

Коневских Л.А.¹, Гурвич В.Б.¹, Маслакова Т.А.², Обухова Т.Ю.¹,
Омельченко О.Г.¹, Другова О.Г.¹

Возможности бодиплетизмографии в ранней диагностике пылевой патологии органов дыхания у работников промышленных предприятий, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей

1 — ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург. 2 — ФГБУН Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург

Konevskikh L.A., Gurchich V.B., Maslakova T.A., Obukhova T.Yu., Omel'chenko O.G.,
Drugova O.G.

Body plethysmography in early diagnostics of dust-related respiratory pathology in industrial workers exposed to silicon-containing aerosols

Резюме

Статья посвящена применению методов бодиплетизмографии и определения диффузионной способности легких в ранней диагностике пылевой патологии органов дыхания у работников промышленных предприятий, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей. Цель работы: показать возможности бодиплетизмографии и диффузионной способности легких в диагностике вентиляционных нарушений и легочного газообмена у работников, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей и сформулировать показания для исследования функции внешнего дыхания методом бодиплетизмографии. Внимание сосредоточено на обследовании больных хроническим бронхитом, силикозом и работников группы риска по развитию пневмокониоза. Описаны варианты нарушения вентиляционной функции легких и легочного газообмена. Показано, что отбор пациентов для углубленного исследования функции внешнего дыхания необходимо проводить по диффузионной способности легких.

Ключевые слова: бодиплетизмография, вентиляция легких, легочный газообмен, кристаллический кремний

Summary

The article dwells upon the usage of body plethysmography techniques and the evaluation of the lungs diffusing capacity in early diagnostics of dust-related respiratory pathology in industrial workers exposed to silicon-containing aerosols. The purposes of the study were: i) to look at these tools diagnostic performance with respect to disorders of pulmonary ventilation and gas exchange in silica-aerosols exposed workers; ii) to articulate the indications for body-plethysmographic assessment of the external respiration function. Our team has narrowed on patients with chronic bronchitis and silicosis, and the workers with a high risk of pneumoconiosis. The cases of disorders of pulmonary ventilation and gas exchange have been described. It has been shown that, for a comprehensive study of the external respiration function, patients should be picked-up based on their determined lung diffusing capacity.

Keywords: body plethysmography, pulmonary ventilation, pulmonary gas exchange, crystalline silicon

Введение

В настоящее время одной из значимых проблем в профессиональной пульмонологии является поздняя диагностика профессиональных заболеваний бронхолегочной системы (пневмокониоз, хронический пылевой бронхит, профессиональная хроническая обструктивная

болезнь легких) и, как следствие запоздалого лечения, прогрессирование вентиляционных и гемодинамических нарушений, развитие хронического легочного сердца [1, 2]. Поздняя диагностика объясняется скудностью клинической симптоматики данных заболеваний, которые долгие годы могут проявляться кашлем и (или) одышкой,

которым работники не придают значения. Рентгенологическое обследование, являющееся основой диагностики пылевых заболеваний легких, вероятно, в силу устаревших методик является малонформативным [3]. Изменения функциональных методов исследования внешнего дыхания, которые базируются на спирометрии, являются неспецифическими, и, в силу недостаточной разрешающей способности применяемых аппаратов для исследования внешнего дыхания, не позволяют выявлять и дифференцировать нарушения механики дыхания в начальных стадиях профессиональных заболеваний легких [4, 5].

Цель исследования: изучить возможности бодиплетизмографии и диффузионной способности легких в диагностике вентиляционных нарушений и легочного газообмена у работников промышленных предприятий, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей и сформулировать показания для исследования функции внешнего дыхания методом бодиплетизмографии.

Материал и методы

Для оценки выраженности вентиляционных нарушений и их соотношения с клиническими, рентгенологическими данными и данными компьютерной томографии при диагностике пылевых заболеваний легких (хронический бронхит, силикоз, подозрение на пневмоконйоз) в клинике Екатеринбургского медицинского научного центра были обследованы работники - мужчины ($n=66$) в возрасте от 29 до 64 лет (средний возраст 46,4г.) и стажем работы во вредных условиях труда от 11 до 36 лет (средний стаж работы 21,1г.) основных профессий по производству кристаллического кремния (плавильщики) и шмотно-динасовых огнеупоров (прессовщики).

Ведущим вредным профессиональным фактором, характеризующим условия труда в производстве кристаллического кремния, является запыленность воздуха рабочей зоны. На рабочих местах плавильщиков при выполнении различных технологических операций, в том числе опиковочных и горно-вых работ воздух рабочей зоны загрязняется кремнийсодержащими аэрозолями, в состав которых входит кремний диоксид аморфный, кремний диоксид кристаллический и элементный (кристаллический) кремний. Нормирование кремнийсодержащего аэрозоля на рабочих местах плавильщиков согласно ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» осуществляется по показателю «Кремний диоксид аморфный при его содержании от 10 до 60% (аэрозоль конденсации): ПДК_{м.р.} = 3 мг/м³; ПДК_{с.с.} = 1 мг/м³. Кратность превышения по данному показателю максимальных разовых концентраций составляет 4,3, а по среднесменным концентрациям - 5,7 раз. Микроклимат на рабочих местах плавильного корпуса не соответствует санитарным нормам. Плавильщики работают в условиях чередования положительных и отрицательных температур воздуха в течение всей рабочей смены. В теплый период года на рабочих местах плавильщиков температура воздуха превышает санитарные нормы, достигая 32 – 38° С (класс условий труда 3.3).

При производстве шмотно-динасовых огнеупоров прессовщики прессо-формовочного участка подвергаются воздействию аэрозолей дезинтеграции с высоким содержанием диоксида кремния (от 44,7 до 45,4 %), концентрации которого превышали ПДК от 1,1 до 2,0 раз, класс условий труда 3.1.

Всем работникам проведено комплексное исследование функции внешнего дыхания, рентгенография и компьютерная томография органов грудной клетки. Проведена бодиплетизмография («Master Screen» фирмы «E. Jaeger», Германия) с бронходилатационной пробой и определением статических легочных объемов: жизненная емкость легких (VC), емкость вдоха (IC) и показатели, характеризующие бронхиальную проходимость: форсированная жизненная емкость легких (FVC), объем форсированного выдоха за первую секунду (FEV1), пиковая объемная скорость (PEF), средняя объемная скорость при выдохе от 25 % до 75 % FVC (MMEF 25-75), индекс Тиффно (FEV1/VC). Анализировали: общую емкость легких (ТС), остаточный объем легких (RV), отношение RV/ТС, функциональную остаточную емкость легких (FRC). Определяли бронхиальное сопротивление, т.е. сопротивление трению в трахеобронхиальном дереве, которое выражается в кПа*с/Л и определяется при спокойном дыхании. Определяли специфическое сопротивление дыхательных путей (sRaw), общее бронхиальное сопротивление (Rtot), бронхиальное сопротивление вдоха (Rin) и выдоха (Rex). В качестве верхней границы нормы для мужчин было принято значение, равное 0,30 кПа*с/Л [6]. Анализировали различные участки петли (sRaw) для определения уровня обструктивных нарушений. При интерпретации результатов бодиплетизмографии (БПГ) оценивали численное превосходство Rex над Rin и в случае превышения Rex более чем в 2,5 раза считали это функциональным признаком потери эластичности стенок дыхательных путей [4]. Исследования выполнялись по стандартным протоколам в соответствии с рекомендациями Европейского респираторного общества (ЕРО) и Американского торакального общества (АТО), 2005г. [7]. Для дифференциальной диагностики обструктивного, рестриктивного и смешанного синдромов вентиляционных нарушений использовали алгоритм, разработанный М.А. Каменевой [4], который включал, кроме рекомендованных ЕРО и АТО (2005) трех параметров (VC, ТС и индекс FEV1/VC), дополнительные параметры (RV, отношение RV/ТС). Для оценки анализируемых параметров использовали фиксированный процент от должной величины (%Д). Нарушение легочного газообмена, в соответствии с рекомендациями ЕРО и АТО (2005), выявляли по диффузионной способности легких (DLCO), которую определяли по оксиду углерода методом одиночного вдоха. Дополнительно, для объяснения причины диффузионных нарушений, оценивали величины альвеолярного объема (VA) и DLCO/VA. Для характеристики невентилируемого объема легких использовали величину АТС, представляющую собой разницу величин ТС, измеренных методами БПГ и разведения гелия при маневре одиночного вдоха [4]. Всем работникам проведена рентгенография органов

грудной клетки («ТелеКоРД-МТ-Плюс», Россия) и мультиспиральная компьютерная томография высокого разрешения органов грудной клетки («Optima CT660», США). Рентгенологические признаки пневмоконоза оценивали в соответствии с Международной и Российской рентгенологическими классификациями пневмоконозов (1980, 1996).

Полученные результаты анализировали методами прикладной математической статистики: описательная статистика, логистический регрессионный анализ, критерий Стьюдента, расчет отношения шансов с использованием программы Statistica for Windows, 7 версия.

Результаты и обсуждение

Обследованные работники составили 3 группы: первая группа (1 группа) включала в себя 17 работников с клинически установленным диагнозом хронический бронхит (возраст $46,1 \pm 9,4$ г., стаж работы $18,0 \pm 6,5$ г.), вторую группу (2 группа) составили работники группы риска с подозрением на пневмоконоз (возраст $46,3 \pm 6,7$ г., стаж работы – $22,5 \pm 9,7$ г.). Третья группа (3 группа) была представлена больными силикозом в возрасте $50,0 \pm 4,3$ г. и стажем работы во вредных условиях $30,5 \pm 4,9$ г., у которых были зарегистрированы рентгенологические признаки силикоза: де-формация легочного рисунка по сетчатому типу с наличием узелков $d=r$.

Пациенты в 43,3% случаев предъявляли жалобы на одышку при физической нагрузке и кашель сухой, непродуктивный или с отхождением небольшого количества мокроты. Жалобы лишь на одышку выявлены у 22,4% обследованных работников, еще реже зарегистрированы жалобы на непродуктивный (8,9%) или продуктивный (11,9%) кашель. У работников группы риска по развитию пневмоконоза и больных хроническим бронхитом жалобы на одышку в сочетании с кашлем встречались чаще, чем другие жалобы (табл.1). Не-сколько реже у работников 2 группы зарегистрированы жалобы на одышку, а у работников 1 группы – жалобы на кашель с отхождением небольшого количества мокроты по утрам (23,5%).

Также были проанализированы показатели вентиляционной функции и легочного газообмена у обследованных работников, данные представлены в таблице 2.

Достоверных различий показателей спирометрии по среднегрупповым данным у работников всех групп не было выявлено. Бронходилатационная проба у всех обследованных была безразличной (прирост FEV1 после ингаляции бронхолитика был менее 12% и менее 200мл). Увеличение бронхиального сопротивления выдоха (Rex) отмечено во всех группах обследованных работников без статистической значимости различий, при этом у работников 1 и 3 групп значения Rex свидетельствовали о значительном увеличении бронхиального сопротивления выдоха, а у работников 2 группы – об умеренном увеличении. Необходимо отметить, что у больных хроническим бронхитом и силикозом увеличение Rex сопровождалось и увеличением показателя R tot, что свидетельствует о генерализованном поражении бронхиального дерева.

Показатели БПГ у обследованных работников не отличались от должных величин, также не выявлено статистически значимых различий показателей между анализируемыми группами. Значения диффузионной способности легких у работников 1 и 3 групп были ниже нижней границы нормы и свидетельствовали о нарушении легочного газообмена. Сказанное выше побудило нас провести индивидуальный анализ показателей механики дыхания и легочного газообмена. В соответствии с рекомендациями [4, 7, 8] проводили дифференциальную диагностику обструктивного, рестриктивного и смешанного синдромов нарушений механики дыхания и вариантов нарушений легочного газообмена. Функциональными признаками обструктивного синдрома считали снижение индекса FEV1/VC менее 70%, увеличение RV свыше 150%Д и увеличение RV/ТС свыше 140%Д. Выраженность бронхиальной обструкции определяли по степени изменения FEV1 (по отношению к должной величине) с использованием трех градаций: умеренные (79-61%Д), значительные (60-51%Д) и резкие (менее 51%Д). Случаи снижения индекса Тиффно, увеличения RV или RV/ТС при нормальных значениях FEV1 определяли как соответствующие умеренно выраженному обструктивному синдрому, что не противоречит данным литературы [4]. Функциональными признаками рестриктивного варианта нарушения вентиляции легких, в соответствии с рекомендациями ЕРО и АТО (2005), считали снижение ТС ниже нижней границы нормы, а смешанного варианта - снижение ТС, нарушение структуры ТС с увеличением доли RV или FRC и [4].

Проведена оценка диагностической эффективности результатов рентгенологических методов, данных компьютерной томографии и показателей легочного газообмена у обследуемых работников с различными вариантами нарушения вентиляционной функции легких в группах больных хроническим бронхитом, силикозом и у работников группы риска по развитию пневмоконоза, результаты представлены в таблице 3. Нарушение механики дыхания по обструктивному типу у обследуемых работников выявлено в 16,7% случаев, как у работников 1 группы (23,5%), так и у работников 2 группы (группа риска по развитию пневмоконоза) в 13% случаев и у больных силикозом (33,1%).

У работников 1 группы обструктивный вариант нарушения механики дыхания проявлялся увеличением объемов легких, а именно RV более 150%Д, FRC более 140%Д, увеличением ТС (в 50% случаев), ограничением воздушного потока (снижением индекса Тиффно менее 70%) в 75% случаев и нарушением (в 50% случаев) бронхиальной проходимости умеренной и значительной степени тяжести. Выявленные вентиляционные нарушения в 50% случаев сопровождалось нарушением легочного газообмена (синдром “воздушной ловушки”) и проявлялись снижением DLCO легкой и средней степени тяжести и увеличением объема неventилируемого пространства (ΔTC). По данным рентгенографии органов грудной клетки (Р ОГК) выявлены изменения легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой

Таблица 1. Частота встречаемости жалоб среди работников, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей, данные представлены в %

Жалобы		Хронический бронхит n=17	Группа риска по развитию пневмокониоза n=46	Силикоз n=3
Кашель	сухой	5,9	13,0	-
	влажный	23,5	6,5	33,3
Одышка		11,8	23,9	33,3
Одышка+кашель		52,9	39,1	33,3
Отсутствие жалоб		5,9	17,4	-

Таблица 2. Показатели вентиляционной функции и легочного газообмена у работников, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей M±SD

Показатели	1 группа (n=17)		2 группа (n=46)		3 группа (n=3)	
	До пробы	После пробы	До пробы	После пробы	До пробы	После пробы
Возраст, г	46,12±9,39		46,34±6,66		50,00±4,36	
Стаж работы, г	18,00±6,54		22,54±9,71		30,50±4,95*	
Rtot, kPa*s/l	0,43±0,41	0,31±0,30	0,33±0,13	0,28±0,12	0,46±0,13	0,42±0,20
Rin, kPa*s/l	0,24±0,09	0,18±0,07	0,24±0,07	0,19±0,07	0,27±0,10	0,22±0,06
Rex, kPa*s/l	0,62±0,79	0,46±0,69	0,41±0,27	0,33±0,20	0,60±0,12	0,28±0,06
RV, %	116,84±33,24	103,63±29,76	113,96±25,83	109,40±25,28	120,86±48,44	122,02±34,07
TC, %	97,83±21,34	97,14±19,82	104,89±12,29	104,37±11,80	94,68±18,59	92,68±15,68
RV/TC	112,88±26,67	101,60±28,18	102,50±18,46	98,59±18,55	117,01±26,63	122,69±17,07
FRC, %	129,78±21,26	125,88±24,03	125,96±17,33	122,12±21,33	126,95±27,43	115,77±22,27
FVC, %	91,47±25,07	94,57±24,83	104,49±14,74	105,68±15,59	86,39±5,77	81,55±12,19
FEV ₁ , %	84,19±20,88	88,00±19,13	102,86±16,11	104,75±18,51	81,44±7,95	81,08±8,22
FEV ₁ /VC	90,56±13,61	92,77±18,99	94,43±10,40	95,82±14,19	117,08±26,29	118,30±20,27
PEF, %	77,14±25,48	82,52±21,62	99,75±15,22	104,09±18,57	90,81±21,92	95,65±20,93
MMEF _{75-25%}	61,00±26,17	68,88±28,23	82,62±23,63	88,41±24,64	65,33±24,34	71,82±24,10
DLCO, %	58,24±20,10		74,88±12,00		55,33±9,12	

Примечание: значком * обозначены достоверные различия между 1 и 3 группами

Таблица 3. Частота встречаемости вариантов нарушения вентиляционной функции легких среди работников, подвергающихся воздействию кремнийсодержащих аэрозолей, данные представлены в %

Варианты нарушений вентиляционной функции легких	Хронический бронхит n=17						Группа риска по развитию пневмокониоза n=46						Большинство силикозом n=3							
	1 группа						2 группа						3 группа							
	R ОГК		КТ ОГК		DLCO, нарушение		R ОГК		КТ ОГК		DLCO, нарушение		R ОГК		КТ ОГК		DLCO, нарушение			
	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%	гра дц я	%		
Обструктивный	0	-	0	50	0	50	13,0	0	16,7	0	66,6	0	83,3	33,3	0	-	0	-	0	-
	1	100	1	50	1	50		1	83,3	1	33,3	1	16,7		1	33,3	1	33,3	1	33,3
Рестриктивный	0	-	0	100	0	-	2,2	0	100	0	-	0	-	33,3	0	-	0	-	0	-
	1	100	1	-	1	100		1	-	1	100	1	100		1	33,3	1	33,3	1	33,3
Смешанный	0	100	0	66,7	0	-	0	0	-	0	-	0	-	33,3	0	-	0	-	0	-
	1	-	1	33,3	1	100		1	-	1	-	1	-		1	33,3	1	33,3	1	33,3
Без нарушений механики дыхания	0	44,4	0	66,7	0	55,6	84,8	0	5,1	0	87,2	0	71,8	0	0	-	0	-	0	-
	1	55,6	1	33,3	1	44,4		1	94,9	1	12,8	1	28,2		1	-	1	-	1	-

деформации, а по данным компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) – в 2 случаях (50%) признаки двустороннего пневмофиброза, а в 2 случаях (50%) без патологических изменений. У работников 2 группы обструктивный вариант нарушения механики дыхания (13,0%) также проявлялся увеличением RV, FRC, TC или нарушением структуры TC с увеличением в ней доли RV на 10-20%, однако ограничения воздушного потока не зарегистрировано. Нарушение легочного газообмена (синдром “воздушной ловушки”) отмечен в 1 случае и проявлялся снижением DLCO средней степени тяжести и увеличением ΔTC . В 2 случаях (33,3%) увеличение легочных объемов сохранялось и после проведения бронходилатационной пробы (статическая легочная гиперинфляция) и сопровождалось признаками потери эластичности стенок дыхательных путей ($Rex/Rin > 2,5$), а в 4 случаях (66,6%) отмечены признаки динамической легочной гиперинфляции, т.е. RV, FRC после бронходилатационной пробы не превышали должные значения. По данным R ОГК выявлены изменения легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой деформации, а в 1 случае - признаки эмфиземы легких, по КТ ОГК у работников 2 группы в 1 случае отмечены изменения в легочной ткани в виде одностороннего фиброза, в другом – признаки эмфиземы легких, в остальных – без патологических изменений.

У больных силикозом обструктивный вариант зарегистрирован в 1 случае и характеризовался признаками статической легочной гиперинфляцией (увеличением RV, FRC, RV/TC (+43,2%) без ограничения воздушного потока) и сопровождался нарушением легочного газообмена (синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны), что нашло отражение в снижении DLCO средней степени тяжести при нормальных значениях VA и ΔTC . По данным R ОГК выявлены изменения легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой деформации, а по КТ ОГК – наличие узелков $d=r$.

Рестриктивный вариант нарушения механики дыхания у обследуемых работников выявлен в 4,5% случаев, при этом у больных хроническим бронхитом данный вариант также зарегистрирован в 1 случае (5,9%) и проявлялся значительным снижением TC (68,9%Д), VC (55,1%Д), резким нарушением бронхиальной проходимости (FEV1 41,6%Д, MMEF25-75 30,9%Д) и нарушении легочного газообмена, свидетельствующим о сокращении поверхности газообмена (DLCO 50,2%Д и VA 67,7%Д). По данным R ОГК выявлены изменения легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой деформации, а по КТ ОГК – без патологических изменений. У работников 2 группы рестриктивный вариант нарушения механики дыхания проявлялся аналогичными изменениями, отражающими нарушение вентиляционной функции и легочного газообмена. Результаты R ОГК свидетельствовали об отсутствии патологических изменений, а по данным КТ ОГК выявлен двусторонний пневмофиброз базальных отделов легких. У больных силикозом рестриктивный вариант проявлялся умеренным снижением TC (80,5%Д), RV (73,8%Д) и

нарушением легочного газообмена (синдром повреждения альвеолярно-капиллярной мембраны). По данным R ОГК зарегистрированы интерстициальные изменения по мелкосетчатому типу с наличием гранул $d=r$, а по КТ ОГК – выявлено наличие узелков $d=r$.

Смешанный вариант нарушения механики дыхания у больных хроническим бронхитом (17,7% случаев) характеризовался умеренным снижением TC (75,3±1,85Д), нарушением структуры TC с увеличением в ней доли RV на 10-20% и не сопровождался ограничением воздушного потока. Нарушение легочного газообмена проявлялось снижением DLCO (31,8±1,5%Д), VA (41,9±4,5%Д) и увеличением ΔTC (2,3±0,75л). Результаты R ОГК свидетельствовали об отсутствии патологических изменений, а по данным КТ ОГК в 1 случае выявлен двусторонний пневмофиброз базальных отделов легких. У больных силикозом смешанный вариант вентиляционных нарушений проявлялся аналогичными изменениями показателей, отражающими вентиляционную функцию и легочного газообмена. По данным R ОГК выявлены изменения легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой деформации, а по КТ ОГК – выявлено наличие узелков $d=r$.

Полученные результаты свидетельствуют, что нарушение вентиляционной функции легких выявлено в 27,3% случаев, а нарушение легочного газообмена чаще – в 39,4% и было зарегистрировано у работников 1 и 2 групп и без нарушения вентиляционной функции легких. При этом, у работников 1 и 2 групп с нарушением легочного газообмена были выявлены изменения легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой деформации (R ОГК), а по данным КТ – ограниченный двусторонний пневмофиброз или признаки эмфиземы легких, или патологических изменений не было выявлено (табл.3).

При проведении логистического регрессионного анализа были выявлены значимые связи между жалобами пациентов на кашель и (или) одышку со снижением показателей FEV1 (ОШ=0,16, 95% ДИ: 0,03-0,91, $p < 0,05$) и DLCO (ОШ=5,77, 95% ДИ: 2,33-41,64, $p < 0,001$) и шанс развития заболевания (бронхит и силикоз) со снижением показателей FEV1 (ОШ=8,07, 95% ДИ: 1,39-46,66, $p < 0,01$) и DLCO (ОШ=9,84, 95% ДИ: 2,33-41,64, $p < 0,001$). Полученные данные свидетельствуют, что при предъявлении пациентами жалоб на кашель и (или) одышку, шанс выявить у них нарушение легочного газообмена в 5,8 раз выше, чем при отсутствии жалоб. При снижении FEV1 шанс выявить ту или иную нозологическую форму заболевания (бронхиты, ХОБЛ, силикоз) в 8,1 раз выше, чем при нормальных значениях FEV1, а при снижении диффузионной способности легких DLCO – выше в 9,8 раз.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что у работников, подвергающихся воздействию промышленного аэрозоля конденсации сложного состава или аэрозоля дезинтеграции с высоким содержанием кремния диоксида кристаллического, обладающих выраженным фиброгенным действием, выявлено повышение

бронхиального сопротивления, свидетельствующего о поражении бронхов, что в совокупности с клиническими проявлениями указывает на развитие хронического бронхита у большинства обследованных работников.

Вентиляционные нарушения легких зарегистрированы в 27,3 % случаев и проявлялись обструктивными, рестриктивными и смешанными вариантами. Обструктивный вариант нарушения механики дыхания у больных хроническим бронхитом сопровождался развитием легочной гиперинфляции с ограничением воздушного потока, а у работников группы риска с подозрением на пневмококиоз и больных силикозом – развитием статической или динамической легочной гиперинфляции без ограничения воздушного потока. Рестриктивный (ограничительный) вариант нарушения механики дыхания выявлен не только в группе работников с подозрением на пневмококиоз и больных силикозом, но и в группе больных хроническим бронхитом. И в последнем случае диагностика данного варианта нарушения механики дыхания стала возможной лишь при проведении БПГ на основании определения снижения общей емкости легких, что сопровождалось снижением VC и FEV1. Проведение БПГ позволило выявить смешанный вариант нарушения механики дыхания, при котором гиперинфляция сочеталась с признаками легочного фиброза. Смешанный вариант нарушения механики дыхания диагностирован как в группе больных хроническим бронхитом, так и больных силикозом. И эмфизема, и легочный фиброз – результат взаимодействия легких как барьерного органа с внешним повреждающим агентом. Эти два состояния, как правило, изучаются отдельно, однако всегда признавалась возможность их сочетания [4, 9, 10, 11]. Достаточно часто подобная ситуация встречается в клинике профпатологии, когда при действии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия формируется одновременно и фиброз легких (пневмококиоз) и необратимое ограничение воздушного потока, что соответствует диагнозу ХОБЛ [12]. До настоящего времени неизвестно, является ли это состояние фенотипом ХОБЛ, фенотипом пневмококиоза или коморбидным состоянием с общими этиологическими факторами. Фенотип эмфизема-легочный фиброз встречается в 4,4–8 % от всех больных ХОБЛ, ассоциирован с высокой смертностью (пятилетняя выживаемость составляет 55 %) и риском рака легких (46,8 %) [13]. Легочные объемы и индекс Тиффно долгое время могут оставаться в пределах (псевдо) нормальных значений за счет разнонаправленного влияния двух компонентов. Однако при этом отмечается значительное снижение диффузионной способности легких и артериальная гипоксемия при нагрузке [14]. Курение табака является основным фактором риска, но около 15–20 % случаев ХОБЛ обусловлено профессиональными воздействиями (пыли, газов, паров, дымов, волокон) [15, 16]. Полученные результаты показали, что у обследованных работников нарушение легочного газообмена встречалось значительно чаще, чем вентиляционные нарушения. Объяснить данный факт можно следующим: чаще встречался вариант нарушения легочного газообмена без из-

менения легочных объемов, проявлялся лишь снижением диффузионной способности легких и свидетельствовал о ранних, начальных изменениях в легочной ткани. Другие варианты нарушения легочного газообмена указывают на более выраженные изменения вследствие развития эмфиземы легких (увеличение объема невентилируемого пространства) и сокращения поверхности газообмена вследствие легочного фиброза и эмфиземы. Полученные результаты свидетельствуют, что нарушение легочного газообмена при определении диффузионной способности легких у работающих в запыленных условиях, выявляется рано, значительно раньше, чем изменения на рентгенограмме легких, а шанс выявить ту или иную нозологическую форму заболевания (бронхит, ХОБЛ, силикоз) в 9,8 раз выше, чем при нормальных значениях DLCO. Рентгенография и компьютерная томография органов грудной клетки показали высокие возможности лишь в выявлении фиброзных изменений, а бодиплетизмография продемонстрировала лучшие результаты в диагностике как обструктивных, рестриктивных, так и смешанных нарушений вентиляционной функции легких.

Заключение

В заключение необходимо отметить, что проведенные нами исследования подтвердили высокую диагностическую ценность современного метода оценки функции внешнего дыхания и легочного газообмена – бодиплетизмографии и диффузионной способности легких. Широкое использование данного метода в практике врача – профпатолога при проведении периодических медицинских осмотров на промышленных предприятиях, связанных с пылеобразованием, позволит с большей достоверностью выявлять ранние формы пылевых заболеваний органов дыхания (на донозологической стадии болезни), дифференцировать различные варианты нарушения механики дыхания и легочного газообмена, что эффективно отразится на разработке реабилитационных технологий, рациональном выборе фармакотерапии и что, в свою очередь, позволит избежать прогрессирования осложнений легочной патологии. ■

Конева Лилия Алексеевна, заведующая НПО функциональной и лучевой диагностики, д.м.н., E-mail: la@konevskih.net. ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Гурвич Владимир Борисович, д.м.н., научный руководитель ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Маслакова Татьяна Анатольевна, научный сотрудник лаборатории математического моделирования в экологии и медицине, к.ф.-м.н., Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Обухова Татьяна Юрьевна, старший научный сотрудник НПО «Клиника терапии и диагностики профессиональных заболеваний», к.м.н., ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и

охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, *Омельченко Ольга Георгиевна*, врач отделения функциональной диагностики, ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, *Другова Ольга Геннадиевна*, научный сотрудник отдела медицины труда, ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредпри-

ятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Автор, ответственный за переписку: *Коневских Лилия Алексеевна*, д.м.н., заведующая НПО функциональной и лучевой диагностики ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, адрес: 620014, Россия, Екатеринбург, ул. Попова, 30; <https://orcid.org/0000-0002-1667-0055>, Re-searcherID U-7959-2018; E-mail: la@konevskih.net, тел. 89222984924.

Литература:

1. Андриенко Л.А. Патогенетическое прогнозирование риска развития профессиональных заболеваний легких при воздействии пылевого фактора: автореф. ... канд. мед. наук. 2015: 23.
2. Морозова О.А. Научное обоснование системы прогнозирования факторов риска развития клинического течения и исходов силикоза у работников черной металлургии: автореф. ... д-ра мед. наук. 2013: 44.
3. Семенова К.А. Пылевые болезни легких у электро-сварщиков Тюменского промышленного региона (клинико-функциональная характеристика, особенности цитокинового профиля): автореф. ... канд. мед. наук. 2008: 27.
4. Каменева М.Ю. Нарушения механики дыхания и легочного газообмена у больных интерстириальными заболеваниями легких: автореф. ... д-ра мед. наук. 2016: 36.
5. Сивакова Е.В. Диагностическая и прогностическая значимость функциональных методов исследования при профессиональных заболеваниях легких: автореф. ... канд. мед. наук. 2006: 21.
6. Черняк А.В. Измерение сопротивления дыхательных путей при бодиплетизмографии. Практическая пульмонология. 2016;4:32-37.
7. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Grapo RO et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J.* 2005;26(5):948-968.
8. Quanjer PH, Pretto JJ, Brazale DJ, Boros PW. Grading the severity of airways obstruction: new wine in new bottles. *Eur Respir J.* 2014;43(2):505-512.
9. Павловская Н.А. Патогенетические аспекты воздействия фиброгенной пыли на организм человека. Микроэлементы в медицине. 2009;10(3-4):23-30.
10. Подмогильная К.В., Федякина В.В., Горблянский Ю.Ю., Сакольчик М.А. Современное представление о рисках интерстириальных профессиональных заболеваний легких. Медицина труда и промышленная экология. 2018;7:45-50.
11. Юрьева О.А., Каменева М.Ю., Трофимов В.И., Тишков А.В. Бронхообструктивный синдром при интерстириальных заболеваниях легких. Ульяновский медико-биологический журнал. 2016;4:70-71.
12. Bruske I et al. Biopersistent granular dust and chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2013;8(11):e80977.
13. Cottin V et al. Combined pulmonary fibrosis and emphysema: a distinct underrecognised entity. *Eur Respir J.* 2005;26:586-593.
14. Akagi T et al. Coexistent emphysema delays the decrease of vital capacity in idiopathic pulmonary fibrosis. *Respir Med.* 2009;103:1209-1215.
15. Сакольчик М.А., Горблянский Ю.Ю., Подмогильная К.В., Федякина В.В. Эпидемиологические особенности профессиональной хронической обструктивной болезни легких. Медицина труда и промышленная экология. 2018;7:51-55.
16. Котова О.С. Фенотипы профессиональной хронической обструктивной болезни легких: клиника, диагностика, лечение. Автореф. ... д.м.н. 2017:48.