

пика ТЛ на 706 мс ($p < 0,05$) и на 637 мс ($p < 0,05$) запаздывание аналогичного показателя по сравнению с 1-й группой обследованных лиц. В исследованном нами параметре А наблюдалась обратная тенденция наступления максимума пика. Показатель светосуммы имел следующую направленность. Так, в 1-й обследованной группе детей показатель S был на 34 % ($p < 0,05$) повышен по сравнению с контролем и на 44% ($p < 0,05$) выше по сравнению со 2-й обследованной группой. При этом — во 2-й группе не наблюдалось статистически достоверной разницы с контролем.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно констатировать, что проживание в экологически неравноценных районах страны может оказывать неоднозначное воздействие на кинетические параметры ТЛ конденсата выдыхаемого воздуха у детей. Это обусловлено, по-видимому, активацией СРО-компонентов конденсата, которые при изучении механохемиэмиSSIONНЫХ РЕАКЦИЙ

предстоит идентифицировать. Наше предположение нуждается в экспериментальном подтверждении, что и явится предметом наших дальнейших исследований. Однако уже сейчас можно утверждать, что метод ТЛ в сопоставлении с другими биофизическими, биохимическими показателями может быть применен для оценки функционального состояния органов дыхания.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Березовский В.А., Горчаков В.Ю., Богомолец Е.О. Респираторная влаготерапия и возможные пути ее регуляции // Физиол. журн.— 1989.— Т.35, N 4.— С. 19—23.
2. Орел В.Э. Теоретические представления о физико-химических механизмах триболоминесценции крови // Научно-технический прогресс в медицине и биологии.— Киев, 1987.— С.89—103.
3. Орел В.Э. и др. Экспресс-анализатор перекисного окисления крови — триболоминиметр ТРА-2 // Мед. техника.— 1989.— N 4.— С.18—21.

Поступила 16.12.93

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 1993

УДК 616—001.28—07:[616.24-008.7]—07

*А.Г.Чучалин, З.Р.Айсанов, Е.Н.Калманова, Г.М.Сахарова,
Т.Л.Пашкова, В.З.Мамян*

ДИФфуЗИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛЕГКИХ И ГАЗООБМЕН У ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

НИИ пульмонологии МЗ РФ, г.Москва

DIFFUSING LUNG CAPACITY AND GAS EXCHANGE AMONG THE PEOPLE, AFFECTED BY IRRADIATION AFTER CHERNOBYL ATOMIC POWER STATION KATASTROPHE

A.G.Chuchalin, Z.R.Aisanov, E.N.Kalmanova, G.M.Saharova, T.L.Pashkova, V.Z.Mamyan

S u m m a r y

Respiratory function of 9 males at the age of 33—43 who participated in Chernobyl katastrope consequences liquidation was studied. 4 at them suffered from chronic obstructive bronchitis, 4 — from chronic obstructive bronchitis with purulent sputum and 1 — from asthma.

Different ventilatory alterations were found in 4 cases: mild obstruction (1), moderate obstruction (1), mild hyperinflation (1), mild restriction (1). Three variants of mixed ventilatory defects were also observed in other cases: moderate obstructive defect combined with mild hyperinflation — in 2 cases, combination of moderate obstruction and hyperinflation — in 1 case and mild obstruction with moderate hyperinflation in 1 case. Diffusing lung capacity investigation showed that the most frequent type of alterations (6 cases) was an isolated decrease of DLCO/Va ratio without decrease in DLCO.

Gas exchange studies during the exercise test demonstrated a marked decrease of exercise tolerance. In 3 cases the maximal oxygen uptake was less than 50% pred., and in 5 cases this index was 50—70% pred. An increased dead space volume to the tidal volume ratio and the ventilatory equivalent for O₂ demonstrated the gas exchange inefficiency and confirmed the results of DLCO measurement.

The results obtained suggest that these patients have a wide spectrum of respiratory function impairment. Atypical pattern of lung diffusing capacity disorders among the majority of patients can be explained by the nature of radionuclide lung damage.

Р е з ю м е

В настоящей работе проведено исследование респираторной функции 9 мужчин в возрасте от 33 до 43 лет, участвовавших в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, из которых 4 страдали хроническим обструктивным бронхитом, 4 — хроническим гнойно-обструктивным бронхитом (ХГОб), 1 — смешанной формой бронхиальной астмы (СБА).

Показано функциональное разнообразие вентиляционных нарушений в данной группе. Изолированные нарушения вентиляционной функции отмечались у 4 человек (обструкция

легкой степени — у 1, обструкция средней степени — у 1, гипервоздушность легкой степени — у 1, рестрикция легкой степени — у 1). Кроме того, среди обследуемых было выявлено и три варианта сочетанных вентиляционных расстройств (комбинация различных степеней обструкции и гипервоздушности).

Результаты исследования диффузионной способности легких показали, что наиболее частым типом нарушения для них оказалось изолированное снижение так называемой «удельной диффузии» (у 6 пациентов) — отношения показателей общей диффузии и альвеолярной вентиляции (D_{LCO}/V_a) при нормальном уровне общей диффузионной способности легких.

Исследование газообмена во время теста с физической нагрузкой продемонстрировало в целом значительное снижение толерантности к физической нагрузке. У 3 пациентов максимальное потребление кислорода составило менее 50%, у 5 — 50—70% от должного. Повышение фракции мертвого пространства и вентиляционного эквивалента по кислороду свидетельствовало о неэффективности газообмена и подтверждало результаты исследования диффузионной способности легких.

Полученные результаты свидетельствуют о функциональном разнообразии респираторных расстройств у данной категории пациентов. Атипичный характер изменений диффузионной способности легких у большинства пациентов может быть обусловлен спецификой радиационного и, в частности, радионуклидного поражения.

Спецификой радиационного поражения лиц, принимавших участие в ликвидации последствий Чернобыльской аварии, было сочетанное воздействие на них поражающих радиационных факторов, главным из которых было ингаляционное поступление радионуклидов и депонирование их в легких.

Первые сообщения, касающиеся влияния радиации на легкие и плевру, появились в 20-х годах нашего столетия после внедрения рентгенологического обследования в клиническую практику [8,23]. В 1961 г. Emirgil, Heineman [5] описали эффект воздействия облучения грудной клетки на легочную функцию человека, который заключался в снижении легочных объемов и повышении работы дыхания.

Имеющиеся на сегодняшний день данные о влиянии радиоактивности на ткань легких и их функцию касаются прежде всего эффектов радиотерапевтического воздействия на грудную клетку, когда тканевая толерантность является лимитирующим фактором, препятствующим повышению радиационной дозы [20]. Традиционно для определения радиационно-индуцированного поражения легких применялись рентгенологические методы [6], позволявшие регистрировать неспецифические проявления (в частности, диффузную инфильтрацию альвеол) [7,17,18]. Традиционно применяемые легочные функциональные тесты не показали себя достаточно информативными в определении радиационно-индуцированного повреждения легкого и не нашли широкого применения [3,4]. Исследование диффузионной способности легких показало себя в этом случае более полезным [3,15].

Одним из возможных последствий радиационного воздействия на легочную функцию является патологическое шунтирование венозной крови в артериальное русло в пораженной легочной ткани [7]. Некоторые авторы отмечали статистически достоверную корреляционную связь между рентгенологическими данными и легочными функциональными параметрами [13].

Литературные данные, касающиеся ингаляционного поражения легких радионуклидами, довольно скудны и посвящены в основном описанию морфологических изменений легочной ткани, полученных в эксперименте. Однако эти данные во многом могут объяснить результаты, полученные при исследовании респираторной функции, так как

зачастую позволяют объяснить функционально регистрируемые изменения. Так, например, было показано, что вдыхание ^{239}Pu способствует выраженным проявлениям бронхитов и интерстициальных пневмоний у крыс [2]. Экспериментальным путем было установлено, что воспалительные проявления, состояние лимфоидной ткани, развитие пневмосклероза зависят от дозы интратрахеально вводимого ^{239}Pu [1]. Источником большей части радиационной дозы, приходящейся на эпителий бронхиол, являются частицы Pu, депонирующиеся большей частью в перибронхиолярных альвеолах по сравнению с остальным альвеолярным пространством [21].

Субъектами исследования явились 9 мужчин в возрасте 33—43 лет (средний возраст $42,8 \pm 2,3$ года), работавшие при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Клиническая характеристика, антропометрические данные, стаж и интенсивность курения, данные рентгенологического исследования и основные жалобы представлены в табл.1. Как видно из приведенных данных, 4 больных страдали хроническим обструктивным бронхитом (ХОБ), 4 — хроническим гнойно-обструктивным бронхитом (ХГОб), один пациент с гиперчувствительностью к аллергенам домашней пыли, приступами удушья в анамнезе, сопутствующими ХОБ и ХГОб, осложненными эмфиземой и пневмосклерозом, был расценен как больной смешанной формой бронхиальной астмы (СБА): инфекционно-аллергической и атопической. Из сопутствующих заболеваний у одного больного отмечалась ишемическая болезнь сердца, стенокардия напряжения, II функциональный класс; у одного имел место сопутствующий силикоз и у двух — гипертоническая болезнь. У двух пациентов с хроническим гнойно-обструктивным бронхитом течение основного заболевания было осложнено хроническим легочным сердцем. Соответствующие рентгенологические изменения были отмечены у всех 9 больных. Все пациенты были курильщиками, интенсивность и продолжительность курения в данной группе условно составила $14,6 \pm 1,4$ пачки × лет [25].

Больные выполняли разную по характеру и длительности работу на различном удалении от эпицентра, без использования специальных средств защиты (табл.2). Средняя продолжительность пребывания в зоне радиационного поражения

Клиническая характеристика больных

Код пациента	Возраст, лет	Диагноз, осложнения	Рост, см/масса, кг	Курение		Рентгенологические изменения	Симптоматика
				стаж, лет	число сигарет		
1	39	ХОБ, эмфизема, пневмосклероз	182/78	22	10	Эмфизема, усиление и деформация легочного рисунка	Кашель с мокротой, одышка
2	43	СБА, I ст, ХОБ, эмфизема, пневмосклероз ИБС, СН, 2ФК, НК ₀ , ГБ1	169/79	30	10	Расширенные корни, усиленный легочный рисунок	Одышка, удушье
3	37	ХОБ, эмфизема, пневмосклероз	172/60	18	20	Усиленный легочный рисунок	Сухой кашель, одышка, слабость
4	35	ХОБ, эмфизема, пневмосклероз, ГБ1	176/66	20	8	Эмфизема, рисунок усилен, деформирован	Кашель с мокротой, одышка
5*	43	ХГОБ, эмфизема, пневмосклероз, ДН1, ХЛС, ст. комплексации, НК ₀	165/65	20	20	Эмфизема, уплотнение корней, плевральные спайки с ограничением подвижности диафрагмы справа	Кашель с мокротой, одышка, боли в груди
6	42	ХОБ, эмфизема, пневмосклероз, ДН1	180/89	18 (1)	20	Эмфизема, усиление и деформация рисунка	Сухой кашель, одышка, слабость
7	38	ХГОБ, эмфизема, пневмосклероз, ДН1	176/76	20	10	Диффузный пневмосклероз, усиление рисунка, утолщение плевры	Кашель с мокротой, слабость, потливость
8	33	ХГОБ, эмфизема, пневмосклероз, ДН1	175/65	15	20	Нет	Кашель с мокротой, одышка, слабость, потливость
9	42	ХГОБ, эмфизема, пневмосклероз, ДН1, ХЛС, ст. компенсации, НК ₀	174/73	20	8	Эмфизема, расширение, тяжесть корней	Одышка, кашель с мокротой, кровохарканье

Примечание. СБА — смешанная (инфекционно-аллергическая и атопическая) бронхиальная астма; ХГОБ — хронический гнойно-обструктивный бронхит; ХОБ — хронический обструктивный бронхит; ИБС — ишемическая болезнь сердца; СН — стенокардия напряжения; ФК — функциональный класс; НК — недостаточность кровообращения; ГБ — гипертоническая болезнь; ДН — дыхательная недостаточность; ХЛС — хроническое легочное сердце. Звездочка — состояние после резекции верхней доли правого легкого, аденоматоз сегментарного бронха (В6) левого легкого. (1) — курение прекращено 1 год назад.

76,1±9,3 суток. К сожалению, мы располагаем лишь официальными сведениями о полученной радиационной дозе (в среднем она составила 22,7±0,8 Р), которые нельзя признать полностью достоверными.

Диффузионная способность легких определялась методом одиночного вдоха с применением инфракрасного датчика и специально разработанного программного обеспечения для обработки полученных данных (Модель 2200, SensorMedics Corp.). Альвеолярный объем (V_a) измерялся одновременно с применением метана в качестве тест-газа. Контур системы регулярно тестировался во избежание утечки газов. Суммарное мертвое пространство системы составляло 80 мл и учитывалось при расчетах V_a. Ошибки системы при анализе газов были в пределах 2% для CO и CH₄. Объем и поток измерялись с помощью масс-флоу-сенсора — специального датчика, представляющего собой нагреваемую нить и калиброванного с помощью 3-литрового калибровочного шприца ежедневно. Анализатор приводился к нулю по отношению к комнатному воздуху, а затем калибровался с использованием тест-газов перед каждым исследо-

ванием. Тест проводился в соответствии с критериями Американского Торакального Общества [22], согласно которым объем вымывания мертвого пространства (V_{wash}) и объем альвеолярной порции не должны были превышать 0,75 л, а в случае, если ЖЕЛ менее 2 л, то 0,5 л. Каждому пациенту проводилось по два технически приемлемых теста, которые считались воспроизводимыми, если один тест не отличался от другого DLCOsb более чем на 10% или 3 мл/мин/мм Hg. Процентная разница между результатами двух тестов рассчитывалась следующим образом:

$$100 \times (\text{тест1} - \text{тест2}) / \text{средняя DLCOsb.}$$

Бодиплетизмографическое исследование проводилось с использованием универсальной бодикамеры, позволяющей осуществлять измерения в условиях как переменного, так и постоянного объема (Модель 2800 Transmural Body Box, SensorMedics Corp.). При измерении кривой поток—объем, бронхиального сопротивления и структуры статических объемов проводилось не менее трех технически приемлемых попыток, позволяющих достигать нужной воспроизводимости измерений (показатели FEV₁, полученные из этих попыток,

Характер, условия труда пациентов и полученная доза радиации

Код пациента	Производимая работа	Время пребывания в зоне	Зона пребывания	Использование средств защиты	Полученная доза, Р
1	Дегазация	06 — 08.86 (90 дн.)	25 — 30 км	Нет	24,0
2	Строительство	07 — 10.86 (105 дн.)	0,2 — 0,3 км	Нет	18,5
3	Удаление грунта	89 (75 дн.)	Зона осадения облака	Нет	24,0
4	Уборка, строительство	07 — 10.86 (90 дн.)	Крыша реактора	Однократно	20,2
5	Дегазация	09.86 (30 дн.)	25 — 30 км	Нет	23,0
6	Уборка, сварочные работы	09.86 (30 дн.)	Реактор	Нет	25,0
7	Строительство, дегазация	07 — 10.86 (90 дн.)			23,6
8	Уборка, снятие грунта	1986 (75 дн.)	25 — 30 км	Нет	21,0
9	Дегазация, бурение	12.86 — 03.87 (100 дн.)	17 км	Нет	25,0

не должны были отличаться более чем на 5%) согласно стандартам Американского Торакального Общества [12].

Исследование метаболизма во время тестов с физической нагрузкой (спироэргометрия) осуществлялось по стандартной методике. После 2 минут исследования параметров и стабилизации газообмена пациента и 2 минут свободного педалирования без нагрузки, пациентам задавался стандартный протокол со ступенчато нарастающей нагрузкой по 15 Вт в мин до изнеможения. Осуществлялось постоянное мониторирование ЭКГ и АД. Пациент дышал через специальную маску с низким сопротивлением и мертвым пространством (Hans Rudolph Inc., USA). Метаболические параметры измерялись с помощью диагностической системы — 2900 Metabolic Measurement Cart (SensorMedics Corp.) в режиме breath-by-breath, т.е. измерения показателей для каждого дыхательного цикла с последующим их усреднением. Анализировались следующие параметры: VO_2 max — максимальное потребление кислорода, АТ — анаэробный порог, BR — вентиляционный резерв, Vd/Vt — соотношение объема мертвого пространства и дыхательного объема.

Параметры газового состава крови определялись спектрофотометрическим методом (кислотно-

щелочная лаборатория, модель 288, Ciba-Corning).

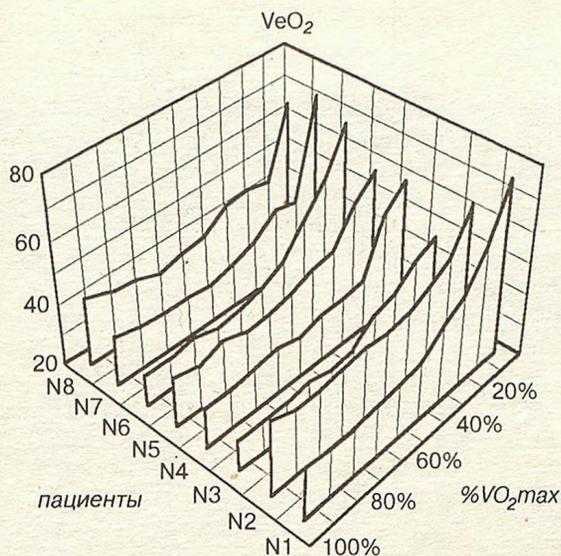
Анализ данных исследования респираторной функции показал функциональное разнообразие вентиляционных нарушений у данной группы больных. Как видно из представленных в табл.3 данных, изолированные нарушения вентиляционной функции отмечались у четырех больных: обструкция легкой степени (1 больной), обструкция средней степени (1), гипервоздушность легкой степени (1), рестрикция легкой степени (1). Кроме того, среди обследуемых было выявлено и три варианта сочетанных вентиляционных расстройств: обструктивный тип нарушения вентиляции средней степени в сочетании с легкой степенью гипервоздушностью у 2 пациентов, сочетание средних степеней обструкции и гипервоздушности — у 1 пациента и обструктивный тип нарушения легкой степени в сочетании со средневыраженной гипервоздушностью — у 1 пациента. У 1 больного вентиляционных нарушений выявлено не было.

Результаты исследования диффузионной способности легких показали, что спектр диффузионных расстройств у данной категории больных столь же разнообразен. Наиболее частым типом нарушения для них оказалось изолированное снижение так называемой «удельной диффузии» (у 6 пациен-

Т а б л и ц а 3

Параметры респираторной функции (% должн.)

Код пациента	FEV ₁	FEV ₁ /FVC	FEP ₂₅₋₇₅	VC	RV	TLC	FRC	DLCO	DLCO/Va	Raw	PaO ₂	PaCO ₂
1	80	75	47	105	180	129	101	86	72	345	93,1	39,2
2	89	82	89	110	122	115	128	93	79	263	91,2	38,2
3	84	83	85	88	149	105	102	62	87	108	80,2	41,3
4	74	89	54	83	112	186	130	76	75	167	93,3	37,4
5	78	73	39	115	133	118	135	90	78	155	90,2	34,4
6	108	84	70	128	139	134	110	94	64	181	87,5	37,6
7	97	79	65	120	110	105	112	101	76	220	75,2	39,1
8	112	104	137	103	43	88	81	95	80	225	91,5	39,3
9	79	76	45	111	132	119	145	78	65	113	83,6	39,8
M	86,8	82,8	64,5	106,1	129,0	121,1	121,0	90,4	77,0	199,0		
SE	4,1	3,1	8,4	3,9	11,7	7,1	6,2	3,8	2,2	20,1		



Изменение вентиляционного эквивалента по кислороду во время нагрузки у 8 пациентов.

тов) — отношения общей диффузии и альвеолярной вентиляции (D_{LCO}/V_a) при нормальном уровне общей диффузионной способности легких. Эти изменения можно объяснить компенсаторным увеличением альвеолярного объема в ответ на снижение диффузионной способности легких. У 1 больного, напротив, было зарегистрировано снижение показателя общей диффузионной способности легких при нормальном соотношении D_{LCO}/V_a , что может свидетельствовать об имеющей место в данном случае альвеолярной гиповентиляции и снижении за счет этого показателя общей диффузии. Одновременное снижение показателя общей и скорректированной по отношению к альвеолярному объему диффузионной способности

легких найдено у 2 больных в сочетании со снижением так называемого индекса альвеолярного распределения (отношения V_a/TLC) [16], что может свидетельствовать о наличии у этих пациентов, помимо гипервоздушности, функциональных признаков истинной эмфиземы с уменьшением объема функционирующего альвеолярного пространства. Однако умеренное снижение диффузионной способности легочной ткани не привело к достоверному изменению напряжения газов в артериальной крови. Лишь в одном случае зарегистрирована незначительная гипоксемия и еще в одном — гипокания. Последняя может быть вызвана произвольной гипервентиляцией во время взятия пробы.

Исследование газообмена во время теста с физической нагрузкой (табл.4) продемонстрировало в целом значительное снижение толерантности к физической нагрузке. У трех пациентов максимальное потребление кислорода составило менее 50%, у 5 — от 50 до 70% от должного. Один больной не смог выполнить тест из-за боли в коленных суставах. Признаки анаэробного порога были зафиксированы у 6 пациентов, где его уровень был в пределах нормы. Из них у 3 больных причиной завершения нагрузочного тестирования было достижение предельно допустимых цифр диастолического давления без ЭКГ-признаков ишемии миокарда и превышения вентиляционного функционального предела. Двое больных прекратили выполнение теста вследствие появления признаков недостаточности коронарного кровообращения — депрессии сегмента ST более 1 мм и достижения субмаксимального числа сердечных сокращений. У одного пациента тест пришлось прекратить из-за внезапно появившегося у него головокружения, не сопровождавшегося резкими перепадами АД и изменениями ЭКГ. В двух случаях, когда

Т а б л и ц а 4

Показатели газообмена при физической нагрузке

Код пациента	VO_2 макс., мл/мин (% должн.)	АТ, мл/мин (% VO_2 должн.)	ЧСС макс., уд/мин (% должн.)	АД, мм рт. ст.	BR, %	V_d/V_t в покое	V_d/V_t макс.	Причина завершения теста
1	822 (28)	—	102 (68)	130/86	0,74	0,52	0,31	Диспноэ
2	1569 (66)	1422 (50)	112 (74)	165/100	0,50	0,46	0,26	Головокружение
3	1531 (51)	—	133 (83)	163/102	0,63	0,57	0,24	Усталость ног
4	1444 (47)	1108 (36)	136 (73)	185/120	0,47	0,44	0,20	Достижение максимально допустимого диастолического АД
5	Тест не проводился							
6	1931 (68)	1401 (50)	133 (75)	190/120	0,56	0,46	0,24	Достижение максимально допустимого диастолического АД
7	1886 (63)	1501 (50)	138 (86)	195/110	0,59	0,50	0,18	Депрессия сегмента ST (1,2 мм) и появление экстрасистол из A-V узла, 5—6 в мин
8	1906 (61)	1750 (56)	165 (100)	163/78	0,56	0,50	0,22	Депрессия сегмента ST (1,1 мм) и достижение максимально допустимого ЧСС
9	1411 (49)	1261 (44)	139 (86)	190/120	0,50	0,57	0,32	Достижение максимально допустимого диастолического АД
M	1562,5 (54,1)	1407,2	132,3	171,4/104,5	0,57	0,50	0,25	
SE	129,9 (4,7)	89,0	6,7	7,4/5,7	0,03	0,02	0,02	

неинвазивные признаки анаэробного гликолиза так и не были зарегистрированы, причинами прекращения нагрузочного теста были: в первом случае — резко выраженное ощущение затрудненного дыхания при значительном сохраненном вентиляционном резерве и отсутствии кардиальных показаний для прекращения теста, а во втором — усталость ног при отсутствии признаков достижения респираторного или циркуляторного пределов. Таким образом, у большинства пациентов именно циркуляторный фактор являлся главным в ограничении физической работоспособности.

Соотношение объема мертвого пространства к дыхательному объему (V_d/V_t) и вентиляционный эквивалент по кислороду (Ve/O_2) являются важными критериями эффективности вентиляции в отношении поддержания газообмена [1]. Высокий уровень отношения V_d/V_t в состоянии покоя у наших пациентов (в норме 0,3—0,35) в сочетании с повышенным вентиляционным эквивалентом по кислороду между 25 и 50% VO_{2max} — рис.1 (в норме 25—30) свидетельствуют о том, что имеет место вентиляционный шунт [10,19]. Во время нагрузки уровень вентиляции мертвого пространства значительно снижается, что говорит о повышении ее эффективности в отношении газообмена, однако у 2 из 6 пациентов так и не достигает обычного уровня соответствующего максимальному потреблению кислорода (в норме 0,15—0,20 [9]).

При проведении исследования корреляционной зависимости между основными параметрами, отражающими выраженность проявлений бронхиальной обструкции, гипервоздушности, диффузионных расстройств, с одной стороны, и длительностью пребывания в очаге радиационного поражения, отдаленностью от эпицентра и официально зарегистрированной радиационной дозой — с другой, достоверной корреляционной связи выявить не удалось. Возможно, это связано с недостаточным количеством наблюдений, неоднородностью представленной группы, неточностью или отсутствием в ряде случаев необходимых сведений, касающихся деятельности пациентов в зоне радиационного поражения.

Обобщая полученные данные, можно говорить о том, что диффузионная способность легких оказалась наиболее нарушенным компонентом респираторной функции у лиц, подвергшихся радиационному воздействию во время ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Это соответствует литературным данным, согласно которым исследование диффузионной способности легких является наиболее информативным из легочных функциональных тестов при радиационных поражениях [13]. Были выявлены различные варианты диффузионных расстройств. Сочетание неизменной общей диффузии и сниженного отношения (D_LCO/V_a), зарегистрированное у 6 пациентов, не является характерным для больных с хроническими обструктивными заболеваниями легких, при которых снижение общей диффузионной способности часто происходит вследствие альвеолярной гиповентиляции [22], что подтверждается обычно нормальным соотношением D_LCO/V_a . Имеющее место снижение этого соотношения у

злостных курильщиков, неоднократно описанное в литературе [11,14], всегда сочетается со снижением в гораздо большей степени общей диффузионной способности легочной ткани [25]. Поэтому зарегистрированные нами нарушения диффузии у 6 пациентов трудно объяснить такими факторами, как бронхиальная обструкция, эмфизема, курение. В данном случае можно было бы предположить, что подобный характер снижения диффузионной способности может быть обусловлен спецификой радиационного и, в частности, радионуклидного поражения легочной ткани, описанного выше. Однако функциональная неоднородность и малочисленность представленной группы не позволяют четко обозначить общие функциональные признаки, характерные для поражения легочной ткани ингалируемыми радионуклидами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жорова Е.С., Заликин Г.А., Нисимов П.Г. Гистопатология легких при инкорпорации плутония-238 // Радиобиология.— 1989.— Т.29, N 2.— С.202—206.
2. Левдик Т.И., Калмыкова З.И., Фетисова Л.И. и др. Влияние пониженной относительной влажности воздуха на накопление плутония-239 в организме и его биологическую эффективность // Гиг. и сан.— 1989.— N 7.— С.13—16.
3. Brady L.W., Germon P.A., Cande L. The effects of radiation therapy on pulmonary function in carcinoma of the lung // Radiology.— 1965.— Vol.85.— P.130—134.
4. Cionini L., Pacini P., De Paola E. et al. Respiratory function tests after mantle irradiation in patients with Hodgkin's disease // Acta Radiol. Oncol.— 1984.— Vol.23.— P.401—409.
5. Emirgil C., Heineman H.O. Effects of irradiation of the chest on pulmonary function in man // J. Appl. Physiol.— 1961.— Vol.16.— P.331.
6. Groover T.A., Christie A.C., Merritt E.A. Intrathoracic changes, following roentgen treatment of breast carcinoma // Am. J. Roentgenol.— 1923.— Vol.10.— P.471—476.
7. Gross N.J. Pulmonary effects of radiation therapy // Ann. Intern. Med.— 1977.— Vol.86.— P.81—92.
8. Hines L.E. Fibrosis of the lung following roentgen-ray treatments for tumor // JAMA.— 1922.— Vol.79.— P.720.
9. Jones N.L., Campbell E.J. Clinical Exercise Testing.— Orlando: Grune Stratton Inc., 1982.
10. Jones N.L., Markides L., Hitchcock C. et al. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test // Am. Rev. Respir. Dis.— 1985.— Vol.131.— P.700—708.
11. Knudson R.J., Kaltenborn W.T., Burrows B. The effects of cigarette smoking and smoking cessation on the carbon monoxide diffusing capacity of the lung in asymptomatic subjects // Ibid.— 1989.— Vol.140.— P.645—651.
12. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies // Ibid.— 1991.— Vol.144.— P.1202—1218.
13. Maasilta P. Deterioration in lung function following hemithorax irradiation for pleural mesothelioma // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.— 1991.— Vol.20, N 3.— P.433—458.
14. Martt J.M. Pulmonary diffusing capacity in cigarette smokers // Ann. Intern. Med.— 1962.— Vol.56.— P.39—45.
15. Mattson K., Holsti L.R., Poppins H. et al. Radiation pneumonitis and fibrosis following split course radiation therapy for lung cancer // Acta Oncol.— 1987.— Vol.26.— P.193—196.
16. Miller W.F., Scacci R., Jast L.R. Laboratory Evaluation of Pulmonary Function.— Philadelphia: J.B. Lippincott, 1987.
17. Phillips T.L., Wyatt J.P. Radiation Fibrosis // Pulmonary Diseases and Disorders / Ed. A.P. Fishman.— Pennsylvania: McGraw-Hill Book Co, 1980.— Vol.1.— P.658—674.
18. Prato F.S., Kurdyak R., Salbil E.A. et al. Physiological and radiographic assessment during the development of

- pulmonary radiation fibrosis // Radiology.— 1977.— Vol.122.— P.389—397.
19. Ross R. Interpreting Exercise Tests.— Houston: CSI Software, 1989.
20. Rubin P., Casarett G.W. Respiratory system // Clinical Irradiation Pathology.— Philadelphia: W.B. Saunders Co, 1968.— Vol.1.— P.423—470.
21. Sanders C.L., Lauhala K.E., McDonald K.E. Quantitative scanning electron microscopic autoradiography of inhaled $^{239}\text{PuO}_2$ // Health Phys. [G2H].— 1989.— Vol.56, N 3.— P.321—325.
22. Single-breath carbon monoxide diffusing capacity (transfer factor): recommendations in a standard technique // Am. Rev. Respir. Dis.— 1987.— Vol.236— P.1299—1307.
23. Tyler A.F., Blackman J.R. Effect of heavy radiation on pleura and lungs // J. Radiol.— 1922.— Vol.3.— P.469.
24. Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y., Whipp B.J. Principles of Exercise Testing and Interpretation.— Philadelphia: Lea Febiger, 1987.
25. Watson A., Joyce H., Hopper L., Pride N.B. Influence of smoking habits on change in carbon monoxide transfer factor over 10 years in middle aged men // Thorax.— 1993.— Vol.48.— P.119—124.

Поступила 06.12.93

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 1993

УДК 616—001.28—07:[616.233—008.8+616.155.3]—073

А.В.Бизюкин, Б.Х.Ягмуров, А.А.Тимофеев, С.К.Соодаева

СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ОТДАЛЕННЫХ СРОКАХ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

НИИ пульмонологии МЗ РФ, Москва

FREE RADICAL PROCESSES AS DISTANT RESULTS OF IRRADIATION

A.V.Bizyukin, B.H.Yagmurov, A.A.Timofeev, S.K.Soodaeva

S u m m a r y

Free radical status of 9 liquidators of Chernobyl catastrophe consequences was investigated. The level of lipid peroxidation, extra- and intracellular ratio of oxygen active form (OAF) and concentration of calcium ions in the phagocytes in the bronchoalveolar lavage (BAL) and blood were studied. It was found that the above parameters in the blood cells are the same as in those of the healthy people. But the greater formation rate of active radicals in the BAL cells and increased content of lipid peroxidation products and calcium ions was witnessed. According to the data obtained, the activation of free radical processes in the examined patients lungs may be interpreted as the distant results of aerosol radiation damage. Different possible approaches to the treatment of Chernobyl catastrophe liquidators are discussed.

Р е з ю м е

Исучен свободнорадикальный статус 9 пациентов—ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС. Измерены следующие параметры: уровень перекисного окисления липидов, соотношение вне- и внутриклеточной продукции активных форм кислорода и концентрация ионов кальция в фагоцитирующих клетках бронхоальвеолярного лаважа (БАЛ) и крови.

Получены данные о том, что исследованные параметры не отличаются от нормальных в клетках крови. В то же время в клетках БАЛ было зарегистрировано усиление внутриклеточной продукции активных форм кислорода, увеличение содержания продуктов ПОЛ и ионов кальция.

Представленные результаты позволяют интерпретировать активацию свободнорадикальных процессов в легких обследованных пациентов именно как отдаленный результат аэрозольного радиационного воздействия. Обсуждаются возможные подходы к лечению пациентов—ликвидаторов радиационных аварий.

Одним из основных патогенетических факторов развития радиационного поражения является интенсификация свободнорадикальных процессов (СРП) в организме [1]. Усиление этих процессов в тканях в ответ на радиационное воздействие происходит сразу после облучения и в основном при больших дозах радиации (свыше 2—3 Гр) [4]. Малые же дозы радиации (до 1 Гр) [6] в эксперименте на животных не вызывают резкого роста уровня СРП [10]. Течение этих реакций может иметь длительный латентный период с последующим прогрессированием. Но некоторые показатели СРП могут повышаться непосредственно при радиационном воздействии. Фагоцитирующие

клетки легких и крови также являются источниками свободных радикалов и могут играть ведущую роль в развитии СРП в организме [7]. Различные репарационные системы организма могут угнетаться или активироваться в зависимости от дозы облучения и от сроков после воздействия радиации [6]. Однако свободнорадикальный статус пациентов при отдаленных сроках воздействия малых доз радиации изучен недостаточно. Известны данные об усилении внутриклеточной продукции активных форм кислорода (АКФ) при действии малых доз радиации, что приводит к повреждению ДНК в ранние сроки лучевого поражения [14]. К сожалению, авторы пользовались не прямым методом измерения