

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 621:616.71

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АНАЛІЗУ ГЕМОДИНАМІКИ НИРОК ЗА СЦИНТИГРАФІЄЮ

Коваленко М. М., Ніколов М. О., Ступницький В. С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Email: VladimirStupnytskiy@gmail.com, KovalenkoMykolaM@gmail.com, Nikolka_@ukr.net

Метою цієї роботи є аналіз сцинтиграфічних зображень непрямой ренангіографії пацієнтів хворих на хронічний пілонефрит.

Сцинтиграфічні зображення непрямой ренангіографії характеризуються низькою роздільною здатністю. Тому ефективна перфузія тканин оцінюється за кінетикою радіофармпрепарату (РФП) у всій нирці. В цьому випадку, нирка представляється як зосереджена система, тобто як математична точка. В свою чергу це призводить до втрати діагностичної інформації, яка характеризує нирку як просторово-розподілену систему.

У роботі описано розроблений алгоритм для аналізу типів кінетичних кривих радіофармпрепарату в нирках та їх подальшій класифікації. Зазначений алгоритм надає можливість на кількісному рівні оцінювати явище синхронізації функціонального стану груп нефронів.

Ключові слова: непряма ангіографія, сцинтиграфія, нирки.

Вступ

Одним із найбільш інформативних методів діагностики сечовидільної системи є радіонуклідна діагностика. Цей метод дозволяє дослідити анатомо-топографічні особливості нирок, тобто де і як розташовані нирки, їх кількість, розміри, наявність аномалій розвитку. Основною перевагою радіонуклідних методів дослідження нирок в порівнянні з іншими методами діагностики є можливість дослідження функціонального стану сечовидільної системи. Це дає можливість оцінити кількість функціонуючої паренхіми нирок, секреторну, фільтраційну та екскреторну функцію нирок.

Візуалізація нирок відбувається за рахунок використання нефротропних препаратів, тобто таких, які фактично спеціалізовано накопичуються в нирках. До цих препаратів прикріплюється радіоізотопна мітка, зокрема ^{99m}Tc . Саме завдяки радіонуклідним ізотопам є можливість отримати інформацію про розподілення препарату в організмі [1].

Непряма ангіографія – це допоміжна методика досліджень, котра проводиться в перші секунди після внутрішньовенного введення радіофармпрепаратів (РФП) [2]. Вона дозволяє оцінити часові параметри ниркової гемодинаміки, діагностувати наявність стенозу ниркової артерії та

оцінити рівень васкуляризації пухлини нирки [2].

Непряма ангіографія дозволяє оцінити ефективну перфузію кровопостачання нирки. За своєю сутністю ця методика подібна до експериментального виміру імпульсної характеристики системи.

Під час проведення дослідження, запис інформації починається відразу після болюсного введення радіофармпрепарату в організм з часом експозиції якомога меншим, близько 1-2 с, протягом 30-60 с. Удосконаленню обробці та аналізу непрямой ангіографії присвячено дана робота.

Основна частина

Розроблено оригінальний алгоритм для аналізу типів кінетичних кривих радіофармпрепарату в судинах досліджуваного органу. Після завантаження зображення та виділення області зони інтересу, будується крива кінетики РФП в пікселі. Отримані криві попередньо апроксимуються, а потім на основі кореляційного аналізу об'єднуються в типи. Отримані типи кривих класифікують за їх формою (рис. 1). В розробленому алгоритмі виділено чотири класів кривих за формою. Після цього проводиться статистичний аналіз кількісної приналежності кривих до кожного з класів.

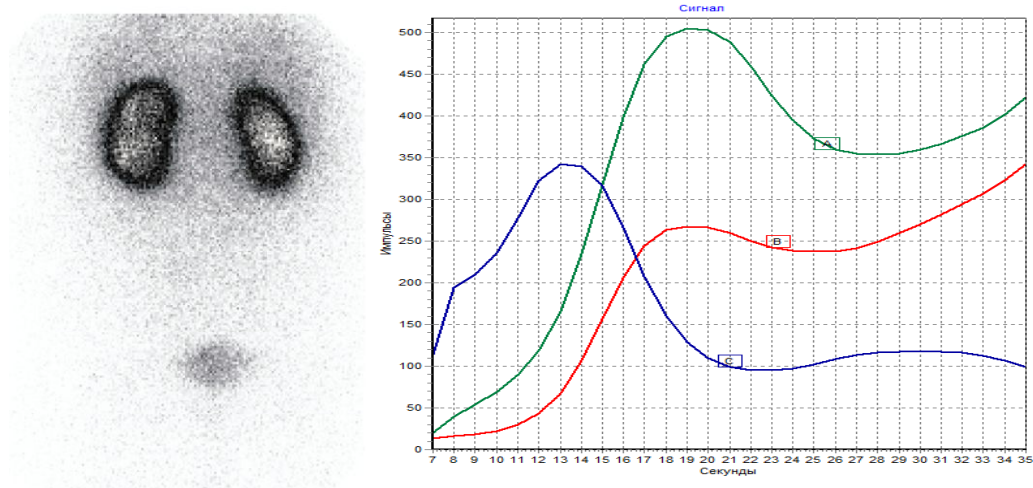


Рис. 1. Ангіографічне зображення нирок та кінетика РФП в лівій нирці (А), в правій нирці (В), та в серці (С)

Непряма ренангіографія являє собою аналог експериментального виміру імпульсної характеристики системи, тобто реакції на високоамплітудний імпульс малої тривалості. В якості цього імпульсу виступає болюс РФП. Тому до 1 класу кривих, які повинні характеризувати великі кровоносні судини були віднесені ті криві,

котрі якнайменше викривлюють вхідний сигнал, тобто мають чітко виражений високоамплітудний максимум (рис. 2). Перший максимум знаходиться по осі часу лівіше ніж певне порогове значення, другий максимум має суттєво меншу амплітуду внаслідок розбавлення РФП в організмі.

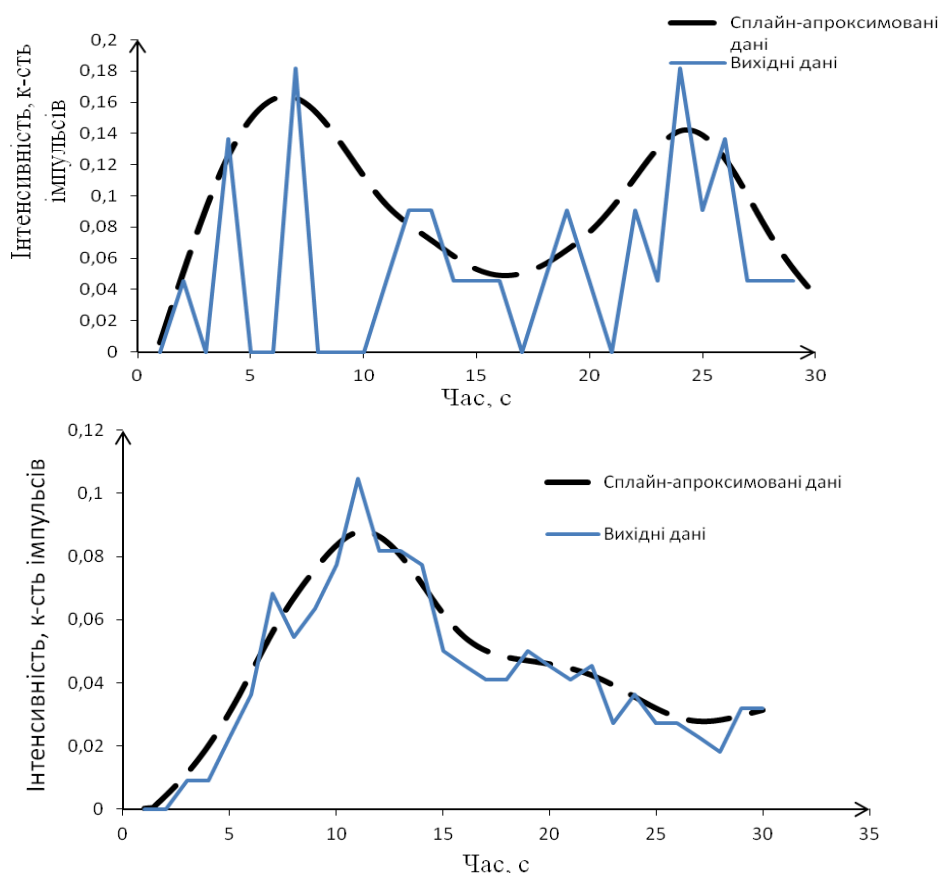


Рис. 2. Типовий вигляд кривих 1 класу

Другий клас кривих характеризує менші за площею поперечного перерізу кровоносні судини – артеріоли. Крива має два високоамплітудні максимуми, з яких перший максимум знаходиться правіше за порогове значення, тобто сигнал затриманий в часі (рис. 3).

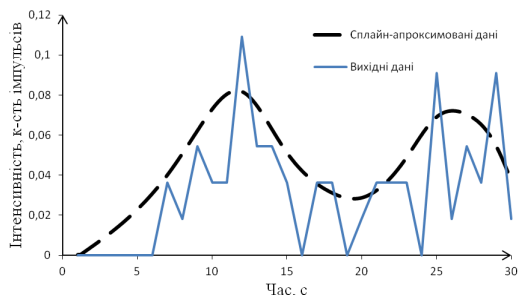


Рис. 3. Типовий вигляд кривих 2 класу

Третій клас кривих притаманний кровоносним судинам, що відповідають за венозний відтік нирки. Крива характеризується двома максимумами (рис. 4). Перший максимум має менше значення інтенсивності ніж другий. Це означає, що введена речовина починає виводитися з органу, що досліджується.

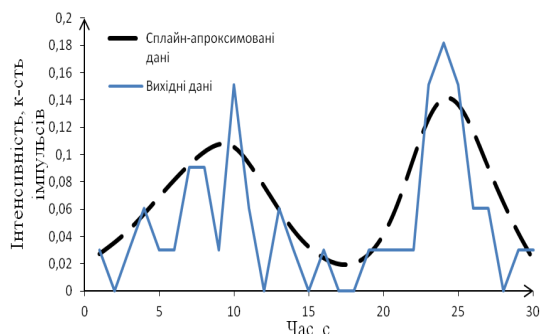


Рис. 4. Типовий вигляд кривих 3 класу

Криві 4-го класу не мають високоамплітудних максимумів, крива є більш згладженою (рис. 5). Клас характеризує дрібні кровоносні судини, в яких швидкість та тиск крові незначні.

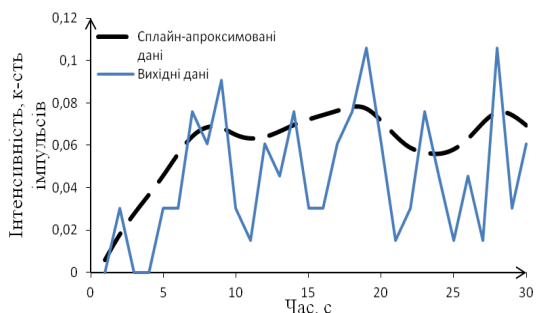


Рис. 5. Типовий вигляд кривих 4 класу

Після цього дані класи кривих візуалізуються

на зображенні (рис. 6).

На основі отриманих класів побудовано гістограму (рис. 7), яка показує кількість кривих, які увійшли до кожного класу.

Таким чином, розроблений алгоритм дозволяє якісно оцінити кровоносну систему досліджуваного органу: здійснити аналіз розподілу класів та типів.

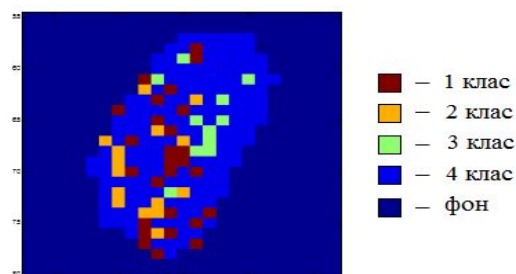


Рис. 6. Візуалізація класів кривих в зоні інтересу

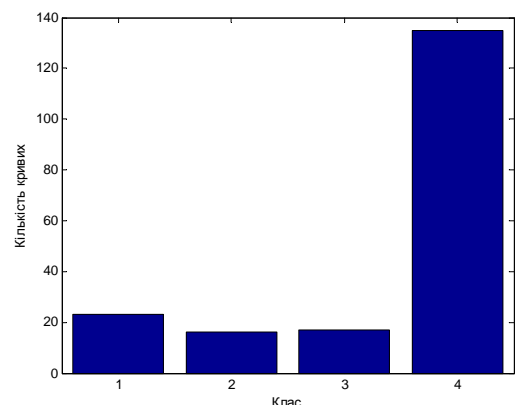


Рис. 7. Гістограма кількості кривих по класах

Для апробації методики аналізу зображень було проаналізовано дані непрямої ренангіосцинтиграфії 54 нирок у 30 пацієнтів. Ангіографію проводили з РФП ^{99m}Tc -ДМСО (диметиленсукцинатацет). Основний діагноз захворювання нирок у пацієнтів, що досліджувались – піелонефрит.

Сцинтиграфічні зображення нирок були розділені на три групи: перша – нирки з достатньою функціональною здатністю паренхіми, з рівномірним розподіленням РФП, друга група – з достатньою функціональною здатністю паренхіми, але з ознаками вогнищевих змін, які трактуються як ділянки склерозу, третя група – з помірно зниженою функціональною активністю паренхіми з дифузійно-нерівномірним розподілом препарату. Функціональну активність паренхіми оцінювали на основі відсотка включення РФП в нирку по відношенню до введеної активності.

Результати ймовірності спостереження класу кривих кінетики РФП в точці представлені в табл. 1.

Аналіз табл. 1 показує, що найчастіше

фіксуються криви третього класу у всіх групах зображень нирок.

Ентропія ймовірнісного розподілу кривих найменша в групі з вогнищевими змінами в паренхімі. Водночас, для пацієнтів, що

досліджувались в даній роботі характерна дещо підвищена загальна функція нирок для другої групи зображень.

Таблиця 1. Ймовірності спостереження класу кривих кінетики РФП в точці

| Група зображень нирок | Ймовірність спостереження класу кривих кінетики РФП в точці | | | | Ентропія ймовірнісного розподілення | Питомий відсоток включення РФП в нирку, %/см ² |
|--|---|-------|-------|-------|-------------------------------------|---|
| | p_1 | p_2 | p_3 | p_4 | | |
| I – відносно рівномірний розподіл РФП | 0,28 | 0,21 | 0,35 | 0,16 | 1,18 | 0,18 |
| II – вогнищево нерівномірний розподіл РФП | 0,32 | 0,09 | 0,45 | 0,14 | 1,00 | 0,19 |
| III – дифузійно нерівномірний розподіл РФП | 0,26 | 0,17 | 0,35 | 0,22 | 1,15 | 0,12 |

Це свідчить про те, що паренхіма нирок для цих пацієнтів, намагаючись компенсувати функціональну активність «втрачених» нефронів, працює в функціонально напруженому режимі. Цей режим роботи нефронів можна трактувати як гіперфункціональний, а з точки зору динамічного режиму – в режимі синхронізації [1 2]. Це також підтверджується відносно високими значеннями коефіцієнту кореляції між p_2 - p_4 та питомим відсотком включення РФП в нирку ($r \sim 0,7$) для другої групи.

Для зображень нирок першої групи спостерігається кореляція між питомим відсотком включення РФП в нирку й p_2 ($r=0,7$), для третьої групи значення коефіцієнтів кореляції не перевищувало 0,35.

Висновки

1. Зображення непрямої ренангіосцинтиграфії характеризуються низькою роздільною здатністю. Ефективна перфузія тканин оцінюється за кінетикою радіофармипрепарату у всій нирці. При цьому нирка представляється як зосереджена система (математична точка), а не як просторово-розподілена система, то це призводить до втрати діагностичної інформації.

2. Розроблений алгоритм аналізу скінтиграфічних зображень нирок за даними ренангіосцинтиграфії дозволяє отримати додаткову корисну інформацію про функціональний стан паренхіми нирок.

3. Удосконалення розробленого методу

аналізу зображень дозволить на кількісному рівні оцінювати явище синхронізації функціонального стану груп нефронів, що надасть принципово нову діагностично важливу інформацію спеціалістам ядерної медицини та лікарям-нефрологам.

Література

1. Кундин В. Ю. Радиофармацевтические препараты для визуализации и оценки функционального состояния мочевыделительной системы / В. Ю. Кундин, С. В. Поспелов // Урология. - 2012. - Т. 16, № 2. - С. 58-64.
2. Лишманов Ю. Б., Чернов В. И. Радионуклидная диагностика для практических врачей / Под ред. Ю. Б. Лишманова, В. И. Чернова. – Томск: STT, 2004. – 163 с.
3. Ткаченко М. Н. Радиология (лучевая диагностика и лучевая терапия). – К.: Книга плюс, 2013. – С. 421.
4. Синхронизация ансамблей нефронов по данным реносцинтиграфии / Н. А. Николов, Н. Н. Коваленко, Д. А. Супрунюк, А. Л. Каминская, В. Ю. Кундин // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування. – 2015. – Вип. 49(1). – С. 158-169.
5. Емельянова Ю. П. Динамика связанных нефронов и режим широкополосной синхронизации / Ю. П. Емельянова, А. П. Кузнецов, Э. Мозекилде, Я. Л. Лаугесен // Нелинейная динамика. – 2012. – Т. 8, № 5. – С. 875 – 896.

УДК 621:616.71

Н. М. Коваленко, М. А. Николов, В. С. Ступницький

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", г. Киев, Украина

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АНАЛИЗА ГЕМОДИНАМИКИ ПОЧЕК ПО СЦИНТИГРАФИИ

Целью работы является анализ скintiграфических изображений косвенной ренангиографии пациентов, больных хроническим пиелонефритом.

Сцинтиграфические изображения косвенной ренангиографии характеризуются низким разрешением. Поэтому эффективная перфузия тканей оценивается по кинетике радиофармпрепаратов во всей почке. В этом случае, почка представляется как сосредоточенная система, то есть как математическая точка. В свою очередь, это приводит к потере диагностической информации, которая характеризует почку как пространственно-распределенную систему.

В работе описан разработанный алгоритм для анализа типов кинетических кривых радиофармпрепаратов в почках и их дальнейшей классификации. Алгоритм анализа скintiграфических изображений почек по данным ренангиосцинтиграфии позволяет получить дополнительную полезную информацию о функциональном состоянии паренхимы почек. Указанный алгоритм позволяет на количественном уровне оценивать явление синхронизации функционального состояния групп нефронов.

Ключевые слова: косвенная ангиография, скintiграфия, почки, паренхима почек.

M. Kovalenko, M. Nikolov, V. Stupnitsky

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

DEVELOPMENT OF ALGORITHM OF THE RENAL HEMODYNAMICS ANALYSIS BY SCINTIGRAPHY

The aim of this work is the analysis of scintiographic images of indirect renangiography of patients with chronic pyelonephritis. Indirect angiography is an auxiliary research methodology that is performed in the first seconds after intravenous administration of radio-pharmaceuticals. It allows to evaluate the temporal parameters of renal hemodynamics, to diagnose the presence of renal artery stenosis and to assess the level of vascularization of the kidney tumor.

Scintiographic images of indirect renangiography are characterized by low resolution. Therefore, effective perfusion of tissues is assessed by the kinetics of radiopharmaceuticals in the entire kidney. In this case, the kidney is represented as a concentrated system, that is, as a mathematical point. In turn, this leads to a loss of diagnostic information that characterizes the kidney as a spatially-distributed system.

The paper describes the developed algorithm for analyzing the types of kinetic curves of radiopharmaceuticals in the kidneys and their further classification. The algorithm for the analysis of scintiographic images of the kidneys according to renangioscintigraphy allows us to obtain additional useful information on the functional state of the renal parenchyma. This algorithm allows us to quantify the phenomenon of synchronization of the functional state of the nephron groups, which will provide fundamentally new diagnostic and important information to specialists in nuclear medicine and nephrologists.

Keywords: indirect angiography, scintiography, kidneys, renal parenchyma.

*Надійшла до редакції
14 листопада 2016 року*

*Рецензовано
26 листопада 2016 року*

© Коваленко М. М., Ніколов М. О., Ступницький В. С., 2017