

Конеvских Л.А., Пироговский М.Л., Одинокaя В.А., Шмониnа О.Г., Слышкннa Т.В.

Нарушение регионарной вентиляции легких у рабочих, занятых в производстве кристаллического кремния

ФБУН «Екатеринбургский медицинский -научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург

Konevskih L.A., Pirogovskiy M.L., Odinskaya V.A., Shmonina O.G., Slyshkina T.V.

Violation of regional lung ventilation at workers engaged in manufacture of crystalline silicon

Резюме

Целью исследования явилось изучение регионарных вентиляционных нарушений и кровотока легких у рабочих, занятых в производстве кристаллического кремния. Установлено, что ранними признаками вентиляционных нарушений легких являются - снижение локального дыхательного объема в нижних зонах легких и изменение апикально - базального градиента в сторону увеличения вентиляции верхних зон легких относительно нижних.

Ключевые слова: плавильщики, пневмокониоз, нарушение вентиляции легких, зональная реопульмонография

Summary

The aim of our study was the investigation regional lung ventilation and pulmonary blood flow at the workers engaged in manufacture of crystalline silicon. It is established, that early signs of pulmonary ventilation disorders of lungs are reduce the local tidal volume in the lower zones of the lungs and changes in apical-basal gradient in the direction of increasing the ventilation of the upper bands of light relative to the lower levels.

Key words: smelters, pneumoconiosis, impaired ventilation of lung, zonal reopulmonography

Введение

В структуре вновь выявленной хронической профессиональной патологии в Свердловской области заболевания органов дыхания занимают устойчивое первое место (64,4% в 2007 г.). Наибольшее число профзаболеваний регистрируется на предприятиях черной и цветной металлургии (31,7 и 22,1%), машиностроения (20,8%) [1].

Проблема сохранения здоровья работающих остро стоит и в производстве кристаллического кремния [2]. Продолжительное многолетнее воздействие аэрогенных факторов риска в условиях этого производства в концентрациях, превышающих действующие нормативы, может привести к развитию у работающих профессиональных заболеваний - пневмокониоза и токсико-пылевого бронхита. Тяжелый физический труд и неблагоприятный микроклимат создают дополнительную нагрузку на дыхательную и сердечно-сосудистую системы работающих и усугубляют неблагоприятное действие пыли. В связи с этим актуальной задачей медицины труда становится уточнение критериев отбора в группу риска по пылевой патологии работающих, подвергающихся воздействию аэрозолей фиброгенного действия, для своевременного проведения профилактических медицинских, гигиенических и социальных мероприятий.

Целью нашей работы явилось изучение регионарных вентиляционных нарушений и кровотока легких у рабочих, занятых в производстве кристаллического кремния.

Материалы и методы

В Екатеринбургском медицинском научном центре были обследованы 64 плавильщика ОАО "СУАЛ-Кремний-Урал" в возрасте от 28 до 57 лет, занятых в производстве кристаллического кремния. Средний возраст обследованных составил $42,2 \pm 1,57$ г., средний стаж работы во вредных условиях - $18,0 \pm 1,57$ г. 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 горновых работ воздух рабочей зоны загрязняется кремнийсодержащими аэрозолями, в состав которых входит кремний диоксид аморфный, кремний диоксид кристаллический и элементный (кристаллический) кремний. Содержание составляющих колеблется в широких пределах: кремний диоксид аморфный от 19,1 до 56%, кремний диоксид кристаллический - от 2,5 до 12,4%, кремний элементный (кристаллический) - до 15-20%. При этом концентрации кремнийсодержащего аэрозоля сложного состава составляют: максимально-разовые - 12,9 мг/м³, среднесменные - 5,7 мг/м³. Нормирование кремнийсодержащего аэрозоля на рабочих местах плавильщиков согласно ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» осу-

шестьвается по показателю «Кремний диоксид аморфный при его содержании от 10 до 60% (аэрозоль конденсации): ПДКм.р.=3 мг/м³; ПДКс.с.=1 мг/м³. Таким образом, кратность превышения по данному показателю максимально разовых концентраций составляет 4,3 раза, 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 тёплый период года на рабочих местах плавильщиков температура воздуха превышает санитарные нормы: достигает 32 – 38°С (класс условий труда 3,3).

Все обследованные пациенты составили 3 группы в соответствии с результатами рентгенологического обследования органов грудной клетки: обзорного снимка грудной клетки и первично увеличенного снимка правого лёгкого. Первую группу составили 36 человек с отсутствием рентгенологических признаков патологий лёгких. Это малостажированные рабочие, возраст - 34,3±1,1г., стаж работы – 7,3 ±0,4г. Вторая группа рентгенологического контроля включала 18 человек с подозрением на силикоз и рентгенографически выявленным изменением легочного рисунка в средних и нижних полях в виде намечающейся сетчатой деформации, возраст - 43,2±2,3г., стаж работы – 19,8±2,4г. Третья группа – 10 человек, в возрасте 49,0±1,3г. стаж работы – 27,0±1,5г., составили пациенты, у которых были зарегистрированы рентгенологические признаки силикоза: деформация легочного рисунка по сетчатому типу с наличием узелков d=р. Рентгенологические признаки силикоза оценивали в соответствии с Международной и Российской рентгенологическими классификациями пневмокониозов (1980, 1996).

Всем рабочим проведена спирография (ФВД) с определением статических легочных объемов (жизненная емкость легких, емкость вдоха) и показателей, характеризующих бронхиальную проходимость (форсированная жизненная емкость легких, объем форсированного выдоха за первую секунду, МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅) [3]; капнометрия с определением углекислого газа в выдыхаемом воздухе (Pet CO₂) и толерантности к физической нагрузке (проба Штанге) и зональная репульмография (ЗРПГ) по Е.А. Фринерману, позволяющая оценить взаимосвязь вентиляции и пульсации в каждой легочной зоне (верхней, средней и нижней зонах правого и левого легких) [4]. По данным ЗРПГ анализировали показатели вентиляции: локальный дыхательный объем (объем одного дыхательного цикла) – ДОР; минутный объем вентиляции в данной зоне (МОВ); общий объем вентиляции трех зон одного легкого (ЛОВ); общий минутный реографический объем дыхания (ООВ), отражающий суммарную функцию внешнего дыхания обоих легких; реографический индекс вентиляции (РИВ) - отражает распределение вентиляционных объемов между отдельными зонами легких и показатели пульсации: минутное пульсовое кровенаполнение (МПК) – характеризует интенсивность объемного пульсового кровотока в той или иной зоне легких за минуту; общий пульсовый кровоток трех зон одно-

го легкого (ЛПК); суммарный пульсовый кровоток легких (ОПК); индекс пульсового кровенаполнения (ИПК) – отражает распределение крови между различными зонами легких. Анализировали также показатели соотношения вентиляции и пульсации в легких (ООВ/ОПК), для каждого легкого (ЛОВ/ЛПК) и одной зоны легкого (МОВ/МПК).

Результаты и обсуждение

При обследовании плавильщики в 41% случаев предъявляли жалобы на кашель, чаще по утрам, преимущественно сухой или с отделением скудной слизистой мокроты; одышку (44%) при физической нагрузке, быструю утомляемость.

По данным спирографии, в 1 и 2-й группах мы не выявили каких-либо отклонений от должных показателей, у пациентов 3-й группы зарегистрированы смешанные нарушения ФВД умеренной степени выраженности, однако достоверных различий с показателями ФВД 2-й группы не отмечено. Так, ЖЕЛ (жизненная емкость легких) в 1-й группе составила 5,16±0,19л (103,6±1,8% ДЖЕЛ), ФЖЕЛ (форсированная ЖЕЛ) – 5,07±0,13л (102,5±1,8%), ОФВ₁ (объем форсированного выдоха за первую секунду) – 4,13±0,10л (102,1±2,1%), IC (емкость вдоха) – 4,7±0,14л (115,2±4,3%). Во 2-й группе анализируемые показатели составили соответственно 4,49±0,36л (93,2±7,9% ДЖЕЛ), 4,56±0,31л (98,0±6,9%), 3,85±0,29л (99,9±7,1%), 4,4±0,3л (114,5±5,9%), МОС₂₅-85,9±5,3%, МОС₅₀-86,9±7,9%, МОС₇₅-86,6±8,8%, а в 3-й группе – ЖЕЛ - 2,95 ±1,51л (63,0±34,9% ДЖЕЛ), ФЖЕЛ - 3,24±1,39 л (72,5±35,4%), ОФВ₁-2,42±0,96л (66,5±30,25%), IC-3,41±1,19л (116±5,2%), МОС₂₅-53±18,2%, МОС₅₀-47,7±18,5%, МОС₇₅- 40,0±16,1%. Во всех группах был зарегистрирован гипоканнический тип вентиляции, что указывает на нарушение вентиляции легких. В 1-й группе, у малостажированных рабочих, Pet CO₂ составил 28,0±0,9мм рт. ст., во 2-й группе – 28,5±0,91мм рт. ст., а в 3-й –23,0±1,03 мм рт. ст.

По данным ЗРПГ у плавильщиков 1-й группы дыхательный объем (ДОР) каждой зоны легких соответствовал показателям здоровых лиц, сохранялся и апикально - базальный градиент, свидетельствующий, что нижние зоны легких вентилируются лучше, чем верхние. У пациентов этой группы было зарегистрировано лишь снижение (p<0,001) ЛОВ и ООВ (табл. 1).

У плавильщиков 2-й группы отмечено достоверное снижение ДОР и МОВ в нижних зонах легких относительно показателей малостажированных рабочих и изменение апикально - базального градиента в сторону увеличения вентиляции верхних зон легких относительно нижних. Пульсовое кровенаполнение в каждой зоне легких (МПК) и в легких в целом (ОПК) соответствовало показателям здоровых лиц. Толерантность к нагрузке при проведении пробы Штанге была умеренно снижена и составила 43,3±3,78 сек.

У больных силикозом (3-я группа) толерантность к нагрузке при проведении пробы Штанге была достоверно (p<0,05) ниже, чем у рабочих 2-й группы (33,5±2,38 сек.).

Таблица 1. Показатели зональной реопульмографии у плавильщиков первой группы

Показатели	Зоны легкого					
	левого			правого		
	верхняя	средняя	нижняя	верхняя	средняя	нижняя
ДОР, ом	0,33±0,05	0,63±0,1	0,7±0,1	0,31±0,04	0,54±0,07	0,8±0,1
	0,45±0,12	0,65±0,1	0,7±0,1	0,41±0,22	0,65±0,1	0,8±0,2
МОВ, ом/мин	4,6±0,7	10,2±1,8	10,4±1,3	4,5±0,5	8,2±0,9	12,9±1,6
	9,2±1,3	13,5±0,9	12,3±1,0	7,9±1,1	14,7±1,2	16,4±1,1
РИВ, %	9,4±1,0	20,2±1,9	23,4±1,8	11,6±1,4	15,5±0,8	26,1±1,9
	11,0±0,9	13,5±0,5	16,5±0,6	10,2±0,7	14,7±0,6	18,2±0,5
МПК, ом/с	12,5±1,1	14,9±1,0	18,7±2,3	9,5±0,7	15,6±1,7	18,7±2,5
	12,1±0,9	13,5±0,9	12,8±1,2	12,6±0,6	17,5±0,9	14,9±1,4
ИПК, %	14,1±0,5	17,5±0,8	22,1±0,8	10,8±0,4	17,1±0,7	18,4±0,7
	13,9±0,6	15,8±0,6	13,9±0,5	13,9±0,5	21,1±0,8	15,0±0,7
МОВ/МПК, у.е.	0,4±0,06	0,7±0,1	0,7±0,07	0,5±0,03	0,5±0,04	0,8±0,09
	0,76±0,01	1,0±0,8	1,0±0,8	0,64±0,02	0,84±0,1	1,53±0,9
ЛПК, ом/с	47,5±3,8			41,9±3,8		
	39,0±1,0			43,5±0,9		
ЛОВ ом/мин	25,3±2,9*			25,7±3,1*		
	35,0±0,9			39,0±0,8		
ООВ, ом/мин	50,8±5,5*					
	74,0±1,2					
ОПК, ом/мин	89,5±7,6					
	84,0±1,3					
ООВ/ОПК, у.е.	0,57±0,04*					
	0,88±0,01					

Примечание: в числителе указаны показатели обследованных рабочих, в знаменателе – здоровых лиц. Значком * отмечены достоверные различия ($p < 0,001$) между группами.

Таблица 2. Показатели зональной реопульмографии у плавильщиков третьей группы (больных силикозом)

Показатели	Зоны легкого					
	левого			правого		
	верхняя	средняя	нижняя	верхняя	средняя	нижняя
ДОР, ом	0,42±0,06	0,52±0,1	0,54±0,1	0,31±0,05	0,51±0,1	0,52±0,1
	0,45±0,12	0,65±0,1	0,7±0,1	0,41±0,22	0,65±0,1	0,8±0,2
МОВ, ом/мин	7,0±1,1	8,7±0,6	9,2±2,9	6,1±1,6	11,1±1,9	8,8±1,6
	9,2±1,3	13,5±0,9	12,3±1,0	7,9±1,1	14,7±1,2	16,4±1,1
РИВ, %	13,4±1,2	17,8±1,8	14,5±3,3	10,3±1,5	26,0±2,3	16,4±2,7
	11,0±0,9	13,5±0,5	16,5±0,6	10,2±0,7	14,7±0,6	18,2±0,5
МПК, ом/с	15,9±2,1	15,0±1,6	15,9±4,7	12,6±1,4	18,1±1,6	11,1±1,5
	12,1±0,9	13,5±0,9	12,8±1,2	12,6±0,6	17,5±0,9	14,9±1,4
ИПК, %	29,4±3,5	18,1±0,5	12,6±0,6	14,2±1,5	19,2±3,3	13,2±0,7
	13,9±0,6	15,8±0,6	13,9±0,5	13,9±0,5	21,1±0,8	15,0±0,7
МОВ/МПК, у.е.	0,44±0,08	0,6±0,1	0,6±0,24	0,5±0,08	0,6±0,1	0,8±0,6
	0,76±0,01	1,0±0,8	1,0±0,8	0,64±0,02	0,84±0,1	1,53±0,9
ЛПК, ом/с	41,7±2,9			42,0±3,8		
	39,0±1,0			43,5±0,9		
ЛОВ ом/мин	25,1±3,9*			26,1±2,3*		
	35,0±0,9			39,0±0,8		
ООВ, ом/мин	50,4±5,9*					
	74,0±1,2					
ОПК, ом/мин	70,9±14,0					
	84,0±1,3					
ООВ/ОПК, у.е.	0,71±4,5					
	0,88±0,01					

Примечание: в числителе указаны показатели больных силикозом, в знаменателе – здоровых лиц. Значком * отмечены достоверные различия ($p < 0,05$) между группами больных и здоровых пациентов.

Показатели ЗРПГ не имели достоверных отличий от аналогичных показателей пациентов 2-й группы. Показатели ОПК, ЛПК и МПК во 2-й и 3-й группах не отличались от аналогичных показателей здоровых лиц. Однако у пациентов 3-й группы зарегистрировано достоверное снижение пульсового кровенаполнения нижней зоны правого

легкого (МПК) относительно МПК 1-й группы рабочих и перераспределение кровенаполнения между зонами легких, о чем свидетельствует показатель ИПК: кровенаполнение сосудов нижних зон легких снижено относительно верхних зон (табл. 2). Умеренное снижение ОПК и увеличение соотношения ООВ/ОПК в 3-й группе в сравнении

с аналогичными показателями 1-й группы свидетельствуют и о нарушении кровенаполнения легких у больных силикозом, а увеличение частоты дыхательных движений ($16,8 \pm 1,9$) и частоты сердечных сокращений ($p < 0,05$) за минуту ($68,0 \pm 1,95$) у пациентов 3-й группы в сравнении с показателями 1-й группы ($14,0 \pm 0,9$ и $60,2 \pm 1,7$ соответственно) - о включении компенсаторных механизмов дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Выводы

1. У плавильщиков, работающих в неблагоприятных производственных условиях, ранними признаками вентиляционных нарушений легких являются снижение локального дыхательного объема в нижних зонах легких и изменение апикально - базального градиента в сторону увеличения вентиляции верхних зон легких относительно нижних.

2. Зональная реопульмография позволяет выявлять вентиляционные нарушения легких на ранних, до-нозологических стадиях пневмокониоза и может быть использована при формировании групп риска по развитию пылевой патологии легких. ■

Конеvских Л.А., д.м.н., зав. отделением функциональной диагностики ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург; Пироговский М.Л., зам. директора по лечебной работе ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург; Одинокaя В.А., к.м.н., зав. отделением терапии ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург; Шмолина О.Г., врач отделения терапии ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих прампредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург; Слышкина Т.В., к.т.н., ведущий научный сотрудник ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, г. Екатеринбург; Автор, ответственный за переписку - Коневских Лилия Алексеевна, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 12, тел. 371-15-25, 8-922-298-49-24. E-mail: la@Konevskih.net

Литература:

1. Клинико-организационное руководство по оказанию медицинской помощи больным профессиональными заболеваниями органов дыхания / Сост.: Н.А. Рослая, Е.И. Лихачева: Территориальный стандарт. Екатеринбург, 2006: 42.
2. Куликов В.Г. Вопросы гигиены труда и профилактики заболеваемости рабочих в производстве кристаллического кремния: автореф. дис. ... канд. мед. наук М., 1995: 21.
3. Устюжанинова Н.В., Шишкин Г.С., Уманцева Н.Д. Функциональное состояние внешнего дыхания здоровых студентов. Бюл. СО РАМН. 2004. 1: 5-7.
4. Леншин А.В. Клиническое обоснование методов этапной диагностики регионарной вентиляции легких при заболеваниях органов дыхания: автореф. дис. ... докт. мед. наук М., 2004: 47.