

УДК 616.24-003.661-037:622-051
DOI: 10.26435/UC.V014(33).398

О.Ю. Николенко

ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», Донецк

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ПЫЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ГОРНОРАБОЧИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Проблема пылевых заболеваний органов дыхания (ПЗОД), обусловленных воздействием фиброгенных аэрозолей, остается актуальной для большинства ведущих экономик мира, что связано со значительными финансовыми потерями как со стороны пациента, так и работодателя и системы социального страхования [1]. В условиях современного производства в различных отраслях промышленности сохраняется реальность воздействия комплекса неблагоприятных факторов трудовой деятельности (запыленность, шум, вибрация, дискомфортный микроклимат и др.). Вследствие их воздействия изменяется функциональное состояние работающих, снижаются адаптивные возможности, что приводит к повышению риска развития профессиональных заболеваний [2].

При ПЗОД недостаточно разработаны многие аспекты:

1) продолжительность относительно безопасного стажа работы в условиях запыленности и сроков начала патологии;

2) определение начальных признаков развития патологии во всех структурах легких доклинического и дорентгенологического характера;

3) установление клинических вариантов пылевой патологии;

4) соотношение хронических пылевых бронхитов и пневмокониозов и т.д. [3].

В настоящее время одной из наиболее значимых проблем является вопрос повышения качества ранней диагностики ПЗОД, развитие которой связано с воздействием пылевых аэрозолей различной степени фиброгенности. Как следствие поздней диагностики ПЗОД – запоздалое лечение, прогрессирование вентиляционных и гемодинамических нарушений и т.д. [4, 5].

Пневмокониозы и ХОБЛ профессиональной этиологии имеют общий этиологический фактор – промышленные поллютанты. Но в основе патогенеза пневмокониоза лежит формирование кониотических гранулем в паренхиме лег-

ких, регионарной лимфатической системе, периваскулярного, перибронхиального и промежуточного фиброза. Основой патогенеза ХОБЛ профессиональной этиологии является поражение слизистой оболочки бронхов и формирование диффузного катарального, суб- или атрофического эндобронхита и перибронхита с дальнейшим формированием бронхообструктивного синдрома [6].

Цель настоящей работы – создание математической модели риска развития пневмокониоза и хронической обструктивной болезни легких на основании гигиенических, функциональных и клинических показателей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Угольные пласты в Донбассе залегают под разными углами наклона к горизонтальной поверхности и в связи с этим подразделяются на пологие (от 0 до 18°), наклонные (от 19 до 35°), крутонаклонные (от 36 до 55°) и крутые пласты (от 56 до 90°) [7]. В зависимости от залегания угольных пластов исследуемые шахты были разделены на шахты с крутым залеганием (г. Горловка, г. Енакиево) и шахты с пологим залеганием (г. Донецк, г. Макеевка, г. Харцызск, г. Торез). В зависимости от степени непосредственного контакта в работе с пылью все профессии горнорабочих были разделены на три группы:

1) добычный участок (лава): горнорабочий очистного забоя, забойщик, машинист горновыемочных машин, горный мастер, машинист угольного комбайна, начальник участка, механик участка, горнорабочий подземный, горномонтажник;

2) проходческий забой: проходчик, крепильщик, мастер-взрывник, горнорабочий по ремонту горных выработок, машинист бурового станка;

3) вспомогательные: электрослесарь, машинист электровоза, машинист подземной установки-опрокидывателя, машинист подъема.

Величину полученной пылевой нагрузки рассчитывали по формуле: $P_n = C \times Q \times t \times N$, мг, где P_n – пылевая нагрузка (мг) на организм работающих за анализируемый отрезок времени ($t \times N$); C – среднесменная концентрация пыли на рабочем месте – средневзвешенная величина за анализируемый отрезок времени, мг/м³; Q – среднесменный объем легочной вентиляции (определяется тяжестью выполняемой работы) – средневзвешенная величина за анализируемый отрезок времени ($t, \times N$) воздействия пыли, м³/мин; t – продолжительность рабочей смены, мин; N – количество смен, отработанных в контакте с пылью. Допустимую (контрольную) пылевую нагрузку (КПН) рассчитывали по формуле: $K_{ПН} = K \times N \times T \times Q$ мг, где КПН – контрольная пылевая нагрузка, N – число смен, отработанных в контакте с пылью, Q – среднесменный объем легочной вентиляции (определяется тяжестью выполняемой работы) – средневзвешенная величина за анализируемый отрезок времени ($t, \times N$) воздействия пыли, м³/мин; величина превышения КПН = $P_n / K_{ПН}$ = фактическая среднемесячная концентрация пыли / ПДК [7].

Общий анализ крови выполняли на цитологическом анализаторе ROBAS ~MIRA (фирмы La RORH-, Австрия) (на базе ОКБПЗ) с определением количества эритроцитов, гемоглобина, цветного показателя, количества лейкоцитов, лимфоцитов, мононуклеаров, нейтрофилов и скорости оседания эритроцитов (СОЭ) [8].

Спирография – метод графической регистрации изменений легочных объемов при дыхательных движениях. Все показатели легочной вентиляции условно разделяют на статические, или анатомические, легочные объемы и функциональные – непосредственно показатели легочной вентиляции. Эти показатели изменчивы, они зависят от пола, возраста, веса, роста, положения тела, состояния нервной системы и др. Показатели фиксируются в режиме спокойного дыхания, а некоторые – при проведении форсированных маневров [9].

Расчеты проводили с помощью лицензионных пакетов «Statistica 7» (Start Soft Rus) и «Stadia 6.1» («Информатика и компьютеры», Москва) [10, 11, 12, 13, 14, 15]. Для сравнения основной и контрольной групп использовались показатели описательной статистики, а также непараметрический критерий оценки достоверности (критерий Манна-Уитни). Так как, исходя из результатов таких критериев, как тест Колмогорова-Смирнова (Kolmogorov-Smirnov test for normality), W-тест Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk’s W test), коэффициент эксцесса (Kurtosis), стандартная ошибка эксцесса (Std. err., Kurtosis), коэффициент асимметрии (Skewness), стандартная ошибка асимметрии (Std. err., Skewness), часть показателей не подчиняется нормальному закону распределения, то для дальнейшей работы и решения поставленных задач массив данных был логарифмически преобразован – $\log_{10}(x)$. Построение моделей риска развития пневмокониоза и хронической обструктивной болезни легких у горнорабочих выполнено с помощью общего дискриминантного анализа (GDA).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для прогнозирования риска развития пылевых заболеваний органов дыхания (пневмокониоза и хронической обструктивной болезни легких) была создана матрица и распределена на три массива в каждой нозологии. В 1-й массив (M1) вошли такие показатели, как гигиенические, показатели спирографии, общий анализ крови.

Для определения структуры изучаемого заболевания, а также архитектоники взаимосвязи исследуемых переменных использован факторный анализ.

При проведении факторного анализа у больных пневмокониозом горнорабочих угольных шахт было выделено два фактора. В состав «Фактор 1» вошли следующие показатели спирографии: форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), жизненная емкость легких на вдохе (ЖЕЛвд), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1), средняя объемная скорость в ин-

Таблица 1.

Объясненная совокупная дисперсия факторов по больным пневмокониозом

Объясненная совокупная дисперсия факторов, извлеченная по принципу главных компонентов				
	Значение фактора	% объясненной совокупной дисперсии	Кумулятивное значение фактора	Кумулятивный %
Фактор 1	6,789505	27,15802	6,789505	27,15802
Фактор 2	2,706540	10,82616	9,496045	37,98418

Таблица 2.

Объясненная совокупная дисперсия факторов по большим хронической обструктивной болезнью легких

Объясненная совокупная дисперсия факторов, извлеченная по принципу главных компонентов				
	Значение фактора	% объясненной совокупной дисперсии	Кумулятивное значение фактора	Кумулятивный %
Фактор 1	6,762598	28,17749	6,762598	28,17749
Фактор 2	2,659972	11,08322	9,422570	39,26071

тервале между 25% и 75% ФЖЕЛ (С2575), пиковая объемная скорость выдоха (ПОС), мгновенная объемная скорость после выдоха 25% ФЖЕЛ (МОС25), мгновенная объемная скорость после выдоха 50% ФЖЕЛ (МОС50), мгновенная объемная скорость после выдоха 75% ФЖЕЛ (МОС75). «Фактор 2» объединил в себе такие гигиенические параметры, как профессия, фактическая пылевая нагрузка (ПНфакт) и контрольная пылевая нагрузка (КПН) (табл. 1.).

Данные два фактора объясняют \approx 38% дисперсии переменных пневмокопниоза массива М1 («Фактор 1» – 27,16% и «Фактор 2» – 10,82%).

При проведении факторного анализа у больных ХОБЛ профессиональной этиологии было выделено два фактора. В состав «Фактор 1» вошли следующие показатели спирографии: форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), жизненная емкость легких на вдохе (ЖЕЛвд), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1), средняя объемная скорость в интервале между 25% и 75% ФЖЕЛ (С2575), мгновенная объемная скорость после выдоха 25% ФЖЕЛ (МОС25), мгновенная объемная скорость после выдоха 50% ФЖЕЛ (МОС50), мгновенная объемная скорость после выдоха 75% ФЖЕЛ (МОС75). Фактор 2 объединил в себе такие гигиенические параметры, как профессия, фактическая пылевая нагрузка (ПНфакт) и контрольная пылевая нагрузка (КПН).

Результаты факторного анализа, выполненного на массиве М1 с больными ХОБЛ профессиональной этиологии, представлены в таблице 2.

Данные два фактора объясняют 39,26% дисперсии переменных хронической обструктивной болезни легких массива М1 («Фактор 1» – 28,18% и «Фактор 2» – 11,08%).

Для построения функции прогнозирования развития заболевания (пневмокопниоза или хронической обструктивной болезни легких) у горнорабочих использован общий дискриминантный анализ (GDA).

Построение функции на совмещенном массиве М1 (объединенные М1 больных пневмокопниозом и М1 больных хронической обструктивной болезнью легких).

Результаты общего дискриминантного анализа, выполненного на совмещенном массиве М1, представлены в таблицах 3 и 4.

В результате проведенного общего дискриминантного анализа была выведена функция прогнозирования развития заболеваний (пневмокопниоза или хронической обструктивной болезни легких). Предикторами данной модели являются нижеприведенные переменные: возраст ($p=0,000049$), фактическая пылевая нагрузка (ПНфакт) ($p=0,010668$), предельно допустимая концентрация (ПДК) ($p=0,046698$), контрольная пылевая нагрузка (КПН) ($p=0,007678$), тип шахт ($p=0,000001$), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) ($p=0,000015$), жизненная емкость легких на вдохе (ЖЕЛвд) ($p=0,000000$), средняя объемная скорость в интервале между 25% и 75% ФЖЕЛ (С2575) ($p=0,008516$), сегментоядерные лейкоциты (С%) ($p=0,001067$), лимфоциты (Лимф%) ($p=0,001334$), моноциты (Мон%)

Таблица 3.

Результаты общего дискриминантного анализа. Матрица классификации анализируемой выборки

Матрица классификации анализируемой выборки			
	Эффективность	1 – $p=0,4656$	2 – $p=0,5344$
1 Пневмокопниоз	72,13114	88,0000	34,0000
2 ХОБЛ	80,71429	27,0000	113,0000
Общий процент модели	76,42271	113,0000	147,0000

Таблица 4.

Результаты общего дискриминантного анализа. Матрица классификации перекрестной проверки

Матрица классификации перекрестной проверки			
	Корректность	1 – p=0,4656	2 – p=0,5344
1 Пневмокониоз	55,73770	34,0000	27,0000
2 ХОБЛ	74,28571	18,0000	52,0000
Общий процент модели	65,01170	52,0000	79,0000

(p=0,000036), эритроциты (Эр) (p=0,046833), цветной показатель (ЦП) (p=0,006291), гемоглобин (Hb) (p=0,028233).

С учётом коэффициентов, присвоенных указанным переменным, функция имеет следующий вид:

$$P_n = -17575,4 + 1176,3 \cdot \text{Возраст} + 32,8 \cdot \text{ПНфакт} + 59,9 \cdot \text{ПДК} - 86,4 \cdot \text{КПН} + 449,3 \cdot \text{ФЖЕЛ} - 383,2 \cdot \text{ЖЕЛвд} + 156,6 \cdot \text{С2575} - 8486,7 \cdot \text{Эр} - 9389,3 \cdot \text{ЦП} + 11669,6 \cdot \text{Hb} + 4755,0 \cdot \text{С\%} + 2955,7 \cdot \text{Лимф\%} + 496,3 \cdot \text{Мон\%} - 30,3 \cdot \text{Шахты (тип 1)}.$$

$$\text{ХОБЛ} = -17452,6 + 1161,0 \cdot \text{Возраст} + 31,5 \cdot \text{ПНфакт} + 56,9 \cdot \text{ПДК} - 82,4 \cdot \text{КПН} + 437,8 \cdot \text{ФЖЕЛ} - 367,6 \cdot \text{ЖЕЛвд} + 153,7 \cdot \text{С2575} - 8464,2 \cdot \text{Эр} - 9351,5 \cdot \text{ЦП} + 11642,8 \cdot \text{Hb} + 4735,2 \cdot \text{С\%} + 2943,3 \cdot \text{Лимф\%} + 492,0 \cdot \text{Мон\%} - 29,4 \cdot \text{Шахты (тип 1)}.$$

Исходя из полученных данных (2/3 от общего объема выборки пропорционально каждому заболеванию), эффективность модели прогнозиро-

вания развития исследуемых заболеваний равна 76,42% (пневмокониоз – 72,13% и хроническая обструктивная болезнь легких – 80,71%). При перекрестной проверке (1/3 от общего объема выборки пропорционально каждому заболеванию) корректность модели составляет 65% (пневмокониоз и хроническая обструктивная болезнь легких – 55,73% и 74,28% соответственно).

Выводы

В математическую модель вошли такие показатели условий труда горнорабочих, как шахты, ПНфакт, КПН, а также показатели спирографии (ФЖЕЛ, ЖЕЛвд., ОФВ1, С2575, ПОС, МОС25, МОС50, МОС75) и клинические показатели крови (эритроциты, цветной показатель, гемоглобин, сегментоядерные нейтрофилов, лимфоциты, моноциты). Эффективность модели прогнозирования развития исследуемых заболеваний равна 76,42%. При перекрестной проверке корректность модели составляет 65%.

О.Ю. Николенко

ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», Донецк

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ПЫЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ГОРНОРАБОЧИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

На основании гигиенических, функциональных и клинических показателей нами была создана математическая модель прогнозирования риска развития пневмокониоза и хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). При проведении факторного анализа у больных пневмокониозом и хронической обструктивной болезнью легких было выделе-

но два фактора. В результате дискриминантного анализа была выведена функция прогнозирования развития пневмокониоза и хронической обструктивной болезни легких.

Ключевые слова: пневмокониоз, хроническая обструктивная болезнь легких, риск, горнорабочие угольных шахт.

O.Yu. Nikolenko

SEI HPE «M. Gorky Donetsk National Medical University», Donetsk

PREDICTION OF DUST RESPIRATORY DISEASES RISK OF COAL MINERS

The mathematical model for predicting the risk of developing pneumoconiosis and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) based on hygienic, functional and clinical indicators was made. Two factors were identified when conducting a factor analysis in patients with pneumoconiosis and chronic obstructive pulmonary disease.

The function of predicting the development of pneumoconiosis and chronic obstructive pulmonary disease was derived as a result of discriminative analysis.

Key words: pneumoconiosis, chronic obstructive pulmonary disease, risk, coal miners.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабанов С.А. Будащ Д.С. Доказательность, профессиональные риски и биологические маркеры при профессиональных заболеваниях легких. Медицина труда и экология человека. 2018; 1: 34-43.
2. Куренкова Г.В., Лемешевская Е.П. Гигиеническая характеристика условий труда в подземных сооружениях и их влияние на здоровье работников. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2015; 5: 98-105.
3. Бондарев О.И., Рыкова О.В., Разумов В.В., Черданцев М.В., Бугаева М.С. Гистологическая и цитологическая характеристика атрофической бронхопатии у шахтеров. Медицина в Кузбассе. 2012; 4 (1): 35-42.
4. Бабанов С.А. Будащ Д.С. Состояние гуморального иммунитета при хроническом пылевом бронхите и пневмокониозах от воздействия различных видов фиброгенной пыли. Медицинские науки. Клиническая медицина. 2016; 3 (39): 23-34.
5. Бабанов С.А. Будащ Д.С. Оценка и прогнозирование респираторных нарушений, связанных с воздействием фиброгенных аэрозолей. Медицина неотложных состояний. 2016; 2 (73): 120-127.
6. Рубцов Р.В. Роль клініко-функціональних досліджень при пневмоконіозі в поєднанні з хронічним обструктивним захворюванням легень у працівників гірничорудної та металургійної промисловості. Медичні перспективи. 2018; 3 (23): 176-181.
7. Мухин В.В. (ред.) Медицина труда в угольной промышленности: Монография. Донецк; 2000. 204.
8. Карпищенко А. И. (ред.) Медицинские лабораторные технологии: Справочник. Санкт-Петербург; 2002. 600.
9. Мостовой Ю. М., Константинович-Чичирельо Т. В., Колошко О. М., Распутіна Л. В. Інструментальні методи дослідження функції зовнішнього дихання при захворюваннях бронхолегеневої системи: Метод. рекомендації. Вінниця; 2000. 36.
10. Гланц С. (пер. с англ.) Медико-биологическая статистика. М.; 1998. 459.
11. Кулаичев А. П. Методы и средства анализа данных в среде Windows STADIA. М.; 1999. 342.
12. Лапач С. Н., Губенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием X-L. К.; 2000. 320.
13. Лях Ю. Е., Гурьянов В. Г., Хоменко В. Н., Панченко О. А. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat. Донецк; 2006. 214.
14. Сергиенко В. И., Бондарева И. Б. Математическая статистика в клинических исследованиях. М.; 2006. 303.
15. Герасимов А.Н. Медицинская статистика: Учебное пособие. М.; 2007. 480.

REFERENCES

1. Babanov S.A. Budash D.S. Dokazatel'nost', professional'nye riski i biologicheskie markery pri professional'nykh zabol-evaniyakh legkikh [~vidence, occupational risks and biological markers in occupational lung diseases]. Meditsina truda i ekologiya cheloveka. 2018; 1: 34-43 (in Russian).
2. Kurenkova G.V., Lemeshevskaya E.P. Gigenicheskaya kharakteristika uslovii truda v podzemnykh sooruzheniyakh i ikh vliyanie na zdorov'e rabotnikov [Hygienic characteristics of working conditions in underground structures and their impact on the health of workers]. Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk). 2015; 5: 98-105 (in Russian).
3. Bondarev O.I., Rykova O.V., Razumov V.V., Pherdantsev M.V., Bugaeva M.S. Gistologicheskaya i tsitologicheskaya kharakteristika atroficheskoi bronkhopatii u shakhterov [Histological and cytological characteristics of atrophic bronchopathy in miners]. Meditsina v Kuzbasse. 2012; 4 (1): 35-42(in Russian).
4. Babanov S.A. Budash D.S. Sostoyanie gumoral'nogo immuniteta pri khronicheskom pyl'evom bronkhite i pnevmokoniozakh ot vozdeistviya razlichnykh vidov fibrogennoi pyli [The state of humoral immunity in chronic dust bronchitis and pneumoconiosis from the effects of various types of fibrogenic dust]. Meditsinskie nauki. Klinicheskaya meditsina. 2016; 3 (39): 23-34(in Russian).
5. Babanov S.A. Budash D.S. Otsenka i prognozirovaniye respiratornykh narushenii, svyazannykh s vozdeistviem fibrogennykh aerorozolei [Assessment and prognosis of respiratory disorders associated with exposure to fibrogenic aerosols]. Meditsina neotlozhnykh sostoyanii. 2016; 2 (73): 120-127(in Russian).
6. Rubtsov R.V. Rol' kliniko-funktsional'nykh doslidzhen' pri pnevmokoniozi v poednanni z khronichnim obstruktivnim zakhvoryuvannyam legen' u pratsivnykh girnichorudnoi ta metalurgiinoi promislivosti [The Role of clinical and functional studies in pneumoconiosis in combination with chronic obstructive pulmonary disease in workers of mining and metallurgical industry.]. Medichni perspektivi. 2018; 3 (23): 176-181 (in Ukrainian).
7. Mukhin V.V. (red.) Meditsina truda v ugol'noi promyshlennosti: Monografiya [Labor Medicine in the coal industry: a Monograph]. Donetsk; 2000. 204 (in Russian).
8. Karpishchenko A. I. (red.) Meditsinskie laboratornye tekhnologii: Spravochnik [Medical laboratory technologies: Handbook]. Sankt-Peterburg; 2002. 600 (in Russian).
9. Mostovii Yu. M., Konstantinovich-Phichirel'o T. V., Koloshko O. M., Rasputina L. V. Instrumental'ni metody doslidzhennya funktsii zovnishn'ogo dikhannya pri zakhvoryuvannyakh bronkholegenevoi sistemi: Metod. Rekomendatsii [Rasputin Instrumental methods of research of function of external respiration in diseases of the bronchopulmonary system: Method. recommendations]. Vinnitsya; 2000. 36 (in Ukrainian).

10. Glants S. (per. s angl.) Mediko-biologicheskaya statistika [Biomedical statistics]. M.; 1998. 459 (in Russian).
11. Kulaichev A. P. Metody i sredstva analiza dannykh v srede Windows STADIA [Methods and tools for data analysis in a Windows environment STADIA]. M.; 1999. 342(in Russian).
12. Lapach S. N., Gubenko A. V., Babich P. N. Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispol'zovaniem $\sim X \sim L$ [Statistical methods in biomedical research using $\sim X \sim L$]. K.; 2000. 320 (in Russian).
13. Lyakh Yu. ~., Gur'yanov V. G., Khomenko V. N., Panchenko O. A. Osnovy komp'yuternoï biostatistiki: analiz informatsii v biologii, meditsine i farmatsii statisticheskim paketom MedStat [Fundamentals of computer biostatistics: analysis of information in biology, medicine and pharmacy by MedStat statistical package]. Donetsk; 2006. 214(in Russian).
14. Sergienko V. I., Bondareva I. B.. Matematicheskaya statistika v klinicheskikh issledovaniyakh [Mathematical statistics in clinical trials]. M.; 2006. 303 (in Russian).
15. Gerasimov A.N. Meditsinskaya statistika: Uchebnoe posobie [Medical statistics: A textbook]. M.; 2007. 480 (in Russian).