

Читать
онлайн
Read
online

Обухова Т.Ю., Омельченко О.Г., Будкарь Л.Н., Гурвич В.Б., Плотко Э.Г.

Диагностика нарушения механики дыхания у рабочих производства огнеупорных материалов

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

Введение. В современных условиях при снижении производственной нагрузки осуществление экспертизы связи имеющихся заболеваний с профессией значительно затрудняется, в связи с этим возникает необходимость использования более чувствительных и высокотехнологичных методов диагностики. Кроме того, неблагоприятные условия труда наряду с низким уровнем профессиональной заболеваемости свидетельствуют о возможном нарастании «скрытой» профессиональной патологии, маскирующейся в общей заболеваемости.

Цель исследования — оценка функционального состояния респираторной системы с использованием метода бодиплетизмографии и определением диффузионной способности лёгких у рабочих, занятых в огнеупорном производстве, для повышения точности диагностики.

Материалы и методы. В условиях профцентра были обследованы 106 работников огнеупорного производства, мужчин в возрасте $45,62 \pm 0,8$ года и вредным стажем работы $15,5 \pm 0,88$ года, подлежащих периодическому медицинскому осмотру (ПМО) в связи с контактом с вредными и опасными производственными факторами на рабочем месте. Все они входили в группу риска по развитию пылевой патологии.

Результаты. По данным бодиплетизмографии (БПГ) отмечено снижение индекса Генслера, определяемого как соотношение объёма форсированного выдоха за первую секунду к форсированной жизненной ёмкости лёгких (ОФВ₁/ФЖЕЛ), который составил в среднем по группе $77,87 \pm 0,76\%$ от должного (Д). У большинства обследованных работников (65%) наблюдалось увеличение бронхиального сопротивления на выдохе, а также общего бронхиального сопротивления (50,9%). У обследованных работников зарегистрировано снижение показателя трансфер-фактора, который в среднем по группе составил $73,9 \pm 1,37\%$ Д. Рентгенологически (в том числе при проведении компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК)) у большинства работников не было зарегистрировано значимых изменений. У 5,7% обследованных зафиксированы признаки эмфиземы. При сравнении частоты выявления обструктивных нарушений между курящими и не курящими работниками достоверных различий не было обнаружено. Бронхообструктивный синдром в сочетании с нарушением лёгочного газообмена и утомлением дыхательной мускулатуры зарегистрирован у 16 работников (15% случаев), что диктует необходимость назначения комплекса лечебных мероприятий для предотвращения прогрессирования заболевания.

Ограничения исследования. Результаты нельзя распространять в целом на работников, так как в изучаемую группу рабочих огнеупорного производства входили только мужчины.

Заключение. Показатели диффузионной способности лёгких, отражающие одновременно состояние как лёгочной вентиляции, так и перфузии, в сочетании с показателями бодиплетизмографии и КТ ОГК могут дать важную информацию о наличии функциональных изменений дыхательной системы. Диагностика бронхообструктивного синдрома на ранних этапах позволит своевременно назначить терапию и предупредить прогрессирование заболевания.

Ключевые слова: огнеупорное производство; бодиплетизмография; диффузионная способность лёгких; бронхообструктивный синдром; связь заболевания с профессией

Соблюдение этических стандартов. Обследование пациентов проведено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. ЛЭК № 10 от 23.12.2019 г.

Для цитирования: Обухова Т.Ю., Омельченко О.Г., Будкарь Л.Н., Гурвич В.Б., Плотко Э.Г., Диагностика нарушения механики дыхания у рабочих производства огнеупорных материалов. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(11): 1177–1181. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1177-1181> <https://elibrary.ru/taxgjt>

Для корреспонденции: Омельченко Ольга Георгиевна, врач ОФД ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург. E-mail: omelchenkoog@ymrc.ru

Участие авторов: Обухова Т.Ю. — концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных, написание текста; Омельченко О.Г. — сбор материала, анализ полученных данных, статистическая обработка, написание текста; Будкарь Л.Н. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, редактирование; Гурвич В.Б. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Плотко Э.Г. — концепция и дизайн исследования, редактирование. 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. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 20.10.2023 / Принята к печати: 15.11.2023 / Опубликована: 08.12.2023

Tatyana Yu. Obukhova, Olga G. Omelchenko, Ludmila N. Budkar, Vladimir B. Gurvich, Eduard G. Plotko

Diagnosing disorders of respiratory mechanics in refractory workers

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

Introduction. The current decrease in occupational exposures complicates expert examination of the link between job and disease, thus requiring the use of more sensitive and high-tech diagnostic techniques. In addition, a low incidence rate of occupational diseases against the background of poor working conditions indicates a possible increase in the incidence of “hidden” occupational diseases mimicking common non-communicable diseases.

The purpose of our study was to assess the respiratory function in refractory workers using body plethysmography and measurements of the diffusing capacity of the lungs.

Materials and methods: One hundred six male workers aged of 45.62 ± 0.8 years, all engaged in refractory manufacturing for the average of 15.5 ± 0.88 years and at risk of dust-related respiratory diseases, were examined in our Occupational Health Center within the regular health check-up.

Results. The results of body plethysmography (a pulmonary function test) showed a decrease in the FEV₁/FVC ratio, i.e. the ratio of the forced expiratory volume over the first one second to the forced vital capacity of the lungs, to the group average of $77.87 \pm 0.76\%$ of the normal value. We also observed increased bronchial resistance during exhalation and total bronchial resistance in 65% and 50.9% of the workers, respectively. We registered a decreased transfer factor in the examined subjects with the group average of $73.9 \pm 1.37\%$. Neither chest X-ray nor CT scan showed significant changes in most of workers. Signs of emphysema were registered in 5.7% of those examined cases. No significant differences in the prevalence of obstructive disorders were found between smoking and non-smoking workers. Bronchial obstructive syndrome in combination with impaired pulmonary gas exchange and respiratory muscle fatigue was registered in 16 workers (15%), thus necessitating specific therapy to interfere with disease progression.

Limitations. Our findings cannot be extrapolated to the workforce as a whole, since only men included in the study cohort.

Conclusions. Indicators of the diffusing capacity of the lungs, which simultaneously reflect both pulmonary ventilation and perfusion, in combination with findings of body plethysmography and chest CT scan, can provide important information about functional changes in the respiratory system. Early diagnosis of bronchial obstructive syndrome allows timely beginning therapy and prevention of disease progression.

Keywords: refractory manufacturing; body plethysmography; diffusing capacity of the lungs; bronchial obstructive syndrome; work-related disease

Compliance with ethical standards. The study was conducted in compliance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association “Ethical principles for medical research involving human subjects” as amended in 2000 and the Rules of Clinical Practice in the Russian Federation approved by Order 266 of the Russian Ministry of Health dated June 19, 2003. Ethics approval was provided by the Local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (protocol 10 of December 23, 2019).

For citation: Obukhova T.Yu., Omelchenko O.G., Budkar L.N., Gurvich V.B., Plotko E.G. Diagnosing disorders of respiratory mechanics in refractory workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(11): 1177–1181. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1177-1181> <https://elibrary.ru/taxgit> (in Russian)

For correspondence: Olga G. Omelchenko, MD, physician, Department of Functional Diagnosis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: omelchenkoog@ymrc.ru

Information about the authors:

Obukhova T.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-7913-5586>

Budkar L.N., <https://orcid.org/0000-0003-1154-3329>

Plotko E.G., <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625>

Omelchenko O.G., <https://orcid.org/0000-0002-8018-5783>

Gurvich V.B., <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>

Contribution: Obukhova T.Yu. – study conception and design, analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation; Omelchenko O.G. – data collection, analysis and interpretation of results, draft manuscript preparation; Budkar L.N. – study conception and design, analysis and interpretation of results, editing; Gurvich V.B. – study conception and design, editing; Plotko E.G. – study conception and design, editing. 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 20, 2023 / Accepted: November 15, 2023 / Published: December 8, 2023

Введение

Уровень профессиональной заболеваемости в Свердловской области в 2021 г. по сравнению с 2011 г. снизился на 77,3% и составил 0,75 на 10 тыс. работников (2020 г. – 0,57; 2019 г. – 0,71; 2018 г. – 0,56; 2017 г. – 0,65; 2016 г. – 0,79; 2015 г. – 1,7; 2014 г. – 1,8; 2013 г. – 1,91; 2012 г. – 2,7; 2011 г. – 3,31). В 2021 г. в Свердловской области всего было установлено 153 случая профессионального заболевания (в 2011 г. – 714 случаев) [1]. По данным Бухтиярова И.В. и соавт., в 2020 г. заболевания от воздействия промышленных аэрозолей (10,9%) занимали четвёртое место в структуре профессиональной патологии [2, 3]. Несмотря на значительное улучшение условий труда в настоящее время, технологические особенности многих производств не позволяют полностью исключить влияние неблагоприятных производственных факторов на организм работающих. В связи с этим для снижения ущерба от профессиональ-

ного воздействия особенно важное значение приобретают профилактика и ранняя диагностика [4]. В зарубежной литературе авторы отмечают, что имеющиеся на данный момент стандарты недостаточны для ранней диагностики профессиональных заболеваний органов дыхания. Они позволяют выявить отклонения в состоянии здоровья, когда патология уже развилась [4, 5]. Среди профессиональных интерстициальных заболеваний лёгких в 2020 г. [2] ведущее место занимали пневмокониозы – 92,7%. В последние годы отмечается уменьшение числа случаев выявленного силикоза. Латентный период силикоза колеблется от нескольких лет до нескольких десятилетий в зависимости от продолжительности и интенсивности воздействия кремнийсодержащей пыли [6]. Имеющиеся неблагоприятные условия труда наряду с низким уровнем профессиональной заболеваемости свидетельствуют о нарастании «скрытой» профпатологии, маскирующейся в общей заболеваемости [1].

Недостаточная диагностика на этапе первичного медицинского осмотра, неадекватная интерпретация имеющихся минимальных изменений на фоне сокрытия работниками имеющихся жалоб препятствуют постановке профессионального заболевания. В ряде случаев при данной патологии развивается дыхательная недостаточность, степень выраженности которой не всегда сопоставима с тяжестью пневмофиброза.

При наличии определённых факторов регулярное воздействие кремния диоксида кристаллического может приводить к хроническому воспалительному процессу в дыхательных путях с последующим развитием хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ) без развития силикоза. По данным российских профпатологов, для ХОБЛ от воздействия неорганической пыли характерны частые обострения, умеренное увеличение лёгочных объёмов в сочетании с лёгочным фиброзом [7].

Материалы и методы

В условиях профцентра было проведено проспективное рандомизированное исследование с участием 106 рабочих огнеупорного производства, находящихся в условиях воздействия кремния диоксида кристаллического. Наблюдаемые рабочие входили в группу риска по развитию пылевой патологии. В исследовании были включены 106 мужчин в возрасте от 27 до 63 лет, средний возраст по группе — $45,62 \pm 0,8$ года, вредный стаж работы которых составлял $15,5 \pm 0,88$ года. Большинство обследуемых пациентов работали прессовщиками, слесарями-ремонтниками, дробильщиками, формовщиками огнеупорных изделий, транспортировщиками, машинистами мельниц и подвергались в процессе трудовой деятельности воздействию пыли с высоким содержанием кремния диоксида кристаллического (от 44,7 до 45,4%), концентрации которого превышали предельно допустимые от 1,1 до 2 раз, что соответствует вредному классу условий труда первой степени.

Методом БПГ измерялись общая ёмкость лёгких (ОЕЛ), остаточный объём лёгких (ООЛ), отношение ООЛ/ОЕЛ, функциональная остаточная ёмкость лёгких (ФОВ или ВГО), бронхиальное сопротивление на вдохе и выдохе (Rin и Rex), общее бронхиальное сопротивление (Rtot), объём форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁), жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ), форсированная жизненная ёмкость лёгких (ФЖЕЛ). Также проводилось определение диффузионной способности лёгких (DLCO) по оксиду углерода методом одиночного вдоха с коррекцией показателя по уровню гемоглобина, определялась эффективность работы дыхательной мускулатуры (ЭРДМ) на вдохе (P_{imax}) и на выдохе (P_{emax}). Данные исследования проводились на приборе "MasterScreen" фирмы "E. Jaeger" (Германия). Оценка одышки при повседневной активности проводилась с помощью модифицированного опросника Британского медицинского совета (Modified British Medical Research Council Questionnaire, mMRC). Степень выраженности одышки определялась с использованием шкалы Борга до и после проведения теста с шестиминутной ходьбой (ТШХ) [8]. Полученные результаты анализировали методами прикладной математической статистики: описательная статистика, методы корреляционного и регрессионного анализа при помощи программного обеспечения IBM SPSS Statistics 23.0 [9].

Результаты

Диагностированные ранее ХОБЛ и хронический бронхит имели только 6 человек (5,6%) обследованных. Факт курения на момент обследования подтвердил 51 человек (48,1%). Средний стаж курения составил 24,7 пачка/лет. Одышка беспокоила пациентов в 35% случаев (37 человек), сухой и влажный кашель — в 13% (14 человек) и 25% (26 человек) случаев соответственно. При оценке степени выраженности одышки по опроснику mMRC были получены следующие

результаты: 65% опрошенных (69 человек) набрали 0 баллов из 4, 35% опрошенных (37 человек) — 1 балл из 4. При оценке степени выраженности одышки по шкале Борга до проведения ТШХ 35% обследуемых (37 человек) оценили одышку в покое как очень лёгкую (1 балл), 65% (69 человек) не выявили одышку в покое (0 баллов). После проведения ТШХ (средние значения $555 \pm 52,6$ м, минимальные значения — 460 м, максимальные значения — 671 м) 27,3% (29 человек) оценили степень выраженности одышки в 0 баллов, 62% (66 человек) — 1 балл, 10,3% (11 человек) — 3 балла.

По результатам БПГ выявлено снижение индекса Генслера, характеризующего наличие бронхиальной обструкции, который составил в среднем по группе $77,87 \pm 0,76\%$ Д. Кроме того, у большинства обследованных работников (69 человек — 65% обследуемых) наблюдалось увеличение бронхиального сопротивления на выдохе различной степени выраженности (Rex среднее — $0,45 \pm 0,33$ КПа · с/л). Увеличение общего бронхиального сопротивления различной степени выраженности зарегистрировано у 54 человек (50,9% обследуемых), при этом Rtot в среднем составило $0,34 \pm 0,15$ КПа · с/л, что также свидетельствует в пользу формирования обструктивных нарушений лёгочной вентиляции. Увеличение бронхиального сопротивления преимущественно на выдохе в сочетании с булавовидно расширенными петлями бронхиального сопротивления указывает на неоднородность нарушений проходимости воздушных путей [10]. Остальные показатели были в пределах нормальных значений (ОЕЛ — $106,21 \pm 1,5\%$ Д; ООЛ — $118,34 \pm 3,4\%$ Д; ВГО — $130,13 \pm 2,7\%$ Д; ЖЕЛ — $102,43 \pm 1,32\%$ Д; ФЖЕЛ — $103,68 \pm 1,27\%$ Д; ОФВ₁ — $97,23 \pm 1,44\%$ Д).

По совокупности показателей БПГ и диффузионной способности лёгких установлено преобладание вентиляционного типа функциональных нарушений: в 15% случаев (16 человек) регистрировалось нарушение бронхиальной проходимости, в 5% случаев (5 человек) были выявлены признаки изолированной лёгочной гиперинфляции. Рестриктивные изменения, характеризующиеся снижением общей ёмкости лёгких (ОЕЛ — $80,06 \pm 1,59\%$ Д), отмечены только у 3,7% работников. Обращает на себя внимание снижение у обследованных работников показателя, характеризующего лёгочный газообмен (трансфер-фактора или DLCO), который в среднем по группе составил $73,9 \pm 1,37\%$ Д. Снижение диффузионной способности лёгких при сохранной спирометрии является важным фактором риска развития ХОБЛ [11]. Так как увеличение невентилируемого пространства изменяет нормальные вентиляционно-перфузионные отношения и помимо сокращения поверхности газообмена приводит к замедлению диффузии газов из альвеолярного пространства в кровь лёгочных капилляров, изучение величин АО и ΔОЕЛ позволяет выявить причины нарушения диффузионной способности лёгких.

У пациентов со сниженной DLCO были изучены альвеолярный объём (АО), ΔОЕЛ (разница величин общей ёмкости лёгких, измеренных методами бодиплетизмографии и разведения гелия при манёвре одиночного вдоха) и выделено четыре типа нарушения газообмена по Каменевой [12]: симптомокомплекс повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны (нормальные значения АО и ΔОЕЛ); симптомокомплекс «воздушной ловушки» (нормальные значения АО и увеличение ΔОЕЛ); симптомокомплекс сокращения поверхности газообмена (снижение АО при нормальных значениях ΔОЕЛ); симптомокомплекс смешанных нарушений газообмена (снижение АО и увеличение ΔОЕЛ). Симптомокомплекс повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны наблюдался в 38% случаев (40 человек), симптомокомплекс «воздушной ловушки» — в 21% (22 человека), в 3% (3 человека) случаев выявлен симптомокомплекс сокращения поверхности газообмена и в 2% случаев был зарегистрирован симптомокомплекс смешанных нарушений газообмена. Обращает на себя внимание, что рентгенологически (в том числе при проведении КТ ОГК) у большинства работников не было зарегистрировано значимых изменений.

Только у 5,7% человек зафиксированы признаки эмфиземы лёгких.

При оценке ЭРДМ зарегистрировано среднегрупповое снижение эффективности работы дыхательной мускулатуры, более выраженное на вдохе. Так, величина \dot{V}_{Tmax} составила $66,9 \pm 28,2\%$ Д, а величина $\dot{V}_{Emax} - 78,6 \pm 28,2\%$ Д. Дыхательные мышцы (ДМ) выполняют функцию эффекторного звена в сложной структуре регуляции дыхания и являются единственной группой скелетных мышц, которая работает «без отдыха» на протяжении всей жизни. Они обладают мощными резервными возможностями и адаптированы к выполнению продолжительной физической нагрузки. Однако, как и другие скелетные мышцы, ДМ подвержены развитию утомления в тех случаях, когда интенсивность и длительность их работы чрезмерна. В этих условиях для поддержания необходимых уровней лёгочной вентиляции привлекаются различные группы вспомогательной ДМ, прежде всего инспираторной [13]. В данном случае утомление дыхательных мышц может быть обусловлено снижением функциональной активности респираторной мускулатуры вследствие хронического системного воспаления, вызванного оксидативным стрессом у работников, подвергающихся длительному воздействию неблагоприятных производственных факторов.

Результаты исследования продемонстрировали статистически значимую, хотя и слабую, обратную корреляционную связь между вредным стажем и значением диффузионной способности лёгких ($k = -0,179$; $p = 0,017$), вредным стажем и эффективностью работы дыхательной мускулатуры на вдохе ($k = -0,18$; $p = 0,018$), а также прямую слабую достоверную корреляционную связь между превышением ПДК и синдромом «воздушной ловушки» ($k = 0,251$; $p = 0,034$), что свидетельствует о развитии нарушения лёгочного газообмена при увеличении стажа работы в пылевых условиях и, следовательно, о возможности формирования ХОБЛ.

Обсуждение

Выявленные достоверные отрицательные связи между вредным стажем и значением DLCO, вредным стажем и значением \dot{V}_{Tmax} , между превышением ПДК силикозоопасной пыли на рабочем месте и синдромом «воздушной ловушки» демонстрируют признаки формирования патологии бронхолёгочной системы, вероятнее всего, связанной с воздействием фиброгенной пыли. Данные изменения могут быть обнаружены значительно раньше, если вместо спирометрии проводить бодиплетизмографию совместно с определением диффузионной способности лёгких. Данные результаты согласуются с выводами Yingmeng Ni и соавт. [10].

Зарегистрированное в данном случае утомление дыхательных мышц может быть обусловлено снижением функциональной активности респираторной мускулатуры вследствие хронического системного воспаления, вызванного оксидативным стрессом у работников, подвергающихся длительному воздействию неблагоприятных производственных факторов. Полученные нами результаты не противоречат данным Гельцера Б.И. и соавт. [14].

Статистически значимая обратная корреляционная связь между вредным стажем и значением диффузионной способ-

ности лёгких, вредным стажем и эффективностью работы дыхательной мускулатуры на вдохе, а также прямая корреляционная связь между превышением ПДК и симптомокомплексом «воздушной ловушки» указывает на возможность развития ХОБЛ у данной группы пациентов.

Таким образом, в наблюдаемой группе на основании клинических данных, стандартной методики спирометрии и результатов рентгенологических методов исследования был установлен диагноз бронхолёгочной патологии только в 5,6% случаев. По предварительным данным, использование комплексного функционального исследования в сочетании с компьютерной томографией лёгких позволило выявить бронхообструктивный синдром, нарушение лёгочного газообмена и утомление дыхательной мускулатуры у значительно большего числа работников (15% случаев). Таким образом, использование указанных экспертных методов повышает точность диагностики почти в три раза, что указывает на целесообразность применения данных функциональных методов исследования в комплексе с КТ ОГК для раннего выявления лёгочной патологии у работников пылевых производств. Следовательно, данная категория работников нуждается в проведении комплекса лечебных мероприятий для предотвращения прогрессирования заболевания.

Заключение

1. Патологические изменения со стороны органов дыхания у рабочих огнеупорного производства наиболее часто характеризуются наличием обструктивных нарушений механики дыхания и ухудшением лёгочного газообмена.

2. Показатель диффузионной способности лёгких, отражающий одновременно состояние как лёгочной вентиляции, так и перфузии, в сочетании с другими показателями бодиплетизмографии даёт важную информацию о наличии функциональных изменений дыхательной системы на ранних этапах развития заболевания, до появления рентгенологических симптомов.

3. Выделение синдромов нарушения механики дыхания (рестриктивный, обструктивный, смешанный) и лёгочного газообмена по Каменевой М.Ю. (синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны, синдром «воздушной ловушки», синдром сокращения поверхности газообмена синдром смешанных нарушений) может иметь значение в ранней диагностике бронхообструктивного синдрома у рабочих вредных производств.

4. Применение методов бодиплетизмографии и диффузионной способности лёгких совместно с рентгенологическими методами позволяет установить диагноз и осуществить экспертизу связи заболевания с профессией при более низких уровнях неблагоприятного профессионального воздействия на органы дыхания.

5. В сравнении со стандартными методами функционального и рентгенологического обследования применение компьютерной томографии лёгких в комплексе с использованием бодиплетизмографии и диффузионной способности лёгких, диагностика бронхообструктивного синдрома может быть проведена в более ранние сроки, что даёт возможность своевременного назначения терапии и предупреждения прогрессирования заболевания.

Литература

(п.п. 4–6, 8, 10, 11 см. References)

1. Власов И.А., Гоогер Р.В., Газимова В.Г. Актуальные вопросы медицины труда на региональном уровне. *Медицина труда и экология человека*. 2023; 63(2): 20–35. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10202>
2. Бухтияров И.В., Орлова Г.П., Андреев О.Н., Землякова С.С. Эпидемиология профессиональных интерстициальных заболеваний лёгких в России. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 62(7): 430–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-7-430-436> <https://elibrary.ru/baaqjl>
3. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Шиган Е.Е. Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 55(9): 4–10. <https://elibrary.ru/umgojn>
4. Шпагина Л.А., Котова О.С., Герасименко О.Н., Шпагин И.С., Суворенко Т.Н., Кармановская С.А. и др. Фенотипы и эндотипы профессиональной хронической обструктивной болезни легких от воздействия токсичных газов или неорганической пыли. *Вестник современной клинической медицины*. 2017; 10(5): 56–65. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10\(5\).56-65](https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10(5).56-65) <https://elibrary.ru/zsgrsf>
5. Бюль А., Шефель П. *SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей*. Пер. с нем. СПб.: ДиаСофтЮП; 2002.

Original article

12. Каменева М.Ю. Синдромы нарушений лёгочного газообмена у больных интерстициальными заболеваниями лёгких. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2015; (56): 14–20. <https://elibrary.ru/tuvbvr>
13. Мотавкин П.А., Гельцер Б.И. *Клиническая и экспериментальная патофизиология лёгких*. М.: Наука; 1998. <https://elibrary.ru/isdgcb>
14. Гельцер Б.И., Курпатов И.Г., Дей А.А., Кожанов А.Г. Дисфункция респираторных мышц и болезни органов дыхания. *Терапевтический архив*. 2019; 91(3): 93–100. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.03.000108> <https://elibrary.ru/vzoqmo>

References

1. Vlasov I.A., Gooze R.V., Gazimova V.G. Current issues of occupational health at the regional level. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2023; (2): 20–35. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10202> (in Russian)
2. Bukhtiyarov I.V., Orlova G.P., Andreenko O.N., Zemlyakova S.S. The epidemiology of occupational interstitial lung diseases in Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 62(7): 430–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-7-430-436> <https://elibrary.ru/baaqlj> (in Russian)
3. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Shigan E.E. Russian Federation implementation of WHO global efforts plan on workers health care. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; 55(9): 4–10. <https://elibrary.ru/umgojn> (in Russian)
4. Austin E.K., James C., Tessier J. Early detection methods for silicosis in Australia and internationally: A review of the literature. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18(15): 8123. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158123>
5. Li T., Yang X., Xu H., Liu H. Early identification, accurate diagnosis, and treatment of silicosis. *Can. Respir. J.* 2022; 2022: 3769134. <https://doi.org/10.1155/2022/3769134>
6. Handra C.M., Gurzu I.L., Chirila M., Ghita I. Silicosis: New challenges from an old inflammatory and fibrotic disease. *Front. Biosci. (Landmark Ed.)*. 2023; 28(5): 96. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2805096>
7. Shpagina L.A., Kotova O.S., Gerasimenko O.N., Shpagin I.S., Surovenko T.N., Karmanovskaya S.A., et al. Phenotypes and endotypes of occupational chronic obstructive pulmonary disease caused by toxic gas or inorganic dust. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny*. 2017; 10(5): 56–65. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10\(5\).56-65](https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10(5).56-65) <https://elibrary.ru/zsgrsf> (in Russian)
8. Dyspnea. Mechanisms, assessment, and management: A consensus statement. American Thoracic Society. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1999; 159(1): 321–40. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.1.ats898>
9. Bühl A., Zöfel P. *SPSS Version 10: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows*. München: Addison-Wesley; 2000. (in German)
10. Van Meerten R.J. Expiratory gas concentration curves for examination of uneven distribution of ventilation and perfusion in the lung. First communication: theory. *Respiration*. 1970; 27(6): 552–64. <https://doi.org/10.1159/000192709>
11. Ni Y., Yu Y., Dai R., Shi G. Diffusing capacity in chronic obstructive pulmonary disease assessment: A meta-analysis. *Chron. Respir. Dis.* 2021; 18: 14799731211056340. <https://doi.org/10.1177/14799731211056340>
12. Kameneva M.Yu. Syndromes of gas exchange abnormalities in patients with interstitial lung diseases. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*. 2015; (56): 14–20. <https://elibrary.ru/tuvbvr> (in Russian)
13. Motavkin P.A., Gel'tser B.I. *Clinical and Experimental Pulmonary Pathophysiology [Klinicheskaya i eksperimental'naya patofiziologiya legkikh]*. Moscow: Nauka; 1998. <https://elibrary.ru/isdgcb> (in Russian)
14. Gel'tser B.I., Kurpatov I.G., Dey A.A., Kozhanov A.G. Respiratory muscles dysfunction and respiratory diseases. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2019; 91(3): 93–100. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.03.000108> <https://elibrary.ru/vzoqmo> (in Russian)