

УДК 616-092

Изменения параметров сердечного ритма и артериального давления за время кругосветного океанического перелета вокруг Северного полюса по Северному Ледовитому океану

Атьков О.Ю.¹, Алчинова И.Б.^{2,3}, Полякова М.В.², Панкова Н.Б.²,
Горохова С.Г.¹, Сериков В.В.⁴, Карганов М.Ю.²

¹ Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская Академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 123995, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии». 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства России. 115682, Москва, Ореховый бульвар, д. 28

⁴ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова». 105275, Москва, пр. Буденного, д. 31

Целью настоящего исследования стало комплексное изучение динамики перестроек кардиореспираторной системы за время кругосветного океанического перелета вокруг Северного полюса по Северному Ледовитому океану. **Методика.** В исследовании приняли участие 6 человек, мужчины в возрасте от 39 до 69 лет. Перелет продолжался 6 недель и проходил на высотах до 3000 м. Оценку показателей сердечно-сосудистой системы проводили при помощи приборного комплекса «спироартериокардиоритмограф» (САКР). **Результаты.** Оценка динамики показателей сердечно-сосудистой системы методом САКР за время кругосветного перелёта выявила у участников экспедиции снижение стресс-индекса и минимальной длительности межсистолических интервалов. Изучение реактивности показателей сердечно-сосудистой системы при проведении нагрузочных проб показало наличие признаков изменения функционального состояния регуляторных систем.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма; пилоты; сердечно-сосудистая система; стресс-индекс.

Для цитирования: Атьков О.Ю., Алчинова И.Б., Полякова М.В., Панкова Н.Б., Горохова С.Г., Сериков В.В., Карганов М.Ю. Изменения параметров сердечного ритма и артериального давления за время кругосветного океанического перелета вокруг Северного полюса по Северному Ледовитому океану. Патогенез. 2018; 16(3): 90—93

DOI: 10.25557/2310-0435.2018.03.90-93

Для корреспонденции: Алчинова Ирина Борисовна, e-mail: alchinovairina@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имеет спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 03.09.2018

Changes in heart rate and blood pressure during the World Ocean flight around the North Pole in the Arctic Ocean

At'kov O.Yu.¹, Alchinova I.B.^{2,3}, Polyakova M.V.², Pankova N.B.²,
Gorokhova S.G.¹, Serikov V.V.⁴, Karganov M.Yu.²

¹ Russian Medical Academy of Continuing Vocational Education, Barrikadnaya Str. 2/1, Moscow 123995, Russian Federation

² Institute of General Pathology and Pathophysiology, Baltijskaya Str. 8, Moscow 125315, Russian Federation

³ Federal Scientific and Clinical Center of Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of the Federal Biomedical Agency of Russia, Orekhovyi Blvd. 28, Moscow 115682, Russian Federation

⁴ N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Health. Prospekt Budennogo 31, Moscow 105275, Russian Federation

The aim of this research was a comprehensive study of the dynamics of cardio-respiratory rearrangements during the round-the-World oceanic flight around the North Pole in the Arctic Ocean. **Methods.** The study involved 6 men aged 39 to 69. The flight lasted for 6 weeks and took place at altitudes up to 3,000 m. Indexes of the cardiovascular system were assessed using the «spiroarteriocardiorhythmograph» (SACR) instrumental complex. **Results.** Assessment of the dynamics of cardiovascular indexes using the SACR method during the round-the-world flight showed decreases in the stress index and the minimum duration of inter-systolic intervals in participants of the expedition. Studying the reactivity of cardiovascular indexes during exercise tests showed signs of changes in the functional state of regulatory systems.

Key words: heart rate variability; pilots; cardiovascular system; stress index.

For citation: At'kov O.Yu., Alchinova I.B., Polyakova M.V., Pankova N.B., Gorokhova S.G., Serikov V.V., Karganov M.Yu. [Changes in heart rate and blood pressure during the World Ocean flight around the North Pole in the Arctic Ocean]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2018; 16(3): 90–93 (in Russian)

DOI: 10.25557/2310-0435.2018.03.90-93

For correspondence: Alchinova Irina Borisovna, alchinovairina@yandex.ru

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: 03.09.2018

Введение

Известно, что формирование профессиональных компетенций лётчиков сопровождается характерными изменениями в их организме, особенно в системах адаптации к стрессогенным факторам [1]. Комплексные исследования динамики различных показателей организма человека, проводимые в лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии НИИОПП показывают, что адаптивные изменения в первую очередь развиваются в регуляторных системах. Данная закономерность характерна для адаптации как к экстремальным условиям Крайнего Севера [2], так и дайвинга в тропических странах [3]. Целью настоящего исследования стало комплексное изучение динамики перестроек кардио-респираторной системы за время кругосветного океанического перелета вокруг Северного полюса по Северному Ледовитому океану.

Материалы и методы исследования

В эксперименте приняли участие 6 человек (5 — в обоих тестированиях), мужчины в возрасте от 39 до 69 лет. В состав экспедиции входили профессиональные и частные пилоты. Перелет продолжался 6 недель и проходил на высотах до 3000 м. Исследование проведено с одобрения Этического комитета ФГБНУ НИИ ОПП (протокол №3 от 21.06.2018 г).

Оценку показателей сердечно-сосудистой системы проводили при помощи приборного комплекса «спироартериокардиоритмограф» (САКР). Данный комплекс позволяет проводить одновременную непрерывную регистрацию показателей сердечного ритма (СР) и пальцевого артериального давления (пАД). Оценивают следующие параметры: минимальные, максимальные и средние величины длительности межсистолических (R-R) интервалов, систолического и диастолического пАД, а также стандартные спектральные показатели variability всех трёх показателей (общая мощность спектра TP, абсолютные и относительные мощности отдельных диапазонов — VLF, LF и HF). Для оценки variability СР также используют статистические и геометрические показатели (SDNN, RMSSD, pNN50 и стресс-индекс). Величину чувствительности спонтанного артериального барорефлекса оценивают как по спектральным показателям variability СР и пАД, так и непосредственно в моменты когерентности изменений СР и пАД. Также используют расчётные индексы на основе показателей variability СР: отношение LF/HF и индекс централизации. Кроме того, по усреднённым показателям сердечного комплекса рассчитывают параметры сердечной производительности: конечно-систолический объём, конечно-диастолический объём, ударный объём сердца и минутный объём кровообращения.

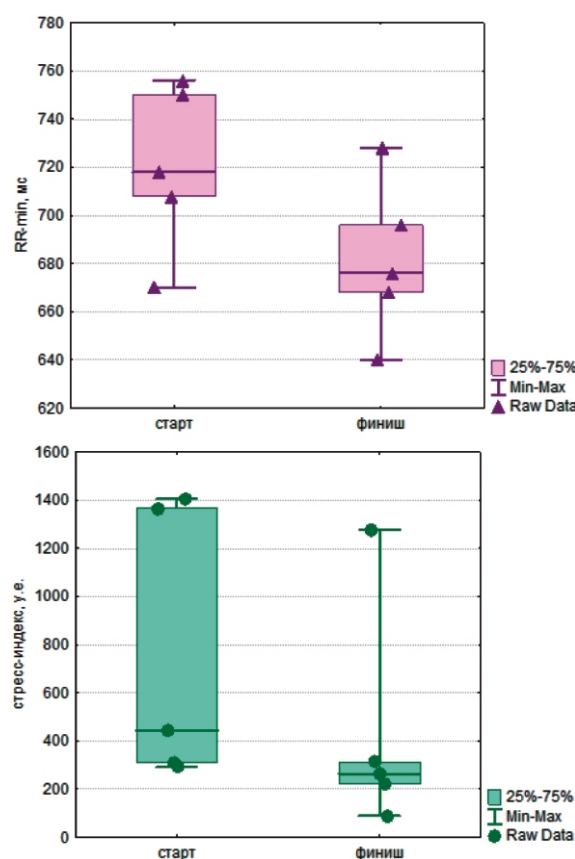
С каждым участником мероприятия проводили по три 2-минутные регистрации: без надетой спирометрической маски, в надетой спирометрической маске с произвольным дыханием, и с контролируемым дыханием с частотой

6 циклов в минуту. Два последние варианта тестирования являются нагрузочными пробами. Как показано нами ранее, в надетой спирометрической маске уже на второй минуте тестирования создаются условия умеренной гиперкапнии, при дыхании с частотой 6/мин повышается коэффициент респираторного обмена [4]. Все тестирования проведены непосредственно перед началом кругосветного перелёта, и сразу же после его окончания.

Статистическую обработку данных проводили с использованием непараметрического парного критерия Вилкоксона (пакет Statistica 8.0).

Результаты исследования и обсуждение

Обнаружено, что при проведении регистрации СР и пАД без спирометрической маски произошло значимое изменение всего 2 показателей. Во-первых, отмечено снижение величины минимальной длительности межсистолических интервалов (рисунок). Данный процесс от-



Показатели variability сердечного ритма в условиях тестирования без спирометрической маски. Вверху — минимальная длительность межсистолических (RR) интервалов (мс), внизу — величина стресс-индекса (у.е.). Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха. Изменения обоих показателей статистически значимы, $p < 0,05$ по парному критерию Вилкоксона.

Степень изменения (%) показателей variability CP при переходе от регистрации без спирометрической маски к регистрации в надетой спирометрической маске (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха)

Показатель	Перед стартом	После финиша	p (W)
RR-min	0,0 (-1,59; 1,33)	3,45 (2,40; 4,38)	0,043
пАД сист. min	-0,88 (-5,74; -0,85)	3,85 (3,51; 5,41)	0,043
TP	30,8 (27,7; 41,5)	-37,6 (-37,7; -32,1)	0,043
HF% АД диаст.	38,6 (12,2; 80,7)	121,7 (67,0; 127,7)	0,043
УО	-2,22 (-2,29; 1,20)	3,94 (1,84; 7,99)	0,079
pNN50	0,76 (-2,06; 2,07)	2,90 (1,99; 6,57)	0,079

ражает тенденцию к возрастанию частоты сердечных сокращений. Однако, поскольку величины максимальной длительности межсистолических интервалов не изменились ($p = 0,892$), была лишь статистически незначимая тенденция к возрастанию размаха колебаний данного показателя ($p = 0,138$), с соответствующей тенденцией к возрастанию общей мощности спектра variability CP ($p = 0,138$). Во-вторых, отмечено снижение величины стресс-индекса (рисунок). Перед стартом за пределами высокие величины данного показателя отмечены у двух участников мероприятия — его организатора и непрофессионального пилота. После окончания перелёта состояние руководителя нормализовалось, у остальных участников также отмечено снижение стресс-индекса. По-видимому, для участников эксперимента подготовка и организация перелёта оказались более сложным испытанием, чем реализация своих профессиональных навыков.

Подтверждением этой мысли являются данные о том, что регистрация показателей сердечно-сосудистой системы в условиях функциональных нагрузочных проб (в надетой спирометрической маске с произвольным и контролируемым дыханием) не выявила значимых изменений в состоянии экспедиционеров. Вероятно, данный факт отражает стойкость долговременных адаптивных изменений, связанных с реализацией профессиональных навыков, или, как это называется в спортивной физиологии, вегетативного динамического стереотипа [5].

Однако, поскольку функциональное состояние участников экспедиции изменилось в безнагрузочных условиях, мы отметили также сдвиги в реактивности (степени изменения в %) ряда показателей при смене условий тестирования, но только при надевании спирометрической маски. Изменение паттерна дыхания не сказалось на величине оцениваемых показателей.

Оценка реактивности показателей при переходе от тестирования без маски к тестированию в маске показала следующие изменения (таблица): возрастание реактивности минимальной длительности межсистолических интервалов и минимальных величин систолического пАД, снижение реактивности общей мощности спектра variability CP (TP), возрастание реактивности относительной мощности диапазона HF в спектре variability диастолического пАД. Кроме того, отмечена тенденция ($p = 0,079$) к возрастанию реактивности ударного объёма сердца и величины pNN50 (доля межсистолических интервалов, различающихся между собой более чем на 50 мс).

Выявленные сдвиги свидетельствуют об изменении функционального состояния регуляторных систем орга-

низма участников кругосветного перелёта. В частности, сдвиги HF% в спектре диастолического пАД и pNN50 отражают активацию парасимпатической регуляции АД и CP соответственно [6]. Сдвиги показателя TP в спектре variability CP отражают изменение общего уровня вегетативной регуляции. Результатом таких изменений можно считать сдвиги реактивности показателя сердечной производительности (ударного объёма сердца), реактивности показателя частоты сердечных сокращений (минимальной длительности R-R интервалов), и реактивности показателя АД (минимальной величины систолического пАД).

Заключение

Оценка динамики показателей сердечно-сосудистой системы методом САКР за время кругосветного перелёта выявила у участников экспедиции снижение стресс-индекса и минимальной длительности межсистолических интервалов. Изучение реактивности показателей сердечно-сосудистой системы при проведении нагрузочных проб показало наличие признаков изменения функционального состояния регуляторных систем. Однако собственное показатели сердечно-сосудистой системы участников эксперимента при проведении таких проб не изменилось.

Список литературы

1. Сухотерин А.Ф., Пашенко П.С., Плахов Н.Н., Журавлев А.Г. Роль симпатoadреномедулярной системы в формировании адаптации лётчиков к лёгкой нагрузке. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2015; 49 (5): 49-53.
2. Pankova N.B., Karganov M.Yu. Changes in the parameters of respiration, blood pressure, heart rate variability, and cardiac performance during adaptation to the conditions of high-latitude marine expedition (Franz Josef Land, 2017). *Int. J. Psychophysiol.* 2018; 131: 91. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2018.07.255
3. Карганов М.Ю., Черепов А.Б., Панкова Н.Б. Изменения показателей кардио-респираторной системы при адаптации к активному отдыху (дайвинг) в условиях тропиков. *Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды*. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Челябинск, 11-13 октября 2018 г. Челябинск: Изд-во ЮУрГПУ. 2018; 139-143.
4. Панкова Н.Б., Архипова Е.Н., Алчинова И.Б., Карганов М.Ю., Фесенко А.Г., Фесюн А.Д., Терновой К.С., Абакумов А.А. Сравнительный анализ методов экспресс-оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы. *Вестник восстановительной медицины*. 2011; 6 (46): 60-63.
5. Коц Я.М. *Спортивная физиология*. М.: Физкультура и спорт, 1986. 240 с.
6. Heart rate variability / Standards of measurement. Physiological interpretation and clinical use. *Eur. Heart Journal*. 1996; 17: 354-381.

References

1. Suhoterin A.F., Pashchenko P.S., Plahov N.N., Zhuravlev A.G. [The role of the sympathoadrenomedullary system in the formation of a set of pilots to flight load]. *Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya medicina [Aerospace and Environmental Medicine]*. 2015; 49 (5): 49-53. (in Russian)
2. Pankova N.B., Karganov M.Yu. Changes in the parameters of respiration, blood pressure, heart rate variability, and cardiac performance during adaptation to the conditions of high-latitude marine expedition (Franz Josef Land, 2017). *Int. J. Psychophysiol.* 2018; 131: 91. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2018.07.255
3. Karganov M.YU., Cherepov A.B., Pankova N.B. [Changes in the cardio-respiratory system when adapting to outdoor activities (diving) in the tropics]. *Adaptation of biological systems to natural and extreme environmental factors*. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Chelyabinsk, October 11-13, 2018. Chelyabinsk: SuSUHPU Publishing House, 2018; 139-143. (in Russian)
4. Pankova N.B., Arhipova E.N., Alchinova I.B., Karganov M.Yu., Fesenko A.G., Fesyun A.D., Ternovoj K.S., Abakumov A.A. [Comparative analysis of methods for rapid assessment of the functional state of the cardiovascular system]. *Vestnik vosstanovitel'noi mediciny [Journal of Restorative Medicine and Rehabilitation]*. 2011; 6 (46): 60-63. (in Russian)
5. Kots Ya.M. *Sports physiology*. M: Physical Culture and Sport, 1986. 240 p. (in Russian)
6. Heart rate variability / Standards of measurement. Physiological interpretation and clinical use. *Eur. Heart Journal*. 1996; 17: 354-381.

Сведения об авторах

Атьков Олег Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой профпатологии и производственной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская Академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Алчинова Ирина Борисовна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»; заведующая лабораторией космической патофизиологии Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства России

Полякова Маргарита Вячеславовна — младший научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

Панкова Наталия Борисовна — доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

Горохова Светлана Георгиевна — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры профпатологии и производственной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования Российская медицинская Академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Сериков Василий Васильевич — заведующий лабораторией физиологии и профилактической эргономики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова»

Карганов Михаил Юрьевич — доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»