

УДК 612.178.176.223.261

ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И СТАБИЛОМЕТРИИ У МОРЯКОВ В ДИНАМИКЕ АРКТИЧЕСКОГО РЕЙСА

¹А. Н. Ишеков, ²Н. С. Ишеков¹Научно-исследовательский институт морской медицины Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск, Россия²Институт естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

HEART RATE VARIABILITY AND STABILOMETRY OF SAILORS IN THE DYNAMICS OF THE ARCTIC VOYAGE

¹A. N. Ishekov, ²N. S. Ishekov¹Scientific research Institute of Maritime medicine Northern state medical University Ministry of healthcare of the Russian Federation, Arkhangelsk, Russia²Institute of natural Sciences and Biomedicine Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

© А. Н. Ишеков, Н. С. Ишеков, 2015 г.

В статье приводятся сравнительные данные variability сердечного ритма и стабилометрии у моряков и членов экспедиции, впервые вышедших в арктический рейс. Выявлены достоверные различия в 20-дневной динамике между группами, отражающие рост адаптационных изменений в системах за счет преобладания активности парасимпатического отдела ВНС, участвующего в регуляции ритма сердца и вестибулярного аппарата. Полученные корреляционные взаимосвязи между показателями можно использовать для оценки степени риска влияния экстремальных условий моря.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, стабилометрия, адаптация, сердечно-сосудистая система.

In the article are given indices heart rate variability and stabilometry during arctic voyage at the members of the expedition and the crew scientific-research ship. There were significant differences in 20-day dynamics between groups, reflecting the increase of adaptive changes in the system due to the prevalent of the activity of the parasympathetic path of the ANS involved in regulating heart rhythm, and the vestibular system. These correlations between parameters can be used to assess the risk impact of extreme sea conditions.

Key words: heart rate variability, stabilometry, adaptation of the cardiovascular system.

Введение. В современном мире будущее России во многом зависит от освоения Арктического региона, в частности от развития Северного морского пути. Профессиональная деятельность в таких условиях предъявляет особые требования к здоровью моряков [1–3].

Для любого корабля, независимо от его назначения, характерен комплекс общесудовых неблагоприятных факторов среды, составляющих фон, на котором протекают труд и отдых моряков в течение рейса [4, 5]. Это, прежде всего, взаимосвязь климатогеографических факторов, таких как холод, ветровой режим,

волнение моря, фотопериодизм, смена часовых поясов, и профессиональных: влияние электромагнитного излучения, шума, вибрации, а также психологических факторов, проявляющихся в походе выраженным эмоциональным напряжением [6–8].

Несмотря на качественный медицинский отбор, дезадаптационные реакции у плавсостава могут возникать во время первых выходов в море [4, 9–11]. В течение 2–3 месяцев у большей части моряков такие явления исчезают, у некоторых остаются на продолжительное время и могут служить причиной возникновения

повышенной эмоционально-вегетативной лабильности, отказа продолжать морскую карьеру.

Одним из надежных индикаторов адаптационного процесса является реакция сердечно-сосудистой системы организма. При этом адаптивные возможности человека во многом зависят от резервов системы, которая раньше и сильнее всего реагирует на изменения климатогеографических факторов [12–14].

С целью изучения адаптационных реакций сердечно-сосудистой системы у моряков и членов экспедиций проводились комплексные исследования в динамике арктического рейса.

Задачи исследования:

1) анализ показателей сердечно-сосудистой системы в динамике рейса у обследуемых групп;

2) анализ показателей стабилотрии в динамике арктической экспедиции как индикатора вестибулярной устойчивости;

3) анализ корреляционных взаимосвязей между методами исследования с целью определения совокупного влияния на функционирование вегетативной нервной системы.

Материалы и методы исследования. Для реализации поставленных задач в июне-июле 2012–2013 гг. были проведены исследования в начале рейса (на 3–4-е сутки рейса — 65 гр. с. ш.) и на 20-е сутки (78 гр. с. ш.). В обследовании участвовала группа мужчин, не имеющих существенных отклонений в состоянии здоровья. Были выделены следующие группы: 1-я — экипаж корабля «Профессор Молчанов» в количестве 20 человек, средний возраст $30,2 \pm 2,5$ лет; 2-я — члены экспедиции, студенты и преподаватели Северного федерального арктического университета им. М. В. Ломоносова (САФУ) в количестве 50 человек, средний возраст $29,3 \pm 5,5$ лет.

В качестве методов исследования применялись следующие.

Стабилотрический комплекс ST-150 (Россия), позволяющий оценить степень расстройств вестибулярного аппарата [10, 15]. Оценивались следующие показатели: S (мм²) — площадь стабилотриграммы; Sr (мм²) — площадь стабилотриграммы при выполнении теста Ромберга; А (кДж) — энергоиндекс; Ar (кДж) — энергоиндекс при выполнении теста Ромберга; QR — коэффициент Ромберга; SI — стабилотрииндекс.

Вариабельность сердечного ритма (BCP) — метод, предложенный Р. М. Баевским (1998) для оценки активности различных отделов вегетативной нервной системы, с помощью монитора сердечного ритма Polar 810SI (Финляндия).

В память монитора записывались данные, сохраняющие не менее 512 кардиоциклов. Длительность регистрации составляла в среднем 5 мин. Анализ показателей проводился с помощью программного обеспечения Polar Precision Performance SW, v 4.03.050. В базу данных вводились результаты автоматического анализа динамического ряда RR-интервалов волновой структуры ритма и кардиоинтервалограмма.

Анализ вариабельности сердечного ритма включал параметры, предложенные Р. М. Баевским (1999): RRNN, SDNN, RMSSD, PNN50(%), IC, HF%, LF%, VLF%, LF/HF ratio.

Исследования проводились в условиях волнения океана 3–5 баллов, при комнатной температуре воздуха, в помещении медицинского блока судна.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием пакета программ SPSS 13.0 для Windows. Проверку на нормальность распределения измеренных переменных осуществляли при помощи теста Колмогорова–Смирнова ($n > 50$). Ввиду того что данные не подчинялись закону нормального распределения, сравнение двух зависимых и независимых выборок проводили согласно критерию Уилкоксона и Манна–Уитни. Результаты непараметрических методов обработки данных представлялись в виде среднего значения и стандартного отклонения (SD). Корреляции вычислялись согласно двустороннему коэффициенту тау-в-Кендалла и представлены в виде коэффициента r и достоверности связи p .

Результаты исследования. Условия морской качки в динамике рейса оказывали стрессорное влияние как на состояние организма профессиональных моряков, так и на членов экспедиции, что выражалось в отклонении данных от нормы. Однако более благоприятные тенденции отмечались в 1-й группе.

Так, в состоянии покоя стандартные показатели, характеризующие изменения центра давления (ЦД) стабилотриграммы, в частности площадь стабилотриграммы S в мм², имели регрессивную тенденцию через 2 недели плавания, вероятно, указывая на начало развития приспособительных процессов со стороны вестибулярного аппарата ($p < 0,05$). При сравнительном анализе данных S между группами выявлены достоверные различия, более выраженные в 1-й группе (табл. 1).

При выполнении теста Ромберга (проба с закрытыми глазами) значения площади стабилотриграммы (Sr) уменьшались ($p < 0,01$, $p < 0,05$).

Таблица 1

Показатели стабиллометрии у обследуемых групп в динамике арктического рейса

Показатели	Начало рейса				Конец рейса			
	1-я группа (n=20)		2-я группа (n=50)		1-я группа (n=20)		2-я группа (n=50)	
	ср.зн.	sd	ср.зн.	sd	ср.зн.	sd	ср.зн.	sd
A, кДж	54,8*#	88,48	63,90*	69,52	18,02**#	21,19	51,71**	63,33
Ar, кДж	103,06*	146,25	140,13*	144,62	31,32**	33,98	106,04**	145,75
S, мм ²	3045,20*	4445,60	4254,26*#	3164,79	1520,05*	1581,99	2659,96#	2833,92
Sr, мм ²	3384,10*#	4194,81	4441,10*##	3128,46	1293,20*##	1393,16	3209,00*##	3165,38
QR	136,79	99,98	174,99	476,71	109,71	93,07	122,74	78,67
SI	1670,53**	2455,27	2465,02**	1836,66	765,13**	845,41	1729,66**	1745,68

Примечания: различия достоверны в динамике рейса: #p<0,05; ##p<0,01; различия достоверны между группами: *p<0,05; **p<0,01.

Более значительные колебания определялись во 2-й группе, характеризуя рост симпатической регуляции в поддержании вертикальной позы.

Энергоиндекс в кДж (показатель A) в течение всех этапов исследования имел достоверную тенденцию к снижению (p<0,05), характеризуя завершение острой приспособительной реакции организма, вследствие снижения энергозатрат. Однако во 2-й группе значения энергоиндекса имели тенденцию к росту, отражая напряжение процессов регуляции вестибулярного аппарата.

При выполнении теста Ромберга наблюдалась аналогичная тенденция со стороны энергоиндекса (показатель Ar), достоверные различия выявлены между 1-й и 2-й группами (p<0,05, p<0,01).

Среди интегральных показателей стабиллограммы (коэффициент Ромберга (QR) и стабиллоиндекс (SI)) отмечалась аналогичная регрессивная тенденция, отражающая адаптационные процессы в 1-й группе.

Показатели variability сердечного ритма (BCP) у обследуемых отражали схожие адапта-

ционные реакции со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС), вследствие роста парасимпатических влияний в регуляции ритма (табл. 2).

Так, интегральный показатель BCP — RMSSD в мс, имел более высокие значения в 1-й группе, отражая высокую степень адаптации у моряков (p<0,05).

Значения Pnn50%, отражающие возможные аритмогенные изменения, возрастали во 2-й группе, характеризуя наличие стресса, особенно в начале рейса (p<0,05).

Среди показателей спектрального анализа регуляции ритма сердца в обследуемых группах отмечались высокие значения колебания волн и значительная доля роста симпатических влияний. Однако более высокие адаптационные возможности показала 1-я группа.

Так, показатель волн ультранизкой частоты — VLF, ответственный за надсегментарный уровень регуляции сердца, имел неблагоприятную достоверную тенденцию к увеличению во 2-й группе за счет роста симпатических влияний (p<0,01).

Таблица 2

Показатели variability ритма сердца у обследуемых групп в динамике арктического рейса

Показатели	Начало рейса				Конец рейса			
	1-я группа (n=20)		2-я группа (n=50)		1-я группа (n=20)		2-я группа (n=50)	
	ср.зн.	sd	ср.зн.	sd	ср.зн.	sd	ср.зн.	sd
RMSSD, ms	44,45*	32,45	39,97*	27,24	31,96	30,79	49,14	47,92
Pnn50%	2,82*	2,72	6,23*	7,86	3,16*	6,48	6,70*	6,98
TP, ms ²	59262,61	178463,42	58899,53##	131223,61	51040,76	85217,74	110827,78##	150675,20
VLF, ms	56071,05	176811,82	56362,36##	129365,54	48966,29	83180,00	108063,08##	148850,31
LF, ms	2488,08*	2405,83	1833,12*	1682,38	1438,75*	2116,54	2087,09*	1852,59
HF, ms	703,49	975,70	704,06	945,02	635,75	1504,83	677,62	741,46
LF/HF ratio	6,57#	4,72	6,17	5,90	4,35#	4,12	4,49	2,47
IC	0,24#	0,22	0,25##	0,29	0,11#	0,18	0,13##	0,25

Примечания: различия достоверны в динамике рейса: #p<0,05; ##p<0,01; различия достоверны между группами: *p<0,05; **p<0,01.

Таблица 3
Коэффициенты корреляции между показателями спектрального анализа ВСР и энергоиндексом (Ar) у моряков в начале рейса

Показатель (n=20)	Начало рейса (Ar)	
TP	r=0,33	p<0,05
VLF	r=0,32	p<0,05
LF	r=0,47	p<0,01
HF	r=0,44	p<0,01

Значения волн низкой частоты (показатель LF), отражающие в основном симпатические влияния в регуляции ССС, оставались примерно на одном уровне в группах. Наблюдались более выраженные изменения к концу рейса у членов экспедиции ($p<0,05$).

Данные волн высокой частоты, ответственных за парасимпатическую регуляцию ритма сердца (показатель HF), существенных изменений не претерпели.

Индексы вагосимпатического взаимодействия (показатель LF/HF ratio) и централизации (показатель IC) снижались в динамике рейса у обследуемых, отражая оптимальную адаптацию сердечно-сосудистой системы к экстремальным условиям ($p<0,01$).

В начале исследования, во время развития острой приспособительной реакции, регистрировались корреляционные связи между показателями стабильности и вариабельности сердечного ритма в группах.

У моряков интегральный показатель вариабельности сердечного ритма, отвечающий преимущественно за парасимпатические влияния — RMSSD, коррелировал с энергоиндексом при выполнении пробы Ромберга — Ar. Регистрировалась связь средней силы, значения составили $r=0,38$, $p<0,05$ соответственно.

В данной группе отмечена корреляционная связь средней силы ($p<0,01$; $p<0,05$) между показателями спектрального анализа ВСР (TP,

LF, HF, VLF) и энергоиндекса (Ar) стабильности, которая подтверждает общий вклад вегетативной регуляции в развитие дезадаптационных изменений в соответствующих системах органов. Значения коэффициентов корреляции приведены в табл. 3.

В 1-й группе наблюдалась слабая корреляционная связь между коэффициентом Ромберга (QR) и интегральным показателем ВСР — Pnn50% ($r=0,33$; $p<0,05$), которая указывала на развитие напряжения в начале рейса в регуляции вегетативной нервной системы.

У членов экспедиции отмечена слабая корреляционная связь между показателями спектрального анализа ВСР (IC и LF) и данными стабильности: энергоиндексом (Ar) и коэффициентом Ромберга (QR). Значения коэффициентов корреляции составили $r=0,19$; $p<0,05$ в обоих случаях. Наблюдаемая взаимосвязь отражала общий вклад в развитие адаптационных реакций исследуемых систем организма.

Заключение. В начале рейса как члены экспедиции, так и моряки испытывали определенный стресс, обусловленный спецификой влияния негативных факторов моря в высоких широтах Арктики, что подтверждается показателями стабильности и вариабельности сердечного ритма, превышающими нормативные значения.

Через 16 дней в группах определялась тенденция к снижению данных показателей вследствие роста влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции систем организма, что можно рассматривать как благоприятный прогностический признак адаптации.

Для членов экспедиции по сравнению с моряками характерен более низкий темп адаптации в динамике рейса, что необходимо учитывать при отборе контингента для участия в морском плавании. Данные показатели могут быть рассмотрены в качестве критериев оценки реактивности организма в экстремальных условиях.

Литература

1. Агаджанян Н. А., Федоров Ю. И., Шеховцов В. П., Макарова И. И. Состояние кардиореспираторной системы и психологического статуса подростков суворовского училища в период адаптации к новым социально-средовым условиям // Экология человека.— 2004.— № 4.— С. 16–19.
2. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Пацевич Ю. Л. Физиологическая характеристика нетрадиционных режимов организации труда в Заполярье.— Архангельск, 1998.— 208 с.
3. Совершаева С. Л., Данилова Р. И., Дегтева Г. Н., Будяк В. П. Адаптация человека в высоких широтах // Морской медицинский журнал.— 1996.— № 4.— С. 15–19.
4. Лабутин Н. Ю., Гудков А. Б. Влияние специфических факторов Заполярья на функциональное состояние организма человека // Экология человека.— 2000.— № 2.— С. 18–20.

5. *Norre M. E.* Posturography: head stabilization compared with platform recording. Application in vestibular disorders // *Acta Otolaryngology Suppl.*— 1995.— Vol. 520, part 2.— P. 434–436.
6. *Мызников И. Л.* Экспресс-оценка функционального состояния организма подводников // *Военно-медицинский журнал.*— 2004.— Т. 325, № 7.— С. 35–37.
7. *Сарычев А. С., Лопатина Я. В.* Оценка физиологических резервов у вахтовиков в полевых условиях // *Экология человека.*— 2011.— № 11.— С. 17–20.
8. *Сышко Д. В., Мутьев А. В.* Коррекция вестибуловегетативных типов реакций у спортсменов // *Физическое воспитание студентов творческих специальностей: сб. науч. тр. / под ред. проф. С. С. Ермакова.*— Харьков, 2006.— № 4.— С. 42–47.
9. *Дараган В.* Теория и методика подготовки спортсменов. Роль вестибулярной сенсорной системы в двигательной деятельности человека // *Физическое воспитание студентов творческих специальностей / ХГАДИ (ХХПИ).*— 2003.— № 6.— С. 57–56.
10. *Скворцов Д. В.* Клинический анализ движений: Анализ походки. — М.: НМФ «МБН», 1996.— 344 с.
11. *Diener H. C., Dichgans J., Guschbauer B.* Role of visual and static vestibular influences on dynamic posture control // *Human Neurobiol.*— 1986.— P.105–113.
12. *Баевский Р. М.* Медико-физиологические аспекты использования аппаратно-программных средств для математического анализа ритма сердца // *Комплект для анализа variability сердечного ритма «Варикард».*— Рязань, 1998.— С. 53–73.
13. *Кирьяланис П., Лапаридис К., Софиадис Н.* Реакция сердечно-сосудистой системы на раздражение вестибулярного аппарата у представителей спортивной гимнастики // *Теория и практика физической культуры.*— 2002.— № 6.— С. 20–24.
14. *Щербина Ф. А., Мызников И. Л.* Особенности формирования компенсаторно-приспособительных реакций организма моряков в условиях длительного хронического стресса // *Физиология человека.*— 2006.— Т. 32, № 3.— С. 92–97.
15. *Кубряк О. В., Гроховский С. С.* Практическая стабилметрия. Статические двигательные-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции.— М.: Маска, 2012.— 88 с.

Поступила в редакцию: 7.06.2015 г.

Контакт: *Ишеков Александр Николаевич, ishekovalex@yandex.ru*

Сведения об авторах:

Ишеков Александр Николаевич — канд. биол. наук, научный сотрудник отдела по связям с военно-морскими структурами научно-исследовательского института Морской медицины Северного государственного медицинского университета (СГМУ), 163000, г. Архангельск, Троицкий пр., д. 51; тел.: 8 (911) 574-82-66; e-mail: ishekovalex@yandex.ru;

Ишеков Николай Сергеевич — д-р мед. наук, профессор кафедры физиологии и морфологии человека института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета им. М. В. Ломоносова, 163000, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 14.

Подписной индекс:
Агентство «Роспечать» — 58010