



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016
УДК 613.693

Возможности компьютерной стабิโลграфии в оценке функционального состояния организма оператора авиакосмического профиля

БЛАГИНИН А.А., профессор, доктор медицинских наук, доктор психологических наук,
полковник медицинской службы в отставке
КОТОВ О.В., летчик-космонавт РФ, доцент, полковник медицинской службы в отставке
ЖИЛЬЦОВА И.И., профессор
АННЕНКОВ О.А., кандидат медицинских наук, майор медицинской службы
(bnm.oleg@yandex.ru)
СЫРОЕЖКИН Ф.А., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

В целях совершенствования средств и методов повышения толерантности к вестибулярной нагрузке изучены возможности компьютерной стабילוграфии в оценке функционального состояния операторов авиакосмического профиля. В исследовании приняли участие 84 человека. Действие статокINETических нагрузок на организм испытуемых моделировалось путем выполнения вестибулярной пробы отолитовая реакция-10. Для оценки функционального состояния организма применялись компьютерная стабילוграфия и анализ вариабельности сердечного ритма до и после выполнения вестибулярной пробы. Установлено, что показатели компьютерной стабילוграфии позволяют достоверно определять динамику функционального состояния и статокINETической функции организма и могут быть применены при оценке эффективности вестибулярных тренировок операторов авиакосмического профиля.

К л ю ч е в ы е с л о в а: операторы авиакосмического профиля, функциональное состояние, вестибулярная тренировка, статокINETическая устойчивость, компьютерная стабילוграфия.

Blaginin A.A., Kotov O.V., Zhiltsova I.I., Annenkov O.A., Syroezhkin F.A. – Possibilities of computer stabilography as a part of evaluation of functional state of aerospace operator's organism. In order to improve the means and methods of tolerance increase to the vestibular load explored computer stabilography in assessing the functional state of the aerospace operator profile. 84 people attended the survey. Action statokinetic stress on the body of the subjects modelled by performing tests of vestibular otolith reaction 10. To evaluate the functional state of the organism used stabilography computer and heart rate variability analysis before and after vestibular tests. It was found that the performance of computer stabilography allow reliably determine the dynamics of the functional state and statokinetic functions of the body and can be used to assess the effectiveness of vestibular training operators aerospace profile.

К e y w o r d s: operator's aerospace profile, functional condition, vestibular training, statokinetic resistance, computer stabilography.

Оценка, прогнозирование и коррекция функционального состояния (ФС) организма летчиков и космонавтов являются главными направлениями авиационной и космической медицины, поскольку от этого во многом зависит обеспечение безопасности полетов и повышение эффективности профессиональной деятельности летного состава.

Основные научные представления о диагностике ФС были сформулированы еще во второй половине XX в. [3, 6]. Залогом их успешной реализации является постоянное техническое совершенствование методов оценки ФС и его коррекции.

Одним из перспективных решений этой задачи является внедрение в прак-



тику авиакосмической медицины метод оценки ФС организма по показателям статокINETической функции (компьютерной стабИлографии) как интегрального показателя ФС организма человека [1, 7]. Этот метод имеет ряд преимуществ, дающих возможность его повседневного применения в практике авиационного врача: информативность и высокая чувствительность, малое время обследования, комфортность, возможность оценки уровня адаптированности к условиям среды [5, 8].

Управление летательным аппаратом происходит на фоне его эволюций в пространстве. СтатокINETические воздействия на организм операторов авиакосмического профиля могут приводить к дезориентации в пространстве, появлению иллюзий, нарушению координации движений, снижению операторской работоспособности, появлению различных вестибуло-сенсорных, вегетативных и соматических реакций, свидетельствующих о снижении *статокINETической* (СК) устойчивости человека. У некоторых космонавтов в первые 3–6 сут полета, в начальный период пребывания в невесомости также наблюдается симптомокомплекс, внешне сходный с болезнью укачивания. Поэтому выявление степени устойчивости к статокINETическим воздействиям и при необходимости ее повышение играют важную роль в обеспечении оптимальной работоспособности в полете.

Цель исследования

Оценка с использованием метода компьютерной стабИлографии функционального состояния организма операторов авиакосмического профиля, имеющих различные адаптивные резервы переносимости статокINETической нагрузки, для выявления лиц, требующих повышения вестибулярной устойчивости.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 84 мужчины в возрасте 21–23 лет, не имеющих отклонений в состоянии здоровья: из них 65 человек составили опытную и 19 – контрольную группу.

Действие статокINETических нагрузок на организм испытуемых моделиро-

валось путем выполнения вестибулярной пробы *отолитовая реакция-10* (ОР-10) на вращающемся кресле. Данная проба выбрана в связи с тем, что ее применение регламентировано руководящими документами Министерства обороны РФ в целях врачебно-летней экспертизы летного состава. Методика проведения ОР-10 заключается во вращении испытуемого, расположенного в кресле с закрытыми глазами и с наклоном на 90° вперед. Вращение осуществляется в течение 10 с со скоростью 180° в секунду в одну сторону, затем, после минутной паузы, во время которой испытуемый располагается вертикально с открытыми глазами, вращение осуществляется в противоположную сторону в том же объеме. После выполнения 10 циклов производится оценка вегетативных и защитных реакций организма, на основании чего определяется устойчивость организма к вестибулярным нагрузкам.

Испытуемые контрольной группы находились на вращающемся кресле, однако вестибулярная проба для них не выполнялась.

После проведения обследований с выполнением пробы ОР-10 испытуемые были разделены на 2 группы: с хорошей и с пониженной устойчивостью к вестибулярным нагрузкам. В основу указанного деления положен анализ статокINETической устойчивости испытуемых, предусмотренный методикой проведения вестибулярной пробы.

Диагностика изменения функционального состояния испытуемых на фоне статокINETических нагрузок осуществлялась путем анализа variability сердечного ритма и оценки статокINETической функции человека методом компьютерной стабИлографии до и после выполнения вестибулярной пробы.

При оценке variability сердечного ритма, для определения адаптационных реакций организма на действие фактора анализировались состояние вегетативного баланса и состояние регуляции сердечного ритма. В этих целях применялись спектральный и математический анализ сердечного ритма на аппаратуре «ВНС РИТМ» (Нейрософт, г. Иваново).



Оценка статокINETической функции испытуемых осуществлялась методом компьютерной стабилографии с использованием стабилоанализатора компьютерного с биологической обратной связью «Стабилан-01-2» (ОКБ «Ритм», г. Таганрог). При этом исследование состояло из двух проб (с открытыми и закрытыми глазами) в течение 20 с каждая. Для анализа статокINETической функции человека использовались следующие показатели: площадь статокINEЗИОГРАММЫ (S), средняя скорость перемещения центра давления (V), средний радиус отклонения тела (R), качество функции равновесия (КФР).

Математико-статистический анализ проводился с использованием пакета

прикладных программ STATISTICA 6.0 и процессора электронных таблиц Microsoft®Excel-2010, включающий расчет числовых характеристик распределения, сравнение совокупностей путем расчета t -критерия Стьюдента и применения методов непараметрической статистики – критерий Манна–Уитни. Проводился корреляционный анализ с расчетом линейного коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты и обсуждение

На основании оценки вегетативных и защитных реакций организма были выделены 31 испытуемый с пониженной и 34 – с хорошей статокINETической устойчивостью.

Таблица 1

Изменение показателей variability ритма сердца после выполнения пробы ОР-10 в группе с пониженной устойчивостью к вестибулярной нагрузке ($M \pm m, n=31$)

Показатели variability ритма сердца	Фоновое обследование	После выполнения пробы
ЧСС, уд/мин	82,45±2,97	79,55±2,25
Общая мощность спектра, мс ²	3997,09±520,94	5702,55±641,95*
Мощность VLF волны, мс ²	1328,27±266,50	1438,27±280,07
Мощность LF волны, мс ²	1598,64±228,94	2602,36±235,26*
Мощность HF волны, мс ²	1070,18±238,91	1662,00±454,30
Коэффициент соотношения LF/HF, отн. ед.	2,28±0,52	2,79±0,63
Мощность VLF волны, %	31,94±4,16	24,79±3,16
Мощность LF волны, %	41,08±3,71	48,90±4,43*
Мощность HF волны, %	26,95±4,74	26,32±4,68
Коэффициент вариации, %	7,98±0,64	9,46±0,78*
Мода, с	0,72±0,03	0,75±0,02*
Амплитуда моды, %	37,86±3,05	34,45±2,19
Индекс вегетативного равновесия, отн. ед.	88,29±10,70	55,93±9,13
Индекс напряжения регуляторных систем, отн. ед.	6,24±0,89	3,78±0,63
Вегетативный показатель ритма, отн. ед.	3,27±0,24	2,12±0,20*

* Статистически достоверное различие ($p < 0,05$).



Данные вариабельности сердечного ритма в группе с пониженной устойчивостью к вестибулярной нагрузке (увеличение ТР на 42,7, LF на 62,8, коэффициента вариации на 18,6, моды на 4, уменьшение ВПР на 35,2%) показали усиление общего вегетативного влияния на сердечный ритм как за счет симпатического, так и парасимпатического влияния, а также усиление автономности регуляции сердечного ритма после выполнения пробы ОР-10 (табл. 1). Дискоординированность показателей математического и спектрального анализа говорит о расстройстве регуляторных систем вследствие перенапряжения адаптационных механизмов.

В контрольной группе испытуемых статистически значимых изменений не выявлено.

Изменения показателей компьютерной стабิโลграфии, в частности увеличение V на 17,7 и R на 32,8%, снижение КФР на 11,7% в пробе с открытыми глазами и снижение КФР на 20,9% в пробе с закрытыми глазами, также указывают на перенапряжение адаптационных механизмов статокINETической системы (табл. 2).

Полученные данные свидетельствуют о статистически значимом ухудшении значений динамических и ста-

тических показателей статокИНЕЗИОГРАММЫ – средней скорости перемещения центра давления, среднего радиуса отклонения тела и КФР. В контрольной группе испытуемых статистически значимых изменений не получено. При этом корреляционный анализ показал сильные и средней силы связи показателей компьютерной стабิโลграфии и вариабельности сердечного ритма ($r = 0,53-0,76$).

Анализ результатов проведенных исследований позволил сделать вывод о развитии пограничного функционального состояния организма испытуемых на фоне вестибулярной нагрузки, что сопровождалось выраженным ухудшением показателей компьютерной стабิโลграфии в пробах с открытыми и закрытыми глазами.

Описанные результаты представляют большой интерес в сравнении с данными, полученными в следующей серии исследований – оценки изменения функционального состояния организма на фоне вестибулярных нагрузок у лиц с хорошей статокИНЕТИЧЕСКОЙ устойчивостью (34 человека). Полученные результаты говорят о сохранении нормального функционального состояния организма, однако достоверно отражают мобилизацию защитных механизмов организ-

Таблица 2

Изменение показателей компьютерной стабิโลграфии после выполнения пробы ОР-10 в группе с пониженной устойчивостью к вестибулярной нагрузке ($M \pm m, n=31$)

Показатели компьютерной стабิโลграфии	Фоновое обследование		После выполнения пробы	
	Проба с открытыми глазами	Проба с закрытыми глазами	Проба с открытыми глазами	Проба с закрытыми глазами
Площадь статокИНЕЗИОГРАММЫ, мм ²	523,29±55,17	1091,93±186,34	788,14±112,64	1288,07±138,46
Средняя скорость перемещения центра давления, мм/с	11,68±0,75	16,95±1,69	13,75±0,96*	19,76±1,09
Средний радиус отклонения тела, мм	4,91±0,36	6,48±0,52	6,52±0,61*	7,41±0,53
Качество функции равновесия, %	71,36±2,81	55,43±4,19	63,00±3,88*	43,86±3,44*

* Статистически достоверное различие ($p < 0,05$).



ма в ответ на действие вестибулярных нагрузок.

Динамика показателей variability сердечного ритма (TP на 39,3, HF на 39,6, коэффициента вариации на 26,8, увеличение LF/HF на 51,8, ИВР на 136,8, ИН на 120,3 и ВПР на 79%) показала симпатикотонический сдвиг вегетативного баланса, а также централизацию управления сердечным ритмом, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов организма (табл. 3).

В контрольной группе обследуемых статистически значимых изменений не выявлено.

Результаты компьютерной стабилографии, в частности снижение V и увеличение КФР на 13,7 на 11% соответственно в пробах с открытыми глазами,

а также снижение V и увеличение КФР на 15 и увеличение на 15,5% соответственно в пробе с закрытыми глазами, позволяют сделать вывод о напряженности функции статокинетической системы (табл. 4).

Полученные данные свидетельствуют о статистически значимом улучшении значений динамических показателей статокинезиограммы – средней скорости перемещения центра давления и КФР. В контрольной группе обследуемых статистически значимых изменений не получено.

При корреляционном анализе выявлены сильные и средней силы связи стабилографических показателей и данных variability сердечного ритма ($r = 0,56-0,74$).

Таблица 3

Изменение показателей variability ритма сердца после выполнения пробы ОР-10 в группе с хорошей устойчивостью к вестибулярным нагрузкам ($M \pm m, n=34$)

Показатели variability ритма сердца	Фоновое обследование	После выполнения пробы
ЧСС, уд/мин	68,17±1,8	64,67±1,98*
Общая мощность спектра, мс ²	6741,33±561,61	4088,33±621,13*
Мощность VLF волны, мс ²	1753,17±392,46	1581,17±333,97
Мощность LF волны, мс ²	2836,83±266,25	1640,17±229,71
Мощность HF волны, мс ²	2150,83±183,96	867,00±87,02*
Коэффициент соотношения LF/HF, отн. ед.	1,64±0,19	2,49±0,22*
Мощность VLF волны, %	24,13±3,30	36,57±2,23*
Мощность LF волны, %	43,15±3,58	41,62±2,86
Мощность HF волны, %	32,72±4,1	21,78±2,65
Коэффициент вариации, %	9,24±0,35	6,77±0,60*
Мода, с	0,90±0,03	0,95±0,03
Амплитуда моды, %	30,0±2,64	34,48±2,37
Индекс вегетативного равновесия, отн. ед.	35,87±3,29	84,96±13,35*
Индекс напряжения регуляторных систем, отн. ед.	2,02±0,19	4,45±0,71*
Вегетативный показатель ритма, отн. ед.	1,38±0,08	2,47±0,28*

* Статистически достоверное различие ($p < 0,05$).



Это позволяет сделать вывод о напряжении статокINETической функции, адаптационных механизмов и регуляторных систем организма испытуемых в ответ на вестибулярную нагрузку. В данном случае действие внешнего раздражителя явилось адекватным биологическим резервам организма, что привело к развитию соответствующих приспособительных реакций, принципиально отличных от наблюдаемых в предыдущей серии исследований (у лиц с пониженной статокINETической устойчивостью).

В последние годы многими исследованиями убедительно доказано, что вестибулярный анализатор не имеет прямого выхода на эфферентные исполнительные органы и по этой причине не может самостоятельно обеспечивать СК-устойчивость человека. Он является всего лишь частью общей афферентной системы организма, обеспечивающей совместно со зрительной, проприоцептивной, интероцептивной и тактильной сенсорными системами взаимодействие человека с внешней средой. Поэтому ответная реакция организма на внешние СК-воздействия является продуктом суммарной интеграции всех сенсорных систем, а не отдельно взятой вестибулярной системы [10].

Указанное положение ориентирует специалистов, занимающихся совершенствованием средств и методов повышения СК-устойчивости операторов авиакосмического профиля, на оптимизацию в первую очередь функционального состояния человека и на повышение эффективности взаимодействия всех сенсорных систем при воздействии неблагоприятных факторов полета.

В нашем исследовании вестибулярная нагрузка на испытуемых с пониженной статокINETической устойчивостью привела к перенапряжению статокINETической функции и адаптационных механизмов организма, а в конечном счете к развитию пограничного функционального состояния организма. Применение эффективных средств повышения резистентности к предъявляемой нагрузке и оптимизирующих ФС ЦНС непосредственно перед полетом становится основной задачей для такой категории специалистов.

Одним из направлений в решении этой проблемы является применение методов, которые способствуют оптимизации взаимодействия между различными сенсорными системами [4]. В последнее время в исследованиях, посвященных

Таблица 4

Изменение показателей компьютерной стабиллографии после выполнения пробы ОР-10 в группе с хорошей устойчивостью к вестибулярным нагрузкам ($M \pm m$, $n=34$)

Показатели компьютерной стабиллографии	Фоновое обследование		После выполнения пробы	
	Проба с открытыми глазами	Проба с закрытыми глазами	Проба с открытыми глазами	Проба с закрытыми глазами
Площадь статокINETограммы, мм ²	837,21±101,0	1272,29±170,60	774,08±79,28	1059,13±123,22
Средняя скорость перемещения центра давления, мм/с	14,14±0,92	18,81±1,16	12,20±0,59*	15,98±0,75*
Средний радиус отклонения тела, мм	5,96±0,34	6,98±0,58	6,57±0,51	6,93±0,60
Качество функции равновесия, %	62,46±2,94	47,79±3,29	69,33±2,39*	55,21±2,35*

* Статистически достоверное различие ($p < 0,05$).



реабилитации пациентов с вестибулярным дефицитом, показана возможность использования технологий, основанных на эффекте сенсорного замещения и индукции нейромодуляции в центрах головного мозга, связанных с вестибулярными ядрами. Показана эффективность реабилитации пациентов с вестибулярными нарушениями различного генеза, заключающейся в вестибулярной тренировке по поддержанию вертикального положения тела вне зрительного контроля в условиях электротактильного раз-

дражения рецепторов языка, вызывающей, в конечном счете, эффект нейромодуляции в области структур ЦНС, связанных со стабилизацией равновесия [2, 9].

Таким образом, своевременное выявление признаков перенапряжения функционального состояния организма у лиц летного труда и применение средств, повышающих толерантность к вестибулярной нагрузке, обеспечат более эффективное выполнение задач, связанных с работой в условиях воздействия неблагоприятных факторов полета.

Литература

1. Белевитин А.Б., Благинин В.Н., Жильцова И.И. и др. Компьютерная стабилотография в системе медико-физиологического обеспечения профессиональной деятельности авиационных специалистов // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. — 2010. — № 3 (31). — С. 108–111.
2. Вавилова А.А., Киреев П.В., Сыроежкин Ф.А. и др. Использование метода транслингвальной стимуляции для уменьшения вестибулярной дисфункции у пациентов в ранние сроки после стапедопластики // Воен.-мед. журн. — 2014. — Т. 335, № 9. — С. 65–67.
3. Гурфинкель В.С., Кац Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. — М.: Наука, 1965. — 256 с.
4. Дзяк Л.А., Цуркаленко Е.С. Нейропластичность и вестибулярная дисфункция // Междунар. неврол. журн. — 2006. — № 10. — С. 24–26.
5. Жильцова И.И. Компьютерная стабилотография как метод оценки функциональ-

ного состояния военнослужащих // Мор. мед. журн. — 2002. — № 3–4. — С. 26–29.

6. Парин В.В., Бабский Е.Б. Физиология, медицина и технический прогресс. — М.: Наука, 1965. — 210 с.

7. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Стабилометрия. — М.: НМФ «МБН», 2000. — 188 с.

8. Слива С.С., Кондратьев И.В., Слива А.С. Отечественная компьютерная стабилотография: состояние, проблемы и перспективы / Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Медицинские информационные системы». — Таганрог, 2008. — С. 98–101.

9. Danilov Y.P., Tyler M.E., Skinner K.L. et al. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss // J. Vestib. Res. — 2007. — V. 17. — P. 119–130.

10. Lacour M. Restoration of vestibular function: basic aspects and practical advances for rehabilitation // Curr. Med. Res. Opin. — 2006. — V. 22. — P. 1651–1659.

ЛЕНТА НОВОСТЕЙ

4 июля на базе *Главного военно-морского госпиталя Балтийского флота* представителями *Главного военно-медицинского управления МО РФ* проведена встреча с представителями общероссийских организаций ветеранов Вооруженных Сил РФ в Калининградской области.

Участники мероприятия заслушали доклад начальника 2-го управления (санаторно-курортного лечения и организации активного отдыха) ГВМУ МО РФ **Д.В.Тришкина** «Организация санаторно-курортного лечения в Вооруженных Силах».

До представителей ветеранских организаций доведены преимущества действующей системы распределения путевок в здравницы военного ведомства, приведены статистические данные, подтверждающие эффективность ее функционирования, обозначены пути дальнейшего развития санаторно-курортного комплекса.

В ходе дискуссии представителями комитета Союза участников Великой Отечественной войны и ветеранов Военно-морского флота Калининградской области высказаны предложения по совершенствованию организации санаторно-курортного лечения в МО РФ.

По результатам встречи участники пришли к выводу, что сложившаяся в МО РФ система обеспечения санаторно-курортным лечением позволяет военнослужащим, военным пенсионерам и членам их семей в полном объеме реализовать гарантированное им право на лечение и отдых.

Управление пресс-службы и информации Министерства обороны РФ, 5 июля 2016 г.
http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12089144@egNews