

УДК 612.178.176.223.261

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАПНОГРАФИИ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У МОРЯКОВ В ДИНАМИКЕ РЕЙСОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ

<sup>1</sup>А. Н. Ишеков, <sup>2</sup>Н. И. Ишекова

<sup>1</sup>НИИ Морской медицины Северного государственного медицинского университета,  
г. Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Кафедра физической культуры и оздоровительных технологий Северного  
государственного медицинского университета, г. Архангельск, Россия

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF CAPNOGRAPHY AND HEART RATE VARIABILITY SAILORS IN THE DYNAMICS OF VARYING DURATION VOYAGE

<sup>1</sup>A. N. Ishekov, <sup>2</sup>N. I. Ishekova

<sup>1</sup>Scientific research Institute of Maritime medicine Northern State Medical University,  
Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Department of Physical Education and health technologies Northern State Medical  
University, Arkhangelsk, Russia

© Коллектив авторов, 2015 г.

В настоящей статье приводятся данные по капнографии и вариабельности сердечного ритма у моряков при различной продолжительности морского арктического рейса. Показано, что в начале рейса определялись нормокапния тканевого дыхания и парасимпатикотония в регуляции ритма сердца, что отражает оптимальную реактивность организма к условиям навигации в течение 2 месяцев. В последующие месяцы у моряков отмечалось постепенное отклонение значений ВСР в сторону симпатикотонии и развитие гиперкапнии, что может указывать на нарастание дизадаптационных изменений со стороны кардиореспираторной системы к концу рейса.

**Ключевые слова:** капнография, вариабельность ритма сердца, адаптация в арктическом рейсе.

This article presents parameterizes on capnography and heart rate variability in the length of the sailors at various Arctic sea voyage. It is shown, that at the beginning of the voyage was determined normocapnia tissue respiration and parasympatic in regulating heart rhythm, which reflects the optimum reactivity to the conditions of 2 months navigation. In subsequent months, the sailors noted a gradual deviation of HRV towards sympatic and development of hypercapnia, which may indicate an increase disadaptation changes in the cardiorespiratory system by the end of the voyage.

**Key words:** capnography, heart rate variability, adaptation in the Arctic voyage.

**Введение.** Все профессии, объединяемые общим понятием «моряк», подразумевают наличие оптимального здоровья. Однако сложные и нередко экстремальные условия работы (службы) мало кому позволяют сохранить его впоследствии. Специфика проблемы адаптации в морской медицине определяется прежде всего тем, что приспособление организма членов экипажа к многообразным новым условиям жизне-

деятельности должно осуществляться в относительно короткое время. Постоянным стрессом для организма являются режим смены работы и отдыха, а также влияние климатогеографических и производственных факторов [1–6].

В достижении относительно устойчивой адаптации большую роль играет фактор скорости мобилизации приспособительных механизмов и последовательность их включения на раз-

ных уровнях функционирования организма. Чем медленнее происходит изменение факторов внешней среды, тем легче организму приспособиться к новым условиям [3, 7–10].

Одной из ведущих функций организма при различных профессиональных режимах является поддержание адекватного нагрузке кислородного режима. Согласно современным представлениям эту функцию в организме выполняет кардиореспираторная система, состоящая из внешнего дыхания, кровообращения и газообмена. Особенно велика ее роль в поддержании кислородного режима организма моряков, так как от того, в какой степени это происходит, зависит профессиональная адаптация в течение рейса [11–15].

**Целью данного исследования** было изучение адаптационных реакций кардиореспираторной системы у моряков в динамике арктического рейса.

#### **Задачи исследования:**

- 1) анализ показателей variability сердечного ритма (BCP) у моряков в арктическом рейсе различной продолжительности;
- 2) оценка данных капнографии как индикатора тканевого дыхания у обследуемых;
- 3) сравнительный анализ физиологических показателей между группами.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения исследования обследованы мужчины, которые по результатам медицинского освидетельствования считались практически здоровыми. В 1-ю группу вошли 20 моряков рыбопромыслового флота (средний возраст  $45,0 \pm 5,1$  года, продолжительность рейса 4 мес), во 2-ю группу — 40 моряков морского спасательного буксира МЧС и научно-исследовательского судна «Профессор Молчанов» (средний возраст  $40,5 \pm 5,2$  года, продолжительность рейса 2 мес).

Для реализации поставленных задач в июне-июле 2012–2015 гг. были проведены исследования в начале рейса (на 3–4-е сутки рейса —  $65^\circ$  с. ш.) и в конце рейса (2 и 4 мес соответственно).

Для реализации поставленных задач использовались неинвазивные функциональные методы исследования физиологических функций организма человека: BCP и капнография.

Анализ variability сердечного ритма включал параметры, предложенные Р. М. Баевским (1999): RRNN, SDNN, RMSSD, PNN50 (%), IC, HF%, LF%, VLF%, LF/HF ratio для оценки активности различных отделов вегетативной

нервной системы. Исследование выполнялось с помощью монитора сердечного ритма Polar 810SI (Финляндия).

Капнография — метод оценки тканевого дыхания, включал параметры: ПИЗ, ПНД, ЧД,  $\text{PetCO}_2$  и ДМП, которые отражали вентиляционные свойства органов дыхания. В данном исследовании применялся «Капнометр КП-01», предназначенный для автоматизации процесса капнометрического контроля внешнего дыхания пациента.

Исследования проводились в условиях волнения океана 1–3 балла, 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).

**Результаты и их обсуждение.** Оценка показателей капнографии у моряков позволила выявить ряд особенностей, более благоприятно протекающих во 2-й группе (табл. 1).

Так, показатель инспираторной загрузки легких (ПИЗ), характеризующий соотношение фаз дыхательного цикла, в начале рейса у обследуемых был повышен, вероятно, вследствие влияния стрессовых факторов профессиональной деятельности. К концу навигации значения ПИЗ снизились в 1-й группе к 4-му месяцу навигации. Во 2-й группе, напротив, определялась стабильная тенденция к нормализации значений.

Показатель концентрации углекислого газа в конце выдоха ( $\text{PetCO}_2$ ) был более высоким в начале навигации, особенно во 2-й группе. Данные значения косвенно отражали гиперкапническую тенденцию тканевого дыхания ввиду увеличения чувствительности дыхательного центра к экстремальным факторам окружающей среды. К концу рейса наблюдалось снижение данных  $\text{PetCO}_2$  у обследуемых. Значения для 2-й группы находились в пределах нормокапнии, что может указывать на оптимальную адаптацию к условиям навигации в течение 2 месяцев.

Таблица 1

## Сравнительная характеристика данных капнографии между группами в динамике арктического рейса

| Показатель                      | Начало рейса      |       |                    |       | Конец рейса         |       |                    |       |
|---------------------------------|-------------------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|
|                                 | 1-я группа (n=20) | SD    | 2-я группа (n=40)  | SD    | 1-я группа (n=20)   | SD    | 2-я группа (n=40)  | SD    |
| ПИЗ, ед.                        | 1,75 <sup>#</sup> | 0,72  | 1,32 <sup>#</sup>  | 0,56  | 1,02 <sup>***</sup> | 0,49  | 1,35 <sup>#</sup>  | 0,37  |
| ПНД, %                          | 28,58             | 18,73 | 24,76              | 20,4  | 30,33               | 19,09 | 25,92              | 14,26 |
| ЧДД, в минуту                   | 18,42             | 18,55 | 17,51              | 4,95  | 17,15               | 5,1   | 18,78              | 5,57  |
| PetCO <sub>2</sub> , мм рт. ст. | 38,41             | 15,52 | 51,15 <sup>#</sup> | 11,6  | 48,08               | 13,78 | 42,53 <sup>#</sup> | 11,19 |
| ДМП, %                          | 39,91             | 11,54 | 39,53              | 10,93 | 36,47               | 18,44 | 36,35              | 10,66 |

Примечание: различия достоверны между периодами в группе: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ ; различия достоверны между группами: <sup>#</sup> $p < 0,05$ .

Показатели неравномерности дыхания (ПНД%) и доли мертвого пространства (ДМП) в группах имели незначительную тенденцию к росту в начале рейса, что можно рассматривать как нарастание психоэмоционального напряжения. В последующем значения стабилизировались, отражая хорошую реактивность организма.

При сравнительном анализе между группами по данным variability ритма сердца у всех обследуемых в целом наблюдались неблагоприятные тенденции адаптации сердечно-сосудистой системы в начале навигации, вследствие преобладания влияний симпатического отдела ВНС.

К концу рейса у моряков 1-й группы определялось постепенное смещение значений ВСР в сторону симпатикотонии ввиду развития утомления к 4-му месяцу навигации, во 2-й группе значения ВСР находились на более высоком уровне вследствие преобладания парасимпатикотонии (табл. 2).

телей временного анализа ритма, в частности RRNN и SDNN, в динамике рейса наблюдались следующие тенденции: в 1-й группе определялся более выраженный рост парасимпатических влияний ВНС в регуляции ритма сердца к концу рейса, во 2-й группе значения показателей к концу рейса отклонялись в сторону преобладания симпатических влияний.

Значения показателя RMSSD, представляющего среднеквадратичное различие между интервалами R-R, что отражает парасимпатические влияния ВСР, у обследуемых в начале рейса находились на одинаковом уровне, в последующем наблюдалась регрессивная тенденция к снижению, более выраженная во 2-й группе.

Показатель PNN50 (%), отражающий степень преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим, у моряков 2-й группы был повышен в начале рейса и значительно снизился ко 2-му месяцу, вследствие

Таблица 2

## Сравнительная характеристика данных variability сердечного ритма у моряков в динамике арктического рейса

| Показатель  | Начало рейса        |        |                     |        | Конец рейса        |        |                    |        |
|-------------|---------------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|             | 1-я группа (n=20)   | SD     | 2-я группа (n=40)   | SD     | 1-я группа (n=20)  | SD     | 2-я группа (n=40)  | SD     |
| RRNN, мс    | 747,05 <sup>*</sup> | 130,94 | 856,45 <sup>*</sup> | 150,35 | 805,65             | 120,63 | 796,3              | 103,29 |
| SDNN, мс    | 62,97               | 23,4   | 55,3                | 21,64  | 48,81              | 30,45  | 50,8               | 21,74  |
| RMSSD, мс   | 44,45 <sup>#</sup>  | 32,45  | 43,43 <sup>#</sup>  | 28,53  | 31,96 <sup>#</sup> | 30,79  | 27,16 <sup>#</sup> | 10,52  |
| PNN50, %    | 2,82 <sup>*</sup>   | 2,72   | 5,91 <sup>*</sup>   | 5,94   | 3,16               | 6,48   | 3,41               | 3,39   |
| IC          | 0,24 <sup>#</sup>   | 0,22   | 0,02 <sup>*</sup>   | 0,04   | 0,11 <sup>#</sup>  | 0,18   | 0,03               | 0,05   |
| Vlf%        | 94,61 <sup>*</sup>  | 99,07  | 98,05 <sup>*</sup>  | 98,54  | 95,94              | 97,61  | 97,32              | 98,97  |
| Lf%         | 4,20 <sup>#</sup>   | 0,56   | 1,39 <sup>#</sup>   | 1,15   | 2,82               | 2,22   | 2,11               | 0,99   |
| Hf%         | 1,19                | 0,36   | 0,56                | 0,31   | 1,25               | 0,17   | 0,57               | 0,05   |
| LF/HF ratio | 3,52 <sup>**</sup>  | 1,55   | 2,48 <sup>*</sup>   | 3,7    | 2,25 <sup>**</sup> | 13     | 3,7 <sup>*</sup>   | 19,8   |

Примечание: различия достоверны в динамике в группе: <sup>#</sup> $p < 0,05$ ; различия достоверны между группами: \* $p < 0,05$ .

Детальное рассмотрение показателей ВСР выявило ряд особенностей. Так, среди показате-

роста парасимпатических влияний в регуляции ритма сердца, что можно рассматривать как

благоприятный признак начала адаптации. В 1-й группе в динамике рейса значения PNN50 (%) находились на стабильном уровне.

Данные о волновой структуре ВСР показали тенденции, аналогичные таковым временного анализа. Так, в динамике рейсов в обеих группах наблюдались повышенные значения волн ультранизкой частоты (показатель VLF%) из-за напряжения регуляторных систем ритма сердца вследствие влияния профессиональных условий.

Спектр волн низкой частоты (показатель LF %) в 1-й группе в начале рейса был повышен, далее наблюдалась стабилизация за счет парасимпатических влияний ВНС. В 2-й группе, напротив, с начала рейса значения LF% сохранялся на одном уровне. Данную тенденцию можно рассматривать как благоприятный прогностический признак адаптации для моряков 2-месячного рейса.

Спектр волн высокой частоты (показатель HF %) в динамике рейса у обследуемых практически не изменялся, отражая оптимальные резервы организма.

Производные показатели, такие как индекс централизации (IC) и вагосимпатического взаи-

модействия (LF/HF ratio), у моряков в начале рейса отклонялись в сторону симпатикотонии, особенно в 1-й группе. К завершению рейса значения стабилизировались за счет роста парасимпатических влияний, данная тенденция в большей степени определялась во 2-й группе.

**Выводы.** В начале рейса у обследуемых моряков наблюдался определенный стресс, обусловленный спецификой влияния негативных факторов моря в высоких широтах Арктики, что подтверждается показателями капнографии и вариабельности сердечного ритма, превышающими нормативные значения.

К концу навигации продолжительностью 2 месяца отмечались нормокапния тканевого дыхания, парасимпатикотония в регуляции ритма сердца, что может указывать на оптимальную реактивность организма.

При продолжительности навигации 4 месяца отмечалось постепенное отклонение значений ВСР в сторону симпатикотонии и развитие гиперкапнии тканевого дыхания, что может указывать на напряжение кардиореспираторной системы к концу рейса.

### 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. Солодков А. С., Горбенко П. П. Особенности функционирования системы дыхания у представителей разных видов спорта // Физиология человека.— 1990.— Т. 16, № 2.— С. 112–119.
4. Хугаева С. Г., Милавкина И. А., Бойко И. М., Мосягин И. Г. Статистические показатели ВКМ у моряков тралового флота в рейсе в условиях Арктического Севера // Бюллетень СГМУ.— 2011.— № 1.— С. 310–311.
5. Dixhoorn J., van. Cardiorespiratory effects of breathing and relaxation instruction in myocardial infarction patients // Biol Psychol.— 1998.— Vol. 49, № 1–2.— P. 123–135.
6. Rochester D. Respiratory muscle weakness, pattern of breathing, and CO<sub>2</sub> retention in COPD // Am. Rev. Respir. Dis.— 1991.— Vol. 143.— P. 905–912.
7. Баевский Р. М. Медико-физиологические аспекты использования аппаратно программных средств для математического анализа ритма сердца // Комплект для анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард».— Рязань, 1998.— С. 53–73.
8. Стрелков Д. Г. Оценка функциональных резервов кардиореспираторной системы организма человека при действии различных факторов // Эколого физиологические проблемы адаптации: мат лы XII междунар. симп.— М., 2007.— С. 422–424.
9. Чижов А. Я. Результаты применения прерывистой нормобарической гипоксии у больных бронхиальной астмой и хроническим обструктивным бронхитом // Физиол. журн.— 1992.— Т. 38, № 5.— С. 39–42.
10. Hughson R. L., Yamamoto Y., McCullough R. E. et al. Sympathetic and parasympathetic indicators of heart rate control at altitude studied by spectral analysis // J. Appl. Physiol.— 1994.— Vol. 77, № 6.— P. 2537–2542.
11. Агаджанян Н. А., Шастун С. А., Бяхов М. Ю. и др. Резервы организма и здоровье студентов из различных климато-географических регионов // Вестн. РУДН. Сер. Медицина, физиология.— 2006.— № 2 (34)— С. 37–41.

12. Варламова Н. Г. Состояние сердечно сосудистой системы жителей Европейского Севера // Медицинская наука в Республике Коми.— Сыктывкар, 2000.— Вып. 16.— С. 28.
13. Совершаева С. Л., Аристова В. В., Убирия М. Н. Системная и легочная гемодинамика в норме и патологии системы дыхания у северян.— Архангельск: Изд во АГМА, 1999.— 90 с.
14. Foster C., Gal R. A., Murphy P. et al. Left ventricular function during exercise testing and training // Med. Sci. Sports. Exerc.— 1997.— Vol. 29, № 3.— P. 297–305.
15. Meyer M., Rahmel A., Marconi C. et al. Adjustment of cardiac output to step exercise in heart transplant recipients // Z. Kardiol.— 1994.— Suppl. 3, № 83.— P. 103–109.

Поступила в редакцию 7.09.2015 г.

Контакт: Александр Николаевич Ишеков, [ishekovalex@yandex.ru](mailto:ishekovalex@yandex.ru)

#### Сведения об авторах:

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

*Надежда Ивановна Ишекова* — доктор медицинских наук, заведующая кафедрой физической культуры и оздоровительных технологий Северного государственного медицинского университета. 163000, г. Архангельск, Троицкий пр., д. 51.