

В. К. Гаврисюк, Н. Н. Мусієнко, Е. А. Меренкова, Г. Л. Гуменюк, О. В. Быченко КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРАЖЕНИЙ ПАРЕНХИМЫ ЛЕГКИХ ПРИ САРКОИДОЗЕ

ГУ «Национальный институт фтизиатрии и пульмонологии им. Ф. Г. Яновского НАМН Украины»

КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА УРАЖЕННЯ ПАРЕНХІМИ ЛЕГЕНЬ ПРИ САРКОЇДОЗІ

В. К. Гаврисюк, Н. М. Мусієнко, Е. О. Меренкова,
Г. Л. Гуменюк, О. В. Быченко

Резюме

Рекомендації призначені для фахівців в області променевої діагностики, пульмонологів та фізіотерапевтів.

У попередній публікації (Укр. пульмонолог. журнал, 2019, № 4) була дана характеристика радіологічних симптомів ураження внутрішньогрудних лімфатичних вузлів при саркоїдозі. У даній статті представлені різні види уражень паренхіми легень.

Сучасні критерії комп'ютерно-томографічної діагностики саркоїдозу легень підрозділяються на класичні і атипичні. До класичних відносяться симптоми, що характерні для саркоїдозу і рідко спостерігаються при інших захворюваннях. І навпаки, атипичні зміни частіше характерні для інших захворювань органів грудної порожнини і рідко зустрічаються при саркоїдозі.

До класичних симптомів ураження паренхіми легень при саркоїдозі відносяться: ретикуло-вузликів патерн змін (мікрівузлики розміром 2–4 мм, добре визначаються, з білатеральним розподілом), перилімфатичний розподіл вузликів (уздовж бронхо-судинних пучків, субплеврально, в міждолькових перетинках), ураження паренхіми переважно у верхніх і середніх зонах.

Атипичними змінами прийнято вважати макровузлики (від 5 до 10 мм), що з'єднуються в вузли (від 10 до 30 мм), утворення та консолідації (> 30 мм); «Galaxy»-симптом і «cluster»-симптом, ретикулярний патерн, ізольовані порожнини, ділянки «матового скла» без мікрівузликів, мозаїчний патерн зниження прозорості, плевральний випіт, потовщення плеври, хилоторакс, пневмоторакс.

На закінчення відзначено, що комп'ютерна томографія є досить надійним методом діагностики саркоїдозу легень. Атипичні КТ-ознаки саркоїдозу в більшості випадків поєднуються з класичними високоспецифічними симптомами, і тільки в 2 % випадків атипичні ознаки є єдиними проявами захворювання, що вимагає проведення хірургічної біопсії легень.

Рекомендації ілюстровані комп'ютерними томограмами з архіву багаторічних спостережень авторів.

Ключові слова: саркоїдоз, ураження паренхіми легень, комп'ютерна томографія.

Укр. пульмонолог. журнал. 2020, № 1. С. 33–40.

Гаврисюк Владимир Константинович

ГУ «Национальный институт фтизиатрии и пульмонологии
им. Ф. Г. Яновского НАМН Украины»

Заведующий клинико-функциональным отделением

Член-корр. НАМН Украины

Д. мед. н., профессор

10, ул. Н. Амосова, Киев, 03680, Украина

Тел./факс: 38 044 270-35-59, gavrysiuk@ukr.net

COMPUTED TOMOGRAPHY CHARACTERISTICS OF LUNG PARENCHYMA LESIONS IN SARCOIDOSIS

V. K. Gavrysiuk, N. M. Musienko, E. A. Merenkova,
G. L. Gumeniuk, O. V. Bychenko

Abstract

The guidelines are recommended for the experts in radiology, pulmonology and phthisiology.

The characteristics of radiological symptoms of mediastinal lymphadenopathy in pulmonary sarcoidosis was presented in previous publication (Ukrainian pulmonology journal, 2019, Vol. 4). Current report describes different types of lung parenchyma involvement.

Present computed tomography (CT) criteria for diagnosing of sarcoidosis could be divided on classic and atypical ones. Classic signs include the symptoms frequently observed in sarcoidosis and rarely found in other diseases. And vice versa, atypical lesions are characteristic of other chest cavity conditions and found rarely in sarcoidosis.

Classic symptoms of lung parenchyma sarcoidosis include: reticular-nodular pattern (micronoduli 2–4 mm in diameter, well-defined with bilateral distribution), perilymphatic distribution of noduli (along bronchial-vascular bundles, subleural and in interlobular septa), lesions which are predominantly located in upper-middle zones of lung.

Macronoduli (from 5 to 10 mm in diameter), merging into larger nodules (10–30 mm), formations and consolidation (> 30 mm), "galaxy" symptom, "cluster" symptom, reticular pattern, isolated cavity, ground glass opacity without micronodules, mosaic attenuation of lung transparency, pleural effusion, pleural thickening, chylothorax and pneumothorax constitute the atypical signs of pulmonary sarcoidosis.

In conclusion, it has been noted that high-resolution CT is enough reliable method of pulmonary sarcoidosis diagnosing. Atypical signs of sarcoidosis frequently associated with highly specific symptoms. In only about 2 % of cases atypical symptoms are the only manifestation of the disease, which requires surgical lung biopsy.

Recommendations are illustrated by CT scans from archive, collected for years of sarcoidosis patients follow-up.

Key words: sarcoidosis, lesions of lung parenchyma, computed tomography.

Ukr. Pulmonol. J. 2020; 1:33–40.

Volodymyr K. Gavrysiuk

National institute of phthisiology and pulmonology
named after F. G. Yanovskyi NAMS of Ukraine

Chief of clinical-functional department

Corresponding member of NAMS of Ukraine

Doctor of medicine, professor

10, M. Amosova str., 03680, Kyiv, Ukraine

Tel./fax: 38 044270-35-59, gavrysiuk@ukr.net

В предыдущей публикации (Укр. пульмонолог. журнал, 2019, № 4) была дана характеристика радиологических симптомов поражения внутригрудных лимфатических узлов при саркоидозе легких. В данной статье представлены различные виды поражений паренхимы легких.

В таблице представлены основные радиологические симптомы поражений паренхимы при саркоидозе легких, которые подразделяются на классические и атипичные.

К классическим КТ-признакам относятся симптомы, характерные для саркоидоза и редко наблюдаемые при других заболеваниях. И наоборот, атипичные изменения чаще характерны для других заболеваний органов грудной полости и редко встречаются при саркоидозе.

© Гаврисюк В. К., Мусієнко Н. Н., Меренкова Е. А., Гуменюк Г. Л., Быченко О. В., 2020

www.search.crossref.org

DOI: 10.31215/2306-4927-2020-107-1-33-40

КТ-семиотика поражений паренхимы легких при саркоидозе [1]

Классические изменения, потенциально обратимые
Ретикуло-узелковый паттерн: микроузелки размером 2–4 мм, хорошо определяемые, с билатеральным распределением
Перилимфатическое распределение узелков (вдоль бронхо-сосудистых пучков, субплеврально, в междольковых перегородках)
Поражение паренхимы преимущественно в верхних и средних зонах
Атипичные изменения, потенциально обратимые
Макроузелки (от 5 до 10 мм), соединяющиеся в узлы (от 10 до 30 мм), образования и консолидации (> 30 мм). «Galaxy»-симптом и «cluster»-симптом
Ретикулярный паттерн
Изолированные полости
Участки «матового стекла» без микроузелков
Мозаичный паттерн снижения прозрачности
Плевральный выпот, утолщение плевры, хилоторакс, пневмоторакс

Классические изменения**Узелковый и ретикуло-узелковый паттерны**

В диагностике саркоидозного поражения паренхимы легких наиболее важное значение имеют два радиологических паттерна – узелковый и ретикуло-узелковый [1, 2].

При интерстициальных заболеваниях легких узелки в паренхиме в большинстве случаев размещаются по одному из трех типов распределения – случайному, центральнолобулярному и перилимфатическому (рис. 1) [1]. Для саркоидоза характерно перилимфатическое распределение в интерстиции междольковых перегородок, субплеврально, вдоль бронхо-сосудистых пучков (рис. 2).

Узелковый паттерн наблюдается приблизительно у 90 % больных саркоидозом с поражением паренхимы [3].

Саркоидные гранулемы, имея микроскопические размеры, могут образовывать агрегаты с формировани-

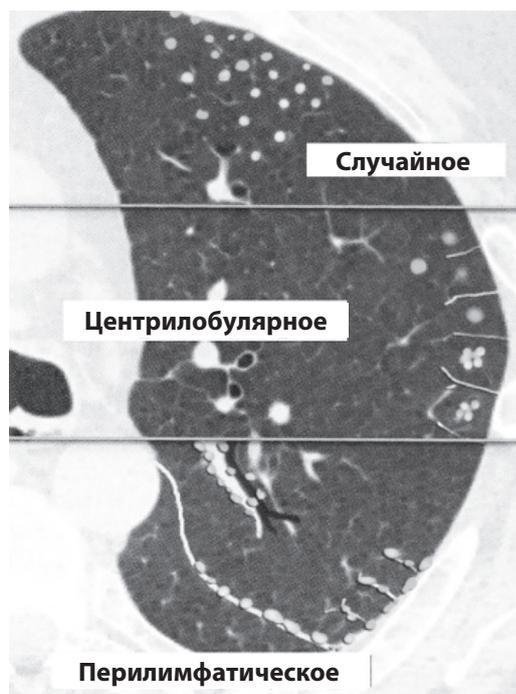


Рис. 1. Различные типы распределения узелков при интерстициальных заболеваниях легких [1]

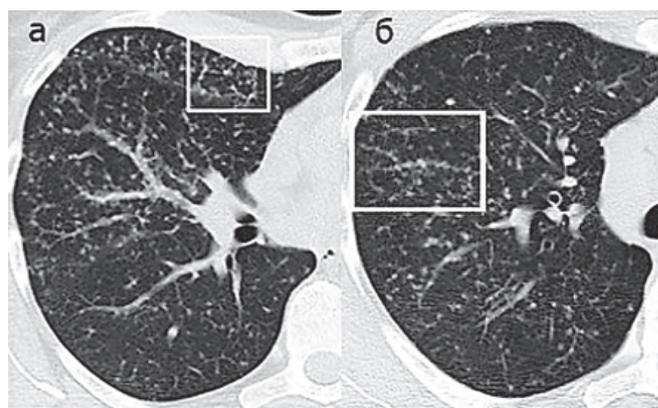


Рис. 2. Саркоидоз легких II стадии, КТ ОГП: перилимфатическое распределение узелков в междольковых перегородках субплеврально (а), четкообразное утолщение интерстициальных структур (б)

ем маленьких узелков, которые определяются на КТ. Эти узелки, размером 1–5 мм в диаметре, располагаются преимущественно в средних и верхних зонах легких, вдоль бронхо-сосудистых пучков, междольковых щелей, костальной плевры, в междольковых перегородках, вызывая неравномерное (четкообразное) утолщение интерстициальных структур легких (рис. 2 б) [4]. Такое распределение является высокоспецифичным для саркоидоза.

Подобный паттерн наблюдается и в гистологических препаратах, в которых гранулемы располагаются в ассоциации с лимфатическими сосудами вдоль воздушных путей, кровеносных сосудов, в субплевральных участках [5].

Утолщение междольковых перегородок приводит к формированию сетчатого рисунка, который в сочетании с узелками формирует ретикуло-узелковый паттерн [1].

Атипичные поражения паренхимы**«Galaxy»-симптом и «cluster»-симптом**

Симптом «galaxy» и симптом «cluster» обозначают различные типы скопления микроузелков [1, 2]. Первый тип характеризуется увеличением концентрации микроузелков от периферии к центру, при этом в центре наблюдается их слияние [6] (рис. 3). Второй тип представляет собой скопление микроузелков с равномерной их концентрацией в центре и на периферии [7] (рис. 4).

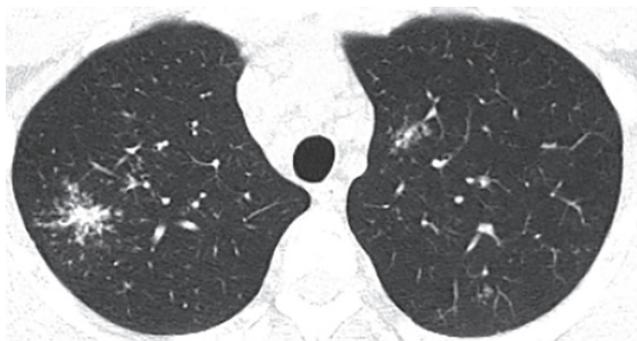


Рис. 3. Саркоидоз II стадії, КТ: симптом «galaxy»

Первоначально эти два симптома были описаны как патогномоничные для саркоидоза, однако впоследствии симптомы «galaxy» и «cluster» были идентифицированы у больных туберкулезом, силикозом и криптококкозом [2].

Существует и третий тип скопления микроузелков, именуемый симптомом «halo». При этом типе интенсивные скопления образуют ободок вокруг менее концентрированного участка, имитирующего симптом «матового стекла». Однако и этот тип не является строго специфичным для саркоидоза – он наблюдается у больных криптогенной организирующей пневмонией [8].

Симптом «galaxy» в переводе с английского означает симптом «созвездия», «cluster» – симптом «грозди» или «куста», «halo» – симптом «ореола» или «нимба». С нашей точки зрения, целесообразно сохранить эти термины в английском варианте, поскольку дословные переводы не всегда удачны.

Легочные узлы, образования, консолидации, симптом «матового стекла»

Саркоидные микроузелки (размером 2–4 мм) могут сливаться и образовывать макроузелки (от 5 до 10 мм) легочные узлы (от 1 до 3 см), а также большие конгломераты – образования и консолидации (более 3 см), расположенные обычно в средних зонах. Такие проявления не типичны для саркоидоза и наблюдаются в 2,4–4 %



Рис. 4. Саркоидоз II стадії, КТ: симптом «cluster»

случаев [9, 10, 11]. Узлы могут быть одиночными (рис. 5), но чаще — множественными (рис. 6), округлыми с ровными границами или иметь неправильную, иногда звездчатую, форму (рис. 7) [11].

Макроузелки и узлы различной плотности часто могут имитировать злокачественный метастатический процесс в легких (рис. 8).

Легочные узлы, образования и консолидации обычно связаны с бронхо-сосудистым пучком, как правило, не склонны к образованию полостей, подвержены частичной или полной регрессии (рис. 9, 10), однако у многих больных могут сохраняться на протяжении нескольких лет [10].

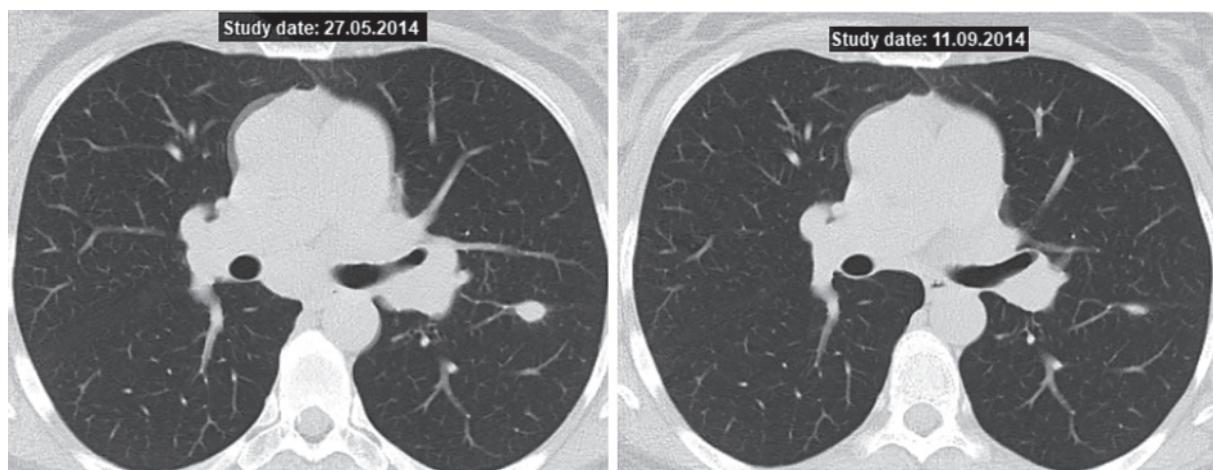


Рис. 5. Саркоидоз II стадії, КТ: двустороння прикорнева лимфаденопатія, одиночний вузол на границі між S3 і S6 лівого легкого (слева — до лікування, справа — регресія після 3-місячної терапії)

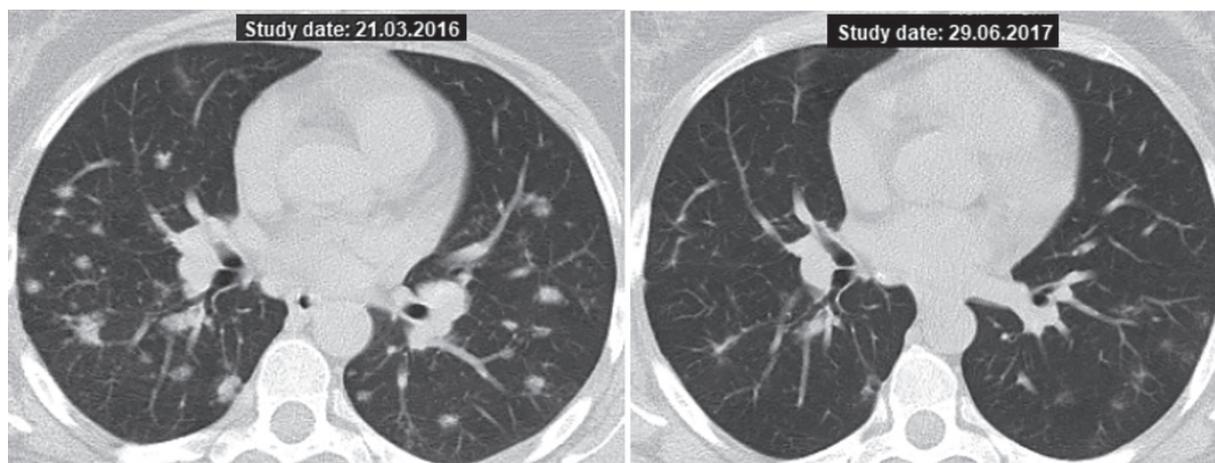


Рис. 6. Саркоидоз II стадії, КТ: двустороння прикорнева лимфаденопатія, множественные узлы в паренхиме (слева — до лечения, справа — после окончания терапии)

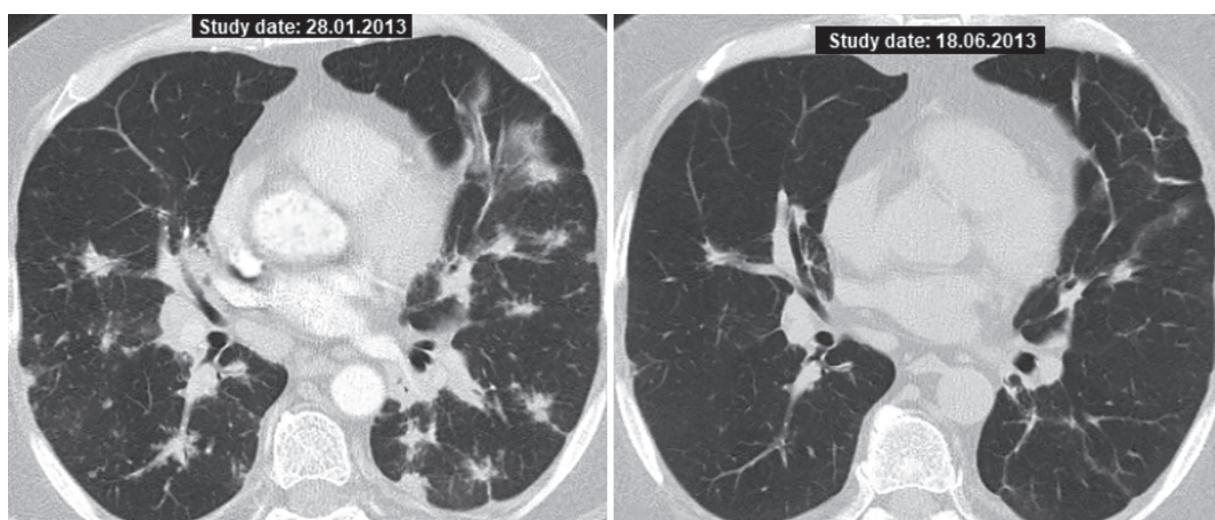


Рис. 7. Саркоидоз II стадії, КТ: двустороння прикорнева лимфаденопатія, множественные узлы в паренхиме (слева — до лечения, справа — после 3-месячной терапии)

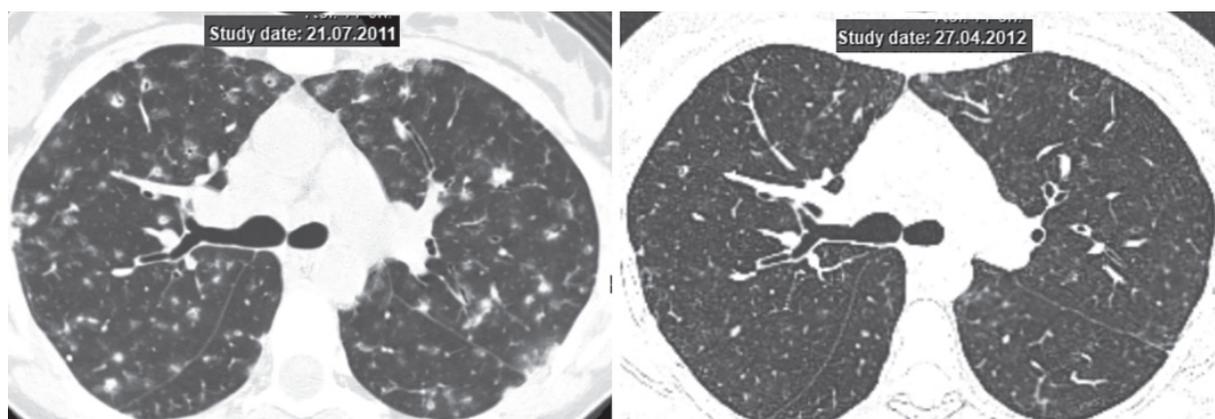


Рис. 8. Саркоидоз II стадії, КТ: множественные макроузлы и узлы в паренхиме, перибронхиальные утолщения в виде муфт (слева — до лечения, справа — после 9 месяцев терапии)

Участки снижения прозрачности легких с сохранением бронхо-сосудистого рисунка на КТ определяются как симптом «матового стекла». У больных саркоидозом с поражением паренхимы легких симптом «матового стекла» регистрируется в среднем в 40 % случаев [5, 12]. Наличие этого признака обычно связывают с диффузным

распределением гранул в интерстиции или начальным проявлением фиброза [13]. Участки снижения прозрачности обычно сочетаются с узелковым паттерном и имеют множественный характер, комбинация симптома «матового стекла» с прикорневой лимфаденопатией при отсутствии узелковых изменений встречается редко (рис. 11).

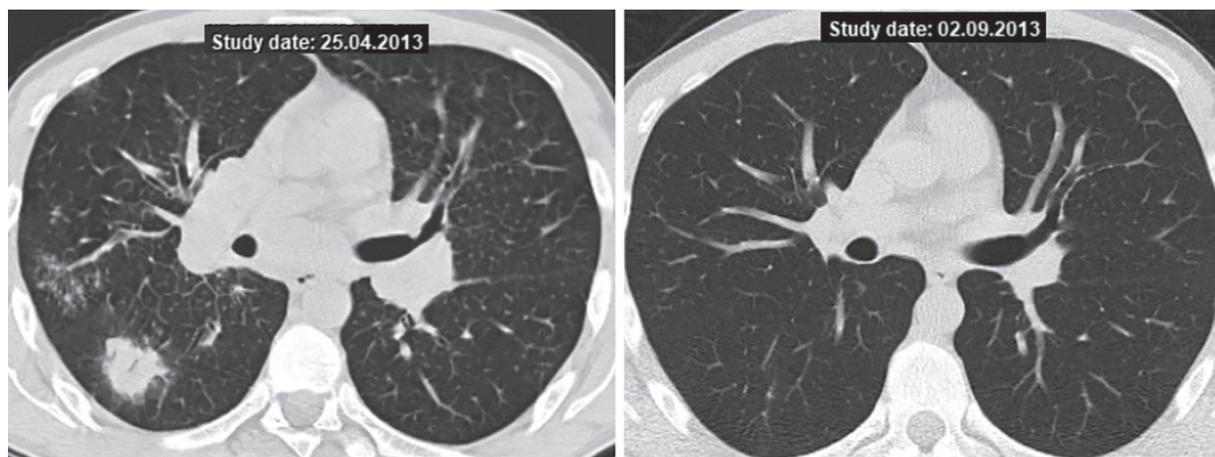


Рис. 9. Саркоидоз II стадії, КТ: образование в правом легком в сочетании с двусторонней прикорневой лимфаденопатией и мелкоузелковой диссеминацией (слева — до лечения, справа — после 4-месячной терапии)

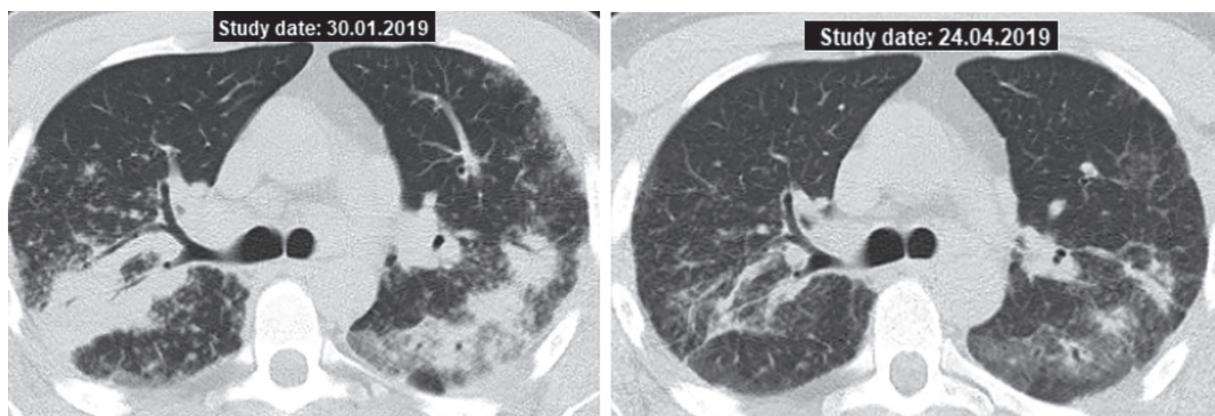


Рис. 10. Саркоидоз II стадії, КТ: консолидации в обоих легких в сочетании с двусторонней прикорневой лимфаденопатией и мелкоузелковой диссеминацией (слева — до лечения, справа — после 3-месячной терапии метотрексатом)

Ретикулярный паттерн изменений, обусловленный равномерным утолщением междольковых перегородок без мелкоузелковой диссеминации, встречается при саркоидозе редко. Иногда он имитирует лимфогенный карциноматоз легких (ЛКЛ) и требует хирургической биопсии. На рис. 12 представлены КТ пациента с лимфогенным карциноматозом легких (а) и больного саркоидозом (б). В первом случае диагноз ЛКЛ был установлен

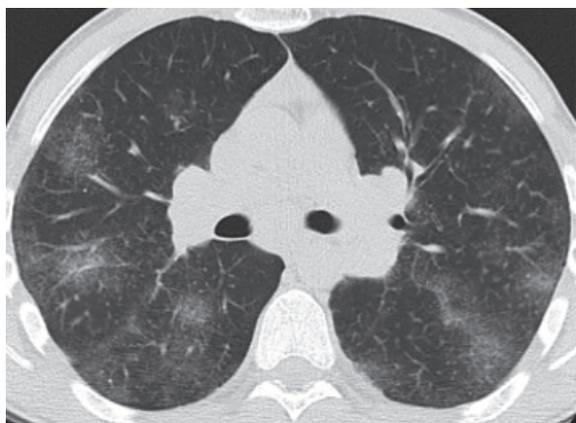


Рис. 11. Саркоидоз II стадії, КТ: множественные участки «матового стекла» в сочетании с двусторонней прикорневой лимфаденопатией

в период подготовки пациента к биопсии на основании результатов цитологического исследования плеврального выпота, в котором были выявлены клетки опухоли. У второго пациента при патогистологическом исследовании биоптата легкого были обнаружены типичные саркоидные гранулемы. Необходимо отметить, что ЛКГ — это тот редкий случай, когда характерное для этого заболевания равномерное утолщение междольковых перегородок без нарушений архитектоники паренхимы сочетается с высокоспецифичным симптомом саркоидоза — двусторонней симметричной прикорневой лимфаденопатией.

Поражение плевры

При саркоидозе гранулемы могут быть обнаружены как в висцеральной, так и в париетальной плевре. Гранулемы способны вызывать блокаду лимфатических каналов, что является причиной плеврального выпота. Однако плевральный выпот с доказанным при биопсии саркоидозным поражением плевры наблюдается не более чем у 1 % больных [1]. Вовлечению в процесс плевры способствует субплевральная локализация участков консолидации паренхимы (рис. 13).

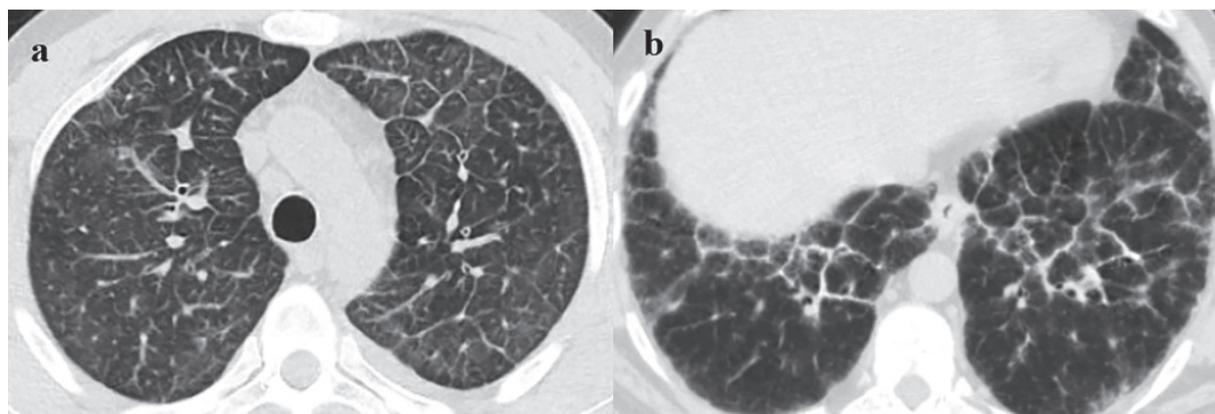


Рис. 12. Ретикулярный паттерн, обусловленный равномерным утолщением междольковых перегородок, у пациента с лимфогенным карциноматозом (а) и саркоидозом (b) легких

В литературе описано всего несколько случаев хилоторакса вследствие саркоидоза, частота пневмоторакса составляет 2–3 % [14].

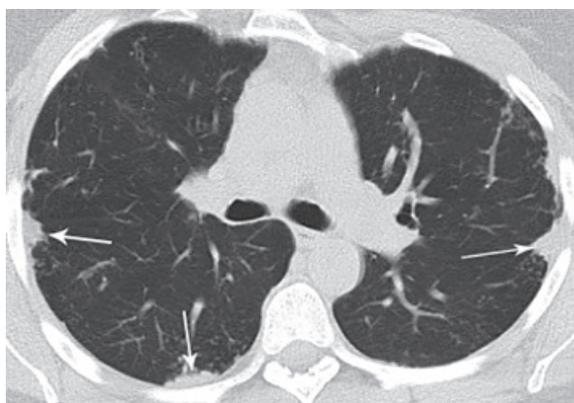


Рис. 13. Саркоидоз II стадии, КТ: субплевральная локализация участков поражения паренхимы

Фиброзные изменения

Фиброзные изменения в легких при РГ ОГП определяются приблизительно у 5 % больных саркоидозом [15], однако при мониторинге течения заболевания эта цифра возрастает до 10–20 % [16]. Фиброз чаще всего



Рис. 14. Саркоидоз легких, II стадия, в фазе клинического излечения с исходом в двусторонний ограниченный интерстициальный фиброз: в средних зонах определяется ретикулярный паттерн, обусловленный утолщением междольковых перегородок



Рис. 15. Саркоидоз легких, II стадия, фаза клинического излечения с исходом в двусторонний ограниченный интерстициальный фиброз (стрелки)



Рис. 16. Саркоидоз легких, II стадия, фаза клинического излечения, распространенный интерстициальный фиброз: диффузные ретикулярные изменения в верхних долях участками кистозных образований в левом легком

развивается у больных с бессимптомным недиагностированным саркоидозом, при неадекватной терапии или резистентности к медикаментозным препаратам.

Интерстициальный фиброз в форме линейных теней на КТ (рис. 14) возникает у больных с классическим вариантом саркоидозного поражения легких в виде мелких узелков, расположенных в перилимфатических пространствах междольковых перегородок, бронхов и сосудов. Интерстициальный фиброз может быть ограниченным и распространенным (рис. 15, 16).

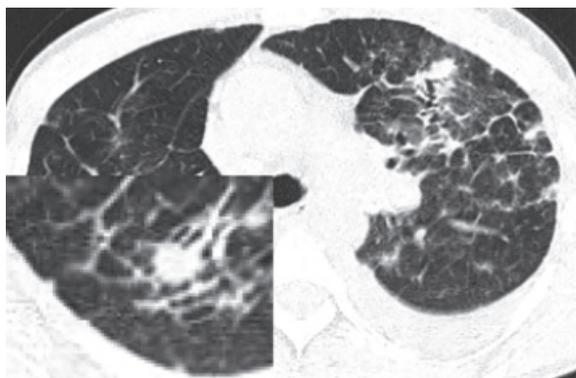


Рис. 17. Саркоидоз легких, IV стадия, КТ ОГП: распространенный деформирующий фиброз легких; тракционные бронхоэктазы в увеличительном окне

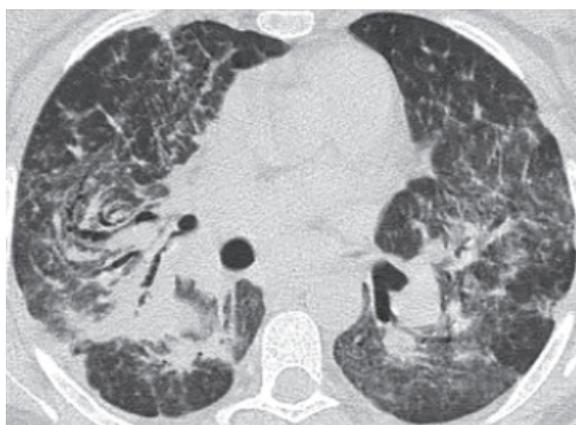


Рис. 18. Саркоидоз легких, IV стадия, КТ ОГП: распространенный фиброз легких с грубой деформацией архитектуры и тракционными бронхоэктазами

Распространенный деформирующий фиброз с уменьшением объема верхних долей, смещением корней легких кверху, тракционными бронхоэктазами именуется IV стадией саркоидоза (рис. 17–20).

Очаговый фиброз возникает у больных с атипичным поражением в виде узлов, образований и консолидаций (рис. 21, 22), при этом участки фиброза отличаются более высокой плотностью (как правило, выше +60 НУ, рис. 23).

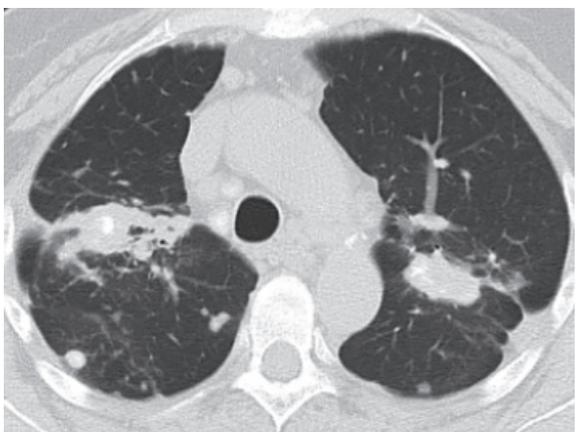


Рис. 21. Саркоидоз легких, II стадия, фаза клинического излечения, двухсторонний очаговый фиброз: плотные узлы и консолидации с участками обызвествления

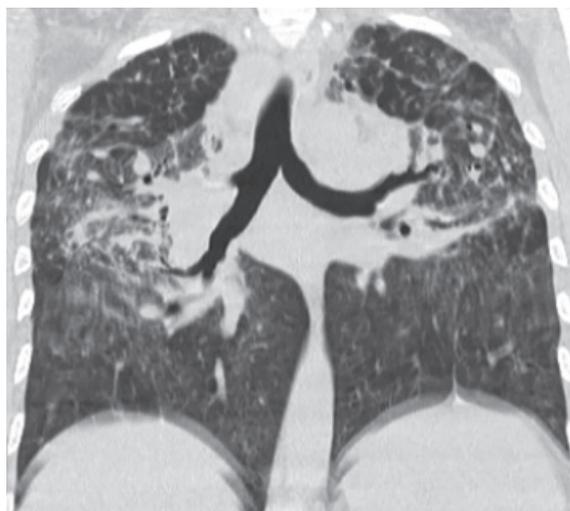


Рис. 19. Саркоидоз легких, IV стадия, КТ ОГП (фронтальная реконструкция): распространенный фиброз легких с преимущественным поражением верхних и средних отделов, верхняя доля левого легкого уменьшена в объеме, корень подтянут кверху

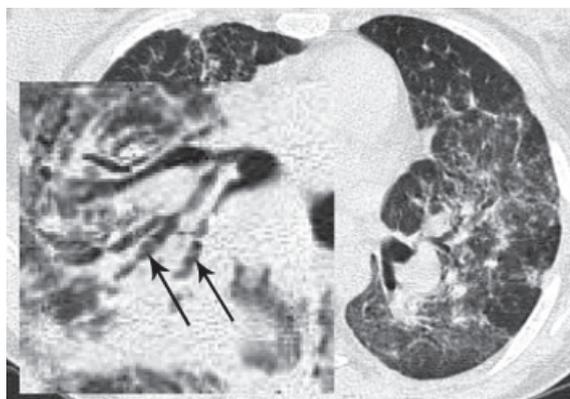


Рис. 20. Саркоидоз легких, IV стадия, КТ ОГП: распространенный деформирующий фиброз легких, тракционные бронхоэктазы

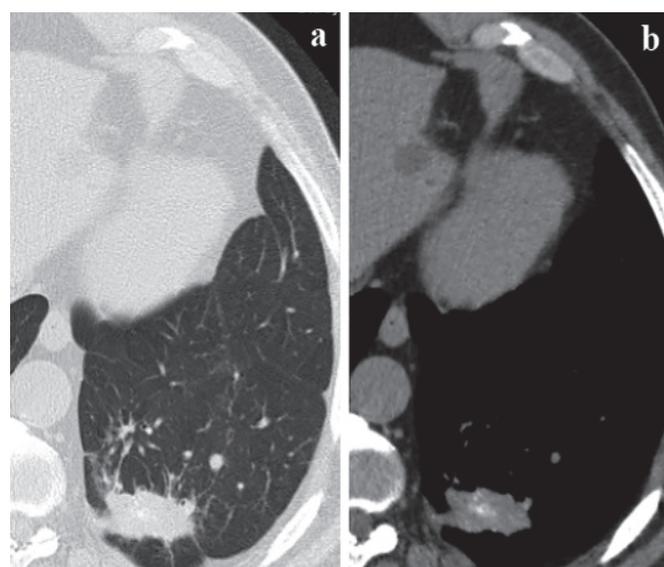


Рис. 22. Саркоидоз легких, II стадия, фаза клинического излечения, очаговый фиброз: плотное образование в нижней доле левого легкого с участками обызвествления (а — легочный режим, b — мягкотканый режим)

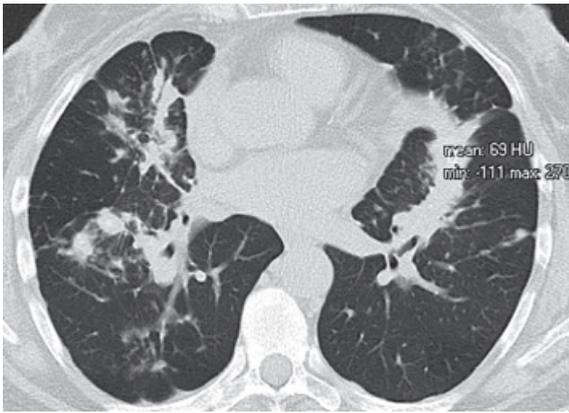


Рис. 23. Саркоидоз легких, II стадія, фаза клінічного лікування, двусторонній очаговий фіброз: щільні утворення (денситометрія — > +60 HU)

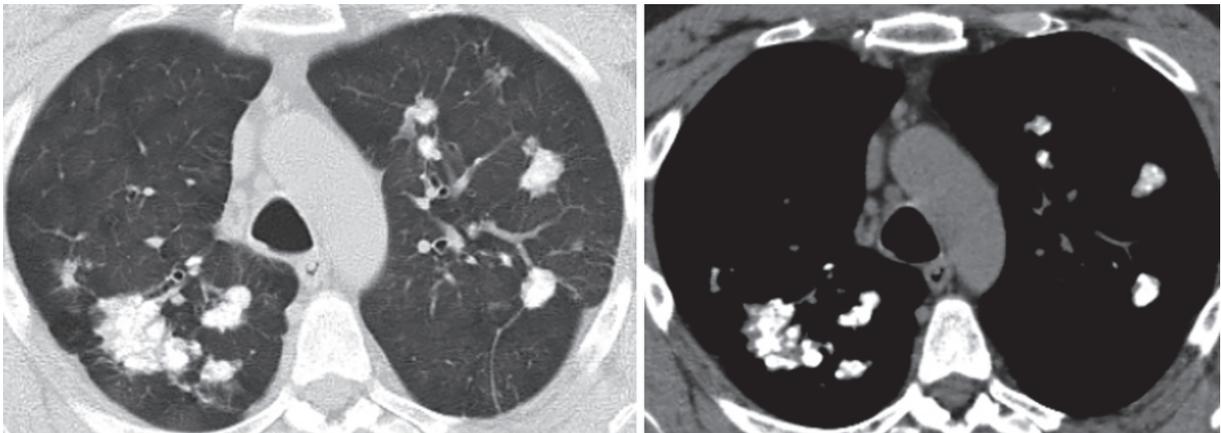


Рис. 24. Саркоидоз легких, II стадія, фаза клінічного лікування, об'язвествлення пульмональних лімфатических вузлів і участків консолідації паренхіми

ЛИТЕРАТУРА

- Judson MA, Veltkamp M, Grutters JC. The pulmonary manifestations of sarcoidosis. Pulmonary sarcoidosis. Humana Press – brand of Springer. 2014:19–40.
- Nunes H, Uzunhan Yu, Gille T, et al. Imaging of sarcoidosis of the airways and lung parenchyma and correlation with lung function. Eur. Respir. J. 2012;40:750–765.
- McLoud TC, Epler GR, Gaensler EA, et al. A radiographic classification for sarcoidosis: physiologic correlation. Invest. Radiol. 1982;17:129–138.
- Визель АА, Тюрин ІЕ, Соколина ІА. Лучевая диагностика саркоидоза. Саркоидоз: Монографія. Москва: Атмосфера. 2010:98–120.
- Nishimura K, Itoh H, Kitaichi M, Izumi T. Pulmonary sarcoidosis: correlation of CT and histopathologic findings. Radiology. 1993;189:105–109.
- Nakatsu M, Hatabu H, Morikawa K, et al. Large coalescent parenchymal nodules in pulmonary sarcoidosis: «sarcoid galaxy» sign. AJR Am. J. Roentgenol. 2002;178:1389–1393.
- Herraez OI, Orcajo NA, Lopez Gonzalez L. El «cumulo sarcoideo». Un Nuevo signo en tomografía computarizada de torax de alta resolución (The «sarcoid cluster sign». A new sign in high resolution chest CT). Radiologia. – 2009;51:495–499.
- Voloudaki AE, Bouros DE, Froudarakis ME, et al. Crescentic and ring-shaped opacities. CT features in two cases of bronchiolitis obliterans organizing pneumonia (BOOP). Acta Radiol. 1996;37:889–892.
- Kirks DR, McCormick VD, Greenspan RH. Pulmonary sarcoidosis. Roentgenologic analysis of 150 patients. Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med. 1973;117:777–786.
- Sharma OP, Hewlett R, Gordonson J. Nodular sarcoidosis: an unusual radiographic appearance. Chest. 1973;64:189–192.
- Battesti JP, Saumon G, Valeyre D, et al. Pulmonary sarcoidosis with an alveolar radiographic pattern. Thorax. 1982;37:448–452.
- Murdoch J, Muller NL. Pulmonary sarcoidosis: Changes on follow-up CT examination. AJR Am. J. Roentgenol. 1992;159:473–477.
- Remy-Jardin M, Giraud F, Remy J, et al. Pulmonary sarcoidosis: role of CT in the evaluation of disease activity and functional impairment and in prognosis assessment. Radiology. 1994;191:675–680.
- Froudarakis ME, Bouros D, Voloudaki A, et al. Pneumothorax as a first manifestation of sarcoidosis. Chest. 1997;112:278–280.
- Nunes H, Brillet PY, Valeyre D, et al. Imaging in sarcoidosis. Semin. Respir. Crit. Care Med. 2007;28:102–120.
- Moller DR. Pulmonary fibrosis of sarcoidosis. New approaches, old ideas. Am. J. Respir. CellMol. Biol. 2003;21(3):37–41.

REFERENCES

- Judson MA, Veltkamp M, Grutters JC. The pulmonary manifestations of sarcoidosis. Pulmonary sarcoidosis. Humana Press – brand of Springer. 2014:19–40.
- Nunes H, Uzunhan Yu, Gille T, et al. Imaging of sarcoidosis of the airways and lung parenchyma and correlation with lung function. Eur. Respir. J. 2012;40:750–765.
- McLoud TC, Epler GR, Gaensler EA, et al. A radiographic classification for sarcoidosis: physiologic correlation. Invest. Radiol. 1982;17:129–138.
- Vizel AA, Tyurin IYe, Sokolina IA. Luchevaya diagnostika sarkoidoza. Sarkoidoz: Monografiya (Radiation diagnosis of sarcoidosis. Sarcoidosis: Monograph). Moskva: Atmosfera. 2010:98–120.
- Nishimura K, Itoh H, Kitaichi M, Izumi T. Pulmonary sarcoidosis: correlation of CT and histopathologic findings. Radiology. 1993;189:105–109.
- Nakatsu M, Hatabu H, Morikawa K, et al. Large coalescent parenchymal nodules in pulmonary sarcoidosis: «sarcoid galaxy» sign. AJR Am. J. Roentgenol. 2002;178:1389–1393.
- Herraez OI, Orcajo NA, Lopez Gonzalez L. El «cumulo sarcoideo». Un Nuevo signo en tomografía computarizada de torax de alta resolución (The «sarcoid cluster sign». A new sign in high resolution chest CT). Radiologia. – 2009;51:495–499.
- Voloudaki AE, Bouros DE, Froudarakis ME, et al. Crescentic and ring-shaped opacities. CT features in two cases of bronchiolitis obliterans organizing pneumonia (BOOP). Acta Radiol. 1996;37:889–892.
- Kirks DR, McCormick VD, Greenspan RH. Pulmonary sarcoidosis. Roentgenologic analysis of 150 patients. Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med. 1973;117:777–786.
- Sharma OP, Hewlett R, Gordonson J. Nodular sarcoidosis: an unusual radiographic appearance. Chest. 1973;64:189–192.
- Battesti JP, Saumon G, Valeyre D, et al. Pulmonary sarcoidosis with an alveolar radiographic pattern. Thorax. 1982;37:448–452.
- Murdoch J, Muller NL. Pulmonary sarcoidosis: Changes on follow-up CT examination. AJR Am. J. Roentgenol. 1992;159:473–477.
- Remy-Jardin M, Giraud F, Remy J, et al. Pulmonary sarcoidosis: role of CT in the evaluation of disease activity and functional impairment and in prognosis assessment. Radiology. 1994;191:675–680.
- Froudarakis ME, Bouros D, Voloudaki A, et al. Pneumothorax as a first manifestation of sarcoidosis. Chest. 1997;112:278–280.
- Nunes H, Brillet PY, Valeyre D, et al. Imaging in sarcoidosis. Semin. Respir. Crit. Care Med. 2007;28:102–120.
- Moller DR. Pulmonary fibrosis of sarcoidosis. New approaches, old ideas. Am. J. Respir. CellMol. Biol. 2003;21(3):37–41.