

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У КУРСАНТОВ МОРСКОГО ВУЗА В ПЕРИОД ДЛИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ

<sup>1</sup>А. Б. Гудков\*, <sup>2</sup>А. Ф. Щербина, <sup>1</sup>О. Н. Попова, <sup>3</sup>А. Н. Никанов

<sup>1</sup>Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

<sup>3</sup>Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора,  
Санкт-Петербург, Россия

*Цель.* Выявить особенности центральной гемодинамики у курсантов морского вуза в условиях пятимесячного плавания.

*Материалы и методы.* Проведено обследование 70 курсантов на борту учебно-парусного судна в динамике пятимесячного плавания (165 суток). Перед заступлением на вахту у курсантов определялись показатели гемодинамики. Для статистической обработки результатов применялось программное обеспечение SPSS, v. 17.0 (IBM).  
*Результаты и их обсуждение.* Первые два месяца характеризуются стабильными показателями сократительной функции миокарда, которая начинает изменяться с третьего месяца. На третий месяц появляются признаки мобилизации функции кровообращения, что выражается в повышении систолического — АДс ( $p < 0,05$ ) и пульсового — АДп ( $p < 0,05$ ) артериального давления (на 6,6% и 14% соответственно). Четвертый и пятый месяцы характеризуются дальнейшей активизацией компенсаторно-приспособительных механизмов гемодинамики: увеличиваются АДд ( $p < 0,05$ ), АДп ( $p < 0,001$ ), а также минутный объем кровообращения ( $p < 0,05$ ) за счет возрастания частоты сердечных сокращений ( $p < 0,001$ ), что косвенно указывает на снижение экономичности в работе сердечно-сосудистой системы.

**Ключевые слова:** морская медицина, курсанты морского вуза, учебно-плавательная практика, гемодинамика

\*Контакт: Гудков Андрей Борисович, [gudkovab@nsmu.ru](mailto:gudkovab@nsmu.ru)

© Gudkov A.B., Shcherbina A.F., Popova O.N., Nikanov A.N., 2021

## CHARACTERISTICS OF INDICATORS OF CENTRAL HEMODYNAMICS OF CADETS OF MARINE UNIVERSITY IN THE PERIOD OF LONG SWIMMING

<sup>1</sup>Andrey B. Gudkov\*, <sup>2</sup>Anatoliy F. Shcherbina, <sup>1</sup>Olga N. Popova, <sup>3</sup>Aleksandr N. Nikanov

<sup>1</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

<sup>3</sup>North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health of Rosпотребнадзор,  
St. Petersburg, Russia

*Goal.* To reveal the peculiarities of central hemodynamics of cadets of a marine university in the conditions of a five-month sailing.

*Materials and methods.* A survey of 70 cadets on board of a sailing training vessel was carried out in the dynamics of a five-month voyage (165 days). Hemodynamic indicators were monitored before entry on duty. For the statistical processing of the results, the SPSS software, v 17.0 (IBM) was used.

*Results and its discussion.* The first two months are characterized by stable indicators of myocardial contractile function, which begins to change from the third month. In the third month, signs of mobilization of the circulatory function appear, which is expressed in an increase in blood pressure ( $p < 0,05$ ) and blood pressure ( $p < 0,05$ ) (by 6.6% and 14%, respectively). The fourth and fifth months are characterized by a further activation of the compensatory-adaptive mechanisms of hemodynamics: an increase in blood pressure ( $p < 0,05$ ), blood pressure ( $p < 0,001$ ), as well as MVC ( $p < 0,05$ ) due to an increase in heart rate ( $p < 0,001$ ), which indirectly indicates a decrease in efficiency in the work of the cardiovascular system.

**Key words:** marine medicine, cadets of the maritime university, educational and swimming practice, hemodynamics

\*Contact: *Gudkov Andrey Borisovich, gudkovab@nsmu.ru*

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Гудков А.Б., Щербина А.Ф., Попова О.Н., Никанов А.Н. Характеристика показателей центральной гемодинамики у курсантов морского вуза в период длительного плавания // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 1. С. 54–59, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-1-54-59>.

**Conflict of interest:** the authors have declared no conflict of interest.

**For citation:** Gudkov A.B., Shcherbina A.F., Popova O.N., Nikanov A.N. Characteristics of indicators of central hemodynamics in cadets of a marine university during a long voyage // *Marine medicine*. 2021. Vol. 7, No. 1. P. 54–59, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-1-54-59>.

**Введение.** В экологической физиологии и физиологии труда накоплен обширный научно-практический материал, который позволил обосновать положение о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптивных реакций организма человека [1, с. 27; 2, с. 437]. В практике морской медицины для изучения характера компенсаторно-приспособительных реакций организма моряков на условия рабочей среды и производственного цикла широко используются показатели центральной гемодинамики, такие как систолическое (АДс) и диастолическое (АДд) артериальное давление и частота сердечных сокращений (ЧСС) [3, с. 39; 4, с. 57]. Регистрация этих физиологических величин в реальных условиях плавания представляет наименьшие трудности в плане организации обследования моряков, минимального отвлечения их от основной деятельности, и в то же время они являются достаточно информативными, кроме того, могут быть использованы как исходные для расчета других показателей по оценке динамики адаптивного процесса [5, с. 55; 6, с. 24, 27; 7, с. 66].

Моряки являются особой категорией населения. Во-первых, для всех судов, независимо от их назначения, характерен комплекс общесудовых неблагоприятных факторов среды, составляющих фон, на котором протекает труд и отдых членов экипажа в течение рейса. Во-вторых, моряки составляют самый многочисленный отряд работников транспорта, а значит существует постоянная потребность в подготовке новых кадров. В настоящее время теоретические представления о различных аспектах адаптивных изменений в организме моряков нашли отражение в статьях и монографиях [8, с. 2; 9, с. 172; 10, с. 2]. Однако в источниках литературы отсутствуют сведения о характере компенсаторно-приспособительных реакций у курсантов морских вузов

во время прохождения учебно-плавательной практики, что и явилось побудительным мотивом для проведения настоящего исследования.

**Цель работы:** выявить особенности центральной гемодинамики у курсантов морского вуза в условиях пятимесячного плавания.

**Материалы и методы.** Проведено обследование 70 курсантов Мурманского технического университета на борту учебно-парусного судна (УПС) «Седов» в динамике пятимесячного плавания (165 суток). Авиационным транспортом курсанты из Мурманска были доставлены в Касабланку (Марокко) на УПС для учебно-плавательной практики. Маршрут следования УПС: Касабланка — Ресефи (Бразилия) — Монтевидео (Уругвай) — Ушуайя (Аргентина) — Вальпараисо (Чили) — Кальяо (Перу) — Пансэте (о. Таити) — Аниа (Самоа) — Манила (Филиппины) — Владивосток. Обследование курсантов проводилось ежемесячно в 19 часов перед заступлением на вахту: на 10–15, 45–50, 75–80, 100–105 и 150–155-е сутки плавания. Рабочий цикл курсантов был организован посменным несением вахт: 4 часа вахта — 8 часов отдых — 4 часа вахта — 8 часов отдых. В состоянии покоя определялись ЧСС (пальпаторно) и АД (по методу Н. С. Короткова). Полученные величины использовались для расчета по известным формулам пульсового давления (ПД), систолического объема кровообращения (СОК) по формуле Старра, минутного объема кровообращения (МОК), среднединамического давления (СДД) по формуле Хикема и периферического сопротивления сосудов (ПСС) по формуле Пуазейла [11, с. 428].

Для оценки типа распределения количественных данных использовался тест Колмогорова–Смирнова. Поскольку распределение данных не отличалось от нормального, для их описания применялись средняя арифметическая ( $M$ ) и ошибка средней ( $m$ ). Для сравнения

Таблица 1  
 Параметры гемодинамики у курсантов учебно-парусного судна «Седов» (n=70) в течение пятимесячного плавания, M±m

Table 1  
 Hemodynamic parameters of cadets of the training sailing ship «Sedov» (n=70) during a five-month voyage, M±m

Показатель	Месяц плавания					пятый	р1-2	р1-3	р1-4	р1-5	р2-3	р2-4	р2-5	р3-4	р3-5	р4-5
	первый	второй	третий	четвертый	пятый											
ЧСС, в 1 мин	76,5±2,1	72,3±1,5	73,5±1,3	77,4±2,1	79,4±1,2							**	***		***	
АДс, мм рт.ст.	122,3±2,5	125,7±2,2	130,4±2,1	130,1±1,7	137,4±2,2										***	*
АДд, мм рт.ст.	73,9±2,1	72,8±1,8	75,2±2,2	75,2±2,3	78,6±1,7		*								***	*
АДп, мм рт.ст.	48,4±2,3	52,9±2,0	55,2±2,1	54,9±2,0	58,8±1,9			*							*	*
СДД, мм рт.ст.	94,2±2,2	95,0±1,9	98,3±2,1	98,1±2,1	103,2±1,8										**	
СОК, мл	68,5±2,2	71,4±2,0	71,1±2,0	71,5±2,1	70,5±1,8											
МОК, л/мин	5,24±0,21	5,16±0,17	5,22±0,15	5,53±0,21	5,60±0,15										*	*
ПСС, дин×с <sup>-1</sup> ×см <sup>-5</sup>	1438±105	1472±89	1506±75	1420±106	1473±83											

Примечание: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001. Пояснения в тексте.

Note: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001. Explanations in the text.

средних значений в зависимых выборках использовались однофакторный дисперсионный анализ повторных измерений и парный критерий Стьюдента. За критический уровень статистической значимости принималось значение p, равное 0,05. Для статистической обработки результатов применялось программное обеспечение SPSS, v. 17.0 (IBM).

**Результаты и их обсуждение.** При анализе полученных у курсантов результатов выявляется фазный характер показателей гемодинамики в зависимости от периода плавания (табл. 1).

Так, привлекает внимание некоторое снижение ЧСС ко второму и третьему месяцам плавания и повышение к четвертому (p<0,05), и особенно к пятому (p<0,001) по сравнению со вторым и третьим месяцем. Физиологический смысл снижения ЧСС заключается в том, что в этом случае сохраняется хронотропный резерв и у сердечно-сосудистой системы появляется больший диапазон ответных реакций на предъявляемую ей нагрузку. Увеличение ЧСС к четвертому и пятому месяцам плавания указывает на мобилизацию функций кровообращения и на активацию и напряжение процессов адаптогенеза у курсантов, так как при любом среднем АД и МОК более высокая ЧСС сопровождается большим потреблением кислорода и меньшей экономичностью работы сердца.

В течение всего рейса у курсантов наблюдается увеличение АДс. Если на второй месяц плавания появилась лишь тенденция к увеличению, то на третий, четвертый и пятый месяцы произошло статистически значимое увеличение на 6,6% (p<0,05), 6,3% (p<0,01) и 12,3% (p<0,001) соответственно (табл. 2).

Подобную динамику имеют и величины АДп и СДД. Рост АДс, АДп и СДД указывает на активацию механизмов адаптации у курсантов. Поддержание уровня артериального давления является способом, направленным на обеспечение достаточного кровотока, который определяет градиент кислорода между кровью и тканями.

Величина СОК в течение рейса существенно не изменялась, однако МОК статистически значимо увеличился на четвертый и пятый месяцы рейса по сравнению со вторым месяцем (p<0,05). Поскольку показатель СОК в динамике рейса не изменился, величина МОК к концу плавания достигалась за счет ЧСС. Выявленные изменения указывают, что не-

Таблица 2

**Изменения показателей центральной гемодинамики у курсантов по сравнению с первым месяцем плавания, %**

Table 2

**Changes in some indicators of central hemodynamics in cadets compared to the first month of swimming, %**

Показатель	Период плавания, месяц			
	второй	третий	четвёртый	пятый
ЧСС	-16,5	-4,0	+1,1	+3,7
АДс	+2,7	+6,6*	+6,3**	+12,3***
АДд	-1,5	+1,7	+1,7	+6,3
АДп	+9,2	+14,0*	+13,4*	+21,4***
СДД	+0,8	+4,4	+4,3	+9,5**
СОК	+4,2	+4,1	+4,2	+2,9
МОК	-1,6	-0,1	+5,5	+6,8
ПСС	+2,3	+4,7	+1,3	+2,4

Примечание: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$  по сравнению с первым месяцем плавания. Пояснения в тексте.

Note: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$  compared to the first month of sailing. Explanations in the text.

обходимый уровень МОК к окончанию плавания достигался не за счет СОК, отражающего способность сердечной мышцы при прочих равных условиях совершать полезную работу, направленную на поддержание кислородного гомеостаза, а за счет ЧСС, что является менее экономичным, так как при любом среднем АД и МОК более высокая ЧСС сопровождается большим потреблением кислорода, а значит меньшей экономичностью в работе миокарда. Кроме того, увеличение ЧСС в покое приводит к уменьшению хронотропного резерва сердечно-сосудистой системы, сужая диапазон ответных реакций при возникающей физической нагрузке.

При анализе величины ПСС у курсантов не выявлено значимых изменений в течение плавания. По мнению В.П. Казначеева [12, с. 78], роль сосудистого тонуса в обеспечении гомеостаза сердечно-сосудистой системы повышается в Заполярье. В выполненных ранее исследованиях у рабочих было установлено изменение ПСС в течение вахтового периода при работе в высоких широтах на арктических территориях [13, с. 31]. Можно предположить, что повышение ПСС у вахтовиков было связано в основном с воздействием холодого

фактора, которое отсутствовало у курсантов при плавании в низких широтах.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлены некоторые особенности центральной гемодинамики у курсантов в период плавания.

#### Выводы.

1. Деятельность центральной гемодинамики у курсантов морского вуза в течение пятимесячного плавания носит фазный характер. Первые два месяца характеризуются стабильными показателями сократительной функции миокарда, которая начинает изменяться с третьего месяца нахождения в море.

2. На третий месяц плавания появляются признаки мобилизации функции кровообращения, что выражается в повышении АДс ( $p < 0,05$ ) и АДп ( $p < 0,05$ ) (на 6,6% и 14% соответственно).

3. Четвертый и пятый месяцы плавания характеризуются дальнейшей активизацией компенсаторно-приспособительных механизмов гемодинамики: увеличиваются АДд ( $p < 0,05$ ), АДп ( $p < 0,001$ ), а также минутный объем кровообращения ( $p < 0,05$ ) за счет возрастания частоты сердечных сокращений ( $p < 0,001$ ), что косвенно указывает на снижение экономичности в работе сердечно-сосудистой системы.

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Агаджанян Н.А., Радыш И.В., Игнатьев Л.И. Сезонные изменения адаптационных реакций организма // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2012. № S7. С. 26–27 [Agadzhanyan N.A., Radysh I.V., Ignatiev L.I. Seasonal changes in the body's adaptive reactions. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine*, 2012, No S7, pp. 26–27 (In Russ.)].

2. Baevsky R.M., Chernikova A.G. Assessment of adaptation risk in individual prenosological monitoring system // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2016. Vol. 46, No. 4. P. 437–445.
3. Малинина Е.В., Кондрашова Н.М., Котельников В.Н., Геращенко Е.В. Клинико-функциональная характеристика адаптации сердечно-сосудистой системы моряков при автономном плавании // *Морская медицина*. 2020. Т. 6, № 4. С. 38–43. [Malinina E.V., Kondrashova N.M., Kotelnikov V.N., Gerashchenko E.V. Clinical and functional characteristic of adaptation of the cardiovascular system of seafarers during autonomous cruise. *Marine medicine*, 2020, Vol. 6, No. 4, pp. 38–43 (In Russ.)]. <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-38-43>.
4. Кубасов Р.В., Лупачев В.В., Логвиненко А.Т., Кубасова Е.Д. Изменения артериального давления у моряков во время длительных морских рейсов // *Морская медицина*. 2016. Т. 2, № 3. С. 57–60. [Kubasov R.V., Lupachev V.V., Logvinenko A.T., Kubasova E.D. Changes in blood pressure in sailors during long sea voyages. *Marine medicine*, 2016, Vol. 2, No 3, pp. 57–60 (In Russ.)].
5. Baevsky R.M., Berseneva A.P. Pre-nosologi diagnostics // *Cardiometry*. 2017. Vol. 10. P. 55–63.
6. Мызников И.Л., Глико Л.И., Паюсов Ю.А., Шагалова Л.Н., Решетнев В.Г. *Методика контроля за функциональным состоянием моряков. Диагностические индексы и физиологические нагрузочные тесты*. Мурманск: Север, 2008. 128 с. [Myznikov I.L., Gliko L.I., Pajusov Yu.A., Shagalova L.N., Reshetnev V.G. *Methodology for monitoring the functional state of seafarers. Diagnostic indices and physiological stress tests*. Murmansk: Publishing House Sever, 2008, 128 p. (In Russ.)].
7. Baevsky R.M., Chernikova A.G. Heart rate variability analysis: physiological foundations and mail methods // *Cardiometry*. 2017. Vol. 10. P. 66–76.
8. Мосягин И.Г., Хугаева С.Г., Бойко И.М. *Психофизиологические стратегии адаптивного профессиогенеза моряков тралового флота в условиях Арктического Севера: монография*. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2013. 196 с. [Mosyagin I.G., Khugaeva S.G., Boyko I.M. *Psychophysiological strategies of adaptive professiogenesis of trawl seamen in the Arctic North: monograph*. Arkhangelsk: Publishing house of the Northern State Medical University, 2013, 196 p. (In Russ.)].
9. Казакевич Е.В., Архиповский В.Л., Доронин И.А. Медицинские осмотры плавсостава Северного бассейна: результаты, анализ, проблемы // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2018. Т. 20, № 2. С. 172–179. [Kazakevich E.V., Arkhipovskiy V.L., Doronin I.A. Medical examinations of the crew of the Northern Basin: results, analysis, problems. *Medicine of extreme situations*, 2018, Vol. 20, No. 2, pp. 172–179 (In Russ.)].
10. Гудков А.Б., Щербина Ф.А., Мызников И.Л. *Адаптивные реакции организма моряков рыбопромыслового флота: монография*. Архангельск: Изд-во СГМУ, 2011. 241 с. [Gudkov A.B., Shcherbina F.A., Myznikov I.L. *Adaptive reactions of the organism of seamen of the fishing fleet: Monograph*. Arkhangelsk: Publishing house SSMU, 2011, 241 p. (In Russ.)].
11. Аринчин Н.Н. Проблема тензии и тонии в норме и патологии кровообращения // *Физиология человека*. 1978. Т. 4, № 3. С. 426–435. [Arinchin N.N. The problem of tension and tonicity in the norm and pathology of blood circulation. *Human Physiology*, 1978, Vol. 4, No 3, pp. 426–435 (In Russ.)].
12. Казначеев В.П. *Клинические аспекты полярной медицины*. М.: Медицина, 1986. 208 с. [Kaznacheev V.P. *Clinical aspects of polar medicine*. Moscow: Publishing house Medicine, 1986, 208 p. (In Russ.)].
13. Теддер Ю.Р., Гудков А.Б., Дегтева Г.Н., Симонова Н.Н. *Актуальные вопросы физиологии и психологии вахтового труда в Заполярье*. Архангельск, 1996. 127 с. [Tedder Yu.R., Gudkov A.B., Degteva G.N., Simonova N.N. *Topical issues of physiology and psychology of shift work in the Arctic*. Arkhangelsk, 1996, 127 p. (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.01.2021 г.

#### Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — А.Б.Гудков. Вклад в сбор данных — А.Ф.Щербина. Вклад в анализ данных и выводы — А.Б.Гудков, О.Н.Попова. Вклад в подготовку рукописи — О.Н.Попова, А.Н.Никанов, А.Ф.Щербина.

#### Сведения об авторах:

Гудков Андрей Борисович — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; e-mail: gudkovab@nsmu.ru; ORCID: 0000-0001-5923-0941; SPIN 4369-3372;

Щербина Анатолий Федорович — кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова»; 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36; e-mail: Runner-man@mail.ru; ORCID 0000-0003-2489-7978; SPIN 8267-4267;

Попова Ольга Николаевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный ме-

динский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 163000, Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; e-mail: popova\_nsmu@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0135-4594; SPIN 5792-0273;

*Никанов Александр Николаевич* — кандидат медицинских наук, руководитель отдела клинических исследований федерального бюджетного учреждения науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; 191031, Санкт-Петербург, 2-я Советская улица, д. 4; e-mail: Nikanov@s-znc.ru; ORCID 0000-0003-3335-4721; SPIN 6838-5002.