

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
УКРАЇНИ ІМЕНІ П.Л. ШУПИКА**

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

МЕЛЬНИКОВА АЛІНА АНАТОЛІЇВНА

УДК 616.24-006-073-036:616.24-089

**ДИСЕРТАЦІЯ
МУЛЬТИМОДАЛЬНИЙ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНИЙ
СУПРОВІД ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ З ОБ'ЄМНИМИ
УТВОРЕННЯМИ ЛЕГЕНЬ**

Галузь знань 22 «Охорона здоров'я»

Спеціальність 224 «Технології медичної діагностики та лікування»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результат власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____А.А. Мельникова

Науковий керівник:

Федьків Світлана Володимирівна, доктор медичних наук, професор,
професор кафедри радіології НУОЗ України ім. П.Л. Шупика

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Мельникова А.А. Мультимодальний рентгенодіagnostичний супровід лікування пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань «22 – Охорона здоров'я», за спеціальністю 224 «Технології медичної діагностики та лікування» - Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика МОЗ України, м. Київ, 2026.

У дисертації представлені результати комплексного рентгенологічного дослідження пацієнтів з об'ємними утвореннями легень, спрямованого на визначення оптимальних підходів до ефективного використання цифрової рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки (МСКТ ОГК) на всіх етапах діагностичного процесу для подальшого вибору персоналізованої тактики лікування.

Для досягнення мети дослідження був проведений комплексний аналіз факторів, що зумовлюють пізню діагностику новоутворень легень, оцінка діагностичних можливостей сучасних методів рентгенологічної візуалізації на різних етапах ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. На основі отриманих даних в ході дослідження був розроблений мультимодальний рентгенодіagnostичний алгоритм супроводу лікування пацієнтів. Запропонований алгоритм базується на оптимізації поєднання цифрової рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК, включаючи застосування прицільних низькодозових МСКТ-протоколів, стандартизованих підходів до аналізу зображень і оптимізованої структури опису рентгенологічних досліджень. У подальшому алгоритм впроваджено в обласних лікувальних закладах.

Проведено комплексний (ретроспективно-проспективний) аналіз рентгенологічних і морфологічних даних 148 пацієнтів з підозрою на доброякісні та злоякісні новоутворення легень, які проходили обстеження та лікування в Комунальному некомерційному підприємстві «Миколаївський обласний центр онкології» Миколаївської обласної ради у період з 2024 по

2026 рік. Середній вік пацієнтів становив 60 років із переважанням осіб чоловічої статі. Усі пацієнти проходили комплексне мультимодальне рентгенологічне обстеження. Воно включало два основні етапи: первинний (передопераційний) та післяопераційний (контрольний).

На первинному етапі всім пацієнтам виконували цифрову рентгенографію органів грудної клітки, зокрема у випадках виявлення патологічних змін легень під час профілактичних оглядів. Надалі пацієнтам проводили МСКТ ОГК із болюсним контрастним підсиленням. Морфологічну верифікацію діагнозу здійснювали в усіх випадках шляхом аналізу операційного або біопсійного матеріалу після хірургічного лікування або виконання трансторакальної біопсії під контролем МСКТ. Порівняння рентгенологічних і патоморфологічних даних дало змогу встановити високу точність запропонованої рентгенодіагностичної моделі (89,2%). На післяопераційному етапі рентгенологічний контроль здійснювали за допомогою цифрової рентгенографії ОГК. У складних діагностичних випадках (8,2%) виникала необхідність у проведенні МСКТ ОГК для уточнення характеру ускладнень.

Оцінку МСКТ-зображень здійснювали із застосуванням сучасних методів постпроцесорної обробки (MPR, MIP, MinIP). Це дозволяло детально аналізувати просторові характеристики утворень, їх взаємозв'язок із навколишніми структурами та внутрішню структуру. Для кількісного МСКТ-аналізу використовували програмне забезпечення Thoracic VCAR. Це забезпечувало точні волюметричні вимірювання. Інтерпретацію результатів МСКТ ОГК та РГ ОГК здійснювали відповідно до міжнародних рекомендацій Fleischner Society (2017) та системи Lung-RADS (v.2022) з урахуванням розміру, об'єму, щільності, морфології контурів, внутрішньої структури та динаміки контрастного підсилення утворень при МСКТ-дослідженні.

Встановлено, що приріст щільності солідних легневих вузлів в артеріальну фазу болюсного контрастування МСКТ-дослідження є інформативним критерієм диференціації доброякісних та злоякісних процесів.

Визначено порогове значення зміни щільності утворення ΔHU на рівні 22,5 HU. Перевищення отриманого значення статистично вірогідно асоціюється зі злоякісним неоангіогенезом ($p < 0,001$), що характеризується високою діагностичною точністю ($\text{AUC} = 0,89$).

Розроблено та впроваджено прицільний низькодозовий МСКТ-протокол для динамічного спостереження за підозрілими легневими вузлами. Обмеження зони сканування до 50 мм дозволило знизити ефективну дозу опромінення з 2,59 мЗв до 0,32 мЗв (у 8,1 раза) без статистично значущої втрати точності волюметричних вимірювань ($r = 0,98$; $R^2 = 0,96$). Отримані показники відповідають сучасним принципам радіаційної безпеки та концепції ALARA.

Показано суттєву різницю між діагностичними можливостями рентгенологічних методів: цифрова рентгенографія ОГК є ефективною для післяопераційного моніторингу, однак має низьку чутливість щодо виявлення мікровузлів (< 6 мм) порівняно з МСКТ ОГК.

Проаналізовано причини хибнопозитивних результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК (10,8%). Провідну роль серед них відіграють специфічні запальні процеси. Доведено, що застосування динамічного МСКТ-волюметричного контролю (VDT) підвищує точність диференційної діагностики та зменшує кількість необґрунтованих хірургічних втручань.

Розроблено оптимізовані протоколи опису результатів цифрової рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК. Впровадження запропонованих протоколів забезпечує стандартизацію діагностичних звітів, підвищує відтворюваність результатів, покращує міждисциплінарну взаємодію лікарів та сприяє скороченню часу прийняття клінічних рішень.

Основні положення дисертаційної роботи впроваджені в діагностичну рентгенологічну практику, що підтверджує її практичну та наукову значущість.

Ключові слова: рак легені, недрібноклітинний рак легені, солітарний легневий вузол, доброякісна пухлина, захворювання легень, рентгенологічні

показники, денситометрія, радіоміка, діагностика, цифрова обробка зображень, мікрорентгенструктурний аналіз, методи математичного аналізу даних, патоморфологічна діагностика, гістологічна та цитологічна діагностика, алгоритм скринінгу, мультимодальне лікування, комплексне лікування, віддалені результати, довготривала загальна та безрецидивна виживаність.

ANNOTATION

Melnykova A.A. Multimodal X-ray diagnostic support in the treatment of patients with pulmonary lesions. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the scientific degree of the Doctor of Philosophy in the field of knowledge "22 Health Care", specialty 224 "Medical Diagnosis and Treatment Technologies" – Shupyk National Healthcare University of Ukraine of the Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation presents the results of a comprehensive X-ray examination of patients with lung masses, aimed at determining optimal approaches to the effective use of digital radiography and multislice computed tomography of the chest (MSCT) at all stages of the diagnostic process for the subsequent selection of personalized treatment strategies.

To achieve the goal of the study, a comprehensive analysis of factors determining the late diagnosis of lung neoplasms was conducted, and the diagnostic capabilities of modern X-ray imaging methods were assessed at different stages of patient management. Based on the obtained data, a multimodal X-ray diagnostic algorithm for patient management support was developed. The proposed algorithm is based on optimizing the combination of digital chest X-ray and chest MSCT, including targeted low-dose MSCT protocols, standardized approaches to image analysis, and an optimized structured reporting format for X-ray studies. The algorithm was subsequently implemented in regional medical institutions.

A comprehensive (retrospective-prospective) analysis of radiological and morphological data from 148 patients with suspected benign and malignant lung

neoplasms was performed. All patients underwent examination and treatment at the Municipal Non-Profit Enterprise “Mykolaiv Regional Oncology Center” of the Mykolaiv Regional Council between 2024 and 2026. The average age of the patients was 60 years with a male predominance. All patients underwent a comprehensive multimodal radiological examination, which included two main stages: primary (preoperative) and postoperative (follow-up).

At the primary stage, all patients underwent digital radiography of the chest, particularly in cases where pathological lung changes were detected during preventive screenings. Subsequently, patients underwent MSCT of the chest with bolus contrast enhancement. Morphological verification of the diagnosis was carried out in all cases by analyzing surgical specimens or biopsy material following surgical treatment or MSCT-guided transthoracic biopsy. Comparison of radiological and pathomorphological findings demonstrated high accuracy of the proposed diagnostic model (89.2%). At the postoperative stage, radiological follow-up was performed using digital chest radiography. In complex diagnostic cases (8.2%), chest MSCT was required to clarify the nature of complications.

MSCT image assessment was performed using advanced post-processing techniques (MPR, MIP, MinIP). This allowed for a detailed evaluation of the spatial characteristics of lesions, their relationship with adjacent structures, and internal architecture. Quantitative MSCT analysis was conducted using Thoracic VCAR software, providing accurate volumetric measurements. Interpretation of chest MSCT and digital X-ray findings was performed in accordance with international recommendations of the Fleischner Society (2017) and the Lung-RADS system (v.2022), taking into account lesion size, volume, density, contour morphology, internal structure, and contrast enhancement dynamics.

An increase in the density of solid pulmonary nodules during the arterial phase of bolus contrast enhancement was found to be an informative criterion for differentiating benign from malignant processes. A threshold Δ HU value of 22.5 HU was identified; values exceeding this level were significantly associated with

malignant neoangiogenesis ($p < 0.001$) and demonstrated high diagnostic accuracy ($AUC = 0.89$).

A targeted low-dose MSCT protocol for dynamic follow-up of suspicious pulmonary nodules was developed and implemented. Limiting the scan range to 50 mm reduced the effective radiation dose from 2.59 mSv to 0.32 mSv (an 8.1-fold reduction) without a statistically significant loss in volumetric measurement accuracy ($r = 0.98$; $R^2 = 0.96$). The obtained indicators comply with modern radiation safety principles and the ALARA concept.

A significant difference between the diagnostic capabilities of the methods was demonstrated: digital radiography is effective for postoperative monitoring but has low sensitivity for detecting micronodules (<6 mm) compared with chest MSCT.

The causes of false-positive results (10.8%) were analyzed, with specific inflammatory processes identified as the leading factor. It was demonstrated that the use of volume doubling time (VDT) improves the accuracy of differential diagnosis and reduces the number of unnecessary surgical interventions.

Optimized structured reporting protocols for digital radiography and chest MSCT were developed and implemented. Their application ensures standardization of diagnostic reports, improves reproducibility, enhances interdisciplinary communication, and reduces the time required for clinical decision-making.

The main provisions of the dissertation have been implemented in diagnostic radiological practice, which confirms its practical and scientific significance.

Keywords: lung cancer, non-small cell lung cancer, solitary pulmonary nodule, benign prognosis, lung disease, radiological parameters, densitometry, radiomics, diagnostics, digital image processing, microradiographic analysis, methods of mathematical data analysis, pathomorphological diagnostics, histological and cytological diagnostics, screening algorithm, multimodal treatment, complex treatment, long-term results, long-term overall and relapse-free survival.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мельникова АА., Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в

діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис. 2025. № 5 (171). doi: 10.32471/umj.1680-3051.266525.

2. Мельникова АА., Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 501–512. doi: 10.33145/23048336202429501512.

3. Мельникова АА, Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47–51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

ЗМІСТ

	СТР.
АНОТАЦІЯ.....	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ.....	12
ВСТУП.....	14
РОЗДІЛ 1. МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄМНИХ УТВОРЕНЬ ЛЕГЕНЬ: ОГЛЯД СУЧАСНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	21
1.1. Епідеміологія та нозологічна структура об'ємних утворень легень.....	21
1.2. Рентгенологічні методи діагностики об'ємних утворень легень та їх місце в сучасному алгоритмі обстеження пацієнтів.....	26
1.3. МСКТ-діагностика та рентгенологічні ознаки доброякісних і злоякісних процесів у легенях.....	30
1.4. Алгоритми менеджменту дрібних легеневих вузлів згідно з міжнародними рекомендаціями (Fleischner, ACCP, BTS, ESMO).....	34
1.5. Проблемні аспекти променевої діагностики об'ємних утворень легень та напрями подальших науково-клінічних досліджень.....	38
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	42
2.1. Дизайн обстеження та загальна характеристика обстеженої групи пацієнтів.....	42
2.2. Методика проведення рентгенографії органів грудної клітки.....	51
2.3. Методика проведення мультиспіральної комп'ютерної томографії.....	55
2.4. Критерії оцінки МСКТ-дослідження органів грудної клітки обстеженої групи пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.....	60
2.5. Гістологічна верифікація результатів мультимодального рентгенологічного дослідження об'ємних утворень легень.....	62
2.6 Методи статистичної обробки та аналізу результатів дослідження...	63
Висновки до розділу 2.....	65

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄМНИХ УТВОРЕНЬ ЛЕГЕНЬ.....67

3.1. Результати рентгенографії ОГК у первинному виявленні об'ємних утворень легень.....67

3.2. Аналіз результатів МСКТ ОГК з болюсним контрастуванням у диференціації об'ємних утворень легень.....71

3.3. Кореляційний аналіз МСКТ-характеристик об'ємних утворень легень та результатів патоморфологічного дослідження біопсійного й операційного матеріалу легень.....75

3.4. Оцінка діагностичної інформативності мультимодальних рентгенологічних методів та статистичне підтвердження результатів дослідження.....80

Висновки до розділу 3.....87

РОЗДІЛ 4. ПРИЦІЛЬНА ПРОМЕНЕВА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТА МОНІТОРИНГ НОВОУТВОРЕНЬ ЛЕГЕНЬ: ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ДІАГНОСТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....89

4.1. Обґрунтування та результати впровадження прицільного низькодозового протоколу МСКТ ОГК.....89

4.2. Діагностична ефективність цифрової рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК у динамічному спостереженні післяопераційних пацієнтів.....91

Висновки до розділу 4.....97

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ТА КЛІНІЧНА АПРОБАЦІЯ АЛГОРИТМУ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНОГО СУПРОВОДУ ПАЦІЄНТІВ.....98

5.1 Розробка та обґрунтування оптимізованих протоколів опису результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК.....98

5.2. Розробка мультимодального алгоритму рентгенодіагностичного супроводу від первинного виявлення новоутворення легень до післяопераційного моніторингу ускладнень.....102

5.3. Практичні рекомендації рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень із застосуванням

розробленого мультимодального підходу.....	107
Висновки до розділу 5.....	110
РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	112
6.1. Порівняльний аналіз результатів цифрової рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК у динамічному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень відповідно до міжнародних рекомендацій (Fleischner Society, Lung-RADS).....	112
6.2 Аналіз ефективності прицільного низькодозового протоколу МСКТ легень в контексті оптимізації променевого навантаження пацієнтів...	115
6.3 Оцінка діагностичних розбіжностей та причин хибнопозитивних результатів рентгенологічних методів дослідження ОГК.....	118
ВИСНОВКИ.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	125
ДОДАТОК А	137
ДОДАТОК Б	139
ДОДАТОК В	140

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ДПЛ – доброякісні поодинокі легеневі вузли.

ЕЕД – ефективна еквівалентна доза.

мЗв – мілізіверт.

MPT – магніто-резонансна томографія.

МСКТ – мультиспіральна комп'ютерна томографія.

НД-МСКТ – низькодозова мультиспіральна комп'ютерна томографія.

ОГК – органи грудної клітки.

ПЕТ – позитронно-емісійна томографія.

ТТПБ – трансторакальна пункційна біопсія.

АССР – American College of Chest Physicians – Американський коледж лікарів-пульмонологів.

AI – Artificial Intelligence – штучний інтелект, алгоритми для аналізу медичних зображень.

ALARA – As Low As Reasonably Achievable – принцип мінімізації променевого навантаження.

AUC – Area Under Curve – площа під ROC-кривою.

BTS – British Thoracic Society – Британське торакальне товариство.

ESMO – European Society for Medical Oncology – Європейське товариство медичної онкології.

Fleischner Society – Товариство Флейшнера, рекомендації щодо ведення легневих вузлів.

HU – Hounsfield Units – одиниці Хаунсфілда, шкала для оцінки щільності тканин у КТ.

MIP – Maximum Intensity Projection – спосіб візуалізації, при якому відображаються максимальні значення щільності, що використовується для оцінки судинних структур, кальцинатів і солідних компонентів.

MinIP – Minimum Intensity Projection – метод реконструкції з відображенням мінімальних значень щільності, застосовується для аналізу повітровмісних структур і субсолідних легеневих утворень.

MPR – Multiplanar Reconstruction – метод реконструкції МСКТ-даних у довільних площинах для уточнення локалізації та анатомічних взаємовідношень патологічних змін.

NCCN - National Comprehensive Cancer Network – Національна мережа комплексної онкологічної допомоги.

pGGN – Pure Ground Glass Nodule – вузол типу «матового скла».

ROC – Receiver Operating Characteristic – крива, що використовується для оцінки діагностичної ефективності методу шляхом аналізу співвідношення між чутливістю та специфічністю.

sGGN – Part-solid nodule – частково солідний вузол.

VDT – Volume Doubling Time – час подвоєння об'єму вузла.

ВСТУП

Актуальність теми:

В останні роки статистичні дані свідчать про стійку тенденцію до зростання показників захворюваності та смертності від злоякісних новоутворень легень [1]. Згідно з даними Національного канцер-реєстру, у 2023-2024 роках близько 4 % випадків раку легень було виявлено під час профілактичних оглядів, що свідчить про низьку діагностичну чутливість [2]. Це підкреслює критичну важливість первинної ланки діагностики, де базовим та найбільш доступним методом візуалізації залишається рентгенографія органів грудної клітки (ОГК). Попри високу розповсюдженість, діагностична ефективність традиційної рентгенографії у виявленні малих об'ємних утворень є недостатньою, що призводить до діагностичних похибок на ранніх етапах.

На сьогодні світовим методом вибору скринінгу раку легень визнано низькодозову комп'ютерну томографію (НД-МСКТ) [3, 4]. Технологічна перевага НД-МСКТ полягає у значно меншому променевому навантаженні порівняно зі стандартною МСКТ (1.5 мЗв проти 6.1 мЗв), однак в середньому в 10 разів перевищує дозу при звичайній рентгенографії - 0.1 мЗв за дві проекції [5]. Також НД-МСКТ несе потенційні ризики, такі як гіпердіагностика та хибнопозитивні результати [4]. Враховуючи прогностичні дані, згідно з якими щорічне обстеження 50 % осіб груп ризику (курців та осіб, що кинули курити, віком 50-75 років) призведе до зростання показників захворюваності на рак легень на 1,8 % за рахунок ранньої верифікації. Питання раціонального вибору між методами діагностики та оптимізації їх застосування набуває особливого значення [6].

Сучасний розвиток медичної візуалізації пов'язаний із широким впровадженням високотехнологічних методів, насамперед мультиспіральної комп'ютерної томографії (МСКТ). Водночас у повсякденній практиці лікарі стикаються з відсутністю чітко регламентованих алгоритмів обстеження: зокрема, щодо моменту переходу від рентгенографії до МСКТ, частоти

повторення досліджень та вибору параметрів експозиції [7]. Нераціональний підхід до діагностичної тактики може призводити до необґрунтованого зростання сумарного променевого навантаження на пацієнта. Такий підхід не відповідає міжнародному принципу ALARA (As Low As Reasonably Achievable) [8].

Суттєвою проблемою променевої діагностики ОГК в Україні є відсутність єдиних оптимізованих підходів до інтерпретації результатів променевих досліджень. Використання лікарями-рентгенологами різних, нерідко довільних, протоколів опису мультимодальних рентгенологічних досліджень ускладнює роботу лікарів клінічних спеціальностей. Через це торакальні хірурги та онкологи втрачаються час при виборі подальшої тактики лікування та оцінки ефективності лікування в динаміці. Це зумовлює необхідність технологічної модернізації процесу формування діагностичних заключень шляхом впровадження оптимізованих протоколів опису рентгенологічних методів обстеження [9]. Такий підхід узгоджується з державною стратегією цифровізації медицини та вимогами щодо стандартизації електронних даних в системі охорони здоров'я [10].

Відповідно, актуальність даного дослідження визначається необхідністю розробки алгоритмів мультимодального підходу обстеження пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Це спрямовано на поєднання високої інформативності сучасних діагностичних технологій із вимогами радіаційної безпеки та стандартизації діагностичних звітів. Точна ідентифікація та характеристика злоякісних легеневих вузлів, а також вірний діагностичний супровід пацієнтів, дозволяють забезпечити своєчасне лікування ранніх стадій раку легень і водночас уникнути надмірної інвазивності, психологічного навантаження та необґрунтованих економічних витрат.

Мета дослідження:

Визначити оптимальні підходи до ефективного використання цифрової рентгенографії та МСКТ ОГК у пацієнтів із доброякісними та злоякісними об'ємними утвореннями легень для подальшого вибору персоніфікованої тактики лікування. Для реалізації поставленої мети було сформульовано такі завдання:

1. Вивчити фактори пізньої діагностики об'ємних утворень легень на етапі первинного рентгенологічного обстеження.
2. Оцінити порівняльну інформативність і діагностичні можливості рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки у виявленні патологічних утворень легень, а також у моніторингу стану пацієнтів у післяопераційному періоді.
3. Створити рекомендації щодо діагностики патологічних змін легень з раціональним балансом між діагностичною інформативністю, доступністю та променевим навантаженням.
4. Розробити мультимодальний алгоритм рентгенодіагностичного супроводу, який визначає оптимальну послідовність і параметри застосування методів візуалізації залежно від етапу діагностичного процесу.
5. Скласти оптимізовані протоколи опису результатів рентгенографії та МСКТ органів грудної клітки з метою стандартизації діагностичних висновків.

Об'єкт дослідження: об'ємні утворення легень.

Предмет дослідження: морфологічні, денситометричні та динамічні рентгенологічні характеристики об'ємних утворень легень за даними променевої візуалізації (рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК) у кореляції з результатами гістологічної верифікації післяопераційного та біопсійного матеріалу.

Методи дослідження: рентгенологічні (цифрова рентгенографія, МСКТ ОГК, включаючи низькодозові та прицільні протоколи, методики болюсного контрастування), технологічні (постпроцесорна обробка зображень (MPR,

MIP, MinIP реконструкції), денситометричний аналіз), клінічне спостереження за пацієнтами у динаміці, аналіз результатів морфологічної верифікації післяопераційного та біопсійного матеріалу, статистичні (ROC-аналіз (оцінка чутливості та специфічності), методи варіаційної статистики).

Очікувані результати, їх наукова новизна.

У дисертаційній роботі вперше запропоновано комплексне вирішення наукового завдання, спрямованого на підвищення ефективності діагностики та моніторингу об'ємних утворень легень, що полягає в такому:

Розроблено та науково обгрунтовано структуру оптимізованого протоколу опису результатів рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії ОГК, який забезпечує стандартизовану передачу кількісних і якісних діагностичних ознак від лікаря-рентгенолога до лікаря клінічної спеціальності та зменшує суб'єктивність інтерпретації результатів дослідження.

Визначено порівняльну інформативність і технологічні обмеження окремих променевих методів (МСКТ та РГ) діагностики ОГК щодо своєчасного виявлення дрібних утворень легень. Отримані дані дозволяють оптимізувати діагностичний пошук на ранніх етапах захворювання.

Сформовано алгоритм мультимодального рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень, заснований на раціональній послідовності застосування методів візуалізації, який забезпечує високу діагностичну точність за умови дотримання принципів радіаційної безпеки та зниження сумарного дозового променевого навантаження.

Вперше проведено кореляційний аналіз взаємозв'язку між рентгенологічними ознаками та патоморфологічними характеристиками об'ємних утворень легень, що дозволяє на основі неінвазивних методів прогнозувати характер патологічних змін і здійснювати персоніфікований вибір тактики ведення пацієнтів, зокрема між хірургічним лікуванням та динамічним спостереженням.

У роботі вперше сформовано протокол прицільного низькодозового МСКТ ОГК, виявлено діагностичну можливість методу в динамічному спостереженні виявлених патологічних змін ОГК. Визначений алгоритм раціонального діагностичного ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

Практичне значення очікуваних результатів.

Практичне значення результатів даної роботи полягає у впровадженні науково обґрунтованих технологічних стандартів у діагностичний процес: розроблено та запропоновано для лікувальних закладів України алгоритм оптимального діагностичного супроводу пацієнтів з підозрою на новоутворення легень на етапі діагностичного пошуку патології, контролю в післяопераційному періоді, виявленні ознак пролонгації процесу. Створення оптимізованої моделі оцінки результатів променевих методів досліджень, що гарантує повноту відображення ключових діагностичних критеріїв в описово-заклучній частині протоколів рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК. Впровадження розроблених рекомендацій дозволяє підвищити точність диференційної діагностики доброякісних і злоякісних об'ємних утворень легень та знизити променеве навантаження на пацієнта.

Особистий внесок здобувача.

Автором особисто проведено системний аналіз сучасних вітчизняних та закордонних наукових джерел за темою дослідження. Здобувачем здійснено самостійний відбір, клініко-інструментальне групування та формування бази даних пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

Автор безпосередньо брав участь у проведенні цифрових рентгенологічних та МСКТ-досліджень, особисто виконував детальну постпроцесорну обробку діагностичних зображень (побудова мультипланарних реконструкцій, денситометрія, оцінка судинного компонента). Здобувачем самостійно проведено статистичну обробку масиву

даних, розраховано показники діагностичної ефективності (чутливість, специфічність, точність) та побудовано ROC-криві.

Апробація матеріалів дисертації.

Основні результати дисертаційної роботи було представлено на наступних науково-практичних конференціях, конгресах:

1. Доповідь на тему «Мультимодальна рентгенологічна діагностика об'ємних утворень легень» на «Young Science 6.0 - Конференція молодих вчених в медицині», 2025 рік, м.Київ;
2. Доповідь на тему «Променева діагностика та менеджмент об'ємних утворень легень: роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії» на X ювілейному Національному Конгресі «Радіологія в Україні - 2025», м.Київ.

Тези доповідей:

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Променева діагностика та менеджмент об'ємних утворень легень: роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії. Тези X ювілейного Національного конгресу «Радіологія в Україні - 2025»; 2025; Київ, Україна. С. 2-3.

Публікації.

Наукові положення дисертації висвітлено у 4 публікаціях, що включають 3 статті у фахових виданнях (з них 1 стаття у міжнародному виданні, що індексується в базах Scopus/WoS, та 2 статті категорії «В» України) та 1 тезисна робота. Сукупність опублікованих праць повною мірою розкриває основний зміст та новизну проведеного дослідження.

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис, 5 (171) - VI 2025. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.266525.

2. Мельникова АА, Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Пробл радіац мед та радіобіол. 2025;(30):501-512. doi:10.33145/23048336202429501512.
3. Мельникова АА, Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легеневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47-51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертаційна робота загальним обсягом 140 сторінок має класичну структуру і включає вступ, шість основних розділів, висновки та список літератури. Матеріал дослідження детально ілюстрований 27 рисунками та 23 таблицями, що відображають результати проведеного аналізу. Список літератури містить 103 найменування, систематизованих згідно з вимогами ДСТУ.

Розділ 1. МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄМНИХ УТВОРЕНЬ ЛЕГЕНЬ: ОГЛЯД СУЧАСНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1.1. Епідеміологія та нозологічна структура об'ємних утворень легень.

Об'ємне утворення легені - це клініко-рентгенологічне поняття, що визначає наявність поодинокі або множинної ділянки патологічної тканини в легеневій паренхімі. Такі вогнища мають широкий морфологічний спектр і охоплюють як доброякісні, так і злоякісні процеси. Утворення потребують комплексної диференціальної діагностики з метою виключення злоякісного характеру процесу.

Згідно з глосарієм Fleischner Society (2017), обмежені легеневі утворення діаметром понад 30 мм визначаються терміном «mass», вогнища діаметром 6-30 мм - «nodule», а менш ніж 6 мм - «micronodule» [11].

На сучасному етапі розвитку медицини зазначена патологія є глобальною проблемою. Злоякісні новоутворення органів грудної порожнини залишаються провідною причиною передчасної смертності населення в більшості країн світу. У США легеневі вузлики виявляються приблизно у 1,6 мільйона людей на рік, та приблизно у 30 % зображень МСКТ грудної клітки [12]. За останніми статистичними звітами Міжнародного агентства з вивчення раку (IARC) у складі Всесвітньої організації охорони здоров'я, на рак легень щорічно припадає понад 2,1 мільйона нових випадків, що становить близько 11,4 % від загальної структури онкологічної захворюваності, та 1,8 мільйона смертей (18 % від усіх летальних випадків у структурі злоякісних новоутворень) [13].

Історичний аналіз епідеміологічних даних свідчить про суттєві часові зміни показників виявлення легеневих вузлів. У звітах, що базувалися переважно на результатах рентгенографії органів грудної клітки, щорічна кількість виявлених солітарних легеневих вузлів у США оцінювалася

приблизно у 150 000 випадків [14, 15]. За даними ретроспективних досліджень того періоду, частота виявлення поодиноких утворень під час РГ ОГК коливалася в межах 0,09-0,20 % від загальної кількості обстежень [16, 17]. У період з 2006 по 2012 роки річний рівень виявлення легеневих вузлів за даними МСКТ зріс з 3,9 до 6,6 на 1000 пацієнтів на рік [18]. Водночас таке зростання кількості виявлених інциденталом не супроводжувалося пропорційним збільшенням щорічної захворюваності на рак легень (близько 63 000 нових випадків), що вказує на потенційну проблему гіпердіагностики та зумовлює необхідність чітких критеріїв диференціації доброякісних і злоякісних утворень.

Інші тенденції спостерігалися в європейській популяції. Зокрема, у Франції в період 2002-2005 років рівень захворюваності залишався стабільно нижчим (до 12,6 на 100 000 пацієнтів на рік), попри активний розвиток томографічних технологій [19].

Розвиток раку легень зумовлюється впливом комплексу різних чинників. До них належать особливості способу життя, шкідливі умови праці, наявність хронічних захворювань органів дихання, зокрема хронічного обструктивного захворювання легень, а також професійних легеневих патологій, таких як азбестоз. Внесок кожного з цих факторів є варіабельним і визначається сукупністю демографічних, географічних та біологічних характеристик пацієнта, включно зі статтю, расою, етнічною належністю, генетичною схильністю, а також від їх поєднаного впливу [20-24].

Провідним модифікованим фактором ризику розвитку раку легень є куріння, яке асоціюється з 85 % летальних випадків серед пацієнтів з цією патологією [25]. Виявлено дозозалежний характер цього зв'язку: ризик малігнізації значно зростає відповідно до інтенсивності щоденного споживання тютюну та, що є найбільш клінічно значущим, тривалості активного стажу куріння [26-28]. Наявні дані свідчать про відсутність рівня тютюнового навантаження, який можна було б вважати клінічно безпечним. Хоча відмова від куріння призводить до зниження онкологічного ризику [29-

31], у когорті колишніх курців імовірність виникнення неоплазії статистично є вищою порівняно з особами, які ніколи не курили. Це обґрунтовує доцільність їх тривалого мультимодального рентгенологічного супроводу [32, 33].

Поряд із вивченим впливом активного куріння сигарет, накопичено переконливу доказову базу щодо причинно-наслідкового зв'язку між раком легень та використанням інших тютюнових виробів, а також пасивного куріння [34-39].

Сучасні зміни структури споживання нікотиновмісних продуктів, зокрема широке впровадження електронних систем доставки нікотину (електронних сигарет), створюють нові виклики для епідеміологічного прогнозування захворюваності на рак легень. Віддалені наслідки канцерогенного впливу електронних сигарет наразі активно вивчаються. Проте наявні експериментальні дані вже демонструють їх зв'язок із впливом верифікованих легеневих канцерогенів та здатність індукувати пошкодження ДНК як *in vitro*, так і *in vivo* [40, 41, 42]. Це дозволяє розглядати користувачів альтернативних систем доставки нікотину як потенційну групу ризику, для якої актуальною є розробка алгоритмів ранньої діагностики.

В Україні ситуація з епідеміологією об'ємних утворень легень зберігається напруженою. Рак легень на I-II стадіях діагностується лише у 22,4 % випадків, тоді як частка пацієнтів із IV стадією захворювання сягає 35,15 %. Така структура захворюваності безпосередньо відображається на показниках виживання: летальність протягом першого року після встановлення діагнозу в середньому становить 55,7 %, що свідчить про пізню діагностику та несприятливий перебіг захворювання [2, 44].

Залежно від нозологічної структури об'ємні утворення легень поділяють на кілька основних категорій, визначення яких є ключовим для подальшої діагностичної та лікувальної тактики.

Структура злоякісних утворень легень включає епітеліальні пухлини (недрібноклітинний і дрібноклітинний рак), нейроендокринні новоутворення,

мезенхімальні злоякісні пухлини, лімфопроліферативні процеси, а також вторинні (метастатичні) ураження.

Аденокарцинома, що відноситься до недрібноклітинного раку легень, є найпоширенішим гістологічним типом і становить близько 38,5 % усіх випадків. Частка плоскоклітинного раку складає приблизно 20 %, тоді як великоклітинний рак трапляється значно рідше - близько 2,9 %. Протягом останніх десятиліть відзначається стійке зростання захворюваності на аденокарциному, внаслідок чого вона витіснила плоскоклітинний рак і стала домінуючим варіантом [45].

Доброякісні пухлини представлені переважно гамартомами, які є найбільш поширеними та становлять до 75 % усіх доброякісних новоутворень легень. Рідше діагностуються аденоми, фіброми та ліпоми.

Окрему групу формують запальні та інфекційні процеси, зокрема туберкуломи, організовані абсцеси, аспергіломи та ретенційні кісти, які можуть імітувати пухлинні ураження за даними візуалізації.

Важливе значення у рентгенологічній практиці має класифікація легеневих вузлів за їх внутрішньою структурою, що визначається при мультиспіральній комп'ютерній томографії з денситометричним аналізом. Виділяють солідні вузли, субсолідні вузли та вогнища типу «матового скла». За результатами великих рандомізованих досліджень (NELSON 2020 рік, NLST 2013 рік), саме субсолідні вузли характеризуються найвищим прихованим ризиком злоякісної трансформації, який може сягати до 34 % випадків, незважаючи на їх невеликі розміри та повільні темпи росту [4, 46].

Легеневі вузлики можуть виявлятися як поодинокі, так і множинні. Поодиноким вважається вузлик, який повністю оточений незміненою легеневою паренхімою та не супроводжується ателектазом, збільшенням коренів легень чи плевральним випотом [14, 47].

Патогенез росту та прогресування об'ємних утворень легень є багатокомпонентним процесом, у якому поєднуються епігенетичні порушення, імунні реакції та явища системного запалення [48]. Уявлення про

патофізіологію цього процесу змінювалися впродовж кількох десятиліть і пройшли низку концептуальних етапів.

У 1960-1970-х роках домінували так звані морфологічні підходи, що ґрунтувалися переважно на оцінці розмірів і контурів утворення легень за даними рентгенографії. Подальший розвиток методів візуалізації у 1980-х роках сприяв формуванню кінетичної моделі, ключовим параметром якої став час подвоєння об'єму пухлини (Volume Doubling Time, VDT). Було показано, що для злоякісних вузлів характерний VDT у межах 20-400 днів, тоді як вогнища з часом подвоєння понад 600 днів у більшості випадків мають доброякісний характер [49, 50, 51]. Незважаючи на прогностичну значущість швидкості росту, до 20 % злоякісних легневих вузлів у процесі спостереження в певний момент фактично зменшуються в розмірах [47].

Нейрогуморальна та імунологічна активація при новоутвореннях легень супроводжується експресією прозапальних цитокінів (TNF- α , інтерлейкінів IL-10, IL-6) та активацією ангіогенезу через фактори росту ендотелію судин (VEGF) [52, 53]. Підвищена активність цих систем ініціює процеси ремоделювання не лише легеневої тканини, а й судинного русла, що призводить до формування специфічного неоваскуляризаційного патерну, який візуалізується за допомогою МСКТ ОГК з в/в контрастуванням. Важливим механізмом прогресування також є ендотеліальна дисфункція та оксидантний стрес, що сприяють порушенню мікроциркуляції навколо пухлинного вогнища та стимулюють його інвазивний ріст [54, 55, 56].

Отже, патогенез та епідеміологія об'ємних утворень легень формуються внаслідок складної взаємодії гемодинамічних, молекулярно-генетичних та імунологічних чинників. Розуміння цих процесів є основою для побудови сучасних рентгенологічних алгоритмів динамічного спостереження за об'ємними легневими утвореннями з метою своєчасної діагностики та стратифікації ризику злоякісного росту.

1.2. Рентгенологічні методи діагностики об'ємних утворень легень та їх місце в сучасному алгоритмі обстеження пацієнтів

Основним викликом для рентгенолога постає диференціація доброякісних вузлів від злоякісних на ранніх етапах. Клінічна стадія пухлинного процесу на момент первинної діагностики має значний вплив на показники виживання після лікування [57]. Згідно з даними Американського онкологічного товариства (ACS), 5-річне виживання при діагностиці раку легень на пізніх стадіях становить лише 27 %, тоді як в Україні ця цифра становить 21 % та займає провідне місце в структурі смертності серед чоловіків [58, 2]. Виявлення злоякісного об'ємного утворення на I стадії дозволяє виконувати органозбережні хірургічні втручання, що впливає на якість життя та віддалені результати лікування.

Історично першим етапом скринінгу була рентгенографія органів грудної клітки. Перші рандомізовані контрольовані дослідження, присвячені скринінгу раку легень, базувалися на застосуванні РГ ОГК, з цитологічним дослідженням мокротиння або без нього. Такий підхід відповідав технічним можливостям та уявленням про патогенез пухлинного процесу середини XX століття, коли центральні форми раку легень вважалися домінуючими, а цитологічне дослідження мокротиння розглядалося як потенційний інструмент раннього виявлення [46].

У 1970-х роках Національний інститут раку США ініціював та профінансував низку рандомізованих контрольованих досліджень скринінгу раку легень у чоловіків з високим тютюновим навантаженням. Зокрема, у Меморіальному онкологічному центрі Слоуна-Кеттерінга та Університеті Джонса Гопкінса оцінювали діагностичну ефективність щорічної РГ ОГК у поєднанні з цитологічним дослідженням мокротиння [59, 60]. Незважаючи на підвищення частоти виявлення пухлинних уражень, жодне з зазначених досліджень не продемонструвало статистично значущого зниження смертності від раку легень в експериментальних групах. Отримані результати значною мірою пояснюються гістологічною структурою раку легень у той

період. У 1960-1970-х роках домінував плоскоклітинний рак, який, як правило, має центральну локалізацію та є менш чутливим до виявлення за допомогою рентгенографії грудної клітки [61]. Натомість аденокарцинома легень, що частіше локалізується периферично та краще візуалізується при РГ, на той час зустрічалася значно рідше [62, 63]. Це обмежувало діагностичну ефективність рентгенографії як скринінгового інструменту.

Наразі РГ ОГК виступає базовим методом первинної та швидкої оцінки легеневих структур. Цей метод дозволяє виявляти поодинокі або множинні вузли, визначати локалізацію та контури утворень, а також наявність супутніх змін (ателектаз, плевральний випіт, кальцинати). За даними вітчизняних досліджень, проведених у 2017 році на базі Львівської обласної клінічної лікарні, інформативність рентгенографії органів грудної клітки становить 75 % [64]. Ефективна доза при рентгенографії органів грудної клітки у звичайній одній проекції становить приблизно 0,02 мЗв, а у двох проекціях - до 0,1 мЗв [65]. Однак її чутливість обмежена, особливо для невеликих (<6 мм) або субсолідних вузлів, що підкреслює потребу у застосуванні більш високотехнологічних методів.

Обмежена чутливість рентгенографії, особливо щодо дрібних та субсолідних вузлів, зумовила розвиток томографічних методів візуалізації, що стало підґрунтям для впровадження МСКТ ОГК у програми скринінгу раку легень.

Мультиспіральна комп'ютерна томографія забезпечує високу просторову роздільну здатність та дозволяє отримувати детальну інформацію про внутрішню структуру вузлів, здійснювати денситометричний аналіз та проводити реконструкції MPR, MIP і MinIP для точної топографічної орієнтації. Порівняно з рентгенографією, МСКТ суттєво зменшує вплив структурної суммації і підвищує можливість виявляти дрібні вузлики. Додатково болюсне введення контрастної речовини під час МСКТ покращує візуалізацію дрібних та субсолідних вузлів, а також допомагає оцінити

судинну інвазію та ангіогенез пухлини, визначити характер об'ємного утворення за динамікою накопичення контрасту.

Використання низькодозових протоколів МСКТ ОГК дозволяє зменшити променеве навантаження пацієнта. У дослідженні NELSON параметри сканування були оптимізовані таким чином, щоб забезпечити високу якість зображення при мінімальному навантаженні: наприклад, для учасників вагою 50-80 кг встановлювалися параметри 120 кВ, що дало можливість досягти об'ємного індексу КТ-дозы (CTDIvol) на рівні 1,6 мГр (стандартна МСКТ ОГК на рівні 3 мГр) [25]. Це відповідає сучасним вимогам радіологічного захисту, викладеним у публікації ICRP 147 (2021), де підкреслюється необхідність оптимізації захисту (принцип ALARA) для мінімізації стохастичних ефектів опромінення при збереженні діагностичної цінності дослідження [4, 8].

Незважаючи на технологічну перевагу, НД-МСКТ несе ризики, пов'язані з overdiagnosis bias (гіпердіагностикою). Велика кількість виявлених інциденталом може призводити до зайвих інвазивних втручань та психологічного стресу пацієнтів. Протокол NELSON демонструє шлях до вирішення цієї проблеми: запровадження 3-місячного контрольного сканування для вузлів середнього розміру дозволило значно знизити рівень хибнопозитивних результатів порівняно з іншими дослідженнями. Тільки 2,6 % учасників мали позитивний результат первинного сканування, що є набагато нижчим показником порівняно з американським дослідженням NLST (24,2 %) [4, 46].

При виявленні підозрілого утворення (категорія 4 NODCAT) алгоритм передбачає перехід від мультимодального рентгенологічного спостереження до наступних методів діагностики:

ПЕТ-КТ: використовується для оцінки метаболічної активності патологічної ділянки та стадіювання процесу.

Бронхоскопія: включає цитологічне дослідження промивних вод, трансbronхіальну біопсію або браш-біопсію.

Хірургічна верифікація: у випадках високої ймовірності раку остаточний діагноз часто встановлюється шляхом відеоасистованої торакоскопічної хірургії (VATS) або ексцизійної біопсії з терміновим гістологічним дослідженням.

Ультразвукове дослідження (УЗД) застосовується обмежено - переважно для контролю периферичних, субплевральних вузлів і проведення пункційної біопсії. Воно доповнює променеві методи та дозволяє зменшити інвазивність втручань.

Інноваційним напрямом сучасної променевої діагностики є радіоміка (2020-ті роки), в основі якої лежить уявлення про пухлину як про джерело величезного масиву цифрових даних. Радіомічний аналіз передбачає автоматичну оцінку текстурних характеристик об'ємних утворень на МСКТ-сканах, що потенційно відображає внутрішню гетерогенність пухлини, її молекулярний фенотип, мутаційний статус (зокрема EGFR, ALK), що також може вказувати на клінічний прогноз перебігу захворювання. Незважаючи на те, що клінічне впровадження радіоміки наразі обмежене, результати сучасних досліджень та концепція радіогеноміки розглядають її як перспективний інструмент підтримки діагностичних рішень [66, 67, 68]. У майбутньому може сприяти у персоніфікації тактики лікування об'ємних утворень легень: від вибору хірургічної тактики втручання до обґрунтованого тривалого неінвазивного моніторингу із застосуванням променевих методів діагностики.

Логічним розвитком радіомічного аналізу сьогодні постає широке впровадження технологій штучного інтелекту (AI). Сучасні алгоритми глибокого навчання (Deep Learning) вже не розглядаються лише як теоретичні моделі, а активно інтегруються в клінічну практику у вигляді систем автоматизованого виявлення (Computer-Aided Detection, CAD) та кількісної оцінки. Використання CAD-систем другого покоління на базі нейронних мереж дозволяє підвищити чутливість МСКТ у виявленні дрібних солідних та субсолідних вузлів, які через ефект візуальної втоми або структурну складність паренхіми можуть бути пропущені при ручному перегляді.

Особливе значення має здатність ШІ до автоматизації процесу сегментації та розрахунку кінетичних параметрів, зокрема часу подвоєння об'єму. Це дозволяє мінімізувати вплив «людського фактора» та міжоператорську варіабельність, забезпечуючи високу відтворюваність результатів, що є критично важливим для довгострокового динамічного спостереження за пацієнтами згідно з протоколами Lung-RADS.

Таким чином, місце рентгенологічних методів у сучасному алгоритмі обстеження об'ємних утворень легень еволюціонувало від простої візуалізації до високоточної 3D-волюметрії з дотриманням низького променевого навантаження. Застосування принципів ICRP 147 щодо оптимізації доз та стандартизоване спостереження за ростом легневих вузлів дозволяють поєднати раннє виявлення злоякісних процесів із зменшенням ризику надмірної діагностики.

1.3. МСКТ-діагностика та рентгенологічні ознаки доброякісних і злоякісних процесів у легенях

Доброякісні пухлини легень (ДПЛ) становлять значну частку випадкових знахідок під час МСКТ-скринінгу, часто перебігають безсимптомно. Дослідження показують, що у 59,5 % випадків такі утвори виявляються випадково, причому у 93,2 % пацієнтів вони представлені поодиноким (солітарним) вузлом [69, 70].

Наявність кальцинатів у легневому вузлі та відсутність динаміки його розмірів протягом понад двох років свідчать про високу ймовірність доброякісного процесу [71]. Розрізняють епітеліальні пухлини (аденома, папілома), мезодермальні (фіброма, ліпома, лейоміома, хондрома, склерозуюча гемангіома), герміногенні новоутворення (тератома), а також інші форми, зокрема гамартому.

Найбільш поширеним типом ДПЛ є гамартома (до 94,6 % випадків), яка має специфічні МСКТ-ознаки: округла форма, чіткі контури та наявність жирових включень або кальцинатів у вигляді попкорну, зазвичай діаметр 2-3

см. Локалізуються такі вузли переважно у нижніх частках легень (майже у 50 % випадків), що є важливим діагностичним маркером під час первинного виявлення [69, 72, 73, 74].

Інфекційні вузлові ураження легень частіше туберкульозного походження, включають туберкульоми, вогнищеву й інфільтративну форми туберкульозу. При туберкульомах зазвичай відзначається однобічне ураження верхньої частки, яке з високою частотою локалізується у правій легені. Характерні ознаки включають симптом «дерево в бруньках» (центрилобулярні мікровузли), кальцинати та кавітації [75, 76].

Вузли, віднесені до підгрупи «неспецифічний запальний процес», асоційовані з бактеріальними пневмоніями, абсцесами легень, а також паразитарними і грибковими інфекціями. Останні часто супроводжуються симптомом «гало» (ділянка матового скла навколо вузла). Характерною ознакою таких вузлів є їхнє зникнення або суттєва позитивна динаміка після проведення специфічної (антибактеріальної, антифунгальної або протипаразитарної) терапії [76].

Карциноїдні пухлини легень представляють особливу групу новоутворень, де променева діагностика має провідне значення. У 80 % випадків діагностується центральна форма карциноїду, яка супроводжується ознаками порушення бронхіальної прохідності - гіповентиляцією або ателектазом частки легені. Прямими ознаками є наявність підвищеного об'єму тканини в просвіті бронха або його повна обтурація [77, 78]. Периферична форма карциноїду, часто виглядає як солітарний вузол із чіткими, іноді поліциклічними контурами та інтенсивним накопиченням контрасту (через багату васкуляризацію) [77]. МСКТ дозволяє чітко візуалізувати перибронхіальний ріст пухлини, що спостерігається у більшості пацієнтів [77]. Також при центральному раку легень МСКТ є незамінною для оцінки поширення процесу на середостіння, ураження лімфатичних вузлів. Контрастне підсилення при проведенні МСКТ дозволяє не лише визначити

межі пухлини, а й диференціювати її від супутніх пульмонологічних ускладнень, наприклад, обтураційної пневмонії [78].

Для побудови ефективного алгоритму обстеження рентгенологи використовують систему оцінки морфологічних ознак.

Таблиця 1.1.

Диференціально-діагностичні МСКТ-ознаки легневих вузлів (за даними літератури [25, 76, 79])

Захворювання / Група	Типова локалізація	Ключові КТ-ознаки	Динаміка та клінічні маркери
Метастази	Переважаючі нижні частки, периферія	Округлі, чіткі межі; наявність «судини, що живить» (feeding vessel sign).	Швидкий ріст (короткий VDT); відома первинна пухлина в анамнезі.
Аденокарцинома	Може бути будь-де, часто периферія	Вузли типу «матового скла» або субсолідні; нерівні, спікулоподібні краї.	Повільний, але стабільний ріст; не реагує на антибіотикотерапію.
Туберкульоз	Верхівкові та задні сегменти верхніх часток	Кальцинати, кавітація, вогнища «дерево в бруньках» (tree-in-bud).	Регресія або перехід у фіброз на фоні специфічного лікування.
Грибкова інфекція	Переважаючі верхні частки	Симптом «гало» (матове скло навколо вузла); солідні або субсолідні вузли.	Швидка позитивна динаміка на антифунгальній терапії.
Саркоїдоз	Верхні/середні частки, перихілярно	Перилімфатичні мікрОВУЗЛИ; лімфаденопатія (тріада Гарланда).	МікрОВУЗЛИКИ можуть зливатися у макрОВУЗЛИКИ; часто підвищений АПФ.
Гідатидна кіста	Нижні частки (55-70 %)	Гомогенна низька щільність (рідина); симптоми розриву («водяна лілія», «меніск»).	Позитивна серологія (Echinococcus IgG); біопсія протипоказана.

Продовження таб. 1.1

Захворювання / Група	Типова локалізація	Ключові КТ-ознаки	Динаміка та клінічні маркери
Ревматоїдні вузли	Середні та верхні зони, підплевральні	Солідні або кавітаційні (50 %) вузли; ретикулярні зміни.	Асоціація з ревматоїдним артритом
Васкуліт	Неспецифічна локалізація	Множинні вузли, часто з товстостінними кавітаціями (при розмірі >2 см).	Позитивний титр с-ANCA; системні прояви (нирки, ЛОР).

Згідно з актуальними настановами NCCN (v.1.2026), первинна класифікація виявлених легневих утворень має здійснюватися за системою Lung-RADS (v.2022), що дає змогу об'єктивізувати ймовірність малігнізації та визначити подальшу тактику ведення - від щорічного спостереження (категорії 1-2) до негайної морфологічної верифікації (категорії 4A, 4B, 4X) [25, 80].

Lung-RADS - загальноприйнята система класифікації та стандартизованої КТ-звітності, що використовується у програмах скринінгу раку легень на території США та є єдиною системою, офіційно схваленою Centers for Medicare & Medicaid Services (CMS). Наразі Lung-RADS поступово впроваджується в інших країнах [81, 82].

При диференціальній діагностиці солідних вузлів > 8 мм важливим фактором є комплексна оцінка їхньої метаболічної активності за даними ПЕТ-КТ та динаміки об'ємних показників. Використання волюметрії (VDT) дозволяє виявити мінімальний ріст, характерний для аденокарциноми, навіть за відсутності значних змін лінійних розмірів вузла [25, 49, 50].

Для утворів розміром 11-20 мм, що є найбільш поширеним діапазоном для ДПЛ, часто обирається тактика хірургічної верифікації через неможливість виключити малігнізацію лише за візуальними ознаками [69].

Для верифікації використовують ПЕТ-КТ із оцінкою метаболічної активності та МСКТ-контрольовану трансторакальну біопсію. Доведено, що біопсія під контролем МСКТ має високу точність, низький відсоток ускладнень та допомагає запобігти проведенню торакотомії у пацієнтів, які мають протипоказання до хірургічного лікування [77].

У цілому, місце рентгенологічних методів у діагностиці об'ємних утворень легень змістилося від опису наявності «тіні» до глибокого аналізу структури тканини. Інтеграція НД-МСКТ-скринінгу з експертною МСКТ-оцінкою морфології та волюметрії дозволяє досягти максимальної точності в діагностичному алгоритмі, зменшуючи ризики гіпердіагностики та забезпечуючи своєчасне лікування як доброякісних, так і злоякісних пухлин.

1.4. Алгоритми менеджменту дрібних легневих вузлів згідно з міжнародними рекомендаціями (Fleischner, ACCP, BTS, ESMO)

Міжнародні протоколи пропонують диференційовані підходи залежно від морфології вузла, його розміру та індивідуального ризику пацієнта.

Рекомендації Товариства Флейшнера (остання редакція 2017 року) є найбільш поширеними у світовій практиці для менеджменту випадково виявлених вузлів у дорослих пацієнтів віком від 35 років без онкологічного анамнезу. Вони спрямовані на підвищення порогу розміру вузлів для обов'язкового спостереження, щоб зменшити кількість МСКТ-контролів при клінічно незначущих утвореннях. Протокол базується на розділенні пацієнтів за групами ризику:

- Низький ризик злоякісності (<5 %): пацієнти з мінімальним стажем куріння або без нього, жіноча стать, молодий вік, відсутність сімейного анамнезу раку легень, вузол з гладкими контурами, невеликого розміру, розташований не в верхній частці.
- Помірний ризик злоякісності (5-65 %): наявність ознак із групи низького та високого ризику в сукупності.

- Високий ризик злякисності (>65 %): активні або колишні курці, чоловіча стать, похилий вік, спікулоподібні краї вузла, локалізація в верхній частці, наявність супутньої емфіземи або пневмофіброзу.

Вузлики до 1 см рекомендовано спостерігати за допомогою низькодозової МСКТ, щоб уникнути надмірного променевого навантаження.

Для поодиноких солідних вузлів розміром <6 мм у пацієнтів низького ризику спостереження не рекомендовано, оскільки імовірність раку становить менше 1 %. У групі високого ризику МСКТ-контроль через 12 місяців є опціональним. Вузли розміром 6-8 мм потребують повторного сканування через 6-12 місяців, а за умови стабільності - додаткового контролю через 18-24 місяці [11, 83].

Рекомендації British Thoracic Society (BTS; 2015) вважаються найбільш прогресивними у контексті використання математичних моделей та волюметрії. На відміну від Fleischner Society, BTS використовує нижчий поріг для початку спостереження - 5 мм (або 80 мм³) [84].

Ключові особливості підходу BTS:

1. Математичні моделі: Для вузлів ≥ 8 мм (або ≥ 300 мм³) обов'язковим є розрахунок імовірності злякисності за моделлю Брока (Brock model) на етапі МСКТ та моделлю Хердера (Herder model) при проведенні ПЕТ-КТ.
2. Волюметрія: BTS наполягає на використанні напівавтоматичного вимірювання об'єму, що корелює з методологією дослідження NELSON. Стабільність визначається як зміна об'єму менше ніж на 25 %.
3. Час подвоєння об'єму (VDT): Якщо VDT становить менше 400 днів, це трактується як чітка ознака росту, що потребує біопсії або резекції.

Підхід American College of Chest Physicians (ACCP; 2013) акцентує увагу на клінічній імовірності раку та інтеграції ПЕТ-КТ у діагностичний ланцюжок. Для індетермінованих вузлів розміром 8-30 мм ACCP пропонує три стратегії: динамічне спостереження (низький ризик <5 %), неінвазивна оцінка за допомогою ПЕТ-КТ (помірний ризик 5-65 %) та інвазивна діагностика або хірургічне втручання (високий ризик >65 %) [71].

Індетермінованими вважають легеневі вузли, характер яких не міг бути достовірно визначений за даними первинного рентгенологічного та МСКТ-дослідження і які потребували подальшої стратифікації ризику та уточнюючої діагностики.

Важливою особливістю рекомендацій АССР є акцент на оцінці стабільності легневих вузлів за даними архівних зображень. За відсутності зростання протягом щонайменше 2 років подальше променеве спостереження, як правило, не рекомендоване. Такий підхід має принципове значення для диференціації доброякісних утворень, зокрема гамартом, які часто характеризуються вкрай повільним темпом росту [85].

European Society for Medical Oncology (ESMO) розглядає легеневі утворення переважно в контексті онкологічного стадіювання та диференційної діагностики з метастатичними ураженнями. В оновлених клінічних настановах ESMO щодо ведення ранніх і місцево-поширених стадій раку легень (2023-2024 рр.) підкреслюється ключова роль ПЕТ-КТ для оцінки лімфатичних вузлів середостіння та віддалених метастазів перед будь-яким лікувальним втручанням. Для периферично розташованих утворень рекомендовано виконання трансторакальної біопсії під контролем мультиспіральної комп'ютерної томографії з метою морфологічної верифікації. Окремо акцентують увагу на необхідності мультидисциплінарного підходу (Tumor Board) у веденні пацієнтів з легневими вузлами, які демонструють морфологічні зміни або метаболічну активність за даними МСКТ- та ПЕТ-КТ-досліджень [86, 87].

Таблиця 1.2.

Порівняння часових інтервалів МСКТ-контролю для поодиноких солідних вузлів за різними міжнародними протоколами.

Розмір вузла (солідний)	Fleischner (2017)	BTS (2015)	АССР (2013)	NCCN (2026)
<5 мм	Низький ризик: немає Високий: МСКТ через 12 міс. за клінічною потребою	Немає контролю	Немає (за стабільності 2р)	12 міс. (Lung-RADS 1-2)
5-6 мм	Низький ризик: немає Високий: МСКТ через 12 міс. за клінічною потребою	МСКТ 12 міс.	МСКТ 12 міс.	МСКТ 12 міс.
6-8 мм	МСКТ 6-12 міс, потім 18-24 міс.	МСКТ 3 міс та 12 міс.	МСКТ 6-12 міс, потім 18-24 міс.	МСКТ 6 міс. (Lung-RADS 3)
>8 мм	МСКТ 3 міс, ПЕТ-КТ або біопсія	Розрахунок ризику (Brock). Якщо <10 % - МСКТ 3 та 12 міс.	<5 % - МСКТ 3-24 міс; >65 % - Хірургія	МСКТ 3 міс, ПЕТ-КТ або біопсія (Lung-RADS 4)
Ключовий маркер	Лінійний розмір (мм)	Волюметрія (мм ³) та VDT	Клінічна ймовірність (%)	Категорія Lung-RADS

Менеджмент субсолідних вузлів (вузли типу «матового скла» - pGGN та частково солідні вузли) у всіх міжнародних протоколах передбачає триваліші інтервали спостереження через їхню схильність до повільного росту.

- Fleischner 2017: Для pGGN ≥ 6 мм рекомендовано МСКТ ОГК через 6-12 місяців для підтвердження персистенції, а потім контроль кожні 2 роки до 5 років [83].

- BTS: Акцентує на появі або рості солідного компонента всередині «матового скла». Збільшення солідної частини на ≥ 2 мм є абсолютним показанням до резекції [84].

Використання цих алгоритмів дозволяє ефективно реалізувати принцип мінімізації променевого навантаження, шляхом індивідуалізації графіку обстежень: пацієнти з вузлами низького ризику уникають додаткових МСКТ, тоді як пацієнти з підозрілою динамікою отримують прискорену діагностичну допомогу. Протокол NELSON довів, що додавання 3-місячного контролю для вузлів проміжного розміру (50-500 мм³) є найбільш ефективним способом зниження частоти хибнопозитивних результатів та додаткових хірургічних втручань [4].

1.5. Проблемні аспекти променевої діагностики об'ємних утворень легень та напрями подальших науково-клінічних досліджень

Хоча сучасна МСКТ дозволяє виявляти навіть найдрібніші утворення в легеневій паренхімі, точне встановлення їхньої природи залишається складною діагностичною задачею. Основна проблема полягає в розриві між високою чутливістю методів візуалізації та обмеженою специфічністю знахідок. Це створює потребу у подальшому розвитку методів диференціації та стандартизації рентгенологічної діагностики [88].

Одним із ключових феноменів, що ускладнюють роботу рентгенолога, є гіпердіагностика (overdiagnosis bias). Великий масив даних із рандомізованих досліджень, таких як NELSON та NLST, показує, що застосування низькодозової МСКТ призводить до виявлення значної кількості дрібних вузлів, які за нормальних умов ніколи не прогресували б до клінічно значущого раку. Це зумовлює проведення каскаду додаткових процедур: повторні КТ, інвазивні біопсії та хірургічні втручання, кожне з яких супроводжується власним ризиком ускладнень [4, 46].

Технічні обмеження волюметрії та автоматичної сегментації також створюють додаткові проблеми [89]. Прикладом є:

Юкставаскулярні вузли: вузли, що прилягають до судин, часто некоректно сегментуються програмним забезпеченням, яке включає частину судини, що призводить до хибних висновків про ріст вузла.

Плевральні та субплевральні утворення: вузли з широким контактом із плеврою важко піддаються автоматичному окресленню, що потребує ручного втручання та вносить суб'єктивність.

Субсолідні вузли («матове скло»): нечіткі межі між патологічною та здоровою тканиною роблять автоматичну оцінку об'єму нестабільною, особливо при моніторингу динаміки росту.

У клінічній практиці висока частота виявлення доброякісних поодиноких вузлів легень (ДПЛ) становить 93,2 % випадків. Проблема полягає у тому, що приблизно у 59,5 % випадків ці вузли виявляються випадково, і їх рентгенологічна семіотика може бути ідентичною раннім стадіям периферичного раку. Особливо складними є карциноїдні пухлини, які повільно ростуть і характеризуються високою васкуляризацією, що маскує патологію або імітує доброякісні процеси. Центральна локалізація таких пухлин часто спричиняє вторинні зміни (ателектази, пневмоніти), що затримує діагностику на місяці або роки.

Незважаючи на впровадження низькодозових протоколів, питання сумарного опромінення пацієнтів залишається актуальною. Згідно з рекомендаціями ICRP 147 (2021), будь-яке медичне опромінення має бути обґрунтованим та оптимізованим (принцип ALARA). Пацієнти з вузлами проміжного ризику за протоколами Fleischner або BTS можуть пройти 3-5 МСКТ-досліджень протягом двох років, що значно збільшує кумулятивну дозу, особливо у молодих пацієнтів, підвищуючи потенційний ризик радіоіндукованих пухлин.

Вирішення проблем променевої діагностики лежить у площині міждисциплінарної інтеграції та цифровізації процесу. Основні перспективні напрямки:

- Радіоміка та аналіз текстур (Radiomics):

Використання алгоритмів витягнення кількісних даних із МСКТ-зображень дозволяє оцінити мікроструктурні патерни щільності, які неможливо побачити візуально. Це допомагає диференціювати, наприклад, гамартохондрому від аденокарциноми ще на доклінічному етапі [90, 91].

- Використання штучного інтелекту (AI) для предиктивного моделювання:

Створення нейронних мереж, здатних не лише виявляти вузли, а й прогнозувати їхній час подвоєння об'єму (VDT) на основі одного первинного сканування, може докорінно змінити алгоритми спостереження, дозволяючи відмовитися від коротких інтервалів контролю для інертних утворень [92].

- Удосконалення ПЕТ-КТ та розробка специфічних радіофармпрепаратів:

Стандартний 18F-FDG дає хибнопозитивні результати при запальних процесах (туберкульоз, саркоїдоз), тому розвиток більш специфічних трекерів може підвищити точність диференціації пухлинної проліферації.

- Створення великих баз даних (Big Data) для довгострокового спостереження:

Систематизація даних про ріст вузлів, їх морфологію та клінічний перебіг забезпечить науково обґрунтовану персоніфікацію алгоритмів спостереження.

- Мультипараметричне картування та віртуальна бронхоскопія:

Використання комплексного поєднання МСКТ, ПЕТ та МРТ дозволяє поліпшити точність локалізації вузлів, особливо при центральному розташуванні, та зменшити ризик пізньої діагностики.

Таблиця 1.3.

Аналіз критичних обмежень та вектори наукового розвитку

Проблемний аспект	Клінічний наслідок	Пріоритетний напрям досліджень
Суб'єктивізм оцінки контурів	Помилкова класифікація вузла як злоякісного	Автоматизована морфометрія з використанням AI
Хибнопозитивні результати ПЕТ	Додаткові інвазивні біопсії та торакотомії	Мультипараметричне картування (ПЕТ/MPT)
Низька доказовість для вузлів <6 мм	Невизначеність тактики у пацієнтів високого ризику	Створення баз даних «Big Data» для довгострокового спостереження
Маскування центрального раку	Пізня діагностика (III - IV стадія)	Впровадження віртуальної бронхоскопії та МСКТ-перфузії

Аналіз даних, наведених у таблиці 1.3, свідчить про те, що основні труднощі променевої діагностики пов'язані переважно з інтерпретацією виявлених змін. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на створення інтелектуальних систем підтримки клінічних рішень, які інтегруватимуть рентгенологічні, генетичні та клінічні маркери в єдину предиктивну модель. Це дозволить реалізувати концепцію персоналізованої медицини, де інтенсивність діагностичного пошуку відповідає біологічному ризику конкретного вузла.

Матеріали розділу були висвітлені в наступних публікаціях:

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис, 5 (171) – VI 2025. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.266525.
2. Мельникова АА, Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47–51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Дизайн обстеження та загальна характеристика обстеженої групи пацієнтів

Для вирішення поставлених завдань дисертаційного дослідження проведено комплексний (ретроспективно-проспективний) аналіз клінічних та рентгенологічних даних пацієнтів із первинно виявленими об'ємними утвореннями легень, які проходили лікування у Комунальному некомерційному підприємстві «Миколаївський обласний центр онкології» Миколаївської обласної ради у період 2024-2026 років.

Дослідження схвалене експертом з питань етики Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика та виконане відповідно до вимог чинного законодавства України, норм Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1977). При виконанні ретроспективної частини використовувалися знеособлені архівні дані пацієнтів, а проспективна частина проводилася за умови отримання інформованої згоди пацієнтів на участь у дослідженні, що відповідає етичним принципам Гельсінської декларації.

Формування досліджуваних груп здійснювалося згідно з визначеними критеріями включення та виключення:

Критерії включення:

1. Пацієнти з первинно виявленими об'ємними утвореннями легень.
2. Повнолітні особи (≥ 18 років).
3. Наявність проведених рентгенографії та МСКТ органів грудної клітки.
4. Наявність даних морфологічної верифікації.

Критерії виключення:

1. Відсутність рентгенологічних даних або МСКТ-зображень.
2. Відсутність морфологічної верифікації об'ємного утворення.
3. Неможливість проведення обстеження через тяжкий клінічний стан.
4. Неповнолітні пацієнти (< 18 років).

Загалом до дослідження було включено 148 пацієнтів, серед яких чоловіки становили 63 % (93), жінки - 37 % (55).

Середній вік пацієнтів у вибірці склав 60 років (від 33 до 74 років). Для аналізу впливу вікового фактора пацієнтів розподілено на групи відповідно до рекомендацій ВООЗ (оновлення 2025 року). Дані розподілу за віком представлені в табл 2.1.

Таблиця 2.1.

Розподіл пацієнтів за віковими групами

Вікова група (ВООЗ, 2025)	Кількість (n=148)	%
Молодий вік (18-44 роки)	14	9,5 %
Середній вік (45-59 років)	48	32,4 %
Похилий і старечий вік (60+ років)	86	58,1 %

Важливим аспектом був аналіз первинних обставин, за яких було виявлено патологічне вогнище. Усі пацієнти були розподілені на дві групи: ті, хто звернувся зі скаргами (клінічне виявлення), та ті, у кого патологія була виявлена під час профілактичного огляду (безсимптомне виявлення). Серед скарг найчастіше відзначалися кашель, біль у грудній клітці та загальна слабкість. В окремих випадках в анамнезі мало місце попереднє неефективне антибактеріальне лікування.

Результати розподілу представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Розподіл пацієнтів за обставинами виявлення утворень (n=148)

Обставини виявлення	Загальна кількість (n / %)	Злоякісні утворення (n)	Доброякісні утворення (n)
Клінічні скарги (кашель, біль, задишка)	82 / 55,4%	68	14
Профілактичний огляд	66 / 44,6%	27	39
Усього	148 / 100 %	95	53

Як свідчать дані таблиці 2.2, більшість злоякісних новоутворень - 71,6 % (68 із 95) були виявлені у пацієнтів, які вже мали клінічні скарги. Це корелює з даними про стадіювання (таблиця 2.4), оскільки поява симптомів у пульмонології найчастіше свідчить про поширеність процесу.

У групі профілактичного огляду питома вага доброякісних процесів була значно вищою (59,1 %). Проте саме в цій групі було верифіковано 27 випадків раку легень, які у більшості випадків відповідали I-II стадіям.

Враховуючи провідну роль куріння у патогенезі злоякісних об'ємних утворень легень, у даному дослідженні проведено детальну оцінку тютюнового навантаження пацієнтів. Для об'єктивізації анамнезу куріння використовувався кількісний показник «пачко-роки» (pack-years), що дозволяє врахувати як тривалість куріння, так і щоденну дозу споживання нікотину.

Розрахунок проводився за загальноприйнятою міжнародною формулою:

$$\text{Індекс пачко — років} = \frac{(\text{кількість сигарет на добу} \times \text{роки куріння})}{20}$$

Згідно з отриманими даними, пацієнти розподілені на три основні групи залежно від рівня тютюнового навантаження (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Розподіл пацієнтів за рівнем тютюнового навантаження (n=148)

Рівень навантаження	Показник пачко-років	Кількість пацієнтів (n)	Відносна кількість (%)
Низький	< 10 пачко-років	40	27,0
Середній	10-20 пачко-років	50	33,8
Високий	> 20 пачко-років	45	30,4
Некурящі	0	13	8,8

Високий показник пачко-років (>20) розцінювався як критичний фактор ризику, що корелював із частотою виявлення злоякісних новоутворень та необхідністю застосування низькодозових протоколів скринінгу НД-МСКТ згідно з критеріями NCCN v.1.2026.

Також відповідно до результатів патогістологічної верифікації пацієнтів розподілено на дві групи (рис 2.1):

1. Доброякісні утворення – 53 (35,8 %) пацієнти;
2. Злоякісні утворення – 95 (64,2 %) пацієнтів.



Рис. 2.1. Розподіл пацієнтів залежно від типу патології.

Всі верифіковані злоякісні новоутворення були класифіковані за системою TNM (8-ма редакція, 2017). Розподіл за клінічними стадіями на момент первинного звернення пацієнта до КНП «Миколаївський обласний центр онкології» представлений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

Структура злоякісних утворень за стадіями захворювання (n=95)

Стадія захворювання	Характеристика за TNM	Кількість випадків (n)	Відсоток (%)
I стадія	T1a-cN0 M0	15	15,8
II стадія	T1-2 N1 M0/T3 N0 M0	21	22,1
III стадія	Будь-яка T N2 M0/T4 N0-1 M0	33	34,7
IV стадія	Будь-яка T Будь-яка N M1a-c	26	27,4

Як свідчать дані таблиці 2.4, найбільшу групу склали пацієнти з III стадією захворювання - 33 випадки (34,7 %), що характеризується наявністю регіонарного метастазування в іпсилатеральні медіастинальні та/або трахеобронхіальні лімфатичні вузли (N2), або значним розміром первинної пухлини з інвазією в прилеглі структури (T4).

Графічне відображення структури злоякісних новоутворень за клінічними стадіями наведено на діаграмі (рис 2.2).

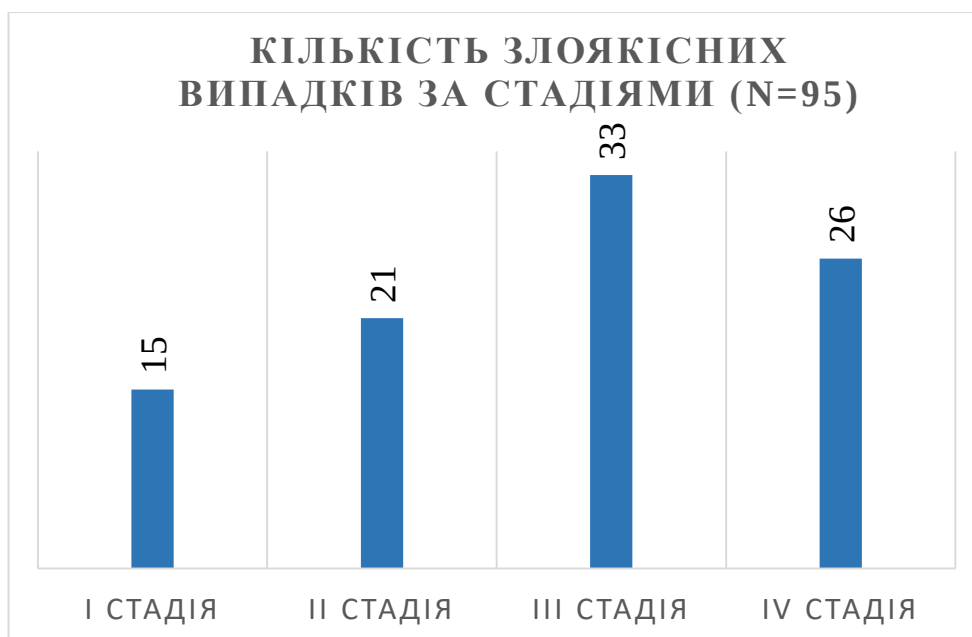


Рис. 2.2. Розподіл злоякісних новоутворень за клінічними стадіями (n=95).

Разом із пацієнтами з IV стадією (27,4 %), які мали віддалені метастази (M1), частка осіб із поширеними формами процесу (III–IV стадії) склала 62,1 %. Отримані дані свідчать про недостатню діагностичну ефективність рутинних методів первинного виявлення та обґрунтовують доцільність впровадження низькодозового МСКТ-скринінгу, а також стандартизованих алгоритмів інтерпретації досліджень з метою підвищення частки діагностики патології на I стадії. У дисертаційному дослідженні вона була найменшою та становила 15,8 % (15 випадків).

Окрім патоморфологічної природи, об'ємні утворення були класифіковані за їх внутрішньою структурою згідно з МСКТ-семіотикою (табл. 2.5).

1. Солідні вузли - 77
2. Субсолідні вузли - 35
3. Вогнища типу «матового скла» (pGGO) - 17
4. Масивні утворення (>30 мм) - 19

Окремо оцінювалася наявність супутніх ознак: деформація прилеглої плеври, «доріжка» до кореня легень, наявність перифокальної інфільтрації.

Таблиця 2.5.

Розподіл пацієнтів відповідно до МСКТ-морфологічного типу утворень.

Тип утворення	Загальна кількість (n=148)	Доброякісні (n=53)	Злоякісні (n=95)
Солідні вузли	77	32	45
Субсолідні вузли	35	12	23
Вогнища типу «матового скла» (pGGO)	17	5	12
Масивні утворення (>30 мм)	19	4	15

Як свідчать дані таблиці 2.5, найбільш численною групою у структурі виявлених змін були солідні вузли, які становили 52 % (77/148) від загальної кількості. У цій категорії відмічено відносну рівномірність розподілу між доброякісними (41,5 %) та злоякісними (58,5 %) процесами, що підкреслює складність диференціальної діагностики щільних вогнищ лише на основі візуальної оцінки морфологічних характеристик.

За розміром патологічного вогнища на момент первинної візуалізації пацієнти були стратифіковані відповідно до термінології та розмірних визначень Fleischner Society (2017). Структура утворень за розмірними категоріями наведена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6.

Структура пацієнтів залежно від розміру об'ємних утворень.

Розмір вогнища (мм)	Загальна кількість (n=148)	Доброякісні (n=53)	Злоякісні (n=95)
до 6 мм (мікровузли)	24	7	17
6,1 – 30 мм (вузли)	96	41	55
понад 30 мм (маси)	28	5	23

Відповідно до даних таблиці 2.6, основну частину вибірки склали пацієнти з вузлами розміром 6,1-30 мм – 96 випадків (64,9%). У цій категорії частка злоякісних новоутворень становила 57,3% (55 із 96), що свідчить про найбільшу варіативність етіологічної структури утворень саме в даному розмірному діапазоні.

Графічне відображення співвідношення доброякісних і злоякісних утворень залежно від їх розміру представлено на діаграмі (рис 2.3)

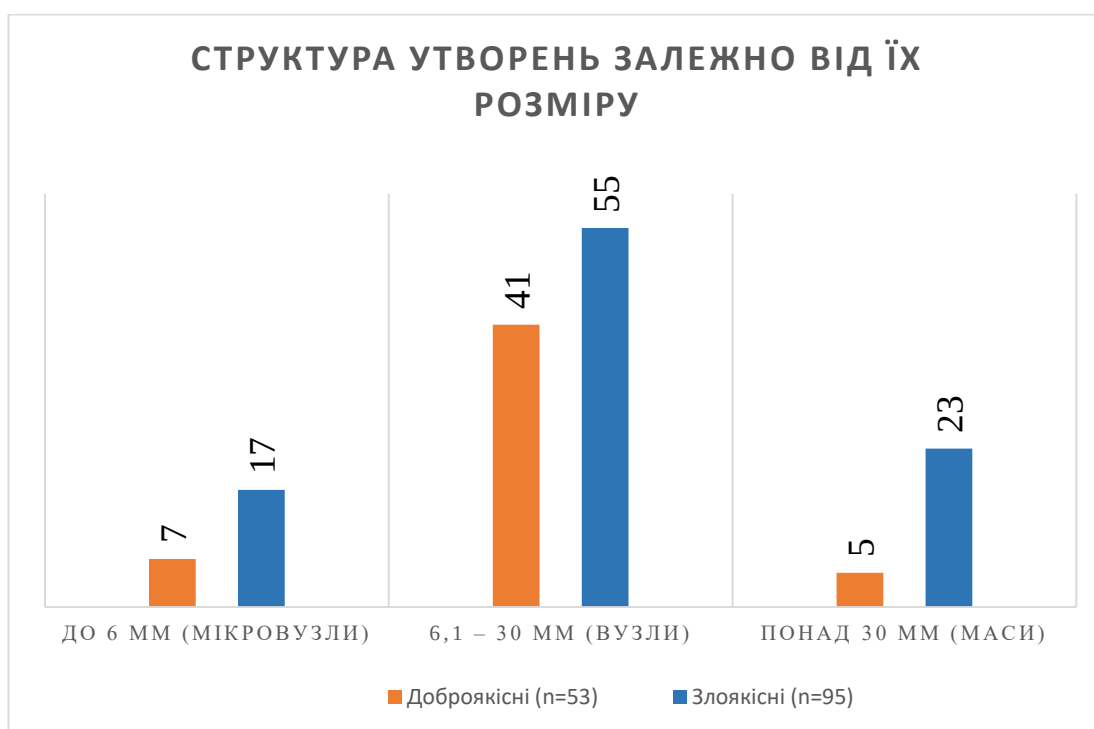


Рис. 2.3. Структура об'ємних утворень за розміром з урахуванням морфологічної верифікації.

Залежно від локалізації в паренхімі легень, об'ємні утворення були розподілені за частками (табл. 2.7). Як свідчать дані, найбільша частка злоякісних процесів локалізувалася у верхніх частках.

1. Верхня частка (права/ліва) – 70
2. Середня частка (права) – 17
3. Нижня частка (права/ліва) – 61

Таблиця 2.7.

Розподіл пацієнтів за локалізацією об'ємних утворень

Локалізація	Загальна кількість	Доброякісні	Злоякісні
Верхня частка (права/ліва)	70 / 47,3 %	25	45
Середня частка (права)	17 / 11,5 %	4	13
Нижня частка (права/ліва)	61 / 41,2 %	24	37

Для отримання морфологічного підтвердження діагнозу та лікування пацієнтів у дослідженні було проаналізовано обсяги виконаних оперативних втручань (табл. 2.8).

Таблиця 2.8.

Розподіл пацієнтів за видом хірургічного втручання (n=148)

Вид оперативного втручання	Кількість (n)	Відсоток (%)
Радикальна лобектомія	61	41,2
Клиноподібна резекція (в т.ч. енуклеація)	21	14,2
Сегментарна резекція	54	36,5
Трансторакальна пункційна біопсія (без операції)	12	8,1
Усього	148	100 %

Згідно з даними таблиці 2.8, основним видом хірургічного втручання в обстежених групах була радикальна лобектомія, яка була виконана у 61 пацієнта (41,2 %). Значну частку склали органозберігаючі операції: сегментарна резекція виконана у 36,5 % випадків (54 пацієнти), а клиноподібна резекція - у 14,2 % (21 пацієнт).

У 12 випадках (8,1 %) верифікація процесу була отримана виключно шляхом трансторакальної пункційної біопсії без подальшого радикального оперативного втручання, що було обумовлено переважно поширеністю процесу (IV стадія) або наявністю протипоказань до хірургічного лікування. Значна питома вага резекційних втручань (сумарно 50,7 %) свідчить про значну кількість пацієнтів із периферійними утвореннями, які потребували морфологічного підтвердження діагнозу.

Післяопераційний матеріал та біоптати підлягали гістологічному дослідженню з урахуванням останньої класифікації пухлин торакальної порожнини ВООЗ (2021), 5-го перегляду. Це дозволило деталізувати структуру злоякісних та доброякісних процесів у пацієнтів (табл. 2.9).

Таблиця 2.9.

Гістологічна структура верифікованих об'ємних утворень легень.

Гістологічний тип	Кількість (n)	Відсоток у групі (%)
Злоякісні (n=95):		
- Аденокарцинома	41	43,2
- Плоскоклітинний рак	34	35,8
- Залозисто-плоскоклітинний рак	8	8,4
- Великоклітинний рак	12	12,6
Доброякісні (n=53):		
- Хондроматозна гамартома	32	60,4
- Туберкулома	12	22,6
- Організована пневмонія / Абсцес	6	11,3
- Інші (осумкований інфаркт, фіброз)	3	5,7

Як свідчать дані таблиці 2.9, у структурі злоякісних новоутворень найбільша кількість випадків припадала на аденокарциному 41 випадок (43,2 %), плоскоклітинний рак верифіковано у 34 пацієнтів (35,8 %). Частка великоклітинного та залозисто-плоскоклітинного раку була меншою і становила 12,6 % та 8,4 % відповідно (рис. 2.4).

Злоякісні утворення



2.4

Доброякісні утворення



2.5

Рис. 2.4-2.5 Гістологічна структура об'ємних утворень залежно від їх розміру.

Серед доброякісних процесів визначається значна перевага хондроматозної гамартоми, яка була виявлена у 32 пацієнтів (60,4 %). Туберкуломи становили 22,6 % (12 випадків) від загальної кількості доброякісних знахідок. Організована пневмонія, абсцес та інші патологічні стани (інфаркт легені, фіброз) сумарно склали 17,0 % випадків у цій групі (рис. 2.5).

2.2. Методика проведення рентгенографії органів грудної клітки

Комплексне мультимодальне променеве обстеження пацієнтів складалось з двох основних етапів променевої візуалізації: первинний (передопераційний) та післяопераційний (контрольний).

Цифрова рентгенографія органів грудної клітки застосовувалася як на первинному етапі (у пацієнтів, скерованих за результатами профілактичних оглядів), так і як обов'язковий метод контролю в післяопераційному періоді.

Для проведення рентгенографії використовувався універсальний цифровий рентгенівський діагностичний комплекс Ecoview 9 Plus (Ecoray, Республіка Корея, 2022 рік; рис 2.6).



Рис. 2.6. Універсальний цифровий рентгенівський діагностичний комплекс Escoview 9 Plus Escoray, Республіка Корея, 2022 рік.

Конструктивно система складається з трьох основних компонентів: моторизованого штатива з U-подібною дугою, що забезпечує вертикальне переміщення та поворот системи; рентгенівського випромінювача з високочастотним генератором потужністю 50 кВт, що дозволяє отримати високу якість зображень при низькій дозі опромінення; цифрового плоскопанельного детектора на основі аморфного кремнію. Формат детектора 43×43 см забезпечував повне охоплення анатомічної ділянки органів грудної клітки за одну експозицію зі швидким отриманням діагностичних знімків.

Аналіз отриманих рентгенограм проводився на робочій станції лікаря з використанням монітору високої роздільної здатності фірми Dell (рис 2.7).

Дослідження виконувались у прямій передньо-задній та, за клінічної необхідності, лівій або правій бокових проекціях, прицільні знімки сумнівної ділянки. У післяопераційному періоді РГ ОГК проводилася усім 148 (100 %) пацієнтам у першу добу після хірургічного втручання або після проведення трансторакальної біопсії, а також перед випискою зі стаціонару.

Для стандартної РГ ОГК у двох проекціях (прямій та боковій) сумарне променеве навантаження - ефективна еквівалентна доза, коливалася в межах 0,08 0,15 мЗв. Варіабельність показника була зумовлена індивідуальними антропометричними характеристиками пацієнтів (індексом маси тіла), структурою паренхіми легень та необхідністю проведення додаткових знімків у складних діагностичних випадках.

Алгоритм проведення цифрової рентгенографії передбачав:

1. Розміщення пацієнта впритул до вертикальної стійки з цифровим детектором.
2. Використання оптимального режиму випромінювання відповідно до індексу маси тіла (напруга на трубці 110-125 кВ) для кращої візуалізації структур.
3. Виконання знімка на максимальному вдиху (на затримці дихання протягом 1-2 с).

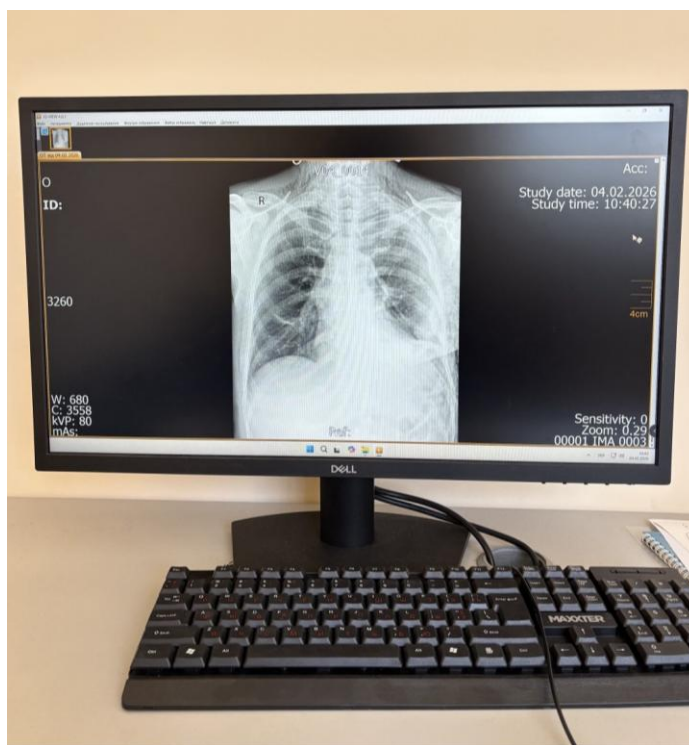


Рис. 2.7. Монітор фірми Dell на якому проводився аналіз рентгенограм пацієнтів.

Основними критеріями, що вказували на правильно проведену укладку та адекватні параметри експозиції під час РГ ОГК (рис 2.8 а, б), були:

- Повнота охоплення: на знімку в прямій проекції мають бути повністю візуалізовані верхівки легень, обидва реберно-діафрагмальні синуси та латеральні краї грудної клітки.
- Симетричність укладки: медіальні краї ключиць мають бути рівновіддалені від остистих відростків грудних хребців.
- Глибина вдиху: знімок вважався виконаним на достатньому вдиху, якщо над рівнем купола діафрагми візуалізувалися передні відрізки не менше 6 ребер або задні відрізки 9-10 ребер.
- Лопатки: при правильній укладці лопатки мають бути максимально виведені за межі легневих полів, щоб не маскувати патологічні вогнища у паренхімі.
- Відсутність артефактів: на зображенні не повинні визначатися сторонні предмети, складки одягу, пов'язок або динамічне нечітке зображення (розмитість через рух пацієнта).



Рис. 2.8. Приклад правильної укладки органів грудної клітки під час проведення ретгенографії у передній прямій (а) та лівій боковій (б) проекціях у пацієнта в післяопераційному періоді.

У післяопераційному періоді особлива увага приділялася чіткості візуалізації плевральних синусів та куполів діафрагми для своєчасного виявлення плеврального випоту або пневмотораксу, а також чіткості відображення механічних швів та дренажних трубок.

Під час аналізу отриманих зображень оцінювалися наступні критерії:

Наявність вільного повітря або рідинного вмісту, особливо після оперативного втручання.

Наявність вогнищевих або інфільтративних тіней, їх кількість та локалізація за сегментами.

Морфологія контурів: чіткі контури частіше свідчили про доброякісний характер (гамартома, кіста), тоді як нерівні, «променисті» (спікулоподібні) контури були ознакою інвазивного росту пухлини.

- Стан коренів легень та наявність ознак лімфаденопатії, що є критичним для стадіювання за критерієм N.
- Наявність супутніх змін: симптому «обриву бронха» або гіповентиляції окремих ділянок легень.

2.3. Методика проведення мультиспіральної комп'ютерної томографії

МСКТ ОГК виконувалася на 64-зрізовому комп'ютерному томографі Revolution Maxima (GE HealthCare, США, 2023 рік; рис. 2.9). Томограф оснащений детектором Clarity, рентгенівською трубкою Performix 40 Plus, удосконаленою системою збору даних та алгоритмами ітеративної реконструкції ASiR / ASiR-V, що забезпечує оптимальне співвідношення просторової роздільної здатності та променевого навантаження.

Детекторна система забезпечує отримання 64 зрізів за один оберт трубки з мінімальною товщиною реконструкції 0,625 мм. Використання ізотропного вокселя дозволяє проводити високоякісну мультипланарну реформацію (MPR) та 3D-реконструкцію без втрати чіткості в будь-якій площині, що є необхідною умовою для виявлення мікрівузлів розміром менше 5-6 мм.



Рис. 2.9. 64-зрізовий комп'ютерний томограф Revolution Maxima General Electric HealthCare, США, 2023 рік.

Дослідження проводилося у положенні пацієнта на спині з піднятими за голову руками для мінімізації артефактів поглинання. Сканування виконувалося на висоті затримки дихання після глибокого вдиху, у напрямку від верхівок легень до рівня надниркових залоз (для оцінки потенційного метастазування).

Параметри експозиції були стандартизовані:

- Напруга на аноді трубки: 120 кВ (у пацієнтів з ІМТ < 25 кг/м² - 100 кВ);
- Сила струму: використовувалася система автоматичної модуляції SmartmA, яка в реальному часі корегувала інтенсивність випромінювання залежно від щільності анатомічної зони пацієнта;
- Час ротації трубки: 0,5-0,7 с;
- Пітч (Pitch): 0,984:1.

Для диференціальної діагностики солідних вузлів та оцінки їх васкуляризації застосовувалося болюсне контрастування. Використовувався неіонний йодовмісний контрастний препарат «Томогексол 350» з концентрацією йоду 350 мг/мл.

Введення препарату здійснювалося через катетер у ліктьову вену (G18-20) за допомогою двоколбового автоматичного ін'єктора. Об'єм контрасту розраховувався за формулою 1-1,2 мл на 1 кг маси тіла пацієнта (в середньому 80-100 мл). Швидкість введення становила 3,5-5 мл/с, після чого болюсно подавався фізіологічний розчин (NaCl 0,9 %) об'ємом 40 мл для підтримки компактності болюсу контрасту.

Сканування проводилося у наступні часові інтервали (фази):

1. Нативна фаза: для оцінки вихідної щільності вузла та виявлення кальцинатів.
2. Артеріальна фаза (25-30 с): для оцінки ангіоархітекτονіки легень та кровопостачання пухлини.
3. Венозна фаза (65-70 с): для виявлення ступеня накопичення контрасту патологічною тканиною та оцінки стану лімфатичних вузлів середостіння.

Усі отримані сирі дані підлягали реконструкції з використанням фільтрів: «Lung» для візуалізації легеневої паренхіми та «Soft» для оцінки структур середостіння.

Готові серії зображень передавалися по локальній мережі на робочу станцію AW Server (General Electric HealthCare). Дана станція дозволяла виконувати:

- Побудову мультипланарних (MPR) та криволінійних реконструкцій;
- Проекції максимальної інтенсивності (MIP) та мінімальної інтенсивності (MinIP) для аналізу судинних структур і солідних утворень.
- Автоматизовану волюметрію з ШІ-підтримкою для точного визначення об'єму вогнищ та їх морфологічної структури.

Для пацієнтів, які потребували подальшого динамічного спостереження за виявленими вогнищами малих розмірів (до 6-8 мм) застосовувався низькодозовий протокол сканування (Low-dose CT).

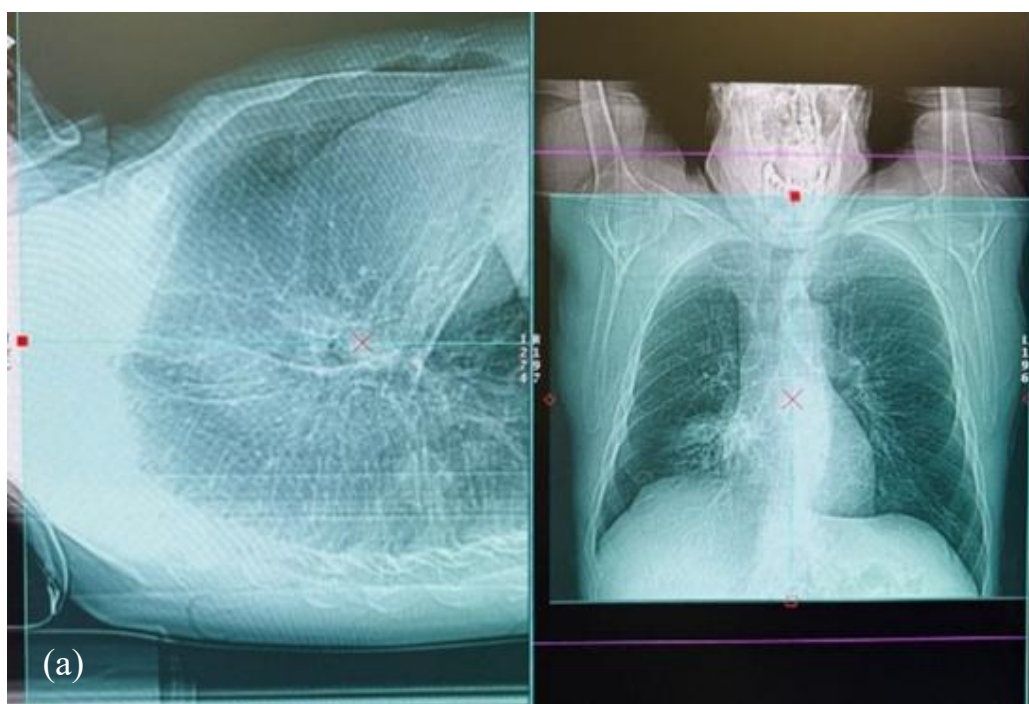
Методика базувалася на зниженні параметрів експозиції: напруга на трубі фіксувалася на рівні 100 кВ, а сила струму у межах 20-40 мА. Завдяки використанню ітеративних алгоритмів ASiR-V з високим відсотком

змішування (до 70-80%), забезпечувалася діагностично прийнятна якість зображень при суттєвому зниженні променевого навантаження. Ефективна еквівалентна доза при НД-МСКТ не перевищувала 0,5-1,2 мЗв, що в середньому в 4-5 разів менше за стандартний протокол.

Для динамічного спостереження за вже виявленими, поодинокими, ймовірно доброякісними вузлами (розміром до 15 мм), застосовувався розроблений та апробований у діагностичній практиці протокол прицільного (фокусного) низькодозового сканування [93]. Методика передбачала обмеження зони сканування до 50 мм по осі Z з центрацією на вузлі (рис. 2.10).

Для коректного порівняння в динаміці використовувалися ідентичні параметри - товщина зрізу 1,25 мм, інтервал 1 мм, аналіз у легеновому та медіастинальному вікнах.

Параметри трубки залишалися ідентичними до стандартного дослідження 100-120 кВ, Smart mA 80-450 mA) для збереження максимальної роздільної здатності зображення та відсутності діагностичного шуму.



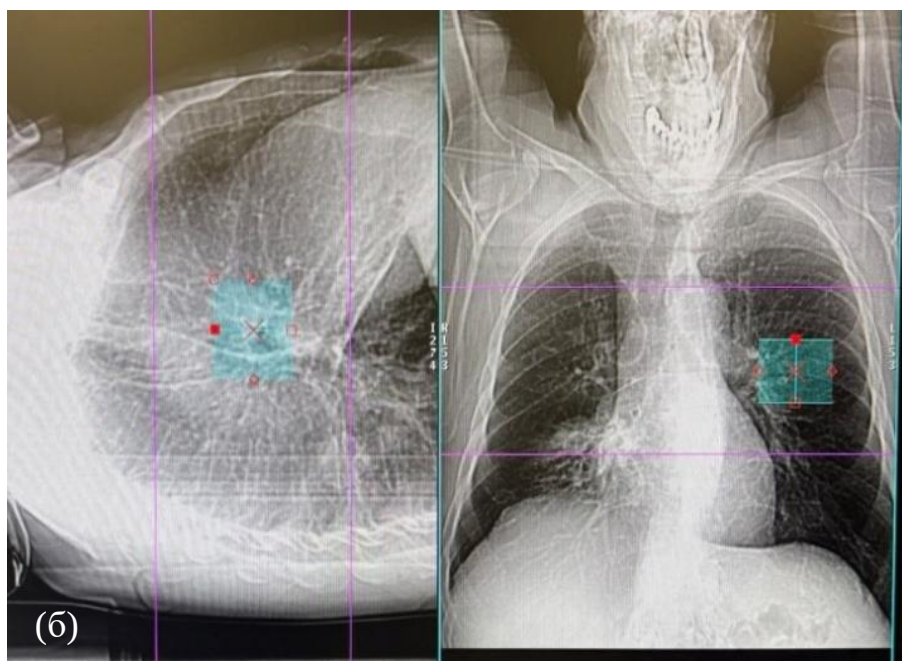


Рис. 2.10. Топограма МСКТ ОГК для визначення меж та планування об'єму при стандартному повнодозовому протоколі (а) та для прицільного сканування (б).

У випадках, коли дані неінвазивних методів візуалізації були неоднозначними, а вогнище розташовувалося периферично, виконувалася трансторакальна пункційна біопсія (ТТПБ) під безпосереднім МСКТ-наведенням (рис. 2.11)

Протокол процедури:

1. Препроцедурне планування: пацієнту виконувалося сканування зони інтересу для вибору оптимальної точки входу голки та найкоротшої траєкторії, що оминає великі судини та інтактну паренхіму.
2. Позиціонування: на шкіру пацієнта наносилася рентгеноконтрастна мітка. Після асептики та місцевої анестезії проводилася пункція коаксіальною системою.
3. КТ-контроль у реальному часі: за допомогою серії швидких прицільних сканувань верифікувалося положення кінчика голки безпосередньо в центрі утворення.

4. Забір матеріалу: після підтвердження позиції голки виконувався забір тканинного стовпчика (Core-біопсія) для подальшого цитологічного та патогістологічного аналізу.
5. Постпроцедурний контроль: одразу після вилучення голки проводилося контрольне сканування для виключення ранніх ускладнень, зокрема пневмотораксу або гемотораксу.

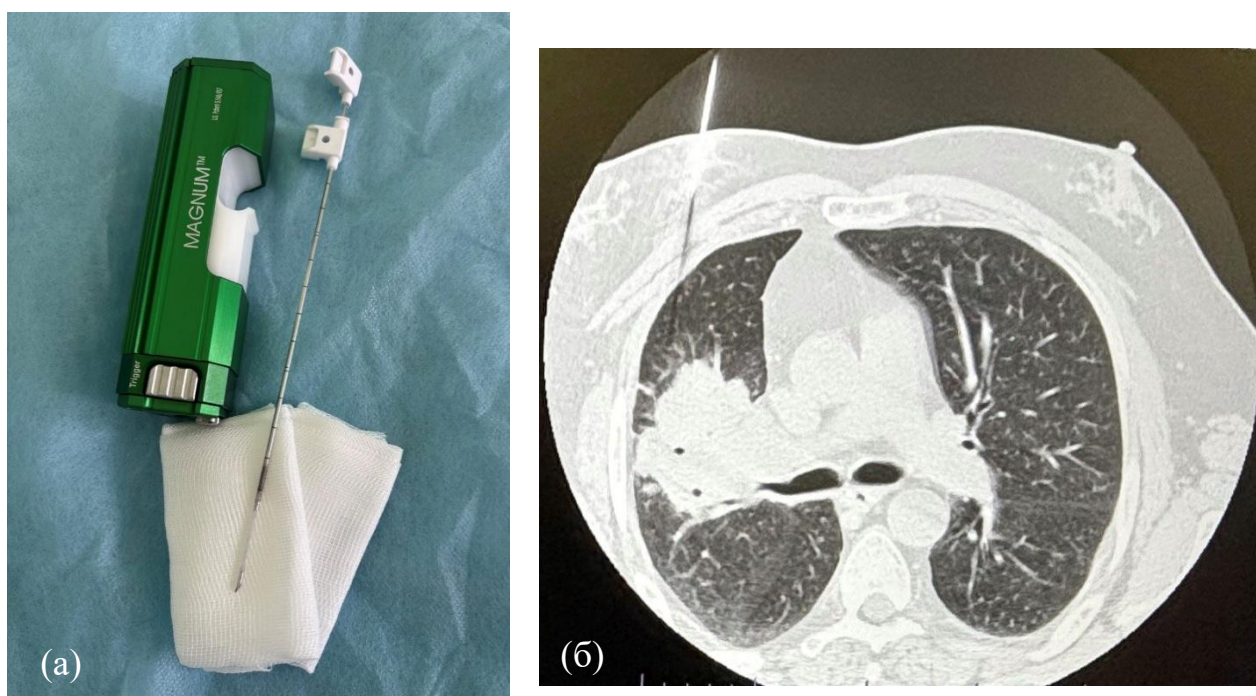


Рис. 2.11. Технічне забезпечення та етап виконання трансторакальної пункційної біопсії: (а) інструментарій для проведення Core-біопсії: автоматична багаторазова система Bard Magnum та одноразова стерильна голка; (б) МСКТ-скан у процесі маніпуляції: візуалізація біопсійної голки в структурі об'ємного утворення правої легені.

2.4. Критерії оцінки МСКТ-дослідження органів грудної клітки обстеженої групи пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

Аналіз результатів МСКТ-обстеження проводився на робочій станції AW Server (General Electric, рис. 2.12). Оцінка кожного виявленого об'ємного утворення легень була стандартизованою та базувалася на комплексному вивченні морфологічних, денситометричних та динамічних характеристик.

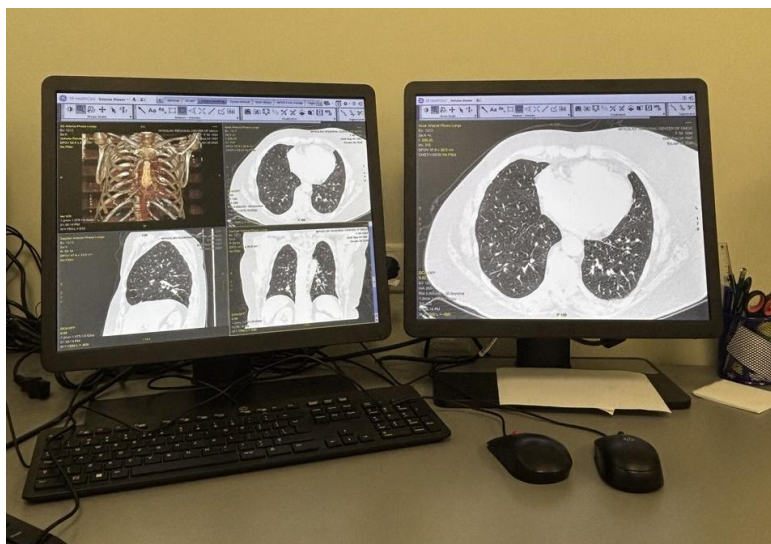


Рис. 2.12. Робоча станція Advanced Workstation Server (AW) General Electric на якій проводився аналіз МСКТ-досліджень.

Ключовими критеріями оцінки були обрані наступні параметри:

1. Морфологічна структура та щільність.

Усі виявлені вузли класифікувалися за їх щільністю на три типи:

- Солідні вузли: утворення, що повністю закривають судинний та бронхіальний малюнок легень.
- Субсолідні вузли: містять як солідний компонент, так і ділянки «матового скла».
- Вогнища за типом «матового скла» (pGGO): слабе підвищення щільності легеневої тканини, при якому зберігається візуалізація судин і стінок бронхів.

2. Аналіз контурів та форми.

Оцінювалася геометрія краю утворення, що має високе прогностичне значення:

- рівні та чіткі контури: частіше притаманні доброякісним процесам;
- спікулоподібні (променисті) контури: ознака інвазивного росту пухлини в навколишню паренхіму;
- поліциклічні (горбисті) контури: характерні для швидкого, нерівномірного росту злоякісного новоутворення.

3. Автоматизована волюметрія та денситометрія.

На відміну від традиційного вимірювання максимального діаметра, пріоритетним у дисертаційному дослідженні був об'ємний аналіз (волюметрія). Використання ШІ-підтримки на AW Server дозволяло: автоматично окреслювати межі вузла, розраховувати загальний об'єм (V , мм³), визначати середню щільність у одиницях Хаунсфілда (HU) у нативну фазу та динаміку її приросту після введення контрасту. Приріст щільності понад 15 HU розцінювався як ознака активної васкуляризації, характерної для малігнізації.

1. Оцінка внутрішньої структури та супутніх змін.

Прицільно аналізувалися додаткові ознаки:

- Наявність кальцинатів: центральне, ламінарне або «попкорноподібне» розташування свідчило про доброякісність.
- Повітряна бронхографія: наявність просвітів бронхів усередині вузла.
- Стан навколишньої паренхіми: наявність перифокальної інфільтрації, потовщення прилеглої плеври (плевральна ретракція) або «доріжки» до кореня легені.

2. Критерії динамічного спостереження.

При використанні прицільного та низькодозового протоколів основним критерієм оцінки був час подвоєння об'єму. Утворення вважалось стабільним (імовірно доброякісним) при VDT понад 400 днів або за відсутності змін протягом 2 років спостереження.

2.5. Гістологічна верифікація результатів мультимодального рентгенологічного дослідження об'ємних утворень легень

Для встановлення заключного діагнозу та визначення характеру виявлених об'ємних утворень легень у дослідженні використовували три основні методи морфологічної верифікації: трансторакальна пункційна біопсія (ТТПБ) під контролем МСКТ, хірургічна ексцизія (атипова резекція) та радикальні оперативні втручання.

У 12 пацієнтів (8,1 %), яким не було показане радикальне хірургічне втручання через поширеність процесу або соматичний стан, верифікацію проводили шляхом ТТПБ під МСКТ-наведенням. Перевагою методу була можливість прицільного позиціонування кінчика голки безпосередньо в солідний компонент утворення, що мінімізувало ризик отримання неінформативного матеріалу, зокрема некротичних мас.

Протокол проведення ТТПБ:

1. Використовували автоматичну систему для Core-біопсії BARD Magnum із голкою 18G.
2. Під контролем серії швидких МСКТ-сканів верифікували положення голки в ділянці інтересу (рис. 2.6, б).
3. Для патогістологічного дослідження отримували 3-5 стовпчиків тканини, з подальшою фіксацією їх у 10 % розчині нейтрального формаліну.

Решта 136 пацієнтів (91,9 %) отримали остаточну верифікацію за результатами аналізу операційного матеріалу (лобектомії, сегментарні резекції). Гістологічна класифікація пухлин проводилася відповідно до Класифікації пухлин грудної клітки BOOЗ (WHO Classification of Tumours. Thoracic Tumours. 5-те видання, 2021 р.) [94]. Оцінювалися гістологічний тип, ступінь диференціювання (G) та наявність лімфоваскулярної інвазії.

У випадках виявлення аденокарцином проводилося додаткове імуногістохімічне дослідження з маркерами TTF-1 та Napsin A для підтвердження легеневого генезу пухлини.

2.6 Методи статистичної обробки та аналізу результатів дослідження

Статистичний аналіз результатів виконували із застосуванням пакету програми MedCalc® Statistical Software version 22.0. Первинну обробку, систематизацію та формування бази даних здійснювали у середовищі MS Office 365.

Для порівняння частотних показників застосовували критерій χ^2 Пірсона або точний критерій Фішера (у випадку очікуваних частот <5). Рівень статистичної значущості для всіх тестів було прийнято як $p \leq 0,05$.

Для оцінки діагностичної ефективності цифрової рентгенографії та МСКТ ОГК розраховували чутливість (Se), специфічність (Sp), прогностичну цінність позитивного та негативного результатів (PV+, PV-) та загальну точність (Ac) з визначенням 95% довірчих інтервалів (95% ДІ).

Для аналізу діагностичної цінності денситометричних показників виконували ROC-аналіз (Receiver Operating Characteristic) із розрахунком AUC (Area Under Curve) та визначенням оптимального порогового значення за критерієм індексу Юдена.

Інтерпретація значень AUC:

AUC = 0,5 - відсутність дискримінаційної здатності (модель не краща за випадкову);

0,5 < AUC $\leq$ 0,6 - незадовільна якість моделі;

0,6 < AUC $\leq$ 0,7 - слабка дискримінаційна здатність;

0,7 < AUC $\leq$ 0,8 - задовільна (прийнятна) якість;

0,8 < AUC $\leq$ 0,9 - дуже добра якість (цільовий показник даного дослідження);

AUC > 0,9 - відмінна якість моделі.

Порівняльний та кореляційний аналіз:

- U-критерій Манна-Уїтні: використовувався як непараметричний метод для порівняння показників між групами доброякісних та злоякісних утворень.
- Кореляційний аналіз між параметрами стандартного та прицільного МСКТ-протоколів проводили із використанням коефіцієнта Пірсона (r).
- Оцінка адекватності моделей: Адекватність прогностичних моделей оцінювали за допомогою тесту Хосмера–Лемешова, при значенні $p > 0,05$ модель вважали статистично узгодженою з фактичними даними.

Висновки до розділу 2

1. У розділі наведено та систематизовано дані про дизайн дослідження та характеристику обстеженої групи. У когорті досліджуваних пацієнтів включено 148 осіб (63 % чоловіків та 37 % жінок) із первинно виявленими об'ємними утвореннями легень. Середній вік пацієнтів склав 60 років; згідно з класифікацією BOOЗ (2025 р.), найбільшу частку склали особи похилого та старечого віку (58,1 %) та середнього віку (32,4 %). Встановлено, що злоякісні новоутворення (n=95) у 71,6 % випадків асоціювалися з наявністю клінічних скарг, тоді як доброякісні процеси (n=53) у 59,1 % випадків виявлялися під час профілактичного огляду. Високий рівень тютюнового навантаження (>20 пачко-років) верифіковано у 30,4 % обстежених, що підтверджує значущість цього фактора ризику для формування цільових груп скринінгу.
2. Представлено методику мультимодального рентгенологічного обстеження (цифрова рентгенографія на комплексі Esoviev 9 Plus та МСКТ на 64-зрізовому томографі Revolution Maxima). Обґрунтовано використання алгоритму ітеративної реконструкції ASiR-V, що дозволило оптимізувати співвідношення між просторовою роздільною здатністю та дозою. Описано та впроваджено авторську методику прицільного низькодозового сканування, що забезпечила зниження показника DLP у 8 разів та сумарної ефективної дози на ≈ 85 % порівняно зі стандартним протоколом при збереженні високої діагностичної якості для моніторингу вузлів до 15 мм.
3. Систематизовано МСКТ-критерії оцінки легеневих утворень на робочій станції AW Server із використанням III-підтримки. Визначено переважання солідних вузлів у структурі виявлених змін (52 %), при цьому найбільш варіативною за етіологією була група вузлів розміром 6,1-30 мм (64,9 % вибірки). Встановлено локалізаційну закономірність: найбільша частка злоякісних процесів (47,3 %) локалізувалася у верхніх частках легень. Критерій стабільності за показником VDT (>400 днів) визначено як провідний параметр для диференціації доброякісних процесів.

4. Описано методи морфологічної верифікації та структуру патогістологічних висновків згідно з класифікацією ВООЗ (2021 р.). Основним видом хірургічного втручання була радикальна лобектомія (41,2 %). У 8,1 % випадків верифікацію отримано виключно шляхом трансторакальної Core-біопсії під МСКТ-наведенням (з використанням системи BARD Magnum 18G). Гістологічна структура злоякісних утворень представлена переважно аденокарциномою (43,2 %) та плоскоклітинним раком (35,8 %), серед доброякісних процесів переважала хондроматозна гамартома (60,4 %).
5. Обґрунтовано застосування комплексу статистичних методів (ROC-аналіз із визначенням AUC та оптимальних порогів за індексом Юдена, критерій Манна–Уїтні, логістична регресія, кореляційний аналіз Пірсона, тест Хосмера–Лемешова) та програмного забезпечення MedCalc®, що забезпечили статистично достовірну оцінку діагностичної ефективності розробленого алгоритму при рівні значущості $p \leq 0,05$.

Матеріали розділу були висвітлені в наступних публікаціях:

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис, 5 (171) – VI 2025. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.266525.
2. Мельникова АА., Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 501–512. doi: 10.33145/23048336202429501512.
3. Мельникова АА, Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легеневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47–51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄМНИХ УТВОРЕНЬ ЛЕГЕНЬ.

3.1. Результати рентгенографії ОГК у первинному виявленні об'ємних утворень легень

У дисертаційному дослідженні цифрова рентгенографія дозволила первинно виявити або запідозрити патологічний процес у 115 із 148 пацієнтів (77,7 %). Аналіз отриманих даних показав, що діагностична чутливість РГ суттєво залежить від локалізації утворення, його розмірів, а також від наявності супутніх змін у легеневій паренхімі та коренях легень.

На первинних рентгенограмах об'ємні утворення візуалізувалися у вигляді поодиноких вогнищевих тіней (вузлів) або масивних утворень. Серед 115 пацієнтів, у яких патологія була виявлена на етапі РГ, найчастішою ознакою було локальне затемнення різного ступеня інтенсивності та чіткості контурів.

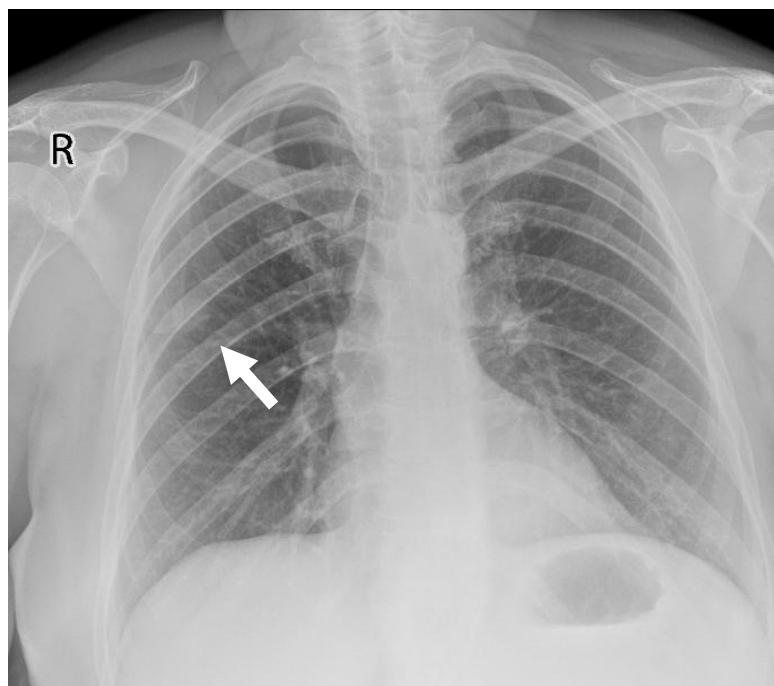


Рис. 3.1. Рентгенограма ОГК пацієнтки Н., 46 р. (пряма проекція). У верхній частці правої легенеї (біла стрілка) візуалізується округла тінь середньої інтенсивності з чіткими контурами (туберкулома, верифікована патоморфологічно).

За морфологічними характеристиками тіней на РГ були виділені та проаналізовані наступні діагностичні патерни:

- Чітко окреслені округлі тіні (n=42; 36,5 %) - переважно відповідали доброякісним процесам (гамартоми, туберкуломи) або метастатичному ураженню (рис. 3.1).
- Тіні з нерівними, «променистими» контурами (n=58; 50,4 %) – цей симптом мав найвищу кореляцію зі злоякісним характером процесу (аденокарцинома, плоскоклітинний рак). Променистість контурів розцінювалася як ознака інвазивного росту пухлини в навколишню паренхіму (рис. 3.2 а,б).

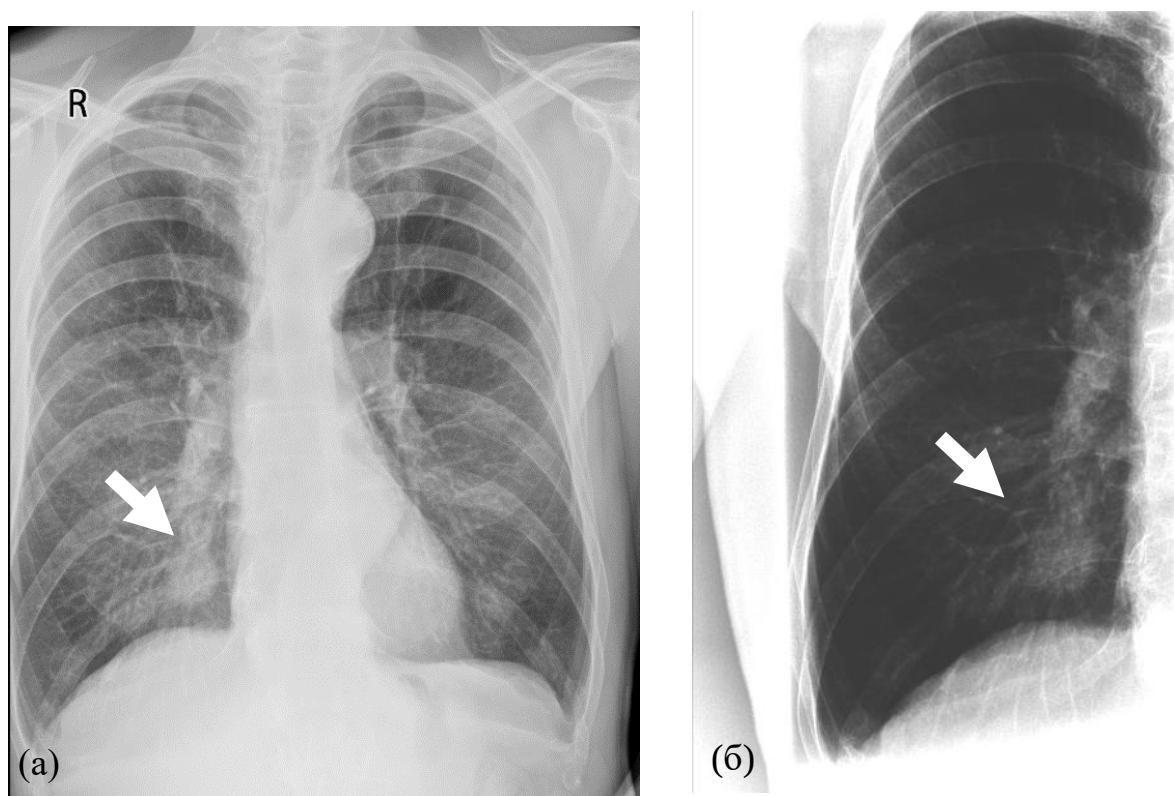


Рис. 3.2. Рентгенограми пацієнта П., 71 рік. Рентгенологічна семіотика периферичного раку легені. (а) пряма проекція - у середній зоні правої легені визначається тінь округлої форми з нечіткими контурами на тлі посиленого легеневого малюнка (біла стрілка); (б) прицільний знімок - чітко візуалізується симптом «променистого вінця» (corona radiata) та симптом «доріжки» до кореня, що розцінювалось як ознака лімфангіїту (утворення – біла стрілка).

- Масивні інфільтратоподібні тіні (n=15; 13,1 %) що займали сегмент або частку, часто маскуючи первинний пухлинний вузол під ознаками пневмонії або ателектазу.

Важливим етапом аналізу була оцінка рентген-негативних зон («німих» зон). У 33 випадках (22,3 % від загальної вибірки, n=148) при проведенні РГ патологічні зміни не візуалізувалися або розцінювалися як сумнівні. Подальше зіставлення з даними МСКТ ОГК встановило, що причинами гіподіагностики на етапі РГ були:

- Анатомічне накладання тіней: локалізація вузла за тінню серця, куполом діафрагми в задньо-нижніх відділах або в ділянці верхівок під ключицями.
- Малий розмір вогнища: утворення діаметром < 10 мм недостатньо інтенсивні для візуалізації на тлі ребер та легеневого малюнка.
- Низька щільність: субсолідні утворення або вогнища у вигляді «матового скла» складно диференціювати від запальних змін.

Окрему увагу було приділено аналізу супутніх рентгенологічних ознак, які асоціювалися з об'ємним утворенням (табл. 3.1):

- Деформація кореня легені: розширення та втрата структурності кореня на боці ураження спостерігалися у 38 осіб (33,0 %), що характерно для центрального раку або метастатичного ураження бронхопульмональних лімфатичних вузлів.
- Реакція плеври: наявність вільної рідини в синусах або потовщення міжчасткової плеври (n=19; 16,5 %) розцінювалося як непряма ознака інвазивного процесу.
- Симптом «доріжки» до кореня: тяжистість, що з'єднувала вузол із коренем легені, візуалізувалася у 24 пацієнтів (20,9 %) і потребувала диференціальної діагностики між специфічним запаленням (туберкульоз) та лімфангітом (рис. 3.2, б).

Таблиця 3.1.

Частота виявлення непрямих рентгенологічних ознак малігнізації
об'ємних утворень легень (n = 115).

Рентгенологічна ознака	Кількість пацієнтів (n)	Відсоток (%)
Нерівність / поліциклічність контурів	58	50,4 %
Потовщення прилеглої плеври, гідроторакс	19	16,5 %
Інфільтрація кореня легені на боці ураження	38	33,0 %
Симптом «доріжки» до кореня	24	20,9 %
Ознаки гіповентиляції (ателектаз)	12	10,4 %

Примітка. В одного пацієнта могло визначатися декілька непрямих ознак, тому їх сумарна кількість перевищує загальну кількість досліджень (n = 115).

Порівняльний аналіз підтвердив, що чутливість РГ у виявленні об'ємних утворень безпосередньо залежить від їх розміру (табл. 3.2). Для утворень ≤ 6 мм чутливість становила 8,3 % (2 із 24 випадків). Для утворень > 6 мм (n = 124) цей показник зростав до 91,1 % (113 із 124 випадків).

Таблиця 3.2.

Порівняльна діагностична ефективність рентгенографії ОГК у візуалізації об'ємних утворень залежно від їх розміру (n=148)

Розмір утворення (за Fleischner, 2017)	Кількість випадків (n)	Візуалізовано на РГ (n / %)	Рентген-негативні випадки (n / %)
Мікроеузли (до 6 мм)	24	2 / 8,3 %	22 / 91,7 %
Вузли (6,1 - 30 мм)	96	85 / 88,5 %	11 / 11,5 %
Масивні утворення (> 30 мм)	28	28 / 100 %	0 / 0 %
Усього	148	115 / 77,7 %	33 / 22,3 %

На основі отриманих результатів сформовано діагностичний алгоритм: при виявленні підозрілої тіні на РГ або за наявності клінічних скарг при

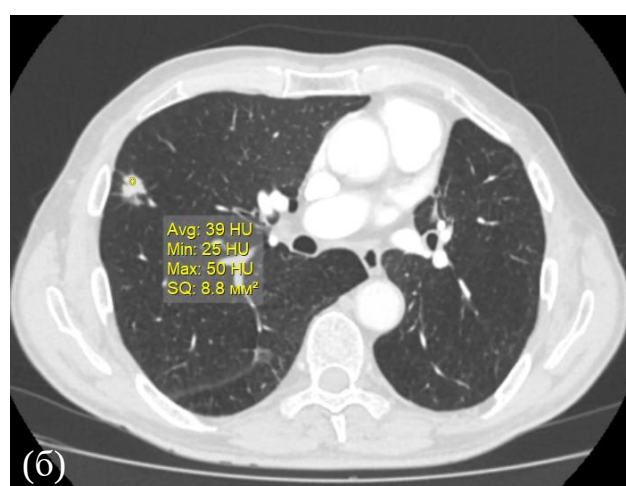
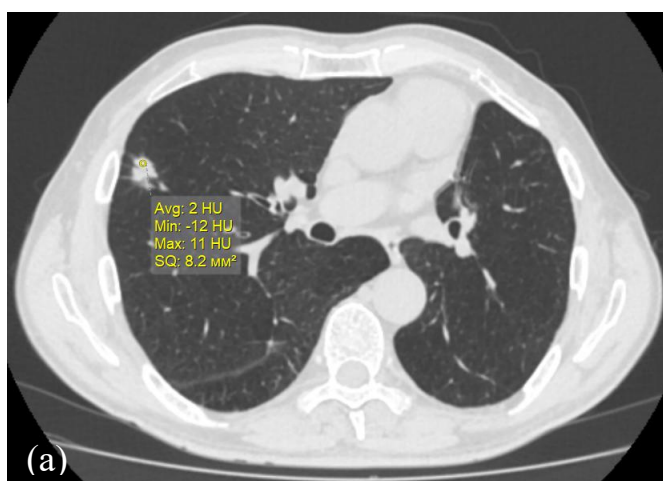
відсутності рентгенологічних змін рекомендовано наступним етапом виконати МСКТ за низькодозовим протоколом для уточнення морфології утворення та визначення подальшої тактики (біопсія або динамічне спостереження).

3.2. Аналіз результатів МСКТ ОГК з болюсним контрастуванням у диференціації об'ємних утворень легень.

Після первинної цифрової рентгенографії наступним етапом уточнюючої діагностики стало виконання МСКТ ОГК із болюсним контрастуванням, що дозволило не лише уточнити морфологічні характеристики вузлів, але й оцінити їх перфузійні особливості, що важливо для диференціації генезу утворень та визначення подальшої тактики ведення пацієнтів із пухлинами легень.

У процесі аналізу 148 випадків встановлено, що нативна щільність утворення не завжди є патогномонічною ознакою, тоді як динаміка накопичення контрастної речовини має вищу прогностичну цінність. Злоякісні пухлини, внаслідок активного неоангіогенезу, характеризуються наявністю розгалуженої мережі патологічних капілярів.

Серед злоякісних новоутворень ($n=95$) у 84,2 % випадків спостерігалось інтенсивне гетерогенне накопичення контрастної речовини в артеріальну фазу (25-30 с), що зумовлено наявністю ділянок з різною щільністю мікросудинного русла (рис. 3.3, б).



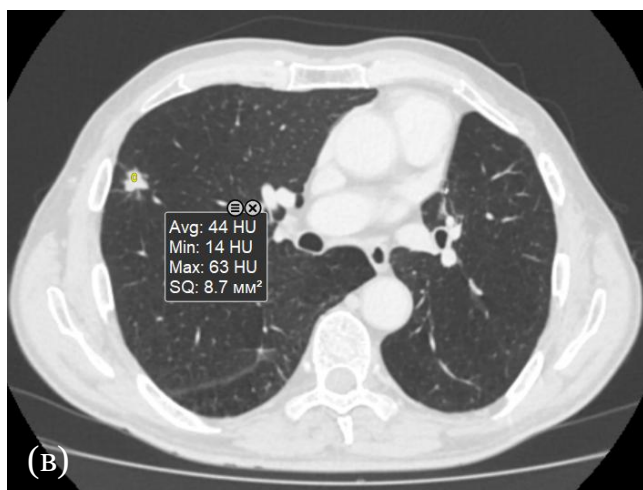
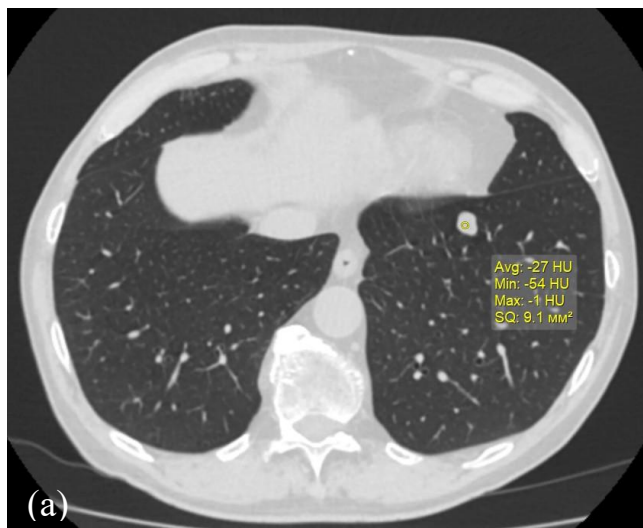


Рис. 3.3. МСКТ ОГК пацієнта П. Аксіальні зрізи. Залозисто-плоскоклітинний рак верхньої частки правої легені, G2, cT3N0M0, стадія ІІВ: (а) нативна серія – щільність солідного компонента утворення +2 HU; (б) артеріальна фаза – інтенсивне накопичення контрастної речовини, підвищення щільності до +39 HU (Δ HU = 37 HU); (в) венозна фаза – нерівномірне вимивання контрасту (+27...+44 HU), що відображає особливості неопластичного ангиогенезу утворення.

У подальшому визначалося плато накопичення у венозну фазу (60-70 с), що пояснюється затримкою контрастної речовини в екстравазальному просторі пухлини (рис. 3.3, в). Середній приріст щільності склав $+30 \pm 5$ HU. Доброякісні утворення (n=53), зокрема хондроматозні гамартоми, демонстрували мінімальне накопичення (< 15 HU) або наявність точкових кальцинатів, які чітко візуалізувалися на нативних сканах (рис. 3.4).



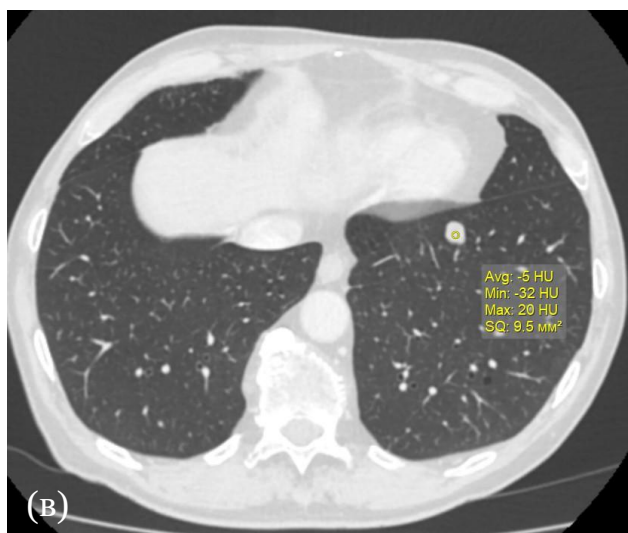


Рис. 3.4. МСКТ ОГК пацієнта К. Аксіальні зрізи. Хондроматозна гамартома лівої легені: (а) нативна серія – щільність утворення -27 HU, що свідчить про наявність жирових включень; (б) артеріальна фаза – підвищення щільності утворення до -16 HU (Δ HU = 11 HU); (в) венозна фаза – щільність утворення становить -5 HU.

Для оцінки МСКТ-сканів проводили мультипланарну реконструкцію (MPR), а також побудову проєкцій максимальної та мінімальної інтенсивності (MIP, MinIP). Це дозволило деталізувати такі ознаки:

- Контури утворення: Спікулоподібні та поліциклічні контури були виявлені у 72,6 % випадків злоякісних пухлин. Особливо часто спостерігався симптом плевральної ретракції, що супроводжувався її втягненням над утворенням.
- Внутрішня структура: наявність зон некрозу (відсутність контрастування в центрі) була характерною для плоскоклітинного раку великих розмірів (> 30 мм).
- Повітряна бронхографія (візуалізація просвіту бронха всередині вузла) спостерігалася переважно при аденокарциномах.
- Васкулярна конвергенція: При залученні судин у пухлинний конгломерат спостерігався симптом «підтягування» або обриву гілок легеневої артерії

на межі з утворенням. Це найкраще візуалізувалося при побудові МІР-реконструкцій.

Таким чином, поєднання морфологічних МСКТ-ознак із характеристиками контрастного підсилення дозволило підвищити точність диференційної діагностики об'ємних утворень легень, особливо у випадках солідних вузлів без специфічних рентгенологічних маркерів.

Важливим доповненням до аналізу результатів стала автоматизована волюметрія (табл.3.3). На відміну від вимірювання лінійного діаметра, вона дозволила більш точно визначати об'єм утворень (V , мм^3).

Таблиця 3.3.

Порівняння середньої щільності та об'єму утворень за даними МСКТ
($n=148$)

Гістологічний статус	Нативна щільність утворення (HU)	Приріст щільності (HU)	Середній об'єм утворення (мм^3)
Злоякісні ($n=95$)	$+38,2 \pm 5$	$+30 \pm 5$	4250 ± 840
Доброякісні ($n=53$)	$+24,6 \pm 12$	$+12,1 \pm 3$	1860 ± 420

Диференційна діагностика доброякісних вузлів є складним діагностичним завданням. У ході дослідження було систематизовано комплекс ознак, що дозволяє зменшити ймовірність діагностичних помилок (табл. 3.4):

- Наявність жирових включень в структурі утворення: Чітка ідентифікація ділянок щільністю від -40 до -120 HU всередині вузла високою специфічною ознакою гамартоми.
- Типи кальцинації в структурі новоутворення: центральне («попкорн»-тип) або дифузне звапнення більш характерне для доброякісних утворень. Натомість точкові ексцентрично розташовані мікрокальцинати потребують особливої уваги, оскільки зустрічаються у структурі раку легень, що розвинувся на тлі посттуберкульозних та/або фіброзних змін.

- Чіткість та рівність контурів утворення: солідні вузлики з гладким краєм у 74,5 % випадків виявлялися доброякісними (кісти, ретенційні вузли), проте вони потребували обов'язкового динамічного контролю об'єму.

Таблиця 3.4.

Диференціально-діагностичні МСКТ-ознаки об'ємних утворень легень
за результатами дослідження (n=148)

МСКТ-ознака	Злоякісні (n=95)	Доброякісні (n=53)	Значущість (p)
Спікулоподібні контури (променистість)	74 (77,9 %)	6 (11,3 %)	< 0,001
Поліциклічність (часточковість)	68 (71,6 %)	14 (26,4 %)	< 0,05
Симптом плевральної ретракції	40 (42,1 %)	5 (9,4 %)	< 0,01
Ексцентричні мікрокальцинати	9 (9,5 %)	2 (3,8 %)	> 0,05
Жирові включення (-40..120 HU)	0 (0 %)	32 (60,4 %)	< 0,001
Приріст щільності > 10 HU	80 (84,2 %)	11 (20,7 %)	< 0,001

3.3. Кореляційний аналіз МСКТ-характеристик об'ємних утворень легень та результатів патоморфологічного дослідження біопсійного й операційного матеріалу легень.

Важливим етапом оцінки ефективності запропонованих діагностичних підходів стало проведення прямого зіставлення результатів МСКТ ОГК з даними патоморфологічного дослідження операційного або біопсійного матеріалу. Це дозволило не лише остаточно верифікувати характер патологічного процесу, але й визначити морфологічні механізми формування окремих МСКТ-симптомів, що спостерігалися при об'ємних утвореннях легень. Кореляційний аналіз було проведено для 148 пацієнтів, яким виконували хірургічне втручання або трансторакальну біопсію з подальшим гістологічним дослідженням отриманого матеріалу. Для оцінки взаємозв'язку між МСКТ-ознаками та морфологічними характеристиками новоутворень застосовувався кореляційний аналіз із використанням коефіцієнта Пірсона (r), що дозволило кількісно визначити ступінь відповідності між променевими та гістологічними характеристиками об'ємних утворень легень.

У групі злоякісних пухлин легень встановлено, що характер контурів та внутрішня архітектоніка вузлів безпосередньо пов'язані з особливостями інвазивного росту пухлинної тканини. Патоморфологічно спікулоподібні контури відповідали поширенню тяжів пухлинних клітин уздовж інтерстиціальних щілин, перибронхіальних та навколосудинних лімфатичних шляхів. У низці випадків ці тіні також були зумовлені вторинним десмопластичним процесом, що супроводжується проліферацією фібробластів, відкладенням колагену та формуванням фіброзних тяжів у відповідь на пухлинний ріст.

Наявність ділянок низької щільності ($HU < 20$) у солідних злоякісних утвореннях, що не накопичували контрастну речовину, у 86% випадків корелювала з наявністю зон тканинного детриту. Найчастіше це спостерігалось при плоскоклітинному та крупноклітинному раку. Гістологічно це пояснювалося швидким ростом пухлинної маси, що призводило до центральної ішемії через дефіцит судинних структур в центрі новоутворення (Рис. 3.5).

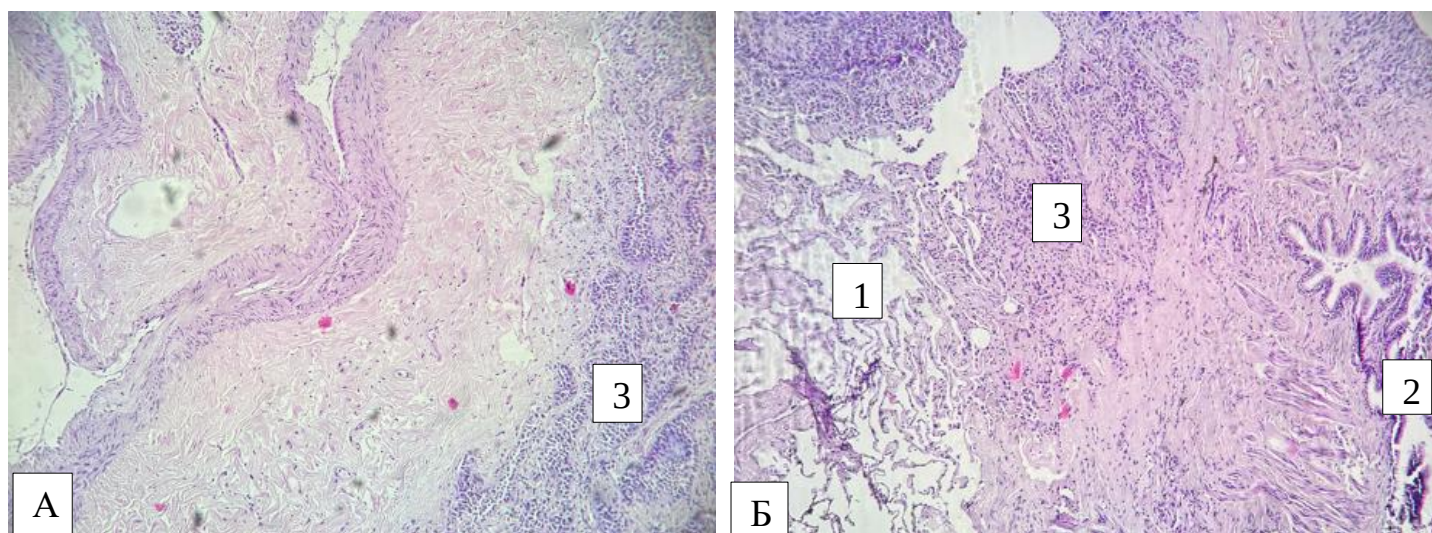


Рис. 3.5. А, Б - Мікропрепарати аденокарциноми легені. Візуалізується збережена легенева паренхіма (1), просвіт бронхіола (2), пухлинний субстрат – атипові залозисті структури з фокусами некрозу (3).

Окрему групу становили субсолідні утворення з компонентом «матового скла». Морфологічний аналіз показав, що подібна картина найчастіше

пов'язана з вистеляючим (lepidic) типом росту аденокарциноми. При цьому пухлинні клітини розташовуються вздовж стінок альвеол, частково зберігаючи їх структуру. Просвіти альвеол при цьому не повністю заповнені пухлинною тканиною, що дозволяє зберігати певний об'єм повітря в легеневій паренхімі. Саме ця особливість і формує характерний вигляд зони зниженої щільності типу «матового скла» на МСКТ.

У групі доброякісних утворень (n=53) МСКТ-ознаки були більш специфічними та легше піддавалися морфологічній інтерпретації:

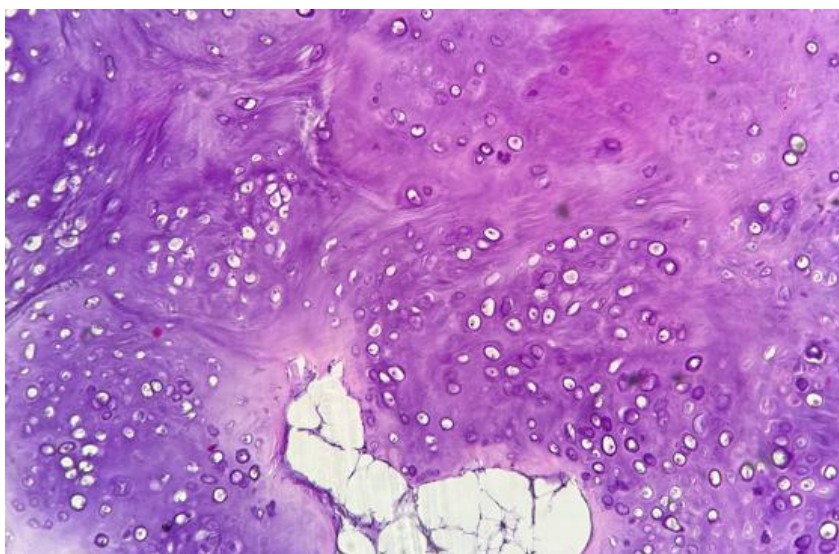


Рис. 3.6. Мікропрепарат хондроматозної гамартоми. В полі зору гіалінова хрящова тканина з прошарками пухкої сполучної та жирової тканини.

- Гамартоми (n=32): гістологічно вони представлені поєднанням різних зрілих тканинних компонентів, серед яких найчастіше виявляються жирова тканина, хрящові елементи та сполучна тканина (Рис. 3.6). Наявність жирового компоненту зумовлює характерні показники щільності на МСКТ (від -40 до -90 HU). Кореляція між МСКТ-денситометрією та наявністю зрілої жирової тканини в операційному матеріалі склала $r=0,96$. Виявлення ділянок жирової щільності у структурі вузла дозволяє з високою ймовірністю припустити гамартому ще на доопераційному етапі. Кальцинати у структурі утворення морфологічно відповідають ділянкам хрящової тканини з елементами хондроматозу.

- Туберкуломи (n=14): чіткість контурів на МСКТ ОГК зумовлена формуванням щільної сполучнотканинної капсули навколо казеозного ядра. При введенні контрастної речовини у ряді випадків спостерігається помірне накопичення контрасту по периферії утворення (симптом «кільця»), що морфологічно відповідає васкуляризованій сполучнотканинній оболонці, тоді як відсутність накопичення контрасту в центрі підтверджувала наявність казеозних мас без судинної сітки.

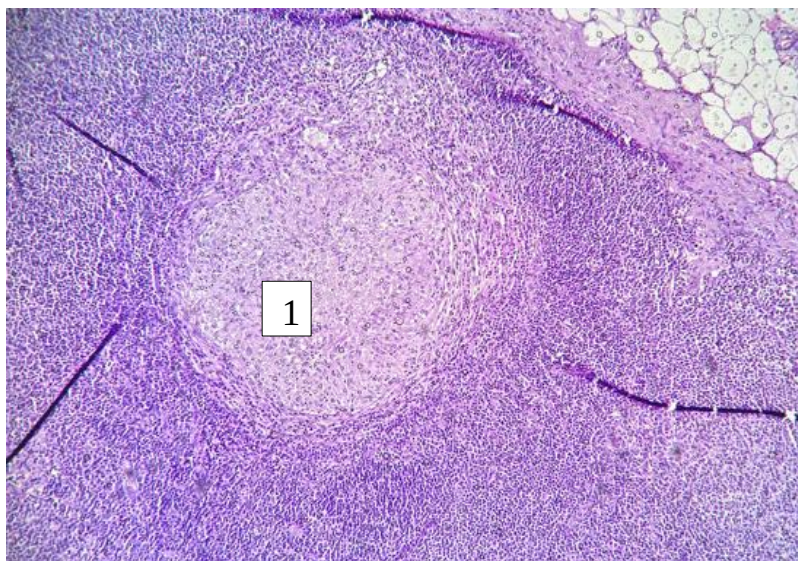


Рис. 3.7. Мікропрепарат туберкуломи легені. В центрі препарату візуалізується велика зона безструктурного казеозного некрозу (1). По периферії вона оточена специфічним грануляційним валом, що складається з епітеліоїдних клітин, лімфоцитів та поодиноких багатоядерних гігантських клітин Пирогова-Лангханса.

Незважаючи на високу точність (загальний збіг діагнозів 89,2%), у 10,8% випадків спостерігалися розбіжності між МСКТ-висновком та гістологією. Основні причини включали:

- «Хибнопозитивні» результати: Деякі випадки поодиноких туберкулом та хронічних абсцесів мали нерівні контури за рахунок вираженого перифокального фіброзу, що на МСКТ імітувало симптом «променистого вінця» периферичного раку.

- «Хибне матове скло»: Ділянки вогнищового пневмофіброзу або організованої пневмонії мали вигляд субсолідних вузлів, що потребувало тривалого динамічного спостереження для диференціації з аденокарциномою.

Отримані розбіжності не мали системного характеру та були зумовлені подібністю морфологічних механізмів формування окремих МСКТ-симптомів при різній етіології процесу.

Таблиця 3.5.

Зведена характеристика кореляції МСКТ-ознак та морфологічного субстрату.

МСКТ-симптом	Морфологічна природа	Коефіцієнт кореляції (r)	Типова нозологія
Спікули	Інвазія в інтерстицій / фіброз	0,81	Злоякісне новоутворення
Зони гіподенсивності	Тканинний детрит / некроз	0,86	Плоскоклітинний рак
Матове скло (pGGO)	Вистеляючий ріст клітин	0,78	Аденокарцинома
Жирова щільність	Диференційована жирова тканина	0,96	Гамартома
Симптом «кільця»	Васкуляризована капсула	0,74	Туберкулома

Таким чином, проведене морфологічне зіставлення дозволило більш глибоко зрозуміти патогенетичні механізми формування основних МСКТ-симптомів при об'ємних утвореннях легень. Отримані дані дослідження, що представлені в таблиці 3.5 свідчать, що детальний аналіз контурів утворення, його внутрішньої структури, перифокальної реакції навколишньої паренхіми дозволяє значно підвищити точність доопераційної діагностики.

3.4. Оцінка діагностичної інформативності мультимодальних рентгенологічних методів та статистичне підтвердження результатів дослідження

У даному підрозділі представлено комплексний статистичний аналіз отриманих даних, спрямований на оцінку надійності розробленого діагностичного рентгенологічного алгоритму. Оцінка діагностичної інформативності променевих методів дослідження базувалася на порівнянні доопераційних результатів рентгенографії та МСКТ ОГК із результатами патоморфологічної верифікації (операційний матеріал та трансторакальна біопсія), $n = 148$.

Для об'єктивізації ролі кожного етапу променевої діагностики нами було розраховано показники чутливості (Se), специфічності (Sp) та загальної точності (Ac) для цифрової рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії ОГК (табл.3.6).

Таблиця 3.6.

Порівняльна інформативність РГ та МСКТ ОГК у диференціації
об'ємних утворень легень.

Показник	Рентгенографія (%)	МСКТ (комплексна оцінка) (%)	95% ДІ для МСКТ
Діагностична чутливість (Se)	77,7	94,8	88,3-98,3
Діагностична специфічність (Sp)	52,4	86,8	74,7-94,5
Прогностична цінність позитивного результату (PV+)	71,9	92,8	85,8-97,1
Прогностична цінність негативного результату (PV-)	59,5	90,2	78,6-96,7
Загальна точність (Ac)	68,2	91,9	85,4-96,2

Аналіз даних таблиці демонструє, що МСКТ суттєво переважає РГ за всіма показниками. Особливе діагностичне значення має висока прогностична цінність негативного результату МСКТ (90,2 %), що дозволяє з високою ймовірністю виключати злоякісний характер утворення та обґрунтовує застосування методу для динамічного моніторингу ймовірно доброякісних утворень за прицільним протоколом.

З метою первинної оцінки відмінностей між доброякісними та злоякісними утвореннями за показниками накопичення контрастної речовини було проведено міжгрупове порівняння показників із використанням непараметричного критерію Манна-Уїтні (рис. 3.8). Аналіз показав статистично значущу різницю у рівнях інтенсивності контрастного підсилення між досліджуваними групами ($U = 532,0$; $Z = -7,908$; $p < 0,001$).

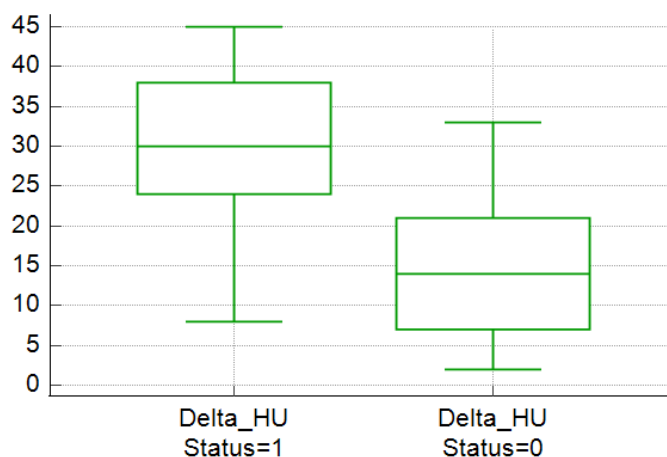


Рис. 3.8. Порівняльна діаграма розмаху («box-and-whisker plot») рівнів накопичення контрастної речовини (HU) у верифікованих групах злоякісних утворень (status=1) та доброякісних утворень (status=0).

Для визначення оптимальних критеріїв малігнізації вузлів залежно від показників денситометрії та швидкості накопичення контрастної речовини нами було проведено ROC-аналіз (Receiver Operating Characteristic). Розрахунок координат ROC-кривої представлений в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7.

Операційні характеристики та діагностичні пороги МСКТ-денситометрії
об'ємних утворень за результатами ROC-аналізу (n=148).

Поріг (ΔHU)	Чутливість (Se), %	95% ДІ	Специфічність (Sp), %	95% ДІ	+LR*	-LR**
> 9	94,68	88,0- 98,3	35,85	23,1- 50,2	1,48	0,15
> 10	93,62	86,6- 97,6	43,40	29,8- 57,7	1,65	0,15
> 12	91,49	83,9- 96,3	45,28	31,6- 59,6	1,67	0,19
> 14	89,36	81,3- 94,8	52,83	38,6- 66,7	1,89	0,20
> 18	89,36	81,3- 94,8	66,04	51,7- 78,5	2,63	0,16
> 21	88,30	80,0- 94,0	79,25	65,9- 89,2	4,25	0,15
> 23	82,98	73,8- 89,9	88,68	77,0- 95,7	7,33	0,19
> 24	73,40	63,3- 82,0	90,57	79,3- 96,9	7,78	0,29
> 28	56,38	45,8- 66,6	94,34	84,3- 98,8	9,96	0,46

Примітка. *+LR - відношення правдоподібності позитивного результату;
**-LR - відношення правдоподібності негативного результату.

Аналіз координат ROC-кривої дозволив визначити критичний діапазон денситометричних показників між 21,0 HU та 23,0 HU. Встановлено, що при значенні >21,0 HU метод демонструє високу чутливість (88,3%), проте специфічність у 79,2% є недостатньою для уникнення гіпердіагностики. Подальше підвищення порогу до >23,0 HU супроводжується зростанням специфічності до 88,6%, проте призводить до статистично значущого зниження чутливості до 82,9%, що створює ризик пропуску злоякісного новоутворення.

На основі розрахунку індексу Юдена (максимізація суми Se+Sp), оптимальним порогом відсікання (Cut-off point) було визначено значення 22,5 HU. Це дозволило досягти специфічності 86,8% при збереженні високої

чутливості методу (88,3%). Даний підхід забезпечує високе відношення правдоподібності позитивного результату ($+LR = 6,7$), що робить МСКТ-денситометрію надійним інструментом диференціації об'ємних утворень легень.

Графічна візуалізація отриманої моделі представлена на Рис. 3.9.

Показники моделі: $AUC = 0,89 \pm 0,04$; 95% ДІ: 0,81–0,96; $z = 9,8$; $p < 0,0001$. Оптимальна точка відсікання (Cut-off point) за критерієм Юдена становить $> 22,5$ HU (чутливість - 88,3%, специфічність - 86,8%).

Аналіз площі під ROC-кривою (AUC - Area Under the Curve) показав значення $0,89 \pm 0,04$ (з 95% довірчим інтервалом 0,81-0,96). Отриманий показник свідчить про високу дискримінаційну здатність моделі.

Статистична значущість моделі підтверджена за допомогою Z-статистики ($Z = 9,8$; $p < 0,0001$), що вказує на неможливість отримання таких результатів випадковим чином.

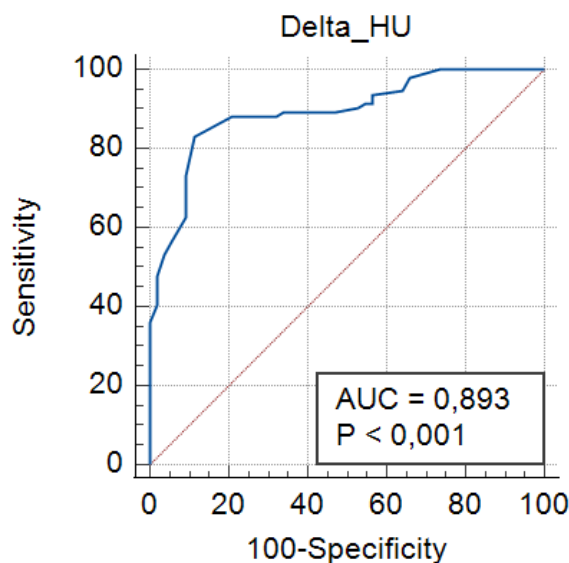


Рис. 3.9 ROC-крива діагностичної ефективності МСКТ-денситометрії у диференціації злоякісних та доброякісних об'ємних утворень легень ($n=148$).

Для визначення найбільш значущих ознак, що впливають на ризик злоякісності, нами було застосовано метод багатофакторної логістичної регресії. Внесок кожної ознаки оцінювали за показником відношення шансів (OR). Результати моделювання представлені у Табл. 3.8.

Таблиця 3.8.

Статистичні параметри логістичної регресійної моделі (n=148).

Предиктор (ознака)	Коефіцієнт β	Станд. помилка	p-value	OR (Відношення шансів)	95% ДІ для OR
Наявність зон некрозу	4,22	1,32	< 0,001	68,32	5,11 – 912,82
$\Delta NU > 22,5$	4,20	0,86	< 0,001	66,59	12,32 – 360,05
Поліциклічність контурів	2,54	0,80	0,002	12,66	2,65 – 60,44
Васкулярна конвергенція	-1,12	1,16	0,332	0,32	0,03 – 3,14

Як свідчать дані таблиці статистично значущими незалежними предикторами виявилися структурні зміни (некроз) та кількісні параметри денситометрії. Проте, при порівнянні довірчих інтервалів (ДІ) встановлено, що показник $\Delta NU > 22,5$ має більш вузький довірчий інтервал (ДІ від 12,32 до 360,05), ніж візуальна ознака некрозу (ДІ від 5,11 до 912,82), що свідчить про більшу статистичну стабільність оцінки. Це підтверджує, що визначений нами денситометричний поріг є більш об'єктивним інструментом для практичної роботи рентгенолога.

Адекватність побудованої математичної моделі оцінювали за допомогою критерію згоди Хосмера–Лемешова (Hosmer–Lemeshow test).

Величина $\chi^2 = 10,64$;

Ступені свободи (df) = 8;

Рівень значущості (p) = 0,22.

Оскільки отримане значення $p > 0,05$, немає підстав відхиляти нульову гіпотезу про адекватність моделі. Це свідчить про те, що розроблений алгоритм не має систематичних помилок у прогнозуванні ризику злоякісності.

Візуальне підтвердження високої якості калібрування представлено на діаграмі (Рис. 3.10).

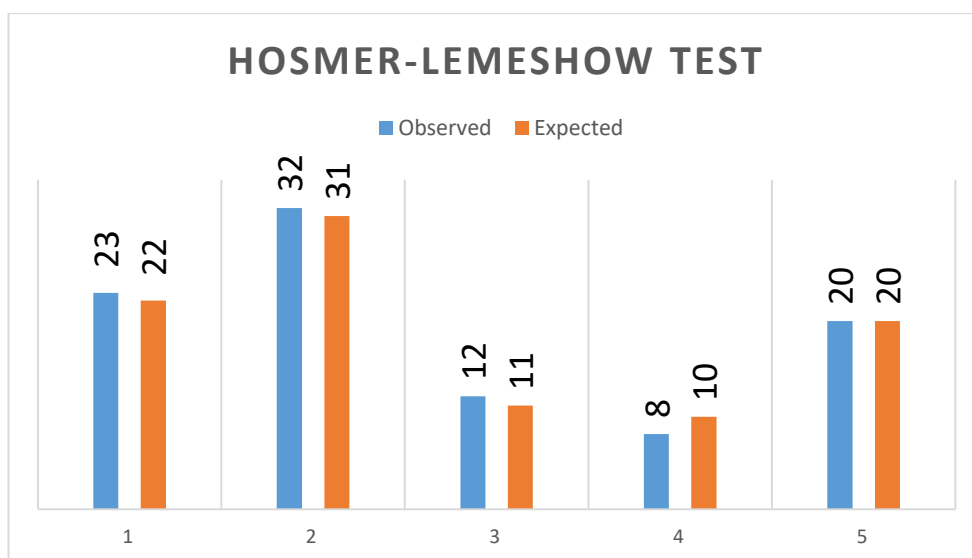


Рис. 3.10. Співвідношення фактичної (Observed) та теоретично очікуваної (Expected) частоти виявлення злоякісних об'ємних утворень легень за групами ризику.

Порівняльний аналіз частоти малігнізації утворення в кожній групі пацієнтів виявив високу конгруентність теоретичних розрахунків із фактичними клінічними даними. Мінімальні відхилення очікуваних значень від фактичних підтверджують, що розроблена логістична регресійна модель не має систематичних похибок і може бути використана як об'єктивний інструмент підтримки прийняття клінічних рішень ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

Окремо проведено статистичне підтвердження узгодженості вимірювань при використанні стандартного та прицільного низькодозового МСКТ-протоколів. Перед проведенням кореляційного аналізу було перевірено розподіл змінних на нормальність. Показники об'єму вузлів не продемонстрували статистично значущих відхилень від нормального розподілу, що дозволило застосувати коефіцієнт кореляції Пірсона для оцінки взаємозв'язку. Коефіцієнт кореляції Пірсона (r) між вимірами об'єму вузла (V , мм^3) при стандартному та прицільному скануванні склав 0,98 ($p < 0,001$), що свідчить про сильний позитивний кореляційний зв'язок вимірів (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Кореляційний зв'язок між вимірами об'єму легневих утворень при різних протоколах сканування. Висока щільність розташування точок вздовж лінії регресії та значення $R^2 = 0,9604$ підтверджують високу узгодженість результатів при зниженні дози у 8,1 раза.

Додатково проведено порівняння показників щільності (НУ) між стандартним та низькодозовим протоколами із використанням t-критерію Стюдента для залежних вибірок. Статистично значущих відмінностей між значеннями не виявлено ($p > 0,05$), що свідчить про відсутність втрати діагностичної інформативності при зниженні променевого навантаження у 8,1 раза.

Таким чином, проведений статистичний аналіз підтвердив високу діагностичну ефективність МСКТ ОГК у диференціації доброякісних та злоякісних об'ємних утворень легень. Визначено оптимальне порогове значення денситометричного показника накопичення контрастної речовини ($> 22,5$ НУ), яке характеризується високою чутливістю та специфічністю методу. Отримані результати також підтверджують відтворюваність вимірювань та відсутність втрати діагностичної інформативності при застосуванні прицільних низькодозових МСКТ-протоколів.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі на основі проведеного аналізу результатів обстеження 148 пацієнтів з об'ємними утвореннями легень було сформульовано наступні наукові та практичні висновки:

1. Діагностична ефективність первинної візуалізації: встановлено, що цифрова рентгенографія залишається базовим скринінговим методом, який у 77,7% випадків дозволяє виявити наявність об'ємного утворення легень. Проте інформативність методу критично залежить від розмірів утворення: для вогнищ діаметром менше 6 мм чутливість становить лише 8,3%, що обґрунтовує необхідність переходу до МСКТ-діагностики при сумнівних знахідках або за наявності клінічної симптоматики.
2. Діагностична цінність МСКТ-семіотики новоутворень легень: встановлено, що найбільш значущими критеріями малігнізації утворень є наявність спікулоподібних контурів утворення (кореляція з інвазивним ростом $r=0,81$), зон центрального некрозу ($r=0,86$) та інтенсивність накопичення контрастної речовини. Визначено критичну точку відсікання (cut-off point) для приросту щільності в артеріальну фазу на рівні 22,5 HU, перевищення якої з імовірністю 88,4% вказує на злоякісний характер процесу.
3. Патоморфологічна верифікація об'ємних утворень легень: зіставлення рентгенологічних даних результатам гістологічного дослідження підтвердило високу точність розробленого алгоритму (91,9%). Основні розбіжності (10,8%) зумовлені подібністю МСКТ-симптоматики периферичного раку та поодиноких туберкулом із вираженим перифокальним фіброзом, що вимагає обов'язкового врахування динаміки волюметричних показників.
4. Практична значущість мультимодального підходу до ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень: використання алгоритму, що включає первинну РГ ОГК, уточнюючу МСКТ ОГК із контрастуванням та подальший низькодозовий прицільний моніторинг, дозволило оптимізувати тактику ведення пацієнтів з легeneвими інциденталомами,

забезпечивши ранню діагностику раку методом МСКТ з в/в контрастуванням при одночасному зменшенні кількості необґрунтованих радикальних втручань у пацієнтів із доброякісними утвореннями.

Матеріали розділу були висвітлені в наступних публікаціях:

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис, 5 (171) – VI 2025. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.266525.
2. Мельникова АА, Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47–51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

РОЗДІЛ 4. ПРИЦІЛЬНА ПРОМЕНЕВА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТА МОНІТОРИНГ НОВОУТВОРЕНЬ ЛЕГЕНЬ: ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ДІАГНОСТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.

4.1. Обґрунтування та результати впровадження прицільного низькодозового протоколу МСКТ ОГК.

Відповідно до міжнародних рекомендацій Fleischner Society (2017), динамічне спостереження за поодинокими легеневиими вузлами залежно від їх розміру та факторів ризику може тривати до 2 років. Використання при цьому стандартних протоколів повного сканування всього об'єму грудної клітки призводить до прогресуючого накопичення променевого навантаження, враховуючи також сучасну тенденцію до самостійного призначення пацієнтами високотехнологічних досліджень.

У межах дослідження було розроблено та впроваджено у клінічну практику методику прицільного низькодозового сканування, яка базується на обмеженні зони інтересу (Z-axis) виключно ділянкою локалізації раніше виявленого вузла [93].

На відміну від стандартного протоколу, що передбачає сканування всієї грудної клітки від верхівки легень до рівня куполів діафрагми (діапазон сканування становить у середньому 30-35 см), запропонований прицільний протокол базувався на наступних параметрах:

1. Зона сканування: обмежена діапазоном 50 мм з центром у точці попередньо визначеної локалізації вузла. Це дозволяло у 6-7 разів зменшити об'єм опромінюваної легеневої паренхіми.
2. Параметри експозиції: зниження напруги на рентгенівській трубці до 80-100 кВ (залежно від індексу маси тіла пацієнта) та використання алгоритмів автоматичної модуляції струму трубки (mA), що дозволяло адаптувати дозу під анатомічну щільність конкретної ділянки.
3. Реконструкція: для забезпечення високої точності подальшого аналізу використовувалася товщина зрізу 0,625 мм. Це створювало можливість

отримання ізотропного вокселя, що є важливим для якісної волюметрії та 3D-моделювання вузла на робочій станції AW Server (GE Healthcare).

Для об'єктивної оцінки ефективності впровадженої методики було проведено порівняльний аналіз дозиметричних показників у групі пацієнтів, що перебували на динамічному спостереженні (Табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Порівняльна характеристика променевого навантаження при використанні стандартного та прицільного протоколів ($M \pm \sigma$)

Параметр	Стандартний протокол	Прицільний протокол	Зниження (%)
Довжина сканування, мм	$320,4 \pm 25,2$	50,0	84,4 %
DLP, мГр*см	$185,4 \pm 22,4$	$22,8 \pm 4,8$	87,7 %
Ефективна доза, мЗв	2,59	0,32	у 8,1 раза

Аналіз отриманих дозиметричних даних демонструє, що впровадження прицільного протоколу дозволило знизити ефективну еквівалентну дозу опромінення в середньому у 8,1 раза.

Отримана доза в 0,32 мЗв є співставною з променевим навантаженням при цифровій рентгенографії ОГК у двох проекціях, проте зберігає всі переваги тривимірної МСКТ-візуалізації.

Важливою частиною дослідження була оцінка можливості збереження діагностичної якості зображень при значному зниженні дози. Було встановлено, що обмежене сканування в межах 5 см забезпечує:

- Волюметрію: попри зниження експозиції, чіткість контурів вузла залишалася достатньою для коректної роботи алгоритмів автоматичного сегментування програмою Thoracic VCAR. Це дозволяло виключити суб'єктивний фактор при вимірюванні лінійних розмірів.
- Денситометрію: показники щільності (HU) у прицільному низькодозовому протоколі не мали статистично значущих відхилень від контрольних

значень у стандартному протоколі ($p > 0,05$), що підтверджує можливість точної оцінки структури вузла.

- Оцінку VDT: можливість проведення точного розрахунку часу подвоєння об'єму (VDT), що вважається одним із ключових показників у сучасній торакальній рентгенології у диференціації доброякісних процесів.

За результатами впровадження нами було сформульовано та впроваджено у практику відділення наступний діагностичний алгоритм:

1. Якщо вузол має ознаки солідної або субсолідної структури і потребує виключно оцінки темпів росту (контроль VDT) - застосовується прицільний низькодозовий протокол.
2. Якщо в процесі спостереження з'являються нові клінічні скарги або виникає підозра на централізацію процесу, появу нових вогнищ в інших частках чи лімфаденопатію середостіння - проводиться повнорозмірне сканування всієї грудної клітки.

Впровадження запропонованої методики дозволило проводити безпечний моніторинг пацієнтів з інтервалами 3, 6 та 12 місяців, мінімізуючи ризик перевищення допустимих меж річного променевого навантаження.

4.2. Діагностична ефективність цифрової рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК у динамічному спостереженні післяопераційних пацієнтів.

Післяопераційний період у пацієнтів з об'ємними утвореннями легень потребує своєчасного рентгенологічного контролю, спрямованого на оцінку стану легеневої тканини та раннє виявлення можливих ускладнень. На цьому етапі діагностичні задачі змінюються: якщо на доопераційному етапі пріоритетом була диференціація природи легеневого вузла за допомогою МСКТ, то після хірургічного втручання основна увага приділяється оцінці ступеня розправлення легеневої тканини, стану плевральних порожнин, положення дренажів та своєчасному виявленню післяопераційних ускладнень.

У ході дослідження встановлено, що рутинне використання МСКТ у перші доби після операції не є доцільним для всіх категорій пацієнтів. У цей

період цифрова рентгенографія виступає методом першої лінії завдяки наступним перевагам:

- Мобільність та швидкість виконання дослідження: можливість проведення рентгенографії безпосередньо у відділенні інтенсивної терапії, у тому числі при вимушеному положенні пацієнта.
- Висока природна контрастність патологічних компонентів: газ (пневмоторакс) та рідина (плевральний випіт) добре диференціюються на фоні легеневої тканини, що забезпечує високу чутливість РГ для таких станів.
- Контроль післяопераційних конструкцій і сторонніх тіл: чітка візуалізація дренажних трубок, металевих кліпс та степлерних швів, що дозволяє оцінити їх положення та функціональність.

На основі аналізу рентгенограм у післяопераційних пацієнтів систематизовано найбільш поширені променеві зміни після хірургічних втручань на легенях:

1. Пневмоторакс та колапс легені.

Пневмоторакс є одним з найчастіших післяопераційних ускладнень, що потребує своєчасної корекції положення або умов функціонування дренажів. Рентгенологічно він характеризується наявністю зони просвітлення на периферії легеневого поля з відсутністю легеневого малюнка та візуалізацією чіткої лінії вісцеральної плеври. У ряді випадків визначалися ознаки часткового колапсу легені різного ступеня вираженості.

Клінічний приклад: У пацієнта Д. на першу добу після лобектомії під час контрольної рентгенографії було виявлено частковий колапс лівої легені з наявністю вільного повітря у верхніх відділах плевральної порожнини (Рис. 4.1).

Отримані дані стали підставою для корекції режиму активної аспірації через дренаж без необхідності проведення МСКТ.

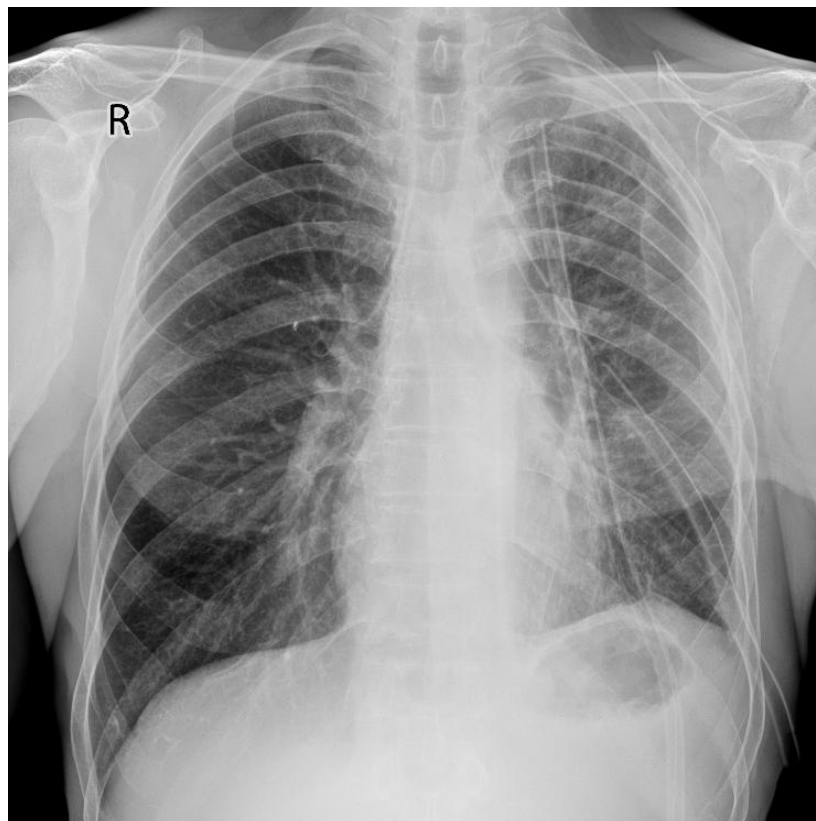


Рис. 4.1. Оглядова рентгенограма ОГК пацієнта Д. у прямій проекції (1-ша доба після лівобічної лобектомії): візуалізується частковий колапс лівої легені за рахунок наявності вільного повітря у верхівкових відділах плевральної порожнини (пневмоторакс). Стан після оперативного втручання, тіні дренажних трубок у плевральній порожнині зліва.

2. Гідроторакс та плевральний випіт.

Скупчення рідини у плевральній порожнині візуалізувалося у вигляді гомогенного затінення в нижніх відділах геміторака з косою верхньою межею, що характерно для вільного плеврального випоту. В ряді випадків спостерігався осумкований рідинний вміст в післяопераційних ділянках легеневого поля, що більш характерно для гемоторакса.

Особливу увагу приділяли динамічній оцінці об'єму рідини: стабільний рівень розцінювався як прояв реактивного плевриту, тоді як приріст рівня вимагав виключення післяопераційної кровотечі.

У випадках поєднання вільного повітря та рідини спостерігалася картина пневмогідротораксу з характерним горизонтальним рівнем вмісту (Рис. 4.2).



Рис. 4.2. Оглядова рентгенограма ОГК пацієнта С. (2-га доба після лівобічної лобектомії): візуалізується наявність вільного повітря та горизонтальний рівень рідини у плевральній порожнині зліва (картина лівобічного пневмогідротораксу). Також помірно виражена підшкірна емфізема грудної клітки в ділянці оперативного доступу.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що гідроторакс різного ступеня вираженості спостерігався у 38,5% пацієнтів на другу добу після оперативного втручання.

3. Реактивні зміни паренхіми та післяопераційна пневмонія.

Важливим діагностичним завданням було проведення диференціальної діагностики між реактивними змінами легеневої паренхіми в зоні оперативного втручання та розвитком післяопераційної пневмонії (Рис. 4.3). Оцінка проводилася на основі появи або прогресування вогнищ інфільтрації.

Рентгенографія дозволяла виявити зниження прозорості легневих полів, посилення та деформацію судинного малюнка, що у більшості випадків корелювало з клінічними даними (лейкоцитоз, підвищення температури тіла, зміни лабораторних показників).

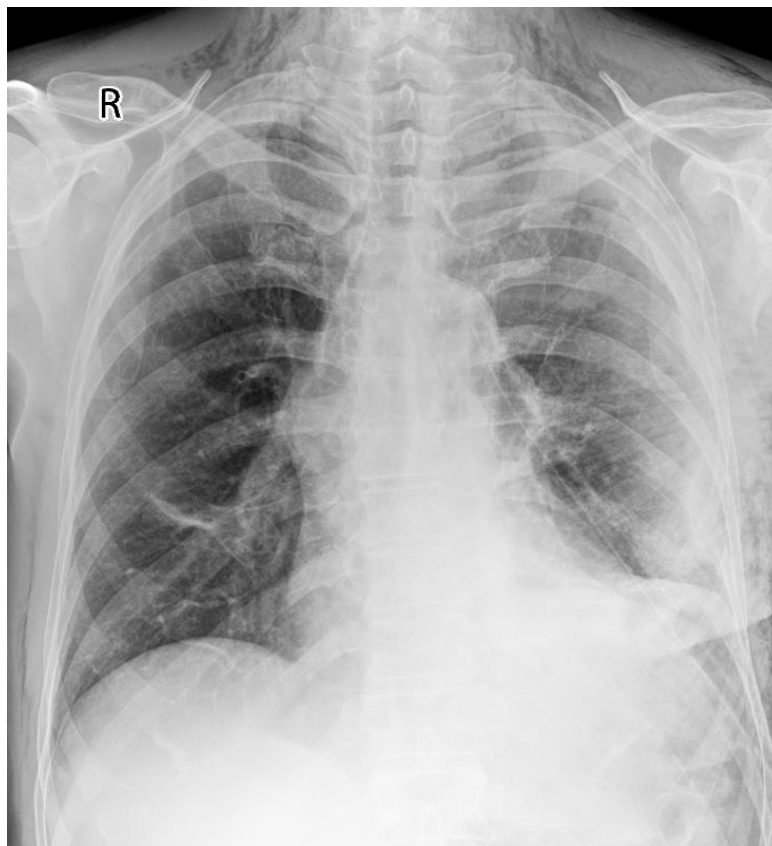


Рис. 4.3. Оглядова рентгенограма ОГК пацієнта В. (4-та доба після сегментарної резекції лівої легені): візуалізується неоднорідне зниження прозорості паренхіми, переважно в нижніх відділах лівої легені за рахунок появи вогнищево-інфільтративних тіней (ознаки післяопераційних реактивних змін). Корені легень дещо розширені, судинний малюнок посилений.

Попри те що рентгенографія залишалася базовим методом динамічного спостереження, у 8,2% випадків виникала необхідність у проведенні мультиспіральної комп'ютерної томографії для уточнення характеру змін. Основними показаннями до виконання МСКТ були:

- підозра на неспроможність кукси бронха (зокрема наявність вільного газу в середостінні, що викликає складності для оцінки за даними рентгенографії);

- підозра на формування ускладнень (плевральні нориці, остеонекроз ребер у зоні оперативного втручання)
- необхідність детальної оцінки зони оперативного втручання та васкуляризації тканин (за умови застосування контрастного підсилення).

Таблиця 4.2.

Порівняльна діагностична ефективність методів у виявленні
післяопераційних станів (n=148)

Стан / Ускладнення	Чутливість РГ (%)	Чутливість МСКТ (%)	Доцільність РГ як першого етапу
Вільний газ (пневмоторакс)	96,2	100	Висока
Плевральний випіт	91,4	99,2	Висока
Стан механічних швів	88,0	94,5	Середня
Оцінка лімфовузлів середостіння	14,2	98,1	Низька

За даними таблиці 4.2 цифрова рентгенографія є достатньо ефективним методом для виявлення більшості ранніх післяопераційних ускладнень, зокрема пневмотораксу та плевального випоту. Водночас МСКТ ОГК демонструє суттєву перевагу при оцінці стану середостіння, лімфатичних вузлів та глибокорозташованих анатомічних структур, що обумовлює її провідну роль у випадках підозри на ускладнений перебіг післяопераційного періоду.

Використання алгоритму динамічного спостереження, згідно з яким рентгенографія використовується для щоденного контролю у відділенні інтенсивної терапії, а МСКТ застосовується як уточнюючий метод або на етапі віддаленого контролю, дозволяє оптимізувати променеве навантаження на пацієнтів та уникнути необґрунтованого використання високотехнологічних методів візуалізації у ранньому післяопераційному періоді.

Висновки до розділу 4

1. Оптимізація променевого навантаження при МСКТ ОГК: на основі розробленого протоколу прицільного низькодозового сканування в межах зони інтересу досягнуто суттєвого зниження променевої експозиції. Середня ефективна доза при використанні даного протоколу склала $0,32 \pm 0,06$ мЗв, що у 8,1 рази нижче за показники стандартного МСКТ-дослідження ОГК ($2,59 \pm 0,42$ мЗв). Математично підтверджено ($r=0,98$), що таке зниження дози не призводить до втрати точності волюметричного та денситометричного аналізу.
2. Післяопераційний моніторинг пацієнтів з новоутворенням легень: доведено, що у ранньому післяопераційному періоді цифрова рентгенографія є самодостатнім методом контролю ускладнень, який дозволяє з високою точністю (92–96%) верифікувати пневмоторакс та плевральний випіт. Це дозволяє обмежити використання МСКТ у даній групі пацієнтів лише випадками складних ускладнених процесів, що додатково мінімізує колективну дозу опромінення.

Матеріали розділу були висвітлені в наступних публікаціях:

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30. С. 501-512. DOI: 10.33145/23048336202429501512.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ТА КЛІНІЧНА АПРОБАЦІЯ АЛГОРИТМУ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНОГО СУПРОВОДУ ПАЦІЄНТІВ

5.1 Розробка та обґрунтування оптимізованих протоколів опису результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК

На підставі аналізу та узагальнення отриманих результатів рентгенологічного дослідження ОГК обґрунтовано доцільність переходу від загальноприйнятої описової неструктурованої форми рентгенологічних висновків до використання оптимізованих протоколів опису результатів цифрової рентгенографії та МСКТ ОГК. Проведений аналіз діагностичних розбіжностей між результатами РГ та МСКТ ОГК продемонстрував, що одним із суттєвих чинників похибок є варіабельність інтерпретації зображень, зумовлена як індивідуальним досвідом лікаря-рентгенолога, так і відсутністю стандартизованих критеріїв оцінки.

У цих умовах оптимізація опису виступає як інструмент підвищення діагностичної точності результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК. Використання структурованих шаблонів опису рентгенологічних досліджень дозволяє системно оцінювати кожне легенеve утворення за визначеним набором параметрів, мінімізуючи ризик пропуску клінічно значущих ознак малігнізації. Це особливо важливо в умовах високого навантаження на лікаря-рентгенолога, де фактор втоми та обмежений час на аналіз дослідження можуть впливати на якість лікарського висновку. Відсутність чітко визначених параметрів оцінки об'ємних утворень у первинному дослідженні РГ ОГК та МСКТ ОГК ускладнює або навіть унеможлиблює коректне порівняння результатів в динаміці. Оптимізований протокол опису результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК забезпечує відтворюваність вимірювань характеристик, що є критично важливим для оцінки змін розміру, щільності та морфології легеневого утворення.

У дисертаційному дослідженні нами встановлено, що саме кількісні показники при МСКТ-обстеження, зокрема волюметрія та денситометрія

новоутворень, мають вищу відтворюваність порівняно з якісною оцінкою контурів, що відповідає сучасним підходам до оцінки вузлів [49–51, 98, 99]. Розрахунок часу подвоєння об'єму утворення (VDT) продемонстрував більшу діагностичну стабільність у порівнянні з суб'єктивною характеристикою “спікулоподібних” або “нерівних” контурів. Це ще раз підкреслює необхідність включення об'єктивних параметрів об'ємного утворення легень в структуру протоколу опису МСКТ ОГК дослідження.

Крім того, впровадження оптимізованих підходів оцінки результатів діагностичних досліджень створює передумови для інтеграції даних у цифрові системи аналізу, включаючи PACS та системи підтримки клінічних рішень ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Стандартизовані поля дозволяють проводити автоматизований контроль, накопичення та подальший аналіз даних, що є важливим кроком у напрямку розвитку доказової та персоналізованої медицини та узгоджується з сучасними вимогами до ведення електронних медичних записів та інтеграції даних у цифрові системи охорони здоров'я [100].

Не менш суттєвим є аспект міждисциплінарної комунікації лікарів рентгенологів та лікарів клінічних спеціальностей. Чітко структурований діагностичний висновок полегшує взаємодію між рентгенологом, терапевтом, онкологом та торакальним хірургом, знижуючи ризик неправильного трактування результатів дослідження. Отже, оптимізація сприяє не лише підвищенню якості діагностики, але й клінічного менеджменту пацієнта.

З урахуванням отриманих даних в ході дисертаційного дослідження нами були розроблені та впроваджені структуровані протоколи опису РГ ОГК та МСКТ ОГК для різних етапів діагностики об'ємних утворень легень.

I. Оптимізований протокол опису цифрової РГ ОГК (скринінговий етап)

Мета: швидка первинна стратифікація пацієнтів та визначення показань до МСКТ ОГК.

1. Локалізація об'ємного легеневого утворення: проекція, частка, сегмент (за можливості).

2. Морфологічна характеристика легеневого утворення:

- округла тінь із чіткими контурами (підозра на доброякісний процес/метастаз)
- тінь із нерівними, «променистими» контурами (високий ризик малігнізації)
- інфільтратоподібна тінь (диференціація із запальними змінами)

3. Супутні ознаки:

- стан кореня легені (структурний / розширений / інфільтрований)
- реакція плеври (наявність випоту)
- симптом «доріжки» до кореня (наявний / відсутній)

4. Висновок:

- утворення невизначеного характеру/ висока ймовірність злоякісного характеру утворення.
- рекомендація щодо подальшого виконання РГ ОГК та/або МСКТ ОГК з в/в контрастуванням.
- стратифікація ризику пацієнта на попередньому етапі.

II. Оптимізований протокол опису МСКТ ОГК (уточнюючий етап)

Мета: диференціальна діагностика об'ємного новоутворення легень та визначення тактики ведення пацієнта (біопсія або спостереження).

1. Форма, контури та метричні характеристики утворення:

- Правильна/неправильна
- чіткі / нечіткі
- спікули / поліциклічність
- максимальний лінійний розмір (мм)
- об'єм утворення (V , мм^3)

2. Денситометричні показники (НУ) утворення:

- нативна щільність (вміст жиру, кальцинатів)
- приріст щільності ($\Delta\text{НУ}$).

3. Внутрішня структура утворення:

- наявність зон некрозу
- повітряна бронхографія
- однорідність/гетерогенність структури

4. Перифокальні зміни оточуючих структур:

- симптом плевральної ретракції
- васкулярна конвергенція

5. Динаміка (за наявності попередніх МСКТ досліджень):

- зміна розміру (%)
- зміна об'єму (мм³)
- VDT (днів)

6. Інтегрована оцінка утворення:

низька / проміжна / висока ймовірність малігнізації

7. Рекомендації для пацієнта:

- динамічне спостереження (прицільний НД-МСКТ-контроль)
- інвазивна верифікація (біопсія)

Узагальнюючи, впровадження оптимізованих РГ ОГК та МСКТ ОГК протоколів дозволяє перейти від варіабельної інтерпретації до стандартизованої моделі індивідуалізованого аналізу результатів рентгенологічних досліджень, що базується на об'єктивних критеріях оцінки об'ємних утворень легень. Це забезпечує підвищення відтворюваності результатів досліджень, зниження частоти діагностичних рентгенологічних помилок та створює основу для подальшої автоматизації процесів у радіології.

Стандартизація опису рентгенологічних досліджень також створює основу для подальшого використання алгоритмів штучного інтелекту, ефективність використання яких безпосередньо залежить від якості та структурованості масиву вхідних даних [92, 101, 102].

5.2. Розробка мультимодального алгоритму рентгенодіагностичного супроводу від первинного виявлення новоутворення легень до післяопераційного моніторингу ускладнень

Аналіз отриманих результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК та їх обговорення в попередніх підпунктах дисертаційної роботи дозволили сформулювати цілісну концепцію мультимодального діагностичного алгоритму ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Запропонована модель не є простою лінійною послідовністю дій, а являє собою гнучку, персоналізовану систему прийняття діагностичних рішень, що враховує як біологічні характеристики утворення, так і індивідуальні особливості пацієнта. В її основі лежить принцип раціонального балансу між онкологічною настороженістю та необхідністю мінімізації променевого навантаження відповідно до рекомендацій ICRP 147 (2021) [8, 102].

Актуальність розробки такого алгоритму зумовлена тим, що різні рекомендації регламентують окремі аспекти ведення пацієнтів, що ускладнює їх інтеграцію підходів до повного алгоритму ведення пацієнтів із легеневиими вузлами. Зокрема Fleischner Society [11] та British Thoracic Society [84] не завжди враховують необхідність впровадження різних методів візуалізації в єдину логічну систему. У цьому контексті запропонований алгоритм спрямований на усунення розриву між етапами діагностичного процесу та забезпечення їх послідовності.

Перший етап. Скринінг осіб груп високого ризику та первинне виявлення легеневих вузлів.

Результати проведеного дослідження, зокрема низька чутливість цифрової рентгенографії щодо виявлення легеневих вузлів малого розміру (8,3% для утворень <6 мм), дозволяють критично переоцінити її роль у скринінгу раку легень. Використання РГ ОГК як єдиного методу обстеження у групах високого ризику не забезпечує належного рівня раннього виявлення патології та може призводити до затримки діагностики онкологічного процесу.

Ці висновки узгоджуються з результатами великих рандомізованих досліджень, зокрема NELSON [4] та NLST [46], які продемонстрували перевагу НД-МСКТ у зниженні смертності від раку легень. Додатковим аргументом є сучасні епідеміологічні дані, що свідчать про зростання частоти аденокарцином серед осіб без значного стажу куріння, що розширює традиційні уявлення про групи ризику.

У зв'язку з цим у межах запропонованого алгоритму НД-МСКТ ОГК розглядається як базовий метод первинного скринінгу осіб груп високого ризику. Використання низькодозового протоколу з ефективною дозою близько 1-2 мЗв дозволяє отримати повну інформацію про стан легеневої паренхіми, включаючи виявлення субсолідних утворень, які залишаються недоступними для рентгенографії ОГК.

Другий етап. Динамічний моніторинг об'ємних утворень легень.

Після виявлення об'ємного утворення легень ключовим завданням стає диференціація доброякісного та злоякісного процесу, а також рентгенологічна оцінка динамічних змін характеристик утворення. На цьому етапі суттєво важливим є відхід від стандартного підходу повторного повного сканування органів грудної клітки на користь прицільного низькодозового моніторингу виявленого раніше утворення.

Розроблений протокол, обмежений зоною інтересу (≈ 50 мм), дозволив знизити ефективну дозу до 0,32 мЗв без втрати діагностичної інформативності. Це створює можливість для більш частого контролю, що є визначальним для оцінки динаміки утворення. Зокрема, скорочення інтервалів спостереження до 3 місяців дозволяє більш точно визначати час подвоєння об'єму (VDT), який є одним із найбільш надійних критеріїв злоякісності виявленого процесу.

Важливою складовою діагностичного алгоритму є поєднання МСКТ-вольоетричного та денситометричного аналізу. Отримані нами дані щодо порогового значення приросту щільності (22,5 HU) мають високу діагностичну цінність, однак їх інтерпретація повинна проводитися в комплексі з оцінкою динаміки. Особливо актуально в умовах високої

поширеності запальних процесів, які можуть імітувати злоякісні утворення за морфологічними та гемодинамічними характеристиками.

Таким чином, на другому етапі ключовим стає не стільки факт наявності вузла, скільки його зміна у часі, що дозволяє перейти від статичної до динамічної моделі діагностики.

Третій етап. Верифікація та післяопераційний контроль лікування пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

У випадках, коли результати динамічного спостереження за вузлом свідчать про високий ризик малігнізації процесу, алгоритм передбачає перехід до інвазивної діагностики. Трансторакальна біопсія утворення під контролем МСКТ розглядається як один із основних методів морфологічної верифікації, що дозволяє отримати точний діагноз із мінімальним ризиком для пацієнта.

Після встановлення діагнозу злоякісного або доброякісного характеру та проведення хірургічного лікування легневих утворень важливим етапом є післяопераційний контроль стану пацієнта. У цьому контексті доцільним є раціональне використання цифрової рентгенографії як методу контролю. Вона дозволяє швидко виявляти післяопераційні ускладнення, такі як пневмоторакс або плевральний випіт, без необхідності застосування більш дозонавантажувальних методів. Такий підхід відповідає принципу оптимізації променевого навантаження, коли кожен метод використовується відповідно до своїх діагностичних можливостей і клінічної доцільності, що дозволяє уникнути як недостатності обстеження, так і надмірного використання високодозових технологій.

Проведений аналіз результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК продемонстрував, що впровадження мультимодального рентгенодіагностичного супроводу забезпечує безперервність та узгодженість діагностичного процесу на всіх етапах ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Використання оптимізованих протоколів опису променевих досліджень дозволяє стандартизувати оцінку результатів, підвищити їх відтворюваність та скоротити час прийняття клінічних рішень лікування.

Зокрема, у дисертаційній роботі нами було відзначено зменшення часу до визначення тактики лікування пацієнтів з об'ємними утвореннями легень, що має безпосереднє клінічне значення. Крім того, інтеграція кількісних МСКТ-параметрів (волюметрія, денситометрія) створює основу для об'єктивізації діагностичного процесу та зниження залежності від суб'єктивної оцінки.

Запропонований підхід до діагностики та динамічного спостереження за пацієнтами з об'ємними утвореннями легень узгоджується з сучасною тенденцією до risk-adapted imaging, де вибір методу та інтервалів обстеження визначається індивідуальним ризиком пацієнта.

Таким чином, запропонований мультимодальний алгоритм рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень, представлений на рис. 5.1, відображає сучасну концепцію оптимізації променевої діагностики новоутворень легень, забезпечуючи послідовне та раціональне застосування методів рентгенологічної візуалізації відповідно до клінічної ситуації, діагностичних завдань та принципів персоналізованого підходу до пацієнта.

АЛГОРИТМ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНОГО СУПРОВОДУ ПАЦІЄНТІВ З ОБ'ЄМНИМИ УТВОРЕННЯМИ ЛЕГЕНЬ



Рис. 5.1. Алгоритм мультимодального рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

5.3. Практичні рекомендації рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень із застосуванням розробленого мультимодального підходу

На основі комплексного аналізу результатів дослідження, їх узагальнення та впровадження розробленого мультимодального алгоритму сформульовано практичні рекомендації, спрямовані на підвищення ефективності діагностики та оптимізацію ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Запропоновані підходи орієнтовані на інтеграцію в роботу відділень променевої діагностики, торакальної хірургії та онкологічних закладів.

1. Стратегія оптимізації первинного рентгенологічного скринінгу та раннього виявлення новоутворень легень.

При обстеженні осіб із груп високого онкологічного ризику (вік >50 років, стаж куріння ≥ 30 пачко-років або період відмови від куріння <15 років) використання цифрової рентгенографії ОГК як ізольованого методу скринінгу є недостатньо ефективним, що узгоджується з рекомендаціями USPSTF (2021) [103].

Встановлена у дослідженні низька чутливість РГ (8,3%) щодо вузлів <6 мм та субсолідних утворень обмежує її можливості раннього виявлення легеневої патології. У зв'язку з цим методом вибору для первинного рентгенологічного обстеження даної категорії пацієнтів повинна бути НД-МСКТ.

Застосування НД-МСКТ дозволяє виявляти ранні форми аденокарциноми, включаючи adenocarcinoma in situ, що суттєво покращує прогноз та розширює можливості органозберігаючого лікування, що підтверджено результатами великих досліджень (NLST, NELSON) та сучасними рекомендаціями (USPSTF, NCCN) [4, 25, 46, 103].

2. Денситометричний МСКТ-аналіз солідних легневих вузлів.

Для пацієнтів із солідними вузлами діаметром >8 мм рекомендовано обов'язкове проведення МСКТ із болюсним контрастним підсиленням.

Методика аналізу при МСКТ-скануванні: визначення нативної щільності, розрахунок приросту щільності (ΔHU) в артеріальну фазу (25–30 с)

Критерій інтерпретації показників: $\Delta\text{HU} \geq 22,5$ HU – високий ризик малігнізації процесу (ознака неоангіогенезу легеневого утворення)

Виявлення значного контрастного підсилення утворення доцільно розглядати як підставу для активної діагностичної тактики, включаючи трансторакальну біопсію або додаткові методи верифікації (ПЕТ-КТ). Водночас інтерпретація результатів має проводитися з урахуванням клінічного контексту та можливих запальних процесів.

3. Радіаційна безпека та впровадження протоколу прицільного МСКТ-сканування ОГК.

Для пацієнтів, які потребують динамічного рентгенологічного спостереження (Lung-RADS 3-4A), рекомендовано застосування прицільного низькодозового протоколу МСКТ ОГК.

Технічні параметри сканування: обмеження зони сканування до ≈ 50 мм по осі Z з центруванням на виявленому утворенні.

Променеве навантаження та діагностична ефективність: зниження ефективної дози до 0,32 мЗв (у 8,1 раза), збереження точності МСКТ-волюметричних вимірювань.

Такий підхід забезпечує можливість безпечного повторного обстеження з короткими інтервалами та відповідає принципу ALARA і концепції індивідуалізації МСКТ-протоколів.

4. Волюметрія як пріоритетний критерій МСКТ-оцінки.

В умовах високої поширеності запальних процесів (зокрема туберкульозу) візуальні морфологічні ознаки утворення не можуть розглядатися як єдиний критерій малігнізації процесу.

Рекомендація щодо МСКТ-оцінки дослідження:

- використовувати МСКТ-волюметрію як основний інструмент оцінки динаміки легеневого утворення.
- розраховувати час подвоєння об'єму утворення (VDT) при контрольних обстеженнях ОГК.

Стабільність об'єму виявленого утворення протягом короткострокового (≈ 3 місяці) спостереження свідчить на користь доброякісного легеневого процесу та дозволяє уникнути необґрунтованих інвазивних втручань.

5. Впровадження оптимізованого протоколу РГ та МСКТ ОГК звітності.

З метою забезпечення відтворюваності результатів обстежень та покращення міждисциплінарної взаємодії лікарів рекомендовано впровадження структурованого протоколу опису РГ ОГК та МСКТ ОГК.

Використання структурованих оптимізованих протоколів описів рентгенологічних методів дослідження дозволяє стандартизувати інтерпретацію отриманих даних, підвищити об'єктивність оцінки патологічних змін та скоротити час прийняття клінічного рішення ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

6. Поетапний післяопераційний рентгенологічний контроль у пацієнтів з об'ємними утвореннями легень після хірургічного лікування.

У ранньому післяопераційному періоді (перші 1-3 доби) методом першої лінії контролю має залишатися цифрова рентгенографія.

Виконання МСКТ ОГК у цей період рекомендовано застосовувати лише за наявності клінічних або рентгенологічних ознак ускладнень: підозра на неспроможність кукси бронха, неясна динаміка плеврального випоту.

Такий поетапний підхід рентгенологічного контролю забезпечує своєчасну діагностику пневмотораксу, гідротораксу, зміщення медіастинальних структур при суттєвій економії ресурсів та мінімізації променевого навантаження на пацієнта у критичному стані.

Запропоновані практичні рекомендації щодо мультимодального рентгенодіагностичного супроводу лікування пацієнтів з об'ємними

утвореннями легень формують цілісну модель їх ведення, яка базується на поєднанні сучасних методів променевої візуалізації, кількісного аналізу та принципів радіаційної безпеки. Їх впровадження дозволяє підвищити діагностичну точність, знизити частоту гіпердіагностики та оптимізувати клінічну тактику ведення пацієнтів.

Висновки до розділу 5

1. Обґрунтовано доцільність впровадження оптимізованих протоколів опису результатів РГ та МСКТ ОГК, що дозволяє зменшити суб'єктивність інтерпретації зображень і забезпечити високу відтворюваність кількісних показників (об'єм, щільність, VDT). Встановлено, що структурована звітність є необхідною умовою коректного динамічного порівняння даних рентгенологічних обстежень та інтеграції результатів у цифрові системи охорони здоров'я.
2. Розроблено мультимодальний діагностичний алгоритм ведення пацієнтів з легневими новоутвореннями, побудований на принципах врахування індивідуального ризику пацієнта. Запропонована модель забезпечує безперервність діагностичного супроводу пацієнтів: від первинного виявлення об'ємних утворень легень із застосуванням низькодозової МСКТ у групах ризику до прицільного моніторингу та раціонального рентгенологічного післяопераційного контролю. Алгоритм дозволяє досягти балансу між онкологічною настороженістю та дотриманням принципів радіаційної безпеки (ALARA).
3. Сформульовано практичні рекомендації для рентгенодіагностичного застосування, що базуються на об'єктивних критеріях МСКТ-оцінки: використанні денситометричного порогу 22,5 HU та пріоритеті волюметричних показників над суб'єктивною оцінкою морфологічних ознак. Впровадження запропонованих підходів рентгенодіагностики, зокрема використання прицільного низькодозового протоколу МСКТ-сканування, створює передумови для зменшення частоти необґрунтованих

інвазивних втручань на 14,5% та скорочення часу визначення тактики лікування пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

Матеріали розділу були висвітлені в наступних публікаціях:

1. Мельникова АА, Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис, 5 (171) – VI 2025. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.266525.
2. Мельникова АА., Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 501–512. doi: 10.33145/23048336202429501512.
3. Мельникова АА, Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легеневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47–51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.

6.1. Порівняльний аналіз результатів цифрової рентгенографії ОГК та МСКТ ОГК у динамічному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень відповідно до міжнародних рекомендацій (Fleischner Society, Lung-RADS)

Аналіз результатів РГ ОГК та МСКТ ОГК, отриманих у ході наукового дослідження, дозволив провести не лише ретроспективну оцінку ефективності сучасних діагностичних підходів, але й переосмислити їх роль у щоденній клінічній практиці. Отримані дані були зіставлені з положеннями провідних міжнародних рекомендацій у рентгенології з метою оцінки ступеня їх застосовності в умовах реальної клінічної роботи. Особливу увагу приділено ролі цифрової рентгенографії, яка тривалий час розглядалася як базовий метод первинної візуалізації органів грудної клітки, однак у сучасних умовах потребує більш диференційованого підходу до її використання.

У дисертаційному дослідженні загальна чутливість РГ ОГК при первинному виявленні об'ємних утворень легень становила 77,7%. Це підтверджує, що метод зберігає діагностичну значущість як інструмент первинного відбору пацієнтів, однак водночас демонструє його обмеження, особливо у випадках малих або атипово розташованих утворень. Таким чином, РГ ОГК доцільно розглядати як етап первинного скринінгу, але не як самодостатній метод діагностики, а в комплексі з більш чутливими візуалізаційними технологіями. За даними Henschke et al., труднощі візуалізації невеликих утворень зумовлені як технічними характеристиками обладнання, так і ефектом структурної сумації [3]. Результати дисертаційної роботи підтверджують ці положення: навіть за умов використання сучасних цифрових систем залишається значний вплив анатомічних структур на візуалізацію патологічних змін. Маскування утворень тінями середостіння,

ребер та куполів діафрагми є одним із суттєвих факторів, що обмежує діагностичну ефективність методу.

У проведеному дослідженні 28,4% злоякісних об'ємних утворень легень були виявлені під час профілактичних оглядів, що суттєво перевищує показники Національного канцер-реєстру України, за даними якого частка випадків раку легень, виявлених на профілактичному етапі, не перевищує 5% [2]. Така розбіжність, імовірно, зумовлена поєднанням кількох факторів, включаючи технічну застарілість частини обладнання, відсутність стандартизованих підходів до інтерпретації зображень, а також варіабельність кваліфікації фахівців. Важливу роль відіграє організаційна структура надання допомоги: дослідження виконувалося на базі вузькоспеціалізованого онкологічного центру, куди скеровувалися пацієнти з підозрілими змінами, виявленими під час профілактичних оглядів. Це формує певну селекцію вибірки та впливає на підвищення частоти виявлення патології.

Отриманий у дисертаційному дослідженні показник виявлення об'ємних утворень легень під час профілактичних оглядів (44,6%) відображає значення організаційних та технологічних чинників у забезпеченні ранньої діагностики патології легень, зокрема використання цифрових технологій візуалізації та подвійного незалежного аналізу зображень.

Особливої уваги заслуговує аналіз випадків, не виявлених за даними рентгенографії, до яких у вибірці дисертаційної роботи увійшли переважно мікровузлики (до 6 мм) та субсолідні утворення. Чутливість РГ для цієї категорії становила лише 8,3%, що узгоджується з результатами великих рандомізованих досліджень NELSON та NLST, а також з даними Brandman та Ко, які підкреслюють обмежену чутливість рентгенографії щодо дрібних легеневих вузлів [4, 46, 70, 95, 96]. Це підтверджує, що застосування рентгенографії як єдиного методу скринінгу у групах високого ризику є недостатньо ефективним і може призводити до пізньої діагностики. Також слід підкреслити проблему візуалізації субсолідних утворень, зокрема вузлів типу «матового скла». Їх низька контрастність на рентгенограмах може створювати

хибне враження відсутності патології. Згідно з рекомендаціями Fleischner Society, саме такі утворення можуть відповідати раннім формам аденокарциноми, що характеризуються повільним ростом, але потребують динамічного спостереження та своєчасної верифікації [83].

У контексті диференціальної діагностики виявлених об'ємних утворень легень за допомогою РГ ОГК та МСКТ ОГК нами проведено порівняння запропонованого підходу до комплексної оцінки солідних вузлів із рекомендаціями АССР [47]. Використання лише лінійних розмірів має обмеження, тоді як впровадження кількісних методів, зокрема денситометричного аналізу, підвищує точність оцінки.

Застосування ROC-аналізу за даними МСКТ ОГК дозволило визначити порогове значення приросту щільності утворення (22,5 HU в артеріальну фазу), яке продемонструвало високу специфічність у диференціації злоякісних та доброякісних процесів, що узгоджується з біологічними механізмами пухлинного ангіогенезу [52]. Значення площі під кривою ($AUC = 0,89$) свідчить про високу діагностичну ефективність запропонованої моделі та підтверджує доцільність її використання в клінічній практиці діагностичного ведення пацієнтів з об'ємними утвореннями легень.

При застосуванні системи опису Lung-RADS (v.2022) МСКТ ОГК встановлено низку особливостей, пов'язаних із регіональною епідеміологією. На відміну від країн із низькою поширеністю інфекційних захворювань, в Україні зберігається значна частка специфічних уражень легень, зокрема туберкульозу [80]. Це призводить до високої частоти виявлення солідних вузлів, які за морфологічними характеристиками можуть імітувати злоякісні новоутворення. Адаптація міжнародних рекомендацій до локальних умов має включати не лише морфологічні критерії, але й урахування епідеміологічних та клінічних особливостей популяції. Використання динамічного підходу з оцінкою VDT у короткострокових інтервалах (3-6 місяців) дозволяє підвищити точність діагностики та знизити ризик гіпердіагностики. Отримані результати узгоджуються з даними Neuveldmans MA et al., які підкреслюють

необхідність урахування динамічних параметрів, зокрема часу подвоєння об'єму (VDT) [50]. У дисертаційному дослідженні стабільність волюметричних показників протягом 2 років у доброякісних утвореннях виявилася більш інформативною, ніж разова морфологічна оцінка. Це підкреслює важливість динамічного спостереження як ключового елементу діагностичного процесу.

Порівняння з рекомендаціями British Thoracic Society (BTS) [84] показало, що застосування складних прогностичних моделей має обмежену практичну цінність у реальних клінічних умовах, що також відображено в роботах Mehta et al. [51], де підкреслюється варіабельність прогностичних моделей для малих вузлів. Натомість впровадження прицільного низькодозового МСКТ-моніторингу є більш доступним та ефективним підходом. Це дозволяє не лише оптимізувати діагностичний процес, але й зменшити психологічне навантаження на пацієнта, а також знизити частоту необґрунтованих інвазивних втручань.

Таким чином, отримані результати в даній дисертаційній роботі свідчать про необхідність інтегрованого підходу до діагностики об'ємних утворень легень, який поєднує використання міжнародних рекомендацій із адаптацією до локальних умов та можливостей клінічної практики.

6.2 Аналіз ефективності прицільного низькодозового протоколу МСКТ легень в контексті оптимізації променевого навантаження пацієнтів

Центральним науковим положенням дисертаційного дослідження, що визначає його практичну значущість і новизну, є розробка та впровадження прицільного низькодозового протоколу МСКТ органів грудної клітки. Аналіз отриманих результатів у контексті сучасних уявлень про радіобіологію та принципи радіаційного захисту дозволяє не лише оцінити діагностичну ефективність запропонованого підходу, але й переглянути традиційні стратегії МСКТ-моніторингу пацієнтів із легеневиими вузлами.

Як показали результати дисертаційного дослідження, існуючі міжнародні рекомендації, зокрема Fleischner Society [83] та British Thoracic Society [84], орієнтовані передусім на максимізацію діагностичної точності, однак питання кумулятивного опромінення висвітлено менш детально порівняно з аспектами діагностичної точності. Це створює певний дисбаланс між діагностичною ефективністю та безпекою пацієнта, особливо в умовах багаторазових контрольних досліджень.

Проблема кумулятивної променевої дози є особливо актуальною при тривалому (до 24 місяців і більше) динамічному рентгенологічному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Використання стандартних протоколів низькодозової МСКТ, які, за даними великих скринінгових програм NLST [46], формують ефективну дозу на рівні 1,5-2,0 мЗв за одне дослідження, при повторенні через короткі інтервали призводить до суттєвого накопичення опромінення. У довгостроковій перспективі це може асоціюватися зі зростанням стохастичних ризиків, що набуває особливого значення у молодих пацієнтів, а також у жінок, з огляду на підвищену радіочутливість тканин молочної та щитоподібної залоз. У цьому контексті принцип ALARA набуває не декларативного, а практичного значення, вимагаючи пошуку рішень, які дозволяють мінімізувати дозове променеве навантаження без втрати діагностичної інформативності [8].

Запропонований нами підхід базується на зміні підходу до організації МСКТ-моніторингу. Якщо патологічний осередок уже верифікований і його локалізація точно відома, повторне сканування всього об'єму грудної клітки втрачає доцільність і стає надлишковим з позицій радіаційної безпеки. Реалізація прицільного протоколу зі зменшенням довжини сканування до 50 мм дозволила досягти суттєвого зниження ефективної дози до 0,32 мЗв. Такий рівень опромінення є новим для МСКТ-досліджень і фактично наближається до мінімальних дозових показників рентгенографії, зберігаючи при цьому всі переваги тривимірної візуалізації [65]. Порівняльний аналіз із цифровою рентгенографією у двох проекціях (близько 0,1 мЗв) показав, що

запропонований протокол заповнює існуючу “нішу” між низькодозовими, але обмежено інформативними методами та високоточними, проте більш дозонавантажувальними МСКТ-дослідженнями [65]. Таким чином, МСКТ-моніторинг легеневих інциденталом перестає бути компромісом між якістю та безпекою, переходячи у категорію методів, придатних для регулярного клінічного застосування.

Одним з аспектів дисертаційного дослідження є оцінка впливу зниження дози на якість МСКТ-зображення ОГК. Теоретично зменшення напруги та струму рентгенівської трубки призводить до підвищення квантового шуму та зниження контрастної роздільної здатності. Однак отримані результати свідчать, що ці зміни не мають суттєвого клінічного впливу в межах поставлених діагностичних задач. Використання сучасних алгоритмів ітеративної реконструкції та автоматичної модуляції струму дозволяє ефективно компенсувати підвищення шуму, також в умовах обмеженої зони сканування.

Додатковим фактором, що сприяє якісному зображенню дослідження МСКТ ОГК, є гомогенність зони інтересу. На відміну від повного сканування, прицільний протокол виключає складні анатомічні ділянки, які традиційно погіршують якість зображення та підвищують рівень артефактів. Це створює більш стабільні умови для проведення волюметричних та денситометричних вимірювань легеневих утворень при МСКТ ОГК з в/в контрастуванням. Отримані статистичні показники підтверджують еквівалентність результатів прицільного та стандартного сканування: коефіцієнт кореляції Пірсона ($r = 0,98$) та високе значення коефіцієнта детермінації ($R^2 = 0,96$) свідчать про узгодженість вимірювань. Відсутність статистично значущих відмінностей ($p > 0,05$) додатково підтверджує надійність запропонованого методу.

Зниження дози при проведенні МСКТ ОГК відкриває нові можливості для оптимізації інтервалів спостереження. За умов стандартних протоколів лікар змушений балансувати між необхідністю частого контролю та ризиком накопичення дози. Використання прицільного протоколу дозволяє скоротити

інтервали між обстеженнями до 3 місяців без істотного підвищення променевого навантаження. Це є важливим для оцінки динаміки вузлів із невизначеним потенціалом злоякісності. Як показано в дослідженні NELSON [4], саме короткі інтервали спостереження забезпечують найбільш точний розрахунок часу подвоєння об'єму (VDT), що є одним із ключових параметрів у стратифікації ризику. Таким чином, зниження дози не лише підвищує безпеку, але й опосередковано покращує діагностичну точність за рахунок більш гнучкого моніторингу.

Узагальнюючи додаткові отримані результати в проведеному дисертаційному дослідженні, можна стверджувати, що впровадження прицільного низькодозового протоколу обґрунтовує доцільність оптимізації традиційного підходу до рентгенологічного супроводу пацієнтів із легeneвими вузлами. Перехід від оглядового сканування до сфокусованої оцінки конкретного утворення є логічним етапом розвитку МСКТ-діагностики, який дозволяє поєднати високу просторову роздільну здатність із мінімізацією променевого навантаження на пацієнта.

Таким чином, запропонований підхід до нового рентгенологічного діагностичного ведення пацієнтів з новоутвореннями легень формує основу для безпечного довготривалого спостереження, знижуючи сумарне променеве навантаження та підвищуючи ефективність діагностичного контролю, що має безпосереднє значення для покращення результатів лікування та якості життя пацієнтів.

6.3 Оцінка діагностичних розбіжностей та причин хибнопозитивних результатів рентгенологічних методів дослідження ОГК

Аналіз діагностичних похибок і розбіжностей між результатами променевої візуалізації легeneвих об'ємних утворень та заключним патоморфологічним діагнозом є ключовим етапом оцінки ефективності запропонованого мультимодального діагностичного алгоритму ведення пацієнтів (додаток В). Вивчення причин помилок дозволяє не лише визначити

обмеження методів, але й сформувані підходи до їх мінімізації в подальшій діагностичній практиці. У дисертаційному дослідженні частка хибнопозитивних результатів становила 10,8%, що загалом відповідає світовим даним, проте має певні структурні особливості.

Детальний аналіз діагностичних розбіжностей між результатами РГ, МСКТ ОГК та морфологічною верифікацією об'ємних утворень легень дозволив виділити як технічні, так і біологічні чинники, що призводять до помилкових висновків. При цьому встановлено, що характер розбіжностей суттєво відрізняється залежно від етапу діагностики, що підкреслює необхідність комплексного підходу до інтерпретації результатів.

На рівні первинної ланки – цифрової рентгенографії, основною проблемою залишається ефект структурної сумації тіней, який є наслідком двовимірної проекції тривимірних анатомічних структур [12]. В дисертаційній роботі, за аналізом діагностичних розбіжностей РГ ОГК, серед пацієнтів із хибнопозитивними результатами було виділено групу ($n=7$), у яких вузлові тіні були зумовлені позалегеновими структурами: грудними залозами, шкірними утвореннями та ділянками остеосклерозу. Подібні знахідки є типовими для РГ ОГК та значною мірою залежать від анатомічних особливостей пацієнта, проекційних умов дослідження і локалізації патологічного утворення.

Отримані результати узгоджуються з даними літератури щодо обмеженої специфічності рентгенографії при оцінці малих вузлів [14,70]. У таких випадках метод виконує орієнтовну функцію і визначає необхідність подальшого обстеження, але не дозволяє встановити остаточний діагноз. Використання МСКТ забезпечує швидку диференціацію внутрішньолегенових і позалегенових утворень, що дозволяє уникнути необґрунтованого розширення діагностичного пошуку.

Важливим є також психологічний аспект: хибна інтерпретація рентгенограми може формувати надмірну онкологічну настороженість як у

лікаря, так і у пацієнта. Тому трактування сумнівних змін як підозрілих до моменту МСКТ-верифікації є клінічно доцільним і виправданим підходом.

На етапі МСКТ розбіжності мають інший характер і пов'язані переважно з біологічною подібністю різних патологічних процесів. Найбільш складними для диференціації виявилися туберкуломи у фазі активного запалення або фіброзної трансформації. В умовах високої поширеності туберкульозу в Україні такі утворення часто імітують периферичний рак легень. Зокрема, морфологічні ознаки, що традиційно асоціюються зі злоякісністю (спікулоподібні контури, плевральна ретракція), у частині випадків мали постзапальне походження. У 18,5% пацієнтів ці зміни були зумовлені хронічним перифокальним запаленням із розвитком фіброзу. Це підтверджує, що інтерпретація морфологічних ознак без урахування клінічного контексту має обмежену діагностичну цінність.

Окрему складність становлять випадки інтенсивного контрастного підсилення легневих вузлів при МСКТ із в/в болюсним контрастуванням. Незважаючи на високу інформативність денситометричних критеріїв, у частині пацієнтів із запальними процесами (організовані абсцеси, активні туберкуломи) спостерігався значний приріст щільності ($>35\text{--}40$ HU), що пов'язано з васкуляризацією грануляційної тканини і може імітувати неопластичний ангіогенез утворення [52-54, 97].

Таким чином, використання виключно показника контрастного підсилення при МСКТ ОГК з в/в контрастуванням може призводити до переоцінки злоякісного потенціалу утворення легень. У дисертаційному дослідженні використовували поєднання денситометричних і волюметричних показників новоутворення. Відсутність приросту об'єму при динамічному спостереженні протягом 3 місяців дозволила перекваліфікувати частину випадків як доброякісні та уникнути необґрунтованих оперативних втручань.

Додатковим при МСКТ ОГК джерелом розбіжностей були субсолідні утворення типу «матового скла». У низці випадків ці зміни відповідали запальним або постзапальним процесам (пневмофіброз, осередкова пневмонія,

геморагічна постопераційна імбібіція), що ускладнює їх інтерпретацію за даними разового дослідження, диференціація таких станів потребує динамічного підходу до діагностики генезу процесу.

Застосування низькодозового МСКТ-контролю в динаміці дозволило виявити регресію змін у 12,4% пацієнтів і змінити діагностичну категорію, щоб уникнути гіпердіагностики. Це підтверджує значення динамічного спостереження як важливого інструменту в складних діагностичних випадках.

Проведений аналіз дозволив систематизувати основні причини хибнопозитивних результатів (табл. 6.1). Встановлено, що помилки на етапі рентгенографії переважно пов'язані з технічними особливостями методу, тоді як на рівні МСКТ домінують біологічні причини, зумовлені подібністю патоморфологічних процесів.

Таблиця 6.1.

Систематизація причин хибнопозитивних результатів РГ та МСКТ ОГК за даними дослідження (n=148).

Етап обстеження	Причина розбіжності (хибний висновок)	Кількість випадків (n)	Морфологічний субстрат
Рентгенографія (РГ)	Ефект сумації тіней (вузол?)	7	Шкірні новоутворення, соски
Рентгенографія (РГ)	Сумація кісткових структур	2	Острівці остеосклерозу, мозолі
МСКТ (нативна)	Спікулоподібний контур (рак?)	4	Перифокальний фіброз (туберкулома)
МСКТ (з в/в к.)	Інтенсивне накопичення (>35 HU)	3	Активний запальний ангиогенез
Усього розбіжностей		16	10,8 % від загальної вибірки

Порівняння з даними міжнародних досліджень (NELSON [4]) показало, що в європейських популяціях частка запальних хибнопозитивних результатів

є нижчою, що підкреслює необхідність адаптації міжнародних рекомендацій до регіональних епідеміологічних умов.

Таким чином, основні джерела діагностичних помилок пов'язані як із технічними обмеженнями методів, так і з морфологічною подібністю злоякісних і запальних процесів легень. Використання кількісних підходів оцінки утворень, зокрема МСКТ-денситометричного та волюметричного аналізу у поєднанні з динамічним спостереженням легневих утворень дозволяє суттєво знизити рівень гіпердіагностики та підвищити об'єктивність інтерпретації результатів досліджень.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на підставі проведеного дослідження представлено нове вирішення актуального наукового завдання рентгенології щодо підвищення ефективності рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень на основі мультимодального підходу з використанням цифрової рентгенографії та МСКТ органів грудної клітки. Робота ґрунтується на комплексному аналізі даних рентгенологічних методів обстеження пацієнтів Миколаївської області України та охоплює повний діагностичний цикл – від первинного виявлення легневих утворень до післяопераційного рентгенодіагностичного моніторингу ускладнень із подальшою оцінкою відповідності променевих даних результатам патоморфологічної верифікації легневих утворень. Такий системний підхід до оцінки діагностичної ефективності рентгенологічного супроводу лікувального процесу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень у вітчизняній практиці реалізовано вперше.

1. Визначено фактори, що зумовлюють пізню діагностику об'ємних утворень легень на етапі первинного рентгенологічного обстеження, серед яких провідними є низька чутливість цифрової рентгенографії щодо виявлення вузлів малих розмірів (8,3% для утворень <6 мм), ефект структурної сумації тіней, а також відсутність стандартизованих підходів до скринінгу та

динамічного рентгенологічного спостереження пацієнтів груп ризику. Зазначені фактори обмежують можливості раннього виявлення легеневої патології та обґрунтовують необхідність перегляду традиційних діагностичних стратегій.

2. Проведено порівняльну оцінку діагностичної інформативності та можливостей цифрової рентгенографії ОГК і МСКТ ОГК у виявленні патологічних утворень легень, а також у моніторингу пацієнтів у післяопераційному періоді. Встановлено, що цифрова рентгенографія ОГК зберігає високу діагностичну ефективність у післяопераційному моніторингу (92–96%) щодо виявлення ускладнень (пневмоторакс, гідроторакс), однак її діагностичні можливості є обмеженими при первинному виявленні малих і субсолідних утворень. МСКТ органів грудної клітки з болюсним контрастним підсиленням визначено як провідний метод уточнення природи утворень, що характеризується високою діагностичною точністю ($AUC = 0,89$).
3. Обґрунтовано підходи та розроблено рекомендації щодо диференціальної діагностики об'ємних утворень легень з урахуванням співвідношення діагностичної інформативності, доступності та променевого навантаження. Визначено порогове значення приросту щільності утворення (22,5 HU), перевищення якого асоціюється з активним неоангіогенезом та високою ймовірністю злоякісного процесу (точність 91,9%), що дозволяє оптимізувати вибір між інвазивною верифікацією та динамічним рентгенологічним спостереженням.
4. Розроблено мультимодальний алгоритм рентгенодіагностичного супроводу пацієнтів, який визначає оптимальну послідовність і параметри застосування методів візуалізації залежно від етапу діагностичного процесу. Впровадження прицільного низькодозового протоколу МСКТ ОГК (обмеження зони сканування до 50 мм) забезпечує зниження ефективної дози у 8,1 раза (до 0,32 мЗв) при збереженні високої точності волюметричних вимірювань ($r = 0,98$), що створює умови для безпечного

тривалого динамічного спостереження за об'ємними легневими утвореннями.

5. Сформовано структуровані оптимізовані протоколи опису результатів РГ та МСКТ ОГК. Стандартизація структури висновків із включенням кількісних параметрів (об'єм, ΔHU , VDT) підвищує відтворюваність результатів, покращує міждисциплінарну комунікацію лікуючих лікарів та сприяє скороченню часу прийняття клінічних рішень.

Проведений аналіз діагностичних розбіжностей РГ та МСКТ ОГК показав, що частка хибнопозитивних результатів становить 10,8% і зумовлена як технічними обмеженнями методів (ефект сумації тіней), так і морфологічною подібністю запальних і неопластичних процесів. Доведено, що інтеграція МСКТ-волюметричного підходу в динамічному спостереженні дозволяє знизити рівень гіпердіагностики та уникнути до 14,5% необґрунтованих хірургічних втручань.

Таким чином, отримані результати комплексного рентгенологічного дослідження в роботі підтверджують доцільність впровадження мультимодального підходу діагностики та моніторингу пацієнтів з об'ємними утвореннями легень, що базується на інтеграції МСКТ-кількісних методів аналізу, оптимізованих протоколів структурованої інтерпретації даних променевих методів обстеження (РГ ОГК та МСКТ ОГК) та принципів радіаційної безпеки. Запропонована модель мультимодального рентгенологічного контролю сприяє підвищенню об'єктивності діагностичного процесу на всіх етапах ведення пацієнтів, забезпечує його відтворюваність та адаптивність у різних клінічних умовах, а також створює основу для подальшого розвитку персоналізованих підходів у променевій діагностиці об'ємних утворень легень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021;71(3):209-249. doi: 10.3322/caac.21660.
2. Федоренко З, Гулак Л, Михайлович Ю, та ін. Бюлетень Національного канцер-реєстру №26 – «Рак в Україні, 2023-2024». 2025.
3. Henschke CI, Yip R, Shaham D, Markowitz S, Cervera Deval J, Zulueta JJ, et al. A 20-year follow-up of the International Early Lung Cancer Action Program (I-ELCAP). *Radiology.* 2023;309(2):e232698. doi: 10.1148/radiol.231988.
4. Zhao YR, Xie X, de Koning HJ, Mali WP, Vliegenthart R, Oudkerk M. NELSON lung cancer screening study. *Cancer Imaging.* 2011;11(1A):S79-S84. doi: 10.1102/1470-7330.2011.9020.
5. American College of Radiology (ACR). Radiation dose to adults from common imaging examinations [Internet]. 2025 Apr 15 [cited 2025 Aug 25]. Available from: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Patient-Resources/Radiation-Safety>
6. Brenner DJ. Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. *Radiology.* 2004;231(2):440-445. doi: 10.1148/radiol.2312030880.
7. Захаричев ВД, Гордійчук ПІ, Погорєлов ОВ, Гордійчук МП. Сучасні можливості скринінгу раку легені з використанням низькодозової комп'ютерної томографії. *Український медичний часопис.* 2024;6(164). doi: 10.32471/umj.1680-3051.164.257711.
8. Harrison JD, Balonov M, Bochud F, Martin CJ, Menzel HG, Smith-Bindman R, et al. The use of dose quantities in radiological protection: ICRP publication 147. *Ann ICRP.* 2021;50(1). doi: 10.1088/1361-6498/abe548.

9. European Society of Radiology (ESR). ESR paper on structured reporting in radiology – update 2023. *Insights Imaging*. 2023;14:199. doi: 10.1186/s13244-023-01560-0.
10. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 587 від 28.02.2020 «Деякі питання ведення Реєстру медичних записів, записів про направлення та рецептів в електронній системі охорони здоров'я». Київ; 2020.
11. Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, McLoud TC, Müller NL, Remy J, et al. Fleischner Society: Glossary of Terms for Thoracic Imaging. *Radiology*. 2008;246(3):697-722. doi: 10.1148/radiol.2462070712.
12. Mazzone PJ, Lam L. Evaluating the Patient With a Pulmonary Nodule. *JAMA*. 2022;327(3):264-273. doi: 10.1001/jama.2021.24287.
13. International Agency for Research on Cancer (IARC). *World Cancer Report: Cancer Research for Cancer Prevention*. Lyon: IARC; 2020. ISBN-13: 978-92-832-0448-0.
14. Ost D, Fein AM, Feinsilver SH. Clinical practice. The solitary pulmonary nodule. *N Engl J Med*. 2003;348:2535-2542. doi: 10.1056/NEJMc012290
15. Ost D, Fein A. Evaluation and management of the solitary pulmonary nodule. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:782-787. doi: 10.1164/ajrccm.162.3.9812152
16. Good CA, Wilson TW. The solitary circumscribed pulmonary nodule: study of seven hundred five cases encountered roentgenologically in a period of three and one-half years. *JAMA*. 1958;166(3):210-215. doi: 10.1001/jama.1958.02990030008003
17. Holin SM, Dwork RE, Glaser S, Rikli AE, Stocklen JB. Solitary pulmonary nodules found in a community-wide chest roentgenographic survey: a five-year follow-up study. *Am Rev Tuberc*. 1959;79(4):427-439. doi: 10.1164/artpd.1959.79.4.427

18. Gould MK, Tang T, Liu IL, Lee J, Zheng C, Danforth KN, et al. Recent trends in the identification of incidental pulmonary nodules. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;192(10):1208-1214. doi: 10.1164/rccm.201505-0990OC
19. Marrer É, Jolly D, Arveux P, Lejeune C, Woronoff-Lemsi MC, Jégu J, et al. Incidence of solitary pulmonary nodules in Northeastern France: a population-based study in five regions. *BMC Cancer*. 2017;17:47. doi: 10.1186/s12885-016-3029-z
20. Barta JA, Powell CA, Wisnivesky JP. Global epidemiology of lung cancer. *Ann Glob Health*. 2019;85(1):8. doi: 10.5334/aogh.2419
21. Akhtar N, Bansal JG. Risk factors of lung cancer in nonsmokers. *Curr Probl Cancer*. 2017;41(5):328-339. doi: 10.1016/j.crrproblcancer.2017.07.002.
22. Gouvinnhas C, de Mello RA, Oliveira D, et al. Lung cancer: a brief review of epidemiology and screening. *Future Oncol*. 2018;14(6):567-575. doi: 10.2217/fon-2017-0486.
23. Hoffman RM, Sanchez R. Lung cancer screening. *Med Clin North Am*. 2017;101(4):769-785. doi: 10.1016/j.mcna.2017.03.008.
24. Bade BC, Dela Cruz CS. Lung cancer 2020: epidemiology, etiology, and prevention. *Clin Chest Med*. 2020;41(1):1-24. doi: 10.1016/j.ccm.2019.10.001.
25. National Comprehensive Cancer Network (NCCN). Lung Cancer Screening. Version 1.2026 [Internet]. Plymouth Meeting, PA: NCCN; 2025 [cited 2026 Jan 15]. Available from: <https://www.nccn.org/guidelines>.
26. Doll R, Hill AB. Smoking and carcinoma of the lung: preliminary report. *Br Med J*. 1950; 2 (4682): 739-748. doi: 10.1136/bmj.2.4682.739.
27. Wynder EL, Graham EA. Tobacco smoking as a possible etiologic factor in bronchiogenic carcinoma: a study of 684 proved cases. *J Am Med Assoc*. 1950; 143: 329-336. doi: 10.1001/jama.1950.02910390001001.
28. Flanders WD, Lally CA, Zhu BP, Henley SJ, Thun MJ. Lung cancer mortality in relation to age, duration of smoking, and daily cigarette consumption: results from Cancer Prevention Study II. *Cancer Res*. 2003; 63: 6556-6562. PMID: 14559851.

29. Jha P, Ramasundarahettige C, Landsman V, Rostron B, Thun M, Anderson RN, et al. 21st-century hazards of smoking and benefits of cessation in the United States. *N Engl J Med*. 2013; 368: 341-350. doi: 10.1056/NEJMsa1211128.
30. Moolgavkar SH, Holford TR, Levy DT, Kong CY, Foy M, Clarke L, et al. Impact of reduced tobacco smoking on lung cancer mortality in the United States during 1975-2000. *J Natl Cancer Inst*. 2012; 104: 541-548. doi: 10.1093/jnci/djs136.
31. Doll R, Peto R, Boreham J, Sutherland I. Mortality in relation to smoking: 50 years' observations on male British doctors. *BMJ*. 2004; 328: 1519. doi: 10.1136/bmj.38142.554479.AE.
32. Tindle HA, Stevenson Duncan M, Greevy RA, Vasan RS, Kundu S, Massion PP, et al. Lifetime smoking history and risk of lung cancer: results from the Framingham Heart Study. *J Natl Cancer Inst*. 2018; 110: 1201-1207. doi: 10.1093/jnci/djy041.
33. Pesch B, Kendzia B, Gustavsson P, Jöckel KH, Johnen G, Pohlabein H, et al. Cigarette smoking and lung cancer: relative risk estimates for the major histological types from a pooled analysis of case-control studies. *Int J Cancer*. 2012; 131: 1210-1219. doi: 10.1002/ijc.27339.
34. Boffetta P, Pershagen G, Jöckel KH, Forastiere F, Gaborieau V, Heinrich J, et al. Cigar and pipe smoking and lung cancer risk: a multicenter study from Europe. *J Natl Cancer Inst*. 1999; 91: 697-701. doi: 10.1093/jnci/91.8.697.
35. Malhotra J, Borron C, Freedman ND, Abnet CC, van den Brandt PA, White E, et al. Association between cigar or pipe smoking and cancer risk in men: a pooled analysis of five cohort studies. *Cancer Prev Res (Phila)*. 2017; 10: 704-709. doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-17-0084.
36. McCormack VA, Agudo A, Dahm CC, Overvad K, Olsen A, Tjønneland A, et al. Cigar and pipe smoking and cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Int J Cancer*. 2010; 127: 2402-2411. doi: 10.1002/ijc.25252.

37. Hori M, Tanaka H, Wakai K, Sasazuki S, Katanoda K. Secondhand smoke exposure and risk of lung cancer in Japan: a systematic review and meta-analysis of epidemiologic studies. *Jpn J Clin Oncol*. 2016; 46: 942-951. doi: 10.1093/jjco/hyw091.
38. Taylor R, Najafi F, Dobson A. Meta-analysis of studies of passive smoking and lung cancer: effects of study type and continent. *Int J Epidemiol*. 2007; 36: 1048-1059. doi: 10.1093/ije/dym158.
39. Hackshaw AK, Law MR, Wald NJ. The accumulated evidence on lung cancer and environmental tobacco smoke. *BMJ*. 1997; 315: 980-988. doi: 10.1136/bmj.315.7114.980.
40. Lee HW, Park SH, Weng MW, Wang HT, Huang WC, Lepor H, et al. E-cigarette smoke damages DNA and reduces repair activity in mouse lung, heart, and bladder as well as in human lung and bladder cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018; 115(5): E1560-E1569. doi: 10.1073/pnas.1718185115.
41. Hess CA, Olmedo P, Navas-Acien A, Goessler W, Cohen JE, Rule AM, et al. E-cigarettes as a source of toxic and potentially carcinogenic metals. *Environ Res*. 2017; 152: 221-225. doi: 10.1016/j.envres.2016.09.026.
42. Anderson C, Majeste A, Hanus J, Wang S. E-cigarette aerosol exposure induces reactive oxygen species, DNA damage, and cell death in vascular endothelial cells. *Toxicol Sci*. 2016; 154: 332-340. doi: 10.1093/toxsci/kfw166.
43. Винниченко ОІ, Москаленко РА, Москаленко ЮВ. Рак легень в Україні. Клінічна та профілактична медицина. 2025; (2): 6-13. doi: 10.31612/2616-4868.2.2025.01.
44. Смородська ОМ, Москаленко ЮВ, Винниченко ОІ, Привалова АО, Костюченко ВВ. Поширеність раку легень: від локального до глобального. *Art of Medicine*. 2021; 2(18): 116-123. doi: 10.21802/artm.2021.2.18.116.
45. Dela Cruz CS, Tanoue LT, Matthay RA. Lung cancer: epidemiology, etiology, and prevention. *Clin Chest Med*. 2011;32:605-644. doi: 10.1016/j.ccm.2011.09.001.

46. National Lung Screening Trial Research Team; Aberle DR, Berg CD, Black WC, Church TR, Fagerstrom RM, et al. The National Lung Screening Trial: overview and study design. *Radiology*. 2011;258(1):243-253. doi: 10.1148/radiol.10091808.
47. Gould MK, Donington J, Lynch WR, Mazzone PJ, Midthun DE, Naidich DP, et al. Evaluation of individuals with pulmonary nodules: when is it lung cancer? Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013;143:e93S-e120S. doi: 10.1378/chest.12-2351.
48. Langevin SM, Kratzke RA, Kelsey KT. Epigenetics of lung cancer. *Transl Res*. 2015;165(1):74-90. doi: 10.1016/j.trsl.2014.03.001.
49. Henschke CI, Yankelevitz DF, Yip R, Reeves AP, Farooqi A, Xu D, et al. Lung cancers diagnosed at annual CT screening: volume doubling times. *Radiology*. 2012;263:578-583. doi: 10.1148/radiol.12102489.
50. Heuvelmans MA, Oudkerk M, de Bock GH, de Koning HJ, Xie X, van Ooijen PMA, et al. Optimisation of volume-doubling time cutoff for fast-growing lung nodules in CT lung cancer screening reduces false-positive referrals. *Eur Radiol*. 2013;23:1836-1845. doi: 10.1007/s00330-013-2799-9.
51. Mehta HJ, Ravenel JG, Shaftman SR, Tanner NT, Paoletti L, Taylor KK, et al. The utility of nodule volume in the context of malignancy prediction for small pulmonary nodules. *Chest*. 2014;145:464-472. doi: 10.1378/chest.13-0708.
52. Cao Y. Tumor angiogenesis and therapy. *Biomed Pharmacother*. 2005;59(Suppl 2):S340-S343. doi: 10.1016/S0753-3322(05)80070-8.
53. Yoshida S, Ono M, Shono T, et al. Involvement of interleukin-8, vascular endothelial growth factor, and basic fibroblast growth factor in tumor necrosis factor alpha-dependent angiogenesis. *Mol Cell Biol*. 1997;17(7):4015-4023. doi: 10.1128/MCB.17.7.4015.

54. Landskron G, De la Fuente M, Thuwajit P, Thuwajit C, Hermoso MA. Chronic inflammation and cytokines in the tumor microenvironment. *J Immunol Res*. 2014;2014:149185. doi: 10.1155/2014/149185.
55. Dorff TB, Goldman B, Pinski JK, et al. Clinical and correlative results of SWOG S0354: a phase II trial of CNTO328 (siltuximab), a monoclonal antibody against interleukin-6, in chemotherapy-pretreated patients with castration-resistant prostate cancer. *Clin Cancer Res*. 2010;16(11):3028-3034. doi: 10.1158/1078-0432.CCR-09-3122.
56. Alas S, Emmanouilides C, Bonavida B. Inhibition of interleukin-10 by rituximab results in down-regulation of Bcl-2 and sensitization of B-cell non-Hodgkin lymphoma to apoptosis. *Clin Cancer Res*. 2001; 7(3): 709-723. PMID: 11297268.
57. Mountain CF. Revisions in the international system for staging lung cancer. *Chest*. 1997;111(6):1710-1717. doi: 10.1378/chest.111.6.1710.
58. Siegel RL, Kratzer TB, Giaquinto AN, Sung H, Jemal A. Cancer statistics, 2025. *CA Cancer J Clin*. 2025;75(1). doi: 10.3322/caac.21871.
59. Flehinger BJ, Melamed MR, Zaman MB, Heelan RT, Perchick WB, Martini N. Early lung cancer detection: results of the initial (prevalence) radiologic and cytologic screening in the Memorial Sloan-Kettering study. *Am Rev Respir Dis*. 1984;130(4):555-560. doi: 10.1164/arrd.1984.130.4.555.
60. Melamed MR. Lung cancer screening results in the National Cancer Institute New York study. *Cancer*. 2000; 89(Suppl 11): 2356-2362. doi: 10.1002/1097-0142(20001201)89:11+<2356::AID-CNCR8>3.3.CO;2-Q.
61. Wynder EL, Muscat JE. The changing epidemiology of smoking and lung cancer histology. *Environ Health Perspect*. 1995; 103(Suppl 8): 143-148. doi: 10.1289/ehp.95103s8143.
62. Chen P, Liu Y, Wen Y, Zhou C. Non-small cell lung cancer in China. *Cancer Commun (Lond)*. 2022 Oct; 42(10) :937-970. doi: 10.1002/cac2.12359.

63. National Cancer Institute. Surveillance, Epidemiology and End Results (SEER) Program. CSR section 15: lung and bronchus cancer [Internet]. 2026 [cited 2026 Jan 31]. Available from: <https://seer.cancer.gov/>
64. Оленюк ЛЮ, Ковальчук ВВ, Солдатенко ОЯ. Особливості променевої діагностики злоякісних пухлин легень. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих вчених «Актуальні питання теоретичної та клінічної медицини», Суми; 2017. р. 335.
65. Mettler FA, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog. Radiology. 2008;248:254-263. doi: 10.1148/radiol.2481071451.
66. Rutman AM, Kuo MD. Radiogenomics: creating a link between molecular diagnostics and diagnostic imaging. Eur J Radiol. 2009;70:232-241. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.01.050.
67. Segal E, Sirlin CB, Ooi C, et al. Decoding global gene expression programs in liver cancer by noninvasive imaging. Nat Biotechnol. 2007;25:675-680. doi: 10.1038/nbt1306.
68. Chen B, Zhang R, Gan Y, et al. Development and clinical application of radiomics in lung cancer. Radiat Oncol. 2017;12:154. doi: 10.1186/s13014-017-0885-x.
69. Загаба ЛМ, Ліскіна ІВ, Мельник ОО, Кузовкова СД. Діагностика та лікування доброякісних пухлинних солітарних утворів легень. Morphologia. 2022;16(3):35-44. doi: 10.26641/1997-9665.2022.3.35-44.
70. Brandman S, Ko J. Pulmonary nodule detection, characterization, and management with multidetector computed tomography. J Thorac Imaging. 2011;26(2):90-105. doi: 10.1097/RTI.0b013e31821639a9.
71. Wahidi MM, Govert JA, Goudar RK. Evidence for the treatment of patients with pulmonary nodules: when is it lung cancer? ACCP evidence-based clinical practice guidelines. Chest. 2007;132:94-107. doi: 10.1378/chest.07-1352.

72. Siegelman SS, Khouri NF, Scott WW Jr, Leo FP, Hamper UM, Fishman EK, Zerhouni EA. Pulmonary hamartoma: CT findings. *Radiology*. 1986;160(2):313-317. doi: 10.1148/radiology.160.2.3726106.
73. Sugarbaker DJ, Bueno R, Colson YL, Jaklitsch MT, Krasna MJ, Mentzer SJ. *Adult Chest Surgery*. Hill Education; 2015. p. 15-20. doi: 10.13140/RG.2.1.2530.1204.
74. Stevic R, Milenkovic B. Tracheobronchial tumors. *J Thorac Dis*. 2016;8(11):3401-3413. doi: 10.21037/jtd.2016.11.24.
75. Ліскіна ІВ, Загаба ЛМ. Аналіз клініко-анатомічних показників хворих на туберкульоз легень із морфологічними ознаками прогресування (за операційним матеріалом). *Туберкульоз, легеневі хвороби, ВІЛ-інфекція*. 2014;2(17):18-24.
76. Akçiçek E, Durhan G, Ardalı Düzgün S, Kurtulan O, Akpınar MG, Demirkazık F, Arıyürek OM. Non-metastatic causes of multiple pulmonary nodules. *Insights Imaging*. 2024;15(1):288. doi: 10.1186/s13244-024-01856-9.
77. Витвицький ІЗ, Гетьман ВГ. Особливості діагностики карциноїдних пухлин легень. *Шпитальна хірургія. Журнал імені Л Я Ковальчука*. 2022;1. doi: 10.11603/2414-4533.2022.1.12919.
78. Попович ІВ. Комп'ютерна томографія в діагностиці центрального раку легень. *Збірник наукових робіт Асоціації радіологів України*. Київ; 1997. Вип. 1. p. 105-107.
79. Ngo AH-V, Walker CM, Chung JH, Takasugi JE, Stern EJ, Kanne JP, Reddy GP, Godwin JD. Tumors and tumorlike conditions of the large airways. *Cardiopulmonary Imaging*. 2013;201(2). doi: 10.2214/AJR.12.9043.
80. American College of Radiology. *Lung CT Screening Reporting & Data System (Lung-RADS®)*, version 2022. Reston, VA: American College of Radiology; 2022.
81. Jang SH. Korean national lung cancer screening. *Korean J Med*. 2020;95:95-103. doi: 10.3904/kjm.2020.95.2.95.

82. Canadian Association of Radiologists. Guide on CT screening for lung cancer [Internet]. 2017 [cited 2023 Jan 12]. Available from: <https://car.ca/wp-content/uploads/CT-Screening-for-Lung-Cancer-2017.pdf>
83. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: From the Fleischner Society. *Radiology*. 2017;284(1):228-243. doi: 10.1148/radiol.2017161659.
84. Callister MEJ, Baldwin DR, Akram AR, Barnard S, Cane P, Draffan J, et al. British Thoracic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules. *Thorax*. 2015;70(Suppl 2):ii1-ii54. doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207168.
85. Mazzone PJ, Silvestri GA, Patel S, et al. Screening for lung cancer: CHEST guideline and expert panel report. *Chest*. 2021;160(5):e427-e494. doi: 10.1016/j.chest.2021.06.063.
86. Postmus PE, Kerr KM, Oudkerk M, et al. ESMO Clinical Practice Guidelines: Early and locally advanced non-small-cell lung cancer. *Ann Oncol*. 2023;34(12):1211-1238. doi: 10.1093/annonc/mdx222.
87. European Society for Medical Oncology. ESMO Pocket Guidelines: Lung and Chest Tumours. 2024.
88. Дьоміна ЕА. Променева діагностика онкологічних захворювань в сучасних умовах. *Oncology*. 2023;2:104-110. doi: 10.15407/oncology.2023.02.104.
89. Antonissen N, Venkadesh KV, Dinnessen R, Scholten ET, Saghir Z, Silva M, et al. External Test of a Deep Learning Algorithm for Pulmonary Nodule Malignancy Risk Stratification Using European Screening Data. *Radiology*. 2026; 316(3): e250874. doi: 10.1148/radiol.250874.
90. Pérez-García V, Sánchez M, et al. Radiomics and clinical data for the diagnosis of incidental pulmonary nodules and lung cancer screening: Radiolung integrative predictive model. *Radiol Oncol*. 2024. doi: 10.1016/j.arbres.2024.05.027.

91. Frix AN, Cousin F, Refaee T, Bottari F, Vaidyanathan A, Desir C, Vos W, Walsh S, Occhipinti M, Lovinfosse P, Leijenaar RTH, Hustinx R, Meunier P, Louis R, Lambin P, Guiot J. Radiomics in lung diseases imaging: state-of-the-art for clinicians. *J Pers Med*. 2021; 11(7): 602. doi: 10.3390/jpm11070602.
92. Fink N, Sperl JI, Rueckel J, et al. Artificial intelligence-based automated matching of pulmonary nodules on follow-up chest CT. *Eur Radiol Exp*. 2025; 9: 48. doi: 10.1186/s41747-025-00579-w.
93. Мельникова АА, Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням у моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. *Проблеми радіаційної медицина та радіобіології*. 2025; 30: 501-512. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-501-512.
94. WHO Classification of Tumours Editorial Board. Thoracic tumours. 5th ed. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2021. (WHO classification of tumours series; vol. 5). ISBN-13: 978-92-832-4506-3.
95. de Koning HJ, van der Aalst CM, de Jong PA, et al. Reduced lung-cancer mortality with volume CT screening in a randomized trial (NELSON). *N Engl J Med*. 2020;382:503–513. doi: 10.1056/NEJMoa1911793.
96. Ardila D, Kiraly AP, Bharadwaj S, et al. End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest CT. *Nat Med*. 2019;25(6):954–961. doi: 10.1038/s41591-019-0447-x.
97. McWilliams A, Tammemagi MC, Mayo JR, et al. Probability of cancer in pulmonary nodules detected on first screening CT. *N Engl J Med*. 2013;369(10):910–919. doi: 10.1056/NEJMoa1214726.
98. Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med*. 2011;365(5):395–409. doi: 10.1056/NEJMoa1102873.
99. Aerts HJWL, Velazquez ER, Leijenaar RTH, et al. Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach. *Nat Commun*. 2014;5:4006. doi: 10.1038/ncomms5006.

- 100.** Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 503 від 28.02.2020 «Про затвердження та впровадження медико-технологічних документів зі стандартизації медичної допомоги при раку легені». Київ; 2020.
- 101.** Horeweg N, van Rosmalen J, Heuvelmans MA, et al. Lung cancer probability in patients with CT-detected pulmonary nodules: the NELSON study. *Lancet Oncol.* 2014;15(12):1332–1341. doi: 10.1016/S1470-2045(14)70389-4.
- 102.** Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Strategies for CT radiation dose optimization. *Radiology.* 2004;230(3):619-628. doi:10.1148/radiol.2303021726.00000001.
- 103.** US Preventive Services Task Force; Krist AH, Davidson KW, Mangione CM, et al. Screening for lung cancer: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA.* 2021;325(10):962–970. doi:10.1001/jama.2021.1117.00000002.

ДОДАТОК А

Список публікацій здобувача:

1. Мельникова АА., Федьків СВ. Роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки в діагностиці та післяопераційному спостереженні пацієнтів з об'ємними утвореннями легень. Український медичний часопис. 2025. № 5 (171). doi: 10.32471/umj.1680-3051.266525.
2. Мельникова АА., Федьків СВ. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 501–512. doi: 10.33145/23048336202429501512.
3. Мельникова АА., Федьків СВ. МСКТ-денситометричні критерії малігнізації легеневих вузлів при об'ємних утвореннях легень. Oncology. 2026;28(1):47–51. doi:10.15407/oncology.2026.01.047.

Апробація матеріалів дослідження:

1. Прочитана доповідь на тему «Мультимодальна рентгенологічна діагностика об'ємних утворень легень» на «Young Science 6.0 – Конференція молодих вчених в медицині», 2025 рік, м.Київ;
2. Прочитана доповідь на тему «Променева діагностика та менеджмент об'ємних утворень легень: роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії» на Х ювілейному Національному Конгресі «Радіологія в Україні – 2025», м.Київ.

Тези:

Мельникова АА, Федьків СВ. Променева діагностика та менеджмент об'ємних утворень легень: роль рентгенографії та мультиспіральної комп'ютерної томографії. Тези Х ювілейного Національного конгресу «Радіологія в Україні - 2025»; 2025; Київ, Україна. С. 2-3.

ДОДАТОК Б

ЗАТВЕРДЖУЮ



Акт впровадження

1. Пропозиція для впровадження: рекомендації щодо застосування мультиспіральної комп'ютерної томографії з прицільним скануванням при динамічному моніторингу пацієнтів із ймовірно доброякісними легеневиими інциденталомами з метою уточнення їх характеристик та оптимізації променевого навантаження.

2. Ким запропоновано, адреса, виконавці: кафедра радіології ДУ «Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика», вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; Федьків С.В., Мельникова А.А.

3. Джерело інформації.

Стаття - Мельникова А. А., Федьків С. В. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легеневих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 501–512.

4. Де впроваджено: відділення променевої діагностики КНП «МОКЛ» МОЗ

5. Термін впровадження: грудень 2025 р. – лютий 2026 р.

6. Загальна кількість спостережень: методика застосована у 57 пацієнтів при динамічному спостереженні.

7. Ефективність впровадження відповідно критеріям, викладеним в джерелі інформації: ефективність впровадження визначалася згідно з критеріями, викладеними у джерелі інформації, з урахуванням інформативності мультиспіральної комп'ютерної томографії органів грудної клітки при оцінці морфологічних характеристик легеневих інциденталом, можливості їх надійного динамічного контролю, а також впливу отриманих даних на вибір подальшої тактики ведення пацієнтів.

Застосування методики прицільного МСКТ-сканування підтвердило її клінічну доцільність, дозволило підвищити якість візуалізації патологічних змін, покращити точність оцінки динаміки легеневих утворень та забезпечило раціоналізацію променевого навантаження при виконанні повторних досліджень.

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директор КНП «МОЦО» МОР
Васильченко М.П.

« 05 » 2026 р.

Акт впровадження

1. Пропозиція для впровадження: рекомендації щодо застосування мультиспіральної комп'ютерної томографії з прицільним скануванням при динамічному моніторингу пацієнтів із ймовірно доброякісними легeneвими інциденталами з метою уточнення їх характеристик та оптимізації променевого навантаження.

2. Ким запропоновано, адреса, виконавці: кафедра радіології ДУ «Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика», вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; Федьків С.В., Мельникова А.А.

3. Джерело інформації.

Стаття - Мельникова А. А., Федьків С. В. Мультиспіральна комп'ютерна томографія з прицільним скануванням в моніторингу ймовірно доброякісних легeneвих інциденталом: методика та клінічні випадки. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 501–512.

4. Де впроваджено: центр променевої діагностики і терапії КНП «МОЦО» МОР (кабінет комп'ютерної томографії).

5. Термін впровадження: листопад 2025 р. – березень 2026 р.

6. Загальна кількість спостережень: методика застосована у 135 пацієнтів при динамічному спостереженні.

7. Ефективність впровадження відповідно критеріям, викладеним в джерелі інформації: ефективність впровадження оцінювалася відповідно до критеріїв, наведених у джерелі інформації, а саме: за показниками інформативності МСКТ ОГК при оцінці морфологічних характеристик легeneвих інциденталом, можливості їх достовірного динамічного спостереження, а також обґрунтованості вибору подальшої тактики ведення пацієнтів.

Застосування методики прицільного МСКТ-сканування продемонструвало підвищення якості візуалізації патологічних змін, забезпечило більш точну оцінку динаміки легeneвих вузлів та сприяло оптимізації променевого навантаження при повторних дослідженнях.

ДОДАТОК В

АЛГОРИТМ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНОГО СУПРОВОДУ ПАЦІЄНТІВ З ОБ'ЄМНИМИ УТВОРЕННЯМИ ЛЕГЕНЬ

Перший етап. Скринінг осіб високого ризику та первинне виявлення



Другий етап. Динамічний моніторинг об'ємних утворень



Третій етап. Верифікація та післяопераційний рентгеноконтроль

