modalities for differentiating brain abscesses from cystic or necrotic brain tumors. Furthermore, the following MR techniques may be helpful for discriminating brain abscess from cystic or necrotic tumors: diffusion tensor imaging (DTI), perfusion weighted imaging as well as positron emission tomography computed tomography (PET-CT). This will help to improve the accuracy of MR in differentiating brain abscess from cystic or necrotic tumors.

#### For citation:

Beniamin MM, Elhefnawy SB, Abdelsamad AM, Hassan HG. Role of MRI modalities in assessment of cystic brain Lesions: a prospective study. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2022;30(4):9–27. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.4.2022.9-27>

#### Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Робота є фрагментом планової науково-дослідної роботи медичного факультету Єгипетського університету Айн Шамс й факультету прикладних медико-санітарних дисциплін Єгипетського університету Галала. Робота та її протокол FMASU M D 23/2019 були схвалені Комітетом з Наукової Етики медичного факультету університету Айн Шамс, термін виконання: 04.2019 – 04.2021 рр., керівники – доктор діагностичної та інвазивної радіології, професор

#### Relationship with academic programs, plans and themes

The work is a fragment of the planned research project of the Faculty of Medicine, Ain Shams University, Egypt and Faculty of Applied Health Science Technology, Galala University, Egypt and approved by the Research Ethics Committee at the Faculty of Medicine, Ain Shams University Egypt with the subsequent approval of study protocol FMASU M D 23/ 2019, period for performance: 04.2019–04.2021, led by Doctor of Diagnostic And Interventional Radiology, Professor Elhefnawy S.B.,

А.М. Абделсамад, доктор діагностичної та інвазивної радіології Г.Г. Гассан, доктор діагностичної та інвазивної радіології М.М. Беніамін.

Doctor Of Diagnostic And Interventional Radiology, Professor Abdelsamad A.M., Doctor Of Diagnostic and Interventional Radiology, Dr Hassan H.G. and Doctor Of Diagnostic And Interventional Radiology, Dr Benjamin M.M.

## ВСТУП

Внутрішньочерепні кістозні ураження – це неприродні порожнини, в яких безперервність паренхіми головного мозку порушується через різні патології, такі як інфекції та пухлини, що містять білкову рідину та/або клітинний/некротичний матеріал [1].

Клінічно неопластичні кісти головного мозку, абсцеси головного мозку та пухлини головного мозку можуть викликати неспецифічний головний біль, осередковий неврологічний дефіцит, епілептичні напади, порушення вищих кіркових функцій. Крім того, лабораторне дослідження часто показує нормальну кількість лейкоцитів. Лихоманка може бути відсутньою у 50% випадків абсцесу мозку, пацієнти зазвичай проходять кортикостероїдну терапію [2].

Іноді може бути важко диференціювати різні кістозні ураження головного мозку за допомогою КТ і звичайної МРТ через неспецифічні клінічні прояви та схожий зовнішній вигляд. Попередня характеристика та диференціація кістозних некротичних уражень головного мозку за допомогою МРТ все ще є складною проблемою в повсякденній практиці, а ще однією критичною клінічною проблемою є диференціація між неопластичними ураженнями та ураженнями абсцесу. Дифузно-зважена МРТ допомагає диференціювати внутрішньоосові кістозні ураження мозку, оскільки лікування може суттєво відрізнитися залежно від типу ураження. Стандартним лікуванням більшої частоти неопластичних уражень є хірургічна резекція, променева терапія та хіміотерапія, тоді як абсцес слід дрениувати. З іншого боку, група абсцесів потребує нейрохірургічної біопсії, аспірації та дренивання під стереотаксичним ультразвуковим контролем або вручну, і це вважається першим етапом лікування, оскільки очікуване пошкодження тканин мозку буде меншим, порівняно з відкритою операцією з видалення абсцесу. Диференціація між кістозними утвореннями головного мозку важлива не тільки для діагностики та спостереження за антибіотикотерапією, але також впливає на нейрохірургічний підхід до цих уражень [3, 4].

**Мета роботи.** Дослідити значення деяких методів МРТ, в основному дифузно-зваженої томографії та магнітно-резонансної спектроскопії при диференціації поширених внутрішньочерепних інтрааксіальних кістозних уражень головного мозку, щоб допомогти цим пацієнтам отримати найкращу медичну допомогу та лікування.

## INTRODUCTION

Intracranial cystic lesions are unnatural cavities in which the continuity of the brain parenchyma is disrupted because of different pathologies such as infections and tumors containing proteinaceous fluid and/or cellular/necrotic materials [1].

Clinically, non-neoplastic brain cysts, brain abscesses and brain tumours may cause nonspecific headaches, focal neurologic deficits, epileptic seizures, and disturbances in higher level of cortical function. In addition, laboratory examination often shows normal white blood cell count. Fever may be absent in 50% of brain abscess, patients are usually masked by corticosteroid therapy [2].

Differentiation of various cystic brain lesions using CT and only conventional MRI may sometimes be difficult because of nonspecific clinical findings and a similar appearance. Pretreatment characterization and differentiation of cystic brain necrotic lesions using MR imaging is still a challenging problem in everyday practice, and another critical clinical problem is differentiation between neoplastic lesions and abscess lesions. Diffusion-weighted MRI helps in differentiation of intra-axial cystic brain lesions as management can differ substantially, depending on the type of a lesion. The standard treatment of most neoplastic lesions is surgical resection, radiotherapy, and chemotherapy while abscess should undergo drainage. On the other hand, the abscess group needs neurosurgical biopsy, aspiration and drainage, either stereotactic ultrasound-guided or free-hand, and this is considered the first line of treatment because expected brain tissue damage will be less compared to open surgery with abscess excision. Differentiation between cystic brain masses is important not only in diagnosis and follow up of antibiotic therapy but also in influence of the neurosurgical approach to these lesions [3, 4].

**Purpose** – to investigate the value of some MRI modalities, mostly DWI and MR spectroscopy, in differentiation of the common intracranial intra-axial cystic brain lesions to help these patients benefit from the best medical management and treatment.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наше дослідження, проведене з квітня 2019 року по квітень 2021 року, є проспективним. У нього включено 40 дорослих пацієнтів обох статей з кістозним/некротичним інтрааксіальним ураженням головного мозку зі змінним перифокальним набряком і посиленням ободу під час постконтрастного дослідження в кабінеті МРТ у відділенні радіології лікарні університету Айн Шамс. Усі обстеження проводилися після підписання інфор-

## MATERIALS AND METHODS

**Patients:** This is a prospective study, conducted from April 2019 till April 2021. It involved forty adult patients of both sexes with a cystic/necrotic intra-axial brain lesion with variable perifocal edema and rim enhancement on post-contrast study at MRI unit, interventional and radiology department, Ain Shams University (ASU) Hospitals. All examinations were carried out after signing of the informed consent by the patients themselves

мованої згоди самим пацієнтом або його опікуном, якщо пацієнт є недієздатним з будь-яких причин.

#### *Підготовка пацієнтів:*

- У всіх пацієнтів було зібрано повний анамнез.
- Забезпечення адекватної функції нирок шляхом розрахунку ШКФ на основі актуального рівня креатиніну сироватки.
- Забезпечення венозного доступу шляхом введення внутрішньовенного катетера, придатного для введення контрасту.

*Критерії включення:* пацієнти, у яких за допомогою КТ діагностовано кістозне ураження паренхіми зі змінним перифокальним набряком і збільшенням об'єму.

#### *Критерії виключення:*

- Дитячі вікові групи.
- Порушення функції нирок.
- Пацієнти з відсутністю чітко вираженого кістозного компонента.
- Два пацієнти були виключені через артефакт руху під час МРТ.

#### *Техніка та отримання даних МРТ:*

*Традиційна МРТ:* дослідження проводилося на магнітно-резонансному апараті 1,5 Tesla з використанням головної котушки; пацієнти лежали горизонтально на спині. Усі пацієнти проходили звичайну МРТ головного мозку, у тому числі сагітальні та аксіальні T1-зважені неконтрастні зображення з параметрами зображення 538/10 (TR/TE).

– Аксіальні швидкі спин-ехо T2-зважені зображення, параметри зображення 4130/120 (TR/TE).

– Аксіальна інверсія-відновлення з ослабленим сигналом від рідини (FLAIR), параметри зображення 11000/140 (TR/TE).

– Постконтрастні аксіальні, корональні та сагітальні T1-зважені зображення.

#### *Дифузно-зважена МРТ (DWI):*

Дифузно-зважене ехопланарне зображення в аксіальній площині було виконано з використанням таких параметрів: TR/TE = 3000/95 MS, кількість збуджень – 3. Дифузно-сенсibiliзуючі градієнти застосовувалися вздовж трьох ортогональних напрямків з дифузною чутливістю  $b = 0$  і  $1000$  с/мм<sup>2</sup>. Для всіх зображень використовували зрізи товщиною 5 мм з проміжками перетину 2,5 мм, полем зору 24 см і матрицею 128x256.

Інтенсивність сигналу кістозної або некротичної частини на дифузно-зважених зображеннях визначали за допомогою візуальної оцінки як гіпоінтенсивну, ізоінтенсивну або гіперінтенсивну.

Аналіз змін дифузії проводився за допомогою комерційно доступного програмного забезпечення для створення та аналізу карт зовнішнього коефіцієнта дифузії. Значення зовнішнього коефіцієнта дифузії були виміряні з зон інтересу, намальованих вручну та розміщених у центрі уражень.

#### *Магнітно-резонансна спектроскопія*

Для локалізації вокселів використовували T1- і T2-зважені зображення. Вибір положення вокселя в передбачуваному центрі ураження визначали візуально шляхом дослідження МР-зображень у трьох ортогональних площинах (сагітальній, корональній та аксіальній) для визначення об'єму зони інтересу.

or their guardian if the patient was incapacitated by any means.

#### *Patient preparation:*

- Full medical report of all patients was taken.
- Adequate renal function was ensured via calculation of GFR from recent serum creatinine level.
- Venous access via insertion of IV cannula suitable for contrast administration.

*The inclusion criteria:* patients diagnosed with cystic parenchymal lesions with variable perifocal edema and rim enhancement by CT exam.

#### *The exclusion criteria:*

- Pediatric age groups.
- Impaired renal functions.
- Patients with the absence of a well-defined cystic component.
- Two patients were excluded due to motion artifact during the acquisition of MRI.

#### *Technique and MR imaging data acquisition:*

*Conventional MRI:* The study was performed on 1.5 Tesla MRI machine using head coil with patient lying in the supine position. All patients underwent routine MR brain imaging, including: sagittal and axial T1-weighted non-contrast images with imaging parameters of 538/10 (TR/TE).

– Axial fast spin-echo T2-weighted images with imaging parameters of 4130/120 (TR/TE).

– Axial fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) with imaging parameters of 11000/140 (TR/TE).

– Post-contrast enhanced axial, coronal, and sagittal T1-weighted images.

#### *Diffusion-weighted MR imaging (DWI):*

Diffusion-weighted echo-planar imaging in the axial plane was performed using the following parameters: TR/TE = 3000/95 MS, number of excitations = 3. Diffusion-sensitizing gradients were applied along the 3 orthogonal directions with a diffusion sensitivity of  $b = 0$  and  $1000$  s/mm<sup>2</sup>. Sections (5 mm thick) with 2.5-mm intersection gaps, a 24-cm field of view, and a 128x256 matrix were used for all images.

The signal intensity of the cystic or necrotic portion on diffusion-weighted images was defined by visual assessment as hypointense, isointense, or hyperintense.

Analysis of diffusion changes was performed by the commercially available software for generation and analysis of apparent diffusion coefficient (ADC) maps. The ADC values were measured from ROIs manually drawn and placed in the center of the lesions.

#### *MR spectroscopy (MRS):*

T1- and T2-weighted imaging were used for voxel localization. The selection of voxel position in the estimated center of the lesion was determined visually by examining the MR images in three orthogonal planes (sagittal, coronal, and axial) to define the volume of interest. A voxel of 1.5x1.5x1.5 cm to 2x2x2 cm was used, depen-

Використовували воксель від 1,5x1,5x1,5 см до 2,0x2,0x2,0 см, який, залежно від розміру ураження, поміщали в центр порожнини з метою уникнення забруднення з навколишньої паренхіми мозку, якщо це було можливо.

Одновоксельна магнітно-резонансна спектроскопія та багатовоксельна магнітно-резонансна спектроскопія також були застосовані за допомогою методу точкової спектроскопії. Після налаштування автоматичного передавача та приймача інтенсивність сигналу над об'ємом зони інтересу автоматично регулювалася. Оптимального приглушення водного резонансу було досягнуто шляхом опромінення водного резонансу трьома селективними імпульсними послідовностями хімічного зсуву та очищеними градієнтами. Всього три спектроскопічні послідовності були зроблені в центрі ураження:

- Короткий TE (TR/TE = 2000/36 мс)
- Проміжний TE (TR/TE = 2000/144 мс)
- Довгий TE (TR/TE = 2000/288 мс)

MP-спектри були отримані з TE 144 для підтвердження інверсії фази, пов'язаної з J-з'язаними метаболітами лактату та амінокислот, але не ліпідів, що може допомогти відрізнити сигнали лактату або амінокислот від сигналів ліпідів.

Дані спектроскопії *in vivo* були проаналізовані за допомогою комерційно доступного програмного забезпечення для обробки апаратом MPT GE. Призначення різних резонансів ґрунтувалося на існуючій літературі.

Для кожного пацієнта реєстрували наявність або відсутність резонансних піків для холіну, креатину, NAA, ліпідів, лактату, амінокислот, сукцинату та ацетату. Крім того, були розраховані співвідношення Cho/Cr, Cho/NAA та NAA/Cr. Площі піків NAA, холіну та креатину також вимірювали у відповідній контралатеральній тканині мозку нормального вигляду. Таким чином, кожен пацієнт виступав в якості власного контролю.

### Статистичний аналіз

Дані були закодовані та введені на IBM-сумісному комп'ютері за допомогою програм Microsoft Excel версії 12 (Microsoft Corporation, США), (статистичний пакет Epi-info версії 6.04) та SPSS версії 19 (пакет програм обробки статистичних даних суспільних наук; IBM Corporation, США). Дані були статистично описані за діапазоном, середнім значенням, стандартним відхиленням, частотою (кількість випадків) і відносною частотою (відсотки), коли це доречно. Порівняння між різними групами в цьому дослідженні проводилося за допомогою t-критерію Стьюдента для незалежних вибірок при порівнянні двох груп кількісних даних при нормальному розподілі та U-критерію Манна–Уїтні для незалежних вибірок при ненормальному розподілі. Значення ймовірності (p-значення) менше 0,05 вважалося статистично значущим.

Чутливість, специфічність, позитивне прогностичне значення і негативне прогностичне значення дифузно-зваженої томографії та магнітно-резонансної спектроскопії остаточного діагнозу для диференціації кістозних неопластичних уражень мозку, абсцесу головного мозку були розраховані для оцінки ефективності цих методів. Вони обчислювалися за допомогою факторної таблиці розміром 2x2 (табл. 1).

ding on the size of lesion, and it was placed within the center of the cavity with the aim of avoiding contamination, if possible, from the surrounding brain parenchyma.

Single voxel and multivoxel MRS also were applied using the method of point-resolved spectroscopy. After the adjustment of automated transmitter and receiver, the signal intensity over the volume of interest was automatically shimmed. Optimal water resonance suppression was achieved by irradiation of the water resonance with three chemical shift selective pulse sequences and spoiled gradients. Three spectroscopic sequences were taken in the center of the lesion:

- Short TE (TR/TE= 2000/36 ms)
- Intermediate TE (TR/TE= 2000/144 ms)
- Long TE (TR/TE= 2000/288 ms).

MR spectra were obtained with a TE of 144 to confirm the phase of inversion associated with J-coupled metabolites of lactate, and amino acids, but not of lipids, which may be helpful to discriminate lactate or amino acid signals from lipid signals.

*In vivo* spectroscopy data were analyzed using the commercially available processing software provided by MRI machine GE. Assignments of various resonances were based on the existing literature.

The presence or absence of resonance peaks for choline, creatine, NAA, Lipid, Lactate, amino acids, succinate and acetate were recorded for each patient. In addition, the Cho/Cr, Cho/NAA and NAA/Cr ratios were calculated. The peak areas of NAA, choline, and creatine were also measured in the corresponding contralateral normal-appearing brain tissue. Thus, each patient served as his or her own control.

### Statistical analysis

Data were encoded and entered on an IBM compatible computer using computer programs Microsoft Excel version 12 (Microsoft Corporation, USA), (Epi-info statistical package version 6.04) and SPSS version 19 (Statistical Package for the Social Science; IBM Corporation, USA) statistical programs. Data were statistically described in terms of range, mean, standard deviation (SD), frequencies (number of cases) and relative frequencies (percentages) when appropriate. Comparison between different groups in the present study was done using Student t test for independent samples in comparing 2 groups of quantitative data when normally distributed and Mann–Whitney U-test for independent samples when not normally distributed. Chi square method was also used. A probability value (p-value) less than 0.05 was considered statistically significant.

Sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) of DWI and MRS with respect to final diagnosis for differentiation of cystic or necrotic tumor versus brain abscess were calculated to assess the efficacy of these modalities. They were calculated using a 2x2 contingency table displayed in Table 1.

**Таблиця 1.** Таблиця контингентності 2x2 між кількістю випадків патології та результатом відповідно до методів візуалізації  
**Table 1.** The 2x2 contingency table between the case numbers of the pathology and the result according to the imaging modalities

| Стан хвороби за даними методів візуалізації<br>Disease status according to imaging modalities | Патологія / Pathology                  |   | Сума<br>Total |
|---|--|---|---------------|
|   | Абсцеси (кількість)<br>Abscess(number) | Кістозні неопластичні ураження (кількість)<br>Cystic neoplastic lesion (number) |               |
| Абсцеси (кількість)<br>Abscess (number)   | a                                      | b   | a + b         |
| Кістозні неопластичні ураження (кількість)<br>Cystic neoplastic lesion (number)               | c                                      | d   | c + d         |
| Сума / Total  | a + c                                  | b + d   | a + b + c + d |

**Примітка:**

Чутливість =  $a/(a + c)$   
 Специфічність =  $d/(b + d)$   
 Позитивне прогностичне значення =  $a/(a + b)$   
 Негативне прогностичне значення =  $d/(c + d)$   
 Точність =  $(a + d)/(a + b + c + d)$

**Notes:**

Sensitivity= $a/(a+c)$   
 Specificity =  $d/(b+d)$   
 PPV=  $a/(a+b)$   
 NPV =  $d/(c+d)$   
 Accuracy =  $(a+d)/(a+b+c+d)$

**РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

**RESULTS AND DISCUSSION**

У цьому дослідженні взяли участь 40 пацієнтів. Їхній вік коливався від 15 до 65 років із середнім показником  $42,40 \pm 13,44$ . Пацієнти були розподілені на дві групи, а саме групу абсцесів та групу кістозно-неопластичних уражень головного мозку відповідно до остаточного діагнозу. Група абсцесу включала 12 пацієнтів, група кістозно-неопластичних уражень головного мозку – 28 пацієнтів. Вік пацієнтів у групі з абсцесом коливався від 18 до 54 років із середнім показником  $44,86 \pm 13,03$ . Вік пацієнтів з групи кістозно-неопластичних уражень коливався від 15 до 65 років із середнім значенням  $36,67 \pm 15,28$ . Розподіл за статтю – 23 чоловіки і 17 жінок. Група абсцесу включала 8 пацієнтів чоловічої та 4 – жіночої статі, група з неопластичними ураженнями включала 15 пацієнтів чоловічої та 13 – жіночої статі.

This study included 40 patients. Their age ranged from 15 to 65 years with a mean of  $42.40 \pm 13.44$ . Patients were distributed upon two groups, namely the abscess group and the cystic neoplastic brain lesions group according to the final diagnosis. The abscess group included 12 patients while the cystic neoplastic brain lesions group included 28 patients. The patients in the abscess group had age range from 18 to 54 years with a mean of  $44.86 \pm 13.03$ . Patients in the cystic neoplastic group had age range from 15 to 65 years with a mean of  $36.67 \pm 15.28$ . This study included 23 male and 17 female patients. The abscess group included 8 male and 4 female patients, while the neoplastic group included 15 male and 13 female patients.

**Таблиця 2.** Віковий розподіл пацієнтів  
**Table 2.** The age distribution of the patients

| Вік хворих<br>Age of patients | Всі хворі<br>All patients | Абсцесна група<br>Abscess group | Група неопластичних уражень головного мозку<br>Neoplastic brain lesions group |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|
| Максимальний / Maximum        | 65                        | 54                              | 65  |
| Мінімальний / Minimum         | 15                        | 18                              | 15  |
| Середній / Mean               | 42,40                     | 44,86                           | 36,67   |
| Стандартне відхилення / SD    | 13,44                     | 13,03                           | 15,28   |

**Таблиця 3.** Розподіл пацієнтів за статтю  
**Table 3.** The sex distribution of the patients

| Розподіл за статтю<br>Sex Distribution |                | Всі хворі<br>All patients | Абсцесна група<br>Abscess group | Група неопластичних уражень головного мозку<br>Neoplastic brain lesions group |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------------|---|
| Чоловіки<br>Male                       | Кількість / No | 23                        | 8                               | 15  |
|  | %              | 57,5                      | 66,7                            | 53,6  |
| Жінки<br>Female                        | Кількість / No | 17                        | 4                               | 13  |
|  | %              | 42,5                      | 33,3                            | 46,4  |

У групі абсцесів було 12 пацієнтів, у групі пухлин – 28 пацієнтів. Найпоширенішим діагнозом у групі кістозно-

This study included 12 patients in the abscess group, and 28 patients in the tumor group. The most common

неопластичних уражень була астроцитомою, після неї – мультиформна гліобластома. Розподіл пацієнтів у групі кістозно-неопластичних уражень наведено в таблиці 4. Найпоширенішим діагнозом у групі абсцесів був золотистий стафілокок, після нього – стрептококи. Розподіл пацієнтів у групі абсцесу наведено в таблиці 5.

diagnosis in the cystic neoplastic lesions group was astrocytoma followed by glioblastoma multiform. The distribution of the patients in the cystic neoplastic lesions group is shown in Table 4. The most common diagnosis in the abscess lesions group were staphylococcus aureus followed by streptococci. The distribution of the patients in the abscess group is shown in Table 5.

**Таблиця 4.** Розподіл пацієнтів у групі кістозно-неопластичних пухлин відповідно до типу патології  
**Table 4.** The distribution of the patients in the cystic neoplastic tumour group according to pathological type

| Кістозно-неопластичний тип<br>Cystic neoplastic type | Загальна кількість / Total<br>(n = 28) |      |
|--|--|------|
|  | Кількість / No                         | %    |
| Астроцитомою / Astrocytoma                           | 12                                     | 42.9 |
| Мультиформна гліобластома / Glioblastoma multiform   | 10                                     | 35.7 |
| Периферична нейроектодермальна пухлина / PNET        | 1                                      | 3.6  |
| Лімфома / Lymphoma                                   | 1                                      | 3.6  |
| Метастази / Metastasis                               | 4                                      | 14.3 |

**Таблиця 5.** Розподіл пацієнтів у групі абсцесу відповідно до їх остаточного діагнозу за аспіраційною патологією  
**Table 5.** The distribution of the patients in the abscess group according to their final diagnosis by aspiration pathology

| Тип абсцесу<br>Abscess type                   | Загальна кількість / Total<br>(n=12) |      |
|---|--------------------------------------|------|
|   | кількість / No                       | %    |
| Золотистий стафілокок / Staphylococcus aureus | 7                                    | 58,3 |
| Стрептокок / Streptococcus                    | 3                                    | 25,0 |
| Грибковий / Fungal                            | 2                                    | 16,7 |

У таблиці 6 показано характерні локалізації пухлинних уражень головного мозку у відповідній групі; у 23 випадках з 28 кістозні неопластичні ураження були у півкулях головного мозку, тоді як у 5 випадках ураження були в мозочкових ділянках.

Table 6 shows the common sites of neoplastic brain lesions group; 23 cases from the 28 cystic neoplastic brain lesions were present at the brain cerebrum while in 5 cases the lesions were present at the brain cerebellar regions.

**Таблиця 6.** Анатомічний розподіл кістозних неопластичних уражень  
**Table 6.** Anatomical distribution of the cystic neoplastic lesion

| Анатомічний розподіл кістозних неопластичних уражень<br>Anatomical distribution of the cystic neoplastic lesion | Загальна кількість / Total<br>(n = 28) |      |
|---|--|------|
|   | Кількість / No                         | %    |
| Півкулі головного мозку / Brain cerebrum  | 23                                     | 82,1 |
| Мозочок / Brian cerebellar  | 5                                      | 17,9 |

**Дифузно-зважені зображення**

Інтенсивність сигналу кістозної або некротичної частини на дифузно-зважених зображеннях визначалася за допомогою візуальної оцінки як гіпоінтенсивна, ізоінтенсивна та гіперінтенсивна. Результати інтенсивності сигналу в двох категоріях наведено в таблиці 7.

Результати значень зовнішнього коефіцієнта дифузії в обох групах наведено в таблиці 8. Було виявлено достовірну різницю між значеннями зовнішнього коефіцієнта дифузії у групах (р-значення менше 0,01).

Порогове значення, чутливість, специфічність, позитивне прогностичне значення та негативне прогностичне значення зовнішнього коефіцієнта дифузії у центрі ураження для диференціації абсцесу від неопластичних уражень проілюстровано в таблиці 9 та на рисунку 1.

Абсцес головного мозку було діагностовано в 11 хворих із 12. В останнього на дифузно-зваженому зобра-

**Diffusion Weighted images**

The signal intensity of the cystic or necrotic portion in diffusion weighted images was defined by visual assessment as hypointense, isointense and hyperintense. The results of the signal intensity in the two categories can be seen in Table 7.

The results of the ADC values in both groups are seen in Table 8. Significant difference was found between the ADC value in the groups (p-value less than 0.01).

The cut-off value, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of the ADC in the center of the lesion for differentiating abscess from the neoplastic lesions are illustrated in Table 9 and Figure 1.

The diagnosis of brain abscess was made in 11 patients out of 12. The other 1 showed slightly hypointense signal in DWI and ADC value above 1.55.

женні був невеликий гіпоінтенсивний сигнал, а значення коефіцієнта зовнішньої дифузії було вище 1,55.

26 пацієнтів з неопластичними кістозними ураженнями головного мозку продемонстрували гіпоінтенсивний сигнал на дифузно-зваженому зображенні, а значення коефіцієнта зовнішньої дифузії було вище 1,55, і лише у двох пацієнтів спостерігався гіперінтенсивний сигнал на дифузно-зваженому зображенні зі значенням коефіцієнта зовнішньої дифузії нижче 1,55.

26 patients with neoplastic cystic brain lesions showed hypointense signal in DWI and ADC value above 1.55 with only two patients showing hyperintense signal in DWI with ADC value below 1.55.

**Таблиця 7.** Інтенсивність сигналу на дифузно-зважених зображеннях  
**Table 7.** Signal intensity in DWI

| Сигнал / Signal                  | Абсцес / Abscess (n=12) |      | Кістозні неопластичні ураження головного мозку<br>Neoplastic cystic brain lesions (n=28) |      | Тест хі-квадрат<br>Chi-square test |                      |
|----------------------------------|-------------------------|------|--|------|------------------------------------|----------------------|
|                                  | Кількість / No          | %    | Кількість / No   | %    | $\chi^2$                           | p-значення / p-value |
| Гіпоінтенсивний<br>Hypointense   | 1                       | 8,3  | 26   | 92,9 | 23,692                             | < 0,001**            |
| Ізоінтенсивний<br>Isointense     | 0                       | 0,0  | 0  | 0,0  | –                                  | –                    |
| Гіперінтенсивний<br>Hyperintense | 11                      | 91,7 | 2  | 7,1  | 23,692                             | < 0,001**            |

**Примітка:**

використовувався критерій хі-квадрат.  
 \*\*р-значення < 0,001 дуже значуще.

**Using:**

Chi-square test  
 \*\*p-value <0.001 highly significant

**Таблиця 8.** Значення зовнішнього коефіцієнта дифузії для обох груп  
**Table 8.** ADC values in both groups

| Значення зовнішнього коефіцієнта дифузії<br>ADC values | Абсцес / Abscess | Неопластичні кістозні ураження<br>Neoplastic cystic lesions |
|--|------------------|---|
| Максимальне / Maximum                                  | 1,9              | 3,2   |
| Мінімальне / Minimum                                   | 0,4              | 0,7   |
| Середнє / Mean   | 1,15             | 1,95  |
| Стандартне відхилення / SD                             | 0,65             | 1,08  |
| Z-тест / Z-test  | 4,682            |   |
| P-значення / P-value                                   | < 0,001          |   |

**Примітки:**

використовувався z-критерій Манна–Уїтні  
 р-значення > 0,05 не значуще;  
 \*р-значення < 0,05 значуще;  
 \*\*р-значення < 0,001 дуже значуще.

**Using:**

z-Mann–Whitney test  
 p-value > 0.05 NS;  
 \*p-value < 0.05 significant;  
 \*\*p-value < 0.001 highly significant

**Таблиця 9.** Порогове значення, чутливість, специфічність, позитивне прогностичне значення та негативне прогностичне значення зовнішнього коефіцієнта дифузії у центрі ураження

**Table 9.** The cut-off value, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of the ADC in the center of the lesion

| Коефіцієнт<br>Coefficient                                 | Порогове<br>Cut-off | Чутливість,<br>Sensitivity,<br>% | Специфічність,<br>Specificity,<br>% | Позитивне<br>прогностичне значення,<br>PPV,<br>% | Негативне<br>прогностичне значення,<br>NPV,<br>% | Точність,<br>Accuracy,<br>% |
|---|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Значення зовнішнього<br>коефіцієнта дифузії<br>ADC values | 1,55                | 92,9                             | 91,7                                | 96,3   | 84,6   | 92,5                        |



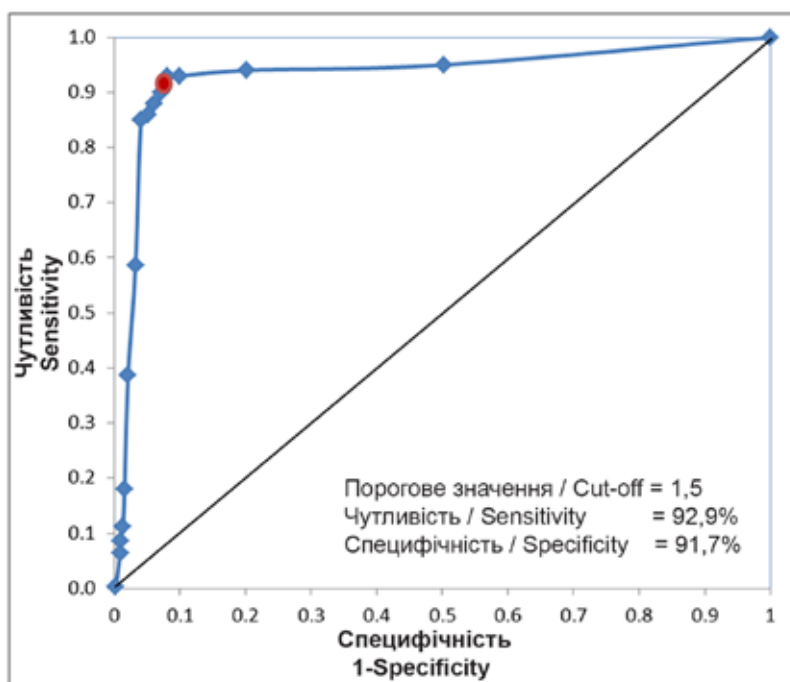


Рис. 1. Порогове значення, чутливість, специфічність зовнішнього коефіцієнта дифузії  
Fig.1. The ADC cut-off value, sensitivity, specificity

#### Магнітно-резонансна спектроскопія

За критеріями діагностики абсцесу та пухлин у 11 хворих з 12 з групи абсцесу було правильно діагностовано абсцес мозку. У 1 пацієнта магнітно-резонансна спектроскопія не виявила ознак абсцесу мозку.

У групі абсцесу амінокислоти були виявлені у 11 хворих, лактат – у 11, ацетат – у 11 та сукцинат – у 5 хворих. Ліпіди виявлені у 3 пацієнтів. Холін був виявлений у 2 пацієнтів, у одного з яких не виявлено амінокислот, ацетату чи сукцинату, тому діагноз абсцесу не було поставлено, тоді як у іншого виявлено амінокислоти та сукцинат, і тому був діагностований абсцес, а холін розглядався як забруднення від сусідніх тканин. NAA було виявлено в одного пацієнта, а креатин – у двох пацієнтів.

У групі неопластичних уражень 25 пацієнтів з 28 мали типові для магнітно-резонансної спектроскопії характеристики пухлини, тоді як 3 пацієнти їх не мали. Холін був виявлений у 25 пацієнтів з пухлиною, лактат у 22 пацієнтів і ліпіди у 10 пацієнтів. У жодного з пацієнтів не виявлено амінокислот, сукцинату чи ацетату. NAA та креатин були знижені або відсутні у всіх пацієнтів.

Крім того, були розраховані середні співвідношення Cho/Cr, Cho/NAA та NAA/Cr. Показує порівняння цих співвідношень між різними категоріями. Були виявлені статистично значущі відмінності щодо співвідношень Cho/Cr, Cho/NAA між обома групами (значення  $p < 0,001^{**}$ ), тоді як статистично значущої різниці не було виявлено щодо співвідношення NAA/Cr.

Чутливість, специфічність, позитивне прогностичне значення і негативне прогностичне значення дифузно-зваженої томографії та магнітно-резонансної спектроскопії остаточного діагнозу для диференціації кістозних неопластичних уражень мозку, абсцесу головного мозку були розраховані для оцінки ефективності цих методів.

#### MR spectroscopy

According to the criteria of diagnosis of abscess and tumours, 11 patients out of the 12 patients in the abscess group were correctly diagnosed with brain abscess while 1 patient did not show MRS characteristics of brain abscess.

In the abscess group, amino acids were detected in 11 patients, lactate – in 11 patients, acetate – in 11 patients and succinate – in 5 patients. Lipids were detected in 3 patients. Choline was detected in 2 patients, one of them did not have amino acids, acetate or succinate detected, and thus the diagnosis of abscess was not made while the other one had amino acids and succinate detected, and thus was diagnosed with abscess, and the choline was considered as contamination from nearby tissues. The NAA was found in one patient and creatine was found in two patients.

In the neoplastic group, 25 patients out of 28 patients showed typical MRS characteristics of tumour while 3 patients did not have them. Choline was detected in 25 patients diagnosed with tumours, lactate – in 22 patients and lipids – in 10 patients. None of the patients had amino acids, succinate or acetate detected. NAA and creatine were reduced or absent in all patients.

In addition, the Cho/Cr, Cho/NAA and NAA/Cr mean ratios were calculated. Table 11 Shows comparison of these ratios between the different categories. Statistically significant differences were found in the Cho/Cr, Cho/NAA ratios between both groups ( $p$  values  $< 0.001^{**}$ ), while no statistically significant difference was found in the NAA/Cr ratio.

Sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) of DWI and MRS with respect to final diagnosis for differentiation of cystic neoplastic brain lesions, brain abscess were calculated to assess the efficacy of these modalities

**Таблиця 10.** Результати магнітно-резонансної спектроскопії у групі абсцесу та групі кістозних уражень  
**Table 10.** MRS findings in the abscess group and cystic neoplastic group

| Показники<br>Indicators    | Група абсцесу<br>Abscess group<br>(n=12) |      | Група неопластичних кістозних уражень<br>Neoplastic cystic lesions group<br>(n=28) |      | Тест хі-квадрат / Chi-square test |                      |
|----------------------------|--|------|--|------|-----------------------------------|----------------------|
|                            | Кількість / No                           | %    | Кількість / No   | %    | $\chi^2$                          | р-значення / p-value |
| Лактат / Lactate           | 11                                       | 91,7 | 22   | 78,6 | 0,298                             | 0,585                |
| Ліпід / Lipid              | 3  | 25,0 | 10   | 35,7 | 0,086                             | 0,769                |
| Ацетат / Acetate           | 11                                       | 91,7 | 0  | 0,0  | 30,971                            | < 0,001**            |
| Сукцинат / Succinate       | 5  | 41,7 | 0  | 0,0  | 9,807                             | 0,002*               |
| Амінокислоти / Amino acids | 11                                       | 91,7 | 0  | 0,0  | 30,971                            | < 0,001**            |
| Холін / Choline            | 2  | 16,7 | 25   | 89,3 | 17,014                            | < 0,001**            |
| NAA / NAA                  | 1  | 8,3  | 25   | 89,3 | 20,796                            | < 0,001**            |
| Креатин / Creatine         | 2  | 16,7 | 25   | 89,3 | 17,014                            | < 0,001**            |

**Примітка:** використовувався критерій хі-квадрат;  
 р-значення > 0,05 не значуще;  
 \*р-значення < 0,05 значуще;  
 \*\*р-значення < 0,001 дуже значуще.

**Using:** Chi-square test;  
 p-value > 0.05 NS;  
 \*p-value < 0.05 significant;  
 \*\*p-value < 0.001 highly significant

**Таблиця 11.** Середні співвідношення магнітно-резонансної спектроскопії  $\pm$  стандартне відхилення у трьох категоріях  
**Table 11.** Mean  $\pm$  SD MRS ratio findings in three categories

| Співвідношення<br>Correlation | Кількість випадків у групі абсцесу<br>Number of cases of abscess group<br>(n=12) | Кількість випадків пухлинно-кістозних уражень<br>Number of cases of neoplastic cystic lesions<br>(n=28) | t-тест<br>t-test | р-значення<br>p-value |
|-------------------------------|--|---|------------------|-----------------------|
| CHO/CR                        | 1,40 $\pm$ 0,32  | 4,70 $\pm$ 1,08   | 10,323           | < 0,001**             |
| CHO/NAA                       | 1,20 $\pm$ 0,28  | 3,10 $\pm$ 0,71   | 8,923            | < 0,001**             |
| NAA/CR                        | 0,73 $\pm$ 0,46  | 1,20 $\pm$ 0,78   | 1,939            | 0,060                 |

**Примітка:** використовувався t-критерій незалежної вибірки;  
 р-значення > 0,05 незначуще;  
 \*\*р-значення < 0,001 є дуже значущим.

**Using:** t-Independent Sample t-test;  
 p-value > 0.05 is non-significant;  
 \*\*p-value < 0.001 is highly significant

**Таблиця 12.** Зв'язок між патологією та дифузно-зваженою томографією серед досліджуваної групи  
**Table 12.** Relation between pathology and DWI among the patients of the study group

| Статус захворювання<br>за дифузно-зваженою томографією<br>Disease status according to DWI | Патологія / Pathology |  | Загалом / Total |
|---|-----------------------|--|-----------------|
|   | Абсцес / Abscess      | Кістозно-неопластичне ураження<br>Cystic neoplastic lesion |                 |
| Обмежений / Restricted  | 11                    | 2  | 13              |
| Не обмежено / Not restricted  | 1                     | 26   | 27              |
| Загалом / Total   | 12                    | 28   | 40              |

**Таблиця 13.** Зв'язок між патологією та магнітно-резонансною спектроскопією серед досліджуваної групи  
**Table 13.** Relation between pathology and MRS among the patients of the study group

| Статус захворювання<br>за магнітно-резонансною спектроскопією<br>Disease status according to MRS | Патологія / Pathology |  | Загалом / Total |
|--|-----------------------|--|-----------------|
|  | Абсцес / Abscess      | Кістозно-неопластичне ураження<br>Cystic neoplastic lesion |                 |
| Абсцес / Abscess   | 11                    | 3  | 14              |
| Кістозно-неопластичне ураження<br>Cystic neoplastic lesion                                       | 1                     | 25   | 26              |
| Загалом / Total  | 12                    | 28   | 40              |

**Таблиця 14.** Чутливість, специфічність, позитивне прогностичне значення і негативне прогностичне значення дифузно-зваженої томографії та магнітно-резонансної спектроскопії при оцінці кістозних уражень мозку  
**Table 14.** Sensitivity, specificity, PPV and NPV of DWI and MRS in assessment of cystic brain lesions

| Значення / Value                           | Дифузно-зважена томографія / DWI, % | Магнітно-резонансна спектроскопія / MRS, % |
|--|-------------------------------------|--|
| Чутливість / Sensitivity                   | 91,7                                | 91,7                                       |
| Специфічність / Specificity                | 92,9                                | 89,3                                       |
| Позитивне прогностичне значення / PPV      | 84,6                                | 78,6                                       |
| Негативне прогностичне значення / NPV      | 96,3                                | 96,2                                       |
| Точність / Accuracy                        | 92,5                                | 90,0                                       |
| $\chi^2$ -тест / Chi-square test, $\chi^2$ | 27.355                              | 24.196                                     |
| p-значення / Chi-square test, p-value      | < 0,001**                           | < 0,001**                                  |

**Примітка:** використовувався критерій хі-квадрат;

\*\*p-значення дуже значуще.

**Using:** Chi-square test

\*\*p-value highly significant

**Ілюстративні випадки**  
**Випадок 1**

**ILLUSTRATIVE CASES**  
**No 1**



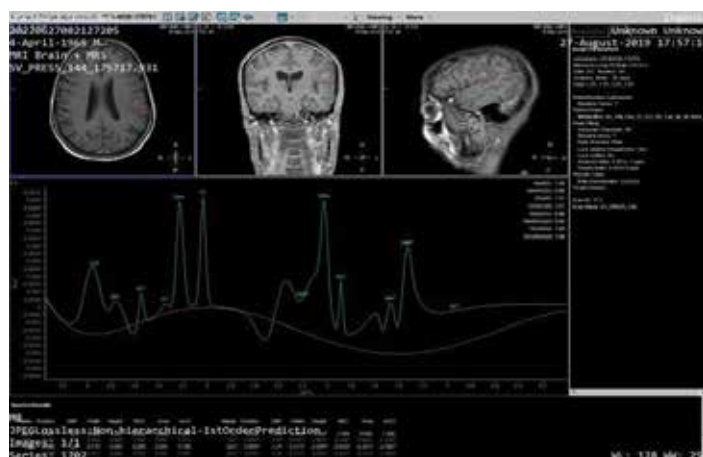
a)



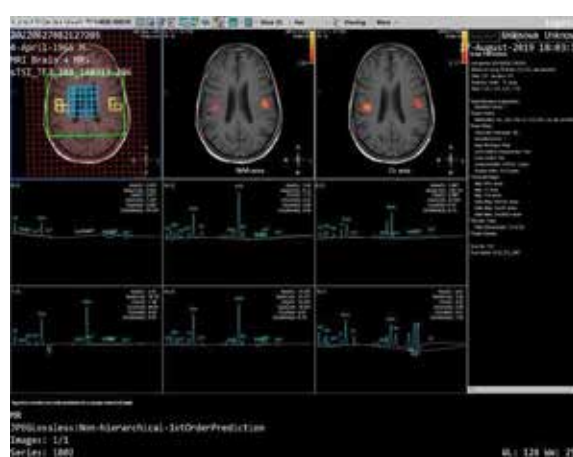
b)



c)



d)



e)

**Рис. 2.** 40-річна пацієнтка скаржиться на невідому лихоманку, яка супроводжується сильним головним болем та два тижні не реагує на медичне лікування  
**Fig. 2.** 40-year-old female patient complains of unknown fever not respond to medical treatment 2 weeks ago associated with severe headache

- a) Аксиальна інверсія-відновлення з ослабленим сигналом від рідини (FLAIR) показує гіперінтенсивну об'ємну пухлину у лівій тім'яній ділянці, оточену вазогенним набряком.
- b) Аксиальне дифузно-зважене зображення, що відповідає обмеженню дифузії.
- c) COR T1 постконтрастування виявило гладке периферичне крайове посилення ободу.
- d) одновоксельна магнітно-резонансна спектроскопія.

- a) Axial FLAIR shows hyperintense SOL in left parietal region, surrounded by vasogenic edema (b) Axial DWI consistent with restricted diffusion.
- c) COR T1 post contrast revealed smooth circumferential marginal rim enhancement.
- d) Single voxel MRS.

е) мультिवоксельна магнітно-резонансна спектроскопія виявила підвищені піки сукцинату та ацетату – 2,4 та 1,9 відповідно, що свідчить про ймовірне утворення абсцесу при запальному процесі. Нормальний пік NAA, ймовірно забруднення з прилеглої паренхіми мозку. Метаболічні співвідношення: немає підвищення співвідношення холін/Сг (не відповідає неопластичному процесу).

**Діагноз:** гістологічно підтверджений абсцес, збудником якого була грибкова інфекція.

е) multi-voxel MRS revealed increased succinate and acetate peaks at 2.4 and 1.9 respectively, suggesting inflammatory process, likely an abscess formation. Normal NAA peak, likely contamination from adjacent brain parenchyma. Metabolic Ratios: no increase in the choline/Cr ratio (not consistent with neoplastic process).

**Diagnosis:** histologically proven abscess; the causing pathogen was fungal infection.

**Випадок 2**

**No 2**



a)



b)



c)



d)



e)

**Рис. 3.** 38-річна пацієнтка, яка в анамнезі мала лівобічні конвульсії протягом 5 років.

Діагноз: кістозне ураження правої тім'яної кістки. 2 роки тому була проведена ексцизійна операція, гістологічно підтверджена астроцитомою. Останнім часом пацієнтка скаржиться на конвульсії та лихоманку.

**Fig. 3.** 38-year-old female patient, who had left sided convulsions in her medical history 5 years ago.

She was diagnosed with right parietal cystic mass lesion. Excisional operation was done 2 years ago and the histopathology proved astrocytoma. Recently she has been complaining of convulsions and fever

- a) Аксиальне дифузно-зважене зображення показує полегшену дифузію в об'ємній пухлині у правій тім'яній ділянці.
- b) Сагітальний постконтраст T1 демонструє незначне посилення.
- c) Аксиальний T2WI виявив інтрааксіальну локалізовану масу в правій тім'яній ділянці.
- d) одновоксельна магнітно-резонансна спектроскопія.
- e) мультिवоксельна магнітно-резонансна спектроскопія виявила помірно підвищений рівень холіну та ліпідів/лактату в деяких місцях, крім залишкового потовщення та посилення мозкових оболонок.

**Діагноз:** гістологічно підтверджений рецидив астроцитоми.

- a) Axial DWI shows facilitated diffusion in SOL in right parietal region.
- b) Sagittal T1 post contrast shows faint enhancement.
- c) Axial T2WI reveals intra-axial localized collection in right parietal region.
- d) single voxel MRS.
- e) multi-voxel MRS reveals mildly increased choline and lipid/lactate in some sites, except for residual meningeal thickening and enhancement.

**Diagnosis:** histologically proven recurrent astrocytoma.

## Обговорення

Магнітно-резонансна томографія є стандартною методикою діагностики кістозних уражень головного мозку. Звичайні параметри MPT, такі як посилення, об'ємний вплив та неоднорідність інтенсивності сигналу, корелювали зі злоякісністю, але не завжди були ефективними. Передові методи MPT (дифузно-зважена томографія, зовнішній коефіцієнт дифузії і магнітно-резонансна спектроскопія), що називаються метаболічними та клітинними методами, використовуються для оцінки уражень головного мозку. Ми можемо використовувати їх для диференціації кістозних уражень і визначення лікування [5].

Основна роль традиційної MPT при пухлинах головного мозку полягає в тому, щоб розрізнити їхню локалізацію, ступінь, морфологію та відношення до важливих структур, але сама по собі вона недостатня для діагностичного дослідження. Таким чином, існує потреба в додаткових методах візуалізації, таких як дифузно-зважена томографія (DWI), яка може допомогти у діагностиці та диференціації пухлин головного мозку. Дифузно-зважена томографія забезпечує контраст зображення на основі відмінностей у характеристичній дифузії молекул води в тканині мозку. Величина дифузії може бути визначена кількісно шляхом розрахунку зовнішнього коефіцієнта дифузії (ADC). Дифузія молекул води в тканині мозку визначається мікроструктурою, в якій відбувається дифузія [6]. Відповідно, у дифузно-зважених послідовностях різниця, що спостерігається в інтенсивності сигналу між абсцесом і кістозними/некротичними пухлинами, в основному пов'язана з відмінностями в консистенції та в'язкості центрального вмісту уражень. При абсцесі вміст складається з густого в'язкого гною, що містить запальні клітини, бактерії та густий білковий матеріал, який обмежує вільний Броунівський рух молекул води, таким чином спричиняючи обмеження дифузії (висока інтенсивність на дифузно-зваженому зображенні та низьке значення зовнішнього коефіцієнта дифузії). У випадку кістозних/некротичних пухлин порожнини містять тонкі некротичні залишки, більше серозної рідини та менше запальних клітин порівняно з абсцесом, що спричиняє вільну дифузію (низька інтенсивність на дифузно-зваженому зображенні, високе значення зовнішнього коефіцієнта дифузії) [7].

Інший метод, магнітно-резонансна спектроскопія, використовується в усьому світі як доповнення до MPT-візуалізації при кількох поширених неврологічних захворюваннях, включаючи новоутворення головного мозку, метаболічні розлади, демієлінізуючі розлади та інфекційні вогнищеві ураження головного мозку. Спектроскопія – це серія досліджень, які додаються до MPT-сканування для вимірювання хімічних метаболітів підозрюваних уражень. Магнітно-резонансна спектроскопія *in vivo* є неінвазивною технікою для отримання профілю метаболітів нормального та аномального мозку. Кілька досліджень показали, що магнітно-резонансна спектроскопія може неінвазивно сприяти встановленню диференційного діагнозу між абсцесами мозку та кістозними неопластичними ураженнями. Характеристика внутрішньочерепних кістозних уражень у цих дослідженнях базувалася на наявності специфічних резонансів метаболітів або специфічної комбінації відомих метаболітів.

Повідомлялося, що магнітно-резонансна спектроскопія центральної кістозної частини дозволяє відрі-

## Discussion

MR imaging is the standard technique for diagnosis of cystic brain lesions. Conventional MRI parameters such as enhancement, mass effect, and signal intensity heterogeneity were correlated with malignancy, but not always effectively. Advanced MR techniques (DWI, ADC, and MRS) which are called metabolic and cellular methods are used in the assessment of the brain lesions. We can use them in differentiating the cystic lesions and when determining the treatment. [5]

The main role of conventional MRI in brain tumors is to distinguish its location, extent, morphology, and relation to important structures, but MRI alone is insufficient for a complete diagnostic examination. Thus, there is a need for additional imaging modalities, such as Diffusion Weighted Imaging (DWI) which may aid in diagnosis and differentiation of brain tumors. DWI provides image contrast based on differences in the diffusion characteristics of water molecules within brain tissue. The magnitude of diffusion can be quantified by calculation of the apparent diffusion coefficient (ADC). Diffusion of water molecules within brain tissue is determined by the microstructure in which the diffusion occurs [6]. Accordingly, in diffusion weighted sequences, the difference observed in signal intensities between abscess and cystic/necrotic tumors is mainly due to differences in the consistency and viscosity of central content of lesions. In abscess, the contents consist of thick viscous pus containing inflammatory cells, bacteria and thick proteinaceous material which restricts free Brownian movement of water molecules, thus causing diffusion restriction (high intensity in DWI and low ADC value). While in case of cystic/necrotic tumors, the cavities contain thin necrotic debris, more serous fluid and fewer inflammatory cells compared to abscess, thus causing free diffusion (low intensity in DWI, high ADC value) [7].

Another modality, MRS, is also used worldwide as an adjunct to MR imaging in several common neurological diseases including brain neoplasms, metabolic disorders, demyelinating disorders and infective brain focal lesions. Spectroscopy is a series of tests that are added to the MRI scan to measure the chemical metabolites of the suspected lesions. *In vivo* magnetic resonance spectroscopy (MRS) is a non-invasive technique to obtain the metabolite profile of normal and abnormal brain. Several studies have suggested that MRS might non-invasively contribute to the establishment of the differential diagnosis between brain abscesses and cystic neoplastic lesions. The characterization of intracranial cystic lesions in these studies was based on the presence of specific metabolite resonances or a specific combination of known metabolites.

MRS of the central cystic portion has been reported to allow the broad group of abscesses to be distinguished from cystic neoplastic lesions. The specific spectrum of the abscess cavity shows characteristic peak of amino acids with/without additional resonances of lactate, acetate and succinate, and this spectrum appears to be significantly different from the spectra of cystic or necrotic brain tumours [8].

Amino acids such as valine and leucine are known to be the end products of proteolysis by enzymes released by neutrophils in pus. Increases in lactate, acetate, and succinate presumably originate from enhanced glycolysis and fermentation of the infecting microorganisms [9]. In MRS examination of the central cavity of cystic or

нити широку групу абсцесів від кістозних неопластичних уражень. Специфічний спектр порожнини абсцесу показує характерний пік амінокислот з/без додаткових резонансів лактату, ацетату та сукцинату, і цей спектр значно відрізняється від спектрів кістозних або некротичних пухлин мозку [8].

Амінокислоти, такі як валін і лейцин, як відомо, є кінцевими продуктами протеолізу ферментів, що виділяються нейтрофілами в гній. Збільшення лактату, ацетату та сукцинату, ймовірно, відбувається через посилений гліколіз та ферментацію інфікуючих мікроорганізмів [9]. При проведенні магнітно-резонансної спектроскопії центральної порожнини кістозних або некротичних пухлин головного мозку підвищення холіну може бути наслідком синтезу клітинної мембрани, її руйнування або обох цих факторів. Вимірювані рівні холіну суттєво відрізняються залежно від клітинного ослаблення, ступеня пухлини та наявності або відсутності некрозу. Парадоксально, але деякі мультиформні гліобластоми містять менше холіну, ніж нормальна тканина головного мозку, завдяки ефекту розрідження абсолютного клітинного згасання через наявність великого некрозу. Крім того, спостерігається зниження NAA і креатину як в абсцесах головного мозку, так і в кістозних або некротичних пухлинах, у порівнянні зі здоровою тканиною мозку [10].

Показано, що знижена дифузія є характерною для неабсцесних кістозних уражень головного мозку (неопластичних уражень). Результати цього дослідження підтверджують цей факт. Абсолютні значення зовнішнього коефіцієнта дифузії центральної частини уражень були значно вищими в некротичних частинах злоякісних пухлин у межах від  $3,2 \times 10^{-3}$  до  $0,7 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с, ніж у центральній частині абсцесів у межах від  $1,9 \times 10^{-3}$  до  $0,4 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с. Порогове значення зовнішнього коефіцієнта дифузії у центрі кістозних об'ємних пухлин показало, що оптимальне порогове значення для розрізнення абсцесних уражень і кістозних неопластичних уражень становило  $1,55 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с. Подібні результати були продемонстровані в кількох попередніх дослідженнях, в тому числі проведеними Desbarats et al. (2003) [11], результати яких підтвердили, що значення зовнішнього коефіцієнта дифузії значно вищі у злоякісному центрі порівняно із центром абсцесу. Також вони виявили, що порогове значення зовнішнього коефіцієнта дифузії, що перевищує  $1,10 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с, є точним для діагностики некротичних кістозно-неопластичних уражень мозку.

У цьому дослідженні брали участь 40 пацієнтів (23 чоловіки та 17 жінок). Вони були віком від 15 до 65 років, й мали діагноз – кістозне об'ємне ураження. Ці ураження вивчалися за допомогою звичайних послідовностей МРТ та дифузно-зваженої томографії. Карта зовнішнього коефіцієнта дифузії була обчислена й подальша магнітно-резонансна спектроскопія була проведена, що показало патологію уражень у 12 пацієнтів з абсцесом і у 28 пацієнтів з різними кістозно-неопластичними ураженнями. У 7 з 12 пацієнтів з абсцесом головного мозку збудником був золотистий стафілокок, у 2 з 12 пацієнтів з абсцесом головного мозку збудником був стрептокок, у двох інших випадках – грибок. У 11 з 12 пацієнтів з абсцесом головного мозку спостерігалось обмеження дифузії в центральній частині з гіперінтенсивністю на дифузно-зваженому зображенні та гіпоінтенсивністю на карті зовнішнього коефіцієнта дифузії з чутливістю 91,7% і специфічністю 92,9% у диференціації від не абсцесів. Водночас,

necrotic brain tumours, an increase in choline may occur due to cell membrane synthesis, destruction, or both. Measurable levels of choline vary considerably, depending on the cellular attenuation, tumour grade, and presence or absence of necrosis. Paradoxically, some glioblastomas multiforme contain less choline than normal brain tissue, an effect of dilution of absolute cellular attenuation by the presence of extensive necrosis. In addition, there is reduction of NAA and creatine in both brain abscesses and cystic or necrotic tumours compared to the healthy brain tissue [10].

Decreased diffusion was shown to be characteristic of non-abscess cystic brain lesions (neoplastic lesions). The results of this study confirm these facts. Absolute ADC values of central part of the lesions were significantly higher in necrotic parts of malignant tumors (ranging between  $3.2 \times 10^{-3}$  and  $0.7 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s) than the central part of abscess lesions (ranging between  $1.9 \times 10^{-3}$  and  $0.4 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s). A cut-off ADC value in the center of the cystic space-occupying lesions revealed that the optimal cut-off value for discrimination between the abscess lesions and cystic neoplastic lesions was  $1.55 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s. Similar results were demonstrated by several previous studies including the one done by Desbarats et al. (2003) [11], the results of which confirmed that ADC values were significantly higher in malignant center compared to the abscess center. Likewise, they found that a cut-off ADC value of more than  $1.10 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s was accurate for diagnosing necrotic cystic neoplastic brain lesions.

In the present study, 40 patients (23 male and 17 female) were involved. Their age ranged from 15 to 65 years, and they had cystic space-occupying lesions which were studied by conventional MRI sequences and DWI. ADC map was calculated and followed by MR spectroscopy which showed the pathology of the lesions in 12 patients with abscesses and different cystic neoplastic lesions in 28 patients. In 7 of 12 patients with brain abscess the causing pathogen was *Staphylococcus aureus*, in 2 of 12 patients with brain abscess the causing pathogen was *Streptococcus* and in the other two cases it was fungus. 11 of 12 patients with brain abscess showed in their central part restricted diffusion with hyperintensity in DWI and hypo-intensity in ADC map with sensitivity 91.7% and specificity 92.9% in differentiating it from the non-abscesses. At the same time, one patient with brain abscess had facilitated diffusion with hypo-intensity in DWI and hyperintensity in ADC map. The pathology of this case proved fungal abscess (central cystic part ADC), and this was consistent with the previous studies.

Most of previous studies found significant difference between ADC values of patients with brain abscess and neoplastic cystic lesions. Reddy et al. (2006) found the ADC of the abscess cases to be  $(0.87 \pm 0.05) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s and was significantly lower compared to the non-abscess group  $(2.89 \pm 0.05) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s.

Most of the previous studies used threshold ADC value for discrimination of brain abscess from cystic neoplastic lesions in the range of  $(0.9-1.1) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s. In the current study, the cut-off ADC value in the center of the cystic lesions revealed that the optimal cut-off value for discrimination between the abscess group and the neoplastic cystic lesions was  $1.55 \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s.

So, we also found significant difference between the ADC values of patients with brain abscess and cystic neoplastic lesions. These results are in good agreement with the findings of the previous studies.

в одного пацієнта з абсцесом мозку проявлялася полегшена дифузія з гіпоінтенсивністю на дифузно-зваженому зображенні та гіперінтенсивністю на карті зовнішнього коефіцієнта дифузії. Патологія цього випадку виявилася грибоквим абсцесом (зовнішній коефіцієнт дифузії центральної кістозної частини), це збіглося з попередніми дослідженнями.

Більшість попередніх досліджень виявили суттєву різницю між значеннями зовнішнього коефіцієнта дифузії у пацієнтів з абсцесом головного мозку та неопластично-кістозними ураженнями. Reddy et al. (2006) виявили, що зовнішній коефіцієнт дифузії у випадках абсцесу становив  $(0,87 \pm 0,05) \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  і був значно нижчим порівняно з неабсцесною групою  $(2,89 \pm 0,05) \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Більшість попередніх досліджень використовували порогове значення зовнішнього коефіцієнта дифузії для розрізнення абсцесу головного мозку від кістозних неопластичних уражень у діапазоні  $(0,9-1,1) \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ . У поточному дослідженні порогове значення зовнішнього коефіцієнта дифузії у центрі кістозних уражень показало, що оптимальне порогове значення для розрізнення групи абсцесів і неопластичних кістозних утворень становить  $1,55 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Таким чином, ми також виявили значну різницю між значеннями зовнішнього коефіцієнта дифузії у пацієнтів з абсцесом головного мозку та з кістозними неопластичними ураженнями. Ці результати добре узгоджуються з результатами попередніх досліджень.

І навпаки, в 28 із 40 пацієнтів були діагностовані неопластичні ураження, у 12 із 28 пацієнтів – астроцитомі, у 10 із 28 пацієнтів – мультиформній гліобластомі, у 4 із 28 пацієнтів – метастази, в одному випадку – лімфома, ще в одному – периферична нейроектодермальна пухлина. Ми помітили, що 23 з 28 пацієнтів мали кістозні неопластичні ураження, розташовані в півкулях головного мозку, а в інших 5 випадках вони були розташовані в мозочку. 26 з 28 пацієнтів з кістозними неопластичними ураженнями в нашому дослідженні мали центральне значення зовнішнього коефіцієнта дифузії більше ніж  $1,55 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ , тоді як у двох випадках метастазу пухлини значення зовнішнього коефіцієнта дифузії було менше ніж  $1,55 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Taj Aldean (2017) [6] повідомив про 5 випадків серед 19 пацієнтів із метастатичними пухлинами головного мозку, які показали гіперінтенсивність на дифузно-зваженій томографії та гіпоінтенсивність на зовнішньому коефіцієнті дифузії, тоді як інші показали гіпоінтенсивність на дифузно-зваженій томографії та гіперінтенсивність на зовнішньому коефіцієнті дифузії.

У дослідженні Reiche et al. (2010) [12] дві кістозні пухлини показали обмежену дифузію з низьким значенням зовнішнього коефіцієнта дифузії і не могли бути точно диференційовані від абсцесів. Гістопатологічні результати стереотаксичної біопсії та резекції проби виявили коагуляційний некроз пухлини в одному випадку та велику площу некрозу в іншому випадку. Таким чином, щільно упаковані клітинні залишки разом із білковими інгредієнтами в пухлинних кістах змінюють дифузію у невеликій кількості пацієнтів.

Наші результати показують низькі значення зовнішнього коефіцієнта дифузії в абсцесах, і ці низькі значення пояснюються наявністю гною. Гній – це дуже в'язка і густа мукоїдна рідина, що складається із запальних клітин, бактерій, протейного ексудату та фібриногену. Через високу в'язкість дифузійний рух

Conversely, 28 of 40 patients in this study had neoplastic lesions, 12 of 28 – astrocytoma, 10 of 28 patients – glioblastoma multiforme, 4 of 28 patients – metastasis, one case was lymphoma and the other one was PNET. We noticed that 23 of 28 patients had cystic neoplastic lesions located in the brain cerebrum and 5 others were located in the brain cerebellum. 26 of 28 patients with cystic neoplastic lesions in the current study had center ADC value more than  $1.55 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  whereas two tumor metastases had ADC value less than  $1.55 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Taj Aldean (2017) [6] reported that 5 cases out of 19 patients with metastatic brain tumors showed hyperintensity in DWI and hypo-intensity in ADC, while the rest showed hypo-intensity in DWI and hyperintensity in ADC.

In a study by Reiche et al. (2010) [12], two cystic tumors showed restricted diffusion with low ADC value and couldn't be differentiated precisely from abscesses. The histopathological findings of stereotactic biopsy and resection of specimen revealed tumor coagulation necrosis in one case and large area of necrosis in the other case. Thus, densely packed cell debris, together with proteinaceous ingredients in tumor cysts, altered diffusion in a small number of patients.

Our findings show low ADC values in abscesses and these low ADC values are attributable to the presence of pus. Pus is a highly viscous and thick mucoid fluid consisting of inflammatory cells, bacteria, proteinic exudate and fibrinogen. Because of this high viscosity, diffusion water motion is severely curtailed. The high ADC values we find in cystic or necrotic lesions are attributable to an intra-cavity fluid that is less viscous than that found in abscesses. It consists of necrotic tissue debris and contains fewer inflammatory cells than abscess fluid.

Most previous studies used single voxel MRS for special localization. A single voxel was placed in the central non-enhancing cystic part of the cavity. Only a few studies used multivoxel MRS and analyzed voxels from the central cystic part as well as the marginal enhancing wall.

In this study, single voxel and multivoxel technique were used, and the voxel was placed in the central part of the cavity. 11 out of 12 patients with abscess cavities showed MRS specific for abscess, while 1 patient with brain abscess did not show MRS findings of brain abscess. This one patient was on antibiotic therapy before undergoing the MRS study. These brain abscesses were characterized by demonstration of amino acids with/without additional resonances of lactate, acetate, and succinate on MRS. Choline was observed in 2 patients with abscess probably due to the partial volume effect. NAA was found only on one case and creatine was present only at two cases.

25 patients out of 28 patients in the tumour group had MRS characteristics of tumour while 3 patients did not. Choline was increased in 25 patients diagnosed with tumours. None of the patients showed amino acids, succinate or acetate. NAA and creatine were reduced in all patients in the tumour groups. And in the abscess group, NAA was found only in one case and the creatine was present only in two cases. MRS findings in this study are in agreement with previous studies [9, 13, 14].

MRS allowed a correct diagnosis of either brain abscess or cystic neoplastic lesions to be established in 36 (90%) patients out of 40 patients involved in this study.

Absence of typical features of MR spectra in the cases of abscesses, such as amino acid, acetate or

води є сильно обмеженим. Високі значення зовнішнього коефіцієнта дифузії, які ми знаходимо в кістозних або некротичних ураженнях, пояснюються внутрішньопорожнинною рідиною, яка є менш в'язкою, ніж та, що спостерігається в абсцесах. Вона складається з залишків некротизованої тканини та містить менше запальних клітин, ніж рідина абсцесу.

Більшість попередніх досліджень використовували одновоксельну магнітно-резонансну спектроскопію для спеціальної локалізації. Воксель був розміщений у центральній нерозширеній кістозній частині порожнини. Лише в кількох дослідженнях використовували мультिवоксельну магнітно-резонансну спектроскопію і аналізували вокселі з центральної кістозної частини, а також крайової посилюючої стінки.

У цьому дослідженні використовували як одновоксельну, так і мультिवоксельну спектроскопію. Воксель розміщували в центральній частині порожнини. В 11 із 12 пацієнтів з порожнинами абсцесу виявлено ознаки, специфічні для абсцесу, тоді як в 1 пацієнта з абсцесом мозку відповідних ознак виявлено не було. Цей пацієнт отримував антибіотикотерапію перед проходженням магнітно-резонансної спектроскопії. Ці абсцеси головного мозку характеризувались демонстрацією амінокислот з/без додаткових резонансів лактату, ацетату та сукцинату на магнітно-резонансній спектроскопії. Холін спостерігався у двох пацієнтів з абсцесом, ймовірно, через ефект часткового об'єму. NAA було виявлено лише в одному випадку, а креатин – лише у двох випадках.

Серед 28 пацієнтів у групі пухлин у 25 відзначені ознаки пухлини на спектроскопії, інші 3 пацієнти їх не мали. Рівень холіну був підвищений у 25 пацієнтів, у яких діагностовано пухлини. У жодного з пацієнтів не виявлено амінокислот, сукцинату чи ацетату. NAA та креатин були знижені у всіх пацієнтів у групі пухлин. Причому в групі абсцесу NAA було виявлено лише в одному випадку, а креатин присутній лише у двох випадках. Результати магнітно-резонансної спектроскопії у цьому дослідженні узгоджуються з попередніми дослідженнями [9, 13, 14].

Магнітно-резонансна спектроскопія дозволила встановити правильний діагноз або абсцесу головного мозку, або кістозно-неопластичних уражень у 36 (90%) із 40 пацієнтів, включених у це дослідження.

Відсутність типових ознак МР-спектрів у випадку з абсцесами, таких як амінокислотний, ацетатний або сукцинатний резонанси, може бути наслідком інфікування золотистим стафілококом (факультативно-аеробні бактерії). Золотистий стафілокок є причиною 10–31% церебральних абсцесів. Таким чином, інтерпретація МР-спектрів *in vivo* може дозволити нам відрізнити абсцеси, викликані аеробними бактеріями, і ті, де присутні анаеробні бактерії. Однак кістозні компоненти спектроскопії пухлин і абсцесів, спричинених аеробними мікроорганізмами, були б подібними за демонстрацією ліпідів та/або лактату [15, 16].

Попередні дослідження показали, що ефективне лікування антибіотиками приводить до зникнення амінокислот, ацетату та сукцинату, але не лактату. Таким чином, спектри абсцесу, що лікується, демонструють лише лактат і є подібними до спектрів пухлин. І таким чином, продемонстрований випадок абсцесу не збігається зі спектроскопією кривої абсцесу. МР-спектроскопичні дослідження слід проводити якомога раніше, бажано до початку антибіотикотерапії [13, 17]

succinate resonances may be due to infection with *Staphylococcal aureus* (facultative aerobic bacteria). *Staphylococcal aureus* is the cause of 10–31% of cerebral abscesses. Thus, interpretation of *in vivo* MR spectra could allow us to distinguish between abscesses due to aerobic bacteria, and those where anaerobic bacteria were present. However, the cystic components of the spectroscopy in tumours and abscesses by aerobes microorganisms would be similar by demonstration of lipid and/or lactate [15, 16].

Previous studies have reported that effective antibiotic treatment leads to the disappearance of amino acids, acetate and succinate, but not lactate. Thus, the spectra of treated abscess show only lactate and are similar to those of tumours. And thus, the illustrated case of abscess does not match with abscess curve spectroscopy. MR spectroscopic examinations should be performed as early as possible, preferably before the start of antibiotic therapy [17, 13].

In this study, spectroscopy results were analyzed. There were significant differences between the Cho/Cr, Cho/NAA ratios in both groups ( $p$  values  $<0.001^{**}$ ), while no statistically significant difference was found in the NAA/Cr ratio. This can be attributed to the high levels of choline in brain tumours, because choline should be typically reduced in patients with brain abscesses. Both brain tumours and abscesses show reduction of normal brain metabolites NAA and Cr. Thus, it is expected that the Cho/Cr, Cho/NAA ratios would be higher in patients with tumours compared to abscesses. These results may provide supplementary evidence for Cho/Cr, Cho/NAA ratios as prognostic biomarkers for differentiating the two groups of abscesses or cystic neoplastic lesions and this is in agreement with the prior study done by Lei et al. (2008) [18].

Brain abscess and other cystic brain lesions, tumors or metastasis are difficult to differentiate using routine conventional imaging most of the time, and prompt diagnosis is important as untreated brain abscess could be lethal. Diffusion imaging and MRS can aid in the diagnosis and further management plan so they can help with improved patient care. It may alter the plan for biopsy and the need for additional investigations. Although these sequences have high sensitivity and specificity, they should be used as an addition to conventional imaging and not as replacement for histopathology.



У цьому дослідженні були проаналізовані результати спектроскопії. Відзначено суттєві відмінності між співвідношеннями Cho/Cr, Cho/NAA в обох групах (значення  $p < 0,001^{**}$ ), в той же час не було виявлено статистично значущої різниці щодо співвідношення NAA/Cr. Це можна пояснити високим рівнем холіну в пухлинах головного мозку, оскільки у пацієнтів з абсцесами головного мозку рівень холіну зазвичай знижується. Як пухлини мозку, так і абсцеси, демонструють зниження нормальних метаболітів мозку NAA і Cr. Таким чином, очікується, що співвідношення Cho/Cr, Cho/NAA будуть вищими у пацієнтів з пухлинами порівняно з абсцесами. Ці результати можуть надати додаткові докази того, що співвідношення Cho/Cr, Cho/NAA можуть виступати в якості прогностичних біомаркерів для диференціації двох груп абсцесів або кістозних неопластичних уражень, і це узгоджується з попереднім дослідженням, проведеним Lei et al. (2008) [18].

Абсцес головного мозку та інші кістозні ураження головного мозку, пухлини або метастази у більшості випадків важко диференціювати за допомогою традиційного методу візуалізації, тому швидка діагностика є важливою, оскільки якщо абсцес мозку не лікувати, він може стати причиною смерті. Дифузно-зважена томографія та магнітно-резонансна спектроскопія можуть допомогти при діагностиці та плануванні подальшого лікування, а також покращити догляд за пацієнтом. Вони можуть змінити план біопсії та потребу в додаткових дослідженнях. Хоча ці методи мають високу чутливість і специфічність, їх слід використовувати як доповнення до традиційних методів візуалізації, а не як заміну гістопатології.

## ВИСНОВКИ

Дифузно-зважена томографія і магнітно-резонансна спектроскопія можуть використовуватися як додаткові діагностичні методи для диференціації абсцесів головного мозку від кістозних або некротичних пухлин головного мозку. Крім того, деякі методи МРТ можуть бути корисними при розрізненні абсцесу мозку від кістозних або некротичних пухлин: дифузна тензорна візуалізація (DTI), перфузійно-зважена візуалізація, а також позитронно-емісійна комп'ютерна томографія (ПЕТ-КТ). Це допоможе підвищити точність МРТ при диференціації абсцесу мозку від кістозних або некротичних пухлин.

## CONCLUSIONS

Diffusion-weighted imaging (DWI) and magnetic resonance spectroscopy (MRS) are useful as additional diagnostic modalities for differentiating brain abscesses from cystic or necrotic brain tumors. Furthermore, the following MR techniques may be helpful for discriminating brain abscess from cystic or necrotic tumors: diffusion tensor imaging (DTI), perfusion weighted imaging as well as positron emission tomography computed tomography (PET-CT). This will help to improve the accuracy of MR in differentiating brain abscess from cystic or necrotic tumors.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Reddy J., Mishra A., Behari S., Husain M., Gupta V., Rastogi M., Gupta R. The role of diffusion-weighted imaging in the differential diagnosis of intracranial cystic mass lesions. *Surgical Neurology*. 2006. Vol. 66(3). P. 246–250.
2. Li S., Nguyen I.P., Urbanczyk K. Common infectious diseases of the central nervous system clinical features and imaging characteristics. *Quantitative imaging in medicine and surgery*. 2020. Vol. 10(12). P. 2227–2259. DOI: <https://doi.org/10.21037/qims-20-886>
3. Alam M., Sajjad Z., Azeemuddin M. et al.: Diffusion Weighted MR Imaging of Ring Enhancing Brain Lesions. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*. 2012. Vol. 22(7). P. 428–431.
4. Suh C.H., Kim H.S., Jung S.C. et al. Diffusion Weighted Imaging and Diffusion Tensor Imaging for Differentiating High-Grade Glioma from Solitary Brain Metastasis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Neuroradiology*. 2018. Vol. 39(7). P. 1208–1214. DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5650>
5. Aydın Z.B., Aydın H., Birgi E. et al. Diagnostic Value of Diffusion-weighted Magnetic Resonance (MR) Imaging, MR Perfusion, and MR Spectro-

## REFERENCES

1. Reddy J, Mishra A, Behari S, Husain M, Gupta V, Rastogi M, Gupta R. The role of diffusion-weighted imaging in the differential diagnosis of intracranial cystic mass lesions. *Surgical Neurology*. 2006;66(3):246–50. (In English).
2. Li S, Nguyen IP, Urbanczyk K. Common infectious diseases of the central nervous system clinical features and imaging characteristics. *Quantitative imaging in medicine and surgery*. 2020;10(12):2227–59. (In English). DOI: <https://doi.org/10.21037/qims-20-886>
3. Alam M, Sajjad Z, Azeemuddin M et al.: Diffusion Weighted MR Imaging of Ring Enhancing Brain Lesions. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*. 2012;22(7):428–31. (In English).
4. Suh CH, Kim HS, Jung SC et al. Diffusion Weighted Imaging and Diffusion Tensor Imaging for Differentiating High-Grade Glioma from Solitary Brain Metastasis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Neuroradiology*. 2018;39(7):1208–14. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5650>
5. Aydın ZB, Aydın H, Birgi E et al. Diagnostic Value of Diffusion-weighted Magnetic Resonance (MR) Imaging, MR Perfusion, and MR Spectro-

- scopy in Addition to Conventional MR Imaging in Intracranial Space-occupying Lesions. *Cureus*. 2019. Vol. 11(12). e6409 p. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.6409>
- Taj-Aldean K. Role of Diffusion-Weight MRI in Differential Diagnosis of Cerebral Cystic Lesions: A Prospective Study. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2017. Vol. 9(1).
  - Gul H. Role of diffusion weighted imaging to differentiate between brain abscess and cystic/necrotic brain tumor. *Journal of medical sciences*. 2017. Vol. 25(1). P. 110–114.
  - Lai P.H., Hsu S.S., Ding S.W., Ko C.W., Fu J.H. et al. Proton magnetic resonance spectroscopy and diffusion-weighted imaging in intracranial cystic mass lesions. *Surgical neurology*. 2007. Vol. 68. P. S25–S36.
  - Nath K., Agarwal M., Ramola M., Husain M., Prasad K.N. et al. Role of diffusion tensor imaging metrics and in vivo proton magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis of cystic intracranial mass lesions. *Magnetic resonance imaging*. 2009. Vol. 27(2). P. 198–206.
  - Brandao L.A., Domingues R.C. Brain metabolites and their significance in spectral analysis. MR spectroscopy of the brain. *Lippincott Williams & Wilkins*. 2004. P. 11–12.
  - Desbarats N., Herlidou S., de Marco G. et al. Differential MRI diagnosis between brain abscesses and necrotic or cystic brain tumors using the apparent diffusion coefficient and normalized diffusion-weighted images. *Magnetic Resonance Imaging*. 2003. Vol. 21(6). P. 645–650.
  - Reiche W., Schuchardt V., Hagen T. et al. Differential diagnosis of intracranial ring enhancing cystic mass lesions-role of diffusion-weighted imaging (DWI) and diffusion-tensor imaging (DTI). *Journal of clinical neurology*. 2010. Vol. 112(3). P. 218–225.
  - Lai P.H., Ho J.T., Chen W.L., Hsu S.S., Wang J.S., Pan H.B., Yang C.F. Brain abscess and necrotic brain tumor: discrimination with proton MR spectroscopy and diffusion-weighted imaging. *American Journal of Neuroradiology*. 2002. Vol. 23(8). P. 1369–1377.
  - Mishra A.M., Gupta R.K., Jaggi R.S. et al. Role of diffusion-weighted imaging and in vivo proton magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis of ring-enhancing intracranial cystic mass lesions. *Journal of computer assisted tomography*. 2004. Vol. 28. P. 540–547.
  - Garg M., Gupta R.K., Husain N. et al. Brain abscesses: etiologic categorization with in vivo proton MR spectroscopy. *Radiology*. 2004. Vol. 230. P. 519–527.
  - Himmelreich U., Accurso R., Malik R., Dolenko B., Somorjai R.L. et al. Identification of Staphylococcus aureus brain abscesses: rat and human studies with 1H MR spectroscopy. *Radiology*. 2005. Vol. 236(1). P. 261–270.
  - Burtscher I.M., Holtas S. In vivo proton MR spectroscopy of untreated and treated brain abscesses. *AJNR. American journal of neuro-radiology*. 1999. Vol. 20. P. 1049–1053.
  - Lai P.H., Weng H.H., Chen C.Y., Hsu S.S., Ding S. et al. In vivo differentiation of aerobic brain abscesses and necrotic glioblastomas multiforme using proton MR spectroscopic imaging. *American Journal of neuroradiology*. 2008. Vol. 29(8). P. 1511–1518. DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1130>
  - scopy in Addition to Conventional MR Imaging in Intracranial Space-occupying Lesions. *Cureus*. 2019;11(12):e6409. (In English). DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.6409>
  - Taj-Aldean K. Role of Diffusion-Weight MRI in Differential Diagnosis of Cerebral Cystic Lesions: A Prospective Study. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2017;9(1). (In English).
  - Gul H. Role of diffusion weighted imaging to differentiate between brain abscess and cystic/necrotic brain tumor. *Journal of medical sciences*. 2017;25(1):110–4. (In English).
  - Lai PH, Hsu SS, Ding SW, Ko CW, Fu JH et al. Proton magnetic resonance spectroscopy and diffusion-weighted imaging in intracranial cystic mass lesions. *Surgical neurology*. 2007;68:S25–36. (In English).
  - Nath K, Agarwal M, Ramola M, Husain M, Prasad KN et al. Role of diffusion tensor imaging metrics and in vivo proton magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis of cystic intracranial mass lesions. *Magnetic resonance imaging*. 2009;27(2):198–206. (In English).
  - Brandao LA, Domingues RC. Brain metabolites and their significance in spectral analysis. MR spectroscopy of the brain. *Lippincott Williams & Wilkins*. 2004;11–2. (In English).
  - Desbarats N, Herlidou S, de Marco G et al. Differential MRI diagnosis between brain abscesses and necrotic or cystic brain tumors using the apparent diffusion coefficient and normalized diffusion-weighted images. *Magnetic Resonance Imaging*. 2003;21(6):645–50. (In English).
  - Reiche W, Schuchardt V, Hagen T et al. Differential diagnosis of intracranial ring enhancing cystic mass lesions-role of diffusion-weighted imaging (DWI) and diffusion-tensor imaging (DTI). *Journal of clinical neurology*. 2010;112(3):218–25. (In English).
  - Lai PH, Ho JT, Chen WL, Hsu SS, Wang JS, Pan HB, Yang CF. Brain abscess and necrotic brain tumor: discrimination with proton MR spectroscopy and diffusion-weighted imaging. *American Journal of Neuroradiology*. 2002;23(8):1369–77. (In English).
  - Mishra AM, Gupta RK, Jaggi RS et al. Role of diffusion-weighted imaging and in vivo proton magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis of ring-enhancing intracranial cystic mass lesions. *Journal of computer assisted tomography*. 2004;28:540–7. (In English).
  - Garg M, Gupta RK, Husain N et al. Brain abscesses: etiologic categorization with in vivo proton MR spectroscopy. *Radiology*. 2004;230:519–27. (In English).
  - Himmelreich U, Accurso R, Malik R, Dolenko B, Somorjai RL et al. Identification of Staphylococcus aureus brain abscesses: rat and human studies with 1H MR spectroscopy. *Radiology*. 2005;236(1):261–70. (In English).
  - Burtscher IM, Holtas S. In vivo proton MR spectroscopy of untreated and treated brain abscesses. *AJNR. American journal of neuro-radiology*. 1999;20:1049–53. (In English).
  - Lai PH, Weng HH, Chen CY, Hsu SS, Ding S et al. In vivo differentiation of aerobic brain abscesses and necrotic glioblastomas multiforme using proton MR spectroscopic imaging. *American Journal of neuroradiology*. 2008;29(8):1511–8. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1130>

#### Перспективи подальших досліджень

#### Prospects for further research

Ранній діагноз різних кістозних уражень головного мозку сприяє ранньому втручанню та лікуванню пацієнтів з цим діагнозом. Дифузно-зважена томографія та магнітно-резонансна спектроскопія мають високу чутливість та специфічність. Ці методи слід використовувати як додаткові до традиційної томографії, а не як заміна гістопатології. Крім цього, ці методи можна використовувати для розрізнення між абсцесами головного мозку, кістозними неопластичними ураженнями та кістозними метастазами, наприклад дифузно-тензорна томографія, перфузійна МРТ й позитронно-емісійна комп'ютерна томографія (ПЕТ-КТ). Використання цих додаткових методів допоможе підвищити точність МРТ при диференціації кістозних уражень мозку.

Early diagnosis of different cystic brain lesions helps with early management of these criteria of patients. DWI and MRS have high sensitivity and specificity. They should be used as addition to conventional imaging and not as replacement for histopathology. Furthermore, these techniques may be used for discrimination between brain abscess, cystic neoplastic lesions and cystic metastasis as diffusion tensor imaging, MR perfusion and PET-CT (positron emission tomography computed tomography) may be helpful. The use of these additional techniques will help to improve the accuracy of MR in differentiating cystic brain lesions.

#### Конфлікт інтересів

#### Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

The authors declare no conflict of interest.

#### Інформація про фінансування

#### Funding information

Немає.

None.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Беніамін Мохамед Мохамед Алаа Елдієн** – Магістр наук діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс. Академічне звання: кандидат медичних наук діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс, Каїр, Арабська Республіка Єгипет;

e-mail: dr\_alaabenyamin@hotmail.com  
tel: 00201003881231

**Внесок автора:** розробка концепції аналізу, написання тексту статті, огляд літератури, збір та аналіз випадків та інформації.

**Ельгефнаві Сюзан Бахіг Алі** – Доктор наук діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс. Академічне звання: Професор діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс, Каїр, Арабська Республіка Єгипет;

e-mail: suzan\_bahig@hotmail.com  
tel: 00201001763139

**Внесок автора:** контроль над процедурою, вибір методу візуалізації та аналіз випадків та результатів.

**Абделсамад Амр Махмуд Ахмед** – Доктор наук діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс. Академічне звання: Професор діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс, Каїр, Арабська Республіка Єгипет;

e-mail: amrmahmoud@med.asu.edu.eg  
tel: 00201119899341

**Внесок автора:** контроль над процедурою, вибір методу візуалізації, аналіз результатів та пряма участь у процесі діагностування.

**Гассан Генд Галал Елдеєн Мохамед Алі** – Доктор наук діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс. Академічне звання: Викладач діагностичної та інвазивної радіології медичного факультету університету Айн Шамс, Каїр, Арабська Республіка Єгипет; Керівник програми радіологічних технологій та діагностичної візуалізації факультету прикладних медико-санітарних дисциплін університету Галала, Суець, Арабська Республіка Єгипет;

e-mail: doctor\_hendgalal@gu.edu.eg  
tel: 00201001203545

**Внесок автора:** пряма участь у процесі діагностування, вибір методу візуалізації, огляд літератури та аналіз результатів.

**Benjamin Mohamed Mohamed Alaa Eldien** – Master of Science of Diagnostic and Interventional Radiology, Faculty of Medicine, Ain Shams University. Academic Position: candidate for MD degree Of Diagnostic and Interventional Radiology Faculty of Medicine Ain Shams University, Cairo, Arab Republic of Egypt;

e-mail: dr\_alaabenyamin@hotmail.com  
tel: 00201003881231

**Author's contribution:** development of the concept of analysis, text writing, literature review, collection and analysis of the cases and information.

**Elhefnawy Suzan Bahig Ali** – Doctor of Medicine of Diagnostic and Interventional Radiology, Faculty of Medicine, Ain Shams University. Academic Position: Professor Of Diagnostic and Interventional Radiology Faculty of Medicine Ain Shams University, Cairo, Arab Republic of Egypt;

e-mail: suzan\_bahig@hotmail.com  
tel: 00201001763139

**Author's contribution:** supervision of cases, imaging technique and analysis of the cases and results.

**Abdelsamad Amr Mahmoud Ahmed** – Doctor of Medicine of Diagnostic and Interventional Radiology, Faculty of Medicine, Ain Shams University. Academic Position: Professor Of Diagnostic and Interventional Radiology Faculty of Medicine Ain Shams University, Cairo, Arab Republic of Egypt;

e-mail: amrmahmoud@med.asu.edu.eg  
tel: 00201119899341

**Author's contribution:** supervision of cases, imaging technique, analysis of the results and direct participation in the diagnostic process.

**Hassan Hend Galal Eldeen Mohamed Ali** – Doctor of Medicine of Diagnostic and Interventional Radiology, Faculty of Medicine, Ain Shams University. Academic Position: Lecturer Of Diagnostic and Interventional Radiology, Faculty of Medicine, Ain Shams University, Cairo, Arab Republic of Egypt; Program Director of Technology of Radiology and Medical Imaging, Faculty of Applied Health Science Technology, Galala University, Suez, Arab Republic of Egypt;

e-mail: doctor\_hendgalal@gu.edu.eg  
tel: 00201001203545

**Author's contribution:** direct participation in the diagnostic process, imaging technique, literature review and analysis of the results.

Рукопис надійшов  
Manuscript was received  
16.09.2022

Отримано після рецензування  
Received after review  
22.11.2022

Прийнято до друку  
Accepted for printing  
08.12.2022

Опубліковано  
Published  
10.12.2022