

Сучасна діагностика раку передміхурової залози за допомогою fusion-біопсії: результати проспективного групового дослідження

М. Д. Соснін¹, В. О. Шапринський², В. І. Горовий², В. В. Данилко¹, М. А. Верба²

¹ДУ «Інститут урології імені академіка О. Ф. Возіанова НАМН України», м. Київ

²Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова

Рак передміхурової залози (РПЗ) є одним із найчастіших онкологічних захворювань у чоловіків. Стандартна біопсія передміхурової залози з наступною гістологічною верифікацією сьогодні є невіддільною частиною діагностики РПЗ, але кількість хибнонегативних результатів та випадків недооцінювання ступеня агресивності пухлини залишається надмірно високою. Досягнення в галузі мультипараметричної магнітно-резонансної томографії (МРТ) призвели до поліпшення виявлення пухлин передміхурової залози. Поєднання даних МРТ з трансректальним ультразвуковим дослідженням дозволяє виконати цілеспрямовану біопсію підозрілих вогнищ.

Мета дослідження: поліпшити діагностичну цінність біопсії передміхурової залози під fusion-контролем на основі результатів порівняльного аналізу показників периферичної крові та методів медичної візуалізації.

Матеріали та методи. Були проаналізовані результати проведення fusion-біопсії на базі ДУ «Інститут урології імені академіка О. Ф. Возіанова НАМН України» у 101 пацієнта з підозрою на РПЗ. Середній вік хворих становив $62,8 \pm 7,4$ року. Для оцінювання ефективності fusion-біопсії визначали такі показники: аналіз крові на загальний простатоспецифічний антиген (нг/мл); об'єм передміхурової залози згідно з МРТ (см^3); щільність простатоспецифічного антигену (нг/мл/ см^3); локалізація вогнища ураження згідно з МРТ; розмір вогнища ураження; чутливість та специфічність МРТ у виявленні РПЗ.

Результати. Основними факторами, що збільшують виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії, є: загальний рівень простатоспецифічного антигену в крові $\geq 9,44$ нг/мл ($p = 0,017$), щільність простато-специфічного антигену $\geq 0,16$ нг/мл/ см^3 ($p = 0,03$), розмір патологічного вогнища передміхурової залози $\geq 9,31$ мм ($p = 0,025$) та розташування вогнища ураження в периферичній ділянці передміхурової залози ($p = 0,006$). Фактори, що не впливають на виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії: об'єм передміхурової залози та локалізація вогнища ураження в транзитній ділянці передміхурової залози.

Висновки. Для поліпшення виявлення клінічно значущого РПЗ та зниження гіпердіагностики РПЗ низького ризику доцільно виконувати прицільну fusion-біопсію.

Ключові слова: рак передміхурової залози, магнітно-резонансна томографія, fusion-зображення.

Modern diagnosis of prostate cancer using fusion biopsy: results of a prospective cohort study

M. D. Sosnin, V. O. Shaprynskyi, V. I. Gorovyi, V. V. Danylo, M. A. Verba

Prostate cancer (PCa) is one of the most common oncological diseases in men. Standard prostate biopsy with subsequent histological verification is now an integral part of the diagnosis of PCa, but the number of false-negative results and cases of underestimation of the degree of tumor aggressiveness remain excessively high. Advances in multiparametric magnetic resonance imaging have led to improved detection of prostate tumors. Fusion of magnetic resonance imaging data with transrectal ultrasound allows for targeted biopsy of suspicious lesions.

The objective: to improve the diagnostic value of fusion-guided prostate biopsy based on the results of a comparative analysis of peripheral blood parameters and medical imaging methods.

Materials and methods. The results of fusion biopsy performed at the SI "Academician O. F. Vozianov Institute of Urology of NAMS of Ukraine" in 101 patients with suspected PCa were analyzed. The average age of the patients was 62.8 ± 7.4 years. To assess the effectiveness of fusion biopsy, the following indicators were determined: blood test for total prostate-specific antigen (ng/ml); prostate volume according to magnetic resonance imaging (cm^3); prostate-specific antigen density (ng/ml/ cm^3); localization of the lesion according to magnetic resonance imaging; size of the lesion; sensitivity and specificity of magnetic resonance imaging in detecting PCa.

Results. The main factors that increase the detection of PCa by fusion biopsy are: total blood prostate-specific antigen ≥ 9.44 ng/ml ($p = 0.017$), prostate-specific antigen density ≥ 0.16 ng/ml/ cm^3 ($p = 0.03$), size of the pathological lesion in the prostate ≥ 9.31 mm ($p = 0.025$) and location of the lesion in the peripheral area of the prostate ($p = 0.006$). Factors that do not affect the detection of PCa by fusion biopsy: prostate volume and localization of the lesion in the transitional area of the prostate.

Conclusions. To improve the detection of clinically significant PCa and reduce overdiagnosis of low-risk PCa, targeted fusion biopsy is advisable.

Keywords: prostate cancer, magnetic resonance imaging, fusion image.

Рак передміхурової залози (РПЗ) – це злоякісне новоутворення, що зберігає тенденцію до збільшення як захворюваності, так і смертності [1]. Згідно з даними глобальної статистики, у 2022 р. у світі виявлено майже 1,5 млн випадків РПЗ, а летальність унаслідок цього злоякісного новоутворення становила 396 000 випадків [1, 2]. За прогнозами науковців, до 2040 р. захворюваність на РПЗ зросте приблизно до 2,4 млн випадків через старіння та збільшення кількості населення планети [3]. В Україні за 2022 р. поширеність РПЗ сягала 6806 випадків. Летальність протягом року з моменту виявлення залишається значною – 2553 випадки [4].

Попри активне впровадження у клінічну практику алгоритмів раннього виявлення, відмінною рисою РПЗ є висока частка пухлин, виявлених на пізніх стадіях [5, 6]. Іншою особливістю цього захворювання є необхідність патогістологічної діагностики, адже основним методом верифікації діагнозу залишається біопсія передміхурової залози [7].

У питаннях діагностики РПЗ особливими проблемами залишаються точність і своєчасність. Донедавна науковці вважали, що точним скринінговим методом РПЗ є визначення простатоспецифічного антигену (ПСА), але на сьогодні є велика кількість друкованих праць, які вказують на недостатню діагностичну значущість цього маркера [7–9]. Пізніше золотим стандартом виявлення РПЗ вважалася мультифокальна біопсія передміхурової залози під ультразвуковим контролем. Основним недоліком такої біопсії була висока частота хибнонегативних результатів (близько 25%), що призводила до пізньої діагностики клінічно значущих форм РПЗ [10, 11]. У зв'язку з вищезазначеним, є необхідність у розробці додаткових методів ранньої діагностики та прогнозування перебігу РПЗ.

З розвитком методів медичної візуалізації з'явилася можливість диференціювати тканину передміхурової залози як за даними магнітно-резонансної томографії (МРТ), так і за допомогою модифікованих методів ультразвукового дослідження (УЗД) [12, 13]. Подальша технічна модернізація призвела до активного впровадження у клінічну практику прицільних методів біопсії, заснованих на результатах мультипараметричної МРТ (мпМРТ) [14, 15]. На сьогодні найефективнішим методом МРТ-прицільної біопсії передміхурової залози є fusion-біопсія [16].

Відомо, що інформативність fusion-біопсії залежить від низки факторів, насамперед від об'єму пухлини на момент діагностики [17, 18]. Однак нині у світовій науковій літературі немає чітких даних про вплив таких чинників, як: загальний рівень ПСА в крові, щільність ПСА та локалізація РПЗ на вірогідність результату fusion-біопсії. Крім того, існує проблема діагностики клінічно незначущих форм РПЗ та їх подальшого лікування, що призводить до зниження якості та тривалості життя пацієнтів [19]. Недостатнє вивчення вищезазначених фактів й обумовлює актуальність цього дослідження.

Мета дослідження: покращити діагностичну цінність біопсії передміхурової залози під fusion-контролем на основі результатів порівняльного аналізу показників периферичної крові та методів медичної візуалізації.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Ми проаналізували результати проведення fusion-біопсії у 101 пацієнта з підозрою на РПЗ (рис. 1). Середній вік хворих становив $62,8 \pm 7,4$ року. Проведено проспективне групове дослідження на базі ДУ «Інститут урології імені академіка О. Ф. Возіанова НАМН України» у період із серпня 2023 по вересень 2024 року. Дослідження виконано відповідно до етичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи проведення наукових досліджень за участю людини» від 2008 р.

У 101 пацієнта для оцінювання ефективності fusion-біопсії в діагностиці РПЗ визначали такі показники: аналіз крові на загальний ПСА (нг/мл); об'єм передміхурової залози згідно з МРТ (см³); щільність ПСА (відношення загального ПСА до об'єму передміхурової залози, нг/мл/см³); локалізація вогнища ураження згідно з МРТ (рис. 2); розмір вогнища ураження згідно з МРТ; чутливість та специфічність МРТ у виявленні РПЗ.

Середній час тривалості біопсії під fusion-контролем становив $52,4 \pm 18,6$ хв. У цей проміжок входять: завантаження даних пацієнта у програмне забезпечення, синхронізація, введення пацієнта в наркоз, проведення безпосередньої процедури fusion-біопсії та пробудження пацієнта.

Кількісні показники обробляли статистично. Статистична обробка матеріалів і результатів дослідження проведена за допомогою пакета прикладних програм Statistica фірми “StatSoft” (США). Отримані дані представлені у вигляді $M \pm \sigma$, де M – середнє значення, σ – стандартне відхилення.

Статистичну значущість відмінностей середніх арифметичних величин визначали за абсолютним показником точності згідно з таблицею відсоткових точок розподілу Стюдента залежно від коефіцієнта t та числа ступенів свободи n . На підставі t таблиці Стюдента визначали ймовірність розходження p . У більшості біомедичних праць результат дослідження, коли значення ймовірності (p -значення) менше ніж 5% ($p < 0,05$), вважається суттєвим або вірогідним. Тобто досить мало ймовірно, щоб бути випадковим і відповідати нульовій гіпотезі.

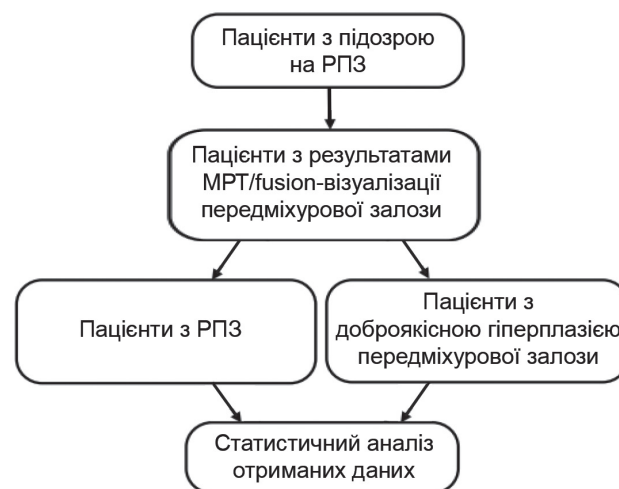


Рис. 1. Алгоритм формування вибірок пацієнтів

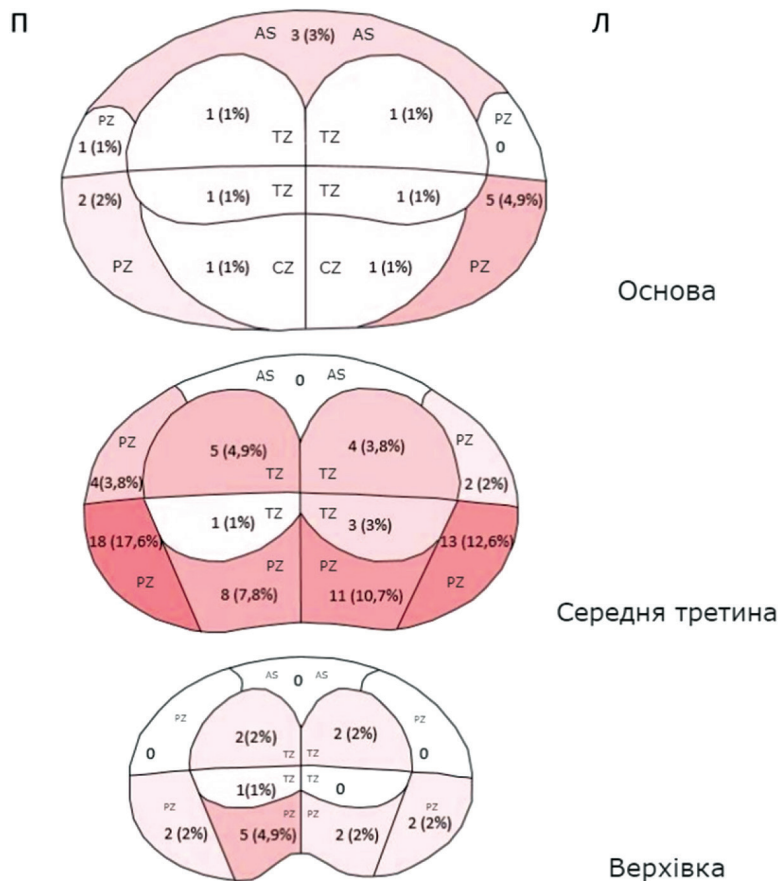


Рис. 2. Схема локалізації вогнищ уражень за результатами мпМРТ

Примітки: П – права частка передміхурової залози; Л – ліва частка передміхурової залози; AS – фібромускулярна ділянка; TZ – транзиторна ділянка; CZ – центральна ділянка; PZ – периферична ділянка.

Під час дослідження ми вивчали проблему лише на певній репрезентативній частині населення (вибірка), в результаті чого можемо зробити висновок про стан захворювання серед усієї популяції. Для цього також потрібно розрахувати необхідний розмір вибірки.

Оцінюючи ефективність МРТ у діагностиці РПЗ, ми використовували показники чутливості та специфічності діагностичного тесту, а також обчислювали коефіцієнт співвідношення вірогідностей. Для підвищення відтворення результатів мпМРТ використовували систему сегментації передміхурової залози (Prostate Imaging Reporting and Data System – PI-RADS V2) [20]. Опис локалізації підозрілого вогнища базувався на зональній анатомії передміхурової залози, що запропонована McNeal [21].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У дослідження увійшли чоловіки віком від 44 до 75 років. Середній вік пацієнтів – $62,8 \pm 7,4$ року (рис. 3).

Для 92 (91,1%) пацієнтів показанням для проведення fusion-біопсії було підвищення рівня ПСА > 2,5 нг/мл у сироватці крові, що виявлялося під час динамічного спостереження. У 9 (8,9%) чоловіків зміни в передміхуровій залозі за системою PI-RADS (4–5 балів) були виявлені виключно за

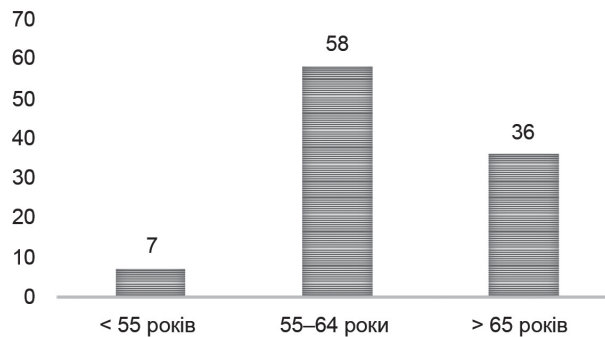


Рис. 3. Розподіл пацієнтів за віком

результатами мпМРТ. У 64 (69,6%) пацієнтів підвищення ПСА поєднувалося із симптомами ураження нижніх сечових шляхів.

Безпосередній час тривалості виконання біопсії під fusion-контролем становив $5,2 \pm 1,6$ хв. У кожного пацієнта виконували 9 пункцій передміхурової залози. Загальна кількість отриманих біоптатів становила 909. У середньому з кожного вогнища методом прицільної fusion-біопсії було відібрано 4 біоптати. Ще 5 біоптатів відібрані за межами вогнища ураження. Такий принцип проведення fusion-біопсії обумовлений необхідністю визначення ймовірності мультифокального характеру РПЗ.

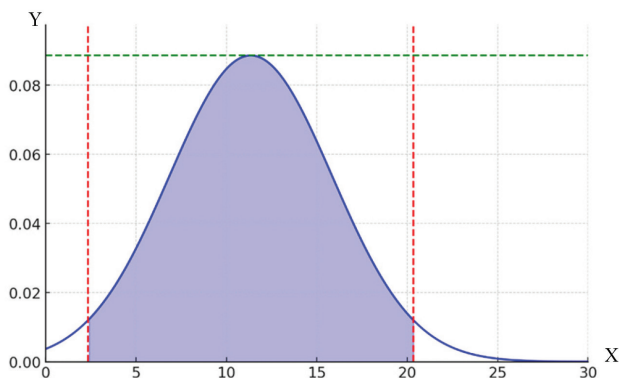


Рис. 4. Графічне зображення 95% ДІ значення загального рівня ПСА при РПЗ

Примітки: по горизонтальній осі (X) зображено значення випадкової величини; по вертикальній осі (Y) – щільність імовірності, яка показує, наскільки ймовірно, що величина прийме певне значення; червоними лініями показано нижню (2,34 нг/мл) та верхню (20,35 нг/мл) межі 95% ДІ; заштрихована ділянка під кривою між червоними лініями означає ймовірність потрапляння випадкової величини в діапазон 95% ДІ; зелена горизонтальна лінія показує найбільше значення щільності імовірності.

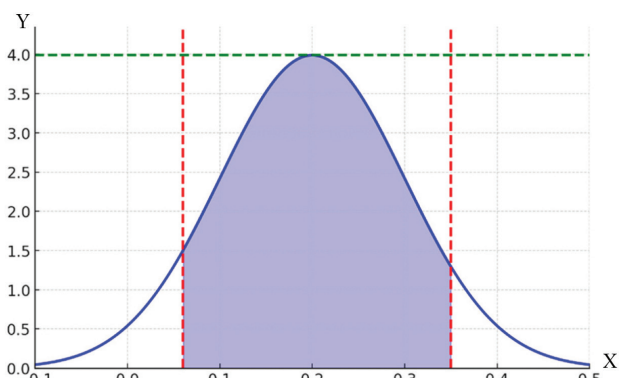


Рис. 6. Графічне зображення 95% ДІ значення щільності ПСА при РПЗ

Примітки: по горизонтальній осі (X) зображено значення випадкової величини; по вертикальній осі (Y) – щільність імовірності; червоними лініями показано нижню (0,06 нг/мл/см³) та верхню (0,35 нг/мл/см³) межі 95% ДІ; заштрихована ділянка під кривою між червоними лініями означає ймовірність потрапляння випадкової величини в діапазон 95% ДІ; зелена горизонтальна лінія показує найбільше значення щільності імовірності.

За даними результатів патогістологічного дослідження, РПЗ діагностовано у 89 (88,1%) пацієнтів. Ще у 12 (11,9%) хворих діагностували доброякісну гіперплазію передміхурової залози.

У пацієнтів, які увійшли у дослідження, середній рівень загального ПСА становив $13,59 \pm 3,89$ нг/мл. Ми встановили, що значення загального ПСА $\geq 9,44$ нг/мл є універсальним предиктором більшої ймовірності виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії ($p = 0,017$ [чутливість – 38%, специфічність – 86%]). При РПЗ 95% довірчий інтервал (ДІ) значення загального рівня ПСА перебуває в межах від 2,34 до 20,35 нг/мл (рис. 4).

За результатами МРТ, середній об'єм передміхурової залози у пацієнтів становив $59,44 \pm 9,25$ см³. Під час статистичної обробки ми визначили, що середній

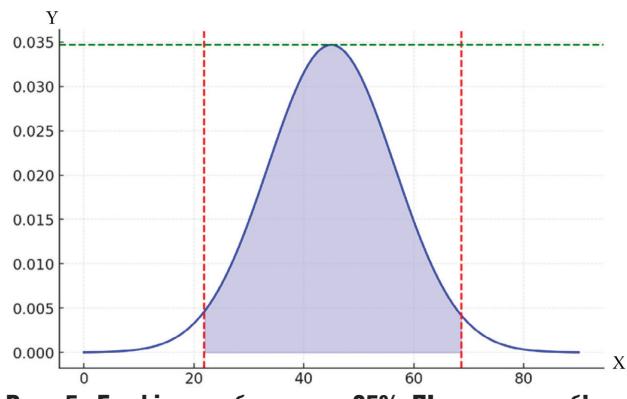


Рис. 5. Графічне зображення 95% ДІ значення об'єму передміхурової залози при РПЗ

Примітки: по горизонтальній осі (X) зображено значення випадкової величини; по вертикальній осі (Y) – щільність імовірності; червоними лініями показано нижню (21,9 см³) та верхню (68,69 см³) межі 95% ДІ; заштрихована ділянка під кривою між червоними лініями означає ймовірність потрапляння випадкової величини в діапазон 95% ДІ; зелена горизонтальна лінія показує найбільше значення щільності імовірності.

Локалізація вогнищ раку в передміхуровій залозі

Локалізація вогнища	Кількість та %
Верхівка передміхурової залози	11 (12,4)
Середня третина передміхурової залози	59 (66,3)
Основа передміхурової залози	19 (21,3)
Периферична ділянка	63 (70,8)
Транзиторна ділянка	21 (23,6)
Фібромускулярна ділянка	3 (3,4)
Центральна ділянка	2 (2,2)

об'єм передміхурової залози $\geq 41,53$ см³ є загальним предиктором більшої ймовірності виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії ($p = 0,635$ [чутливість – 37%, специфічність – 53%]). Однак, порівнюючи з іншими результатами, значних відмінностей не виявлено. При РПЗ 95% ДІ значення об'єму передміхурової залози перебуває в межах від 21,9 до 68,69 см³ (рис. 5).

Середнє значення щільності ПСА у пацієнтів, які увійшли у дослідження, становить $0,28 \pm 0,17$ нг/мл/см³. Ми визначили, що значення щільності ПСА $\geq 0,16$ нг/мл/см³ є характерним предиктором більшої ймовірності виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії ($p = 0,03$ [чутливість – 71%, специфічність – 83%]). При РПЗ 95% ДІ значення щільності ПСА перебуває в межах від 0,06 до 0,35 нг/мл/см³ (рис. 6).

Вогнища РПЗ мали таку локалізацію: в ділянці верхівки передміхурової залози – 11 випадків (12,4%), у середній третині – 59 (66,3%) та у ділянці основи передміхурової залози – 19 випадків (21,3%). Переважно вогнища були локалізовані в периферичній ділянці – 63 випадки (70,8%), у транзиторній – 21 (23,6%), у центральній – 2 (2,2%), у фібромускулярній – у 3 випадках (3,4%) (таблиця).

Локалізація вогнища ураження в периферичній ділянці передміхурової залози є характерним пре-

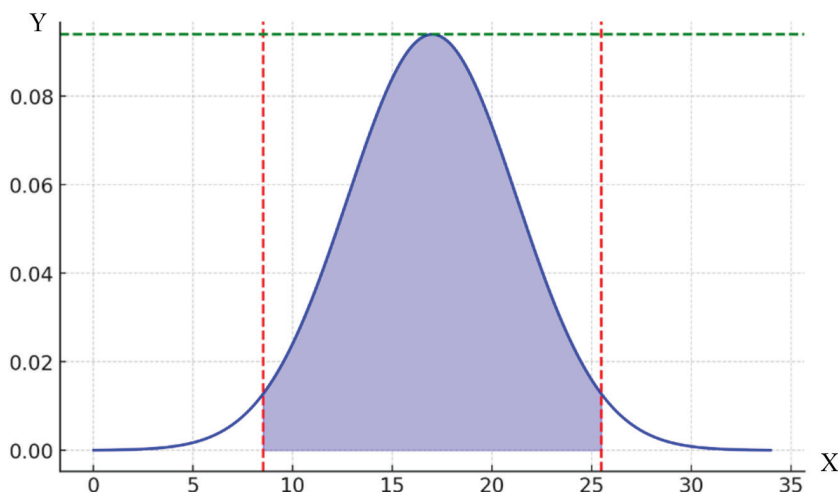


Рис. 7. Графічне зображення 95% ДІ значення розмірів патологічних вогнищ при РПЗ

Примітки: по горизонтальній осі (X) зображено значення випадкової величини; по вертикальній осі (Y) – щільність ймовірності; червоними лініями показано нижню (8,51 мм) та верхню (25,49 мм) межі 95% ДІ; заштрихована ділянка під кривою між червоними лініями означає ймовірність потрапляння випадкової величини в діапазон 95% ДІ; зелена горизонтальна лінія показує найбільше значення щільності ймовірності.

диктором більшої ймовірності виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії ($p = 0,006$ [чутливість – 68%, специфічність – 81%]). Локалізація вогнища в транзиторній ділянці передміхурової залози статистично вірогідно призводила до зменшення загального виявлення РПЗ ($p = 0,026$).

Середній розмір патологічного вогнища у пацієнтів становив $17,40 \pm 8,09$ мм. Ми визначили, що середній розмір патологічного вогнища передміхурової залози $\geq 9,31$ мм є загальним предиктором більшої ймовірності виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії ($p = 0,025$ [чутливість – 47%, специфічність – 76%]). При РПЗ 95% ДІ значення розмірів вогнищ ураження перебуває в межах від 8,51 до 25,49 мм (рис. 7).

Чутливість МРТ для виявлення РПЗ становила 81%, а специфічність – 89%. Це означає, що МРТ є високочутливим та високоспецифічним тестом виявлення неопластичних процесів у передміхуровій залозі.

Передтестова (перед МРТ) ймовірність захворювання сягала 81%. Таким чином, для чутливості, яка становить 81%, та специфічності, яка досягає 89%, коефіцієнт співвідношення вірогідностей буде дорівнювати 7,36. З передтестовою ймовірністю 81% (0,81) післятестова ймовірність захворювання з позитивним результатом тесту буде 95,5%. Це підтверджує високе значення використання МРТ для «включення» захворювання.

Отримані результати підтверджують концепцію золотого стандарту діагностики РПЗ за допомогою прицільної fusion-біопсії [19]. Наші результати узгоджуються з висновками інших авторів: за підозри РПЗ після проходження обстеження, що включає обов'язкове вимірювання рівня ПСА в крові та виконання трансректального УЗД, пацієнту необхідно провести мпМРТ [22–25].

За результатами нашого дослідження встановлено, що основними факторами, які збільшують ймовірність виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії, є: загальний рівень ПСА в крові $\geq 9,44$ нг/мл та щільність ПСА $\geq 0,16$ нг/мл/см³. Це узгоджується з ре-

зультатами низки авторів, які довели, що у пацієнтів із рівнем ПСА 4–10 нг/мл та значенням щільності ПСА $\geq 0,17$ нг/мл/см³ діагностична цінність fusion-біопсії зростає на 52–71% [26, 27].

Важливою перевагою прицільної fusion-біопсії є можливість взяття матеріалу з патологічного вогнища малих і середніх розмірів [28]. Ми встановили, що розмір вогнища ураження передміхурової залози $\geq 9,31$ мм вірогідно збільшує ймовірність виявлення РПЗ.

У науковій літературі є публікації щодо вивчення «оптимального» розташування вогнища ураження в передміхуровій залозі для більш інформативної fusion-біопсії передміхурової залози [29–31]. Ми довели, що кращі результати в діагностиці РПЗ зумовлені розташуванням вогнища ураження в периферичній ділянці передміхурової залози.

ВИСНОВКИ

1. Для покращення виявлення клінічно значущого РПЗ та зниження гіпердіагностики РПЗ низького ризику доцільно виконувати прицільну fusion-біопсію.

2. Основними факторами, що збільшують виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії, є: загальний рівень ПСА в крові $\geq 9,44$ нг/мл ($p = 0,017$ [чутливість – 38%, специфічність – 86%]), щільність ПСА $\geq 0,16$ нг/мл/см³ ($p = 0,03$ [чутливість – 71%, специфічність – 83%]), розмір патологічного вогнища передміхурової залози $\geq 9,31$ мм ($p = 0,025$ [чутливість – 47%, специфічність – 76%]) та розташування вогнища ураження в периферичній ділянці передміхурової залози ($p = 0,006$ [чутливість – 68%, специфічність – 81%]).

3. Фактори, що не впливають на виявлення РПЗ за допомогою fusion-біопсії: об'єм передміхурової залози та локалізація вогнища ураження в транзиторній ділянці передміхурової залози.

4. Використання fusion-біопсії дає змогу збільшити виявлення клінічно значущого РПЗ на 14,5% (з 81 до 95,5%).

Відомості про авторів

Соснін Микола Дмитрович – ДУ «Інститут урології імені академіка О. Ф. Возіанова НАМН України», м. Київ; тел.: (044) 486-99-84. E-mail: sosnin-nd@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-9937-9943

Шапринський Володимир Олександрович – Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова; тел.: (0432) 55-39-10. E-mail: surgery1@vnm.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3890-6217

Горовий Віктор Іванович – Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова; тел.: (0432) 55-39-10. E-mail: gorovijvictor@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4911-5151

Данилко Володимир В'ячеславович – ДУ «Інститут урології імені академіка О. Ф. Возіанова НАМН України», м. Київ; тел.: (044) 486-99-84. E-mail: danylkovalodymir@gmail.com

ORCID: 0009-0008-5458-5450

Верба Михайло Анатолійович – Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова; тел.: (067) 918-49-09. E-mail: mykhailoverba.vnm@gmail.com

ORCID: 0009-0005-7789-4027

Information about authors

Sosnin Mykola D. – SI “Academician O. F. Vozianov Institute of Urology of NAMS of Ukraine”, Kyiv; tel.: (0444) 86-99-84. E-mail: sosnin-nd@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-9937-9943

Shaprynskyi Volodymyr O. – National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya; tel.: (0432) 55-39-10. E-mail: surgery1@vnm.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3890-6217

Gorovyi Viktor I. – National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya; tel.: (0432) 55-39-10. E-mail: gorovijvictor@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4911-5151

Danylko Volodymyr V. – SI “Academician O. F. Vozianov Institute of Urology of NAMS of Ukraine”, Kyiv; tel.: (0444) 86-99-84. E-mail: danylkovalodymir@gmail.com

ORCID: 0009-0008-5458-5450

Verba Mykhailo A. – National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya; tel.: (067) 918-49-09. E-mail: mykhailoverba.vnm@gmail.com

ORCID: 0009-0005-7789-4027

ПОСИЛАННЯ

- Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024;74(3):229-63. doi: 10.3322/caac.21834.
- Schafer EJ, Laversanne M, Sung H, Soerjomataram I, Briganti A, Dahut W, et al. Recent patterns and trends in global prostate cancer incidence and mortality: An update. *Eur Urol.* 2024 December;87(1). doi: 10.1016/j.eururo.2024.11.013.
- Ferlay J, Laversanne M, Ervik M. Global Cancer Observatory: cancer tomorrow [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2020. Available from: <https://gco.iarc.fr/tomorrow>.
- Yefimenko OV, Fedorenko ZP, Sumkina OV, Ryzhov A, Goulak L. Cancer in Ukraine, 2022-2023: Incidence, mortality, indicators of oncological service activity [Internet]. *Bull National Cancer Registry Ukr N 25.* Kropyvnytskyi: Polium; 2024. 65 p. Available from: http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_25/index_e.htm.
- Pirola GM, Castellani D, Orecchia L, Giuliani C, Gubbiotti M, Rubiotta E, et al. Transperineal US-MRI fusion-guided biopsy for the detection of clinical significant prostate cancer: A systematic review and meta-analysis comparing cognitive and software-assisted technique. *Cancers (Basel).* 2023;15(13):3443. doi: 10.3390/cancers15133443.
- Fusco R, Sansone M, Granata V, Setola SV, Petrillo A. A systematic review on multiparametric MR imaging in prostate cancer detection. *Infect Agent Cancer.* 2017;12:57. doi: 10.1186/s13027-017-0168-z.
- Draisma G, Etzioni R, Tsodikov A, Mariotto A, Wever E, Gulati R, et al. Lead time and overdiagnosis in prostate-specific antigen screening: importance of methods and context. *J Natl Cancer Inst.* 2009;101(6):374-83. doi: 10.1093/jnci/djp001.
- Croswell JM, Kramer BS, Kreimer AR, Prorok PC, Xu JL, Baker SG, et al. Cumulative incidence of false-positive results in repeated, multimodal cancer screening. *Ann Fam Med.* 2009;7(3):212-22. doi: 10.1370/afm.942.
- Schröder FH, Hugosson J, Roobol MJ, Tammela TL, Ciatto S, Nelen V, et al. Screening and prostate-cancer mortality in a randomized European study. *N Engl J Med.* 2009;360(13):1320-8. doi: 10.1056/NEJMoa0810084.
- Jahnen M, Amiel T, Wagner T, Kirchoff F, Büchler JW, Düwel C, et al. Does experience change the role of systematic biopsy during MRI-fusion biopsy of the prostate? *World J Urol.* 2023;41(10):2699-705. doi: 10.1007/s00345-023-04564-z.
- Leow JJ, Koh SH, Chow MW, Loke W, Salada R, Hong SK, et al. Can we omit systematic biopsies in patients undergoing MRI fusion-targeted prostate biopsies? *Asian J Androl.* 2023;25(1):43-9. doi: 10.4103/aja.2021128.
- Mottet N, Cornford P. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-ISUP-SIOG guidelines on prostate cancer. Arnhem: EAU Guidelines Office; 2022. 229 p.
- Rastinehad AR, Abboud SF, George AK, Frye TP, Ho R, Chelluri R, et al. Reproducibility of multiparametric magnetic resonance imaging and fusion guided prostate biopsy: Multi-Institutional external validation by a propensity score matched cohort. *J Urol.* 2016;195(6):1737-43. doi: 10.1016/j.juro.2015.12.102.
- Felker ER, Raman SS, Shakeri S, Mirak SA, Bajgirani AM, Kwan L, et al. Utility of restriction spectrum imaging among men undergoing first-time biopsy for suspected prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol.* 2019;213(2):365-70. doi: 10.2214/AJR.18.20836.
- Ma TM, Lamb JM, Casado M, Wang X, Basehart TV, Yang Y, et al. Magnetic resonance imaging-guided stereotactic body radiotherapy for prostate cancer (mirage): a phase iii randomized trial. *BMC Cancer.* 2021;21(1):538. doi: 10.1186/s12885-021-08281-x.
- Wagensveld IM, Osses DF, Groenendijk PM, Zijta FM, Busstra MB, Rociu E, et al. A prospective multicenter comparison study of risk-adapted ultrasound-directed and magnetic resonance imaging-directed diagnostic pathways for suspected prostate cancer in biopsy-naive men. *Eur Urol.* 2022;82(3):318-26. doi: 10.1016/j.eururo.2022.03.003.
- Rai BP, Mayerhofer C, Somani BK, Kallidonis P, Nagele U, Tokas T. Magnetic resonance imaging/ultrasound fusion-guided transperineal versus magnetic resonance imaging/ultrasound fusion-guided transrectal prostate biopsy—a systematic review. *Eur Urol Oncol.* 2021;4(6):904-13. doi: 10.1016/j.euo.2020.12.012.
- Uleri A, Baboudjian M, Tedde A, Gallioli A, Long-Depaquit T, Palou J, et al. Is there an impact of transperineal versus transrectal magnetic resonance imaging-targeted biopsy in clinically significant prostate cancer detection rate? A systematic review and meta-analysis. *Eur Urol Oncol.* 2023;6(6):621-8. doi: 10.1016/j.euo.2023.08.001.
- Turchi B, Lombardo R, Franco A, Tema G, Nacchia A, Cicione A, et al. Residents and consultants have equal outcomes when performing transrectal fusion biopsies: A randomized clinical trial. *Curr Oncol.* 2024;31(2):747-58. doi: 10.3390/currenco31020055.

20. Barrett T, Turkbey B, Choyke PL. PI-RADS version 2: what you need to know. *Clin Radiol*. 2015;70(11):1165-76. doi: 10.1016/j.crad.2015.06.093.
21. McNeal JE. The zonal anatomy of the prostate. *The Prostate*. 1981;2(1):35-49. doi: 10.1002/pros.2990020105.
22. Porpiglia F, Checcucci E, DE Cillis S, Piramide F, Amparore D, Piana A, et al. A prospective randomized controlled trial comparing target prostate biopsy alone approach vs. target plus standard in naïve patients with positive mpMRI. *Minerva Urol Nephrol*. 2023;75(1):31-41. doi: 10.23736/S2724-6051.22.05189-8.
23. Siddiqui MM, George AK, Rubin R, Rais-Bahrami S, Parnes HL, Merino MJ, et al. Efficiency of prostate cancer diagnosis by MR/ultrasound fusion-guided biopsy vs standard extended sextant biopsy for mr-visible lesions. *J Natl Cancer Inst*. 2016;108(9):djw039. doi: 10.1093/jnci/djw039.
24. Hamid S, Donaldson IA, Hu Y, Rodell R, Villarini B, Bonmati E, et al. The smarttarget biopsy trial: a prospective, within-person randomised, blinded trial comparing the accuracy of visual-registration and magnetic resonance imaging/ultrasound image-fusion targeted biopsies for prostate cancer risk stratification. *Eur Urol*. 2019;75(5):733-40. doi: 10.1016/j.eururo.2018.08.007.
25. Zhang Q, Qiu T, Zhuang H, Ren Y, Ling W, Luo Y. Transrectal contrast-enhanced ultrasound-guided transperineal core-needle biopsy versus endoscopic forceps biopsy in the diagnosis of complex rectal lesions. *Quant Imaging Med Surg*. 2024;14(4):2762-73. doi: 10.21037/qims-23-1451.
26. Maruf M, Fascelli M, George AK, Siddiqui MM, Kongnyuy M, DiBianco JM, et al. The prostate cancer prevention trial risk calculator 2.0 performs equally for standard biopsy and MRI/US fusion-guided biopsy. *Prostate Cancer Prostatic Dis*. 2017;20(2):179-85. doi: 10.1038/pcan.2016.46.
27. Lim LY, Tan GH, Zainuddin ZM, Fam XI, Goh EH, Syaris OS, et al. Prospective evaluation of using multiparametric magnetic resonance imaging in cognitive fusion prostate biopsy compared to the standard systematic 12-core biopsy in the detection of prostate cancer. *Urol Ann*. 2020;12(3):276-82. doi: 10.4103/UA.UA_98_19.
28. Rakauskas A, Peters M, Martel P, van Rossum PSN, La Rosa S, Meuwly JY, et al. Do cancer detection rates differ between transperineal and transrectal micro-ultrasound mpMRI-fusion-targeted prostate biopsies? A propensity score-matched study. *PLoS One*. 2023;18(1):e0280262. doi: 10.1371/journal.pone.0280262.
29. Klotz L, Chin J, Black PC, Finelli A, Anidjar M, Machado A, et al. Magnetic resonance imaging-targeted versus systematic prostate biopsies: 2-year follow-up of a prospective randomized trial (PRECISE). *Eur Urol Oncol*. 2024;7(3):456-461. doi: 10.1016/j.euo.2023.09.013.
30. Gereta S, Hung M, Alexanderani MK, Robinson BD, Hu JC. Evaluating the learning curve for in-office freehand cognitive fusion transperineal prostate biopsy. *Urology*. 2023;181:31-7. doi: 10.1016/j.urology.2023.08.005.
31. Pang C, Wang M, Hou HM, Liu JY, Zhang ZP, Wang X, et al. Cognitive magnetic resonance imaging-ultrasound fusion transperineal targeted biopsy combined with randomized biopsy in detection of prostate cancer. *World J Clin Cases*. 2021;36(9):11183-92. doi: 10.12998/wjcc.v9.i36.11183.

Стаття надійшла до редакції 03.02.2025. – Дата першого рішення 10.02.2025. – Стаття подана до друку 13.03.2025