

легких, глубокого объема выдоха и вдоха возрастает роль нижних долей легких, причем при глубоком дыхании на правое легкое приходилось 52, а на левое — 48 % этих объемов.

Таким образом, с помощью рентгеновских методов можно изучить вентиляцию легких, легочные объемы. Полученные результаты могут служить отправным моментом в изучении различных патологических состояний в легких.

Литература

1. Ананьина Г. В. Изменение механизма внешнего дыхания при физической нагрузке. — В кн.: Тез. докл. конф. молодых ученых Ленингр. ин-та усоверш. врачей. Л., 1956, с. 5—8.
2. Бурлаченко Г. А., Бодня И. Ф. К методике рентгенографического исследования внешнего дыхания. — Вестн. рентгенологии и радиологии, 1958, № 4, с. 29—30.
3. Каменецкий М. С. Оценка рентгенологических методов исследования внешнего дыхания. — Врач. дело, 1963, № 8, с. 73—75.
4. Каменецкий М. С., Лунев Г. Н. К методике электрокимографии и денсиграфии. — Материалы 5 съезда рентгенологов и радиологов УССР. Киев, 1972, с. 53—54.
5. Кевеш Е. Л., Бураковский В. И. Значение рентгенокимографии в изучении внешнего дыхания у легочных больных. — Клинич. медицина, 1955, 3, № 6, с. 63—68.
6. Марморштейн С. Я., Абарбанель Е. Э. Электрокимография легких. М., 1966. 183 с.
7. Несис А. И. Рентгенофункциональные методы исследования в диагностике антракosisиликоза угольщиков Караганды. — В кн.: Материалы респ. науч.-технич. и мед. конф. по борьбе с силикозом. Алма-Ата, 1959, с. 82—88.
8. Соколов Ю. Н. Способ объективной регистрации эмфиземы легких. — В кн.: Труды научн. сессии Центр. ин-та рентгенологии и радиологии. М., 1949, с. 111—116.
9. Шик Я. Л. Рентгенокимография, пневмография, спирометрия. — В кн.: Сборник работ по эксперим. физиологии и патофизиологии. Л., 1936, с. 85—94.

Донецкий медицинский институт

Поступила в редакцию
12. VI 1978 г.

УДК 612.212.014.462.8

В. В. Шишканов

АЛЬВЕОЛЯРНЫЙ СУРФАКТАНТ У КРЫС ПРИ ОСТРОЙ ГИПОКСИИ И ГИПЕРКАПНИИ

Гипоксия и гиперкапния — частые и нередко сочетающиеся нарушения гомеостаза, причиной которых могут послужить изменения воздушной среды, а также патология разных физиологических систем. Есть сведения о том, что гипоксия и гиперкапния приводят к нарушениям сурфактантной системы легких. Например, их считают вероятной причиной болезни гиалиновых мембран у новорожденных, которую связывают с дефицитом сурфактанта [6]. Длительную тяжелую гипоксию называют главной причиной «шокового легкого» у взрослых [5] — синдрома, в происхождении которого также придают важное значение нарушению синтеза сурфактанта [14]. В то же время данные о влиянии недостатка кислорода [1, 3, 4, 7, 9, 13] и избытка углекислоты [7, 10—12] на образование и содержание в альвеолах поверхностно-активного вещества (ПАВ) пока не создают вполне ясного представления по этому вопросу и требуют накопления большого числа фактов.

Мы исследовали поверхностное натяжение (ПН) легочных экстрактов или смывов и коэффициент стабильности (КС) пузырьков, выжимаемых из легких крыс после развития у них острой гипоксии и повторного действия гиперкапнии.

Методика исследований

Опыты выполнены на 100 крысах-самцах линии Вистар весом 180—230 г; 50 интактных, 35 подвергнутых воздействию гипоксической гипоксии и 15 — воздействию избытка углекислого газа. Состояние гипоксической гипоксии вызывали в барокамере, создавая разрежение воздуха, соответствующее высоте 7000, 5500 и 5000 м соответственно в течение 2, 3 и 1 ч. Состояние гиперкапнии воспроизводили в течение 8 ч ежедневно на протя-

жении недели в затравочной камере объемом 0,5 м³, через которую непрерывно пропускали смесь воздуха с углекислым газом из баллона, поддерживая концентрацию СО₂ на уровне 6—7 % с помощью АУХ-2. Воздух подавали в смеситель микрокомпрессором МК-Л при свободном оттоке газовой смеси из камеры. Крыс забивали по окончании опыта посредством внутривенного введения воздуха (серии 1 и 2, см. таблицу) или пересечения спинного мозга и крупных сосудов шеи (серии 3 и 4). Определяли легочный весовой коэффициент (ЛК). О состоянии легочного сурфактанта судили по величине ПН экстрактов (1 г/100 мл физиологического раствора) или смывов легких, определяемого на весах для измерения поверхностного натяжения в модификации [2]. Альвеолярный смыв получали повторным введением шприцем в трахею по 7—8 мл физиологического раствора с последующим отсасыванием его до накопления объема, необходимого для заполнения кюветы весов (100 мл). Определяли также КС легочных пузырьков методом Пэтла [8]. Результаты обработаны статистически.

Результаты исследований и их обсуждение

Пребывание крыс в барокамере при разрежении воздуха, соответствующем высоте 7000 м, привело к гибели двух из них через 1,5 и 2 ч от начала опыта. Их легкие имели вид опеченевших с высоким ЛК. Легкие у всех остальных животных этой серии были также резко гиперемизированы, с кровоизлияниями на поверхности. При разрежении, соответствующем 5500 м, 3 ч пребывание в камере сопровождалось меньшим поражением легких, однако у половины животных в них были множественные кровоизлияния. Исследование показателей поверхностной активности легочных экстрактов у животных обеих серий выявило достоверное снижение минимального ПН, т. е. повышение его поверхностной активности. Следует заметить, что это изменение ПН было отмечено несмотря на то, что в экстрактах легких опытных животных обеих серий был значительный избыток крови, добавление которой к экстракту повышает его ПН.

После пребывания крыс в течение 1 ч «на высоте» 5000 м их легкие по виду не отличались от легких интактных животных. В этих условиях изменений поверхностной активности легочного экстракта не произошло. Не изменился и КС пузырьков, выжимаемых из легких, который характеризует активность сурфактантной выстилки альвеол.

Таким образом, в наших опытах непродолжительное (1 ч) воздействие гипоксии не вызывало выявляемых изменений сурфактантной системы, тогда как более длительное и более интенсивное влияние кислородной недостаточности приводило к повышению поверхностной активности легочных экстрактов. При острой гипоксии поверхностная активность экстракта снижается, увеличение продолжительности воздействия приводит к ее возрастанию, что расценивается как адаптивное явление [1, 3, 4]. Указывают также, что пребывание животных в течение дня в атмосфере, содержащей половину нормального количества кислорода, не вызывало явных изменений структур, продуцирующих сурфактант [7]. Значительные их изменения находили после нескольких недель жизни при давлении 50 кПа [13].

Ежедневное воздействие на протяжении недели избытка углекислого газа не вызывало в наших опытах изменений внешнего вида легких. Достоверных изменений статического и минимального ПН смыва легких и индекса стабильности не произошло, и не изменилась величина КС пузырьков. Однако достоверно возросло максимальное ПН смыва и несколько увеличилась площадь петли гистерезиса. Эти изменения характеризовали некоторое возрастание поверхностной активности смыва.

При значительно более сильной гиперкапнии, вызываемой избытком СО₂ в воздухе (14—17 %) в течение одного дня, находили выраженное нарушение ультраструктуры клеток, секретирующих сурфактант [7]. Вдыхание 15 % СО₂ от нескольких часов до суток вело к прогрессирующему нарастанию изменений этих клеток и к возрастанию ПН экстракта, тогда как через 7—14 дней возникшие нарушения исчезали [11]. В условиях гиперкапнии выявляли также ультраструктурные признаки усиления секреции сурфактанта [12]. Отмечено увеличение синтеза фосфолипидов в легких *in vitro* при повышении содержания СО₂ в среде [10].

Наши данные подтверждают возможность адаптивного усиления поверхностно-активных свойств легких при гипоксии и гиперкапнии определенной интенсивности и длительности.

Поверхностное натяжение легочного экстракта или смыва и коэффициент стабильности пузырьков, выжимаемых из легких, при гипоксии и гиперкапнии у крыс

Число	ПН (дин/см)	Число
Исследованный		Исследованный

Поверхностное натяжение легочного экстракта или смыва и коэффициент стабильности пузырьков, выжимаемых из легких, при гипоксии и гиперкапнии у крыс

Серия опытов	Число крыс	ЛК	Исследованный субстрат	ПН (дин/см)		Индекс стабильности	Число крыс	КС пузырьков
				статическое	максимальное	минимальное		
1 — Гипоксия 7000 м, 2 ч Контроль*	5	0,81±0,16	Экстракт	42,6±0,79	47,3±0,79	15,8±0,15	0,99±0,02	
	10	0,55±0,03		43,7±0,86	47,4±0,92	16,7±0,27		
2 — Гипоксия 5500 м, 3 ч Контроль*	6	0,57±0,06	Экстракт	41,7±1,66	46,0±1,91	15,4±0,32	0,99±0,02	
	10	0,55±0,03		43,7±0,86	47,4±0,92	16,7±0,27		
3 — Гипоксия 5000 м, 1 ч Контроль	14	0,60±0,03	Экстракт***	36,8±0,87	44,9±0,54	12,0±0,57	1,16±0,04	0,90±0,01 (n=296)
	14	0,56±0,02		36,1±0,02	43,6±0,85	11,2±0,81		
4 — Гиперкапния Контроль	10	0,66±0,02	Смыв	47,3±0,44	55,5±0,60	19,4±0,36	0,97±0,01	0,91±0,01 (n=374)
	10	0,60±0,03						
Контроль	10	0,60±0,03		46,2±0,43	53,4±0,43	19,0±0,24	0,95±0,01	0,91±0,01 (n=234)

* Одна и та же контрольная серия; ** Значения p приведены в случаях достоверности различий сравниваемых величин; *** Более низкие значения ПН в этой серии связаны с иным режимом работы весов.