



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014  
УДК 613.68

## Динамика функционального состояния подводников в предподходовый период

ХАНКЕВИЧ Ю.Р., кандидат медицинских наук, полковник медицинской службы  
БЛОЩИНСКИЙ И.А., заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук,  
полковник медицинской службы запаса (bia\_55@mail.ru)  
ВАЛЬСКИЙ А.В., капитан медицинской службы  
НАБОКОВ Н.Л., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы  
в отставке (nabokov2@mail.ru)

Центр подготовки Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург

Авторами показано, что в период подготовки подводной лодки к выходу в длительный автономный поход возрастает напряженность профессиональной деятельности всего личного состава. В это время пополняются все виды запасов, проводятся регламентные и другие виды работ, различного рода контрольно-проверочные мероприятия. Все это приводит к напряжению функциональных резервов организма подводников. Сделан вывод о том, что для ранней диагностики ухудшения функционального состояния подводников целесообразно применять простые и доступные, но информативные методы, одним из которых является оценка показателей деятельности сердечно-сосудистой системы. Это служит основой для обоснования и проведения профилактических мероприятий по поддержанию функционального состояния подводников на оптимальном уровне.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** подводники, функциональное состояние, напряженность предподходового периода, показатели деятельности сердечно-сосудистой системы.

*Khankevich Yu.R., Bloschinskii I.A., Valskii A.V., Nabokov N.L. – Dynamics of functional status of submarine personnel during the pre-deployment period. Authors came to conclusions that during the pre-deployment period submarine personnel are stressed out. During this period submarine personnel usually resupply, conduct maintenance and other monitoring-and-checkout measures, which leads to functional stress. Authors came to conclusion that it is necessary to use simple and easy, but at the same time informative methods for early diagnosis of worsen functional health status. One of these methods is evaluation of indicators of cardiovascular system. This method is a base for functional health status prophylaxis.*

**К е у w o r d s:** submarine personnel, functional health status, pre-deployment stress factors, indicators of cardiovascular system.

Современные подводные лодки (ПЛ) отличаются высокой насыщенностью автоматизированными системами и, соответственно, особенностями профессиональной деятельности операторов [4, 6].

Решение операторами задач по предназначению в море характеризуется сложностью, напряженностью, психоэмоциональным напряжением, витальной угрозой и осуществляется в условиях воздействия на организм ряда неблагоприятных факторов обитаемости ПЛ, что негативно сказывается на их функциональном состоянии (ФС) и здоровье [1, 4, 6–8, 11].

При этом выходе ПЛ в море предшествует длительный и напряженный период предподходовой подготовки, в котором можно выделить этапы заблаговременной и непосредственной подготовки.

На этапе заблаговременной подготовки экипаж проходит подготовку на специализированных тренажерах, имитирующих различные системы и посты управления ПЛ, спасательную подготовку, медицинское обследование и освидетельствование, психофизиологическое обследование.

Непосредственная подготовка к выходу в море проводится в соответствии с курсами боевой подготовки и специ-



альными наставлениями. Экипаж подтверждает свои навыки по управлению техническими средствами в различных режимах использования ПЛ, в т. ч. на выходах в море, при решении задач по предназначению, а также непосредственно участвует в техническом обслуживании и подготовке материальной части к выходу в море.

Кроме того, в этот период экипаж неоднократно подвергается проверкам со стороны вышестоящих штабов и различного рода инспекций, в ходе которых оценивается техническая готовность ПЛ и степень подготовки экипажа к выполнению задач по предназначению. Непосредственная подготовка завершается контрольным выходом ПЛ в море и заключительной проверкой специалистами штаба флота.

Напряженность периода подготовки к выходу в море может привести к ухудшению ФС подводников [4, 6, 12].

#### Цель исследования

Изучить влияние напряженности предподходного периода на ФС подводников по результатам анализа показателей деятельности сердечно-сосудистой системы.

#### Материал и методы

Обследованы 24 офицера из числа экипажа ПЛ в возрасте от 35 до 38 лет. Все испытуемые прошли ежегодное стационарное медицинское освидетельствование и были признаны годными к службе на подводных лодках, а также дали письменное добровольное информированное согласие на участие в исследованиях. Испытуемые не были зависимы от исследователей и не получали денежного вознаграждения за участие в исследованиях. Участие либо его прекращение были сугубо добровольными.

Обследование испытуемых проводили трехкратно: по прибытии экипажа из отпуска, на этапе заблаговременной подготовки и непосредственно перед выходом ПЛ в длительный автономный поход.

В ходе исследования были проанализированы показатели деятельности сердечно-сосудистой системы: ЧСС, систолическое АД (САД), диастолическое АД (ДАД), пульсовое АД (ПАД) и среднее АД (АДср), рассчитываемое по формуле

Хикэма, а также расчетные индексы, позволяющие в совокупности с анализом элементов *электрокардиограммы* (ЭКГ) объективно учесть физическую и эмоционально-аффективную компоненты изменений ФС [2, 3, 9, 10]:

– ИФИ – индекс функциональных изменений:  $ИФИ = 0,011ЧСС + 0,014САД + 0,008ДАД + 0,014В$  (возраст)  $+ 0,009МТ$  (масса тела)  $- 0,009ДТ$  (рост)  $- 0,27$ . Градации индекса: удовлетворительная адаптация – до 2,59 балла, напряжение механизмов адаптации – 2,6–3,09 балла, неудовлетворительная адаптация – 3,1–3,49 балла, срыв адаптации – выше 3,5 балла;

– ИРВ – индекс резервных возможностей, косвенно характеризующий особенности сердечного выброса.  $ИРВ = АДср \times 100 / ПАД$ . Снижение производительности миокарда и повышение его потребности в энергетическом обеспечении ведет к повышению ИРВ, и, наоборот, чем ниже ИРВ, тем больше остается энергетических возможностей миокарда;

– R – индекс сердечного резерва, или тест Мота:  $R = (САД - ДАД) \times 100 / ДАД$ . В литературных источниках встречается как показатель операбельности, но может использоваться и для оценки ФС здорового человека. В норме индекс составляет 50 ед., о снижении резервов свидетельствует показатель 25–40 ед. На наличие сердечной недостаточности может указывать снижение индекса до уровня менее 25 ед.

При анализе элементов ЭКГ рассматривали показатели и индексы, характеризующие комплекс QRS и деятельность сердца в целом [2, 3, 9]:

– RRср – длительность кардиоинтервала средняя, длительность P-волны, длительность усредненного QRS-комплекса, нормализованный интервал QT ( $QT_c = QT / \sqrt{RR}$ );

– КР – коэффициент реакции, показатель реакции на ортопробу как оценка резервов организма;

– ПДА – показатель дыхательной аритмии сердца, рассчитанный по формуле:  $ПДА = 100(RR_{max} / RR_{min})$ ;

СП – систолический показатель (предложен Фогельсоном и Черногоровым), рассчитываемый по формуле:  $СП = 100QT / RR$  в % и позволяющий кос-



венно оценить сократительную способность миокарда.

Исследования проводились с использованием компьютерного кардиографа «Поли-Спектр-8», разработанного фирмой «Нейрософт» (г. Иваново), и автоматического измерителя давления «ОМРОН». Анализ ЭКГ проводили на интервале 300 кардиоциклов.

Статистическую обработку результатов измерений проводили при помощи программного обеспечения «Статистика 6.0» [5]. Общий ход статистического анализа заключался в проверке на нормальность распределения с использованием критериев Шапиро – Уилка и Лиллиефорса. В случае несовпадения результатов предпочтению оказывалось критерию Шапиро – Уилка, как более надежному. В случае, если уровень значимости был более 0,05 ( $p > 0,05$ ), принималась нулевая гипотеза, распределение считалось близким к нормальному и использовались параметрические методы анализа, в противном случае – непараметрические методы.

### Результаты и обсуждение

Анализ влияния напряженности предпоходового периода на ФС подводников показал, что изменения показателей ЧСС и АД, в целом, соответствуют ожидаемым. Результаты проведенных на всех этапах исследования измерений приведены в табл. 1.

Распределение показателей по Шапиро – Уилку и Лиллиефорсу позволило применить методы параметрического анализа ко всем переменным, кроме ЧСС1 и R1. Для проверки различия показателей между этапами использовался  $t$ -критерий Стьюдента для зависимых групп.

Было зафиксировано повышение средней ЧСС в третьем измерении при статистической значимости на уровне  $p < 0,1$ , что можно рассматривать как повышение симпатических влияний.

Статистически значимых различий между измерениями САД не выявлено. Однако ДАД имеет статистически значимые различия на уровне  $p < 0,05$  между вторым и третьим измерениями. Зафиксировано самое низкое значение данного показателя после отпуска и его

значительный рост по окончании предпоходового периода. ПАД, наоборот, выросло ко второму исследованию и снизилось к окончанию подготовки к выходу в море. Уменьшение разницы между САД и ДАД – скорее неблагоприятный признак, свидетельствующий о снижении уровня функциональных резервов организма к окончанию предпоходового периода [2, 3]. Показатели АДср также снижались после отдыха и существенно увеличивались к моменту выхода в море, что говорит о напряжении механизмов адаптации.

Рассмотрим динамику индексов функциональных изменений. ИФИ во втором измерении изменялся мало, тогда как перед выходом в море у подводников зафиксировано повышение показателя. Среднее значение переходит в класс напряжения механизмов адаптации. Количественно это выражается так: при первом измерении у 6 человек показатели индекса находились в классе напряжения механизмов адаптации, во втором – у 9 человек, в третьем – у 14, причем независимо от возраста.

ИРВ, косвенно характеризующий сердечный выброс, статистически достоверно повышался к концу предпоходового периода. Некоторые авторы считают его одним из наиболее чувствительных показателей наличия функциональных сдвигов [2, 6, 9]. При этом снижение ИРВ свидетельствует об улучшении энергетического обеспечения деятельности сердца, тогда как повышение – о снижении резервных возможностей и повышении потребности сердца в энергетическом обеспечении. В данном случае можно предположить, что рост ИРВ связан с неблагоприятными функциональными сдвигами и повышением потребности миокарда в энергетическом обеспечении.

Отмечается повышение показателей сердечного резерва ( $R$ ) после отпуска и его снижение к окончанию предпоходового периода. При этом средние значения лежат в зоне удовлетворительных показателей и малоинформативны.

При статистической обработке и анализе элементов электрокардиограммы на всех этапах исследования применялись непараметрические методы (табл. 2).



В третьем измерении зафиксировано статистически достоверное сокращение *RR*-интервалов. Длительность *P*-волны не имела статистически достоверных изменений, тогда как длительность усредненного комплекса *QRS* в третьем измерении имела тенденцию к увеличе-

нию. При этом интервал *QT* увеличивался при нагрузке, одновременно росла его дисперсия.

КР на ортопробу не выявил статистически достоверных различий, имеются лишь несущественные тенденции к его снижению. Отмечается снижение пере-

Таблица 1

Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы

Переменная	Среднее	-95%	+95%	Медиана	Вариативность	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
ЧСС (уд./мин)	66,65	63,75	69,55	68,00	44,96	6,71	1,40
ЧСС1 (уд./мин)	69,17	64,92	73,42	65,50	101,36	10,07	2,06
ЧСС2 (уд./мин)	71,96	67,82	76,10	70,00	96,04	9,80	2,00
САД (мм рт. ст.)	123,35	119,85	126,85	124,00	65,60	8,10	1,69
САД1 (мм рт. ст.)	122,42	118,30	126,54	122,50	95,21	9,76	1,99
САД2 (мм рт. ст.)	127,54	124,48	130,60	128,00	52,43	7,24	1,48
ДАД (мм рт. ст.)	77,96	75,08	80,83	78,00	44,23	6,65	1,39
ДАД1 (мм рт. ст.)	73,88	69,92	77,83	74,00	87,77	9,37	1,91
ДАД2 (мм рт. ст.)	83,38	80,42	86,33	84,00	48,94	7,00	1,43
ПАД (мм рт. ст.)	45,39	42,59	48,19	45,00	41,98	6,48	1,35
ПАД1 (мм рт. ст.)	48,54	45,62	51,46	49,50	47,82	6,92	1,41
ПАД2 (мм рт. ст.)	44,17	41,26	47,08	44,00	47,54	6,89	1,41
Адср (мм рт. ст.)	93,09	90,28	95,89	93,67	42,02	6,48	1,35
Адср1 (мм рт. ст.)	90,06	86,29	93,82	88,67	79,62	8,92	1,82
Адср2 (мм рт. ст.)	98,10	95,44	100,75	98,50	39,54	6,29	1,28
ИФИ (баллы)	2,49	2,38	2,60	2,51	0,06	0,25	0,05
ИФИ1 (баллы)	2,48	2,35	2,60	2,52	0,08	0,29	0,06
ИФИ2 (баллы)	2,64	2,56	2,72	2,64	0,04	0,20	0,04
ИРВ (у. е.)	208,92	194,70	223,14	207,75	1082,03	32,89	6,86
ИРВ1 (у. е.)	189,63	175,12	204,14	182,33	1180,35	34,36	7,01
ИРВ2 (у. е.)	227,94	210,00	245,88	218,19	1804,38	42,48	8,67
R (у. е.)	58,79	54,24	63,34	57,33	110,85	10,53	2,20
R1 (у. е.)	67,30	60,35	74,26	67,12	271,26	16,47	3,36
R2 (у. е.)	53,66	48,91	58,42	54,10	126,65	11,25	2,30



Таблица 2

Средние значения параметров и компонентов ЭКГ

Показатель	Среднее	-95%	95%	Медиана	Вариативность	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
<i>R-R</i> ср. (мс)	945,57	896,21	994,92	960,00	13028,80	114,14	23,80
<i>R-R</i> ср. 1 (мс)	924,71	873,75	975,67	937,50	14564,56	120,68	24,63
<i>R-R</i> ср. 2 (мс)	886,04	839,52	932,56	876,00	12137,61	110,17	22,49
<i>P</i> (мс)	113,52	109,24	117,81	116,00	98,26	9,91	2,07
<i>P1</i> (мс)	115,46	110,78	120,13	116,00	122,52	11,07	2,26
<i>P2</i> (мс)	115,00	108,76	121,24	113,00	218,17	14,77	3,02
<i>QRS</i> (мс)	93,96	89,73	98,18	–	95,59	9,78	2,04
<i>QRS1</i> (мс)	92,67	88,74	96,59	94,00	86,32	9,29	1,90
<i>QRS2</i> (мс)	93,92	88,98	98,85	94,00	136,51	11,68	2,38
<i>QTc</i> (мс)	415,35	408,58	422,11	420,00	244,78	15,65	3,26
<i>QTc1</i> (мс)	413,29	405,88	420,70	414,50	308,22	17,56	3,58
<i>QTc2</i> (мс)	421,25	414,90	427,60	420,00	226,11	15,04	3,07
ПДА (у. е.)	116,17	112,85	119,50	114,24	59,01	7,68	1,60
ПДА1 (у. е.)	114,61	112,28	116,95	113,06	30,49	5,52	1,13
ПДА2 (у. е.)	125,12	114,40	135,85	115,53	645,39	25,40	5,19
КР (у. е.)	13,59	11,30	15,87	12,47	27,94	5,29	1,10
КР1 (у. е.)	12,56	10,83	14,29	11,55	16,85	4,10	0,84
КР2 (у. е.)	17,93	13,09	22,77	13,44	131,34	11,46	2,34
СП (у. е.)	43,77	41,33	46,21	42,57	31,79	5,64	1,18
СП1 (у. е.)	44,68	41,94	47,42	43,10	41,99	6,48	1,32
СП2 (у. е.)	46,33	44,33	48,34	46,47	22,64	4,76	0,97

менной ПДА во втором измерении (что можно связать с отдыхом) и его увеличение в конце предпоходового периода (третий этап исследования). Динамика систолического показателя свидетельствует, что напряженность предпоходового периода ведет к замедлению электрической систолы.

Изменения компонентов ЭКГ позволяют отследить физиологическую компоненту утомления. В частности, из-

мерения усредненного комплекса *QRS*, который в норме имеет длительность 20–100 мс, позволяют сделать вывод о нарастании разницы времени деполяризации комплекса. Удлинение интервала *QT* расценивается как неблагоприятный симптом. В норме интервал составляет 350–440 мс, и его удлинение обычно связывают с кардиосклерозом, электролитными нарушениями, блокадой ножек пучка Гиса.



В нашем случае динамика  $QT$  может расцениваться как неблагоприятный признак, свидетельствующий о нарастании утомления. Аналогичны изменениям интервала  $QT$  и ПДА в третьем измерении, что можно связывать с действием стресс-факторов и развитием утомления. Изменения систолического показателя указывают на ухудшение ФС организма подводников к окончанию предподходового периода.

Таким образом, компоненты ЭКГ отражают изменения, связанные в большей степени с физиологическими составляющими нарастающего утомления и в меньшей степени — с эмоциональными составляющими. При этом, несмотря на то что нами использовались усредненные значения, измерение показателей на третьем этапе исследований показывает однозначную тенденцию к снижению оптимального функционирования сердечно-сосудистой системы.

## В Ы В О Д Ы

1. Выполнение экипажем плановых мероприятий по подготовке подводной лодки к выходу в море и связанные с ним явления психологического стресса и функционального напряжения ведут к появлению у подводников изменений на регуляторном уровне.

2. У подводников отмечено увеличение интервала  $QT$  и систолического показателя в анализе ЭКГ, рост ЧСС, повышение АД и ДАД, сокращение ПАД, повышение ИРВ, изменения ИФИ (с переходом части испытуемых в зону напряжения механизмов адаптации), что свидетельствует о развитии напряжения функциональных резервов более чем у половины обследованных еще до выхода в море.

3. Наиболее перспективными для оценки функционального состояния подводников являются изменения интервала  $QT$ , показателей ДАД, ПАД, ИФИ, ИРВ. Индекс Мота малоинформативен и не совсем пригоден для оценки функционального состояния подводников.

## Предложения

1. В период подготовки экипажей к выходу в море необходимо проведение мероприятий психофизиологической подготовки подводников для повышения их устойчивости к стрессовым факторам.

2. Для обеспечения надежности профессиональной деятельности подводников при решении задач в море по окончании периода непосредственной подготовки необходима коррекция (нормализация) их функционального состояния.

## Литература

1. Александровский Ю.А., Лобастов О.С., Спивак Л.И., Шукин Б.П. Психогении в экстремальных условиях. — М.: Медицина, 1991. — 238 с.  
2. Багрецов С.А., Колганов С.К., Львов В.М. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний операторов в деятельности. Вопросы проектирования и применения. — М.: Радио и связь, 2000. — 192 с.  
3. Блощинский И.А., Галушкина Е.А., Маслов Н.Б. и др. Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности // Экология человека. — 2012. — № 4. — С. 16–24.  
4. Загрядский В.П., Сулимо-Самуйлло З.К. Методы исследования в физиологии труда. — Л.: ВМедА, 1991. — 110 с.  
5. Максимов И.Б., Столяр В.П., Богомолов А.В. Прикладная теория информационного обеспечения медико-биологических исследований. — М.: БИНОМ, 2013. — 312 с.  
6. Медведев В.И., Леонова А.Б. Функцио-

нальные состояния человека. — СПб: Наука, 1993. — С. 25–61.

7. Мызников И.Л., Соловьёв В.Н. Изменение функционального образа организма подводников на организованном послеподходовом отдыхе в условиях Европейского Севера // Воен.-мед. журн. — 2007. — Т. 328, № 12. — С. 36–39.

8. Мызников И.Л., Соловьёв В.Н. Реабилитация подводников в условиях Кольского Заполярья // Вестн. Рос. воен.-мед. академии. — 2005. — Т. 13, № 1. — С. 263.

9. Решетнев В.Г., Глико Л.И. Индивидуальные показатели системы кровообращения. — М.: Эко-Пресс, 2011. — 208 с.

10. Рогоза А.Н., Агальцов М.В., Сергеева М.В. Суточное мониторирование артериального давления: варианты врачебных заключений и комментарии. — Нижний Новгород: ДЕКОМ, 2005. — 64 с.

11. Судаков К.В. Психоэмоциональный стресс: профилактика и реабилитация // Терапевт. арх. — 1997. — Т. 69, № 1. — С. 70–74.

12. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Паттерны функциональных состояний оператора — М.: Наука, 2010. — 389 с.