



С. С. КОВАЛЬ, С. С. МАКЕЄВ, Т. Г. НОВІКОВА

ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України», Київ

Оцінка ефективності застосування методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ для діагностики гліальних пухлин головного мозку

Мета — оцінити ефективність застосування методики інтеграції даних однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (ОФЕКТ)/магнітно-резонансної томографії (МРТ) для діагностики гліальних пухлин головного мозку.

Матеріали і методи. 94 пацієнтам з гістологічно верифікованими гліальними пухлинами головного мозку в доопераційний період проведено МРТ, ОФЕКТ головного мозку та ретроспективну інтеграцію отриманих даних ОФЕКТ/МРТ. Ефективність методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ оцінювали за критеріями чутливості, специфічності та точності. Проведено аналіз якісних та кількісних характеристик пухлин.

Результати. Виявлено такі гістологічні типи гліом головного мозку: гліобластоми (IV ступінь злоякісності) — 41 (44%) випадок, анапластичні гліоми (III—IV ступінь злоякісності) — 32 (34%), типові гліоми (I—II ступінь злоякісності) — 21 (22%). Чутливість і точність методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ для діагностики гліобластом становили 97 та 81% відповідно, для діагностики анапластичних гліом — 74 та 53% відповідно, специфічність та точність для діагностики типових гліом — 90 та 86% відповідно.

Висновки. Методика інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ — ефективний інструмент діагностики гліальних пухлин головного мозку.

Ключові слова: гліоми головного мозку, однофотонна емісійна комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, інтеграція даних ОФЕКТ/МРТ.

Згідно зі статистичними дослідженнями Американської асоціації пухлин головного мозку (АВТА), проведеними у 2008—2012 рр., частка гліальних пухлин головного мозку становить 27% у структурі первинних церебральних новоутворень та 80% — у структурі пухлин високого ступеня анаплазії [3, 7].

Стандартом у діагностиці пухлин головного мозку є магнітно-резонансна томографія (МРТ), метод, який забезпечує високу просторову роздільну здатність діагностичних зображень та дає змогу отримати детальну структурно-анатомічну інформацію щодо виявленої патології. До недоліків МРТ можна віднести обмежені можливості оцінки метаболічної активності та функціональних характеристик неопластичних процесів [6].

Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (ОФЕКТ) належить до допоміжних методів діагностики, дозволяє отримати дані щодо функціональних характеристик та метаболічної активності пухлин, це дає змогу визначити ступінь їх анаплазії та диференціювати «життєздатну» пухлинну тканину від інших елементів неопластичного процесу. Недоліками ОФЕКТ є відносно низька просторова роздільна здатність діагностичних зображень та обмежені можливості визначення анатомічних орієнтирів.

Обидва методи високоінформативні, проте вузькоспецифічні, що в деяких випадках може спричинити труднощі під час інтерпретації отриманих даних [4]. Застосування методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ для діагностики гліальних пухлин головного мозку дає змогу нівелювати недоліки кожного з методів за рахунок їх комплементарного доповнення, що забезпечується прив'язкою функціонально-

© С. С. Коваль, С. С. Макеев, Т. Г. Новікова, 2016

метаболических даних щодо патологічних змін до детальних структурно-анатомічних орієнтирів [1, 2, 5].

Існують два основних шляхи інтеграції мультимодальних томографічних даних — застосування гібридних діагностичних комплексів (позитронно-емісійна томографія (ПЕТ)/комп'ютерна томографія (КТ), ОФЕКТ/КТ, ПЕТ/МРТ, ПЕТ/КТ/ОФЕКТ), які дають змогу інтегрувати дані послідовно проведених досліджень, та ретроспективна інтеграція даних, котра ґрунтується на визначенні закономірностей розташування ідентичних вокселів суміщуваних зображень за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення [8].

Комбінація ОФЕКТ/МРТ у гібридному комплексі ускладнена конструктивними особливостями діагностичних модулів, у зв'язку з чим з цією метою застосовують ретроспективну інтеграцію даних [9].

Мета роботи — оцінити ефективність застосування методики інтеграції даних однофотонної емісійної комп'ютерної томографії/магнітно-резонансної томографії для діагностики гліальних пухлин головного мозку.

Матеріали і методи

До групи дослідження залучено 94 пацієнтів (49 чоловіків та 45 жінок) з гліальними пухлинами головного мозку різного ступеня злоякісності віком від 13 до 69 років.

Усі пухлини були верифіковані за даними гістологічних досліджень.

Для інтеграції даних застосовували результати МРТ та ОФЕКТ головного мозку, проведених послідовно у термін від 1 до 10 днів у доопераційний період.

МРТ головного мозку пацієнтів виконували на апаратах Magnetom Concerto (Siemens AG, Німеччина) з магнітною індукцією 0,2 Тл, Magnetom Vision Plus (Siemens AG, Німеччина) з магнітною індукцією 1,5 Тл та Intera (Philips Medical System, Нідерланди) з магнітною індукцією 1,5 Тл. Як МР-контрастні речовини застосовували гадоліній-вмісні препарати Гадовіст, Магневіст, Омніскан і Томовіст. Контрастні речовини вводили внутрішньовенно безпосередньо під час дослідження з розрахунку 0,2 мл/кг маси пацієнта.

Для дослідження використовували матрицю зображення 256 × 256 пікселів. Застосовували стандартні МР-послідовності: T1-зважені зображення (33), T2-33 і T1-33 із внутрішньовенним контрастним підсиленням. Товщина зрізу — 0,5—6,0 мм, крок — не більше ніж 3—6 мм з обов'язковою зоною перекриття не менше ніж 15—20 см.

Усі ОФЕКТ головного мозку проведено на дво-детекторному однофотонному емісійному комп'ютерному томографі Е.Сам (Siemens, Німеччина) з низькоенергетичним паралельним коліматором, з високою роздільною здатністю — low energy high resolution LEHR.

Як туморотропні маркерні речовини застосовували ⁹⁹Tc-пертехнетат і ⁹⁹Tc-МІБІ. При дослідженнях

із ⁹⁹Tc-МІБІ сканування розпочиналося через 15 хв після ін'єкції, із ⁹⁹Tc-пертехнетатом — через 45 хв. Введена активність радіомітки становила від 370 до 740 МБк (залежно від маси пацієнта). Під час дослідження із ⁹⁹Tc-пертехнетатом ефективна доза променевого навантаження на пацієнтів становила 0,0048 мЗв/МБк (із урахуванням застосування блокувального агента — перхлорату калію), із ⁹⁹Tc-МІБІ — 0,0079 мЗв/МБк.

Згідно з протоколом дослідження при повному оберті детекторів (360°) формувалося 120 проєкцій тривалістю 20 с кожна із застосуванням матриці 128 × 128. Максимальний радіус обертання детекторів навколо зони інтересу становив 15,0 см.

Реконструкцію томографічних даних виконували методом зворотної проєкції та фільтрацією із застосуванням фільтра Butterworth (шкала фільтрації — 0,6—0,9).

Дані ОФЕКТ та МРТ конвертували в універсальний формат DICOM, після чого проводили їх ретроспективну інтеграцію із застосуванням програмного забезпечення RView 9.075BQT.

Для оцінки ефективності застосування методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ визначали такі параметри: чутливість, специфічність і точність.

Чутливість методики — це частка позитивних результатів у групі пацієнтів із гліальними пухлинами головного мозку високого ступеня анаплазії, яку розраховували за формулою:

$$\text{Чутливість} = \frac{ІП}{ІП + ХН} \cdot 100 \%,$$

де ІП — істиннопозитивний результат; ХН — хибно-негативний результат.

Специфічність методики — це частка негативних результатів, яку вираховували за формулою:

$$\text{Специфічність} = \frac{ІН}{ХП + ІН} \cdot 100 \%,$$

де ІН — істиннонегативний результат; ХП — хибно-позитивний результат.

Точність методики — це частка істинних результатів (ІП та ІН) у загальній групі пацієнтів:

$$\text{Точність} = \frac{ІП + ІН}{ІП + ХП + ХН + ІН} \cdot 100 \%.$$

Аналіз інтегрованих даних ОФЕКТ/МРТ проводили за такими критеріями:

- якісна, візуальна оцінка томографічних зображень, характер розподілу радіофармпрепарату (РФП) та/або МР-контрастної речовини (визначали наявність об'ємних утворень, ділянок нагромадження РФП/МР-контрастної речовини та їх співвідношення);
- форма, контур, розміри (у см), структура, поширення та співвідношення з навколишніми тканинами;
- кількісний аналіз нагромадження РФП у пухлинних вогнищах (розраховували коефіцієнт асиметрії (КА) як співвідношення нагромадження радіоізотопу в зоні інтересу (новоутворення) до контралатеральної ділянки головного мозку).

Результати та обговорення

Група гліальних новоутворень — це широкий перелік пухлин, які можуть суттєво відрізнятися за ступенем злоякісності, гістологічною та патоанатомічною структурою, розмірами і характером росту. У нашому дослідженні в загальній групі спостережень виділено такі підгрупи: гліобластоми IV ступеня злоякісності, анапластичні гліоми III—IV ступеня злоякісності та гліоми I—II ступеня злоякісності.

Частка гліобластом становила 44 % (41 випадок) у загальній групі діагностованих пухлин. Середній розмір новоутворень, за даними ОФЕКТ, становив близько $(4,1 \pm 1,3)$ см, мінімальний розмір візуалізованого вогнища гіперфіксації РФП — 2,0—2,5 см, максимальний — до 7,0 см. Середній КА дорівнював $9,1 \pm 5,8$, максимальний — 34,0, мінімальний — 3,5.

За даними ОФЕКТ, утворення мали у більшості випадків кільцеподібну форму (56 %), у 22 % — округлу та у 22 % — неправильну.

Середній розмір новоутворень, за даними МРТ, становив близько $(4,6 \pm 1,4)$ см, мінімальний — до 2,0 см, максимальний — до 7,5 см. Форма пухлин була округлою та овальною у 33 % випадках, неправильною — у 67 %.

Після інтеграції даних ОФЕКТ та МРТ установлено, що у більшості випадків гліобластом (81 %) розміри ділянок патологічної гіперфіксації РФП за даними ОФЕКТ були меншими або відповідали розмірам новоутворень, визначеним за допомогою МРТ.

З урахуванням структурної неоднорідності неопластичного процесу показники ефективності застосування методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ становили: чутливість — 97 %, точність — 81 %. Показник специфічності не оцінювали через відсутність істиннонегативних результатів.

У 8 (19 %) випадках після інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ виявлено невідповідність даних щодо нагромадження РФП та МР-контрастної речовини (рис. 1), що дало змогу уточнити інформацію щодо функціональних характеристик окремих елементів неопластичного процесу.

Частка анапластичних гліом становила 34 % (32 випадки). Середній розмір новоутворень, за даними ОФЕКТ, — $(3,3 \pm 1,4)$ см, мінімальний розмір візуалізованого вогнища гіперфіксації РФП — 1,0—1,5 см і максимальний — до 11,0 см. Середній КА дорівнював $7,5 \pm 5,8$, максимальний — 25, мінімальний — 3.

За даними ОФЕКТ, утворення мали у більшості (67 %) випадків округлу форму, у 19 % — кільцеподібну або підковоподібну, у 14 % — неправильну.

Середній розмір новоутворень, за даними МРТ, дорівнював $(3,6 \pm 1,2)$ см, мінімальний — до 1,0 см, максимальний — до 11,0 см. Форма пухлин була округлою та овальною у 21 % випадку, неправильною — у 79 %.

Після інтеграції даних ОФЕКТ та МРТ установлено, що у близько половини випадків анапластич-

них гліом (53 %) розміри ділянок патологічної гіперфіксації РФП за даними ОФЕКТ були меншими або відповідали розмірам новоутворень (рис. 2), визначеним за допомогою МРТ.

Показники чутливості та точності методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ з урахуванням структурної неоднорідності неопластичного процесу становили 74 та 53 % відповідно. Показник специфічності не оцінювали через відсутність істиннонегативних результатів.

У 15 (47 %) випадках після інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ виявлено невідповідність нагромадження РФП та МР-контрастної речовини, що дало змогу уточнити інформацію щодо функціональних характеристик окремих елементів неопластичного процесу та диференціювати ділянки пухлинної тканини з активною проліферацією.

Частка гліом I—II ступеня злоякісності становила 22 % (21 випадки). Середній діаметр новоутворень, за даними ОФЕКТ, — $(2,0 \pm 1,4)$ см, максимальний — 3,5 см, мінімальний — 0,5 см. Середній рівень КА дорівнював $9,0 \pm 2,9$, максимальний — 14, мінімальний — 4. За даними ОФЕКТ, усі утворення мали неправильну форму.

Середній розмір новоутворень, за даними МРТ, становив $(4,4 \pm 2,1)$ см, мінімальний — до 1,0 см, максимальний — до 7,5 см. Форма пухлин була округлою та овальною у 55 % випадків, неправильною — у 45 %.

У більшості випадків гліом I—II ступеня злоякісності (91 %), за даними ОФЕКТ, утворення не візуалізувалися. Під час МРТ нагромадження МР-контрастної речовини визначено лише у 2 випадках.

Специфічність та точність методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ з урахуванням структурної неоднорідності неопластичного процесу становили 90 та 86 % відповідно. Показник чутливості не оцінювали через відсутність істиннопозитивних результатів.

У 3 (14 %) випадках після інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ виявлено невідповідність даних щодо нагромадження РФП та МР-контрастної речовини, що дало змогу уточнити ступінь анаплазії пухлин.

Після зіставлення даних МРТ та ОФЕКТ у 18 (86 %) випадках за даними обох методів визначено істиннонегативний результат щодо виявлення злоякісних новоутворень серед гліом I—II ступеня злоякісності, про що свідчила відсутність накопичення РФП та МР-контрастних речовин у проекції об'ємних новоутворень, виявлених за даними МРТ. Такий підхід дав змогу диференціювати типові гліоми від анапластичних гліом та/або визначити ділянки малігнізації пухлин.

Висновки

На підставі отриманих результатів щодо чутливості, специфічності та точності методики інтеграції даних ОФЕКТ/МРТ можна вважати ефективним інструментом для діагностики гліальних пухлин го-

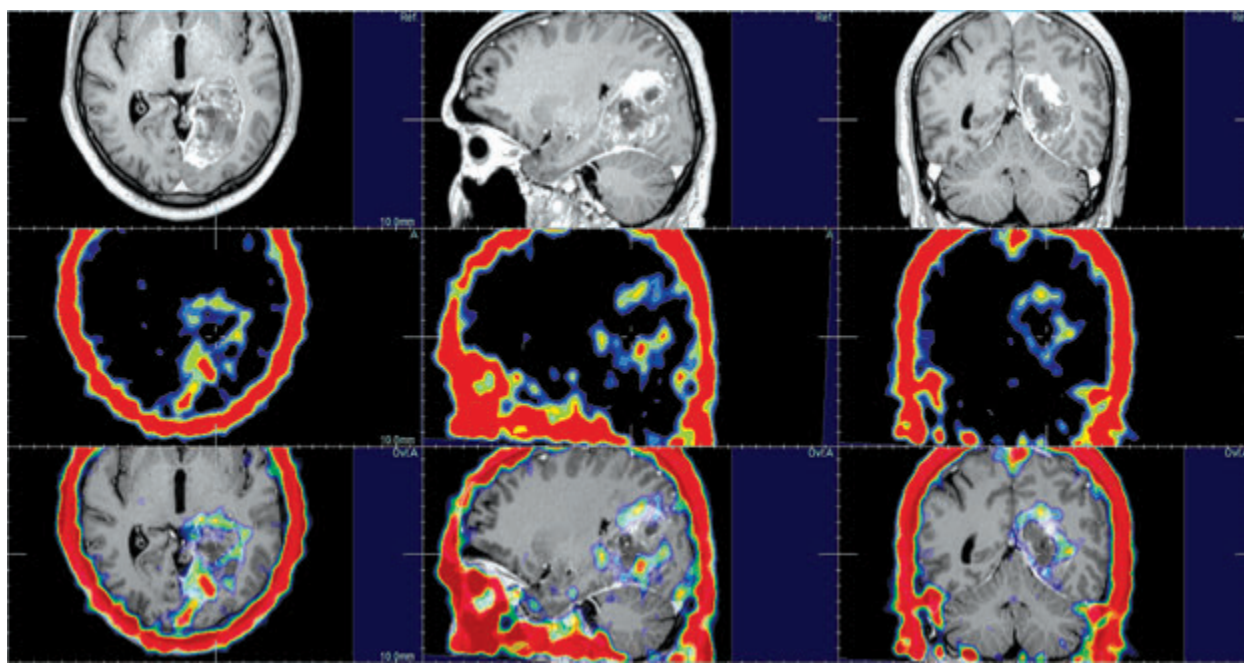


Рис. 1. Хворий Р. (спостереження № 122) з мультиформною гліобластомою лівої тім'яно-потиличної ділянки. Інтегровані дані ОФЕКТ та МРТ T1-зважених зображень з внутрішньовенним контрастуванням, в аксіальній, сагітальній та корональній проекціях. Невідповідність даних щодо нагромадження РФП та МР-контрастної речовини (^{99}Tc -пертехнетат)

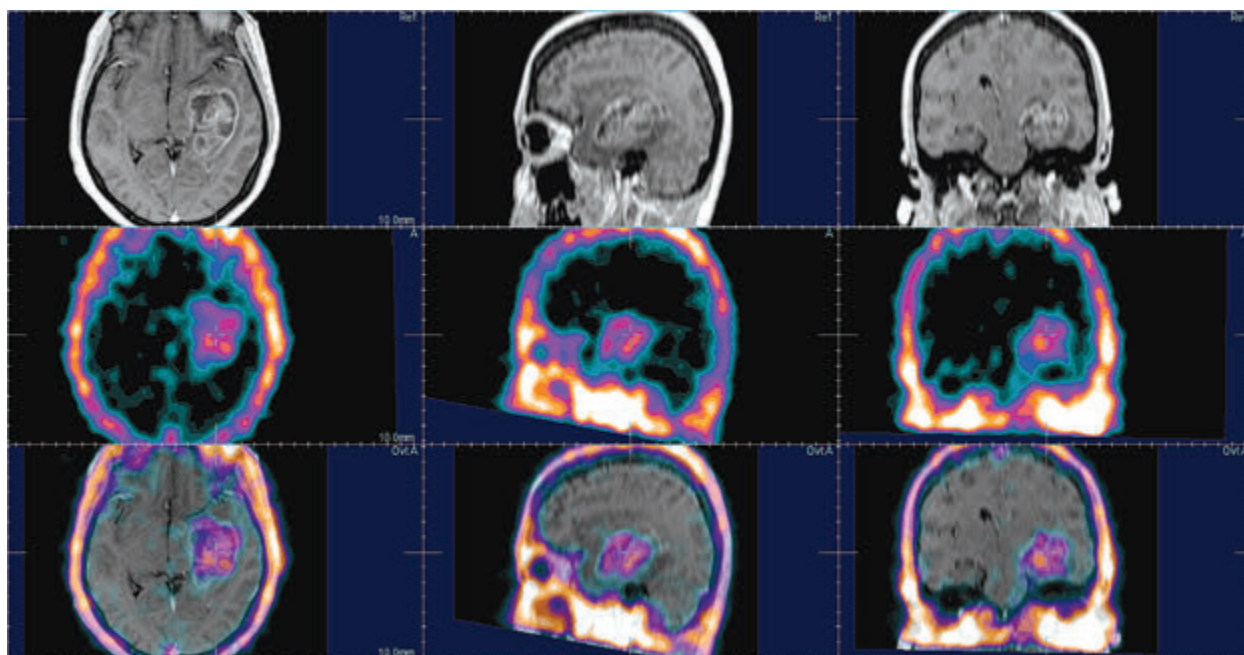


Рис. 2. Хворий П. (спостереження № 57) з анапластичною гліомою III ступеня злоякісності лівої скроневі частки. Інтегровані дані ОФЕКТ та МРТ T1-зважених зображень з внутрішньовенним контрастуванням, в аксіальній, сагітальній та корональній проекціях. Збіг ділянок нагромадження РФП та МР-контрастної речовини (^{99}Tc -пертехнетат)

ловного мозку, який завдяки комплементарному доповненню можливостей структурно-анатомічних та морфофункціональних методів нейровізуаліза-

ції дає змогу отримувати важливу додаткову інформацію щодо неопластичних процесів головного мозку гліальної природи.

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція і дизайн дослідження — С. К., С. М.; збір матеріалу — С. К., С. М., Т. Н.; обробка матеріалу, написання тексту — С. К.; статистичне опрацювання даних — С. К.; редагування тексту — С. К., С. М.

Література

1. Коваль С. С. Собственный опыт диагностики глиальных новообразований головного мозга III—IV степени анаплазии (WHO grade III—IV) с применением методики ретроспективной интеграции данных ОФЭКТ и МРТ // Евразий. онкол. журн. — 2016. — № 1 (4). — С. 101—107.
2. Розуменко В. Д., Коваль С. С., Макеев С. С. та ін. Можливості та переваги застосування суміщених ОФЭКТ/МРТ зображень у діагностиці гліобластом головного мозку // Зб. наук. пр. співробіт. НМАПО імені П. Л. Шупика. — 2014. — № 4 (23). — С. 114—119.
3. Шашков К. В. Послеоперационная оценка радикальности хирургического удаления астроцитарных глиом головного мозга (КТ и МРТ диагностика): Дис. ...канд. мед. наук. — М., 2010. — 290 с.
4. Cherry S. R. Multimodality imaging: beyond PET/CT and SPECT/CT // Semin Nucl Med. — 2009. — Vol. 39 (5). — P. 348—353.
5. Estorch M., Carrio I. Future challenges of multimodality imaging. Recent results // Cancer Res. — 2013. — Vol. 187. — P. 403—415.
6. Omuro A., DeAngelis L. M. Glioblastoma and other malignant gliomas: a clinical review // JAMA. — 2013. — Vol. 310 (17). — P. 1842—1850.
7. Ostrom Q., Gittleman H., Blank P. et al. American Brain Tumor Association Adolescent and Young Adult Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2008—2012 // Neur. Oncol. — 2015. — Vol. 18 (suppl.1). — P. 50.
8. Studholme C., Hill D. L. G., Hawkes D. J. Automated three-dimensional registration of magnetic resonance and positron emission tomography brain images by multiresolution optimisation of voxel similarity measures // Med. Physics — 1997. — Vol. 24, N1. — P. 25—35.
9. West J., Fitzpatrick J. M., Wang M. Y. Comparison and evaluation of retrospective intermodality brain image registration techniques // J. Comp. Assist. Tomogr. — 1997. — Vol. 21, N 4. — P. 554—566.

С. С. КОВАЛЬ, С. С. МАКЕЕВ, Т. Г. НОВИКОВА

ГУ «Институт нейрохирургии им. акад. А. П. Ромоданова НАМН Украины», Киев

Оценка эффективности применения методики интеграции данных ОФЭКТ/МРТ для диагностики глиальных опухолей головного мозга

Цель — оценить эффективность применения методики интеграции данных однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ)/магнитно-резонансной томографии (МРТ) для диагностики глиальных опухолей головного мозга.

Материалы и методы. 94 пациентам с гистологически верифицированными глиальными опухолями головного мозга в дооперационный период были выполнены МРТ, ОФЭКТ головного мозга и ретроспективная интеграция полученных данных ОФЭКТ/МРТ. Эффективность методики интеграции данных ОФЭКТ/МРТ оценивали по критериям чувствительности, специфичности и точности. Проведен анализ качественных и количественных характеристик опухолей.

Результаты. Выявлены следующие типы глиом головного мозга: гліобластомы (IV степень злокачественности) — 41 (44%) случай, анапластические глиомы (III—IV стадии злокачественности) — 32 (34%), глиомы типичной структуры (I—II стадии злокачественности) — 21 (22%). Чувствительность и точность методики интеграции данных ОФЭКТ/МРТ для диагностики гліобластом составили 97 и 81% соответственно, для диагностики анапластических глиом — 74 и 53% соответственно, специфичность и точность для диагностики глиом типичной структуры — 90 и 86% соответственно.

Выводы. Методика интеграции данных ОФЭКТ/МРТ — эффективный инструмент диагностики глиальных опухолей головного мозга.

Ключевые слова: глиомы головного мозга, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, интеграция данных ОФЭКТ/МРТ.

S. S. KOVAL, S. S. MAKEYEV, T. G. NOVIKOVA

SI «Institute of Neurosurgery named after acad. A. P. Romodanov of NAMS of Ukraine», Kyiv

Effectiveness evaluation of the retrospective SPECT/MRI fusion in the diagnosis of brain glioma

Objective — assessment of the effectiveness of single photon emission computed tomography (SPECT)/magnetic resonance imaging (MRI) fusion in the diagnosis of glial brain tumors.

Methods and subjects. 94 patients with verified brain glioma were subjected to consecutive MRI, SPECT with tumor seeking radiopharmaceuticals and retrospective SPECT/MRI fusion. The effectiveness of retrospective SPECT/MRI fusion in brain glioma diagnosis was evaluated by the criteria of sensitivity, specificity and accuracy. Also all cases were assessed according to the qualitative and quantitative criteria.

Results. The following types of brain glioma were identified: glioblastoma (WHO grade IV), 41 cases (44%), sensitivity 97% and accuracy 81%; anaplastic glioma (WHO grade III—IV), 32 cases (34%), sensitivity 74% and accuracy 53%; glioma (WHO grade I—II), 21 cases (22%), specificity 90% and accuracy 86%.

Conclusions. Retrospective SPECT/MRI fusion is effective in the diagnosis of brain glioma.

Key words: brain glioma, single photon emission computed tomography, magnetic resonance imaging, SPECT/MRI fusion.