

Читать
онлайн
Read
online

Кашанская Е.П.¹, Липатов Г.Я.^{1,2}, Гоголева О.И.², Носырева О.М.¹, Ганичева Ю.А.¹,
Гусельников С.Р.^{1,2}

Плотность лёгочной ткани у работников, длительно подвергавшихся воздействию силикозоопасной пыли

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 620014, Екатеринбург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 620028, Екатеринбург, Россия

Введение. Силикоз — наиболее распространённый и тяжело протекающий вид пневмокониоза, обусловленный вдыханием высокофиброгенной пыли с содержанием диоксида кремния более 10%, в диагностике которого определяющую роль играет рентгенологическое исследование органов грудной клетки.

Цель исследования — изучение плотности лёгочной ткани у рабочих промышленных предприятий, страдающих силикозом, для повышения информативности количественной оценки кониотических нарушений.

Материалы и методы. На базе ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП в период с 2015 по 2022 г. обследованы 10 пациентов, страдающих силикозом, рабочих одного из уральских предприятий по производству огнеупоров, в профессии прессовщика (1-я группа лиц) со стажем работы $17,23 \pm 4,31$ года. В группу сравнения (2-я группа лиц) были включены 34 прессовщика без установленного диагноза пневмокониоза, со стажем работы во вредных условиях труда более 10 лет. Группу контроля (3-я группа лиц) составили 32 человека различных профессий, без влияния вредных факторов в условиях производства. Обследованные всех групп были мужчинами сопоставимого возраста в среднем $50,7 \pm 5,25$ года. Оценка плотности лёгочной ткани проводилась при помощи мультиспиральной компьютерной томографии (КТ) на компьютерном томографе OPTIMA CT 660 128 — срезовой с принадлежностями «ДжиИ Хэлскеа Джапан Корпорэйшн», Япония 2012 г. выпуска. Расчёты статистических показателей проводили с помощью программы Statistica for Windows, версия 7.

Результаты. Установлено снижение плотности лёгочной ткани в области верхушек и нижних отделов лёгких с обеих сторон, повышение плотности групп прицельных лимфоузлов (11–14R, 2L, 10L) у больных, страдающих силикозом; повышение единиц Хаунсфилда в прицельных группах лимфоузлов (2R, 4R, 10R, 11–14R, 2L, 11–14L) у рабочих, длительно подвергавшихся воздействию высокофиброгенной пыли, без установленного диагноза силикоза.

Ограничение исследования. Исследование имеет профессиональные ограничения (в работу включены только работники одного предприятия по производству огнеупоров со стажем работы во вредных условиях труда более 10 лет); у КТ-денситометрии лёгких ограничением является превышение лучевой нагрузки свыше 5 мЗв в год.

Заключение. Полученные результаты КТ-денситометрии лёгких и прицельных групп лимфоузлов демонстрируют высокую информативность количественной оценки кониотических нарушений у больных силикозом и у рабочих, подвергавшихся воздействию высокофиброгенной пыли в условиях производства, со стажем работы более 10 лет.

Ключевые слова: силикоз; КТ-денситометрия лёгких

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации, одобрено локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (протокол № 1 от 06.07.2017 г.). Информированное согласие получено от лиц, включённых в исследование.

Для цитирования: Кашанская Е.П., Липатов Г.Я., Гоголева О.И., Носырева О.М., Ганичева Ю.А., Гусельников С.Р. Плотность лёгочной ткани у работников, длительно подвергавшихся воздействию силикозоопасной пыли. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(11): 1199–1203. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1199-1203> <https://elibrary.ru/kpjimes>

Для корреспонденции: Кашанская Елена Петровна, зав. отд. специализированной консультативной помощи ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург. E-mail: kashanskay@ymrc.ru

Участие авторов: Кашанская Е.П. — концепция исследования, обзор литературы, сбор и анализ данных, написание текста; Липатов Г.Я. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Гоголева О.И. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Носырева О.М. — обзор литературы, сбор и анализ данных, написание текста; Ганичева Ю.А. — обзор литературы, сбор и анализ данных, написание текста; Гусельников С.Р. — обзор литературы, сбор и анализ данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Поступила: 25.10.2023 / Принята к печати: 15.11.2023 / Опубликовано: 08.12.2023

Elena P. Kashanskaya¹, Georgiy Ya. Lipatov^{1,2}, Olga I. Gogoleva², Olga M. Nosyreva¹, Yuliya A. Ganicheva¹, Stanislav R. Guselnikov^{1,2}

Assessment of the lung tissue fibrosis in workers exposed to silica-hazardous dust for a long time

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

²Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

Introduction. Silicosis is the most common and severe type of pneumoconiosis caused by inhalation of dust containing more than 10% of crystalline silica in the occupational setting. The chest X-ray plays a decisive role in the diagnosis of the disease.

The purpose of our work was to establish lung tissue fibrosis in industrial workers suffering from silicosis.

Materials and methods. In 2015–2022, ten patients with silicosis, employed at a Ural refractory manufacturing plant as press operators (Group 1) for the average of 17.23 ± 4.31 years, were examined at the Occupational Health Clinic of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers. The comparison group (Group 2) included 34 press operators without pneumoconiosis who had worked for more than 10 years in hazardous working conditions. The control group (Group 3) consisted of 32 people of different occupations unexposed to industrial dusts. All the subjects were matched by gender (male) and age (50.7 ± 5.25 years). Lung tissue fibrosis was measured by multislice computed tomography using a GE OPTIMA 660 128 Slice CT Scanner with accessories, GE HealthCare Japan, manufactured in 2012. The data were then analyzed in Statistica for Windows 7.

Results. We established a decrease in tissue fibrosis in the apexes and inferior lobes of both lungs and an increase in the fibrosis in groups of target lymph nodes (11–14R, 2L, 10L) in the silicosis cases, and an increase in Hounsfield units in target groups of lymph nodes (2R, 4R, 10R, 11–14R, 2L, 11–14L) in the comparison group.

Limitations. The study includes only workers engaged in refractory manufacturing with over 10 years of exposure to silica. For CT lung densitometry, the limitation is the permissible radiation dose of less than 5 mSv per year.

Conclusion. The results of CT densitometry of the lungs and targeted groups of lymph nodes demonstrate its high efficiency in the quantitative assessment of dust-related disorders in patients with silicosis and in experienced workers occupationally exposed to crystalline silica.

Keywords: silicosis; computed tomography; lung densitometry

Compliance with ethical standards: The study was conducted in accordance with the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki and approved by the Local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (protocol 1 of July 6, 2017). Written informed consent was obtained from all subjects.

For citation: Kashanskaya E.P., Lipatov G.Ya., Gogoleva O.I., Nosyreva O.M., Ganicheva Yu.A., Guselnikov S.R. Assessment of the lung tissue fibrosis in workers exposed to silica-hazardous dust for a long time. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(11): 1199–1203. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1199-1203> <https://elibrary.ru/kpjmes> (in Russian)

For correspondence: Elena P. Kashanskaya, MD, Head of the Department of Specialized Advisory Assistance, Occupational Health Clinic, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: kashanskaya@ymrc.ru

Information about the authors:

Kashanskaya E.P., <https://orcid.org/0000-0002-0073-6347>

Gogoleva O.I., <https://orcid.org/0000-0001-6887-3738>

Ganicheva Yu.A., <https://orcid.org/0009-0006-6596-3934>

Lipatov G.Ya., <https://orcid.org/0000-0002-6982-7933>

Nosyreva O.M., <https://orcid.org/0009-0007-3491-9532>

Guselnikov S.R., <https://orcid.org/0000-0001-7902-0765>

Contribution: Kashanskaya E.P. – study conception, literature review, data collection and analysis; Lipatov G.Ya. – study conception and design, editing; Gogoleva O.I. – study conception and design, editing; Nosyreva O.M. – literature review, data collection and analysis, draft manuscript preparation; Ganicheva Yu.A. – literature review, data collection and analysis, draft manuscript preparation; Guselnikov S.R. – literature review, data collection and analysis. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: October 25, 2023 / Accepted: November 15, 2023 / Published: December 8, 2023

Введение

В последние годы в диагностике различных патологических состояний, в том числе заболеваний респираторной системы, используется КТ-денситометрия лёгких [1–18]. Денситометрия лёгких оценивает с помощью КТ ослабление рентгеновского излучения лёгочной ткани, которое отражает как степень воспаления, так и структурные аномалии лёгких, подразумевающие снижение ослабления, как при эмфиземе и кистозных заболеваниях, или повышенное ослабление, как при фиброзе [1–18]. Так, КТ-текстура является более информативным методом в диагностике эмфиземы при хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ), в диагностике интерстициальных заболеваний лёгких метод может улавливать минимальные изменения в лёгких, которые могут быть пропущены в визуальной оценке [1–3, 5, 6, 10–12, 16]. Методика определения плотности лёгочной ткани применима в оценке склеродермического лёгкого до и после лечения, где проведение КТ-денситометрии крайне необходимо для подбора индивидуальной тактики лечения [12]. КТ-денситометрия обладает прогностической ценно-

стью ввиду наличия высокой корреляционной связи между показателями функции лёгких и основными денситометрическими гистограммами [1, 6, 8, 10]. Актуальным является изучение диагностической значимости КТ-денситометрии лёгких в профпатологии, в частности как дополнительный метод в диагностике силикоза. Силикоз – наиболее распространённый и тяжело протекающий вид пневмокониоза, обусловленный вдыханием высокофиброгенной пыли с содержанием диоксида кремния более 10% в условиях производства.

Цель исследования – изучение плотности лёгочной ткани у рабочих промышленных предприятий, страдающих силикозом, для повышения информативности количественной оценки кониотических нарушений.

Материалы и методы

Работа выполнялась на базе ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП в период с 2015 по 2022 г. Обследованы 10 пациентов, страдающих силикозом, рабочих одного из уральских предприятий по производству огнеупоров, в профессии пресовщика

Таблица 1 / Table 1

Показатели плотности (НУ) лёгочной ткани (по анатомическим зонам: верхушек, нижних отделов, корней лёгких) у обследованных групп пациентов, $M \pm SD$ Indicators of lung tissue fibrosis by anatomical zones (apexes, inferior lobes, roots of the lungs) in patients with silicosis (HU), $M \pm SD$

Группа обследованных лиц Study groups	Области изучения / Studied areas					
	верхушки лёгких / apexes		нижние отделы лёгких / inferior lobes		корни лёгких / roots	
	правое лёгкое right lung	левое лёгкое left lung	правое лёгкое right lung	левое лёгкое left lung	правое лёгкое right lung	левое лёгкое left lung
1-я (лица, страдающие силикозом) Group 1 (silicosis cases) $n = 10$	-738.10 ± 18.15**	-773.22 ± 17.36*	-771.23 ± 18.16**	-736.17 ± 11.67**	-802.23 ± 21.89	-786.34 ± 20.23
2-я (группа сравнения) Group 2 (comparison) $n = 34$	-774.21 ± 19.27	-822.14 ± 19.14	-789.11 ± 22.56	-809.21 ± 15.30	-833.23 ± 19.89	-640.15 ± 11.34
3-я (контрольная) Group 3 (control) $n = 32$	-821.34 ± 19.67	-834.59 ± 16.14	-857.09 ± 17.86	-844.59 ± 26.14	-827.59 ± 23.16	-821.13 ± 19.16

Примечание. Здесь и в табл. 2: различия статистически значимы по сравнению с 3-й контрольной группой: * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$.Note: Here and in Table 2: p are significant if compared to the 3rd control group: * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$.

(1-я группа лиц) со стажем работы $17,23 \pm 4,31$ года. В группу сравнения (2-я группа лиц) были включены 34 пресовщика без установленного диагноза пневмокониоза, со стажем работы во вредных условиях труда более 10 лет (34 рабочих). Группу контроля (3-я группа лиц) составили 32 человека различных профессий без влияния вредных факторов в условиях производства. Оценка плотности лёгочной ткани проводилась на основе данных, полученных после проведения нативного исследования органов грудной клетки при помощи КТ на компьютерном томографе OPTIMA CT 660 128 – срезовой с принадлежностями GE HealthCare (Japan, Япония) 2012 г. выпуска, при максимально возможном входе пациента с задержкой дыхания, в положении лёжа на спине. Стандартные параметры рентгеновской трубки: KV: 120, MA: 150, срез 0,6 мм. Для чтения полученных данных использовалось средство просмотра Centricity Universal Viewer, определялись области интереса лёгочной ткани, лимфоузлов средостения. Измерение плотности проводилось по следующим анатомическим зонам: верхушки обоих лёгких, зона корней лёгких, нижние доли обоих лёгких, прицельные группы лимфоузлов. Для визуализации лимфатических узлов использовалась классификация регионарных лимфатических узлов IASLC 2009 г., включающая в себя 14 групп лимфоузлов, разделённых по уровням расположения относительно органов средостения. Мы исследовали группы лимфоузлов на уровнях парааортальных (6), бифуркационных (7), правых и левых групп лимфоузлов: верхних и нижних паратрахеальных (2R, 2L, 4R, 4L), лимфатических узлов корней лёгких (10–14). Измерение выполнялось при реконструкции срезов органов грудной клетки с толщиной шага 0,6 мм, в режиме лёгочного окна (lung window), характеризующегося относительно небольшой шириной (1500 HU), уровень его соответствует ~800 HU. Количественные показатели отображались в средних единицах Хаунсфилда (HU). В целом методика измерения плотности лёгочной ткани в единицах измерения HU при выполнении компьютерной томографии органов грудной клетки достаточно проста и не вызывает дискомфорта у пациента.

Расчёты статистических показателей проводили с помощью программы Statistica for Windows, версия 7. Полученные результаты оценивали статистическими методами с использованием среднего арифметического (M) и среднеквадратического (стандартного) отклонения (SD). Для определения статистической значимости различий средних величин использовали t -критерий Стьюдента. Статистическую связь между результатами исследований изучали с помощью ко-

эффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). Для оценки тесноты связи использовали шкалу Чеддока.

Результаты

Подготовка к проведению КТ-денситометрии лиц, страдающих силикозом, выявила следующее. Все больные силикозом предъявляли жалобы респираторного характера на кашель (у 70% больных – сухой, у 30% – с отделением небольшого количества мокроты), одышку при физической нагрузке, боли в грудной клетке без чёткой локализации. В 70% случаев установлен симптомом комплекс бронхита и эмфиземы лёгких. Определялось изменение перкуторного звука (появление коробочного оттенка), жёсткое дыхание в лёгких, выслушивались рассеянные сухие хрипы на вдохе и выдохе. По результатам исследования функции внешнего дыхания установлены обструктивные нарушения у 40% пациентов, у 60% – смешанные (рестриктивные и обструктивные) умеренной степени выраженности. Изменений в общем и биохимическом анализе крови зафиксировано не было. Заболевание у всех больных силикозом было I стадии, имело медленно прогрессирующее течение, ни одного случая быстро прогрессирующего течения и позднего развития не отмечено. На обзорных рентгенограммах наблюдались малые затенения неправильной формы, интерстициального типа: тонкие и средние линейные затенения до 1,5 мм ширины (у 10% обследованных) и от 1,5 до 3 мм ширины (у 90% лиц). Малые линейные затенения, отражающие перибронхиальный, периваскулярный и межочный фиброз, имели мелкосетчатый и тяжисто-ячеистый характер, преимущественно расположенные в средних и нижних зонах лёгких. Плотность насыщения на 1 см^2 характеризовалась как 1-я категория (у 40% пациентов) и 2-я категория (у 60% больных силикозом). Расширение корней отмечалось у 100% больных, а неоднородность их структуры – у 70% пациентов. У 80% пациентов, страдающих силикозом, на обзорных рентгенограммах регистрировались дополнительные рентгенологические признаки пневмокониозов – увеличение внутригрудных лимфатических узлов (hi), плевро-диафрагмальные спайки (pq), эмфизема лёгких (em). Округлые малые затенения узелково-подобного типа (от 1,5 до 3 мм в диаметре), отличающиеся чёткими контурами, средней интенсивностью, мономорфным диффузным характером, с преимущественным расположением в нижних и средних зонах, диагностированы у 60% больных.

Проведение КТ с определением денситометрических показателей выявило достоверное снижение единиц Хаунсфилда у больных силикозом (в 1-й группе наблюдения) на

Таблица 2 / Table 2

Показатели плотности (НУ) прицельных лимфоузлов у обследованных групп пациентов, $M \pm SD$ Indicators of density of target lymph nodes in patients with silicosis (НУ), $M \pm SD$

Локализация прицельных групп лимфоузлов Location of target lymph nodes	Группа обследованных лиц / Study groups		
	3-я (контрольная) Group 3 (control)	1-я (силикоз) Group 1 (silicosis cases)	2-я (группа сравнения) Group 2 (comparison)
6	47.64 ± 2.56 (n = 2)	43.75 ± 2.04 (n = 4)	49.34 ± 3.21 (n = 12)
7	52.17 ± 3.16 (n = 13)	54.33 ± 2.87 (n = 4)	62.22 ± 3.14* (n = 12)
2R	55.45 ± 1.47 (n = 4)	58.31 ± 1.24 (n = 3)	55.23 ± 2.65 (n = 19)
4R	52.11 ± 2.56 (n = 17)	56.43 ± 2.98 (n = 4)	72.34 ± 3.76** (n = 17)
10R	56.27 ± 1.78 (n = 19)	53.25 ± 2.13 (n = 3)	77.45 ± 3.46** (n = 19)
11–14R	46.53 ± 2.43 (n = 9)	62.34 ± 3.17** (n = 4)	110.54 ± 4.15** (n = 4)
2L	14.39 ± 1.12 (n = 6)	47.67 ± 2.33** (n = 4)	53.90 ± 2.06** (n = 4)
4L	–	38.23 ± 2.54 (n = 3)	34.67 ± 2.11 (n = 4)
10L	52.56 ± 3.76 (n = 13)	127.56 ± 4.67** (n = 4)	48.87 ± 2.33 (n = 4)
11–14L	54.39 ± 2.18 (n = 9)	59.78 ± 2.67 (n = 3)	195.78 ± 5.56** (n = 6)

уровне верхушек лёгких ($p < 0,001$ справа и $p < 0,05$ слева) и на уровне нижних отделов лёгких ($p < 0,001$ с обеих сторон) (табл. 1) по сравнению с аналогичными показателями лиц 3-й контрольной группы.

На уровне корней лёгких различий значений плотности между лицами 1-й и 3-й группами не выявлено. Не установлено достоверных изменений показателей плотности лёгочной ткани среди лиц 2-й группы сравнения по отношению к аналогичным значениям лиц 3-й контрольной группы по всем изучаемым участкам лёгких.

Расчёт коэффициента ранговой корреляции Спирмена для изучения степени параллелизма между плотностью лёгочной ткани по КТ-денситометрии и плотностью насыщения на 1 см^2 по аналоговым рентгенограммам показал прямую корреляционную связь $r_{\text{Сп}} = 0,61$ ($p < 0,01$), оцениваемую по шкале Чеддока как заметную степень тесноты связи между этими показателями.

Результаты показателей плотности прицельных лимфоузлов представлены в табл. 2.

Нам не удалось отчётливо визуализировать по КТ некоторые прицельные группы лимфоузлов, что, вероятнее всего, обусловлено как анатомическими особенностями, так и соматическим статусом пациентов. В 1-й группе лиц, с установленным диагнозом силикоз, лимфоузлы с большой долей вероятности (в 40% случаев) визуализированы следующих локализаций: 6, 7, 4R, 11–14R, 2L, 10L (см. табл. 2). Во 2-й группе лиц, стажированных рабочих, лимфоузлы визуализированы преимущественно в локализациях: 6 и 7 (в 35,3% случаев), 4R (у 50% пациентов), 10R (у 55,9% обследованных).

В 3-й контрольной группе наиболее часто были визуализированы лимфоузлы с локализацией 7 (у 40,7% обследованных), 4R (у 53,1% пациентов), 10R (в 59,4% случаев), 10L (в 40,7% случаев) (см. табл. 2).

В ходе исследований установлено достоверное повышение плотности прицельных групп лимфоузлов у лиц

2-й группы с локализацией 2R ($p < 0,05$), 4R ($p < 0,001$), 10R ($p < 0,001$), 11–14R ($p < 0,001$); 2L ($p < 0,001$), 11–14L ($p < 0,001$) по сравнению с аналогичными показателями лиц группы контроля. Увеличение плотности лимфоузлов у прессовщиков со стажем работы свыше 10 лет во вредных условиях труда, без установленного диагноза силикоза, предполагает существенную пылевую нагрузку на организм рабочих до рентгенологической манифестации.

У больных силикозом отмечено повышение плотности лимфоузлов на уровне 11–14R ($p < 0,001$), 2L и 11–14L ($p < 0,001$ соответственно) по сравнению с аналогичными показателями лиц контрольной группы.

Обсуждение

Повышение плотности лимфатических узлов у пациентов 2-й и 3-й групп, вероятно, связано с закономерностями процессов самоочищения лёгких от пыли и механизмами повреждающего действия фиброгенных пылей на организм, в том числе на лимфатическую систему лёгких [19–23]. Известно, что в эксперименте на животных воздействие фиброгенной пыли приводит к развитию хронического силикотического лимфангиита вокруг трахеи, крупных бронхов, вокруг мелких артерий и вен, мелких бронхов с закупоркой просветов ряда лимфатических сосудов пылевыми клетками. В дальнейшем при длительном воздействии высокофиброгенной пыли развивается хронический обтурирующий лимфангиит, лимфатические сосуды утрачивают возможность переноса пылевых частиц, в значительной степени оказываются выключенными из этой функции. Начальные изменения в лимфоузлах возникают в первую очередь в краевых, а затем в межфолликулярных синусах; они характеризуются гиперплазией клеток ретикуло-эндотелия синусов. Эта стадия обозначается как стадия гиперплазии [19, 20]. Следующая стадия изменений в лимфатических узлах характеризуется постепенно развивающимся склерозом (стадия склероза), начинающимся в тех же синусах, при этом фолликулы оказываются окружёнными широким поясом соединительной ткани [19, 20]. Возможно, повышение единиц Хаунсфилда ряда лимфоузлов у лиц 2-й группы (стажированных рабочих) и 1-й группы (больных силикозом) связано с развитием гиперплазии клеток ретикуло-эндотелия синусов и последующим формированием склероза.

Очевидно, что для правильного понимания рентгенологической картины лёгких при различных патологических состояниях, в том числе при силикозе, качественная визуальная оценка аналоговых рентгенограмм, аксиальных, сагиттальных, реконструированных корональных срезов компьютерной томографии является основой для выявления ранних патологических изменений (центрилобулярных очагов и субплеврального фиброза), вызванных фиброгенной пылью [1, 24–27]. Качественная оценка должна предшествовать КТ-денситометрии, что позволит уменьшить риск ложной интерпретации плотности лёгких [1]. КТ-денситометрия лёгких, позволяющая количественно оценить плотность лёгочной ткани в единицах Хаунсфилда, с высокой степенью точности даёт возможность уточнить объективный диагноз, оценить динамику патологического процесса, помочь в решении экспертных вопросов.

Заключение

Полученные результаты демонстрируют снижение плотности лёгочной ткани в области верхушек и нижних отделов лёгких с обеих сторон, повышение плотности групп прицельных лимфоузлов (11–14R, 2L, 10L) у больных, страдающих силикозом; повышение единиц Хаунсфилда в прицельных группах лимфоузлов (2R, 4R, 10R, 11–14R, 2L, 11–14L) у рабочих, длительно подвергающихся воздействию высокофиброгенной пыли, без установленного диагноза силикоза, что может быть связано с закономерностями процессов самоочищения лёгких и развитием кониотического склероза.

Литература

(п.п. 1–13, 22, 26, 27 см. References)

14. Рахимжанова Р.И., Марденкызы Д., Даутов Т.Б., Ельшибаева Э.С. КТ-денситометрия как дополнительный метод в диагностике легочной гипертензии: проспективное исследование. *Лучевая диагностика и терапия*. 2022; (3): 51–7. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-51-57> <https://elibrary.ru/mdopbk>
15. Байгенжин А.К., Байдулин С.А., Рутенко Н.А., Зеленая О.М., Чувакова Э.К., Василенко О.К. и др. Плотность легочной ткани у лиц молодого возраста, страдающих хроническим бронхитом и дисплазией соединительной ткани. *Казанский медицинский журнал*. 2007; 88(5–S): 72–6. <https://elibrary.ru/ulfmal>
16. Устинов М.С., Зельтер П.М., Макова Е.В. Количественный анализ эмфиземы у больных с факторами риска ХОБЛ. В кн.: *Сборник трудов XXVI Национального конгресса по болезням органов дыхания*. Уфа: ДизайнПресс; 2016. <https://elibrary.ru/xatvmt>
17. Игнатъева Е.А., Ильин А.В., Перельман Ю.М. Диагностика лёгочного саркоидоза методом компьютерно-томографической денситоволюметрии. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2022; (84): 49–62. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2022-84-49-62> <https://elibrary.ru/sshcuv>
18. Шевчук Ю.А. *Состояние внутригрудных лимфатических узлов в норме по данным мультиспиральной компьютерной томографии*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Барнаул; 2011.
19. Движков П.П. *Пневмокониозы: Этиология, патологическая анатомия, патогенез*. М.: Медицина; 1965.
20. Величковский Б.Т. *Фиброгенные пыли: особенности строения и механизма биологического действия*. Горький: Волго-Вятское книжное издательство; 1980.
21. Бугаева М.С., Михайлова Н.Н., Бондарев О.И., Жданова Н.Н. Патогенез морфологических изменений при пневмокониозе у работников угольной и горнорудной промышленности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 58(6): 43–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-6-43-48> <https://elibrary.ru/urrufu>
22. Лошилов Ю.А. Патогенез пневмокониоза (история вопроса и современные представления). *Пульмонология*. 1997; (4): 82–6.
23. Ковалева А.С., Бухтияров И.В., Серова Н.С., Бурмистрова Т.Б. Компьютерная томография в диагностике силикоза. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 58(12): 39–41. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-39-41> <https://elibrary.ru/ypxlvb>
24. Колесников Б.Л., Егорова Е.М., Неверова О.А. Применение компьютерной томографии органов грудной полости в диагностике силикоза позднего развития. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 649–50. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-649-650> <https://elibrary.ru/xvhyrr>

References

1. Mascalchi M., Camiciottoli G., Diciotti S. Lung densitometry: why, how and when. *J. Thorac. Dis.* 2017; 9(9): 3319–45. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.08.17>
2. Scotton C.J., Hayes B., Alexander R., Datta A., Forty E.J., Mercer P.F., et al. Ex vivo micro-computed tomography analysis of bleomycin-induced lung fibrosis for preclinical drug evaluation. *Eur. Respir. J.* 2013; 42(6): 1633–45. <https://doi.org/10.1183/09031936.00182412>
3. Ginsburg S.B., Lynch D.A., Bowler R.P., Schroeder J.D. Automated texture-based quantification of centrilobular nodularity and centrilobular emphysema in chest CT images. *Acad. Radiol.* 2012; 19(10): 1241–51. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2012.04.020>
4. Avila N.A., Kelly J.A., Dwyer A.J., Johnson D.L., Jones E.C., Moss J. Lymphangioliomyomatosis: correlation of qualitative and quantitative thin-section CT with pulmonary function tests and assessment of dependence on pleurodesis. *Radiology*. 2002; 223(1): 189–97. <https://doi.org/10.1148/radiol.2231010315>
5. Best A.C., Meng J., Lynch A.M., Bozic C.M., Miller D., Grunwald G.K., et al. Idiopathic pulmonary fibrosis: physiologic tests, quantitative CT indexes, and CT visual scores as predictors of mortality. *Radiology*. 2008; 246(3): 935–40. <https://doi.org/10.1148/radiol.2463062200>
6. Keyzer C., Gevenois P.A. Quantitative computed tomography of pulmonary emphysema. *Rev. Mal. Respir.* 1999; 16(4): 455–60. (in French)
7. Hansell D.M., Goldin J.G., King Jr. T.E., Lynch D.A., Richeldi L., Wells A.U. CT staging and monitoring of fibrotic interstitial lung diseases in clinical practice and treatment trials: a position paper from the Fleischner Society. *Lancet Respir. Med.* 2015; 3(6): 483–96. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(15\)00096-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(15)00096-X)
8. Hersh C.P., Washko G.R., Estepar R.S.J., Lutz S., Friedman P.J., Han M.K., et al. COPD Gene Investigators. Paired inspiratory – expiratory chest CT scans to assess for small airways disease in COPD. *Respir. Res.* 2013; 14(1): 42. <https://doi.org/10.1186/1465-9921-14-42>
9. Ng C.S., Desai S.R., Rubens M.B., Padley S.P., Wells A.U., Hansell D.M. Visual quantitation and observer variation of signs of small airways disease at inspiratory and expiratory CT. *J. Thorac. Imaging.* 1999; 14(4): 279–85. <https://doi.org/10.1097/00005382-199910000-00008>
10. Sakai F., Gamsu G., Im J.G., Ray C.S. Pulmonary function abnormalities in patients with CT-determined emphysema. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1987; 11(6): 963–8. <https://doi.org/10.1097/00004728-198711000-00007>
11. Schmidt S.L., Sundaram B., Flaherty K.R. Diagnosing fibrotic lung disease: when is high-resolution computed tomography sufficient to make a diagnosis of idiopathic pulmonary fibrosis? *Respirology*. 2009; 14(7): 934–9. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2009.01626.x>
12. Warrick J.H., Bhalla M., Schabel S.I., Silver R.M. High resolution computed tomography in early scleroderma lung disease. *J. Rheumatol.* 1991; 18(10): 1520–8.
13. Dirksen A., Piitulainen E., Parr D.G., Deng C., Wencker M., Shaker S.B., et al. Exploring the role of CT densitometry: a randomised study of augmentation therapy in alpha1-antitrypsin deficiency. *Eur. Respir. J.* 2009; 33(6): 1345–53. <https://doi.org/10.1183/09031936.00159408>
14. Rakhimzhanova R.I., Mardenkyzy D., Dautov T.B., El'shibayeva E.S. CT Densitometry as an additional method in the diagnosis of pulmonary hypertension: a prospective study. *Lučevaya diagnostika i terapiya*. 2022; (3): 51–7. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-51-57> <https://elibrary.ru/mdopbk> (in Russian)
15. Baygenzhin A.K., Baydurin S.A., Rutenko N.A., Zelenaya O.M., Chuvakova E.K., Vasilenko O.K., et al. Lung tissue density in young patients with chronic bronchitis and dysplasia of the connective tissue. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2007; 88(5–S): 72–6. <https://elibrary.ru/ulfmal> (in Russian)
16. Ustinov M.S., Zel'ter P.M., Makova E.V. Quantitative analysis of emphysema in patients at risk of chronic obstructive pulmonary diseases. In: *Proceedings of the XXVI National Congress on Respiratory Diseases [Sbornik trudov XXVI Natsional'nogo kongressa po boleznyam organov dykhaniya]*. Ufa: DizaynPress; 2016. <https://elibrary.ru/xatvmt> (in Russian)
17. Ignat'eva E.A., Il'in A.V., Perel'man Yu.M. Diagnostics of pulmonary sarcoidosis by the method of computed tomographic densitovolumetry. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*. 2022; (84): 49–62. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2022-84-49-62> <https://elibrary.ru/sshcuv> (in Russian)
18. Shevchuk Yu.A. *Normal intrathoracic lymph nodes according to multislice computed tomography*: Diss. Barnaul; 2011. (in Russian)
19. Dvizhkov P.P. *Pneumoconioses: Etiology, Pathological Anatomy, Pathogenesis [Pnevмокониозы: Этиология, патологическая анатомия, патогенез]*. Moscow: Meditsina; 1965. (in Russian)
20. Velichkovskiy B.T. *Fibrogenic Dusts: Structural Features and Mechanisms of Biological Effect [Fibroгенные пыли: особенности строения и механизма биологического действия]*. Gor'kiy: Volgo-Vyatskoe knizhnoe izdatel'stvo; 1980. (in Russian)
21. Bugaeva M.S., Mikhaylova N.N., Bondarev O.I., Zhdanova N.N. Peculiarities of the structural collagen disorganization as a trigger mechanism of pneumosclerosis in miners. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(6): 43–8. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-6-43-48> <https://elibrary.ru/urrufu> (in Russian)
22. De Shazo R.D. Current concepts about the pathogenesis of silicosis and asbestosis. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1982; 70(1): 41–9. [https://doi.org/10.1016/0091-6749\(82\)90200-7](https://doi.org/10.1016/0091-6749(82)90200-7)
23. Loshchilov Yu.A. The pathogenesis of pneumoconiosis: contemporary ideas and a retrospect. *Pul'monologiya*. 1997; (4): 82–6. (in Russian)
24. Kovaleva A.S., Bukhtiyarov I.V., Serova N.S., Burmistrova T.B. Computed tomography in diagnosis of silicosis. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(12): 39–41. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-39-41> <https://elibrary.ru/ypxlvb> (in Russian)
25. Kolesnikov B.L., Egorova E.M., Neverova O.A. The use of computed tomography of the thoracic cavity in the diagnosis of late development of silicosis. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(9): 649–50. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-649-650> <https://elibrary.ru/xvhyrr> (in Russian)
26. Akira M. Imaging of occupational and environmental lung diseases. *Clin. Chest Med.* 2008; 29(1): 117–31. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2007.11.001>
27. William D., Travis M.D. Occupational lung diseases and pneumoconioses. In: *Atlas of Nontumor Pathology. Non-Neoplastic Disorders of the Lower Respiratory Tract*. Washington: American Registry of Pathology; 2002: 793–856.