

25. Park Y., Ha J.W., Lee Y.T. et al. Surgical Outcomes of Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for the Treatment of Spondylolisthesis and Degenerative Segmental Instability // *Asian Spine J.* — 2011. — Vol. 5 (4). — P. 228–236.

26. Pellise F., Hernandez A., Vidal X. et al. Radiologic assessment of all unfused lumbar segments 7.5 years after instrumented posterior spinal fusion // *Spine.* — 2007. — Vol. 32. — P. 574–579.

27. Regev G.I., Lee Y.P., Taylor W.R. Nerve injury to the posterior rami medial branch during the insertion of pedicle screws: comparison of mini-open versus percutaneous pedicle screw insertion technics // *Spine.* — 2009. — Vol. 34. — P. 1239–1242.

28. Tuli S.K., Eichler M.E., Woodard E.J. Comparison of perioperative morbidity in translaminar facet versus pedicle screw fixation // *Orthopedics.* — 2005. — Vol. 28. — P. 773–778.

29. Tuttle J., Shakir A., Choudhri H.F. Paramedian approach for transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation. Technical note and preliminary report on 47 cases // *Neurosurg Focus.* — 2006. — Vol. 20. — P. E5.

30. Wiltse L.L., Spencer C.W. New uses and refinements of the paraspinous approach to the lumbar spine // *Spine.* — 1988. — Vol. 13 (6). — P. 696–706.

Поступила 21.06.2016

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бывальцев Вадим Анатольевич (Byvaltsev V.A.),

гл. нейрохирург «ОАО РЖД», рук. центра нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский», зав. курсом нейрохирургии ФГБОУ ВО «ИГМУ», рук. научно-клинического отд. нейрохирургии ФГБНУ «ИНЦ ХТ», проф. каф. травматологии, ортопедии и нейрохирургии ГБОУ ДПО «ИГМА», д-р мед. наук. E-mail: byval75vadim@yandex.ru.

Калинин Андрей Андреевич (Kalinin A.A.),

врач-нейрохирург центра нейрохирургии НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Пассажирский»; ассист. курса нейрохирургии ФГБОУ ВО «ИГМУ»; мл. науч. сотр. ФГБНУ «ИНЦ ХТ», канд. мед. наук. E-mail: andrei\_doc\_v@mail.ru.

УДК 613.6

Пащенко П.С.<sup>1</sup>, Плахов Н.Н.<sup>2</sup>, Сухотерин А.Ф.<sup>3</sup>

### ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЦИТОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕЙКОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У ЛЕТЧИКОВ

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого», ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, РФ, 195251;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена», набережная реки Мойки, 48, Санкт-Петербург, РФ, 191186;

<sup>3</sup>Филиал № 3, ФГБУ «3 Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского» Минобороны России, ул. Маршала Бирюзова, 1, Московская область, г. Одинцово, РФ, 143003

Представлены результаты цитохимических исследований лейкоцитов периферической крови у летчиков высокоманевренных самолетов. Установлено, что факторы полета на указанных летательных аппаратах вызывают у пилотов активацию симпатoadреналовой и гипофизарно-надпочечниковой систем с развитием предстрессовых и стрессовых реакций. Это проявляется в повышении активности внемитохондриальных ферментов и переводе обменных процессов в клетках с митохондриального окисления на преимущественно гликолитический, что указывает на развитие клеточной гипоксии. Проявление дезадаптационных расстройств характерно преимущественно для летчиков в возрасте свыше 40 лет и со стажем летной деятельности 2000 часов и более.

**Ключевые слова:** факторы летной деятельности; стаж летной работы, летчики высокоманевренных самолетов; система «гипофиз-надпочечники»; симпатoadреналовая система; вегетативные резервы, цитохимические показатели лейкоцитов периферической крови

Paschenko P.S.<sup>1</sup>, Plahov N.N.<sup>2</sup>, Sukhoterin A.F.<sup>3</sup> **Diagnostic value of cytochemical studies in peripheral blood WBC of pilots.** <sup>1</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University 29, Polytechnique str., St. Petersburg, Russian Federation, 195251; <sup>2</sup>Herzen Russian State Pedagogical University, 48, Moika emb., St. Petersburg, Russian Federation, 191186; <sup>3</sup>Branch No. 3, A.A. Vishnevsky 3<sup>rd</sup> Central Military Clinical Hospital, 1, Marshala Biruzova str., Odintsovo, Russian Federation, 143000

The authors presented results of cytochemical studies of peripheral blood WBC in pilots of highly maneuverable aircrafts. Findings are that flight factors in such aircrafts cause in pilots activation of sympathetic adrenal and pituitary-adrenal systems, with pre-stress and stress reactions. That is manifested by increased activity of extra-mitochondrial enzymes and transformation of cellular metabolic processes from mitochondrial oxidation to mostly glycolytic one — that suggests development of cellular hypoxia. Desadaptation disorders are characteristic mostly for pilots aged over 40 years and with length of service at least 2000 hours.

**Key words:** *pilot activity factors; length of pilot service; pilots of highly maneuverable aircrafts; "pituitary-adrenals" system; sympathetic adrenal system; vegetative resources; cytochemical parameters of peripheral blood WBC*

**Введение.** Деятельность специалистов летных профессий связана с воздействием на организм ряда факторов, которые по своим параметрам интенсивности и продолжительности действия не находят аналогов в повседневной жизни большинства людей. К таким факторам относятся, прежде всего, пилотажные перегрузки и психоэмоциональные реакции на скоротечное изменение условий полета [1,2,8]. Комбинированное воздействие указанных факторов носит, как правило, экстремальный характер, что вызывает срочную мобилизацию функциональных резервов организма пилота. Адаптация к систематическому воздействию летных нагрузок возникает путем включения неспецифических и специфических механизмов приспособления, что с увеличением стажа летной работы приводит к развитию адренкортикальной недостаточности, характерной для хронического стресса. Указанное состояние служит показателем развивающейся дезадаптации, лежащей в основе нарушения профессиональной деятельности летчика [1,2,6,8]. «Стоимость» функционального ответа и успешность адаптации к летным нагрузкам зависит от эффективности выполнения полетных заданий, стажа, состояния здоровья и возраста летчика [1,4,8].

В авиационной медицине оценочными критериями успешности формирования адаптации пилота к факторам полета служат результаты исследований функционального состояния центральной нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем организма [1,2,8]. Однако цитохимические показатели клеток периферической крови, которые способны отражать состояние вегетативных резервов и наиболее ранние проявления неспецифической реакции [3,5,6,9], практически не используются для характеристики процесса приспособления организма пилотов к летной деятельности.

С увеличением интенсивности и расширением спектра летных нагрузок на современных высокоскоростных и высокоманевренных летательных аппаратах роль раннего выявления неблагоприятных сдвигов со стороны функциональных систем организма пилота, а также оценки успешности адаптации летчиков к профессиональной деятельности неизменно возрастает. В связи с этим актуальным является возможность применения результатов цитохимических исследований в качестве донозологических оценочных показателей функциональных резервов организма, а также их динамики в зависимости от стажа летной работы.

**Цель исследования** — на основании результатов цитохимических исследований лейкоцитов перифериче-

ской крови оценить состояние приспособительной реакции летчиков высокоманевренных самолетов в зависимости от возраста и общего времени налета.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 77 летчиков-добровольцев в возрасте от 25 до 52 лет и со стажем летной работы от 6 лет до 31 года. В группы испытуемых вошли пилоты истребительно-штурмовой авиации. В дни обследований все пилоты были допущены к выполнению полетов без ограничений.

В зависимости от возраста и общего времени налета летчики были разделены на 3 группы: в группу 1 вошли пилоты (27 человек) в возрасте 25–32 лет, общее время налета которых не превышало 1000 часов; группа 2 (31 человек) состояла из пилотов в возрасте 33–39 лет с общим летным стажем от 1000 до 2000 часов; группа 3 (19 человек) была сформирована из пилотов в возрасте от 41 года до 52 лет, имеющих время налета более 2000 часов.

Контрольную группу составили 15 военнослужащих нелетных специальностей — инженеры и техники в возрасте 27–44 лет.

Всего было произведено 234 полета в соответствии со специально разработанными полетными заданиями. Для получения результатов исходных цитохимических исследований производился забор крови из пальца натошак у всех добровольцев в утренние часы в дни, свободные от полетов.

В дни проведения полетов кровь забиралась за 20–30 минут до первого полета, а также по окончании первой летной смены как у пилотов, так и у лиц контрольной группы с проведением оценки результатов цитохимической реакции в лейкоцитах периферической крови [3,5–7].

Исследовались активность щелочной фосфатазы нейтрофилов (ЩФН), кислой фосфатазы нейтрофилов и лимфоцитов (КФН и КФЛ), активность пероксидазы нейтрофилов (ПН), содержание гликогена и липидов в нейтрофилах (ГН и ЛН), активность в лимфоцитах цитохромоксидазы (ЦХО), сукцинатдегидрогеназы (СДГ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназы ( $\alpha$ -ГлФДГ) с вычислением среднего цитохимического коэффициента (СЦК) [3,5,9]. Статистическая обработка проводилась с использованием пакета прикладных программ «STATGRAF».

**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты оценки активности ферментов лимфоцитов у испытуемых представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Активность ферментов лейкоцитов периферической крови летчиков и лиц нелетной профессии (контрольная группа), СЦК (отн. ед.)**

Показатель	Лица нелетной профессии	Группы летчиков		
		1	2	3
ЦХО	1,50±0,1	1,65±0,09	1,67±0,11	1,32±0,3*
СДГ	21,2±3,8	14,7±1,1*	11,8±1,3*	9,9±1,3*
α-ГлФДГ	15,2±1,8	14,3±1,4	17,7±1,2	19,6±1,9*
ЛДГ	13,9±2,7	16,3±2,2	16,9±1,8	18,9±1,2*
ЩФН	0,36±0,05	0,42±0,08	0,48±0,05*	0,50±0,09*
КФН	1,02±0,13	1,12±0,09	1,25±0,15	1,32±0,10*
КФЛ	1,27±0,07	1,18±0,11	1,12±0,09	0,97±0,16*
ПН	2,31±0,12	2,48±0,11	2,54±0,09*	2,82±0,10*
ГН	2,64±0,09	2,44±0,14	2,22±0,25*	1,92±0,01*
ЛН	2,44±0,14	2,56±0,12	2,60±0,10	2,78±0,11*

Примечание. \* — достоверное отличие показателя в группе летчиков по сравнению с лицами нелетной профессии ( $p \leq 0,05$ ).

Характерная связь с возрастом и стажем летной деятельности обнаруживается в повышении активности щелочной фосфатазы и пероксидазы нейтрофильных лейкоцитов у лиц 2-ой и 3-ей групп ( $p \leq 0,05$ ). На активность этих ферментов в клетках влияет уровень глюкокортикоидов в крови и состояние клеточных механизмов протекания окислительно-восстановительных процессов [5]. В связи с этим можно отметить факт повышения активности ферментов у летчиков со стажем более 1000 часов налета, что свидетельствует о напряжении механизмов клеточной адаптации со стороны фагоцитарного звена периферической крови.

Энергетическое обеспечение протекания метаболических процессов в клетках обеспечивается динамикой утилизации гликогена, что проявляется и в изменении активности щелочной фосфатазы. Достоверное снижение уровня содержания гликогена в нейтрофильных лейкоцитах наряду с увеличением активности щелочной фосфатазы в этих клетках у пилотов второй и третьей групп может указывать на ухудшение функциональной активности фагоцитов, а рост пероксидазной активности их пероксисомного аппарата — на увеличение в них перекисных соединений [5].

Литическая способность фагоцитов во многом зависит от активности кислой фосфатазы, поэтому уменьшение активности фермента в нейтрофильных лейкоцитах ( $p \leq 0,05$ ) у испытуемых 3-ей группы свидетельствует об ухудшении фагоцитарной активности клеток [5], связанной, по-видимому, с возрастом и стажем летной работы. Активность фермента в лимфоцитах периферической крови у пилотов с увеличением стажа, наоборот, уменьшается и имеет достоверно сниженный уровень у испытуемых третьей группы. Этот факт может свидетельствовать об ослаблении функции лимфоцитов в крови указанных лиц.

Анализ результатов исследований также позволил установить тенденцию к снижению активности митохондриальных ферментов (ЦХО в гранулоцитах и СДГ в лимфоцитах крови) летчиков с увеличением возраста и времени налета. Причем достоверное снижение

активности СДГ характерно для всех испытуемых независимо от стажа летной работы, что может говорить о влиянии факторов самого полета на активность фермента как показателя интенсивности клеточного катаболизма.

Активность внемитохондриальных ферментов (α-ГлФДГ и ЛДГ) с увеличением стажа летной работы, наоборот, повышалась ( $p \leq 0,05$ ), что свидетельствует об активизации процессов гликолиза в клетках [6].

Кроме абсолютных величин активности ферментов функциональное состояние клетки характеризуют относительные величины — соотношение активности ключевых ферментов клетки. Так, у обследованных добровольцев, имеющих летный стаж более 1000 часов, отношение СДГ/ЛДГ снижается преимущественно за счет уменьшения активности СДГ и составляет величину около 1,0 относительных единиц. У пилотов, имеющих налет до 1000 часов, наоборот, указанный показатель оказался повышенным до 1,8 относительных единиц, что свидетельствовало о преобладании процессов окисления в специфическом функциональном комплексе клеток — митохондриях.

Содержание липидов в лейкоцитах позволяет судить о функции липофагоцитоза — захвате этими клетками липидов из плазмы крови. Как видно из представленных в табл. 1 результатов оценки содержания в нейтрофильных лейкоцитах липидов (ЛН), их уровень по сравнению с показателем у специалистов нелетных профессий имел тенденцию к повышению у пилотов всех групп и был достоверно повышен у лиц 3-ей группы ( $p \leq 0,05$ ). Подобная реакция отражает компенсаторно-приспособительную реакцию связывания избытка липидов, в том числе холестерина, в плазме крови, что способствует уменьшению поступления липидов в стенку сосудов [6,7]. По-видимому, указанное явление можно считать фактором риска, обуславливающим развитие атеросклероза.

Тот факт, что уровень ферментативной активности в лейкоцитах у летчиков достоверно отличался от показателей лиц нелетной профессии, потребовал

**Цитохимические показатели лимфоцитов периферической крови летчиков второй группы в летную смену, СЦК (отн. ед.)**

Эпизод исследований	Активность ферментов лейкоцитов				
	СДГ	ЛДГ	ГН	$\alpha$ -ГлФДГ	ЦХО
За 20–30 минут перед полетами	7,38±0,83	15,56±0,36	2,36±0,15	15,70±1,60	1,14±0,20
Через 20–30 минут после летной смены	7,76±0,85	20,80±1,11*	1,98±0,21*	19,56±1,10*	1,27±0,02

Примечание: \* — достоверное отличие показателя у летчиков в период после летной смены по сравнению с таким же показателем у них перед полетами ( $p \leq 0,05$ ).

выяснения роли летной нагрузки на ферментативный статус клеток крови под воздействием летной нагрузки в смену (табл. 2).

Выявлено влияние летной нагрузки на организм, состоящее в повышении активности немитохондриальных ферментов (ЛДГ и  $\alpha$ -ГлФДГ) в лимфоцитах периферической крови после завершения летной смены по сравнению с уровнем этих ферментов до полетов ( $p \leq 0,05$ ), что говорит о торможении клеточного дыхания в митохондриях. При этом обнаруживается уменьшение запаса гликогена в нейтрофильных лейкоцитах в ответ на воздействие факторов полета ( $p \leq 0,05$ ).

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что действие факторов полета на организм летчика вызывает однонаправленные изменения функции лейкоцитов, свидетельствующие о развитии предстрессовых и стрессовых состояний. Подобный факт подтверждается в эксперименте на биомодели в условиях острого и хронического гравитационного стресса корреляционной зависимостью между динамикой активности окислительных ферментов клеток крови и регуляторных систем организма [6]. Было установлено, что активация симпатoadrenalовой системы, сопровождающаяся повышением концентрации катехоламинов в крови, приводит к изменению в клетках окислительных процессов с торможением активности митохондриальных ферментов, нарушением дыхательной функции клеток и запуску процесса гликолиза во немитохондриальных структурах клетки. Этот факт может свидетельствовать о развитии гипоксии в клетках. Подобные достоверные изменения наблюдались преимущественно у летчиков с общим временем лета более 2000 часов.

В качестве ведущей причины подобных явлений указывается напряженность деятельности летчиков высокоманевренных самолетов, приводящая с возрастом к кумуляции неблагоприятных сдвигов со стороны функции регулирующих систем организма. В этом отношении важная роль принадлежит совершенствованию организации межполетного отдыха пилотов [6].

Результаты проведенной цитохимической оценки функционального состояния лейкоцитов периферической крови позволяют рекомендовать использование указанных исследований в практике авиационной медицины в качестве комплекса валидных показателей для установления уровня дезадаптационных изменений в организме летчиков в ответ на действие факторов полета.

**Выводы:**

1. Факторы полета на высокоманевренных летательных аппаратах вызывают активацию симпатoadrenalовой и гипофизарно-надпочечниковой систем с развитием предстрессовых и стрессовых реакций у пилотов. Это проявляется в повышении активности немитохондриальных ферментов и переводе обменных процессов в клетках с митохондриального окисления на преимущественно гликолитический.

2. Проявление дезадаптационных расстройств по результатам цитохимических исследований характерно для летчиков в возрасте свыше 40 лет и со стажем летной деятельности 2000 часов и более. Указанные явления выражаются в ухудшении фагоцитарной активности лейкоцитов, накоплении в них перекисных соединений и липидов, интенсификации клеточного катаболизма, повышении гликолитической активности с развитием гипоксии клеток.

3. Результаты цитохимических исследований целесообразно использовать в комплексе с оценкой профессиональной работоспособности и функционального состояния организма в качестве показателей, характеризующих процессы профессиональной адаптации пилотов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 9)**

- Бугров С.А., Лапаев Э.В., Пономаренко В.А., Ступаков Г.П. Проблема профессионального здоровья в авиационной медицине // Военно-мед. ж-л. — 1993. — №1. — С. 61–64.
- Буйнов А.Г. Патогенетический подход к разработке средств и методов повышения статокINETической устойчивости операторов авиакосмического профиля // Вестник оториноларингологии. — 2012. — № 4. — С. 33–36.
- Лецкий В.Б. Цитохимические исследования лейкоцитов. Возрастные колебания цитохимических показателей. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. — 34 с.
- Люцкий И.М., Зинкин В.Н., Афанасьев Р.В., Делалов Н.Н. Влияние профессиональных факторов на заболеваемость летного и инженерно-технического состава военно-транспортной авиации // Военно-мед. ж-л. 2008. — № 9. — С. 50–52.
- Морозова В.Т., Золотницкая Р.П. О цитохимических исследованиях клеток крови // Лаборат. дело, 1974. — №11. — С. 643–649.
- Пащенко П.С. Регуляторные системы организма в условиях гравитационного стресса. — СПб: Изд-во «Красный свет», 2007. — 383 с.

7. Почтарь М.Е., Луговская С.А., Морозова В.Т. Цитохимическая диагностика в лабораторной гематологии / Метод. рук-во. — СПб: Атлас, 2003. — 80 с.

8. Ушаков И.Б., Симакова Т.Г., Зина О.М. и др. Использование донозологического подхода при решении задач врачебно-лётной экспертизы // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2014. — Т. 48, № 6. — С. 16–22.

## REFERENCES

1. Bugrov S.A., Lapaev E.V., Ponomarenko V.A., Stupakov G.P. Problem of occupational health in aviation medicine // Voenno-meditsinskiy zhurnal. — 1993. — 1. — P. 61–64 (in Russian)

2. Буянов L.G. Pathogenetic approach to elaboration of means and methods to increase statokinetic stability of avia-space operators // Vestnik otorinolaringologii. — 2012. — 4. — P. 33–36 (in Russian)

3. Letskiy V.B. Cytochemical studies of WBC. Age-related changes in cytochemical parameters. — Leningrad: Izd-vo LGU, 1973. — 34 p (in Russian).

4. Lyutskiy I.M., Zinkin V.N., Afanas'ev R.V., Dellalov N.N. Influence of occupational factors on morbidity of pilots and technical engineers of military transportation aviation // Voenno-meditsinskiy zhurnal, 2008. — 9. — P. 50–52 (in Russian).

5. Morozova V.T., Zolotnitskaya R.P. On cytochemical studies of blood cells // Laboratornoe delo. — 1974. — 11. — P. 643–649 (in Russian).

6. Pashchenko P.S. Regulatory body systems in gravitational stress. — SPb: Izd-vo «Krasnyy svet», 2007. — 383 p. (in Russian).

7. Pochtar' M.E., Lugovskaya S.A., Morozova V.T. Cytochemical diagnosis in laboratory hematology. — St-Petersburg: Atlas, 2003. — P. 80 p. (in Russian).

8. Ushakov I.B., Simakova T.G., Zina O.M., et al. Use of prenosologic approach in solving problems of pilots' medical examination // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. — 2014. — Vol. 48. — 6. — P. 16–22 (in Russian).

9. Quaglini D., Hayhoe F.G.I. Acetone fixation for the citochemical demonstration of dehydrogenases in blood and bone marrow cells // Nature. — 1960. — Vol. 187. — №4731. — P. 85–86.

Поступила 26.12.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пащенко Павел Степанович (Paschenko P.S.),  
засл. раб. высш. шк. РФ, проф. каф. мед. физики ФГБОУ  
ВО «СПб гос. политехнический ун-т Петра Великого»,  
д-р мед. наук, проф.

Плахов Николай Николаевич (Plahov N.N.),  
проф. каф. медико-валеологических дисц. ф-та безопасно-  
сти жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Российский гос. пе-  
дагогический ун-т им. А.И. Герцена», д-р мед. наук, проф.  
E-mail: gp. aig@mail.ru.

Сухотерин Алексей Федорович (Sukhoterin A.F.),  
зам. нач. госп. по мед. части, Фил. №3, ФГБУ «3 Центр.  
военный клинич. госп. им. А.А. Вишневского», канд. мед.  
наук.