



Ю.Д. Залісна¹, М.О. Ніколов^{2,3}, С.С. Макеєв⁴, П.П. Лошицький¹,
Б.Ю. Коломієць¹

Порівняльний аналіз результатів нейропсихологічного тестування та функціональної нейровізуалізації головного мозку в пацієнтів із помірними когнітивними змінами

¹ Національна медична академія післядипломної освіти
імені П.Л. Шупика МОЗ України, м. Київ

² Національний політехнічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

³ Державний університет телекомунікації, м. Київ

⁴ ДУ «Інститут нейрохірургії імені акад. А.П. Ромоданова
НАМН України», м. Київ

Мета роботи — розробити алгоритм кількісної оцінки зміни процесів просторової синхронізації перфузії головного мозку за даними однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (ОФЕКТ) з ^{99m}Tc-ГМПАО і зіставити результати його реалізації з даними нейропсихологічного тестування.

Матеріали та методи. Обстежено 6 пацієнтів віком від 45 до 60 років з діагнозами гіпертензивної енцефалопатії II стадії та атеросклеротичної гіпертензивної енцефалопатії II стадії і 6 осіб такого ж віку без ознак когнітивних порушень. Середній вік обстежених становив $(52,1 \pm 1,2)$ року, тривалість захворювання — $(9 \pm 4,2)$ року. ОФЕКТ дослідження проводили з ^{99m}Tc-ГМПАО на гамма-камері «Е.Сам». Результати аналізу томографічних зрізів голови порівнювали з бальними показниками нейропсихологічних тестів для оцінки рівня депресії за шкалою Мантгомери — Асберга (MADRS) і тривоги за шкалою Гамільтона (HARS) з оцінкою рівня уваги за методикою Шульте та оцінкою вербальної пам'яті за методикою Лурія запам'ятовування 10 слів (7 тестів). З метою інтегральної кількісної оцінки рівня когнітивних порушень запропоновано використовувати узагальнений показник тесту Шульте — Лурія і MADRS — HARS, які розраховувались як геометрична сума показників відповідних тестів.

Комп'ютерний аналіз даних ОФЕКТ здійснювали у програмному середовищі Matlab 7.9. Двовимірне зображення поперечних зрізів переводили в одновимірну розгортку в полярних системах координат кут (α) — гамма-рахунок (S). Розгортку здійснювали по спіралі за годинниковою стрілкою із кроком спіралі 1 піксель. Для аналізу отриманого сигналу запропоновано використовувати середній параметр розбіжності траєкторій $\langle \delta S \rangle$ у томографічному зрізі (що за своє суттю відображає середній просторовий градієнт радіоактивності вздовж заданого напрямку) та спектр Фур'є.

Результати та обговорення. Аналіз функції $\langle \delta S \rangle = f(z)$, де z — порядковий номер томографічного зрізу мозку, показав, що для функції $\langle \delta S \rangle = f(z)$ характерна наявність декількох піків, екстремумів. При низькому рівні когнітивних змін характерні піки обов'язкові, але виражені незначно. У міру погіршення розумових здібностей екстремуми стають більш вираженими, проте після деякого критичного рівня когнітивних порушень функціональна залежність $\langle \delta S \rangle = f(z)$ стає практично монотонною і гладкою. За наявності вогнищ гіпофіксації ^{99m}Tc-ГМПАО, які ототожнювалися з розвитком фактично незворотних великомасштабних ішемічних змін, функція $\langle \delta S \rangle = f(z)$ набуває складного хаотичного характеру. До принципів відмінностей між спектрами Фур'є пацієнтів з різним рівнем когнітивних порушень можна зарахувати рівень зашумленості. У міру збільшення патологічних змін у головному мозку рівень шуму зростає. Загальна поведінка спектра сигналу $S = f(\alpha)$ характеризується законом « $1/f$ » (f — частота коливань). Це свідчить про явища самоорганізованої критичності у просторовому розподілі перфузії головного мозку.

Висновки. У міру зменшення здатності до розумової діяльності градієнти перфузії ділянок головного мозку стають більш вираженими, порушуються умови просторової синхронізації системи через середовище. При когнітивних порушеннях, які пов'язані з морфологічно незворотними вогнищевими змінами, циркуляція біологічних рідин різко порушується. Імовірно, зменшується і функціональна значущість та диференційна функція окремих сегментів у головному мозку.

Ключові слова: здатність до розумової діяльності, головний мозок, нейропсихологічне тестування, функціональна нейровізуалізація.

Стаття надійшла до редакції 11 травня 2014 р.

Залісна Юліанна Дмитрівна, лікар-невролог, здобувач кафедри
неврології і рефлексотерапії
01030, м. Київ, вул. М. Коцюбинського, 8а
E-mail: zyulianna@gmail.com

Гомеостаз — здатність відкритої системи зберігати сталість свого внутрішнього стану за допомогою скоординованих реакцій, спрямованих на підтримку динамічної рівноваги. У зв'язку з великою різноманітністю різних функціональних і структурних підсистем в організмі, їх постійним обміном речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем у різних точках простору концентрація метаболітів усюди різна і флюктує в часі. Сталість параметрів у деякому елементарному обсязі визначається постійністю деякого середнього значення за відносно тривалий час. Просторової рівноваги, проте, не спостерігається, можна говорити лише про наявність стаціонарності як грубої системи. Кожен елементарний об'єм організму при цьому можна розглядати як деякий осцилятор, генератор, наділений автономією. Для забезпечення нормальної роботи цих генераторів і функціонування системи в цілому необхідною умовою є їх просторово-часова синхронізація. До найбільш значущих у макроскопічному сенсі підсистем, що забезпечують таку синхронізацію, поряд із нервовою й ендокринною системою, зараховують систему крові або, загальніше, біологічної рідини. Умовою виконання гомеостатичної функції біологічної рідини (синхронізатора) є практично ідеальна перемішувальність розчинених у ній компонентів, тобто забезпечення синхронізації через середовище [6].

Порушення тканинного гомеостазу, синхронізації нерідко призводить до появи і прогресування злоякісних утворень [8]. Подібних процесів, зокрема порушення синхронізації через середовище, слід чекати і при когнітивних змінах у перфузійній системі головного мозку. Судинні ураження головного мозку часто призводять до значного зниження когнітивних функцій, які є одними з основних функцій людини. Можливості пам'яті, уваги, інтелекту формують особистість індивіда, визначають успішність у навчанні, у професійній діяльності, визначають соціальний статус. Когнітивні порушення можуть формуватися як самостійно, наприклад, унаслідок вікових змін [10], тих чи тих патологічних процесів, так і в результаті інтенсивної хіміопроменевої терапії, зокрема новоутворень [11]. Тому останнім часом велику увагу почали приділяти проблемі помірних когнітивних порушень, які, ймовірно, стають початком деменції. Діагностику когнітивних порушень, як правило, проводять на основі нейропсихологічного тестування [2, 7]. Однак таке тестування визначає інтегральний рівень здатності до розумової діяльності людини й не визначає біофізичної причини порушень.

До одних із найінформативніших методів оцінки помірних і виражених когнітивних порушень

на сьогодні зараховують однофотонну емісійну комп'ютерну томографію (ОФЕКТ) та позитронну емісійну томографію головного мозку [1]. Якщо досліджувана патологія має локальний характер (пухлини, ішемічні ураження), то для їх виявлення та оцінки ступеня ураження достатньо простого порівняння, наприклад, із контралатеральною півкулею або реперною зоною. Однак для більшості системних захворювань (депресії, деменції) часто неможливо виокремити зону ураження, вогнищеві зміни відсутні, оскільки морфологічні зміни у тканинах ще не настали. З огляду на низьку просторову роздільну здатність радіонуклідних методів дослідження головного мозку патерни підвищеної та зниженої перфузії або метаболічної активності клітин не виражені. У зв'язку із цим такі кількісні параметри, як асиметрія накопичення препарату або величина об'ємного мозкового кровотока, які використовуються на практиці, стають неінформативними. Таким чином, виникає необхідність кількісної оцінки наявності процесів просторової розсинхронізації перфузії головного мозку за даними радіонуклідних досліджень.

Мета роботи — розробити алгоритм кількісної оцінки зміни процесів просторової синхронізації перфузії головного мозку за даними ОФЕКТ з ^{99m}Tc -ГМПАО (гексаметилпропіленаміноксим) і зіставити результати його реалізації з даними нейропсихологічного тестування.

Матеріали та методи

Обстежено 6 пацієнтів віком від 45 до 60 років з діагнозами гіпертензивної енцефалопатії II стадії та атеросклеротичної гіпертензивної енцефалопатії II стадії із тривалістю захворювання ($9 \pm 4,2$) року, а також 6 пацієнтів такого ж віку без ознак когнітивних порушень. Середній вік обстежених становив ($53,1 \pm 2,5$) року. Діагноз встановлювали з урахуванням характеристики клініко-неврологічного синдрому відповідно до класифікації судинних захворювань головного мозку, рекомендованої МКБ-10. Усім хворим проводили такі дослідження: клініко-неврологічне обстеження в динаміці, нейропсихологічне тестування, оцінювали артеріальний тиск за даними добового моніторингу, виконували магнітно-резонансну томографію головного мозку, ультразвукове дуплексне сканування судин голови і шиї, лабораторні дослідження, ОФЕКТ головного мозку.

ОФЕКТ проводили з ^{99m}Tc -ГМПАО на гаммакамері «Е.Сам» матрицею 64×64 , кількість проєкцій 64.

Результати аналізу томографічних зрізів голови порівнювали з бальними показниками нейропсихологічних тестів для оцінки рівня депресії за шка-

лою Мантгомері — Асберга (MADRS) і тривоги за шкалою Гамільтона (HARS) з оцінкою рівня уваги за методикою Шульте і вербальної пам'яті за методикою Лурія (запам'ятовування 10 слів, 7 тестів). Збільшення бальної оцінки (рейтингу) шкал MADRS і HARS відповідає підвищенню рівня депресії і тривоги, збільшення часу проходження тесту Шульте відповідає зниженню уваги, зменшення кількості запам'ятованих слів при тесті Лурія — зниженню здатності запам'ятовувати. З метою інтегральної кількісної оцінки рівня когнітивних порушень використовували узагальнений показник тесту Шульте — Лурія (G_1) і MADRS — HARS (G_2):

$$G_1 = \sqrt{(Sh/Sh_0)^2 + (L_0/L)^2},$$

$$G_2 = \sqrt{MADRS^2 + HARS^2},$$

де Sh — середній час проходження пацієнтом тестів Шульте, Sh_0 — ідеалізований час проходження тестів Шульте (30 с), L — сумарна кількість слів, що запам'ятав пацієнт за сім тестів Лурія, L_0 — ідеалізована кількість слів, що повинен запам'ятати пацієнт за 7 тестів Лурія (70 слів), MADRS і HARS — бальна оцінка відповідних тестів.

Комп'ютерний аналіз даних ОФЕКТ здійснювали у програмному середовищі Matlab 7.9 (ver. R2009b).

Двовимірне зображення поперечних зрізів перетворювали в одновимірну розгортку в полярних системах координат кут (α) — гамма-рахунок (S). Розгортку здійснювали по спіралі за годинниковою стрілкою з кроком спіралі 1 піксель. За початок нової системи координат приймали геометричний центр мас зрізу з координатами (x_0, y_0) [12].

Аналізували такі параметри і функції:

— середнє значення розбіжності траєкторій $\langle \delta S \rangle$, виходячи з графічного представлення $S = f(\alpha)$ у полярній системі координат:

$$\delta S_i = |S(\alpha_i) - S(\alpha_i + 360^\circ)|.$$

Розрахунок значень δS_i еквівалентний визначенню параметрів Ляпунова для сигналів у фазовому просторі. Фізичний зміст цього параметра — градієнт радіоактивності вздовж заданого напрямку;

— спектр Фур'є потужності $P_s = f(f_\alpha)$ сигналу $S = f(\alpha)$.

Результати та обговорення

Найтипівші результати зміни середнього значення параметра розбіжностей траєкторій $\langle \delta S \rangle$ залежно від номера зрізу представлені на рис. 1.

При збільшенні z розбіжність траєкторій $\langle \delta S \rangle$ знижується, однак на залежності відзначається

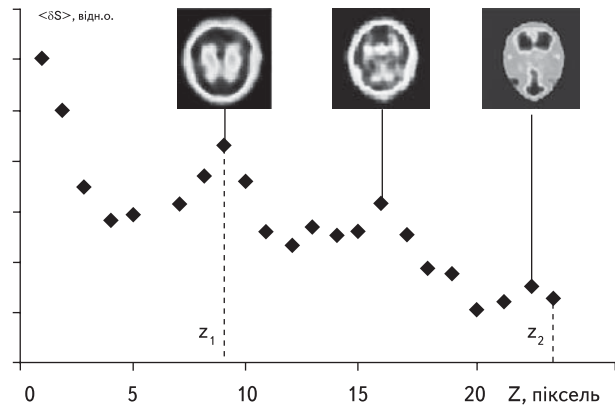


Рис. 1. Якісні результати зміни середнього значення параметра розбіжності траєкторій $\langle \delta S \rangle$ залежно від номера зрізу

декілька характерних максимумів і мінімумів. У зв'язку з індивідуальними антропометричними даними голови порівняння зрізів між різними пацієнтами в діапазоні z від 0 до z_1 було утруднено. Тому аналізували зрізи в діапазоні $[z_1, z_2]$. Залежно від ступеня когнітивних змін відзначається різна поведінка кривої $\langle \delta S \rangle = f(z)$ (рис. 2), де суцільна лінія — це лінійна функція апроксимації даних з коефіцієнтом нахилу $a \langle \delta S \rangle$.

За низького рівня когнітивних змін характерні піки, показані на рис. 2, обов'язкові, але виражені незначно. У міру погіршення розумових здібностей екстремуми стають більш вираженими, проте після деякого критичного рівня когнітивних порушень функціональна залежність $\langle \delta S \rangle = f(z)$ стає практично монотонною і гладкою. За наявності вогнищ гіпофіксації ^{99m}Tc -ГМПАО, які ототожнюються з появою незворотних великомасштабних ішемічних ділянок, функція $\langle \delta S \rangle = f(z)$ набуває складного хаотичного характеру. Кількісно «поведінку» $\langle \delta S \rangle = f(z)$ можна охарактеризувати квадратом коефіцієнта кореляції (R^2) між реальними даними $\langle \delta S \rangle$ і лінією апроксимації (таблиця). Інтегральна лінійна швидкість зменшення $\langle \delta S \rangle = f(z)$, яку оцінювали за коефіцієнтом нахилу лінійної функції апроксимації $a \langle \delta S \rangle$, так само високо корелює зі ступенем когнітивних порушень (таблиця).

Якісна поведінка спектра Фур'є потужності $P_s = f(f_\alpha)$ сигналу $S = f(\alpha)$, приклад якого представлений на рис. 3, не залежала від номера зрізу й пацієнтів. У логарифмічному масштабі спектр із коефіцієнтом кореляції 0,85—0,92 описується лінійною залежністю. До принципових відмінностей між спектрами ОФЕКТ пацієнтів з різним ступенем когнітивних змін можна віднести рівень зашумленості. У міру збільшення патологічних змін у головному мозку рівень шуму зростає, що

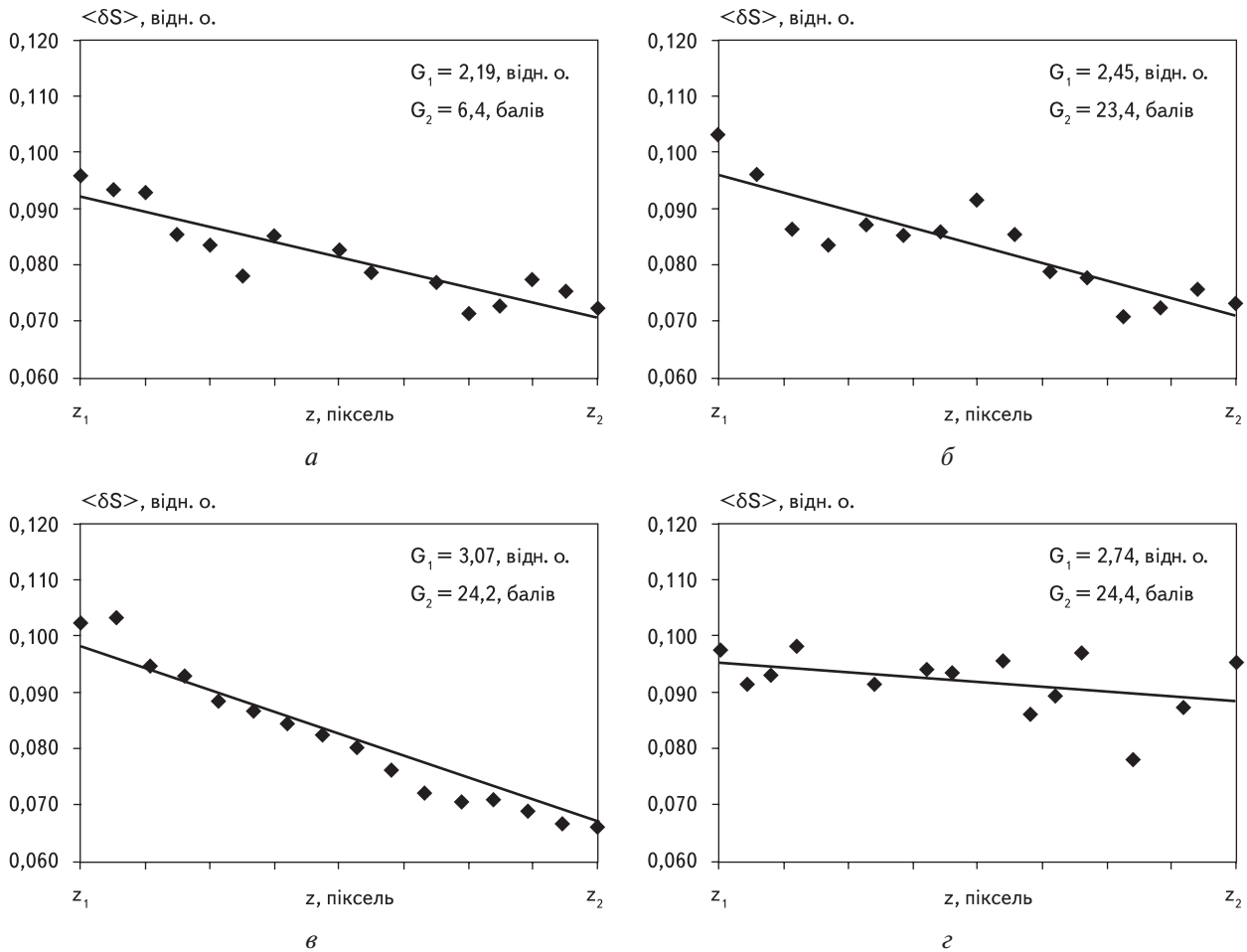


Рис. 2. Залежності $\langle \delta S \rangle = f(z)$ в діапазоні $z \in [z_1, z_2]$ для: а – незначних когнітивних змін; б, в – виражених когнітивних змін; г – виражених когнітивних змін з наявністю вогнищ гіпофіксації препарату

характеризує середньоквадратичне відхилення реального спектра від лінійної функції апроксимації σ_f (див. таблицю).

Відзначимо, що такі спектри сигналів відомі як «шум мерехтіння», або «флікер-шум», або шум $1/f$. Шум мерехтіння вказує на те, що на динаміку системи впливають минулі події, і навпаки, «білий», або випадковий, шум означає відсутність кореляції між поточною динамікою і минулими подіями. Шум мерехтіння надзвичайно поширений у природі. Він спостерігається в активності Сонця, випромінюванні галактик, електричному струмі, що протікає через резистор, потоці води в річці. Теорія самоорганізованої критичності пропонує досить загальну інтерпретацію цього явища: шум мерехтіння — це суперпозиція сигналів усіх амплітуд і тривалості сигналів, які виникають, коли система, перебуваючи у критичному стані, породжує ланцюгові реакції всіх амплітуд і тривалостей [3, 9]. Таким чином, збільшення зашумленості спектра $P_s = f(f_\alpha)$ можна трактувати як втрату просторової синхронізації перфузії відділів головного мозку.

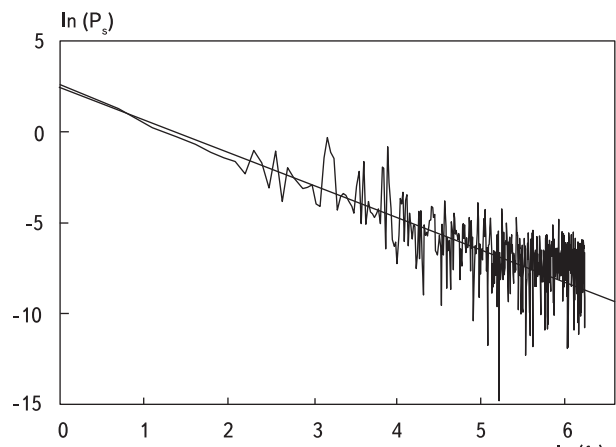


Рис. 3. Типовий спектр Фур'є потужності сигналів $S = f(\alpha)$

Так само слід звернути увагу на усереднені результати 6 пацієнтів, які були зараховані до категорії «умовна норма». Дані ОФЕКТ, відповідно до розробленого алгоритму обробки скінтиграфічних зображень, показують досить високий

Таблиця

Зміна кількісних показників даних ОФЕКТ залежно від рівня когнітивних порушень

Номер пацієнта	G ₁ , відн. о.	Sh, с	L, слів	G ₂ , бали	MADRS, бали	HARS, бали	a$\langle\delta S\rangle \times 10^{-3}$, відн. о./піксель	R ² , відн. о.	σ , відн. о.
1	2,19	49	48	6,4	4	5	-1,2	0,81	1,31
2	2,61	57	39	11,2	10	5	-1,3	0,80	1,32
3	3,23	76	35	15,0	9	12	-2,1	0,63	1,33
4	2,45	50	39	23,4	18	15	-1,9	0,75	1,34
5	3,07	60	30	24,2	15	19	-2,5	0,85	1,36
6 (вогнищеві зміни)	2,74	56	35	24,4	14	20	-0,3	0,16	1,35
7—12 (умовна норма)	1,49	31	64	—	—	—	-1,8	0,74	1,34

рівень когнітивних порушень, що суперечить показникам G₁ і G₂. Ця особливість, можливо, пов'язана з наступними факторами. По-перше, віковий діапазон пацієнтів, що становлять групу умовної норми, статистично достовірно перевищував вік пацієнтів з когнітивними порушеннями і був у межах 56—65 років. По-друге, під час проведення томографічних досліджень, тим більше радіонуклідних, пацієнти нерідко відчувають різної інтенсивності фобії, страх перед можливим виявленням несприятливої патології [5]. Крім цього, багато пацієнтів, не знайомі з методикою проведення діагностичної процедури, медико-біологічною лексикою і не мають відповідних абстрактно-асоціативних зв'язків, виявляють виражені когнітивні розлади. Свідомість, логіка або когнітивні здібності пацієнта стають у цьому випадку залежними від лікаря-фахівця. І, нарешті, по-третє, не можна на цьому етапі досліджень виключити нелінійну й немонотонну залежність запропонованих інтегральних параметрів ОФЕКТ-зображень від рівня когнітивних порушень за даними нейропсихологічного тестування.

Література

1. Ахутина Т.В., Меликян З.А. Нейропсихологическое тестирование: обзор современных тенденций. К 110-летию со дня рождения А.Р. Лурия [Электронный ресурс] // Клиническая и специальная психология. — 2012. — № 2. — 17 с. — Режим доступа: <http://psyjournals.ru/psyclin/2012/n2/52599.shtml>.
2. Захаров В.В. Эволюция когнитивного дефицита: легкие и умеренные когнитивные нарушения // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. — 2012. — № 2. — С. 16—21.
3. Карманов А.П., Матвеев Д.В. Концепция само-

Висновки

1. У міру прогресування когнітивної дисфункції градієнти перфузії ділянок головного мозку стають більш вираженими, порушуються умови просторової синхронізації системи через середовище. При помірних когнітивних порушеннях, пов'язаних із морфологічно незворотними вогнищевими змінами, циркуляція біологічних рідин різко порушується.

2. Проведені пілотні клінічні дослідження показали перспективність розвитку методів кількісної оцінки рівня когнітивного зниження у хворих на гіпертензивну енцефалопатію та атеросклеротичну й гіпертензивну енцефалопатію II стадії за даними ОФЕКТ з ^{99m}Tc-ГМПАО на основі розрахунку інтегральних показників розподілу препарату в головному мозку. До таких показників належать: зміна середнього градієнта радіоактивності вздовж заданого напрямку від зрізу до зрізу; показники відхилення сигналу спектра Фур'є від його лінійної апроксимації в подвійному логарифмічному масштабі. Коефіцієнт кореляції між запропонованими кількісними даними ОФЕКТ і результатами нейропсихологічного тестування становив 0,63—0,96.

организованной критичности в приложении к исследованию динамики биосинтеза лигнина // Химия растительного сырья. — 2001. — № 2. — С. 31—37.

4. Катаева Г.В. Устойчивые паттерны распределений регионального мозгового кровотока и скорости метаболизма глюкозы в головном мозге человека: Автореф. дис. ... канд. биол. наук 03.00.13. — Физиология. — СПб, 2008. — 21 с.
5. Палкина А.А., Болгова И.И., Мухина В.И. и др. Диагностика уровня тревоги в комплексе психологической подготовки пациента к МРТ-обследованию // Променева диагностика, променева терапія. — 2014. — № 1—2. — С. 61—62.

6. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математические модели в биофизике. — М.: Наука, 1975. — 344 с.
7. Сорокина И.Б., Гудкова А.А., Гехт А.Б. Умеренные когнитивные расстройства при сосудистых заболеваниях головного мозга: диагностика и принципы терапии // Трудный пациент. — 2010. — № 3. — С. 56—60.
8. Черезов А.Е. Общая теория рака: тканевый подход. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 252 с.
9. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality // Phys. Rev. A. — 1988. — Vol. 38, N 1. — P. 364—374.
10. Deary I.J., Corley J., Gow A.J. et al. Age-associated cognitive decline // British Medical Bulletin. — 2009. — Vol. 92. — P. 135—152.
11. Jim H.S.L., Phillips K.M., Chait S. et al. Meta-Analysis of Cognitive Functioning in Breast Cancer Survivors Previously Treated With Standard-Dose Chemotherapy // J. Clin. Oncol. — 2012. — Vol. 30, N 29. — P. 3578—3579.
12. Nikolov N.A., Zalisna Yu.D., Makeyev S.S. et al. Quantitative Analysis of Brain SPECT with ^{99m}Tc -HMPAO in Patients with Mild Cognitive Changes // Proceedings of 2014 IEEE 34th International Scientific Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2014). April 15—17, 2014, Kiev, Ukraine. — P. 295—298.

Ю.Д. Залесная¹, Н.А. Николов^{2,3}, С.С. Макеев⁴, П.П. Лошицкий¹, Б.Ю. Коломиец¹

Сравнительный анализ результатов нейропсихологического тестирования и функциональной нейровизуализации головного мозга у пациентов с умеренными когнитивными изменениями

¹ Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л. Шупика МЗ Украины, г. Киев

² Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев

³ Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев

⁴ ГУ «Институт нейрохирургии имени акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев

Цель работы — разработать алгоритм количественной оценки изменения процессов пространственной синхронизации перфузии головного мозга по данным однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) с ^{99m}Tc -ГМПАО и сопоставить результаты его реализации с данными нейропсихологического тестирования.

Материалы и методы. Обследованы 6 пациентов в возрасте от 45 до 60 лет с диагнозами гипертензивной энцефалопатии II стадии и атеросклеротической гипертензивной энцефалопатии II стадии, а также 6 пациентов того же возраста без признаков когнитивных нарушений. Средний возраст обследованных составлял $(52,1 \pm 1,2)$ года, длительность заболевания — $(9 \pm 4,2)$ года. Диагноз устанавливали с учетом характеристики клинко-неврологического синдрома в соответствии с классификацией сосудистых заболеваний головного мозга, рекомендованной МКБ-10. Всем больным проводили следующие исследования: клинко-неврологическое обследование в динамике, нейропсихологическое тестирование, оценивали хронобиологическую структуру артериального давления по данным суточного мониторинга, проводили ультразвуковое дуплексное сканирование сосудов головы и шеи; лабораторные исследования, ОФЭКТ головного мозга.

Результаты и обсуждение. Анализ функции $\langle \delta S \rangle = f(z)$, где z — порядковый номер томографического среза мозга, показал, что для функции $\langle \delta S \rangle = f(z)$ характерно наличие нескольких пиков, экстремумов. При низком уровне когнитивных изменений характерные пики обязательны, но выражены незначительно. По мере ухудшения умственных способностей экстремумы становятся все более выраженными, однако после некоторого критического уровня когнитивных нарушений функциональная зависимость $\langle \delta S \rangle = f(z)$ становится практически монотонной и гладкой. При наличии очагов гипоперфузии ^{99m}Tc -ГМПАО, которые отождествлялись с появлением фактически необратимых крупномасштабных ишемических изменений, функция $\langle \delta S \rangle = f(z)$ принимает сложный хаотический характер. К принципиальным различиям между спектрами Фурье пациентов с различным уровнем нарушения когнитивных изменений можно отнести уровень зашумленности. По мере увеличения патологических изменений в головном мозге уровень шума возрастал. Общее поведение спектра сигнала $S = f(\alpha)$ характеризуется законом « $1/f$ » (f — частота колебаний). Это свидетельствует о явлениях самоорганизованной критичности в пространственном распределении перфузии головного мозга.

Выводы. По мере уменьшения способности к умственной деятельности градиенты перфузии участков головного мозга становятся все более выраженными, нарушаются условия пространственной синхронизации системы через среду. При когнитивных нарушениях, связанных с морфологически необратимыми очаговыми изменениями, циркуляция биологических жидкостей резко нарушается. Вероятно, уменьшается и функциональная значимость и дифференциальная функция отдельных сегментов в головном мозге.

Ключевые слова: способность к умственной деятельности, головной мозг, нейропсихологическое тестирование, функциональная нейровизуализация.

Y.D. Zalisna¹, N.A. Nikolov^{2,3}, S.S. Makeyev⁴, P.P. Loshitskiy¹, B.Yu. Kolomic¹

Comparative analysis of neuropsychological tests and functional neuroimaging of the brain in patients with mild cognitive changes

¹ P.L. Shupik National Medical Academy of Postgraduate Education, Kyiv, Ukraine

² National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

³ State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

⁴ Institute of Neurosurgery named after A.P. Romodanov of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Objective. To develop algorithm for quantitative assessment of changes in the spatial synchronization of brain perfusion single-photon according to the emission computed tomography (SPECT) with ^{99m}Tc-HMPAO and comparing the results of its implementation, according to neuropsychological testing.

Materials and methods. Examinations involved 6 patients aged 45 to 60 years diagnosed with hypertensive encephalopathy (HE) of atherosclerotic and II stage hypertensive encephalopathy (ATHE). The average age of the patients was 52.1 ± 1.2 years, duration of disease in patients with HIM — 9 ± 4.2 years. SPECT studies performed with ^{99m}Tc- HMPAO gamma camera «E.Cam». The analysis of the results of the brain tomographic slices were compared with ball head figures neuropsychological tests to assess the level of depression on a scale Manthomeri — Asberg (MADRS) and the Hamilton scale anxiety (HARS), with an estimate of the method Schulte attention and verbal memory assessment methodology Luria with remembering of ten words (7 tests). To perform the integral quantified assessment of cognitive impairments, it was suggested to use general indicator test Schulte — Luria and MADRS — HARS, which were calculated as the geometric sum of appropriate tests. Computer analysis SPECT was performed in the software environment Matlab 7.9. Two-dimensional images of cross sections translated into one-dimensional scan in polar coordinate angle (α) — Gamma expense (S). Scan performed in a spiral clockwise in increments of 1 pixel spiral. For the analysis of the received signal has been proposed to use the average difference parameter trajectories $\langle \delta S \rangle$ in tomographic slice (which in essence reflects the average spatial gradient of radioactivity along a given direction) and Fourier spectrum.

Results and discussion. Analysis functions $\langle \delta S \rangle = f(z)$, where z - serial number tomographic slice of the brain showed that the function $\langle \delta S \rangle = f(z)$ is characterized by multiple peaks extremes. At a low level of cognitive changes characteristic peaks required, but expressed slightly. As the deterioration of mental faculties extremes are becoming more pronounced, but after some critical level of cognitive impairment functional dependence $\langle \delta S \rangle = f(z)$ becomes almost monotonous and smooth.

If there are pockets of ^{99m}Tc- HMPAO hipofiksatsiyi who identified with the advent of large-scale virtually irreversible ischemic changes function $\langle \delta S \rangle = f(z)$ becomes complicated chaotic. By the fundamental differences between the Fourier spectra of patients with different levels of violations cognitive changes include zashumlennosti level. As the pathological changes in the brain increased noise. The general behavior of the signal $S = f(\alpha)$ is characterized by Law «1 / f» (f — frequency oscillations). This demonstrates the phenomenon of self-organized criticality in the spatial distribution of perfusion of the brain.

Conclusions. With the reduction of the ability to mental activity, the perfusion gradients in the parts of brain become more intensive, and the conditions of the spatial synchronization of the system via medium are violated. At cognitive impairments, associated with the focal, morphologically irreversible changes, the biological fluids circulation is being acutely disrupted. Probably, the functional significance and differential function of individual segments in the brain are violated as well.

Key words: capacity for mental activity, brain, neuropsychological testing, functional neuro-imaging.