



**Равшанов Зафар Хазраткулович
Турдуматов Жамшиед Анварович**

*Самаркандский государственный медицинский университет,
г. Самарканд, Узбекистан*

РАННЯЯ ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЁГКИХ

Аннотация: В статье рассматриваются современные методы лучевой диагностики хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ) на ранних стадиях заболевания. Проанализированы диагностические возможности стандартной рентгенографии, мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), в том числе с применением количественного анализа, а также перспективные методики функциональной визуализации. Особое внимание уделено КТ-признакам эмфиземы, воздушных ловушек и ремоделирования дыхательных путей. Обсуждается роль ИИ-ассистированного анализа изображений в раннем выявлении структурных изменений лёгочной ткани.

Ключевые слова: ХОБЛ, лучевая диагностика, компьютерная томография, эмфизема лёгких, ранняя диагностика, воздушные ловушки, КТ-денситометрия.

Ravshanov Zafar Hazratqulovich

Turdumatov Jamshed Anvarovich

Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Samarqand sh., O'zbekiston

Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Samarqand sh., O'zbekiston

O'PKANING SURUNKALI OBSTRUKTIV KASALLIGINI ERTA NUR TASHXISLASH

Annotatsiya: Maqolada o'pkaning surunkali obstruktiv kasalligini (O'SOK) kasallikning dastlabki bosqichlarida aniqlash uchun qo'llaniladigan zamonaviy nur diagnostikasi usullari ko'rib chiqilgan. An'anaviy rentgenografiya, multispiral kompyuter tomografiyasi (MSKT), jumladan miqdoriy tahlil usullari, shuningdek funksional vizualizatsiyaning istiqbolli metodlarining diagnostik imkoniyatlari tahlil qilingan. Emfizema, havo tutib qolish (air trapping) va nafas yo'llari remodellanishining KT-belgilariga alohida e'tibor qaratilgan. O'pka to'qimasidagi strukturaviy o'zgarishlarni erta aniqlashda sun'iy intellekt yordamida tasvirlarni tahlil qilishning o'rni muhokama qilingan.

Kalit so'zlar: O'SOK, nur diagnostikasi, kompyuter tomografiyasi, o'pka emfizemasi, erta tashxis, havo tutib qolish sindromi, KT-densitometriya.

Ravshanov Zafar Khazratkulovich Turdumatov Jamshed Anvarovich

Samarkand State Medical University,

Samarkand, Uzbekistan.

Samarkand State Medical University,

Samarkand, Uzbekistan.

EARLY RADIATION DIAGNOSTICS OF CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Abstract: This article examines modern imaging methods for the early diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). The diagnostic capabilities of conventional radiography, multislice computed tomography (MSCT), including quantitative analysis techniques, as well as promising functional imaging methods, are analyzed. Particular attention is paid to CT signs of emphysema, air trapping, and airway remodeling. The role of artificial intelligence-assisted image analysis in the early detection of structural changes in lung tissue is discussed.

Keywords: COPD, radiation imaging, computed tomography, pulmonary emphysema, early diagnosis, air trapping, CT densitometry.

1. Введение

Хроническая обструктивная болезнь лёгких (ХОБЛ) — одна из ведущих причин инвалидизации и смертности во всём мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, ХОБЛ занимает третье место среди причин смерти и поражает более 300 миллионов человек на планете. Заболевание характеризуется прогрессирующим, частично обратимым ограничением воздушного потока, обусловленным воспалением мелких дыхательных путей и деструкцией лёгочной паренхимы.

Принципиальной клинической проблемой является поздняя диагностика: большинство пациентов обращаются за медицинской помощью уже при умеренной или тяжёлой степени бронхиальной обструкции, когда необратимые структурные изменения существенно ограничивают терапевтические возможности. Диагноз ХОБЛ традиционно устанавливается на основании спирометрии, однако функциональные изменения нередко опережают или, напротив, отстают от морфологических преобразований лёгочной ткани. В этой связи методы лучевой диагностики приобретают ключевое значение для раннего выявления структурных предикторов ХОБЛ ещё до появления выраженных спирометрических нарушений.

2. Стандартная рентгенография органов грудной клетки

Рентгенография органов грудной клетки (ОГК) по-прежнему остаётся первичным методом лучевого обследования при подозрении на патологию дыхательной системы. Вместе с тем её диагностическая ценность при ХОБЛ ограничена: метод обладает низкой чувствительностью на ранних стадиях заболевания и позволяет выявить лишь грубые структурные изменения.

2.1. Рентгенологические признаки ХОБЛ

К основным рентгенологическим признакам развёрнутой стадии ХОБЛ относятся:

Гиперинфляция лёгких: уплощение купола диафрагмы, горизонтальное расположение рёбер, увеличение ретростернального пространства, расширение межрёберных промежутков.

Обеднение лёгочного рисунка на периферии (признак эмфиземы): снижение числа и калибра сосудистых элементов.

Буллы и буллёзные полости: чётко очерченные аваскулярные зоны с тонкой стенкой, преимущественно в верхних долях.

Расширение и деформация корней лёгких: признаки лёгочной гипертензии при тяжёлом течении ХОБЛ.

Изменение формы грудной клетки: бочкообразная деформация при выраженной эмфиземе. Чувствительность стандартной рентгенографии в диагностике ХОБЛ составляет лишь 40–60%, что делает невозможным её использование в качестве скринингового инструмента для выявления ранних форм заболевания. Метод сохраняет значение для исключения сопутствующей патологии (пневмонии, опухолей, плеврального выпота) и контроля динамики при тяжёлом течении болезни.

3. Мультиспиральная компьютерная томография

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) является «золотым стандартом» лучевой диагностики ХОБЛ. Метод обеспечивает высокое пространственное разрешение,

позволяет проводить количественный анализ лёгочной ткани и выявлять структурные изменения, не определяемые при рутинной рентгенографии и даже при спирометрии.

3.1. КТ-признаки эмфиземы лёгких

Эмфизема лёгких визуализируется на КТ как зоны патологически сниженной плотности лёгочной ткани с отсутствием видимых стенок. В зависимости от морфологического типа выделяют:

Центрилобулярная эмфизема — наиболее частая форма при ХОБЛ, связанная с курением. Характеризуется деструкцией центральных ацинусов с сохранением периферической паренхимы; преобладает в верхних долях.

Панлобулярная эмфизема — тотальное разрушение ацинуса. Типична для дефицита α_1 -антитрипсина, преимущественно поражает нижние доли.

Парасептальная (дистальная ацинарная) эмфизема — разрушение дистальных ацинусов вдоль плевры и перегородок; предрасполагает к образованию булл и спонтанному пневмотораксу.

3.2. Количественная КТ-денситометрия

Количественный КТ-анализ (quantitative CT, qCT) позволяет объективизировать степень эмфизематозного поражения и является воспроизводимым биомаркером прогрессирования ХОБЛ. Основными параметрами являются:

Индекс эмфиземы (Emphysema Index, EI) — доля объёма лёгких с плотностью ниже пороговых значений (обычно -950 HU при вдохе). Значение EI $>6\%$ коррелирует с клинически значимой эмфиземой.

Перцентиль плотности (Perc15/Perc10) — 15-й или 10-й перцентиль гистограммы значений HU. Снижение перцентиля отражает нарастание деструкции паренхимы.

Показатели «воздушных ловушек» (air trapping) при экспираторной КТ — доля лёгочного объёма с плотностью ниже -856 HU на выдохе. Является ранним маркёром обструкции мелких дыхательных путей, предшествующим спирометрическим нарушениям.

3.3. КТ-признаки поражения дыхательных путей

Ремоделирование дыхательных путей — ключевой патоморфологический компонент ХОБЛ, поддающийся количественной оценке при МСКТ высокого разрешения. Основные КТ-маркёры включают:

Утолщение стенки бронхов: параметр Pi10 — квадратный корень площади стенки бронха с внутренним периметром 10 мм. Значение Pi10 $>3,5$ мм ассоциировано с бронхиальной гиперреактивностью.

Снижение просвета бронхов: уменьшение отношения внутреннего диаметра просвета к наружному диаметру бронха (отношение стенка/просвет, WA%).

Сужение мелких периферических бронхов: снижение числа мелких сосудисто-бронхиальных структур на периферии при сопоставлении с КТ в норме.

4. Низкодозовая КТ как скрининговый инструмент

В контексте скрининга рака лёгкого у курильщиков (NLST, NELSON) были накоплены данные о возможностях низкодозовой КТ (НДКТ) в выявлении бессимптомной эмфиземы и признаков бронхиальной обструкции. Исследования продемонстрировали, что у 40–60% участников скрининговых программ обнаруживаются КТ-признаки эмфиземы различной степени выраженности, причём у значительной части из них спирометрия остаётся в пределах нормы.

НДКТ выполняется с эффективной дозой облучения 0,5–1,5 мЗв (против 5–8 мЗв при стандартной КТ), что делает её приемлемой для применения в программах популяционного скрининга. Современные алгоритмы итерационной реконструкции обеспечивают сопоставимое диагностическое качество изображений при дозе, сниженной на 50–80% по сравнению с протоколом стандартной дозы.

5. Функциональные методы лучевой диагностики

5.1. Динамическая (4D) КТ

Совмещённый анализ КТ-изображений на вдохе и выдохе (инспираторно-экспираторная КТ) позволяет количественно оценить региональную эластичность лёгочной ткани и объём «воздушных ловушек». Регистрация изменений плотности паренхимы между фазами дыхательного цикла служит чувствительным маркёром ранней обструкции малых дыхательных путей. Комбинированный анализ инспираторных и экспираторных серий существенно повышает чувствительность КТ в диагностике доклинической ХОБЛ.

5.2. МРТ с гиперполяризованными газами

Перспективным методом функциональной визуализации является МРТ с ингаляцией гиперполяризованных благородных газов (^3He , ^{129}Xe). Метод позволяет визуализировать региональную вентиляцию лёгких и диффузионные характеристики альвеолярного пространства без лучевой нагрузки. Картирование вентиляционных дефектов демонстрирует высокую чувствительность в выявлении функциональной гетерогенности лёгких на доклинических стадиях ХОБЛ, опережая появление спирометрических и классических КТ-изменений.

5.3. Перфузионная сцинтиграфия и ОФЭКТ/КТ

Вентиляционно-перфузионная сцинтиграфия (V/Q-сцинтиграфия) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография, совмещённая с КТ (ОФЭКТ/КТ), применяются для оценки регионального нарушения вентиляционно-перфузионного соотношения. Методы особенно информативны при подозрении на сопутствующую тромбоэмболию лёгочной артерии и для оценки функциональных резервов перед хирургическими вмешательствами (редукция объёма лёгких, трансплантация).

6. Роль искусственного интеллекта в ранней диагностике ХОБЛ

Развитие методов глубокого обучения открывает принципиально новые возможности для автоматизированного анализа КТ-изображений. Алгоритмы на основе свёрточных нейронных сетей (CNN) демонстрируют сопоставимую с экспертами-пульмонологами точность в сегментации лёгочной паренхимы, автоматическом количественном измерении эмфиземы и оценке «воздушных ловушек».

В числе наиболее значимых разработок — модели предсказания функциональных нарушений (ОФВ₁, ОФВ₁/ФЖЕЛ) непосредственно по КТ-изображениям без проведения спирометрии. Исследования показывают, что ИИ-системы способны предсказать будущее снижение лёгочной функции у курильщиков с нормальными спирометрическими показателями, тем самым создавая реальную возможность доклинической идентификации лиц с высоким риском развития ХОБЛ.

Мультимодальные ИИ-платформы, интегрирующие данные КТ с клинико-анамнестической информацией, генетическими маркёрами и биомаркёрами сыворотки, представляют наиболее перспективное направление для создания персонализированных прогностических моделей развития и прогрессирования ХОБЛ.

7. Сравнительная характеристика методов лучевой диагностики ХОБЛ

Метод	Чувствительность	Специфичность	Лучевая нагрузка	Применимость в скрининге
Рентгенография ОГК	Низкая (40–60%)	Умеренная	0,02–0,1 мЗв	Нет
МСКТ стандартная	Высокая (>90%)	Высокая	5–8 мЗв	Ограниченно

Метод	Чувствительность	Специфичность	Лучевая нагрузка	Применимость в скрининге
Низкодозовая КТ	Высокая (>85%)	Высокая	0,5–1,5 мЗв	Да
МРТ с $^3\text{He}/^{129}\text{Xe}$	Очень высокая	Высокая	Нет	Нет (исследования)
ОФЭКТ/КТ	Умеренная	Умеренная	3–6 мЗв	Нет

8. Алгоритм лучевого обследования при подозрении на раннюю ХОБЛ

На основании анализа международных клинических рекомендаций (GOLD 2024, ERS/ATS) и данных крупных когортных исследований предлагается следующий алгоритм лучевого обследования пациентов из группы риска ХОБЛ (курильщики ≥ 10 пачко-лет, возраст ≥ 40 лет, наличие респираторных симптомов):

Первый этап: Рентгенография ОГК в прямой и боковой проекциях — для исключения грубой патологии, пневмонии, опухолей.

Второй этап: Низкодозовая КТ ОГК на вдохе — выявление ранних признаков эмфиземы, количественная оценка EI и Pi10, скрининг рака лёгкого.

Третий этап (при наличии показаний): Инспираторно-экспираторная КТ — оценка воздушных ловушек при нормальной/пограничной спирометрии.

Четвёртый этап (в исследовательских центрах): МРТ с гиперполяризованным газом или ИИ-ассистированный анализ — для доклинической стратификации риска.

9. Заключение

Ранняя лучевая диагностика ХОБЛ представляет собой активно развивающееся направление клинической радиологии. Стандартная рентгенография сохраняет роль первичного скрининга, однако её диагностические возможности на ранних стадиях крайне ограничены. Мультиспиральная компьютерная томография, прежде всего в низкодозовом варианте с количественным анализом, является методом выбора для раннего выявления эмфиземы, ремоделирования дыхательных путей и «воздушных ловушек».

Перспективы ранней диагностики ХОБЛ связаны с внедрением ИИ-ассистированного анализа КТ-изображений, способного выявлять субклинические структурные изменения и предсказывать траекторию снижения лёгочной функции. Интеграция методов функциональной визуализации (МРТ с гиперполяризованными газами, 4D-КТ) с традиционными лучевыми методами и клинико-функциональными данными откроет возможности для персонализированного подхода к профилактике и лечению ХОБЛ на самых ранних стадиях болезни.

Список литературы

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). **Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**. 2025 Report. – 2025.
2. Hansell D.M., Bankier A.A., MacMahon H., McLoud T.C., Müller N.L., Remy J. **Fleischner Society: Glossary of Terms for Thoracic Imaging**. Radiology. 2008;246(3):697–722.
3. Webb W.R., Higgins C.B. **Thoracic Imaging: Pulmonary and Cardiovascular Radiology**. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2017.
4. Müller N.L., Fraser R.S., Colman N., Paré P.D. **Radiologic Diagnosis of Diseases of the Chest**. Philadelphia: Saunders; 2001.

5. Lynch D.A., Austin J.H.M., Hogg J.C. et al. **CT-definable Subtypes of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Statement of the Fleischner Society.** Radiology. 2015;277(1):192–205.
6. Madani A., Van Muylem A., Gevenois P.A. **Pulmonary Emphysema: Objective Quantification at Multidetector CT.** Radiographics. 2006;26(5):1433–1449.
7. Lynch D.A., Al-Qaisi M.A. **Quantitative CT in Chronic Obstructive Pulmonary Disease.** Journal of Thoracic Imaging. 2013;28(5):284–290.
8. Sverzellati N., Lynch D.A., Hansell D.M., Johkoh T., King T.E. **American Thoracic Society–European Respiratory Society Classification of the Idiopathic Interstitial Pneumonias: Advances in Knowledge since 2002.** Radiographics. 2015;35(7):1849–1871.
9. Хофер М. **Компьютерная томография. Базовое руководство.** М.: Медицинская литература; 2011.
10. Труфанов Г.Е., Рязанов В.В., Иванов Д.О. **Лучевая диагностика заболеваний органов грудной клетки.** СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2014.
11. Власов П.В., Морозов С.П. **Компьютерная томография органов грудной клетки.** М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018.
12. Мишустин С.П., Кармазановский Г.Г. **Лучевая диагностика заболеваний лёгких.** М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
13. Ardila D., Kiraly A.P., Bharadwaj S. et al. **End-to-End Lung Cancer Screening with Three-Dimensional Deep Learning on Low-Dose Chest CT.** Nature Medicine. 2019;25(6):954–961.
14. Chassagnon G., Vakalopoulou M., Paragios N., Revel M.P. **Artificial Intelligence Applications for Thoracic Imaging.** European Journal of Radiology. 2020;123:108774.
15. Rubin G.D., Ryerson C.J., Haramati L.B. et al. **The Role of Chest Imaging in Patient Management During the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement.** Chest. 2020;158(1):106–116.