

7. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. // Современные методы в биохимии / Под ред. В. Н. Ореховича. М., 1997. С. 66–68.
8. Меерсон Ф. З., Каган В. Е., Прилипко Л. Л. и др. Активация перекисного окисления липидов при эмоциональном болевом стрессе // Бюл. exper. биол. и мед. 1979. № 10. С. 404–406.
9. Верболович В. П., Подгорная Л. М. Определение активности глутатионредуктазы и супероксиддисмутазы на биохимическом автоанализаторе // Лабораторное дело. 1987. № 2. С. 17–20.
10. Karen M. Toth et al. // Amer. Riv. Respiratory Discase. 1986. V. 134, №. 2. P. 328–335.
11. Рудакова-Шилина Н. К., Матюкова Л. Д. Оценка антиоксидантной системы организма // Лабораторное дело. 1982. № 1. С. 19–22.
12. Mengel C. E., Kann H. E., Hetman J. A., Metz E. Effects of in vivo Hyperoxia on Erythrocytes. II. Hemolysis in a Human after Exposure to oxygen under High Pressure Blood. 1965. V. 25. № 5–6. P. 822–829.
13. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М., 1998. 459 с.
14. Бобырев В. Н., Воскресенский О. Н. Антиоксиданты в клинической практике // Терапевтический архив. 1989. № 3. С. 122–125.
15. Жмуров В. А., Малишевский М. В., Гапон Л. И., Кашуба Э. А. Мембранопатологические и иммунологические аспекты гипертонической болезни. Тюмень, 1998. 237 с.

Сергей Николаевич СУПЛОТОВ —
 зав. курсом клинической лабораторной
 диагностики ФПКУППС Тюменской
 государственной медицинской академии,
 кандидат медицинских наук, доцент

УДК 612.015

СТРУКТУРА ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ ЦИТОМЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ПОЛЕТАМ НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

АННОТАЦИЯ: В статье представлены результаты исследования липидного состава клеточных мембран эритроцитов у лиц летного состава гражданской авиации в различные периоды их трудовой деятельности. Выявлено, что у авиаспециалистов со стажем работы от 11 до 19 лет процесс адаптации к летному труду характеризуется снижением содержания в цитомембранах фосфатидилсерина и повышением уровня лизофосфолипидов. Дальнейшее продолжение летной деятельности приводит к мембранодеструктивным изменениям, основу которых составляет накопление свободного холестерина и лизофосфолипидов, снижение легкоокисляемых фосфолипидов.

The author presents the results of his study of lipid composition of erythrocyte cell membranes from the analysis material taken from of civil aviation crew members at different stages of their service. Results of the study reveal that work adaptation process of the crew members whose service period lasts from 11 to 19 years is characterized by the decreasing level of phosphatidil-serin and by the increasing level of lysophospholipids. Further continuation of their service resulted in membranes' destruction processes caused by the accumulation of free cholesterol and lysophospholipids, and the reduction of easy-oxidated phospholipids.

Поиск информативных и методически доступных приемов оценки состояния адаптации человека при выполнении полетов на воздушных судах (ВС) гражданской авиации (ГА) является одной из ведущих задач авиационной медицины [1, 2, 3]. В этом плане наиболее привлекательным является изучение изменений липидного состава цитомембран, имеющих важное значение в поддержании целостности, функциональной и метаболической активности клетки [4, 5, 6]. Известно, что в процессах адаптации человека принимают участие практически все органы и системы, но в первую очередь — клетки системы красной крови, участвующие в обеспечении тканей кислородом [7, 8, 9]. Учитывая недостаточную изученность структуры липидного бислоя клеточных мембран эритроцитов в процессе адаптации человека к профессиональным полетам на ВС ГА, целью настоящей работы явилось исследование липидного состава цитомембран эритроцитов у лиц летного состава в различные периоды их трудовой деятельности.

Материал и методы исследования

Исследование проводилось у работающих членов экипажей (мужчины) ВС Як-40, Ан-24, Ан-26, Ту-134, Ту-154, ИЛ-76. Все обследуемые лица летного состава (73 человека) были разделены на 3 группы: первая — со стажем работы от 3 до 10 лет (возраст 25–35 лет), вторая — стаж 11–19 лет (возраст 36–43 года), в третью группу вошли авиаспециалисты имеющие стаж работы от 20 до 30 лет (возраст 44–51 год). Контрольную группу (75 человек) составили практически здоровые мужчины — работники умственного труда. Лица наземного труда также были разделены на группы по возрасту и стажу работы. Материалом для исследования являлись эритроциты, выделенные из венозной гепаринизированной крови, трижды отмытые физиологическим раствором и упакованные. Липиды из клеточных мембран эритроцитов экстрагировали по методу Фолча [10] в модификации В. И. Крылова [11] с последующим определением холестерина и фракций фосфолипидов. Последние оценивали по содержанию неорганического фосфора после разделения их методом тонкослойной хроматографии на пластинах «Силуфол». Выделяли и анализировали содержание фосфатидилэтаноламина (ФЭА), фосфатидилхолина (ФХ), сфингомиелина (СФМ), фосфатидилсерина (ФС), лизофос-фатидилхолина (ЛФХ). Общее содержание фосфолипидов (ОФЛ) рассчитывали посредством суммирования концентрации вышеуказанных фракций. Количественное определение свободного и эфирсвязанного холестерина (СХС и ЭХС) проводили по унифицированному методу Златкиса-Зака [12]. Для оценки мембранодеструктивных изменений проводили исследование резистентности эритроцитов к 2%-му раствору перекиси водорода по методу С. Е. Mengel et. al. [13] с последующим расчетом процента перекисного гемолиза. Исследования выполнялись в клинко-биохимической лаборатории ЦНИЛ Тюменской государственной медицинской академии (зав. — с. н. с. Журавлева Т. Д.).

Статистическая обработка полученных данных проведена на персональном компьютере с применением программы «Биостат» [14]. Использовались непараметрические методы статистического анализа с расчетом основных статистических характеристик. Изменение показателей считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Сравнительная оценка изменений липидного состава клеточных мембран эритроцитов у лиц наземного и летного труда позволила выявить следующее. Так, у обследуемых в возрасте 44–51 года наблюдается достоверное снижение, в среднем на 34,5%, уровня ЭХС. Изменений концентрации СХС в 1 и 2-й возрастных группах обследуемых лиц не выявлено. Однако в 3-й группе у экипажей ВС уровень СХС значительно возрастает, что определяет повышение содержания общего холестерина (ОХС) в клеточных мембранах. Данные изменения сочетаются со значи-

тельным увеличением уровня перекисного гемолиза эритроцитов, свидетельствующим о снижении резистентности цитомембран.

Были изучены показатели фосфолипидного состава клеточных мембран эритроцитов у обследуемого контингента. Как следует из полученных данных, в процессе адаптации организма человека к летному труду снижалось содержание ФС в клеточных мембранах эритроцитов. В сравнении с контрольной группой у лиц летного состава со стажем работы 11–19 лет уровень ФС снижен на 29%, а при стаже работы свыше 20 лет — на 35%. Обратная динамика выявляется при оценке содержания ЛФХ. Так, у экипажей воздушных судов отмечается достоверно более высокое его содержание во все исследуемые периоды летной деятельности. Причем концентрация данного фосфолипида повышается постепенно. Если у авиарботников со стажем работы 11–19 лет уровень ЛФХ повышен на 33,3%, то при стаже работы свыше 20 лет (возраст 44–51 год) его уровень превышает значение контрольной группы на 41,2%.

В целом, несмотря на изменение концентрации различных фракций фосфолипидов в цитомембранах эритроцитов, суммарное их содержание (ОФЛ) достоверно не отличается от значения данного показателя лиц контрольной группы.

Представляют интерес данные расчета индекса микровязкости цитомембран (ОХС/ОФЛ) и соотношения легкоокисляемых фракций фосфолипидов к трудноокисляемым (ЛОФ/ГОФ). Из данных табл. 1 видно, что у авиаспециалистов, в сравнении с контрольной группой, уровень ЛОФ/ГОФ имеет наименьшие значения после 10 лет работы на ВС ГА. При этом данные индекса микровязкости цитомембран в этот период, наоборот, существенно превышают значения аналогичного показателя у лиц наземного труда.

Таблица 1

Соотношение липидных компонентов в цитомембранах эритроцитов у здоровых людей (З) и лиц летного состава (Л/С) разного возраста

Соотношение	Контингент	Возрастные группы (количество лет)		
		1-я (25-35)	2-я (36-43)	3-я (44-51)
ОХС/ОФЛ	З	1,27	1,13	1,12
	Л/С	1,26	1,25	1,43
ЛОФ/ГОФ	З	0,81	0,84	0,8
	Л/С	0,83	0,71	0,66

Полученные результаты свидетельствуют о наличии определенных особенностей в изменении структуры липидного бислоя цитомембран эритроцитов в процессе долговременной адаптации человека к полетам на ВС ГА. Выполнение летной работы в течение 3–10 лет (возраст 25–35 лет) характеризуется отсутствием существенных изменений липидного состава клеточных мембран, что свидетельствует о хороших адаптационных возможностях эритроцитов. Дальнейшее осуществление летной деятельности (стаж 11–19 лет, возраст 36–43 года) характеризуется нестабильностью фракционного состава фосфолипидов мембран, проявляющееся увеличением уровня ЛФХ и снижением содержания ФС. Учитывая тот факт, что ЛФХ обладает цитолитическим действием, а уровень ФС преимущественно снижается при некомпенсируемой активации окислительных процессов в клетке [15, 16], можно сделать заключение о наличии напряжения адаптивных процессов в эритроцитах. В последующий период летной работы (стаж свыше 20 лет, возраст 44–51 год) выявленные изменения достигают своего максимума. Снижение содержания легкоокисляемых фосфолипидов при нарастании в цитомембранах концентрации свободного холестерина, согласно данным литературы [17, 18], обуславливает повышение «жесткости» клеточной мембраны. Данный факт, совместно с повышением содержания ЛФХ, определяет состояние повышенной деструкции клеточной мембраны, что подтверждается увеличением уровня перекисного гемо-

лиза эритроцитов. Следовательно, данный период летной работы вызывает перенапряжение и срыв адаптивных реакций эритроцитов, осуществляющих сохранение гомеостаза клетки.

Выявленные изменения могут являться основой для разработки мероприятий по коррекции нарушений структуры липидного матрикса мембран данных клеток у лиц летного состава ГА, имеющих длительный стаж работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугров С. А., Лапаев Э. В., Пономаренко В. А., Ступаков Г. А. Проблема профессионального здоровья в авиационной медицине // Военно-медицинский журнал. 1993. № 1. С. 63–64.

2. Финкельштейн С. Врачебно-летная экспертиза в свете требований ИКАО: настоящее и будущее // Человек в авиации и безопасность полетов / Материалы первого научно-практического конгресса. Москва, 1998. С. 39–40.

3. Разсолов Н. А., Колесниченко О. Ю. Хронобиологические аспекты артериальной гипертензии в практике врача летной экспертизы. М., 2000. 178 с.

4. Петрина С. Н., Юшина Л. В. Роль липидов в адаптационных реакциях организма на экстремальные воздействия // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1989. № 3. С. 51–53.

5. Лапинский А. Г. Особенности состава и метаболизма липидов эритроцитарных мембран у человека в процессе адаптации в условиях Северо-Востока СССР // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1988. 17 с.

6. Колосова М. В., Новицкий В. В., Степовая Е. А. Состав липидов мембран эритроцитов и их биофизические характеристики у детей с инсулинозависимым сахарным диабетом в процессе терапии // Клиническая лабораторная диагностика. 2001. № 1. С. 10–12.

7. Каплан О. В. Участие липидного компонента эритроцитов в газообмене и состоянии дыхательной функции крови при геморрагических анемиях // Гематология и трансфузиология. 1996. Т. 41. № 4. С. 15–17.

8. Вишневская А. А., Яковлев В. М., Хабибуллова З. И., Мукамбетова Б. М. Мембранные и внутриклеточные компоненты адаптации к физическим факторам гор // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 6. С. 40–44.

9. Яковлев В. М., Терновой В. А., Михайлов И. В. Изменение липидной структуры мембран при воздействии климатогеографических факторов высокогорья // Физиология человека. 1992. Т. 18. № 5. С. 95–103.

10. Folch J., Less M., Sloan-Stanley G. H. A simple method for isolation and purification of total lipid from animal tissues // J. Biol. Chem. 1957. V. 226. № 2. P. 497.

11. Крылов В. И. Характеристика адаптационно-физиологических процессов липидного обмена у детей в условиях Севера и средней климатической зоны // Дис. ... д-ра мед. наук. Тюмень, 1978. 526 с.

12. Колб В. Г., Камышников В. С. Справочник по клинической биохимии / Изд. 2-е перераб. и дополненное. Минск, 1982. С. 211–213.

13. Mengel C. E., Kann H. E., Hetman J. A., Metz E. Effects of in vivo Hyperoxia on Erythrocytes. II. Hemolysis in a Human after Exposure to oxygen under High Pressure Blood. 1965. V. 25. № 5–6. P. 822–829.

14. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Перев. с англ. М., 1998. 459 с.

15. Стукал И. В., Герелюк И. П. Содержание холестерина и лизофосфолипидов в плазме и клетках крови больных стабильной стенокардией напряжения // Врачебное дело. 1990. № 11 С. 33–34.

16. Гогвадзе В. Г., Бруктовский Н. Н., Жукова А. А. Участие фосфолипазы А2 в индуцируемом продуктами перекисного окисления липидов разобщении митохондрий печени крыс // Биохимия. Т. 55. Вып. 12. С. 2195–2198.

17. Климов А. Н., Никульчева Н. Г. Обмен липидов и липопротеинов и его нарушения. СПб., 1999. 501 с.

18. Крылов В. И., Петрушина А. Д. Роль механизмов дестабилизации клеточных мембран в патогенезе нефропатий у детей // Проблемы мембранной патологии / Сб. науч. трудов. М., 1984. С. 57–63.