

В.Н. Алпатов, В.И. Советов, А.Н. Ятманов

Перспективы изучения устойчивости к декомпрессионной болезни профессиональных водолазов

Военный учебно-научный центр Военно-морского флота «Военно-морская академия», Санкт-Петербург

Резюме. Рассматриваются перспективы исследования устойчивости к декомпрессионной болезни профессиональных водолазов. Обследованы 36 мужчин – профессиональных водолазов в возрасте 21 года – 37 лет. На основании данных эхолокации после стандартного пересыщения организма азотом воздуха в барокамере (компрессия воздухом до 0,4 МПа (30 м вод. ст.) за 7 мин, изопрессия 60 мин, декомпрессия 63 мин) выявлено 8 человек с неустойчивостью к декомпрессионной болезни и 28 человек, устойчивых к декомпрессионному газообразованию. Установлено, что устойчивость профессиональных водолазов к декомпрессионной болезни обуславливается их антропометрическими (возраст), физиологическими (минимальное расстояние между R–R зубцами по результатам вариационной пульсометрии) и психологическими показателями (уровень развития пространственного мышления, уровень реактивной тревожности). У устойчивых водолазов возраст и минимальное расстояние между R–R зубцами статистически значимо меньше, чем у неустойчивых. Неустойчивые имеют статистически значимо более высокий уровень развития пространственного мышления и уровень реактивной тревожности. При проведении дискриминантного анализа способом «вперед пошагово» получена модель прогноза устойчивости к декомпрессионной болезни – Лямбда Уилкса: 0,27584 приблизительно $F(4,31) = 20,346$; $p < 0,0001$, точность распознавания – 94,44%. Предложен алгоритм определения прогноза устойчивости профессиональных водолазов к декомпрессионной болезни. В рамках проведения профессионального психологического отбора водолазов при отсутствии возможности оценки устойчивости к декомпрессионной болезни эхолокацией после стандартного пересыщения организма азотом воздуха можно использовать разработанную дискриминантную модель как дополнительную расчетную методику прогноза устойчивости к декомпрессионной болезни у водолазов.

Ключевые слова: декомпрессионная болезнь, устойчивость к декомпрессионной болезни, водолаз, тревожность, вариабельность сердечного ритма, интеллектуальное развитие, время спусковых часов, дискриминантная модель.

Введение. В последние годы интенсивность боевой подготовки флота неуклонно повышается, водолазные подразделения стали активно функционировать не только во всех видах и родах войск Министерства обороны Российской Федерации, но и в других силовых ведомствах [3, 7, 13, 14]. Исследования последних лет показали, что практически каждое погружение приводит к появлению в тканях и кровотоке газовых пузырьков [6].

Декомпрессионная болезнь (ДБ) является самым распространенным и тяжелым специфическим заболеванием водолазов [1, 9]. Причиной заболевания является пересыщение организма водолаза индифферентными газами (азот, гелий), возникающее при неадекватной декомпрессии после относительно длительного нахождения в условиях повышенного давления газовой среды, имеющей в своем составе индифферентный газ [10]. Так, при 6-часовой экспозиции на глубине 7–8 м и быстром всплытии ДБ отмечается у 5% водолазов; с 16 м – у 50%; с глубины 24 м – у 100% [15].

Этиология и патогенез ДБ изучались на основе многочисленных исследований, активно проводившихся во второй половине прошлого столетия [12]. За этот период были разработаны основные прин-

ципы и методы диагностики и профилактики ДБ [2]. Интенсивность декомпрессионного газообразования зависит при прочих равных условиях от индивидуальной устойчивости человека к декомпрессионной болезни [4, 8, 16].

Цель исследования. Изучить природу и факторы устойчивости человека к внутрисосудистому газообразованию.

Материалы и методы. На базе научно-исследовательского института спасания и подводных технологий военно-учебного научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия» в рамках выполненной научно-исследовательской работы обследованы 36 мужчин – профессиональных водолазов в возрасте 21 года – 37 лет. На основании данных эхолокации после стандартного пересыщения организма азотом воздуха в барокамере ПДК-2 (компрессия воздухом до 0,4 МПа (30 м вод. ст.) за 7 мин, изопрессия 60 мин, декомпрессия 63 мин [5]) выявлено 8 человек с неустойчивостью к декомпрессионной болезни и 28 человек, устойчивых к декомпрессионному газообразованию.

До барокамерного воздействия проводилось обследование водолазов с целью выяснения длитель-

ности работы по специальности и количества часов погружений. Регистрировали уровень артериального давления по способу Короткова, частоту сердечных сокращений способом пальпации, вариабельность сердечного ритма способом вариационной пульсометрии. Определяли реакцию на движущийся объект, простую зрительно-моторную реакцию, критическую частоту световых мельканий, проводили компьютерную стабильнографию. Оценивали самочувствие, активность и настроение, используя методику «САН», нервно-психическую адаптацию – с помощью методики «НПА» и многоуровневого личностного опросника «Адаптивность», уровень интеллектуальных способностей – по методике «КР-3-85», уровень личностной и реактивной тревожности – по методике Спилберга – Ханина.

Статистический анализ выполняли с использованием пакета программ Statistica 10,0. Сравнительный анализ в независимых группах проводился с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Математическое моделирование проводилось с помощью дискриминантного анализа [11].

Результаты и их обсуждение. Показано, что у устойчивых водолазов возраст, срок и опыт службы достоверно ($p < 0,05$) ниже, чем у неустойчивых (табл. 1).

Таблица 1

Анамнестические данные обследованных водолазов, $\bar{x} \pm \sigma$

Показатель	Устойчивые	Неустойчивые
Возраст, лет	25,43±3,5	29,75±6,2*
Срок службы, лет	6,78±2,4	10,1±5,1*
Опыт службы, мес.	15,2±15,7	37,67±30,2*
Время спусковых часов	185,07±124,2	400,75±292,8

Примечание: * – $p < 0,05$.

А.А. Мясников и др. [10] указывают, что с увеличением опыта водолазных погружений устойчивость к декомпрессионной болезни повышается. Полагаем, что 185 спусковых часов достаточно для формирования профессиональной устойчивости у водолаза. Разница в возрасте в 4 года между устойчивыми и неустойчивыми водолазами значительно оказывает влияние на их устойчивость к ДБ.

Минимальное расстояние между R–R зубцами (RRmin) статистически значимо ($p < 0,05$) меньше у устойчивых водолазов (табл. 2).

Поскольку у устойчивых водолазов R–Rmax и размах R–R интервалов незначительно больше, следовательно, влияние ЦНС на уровень регуляции сердца меньше. Это можно рассматривать как меньший уровень стрессового напряжения у устойчивых водолазов.

Уровень общего интеллектуального развития в группах различается не значимо, но выше у неустойчивых – 75 баллов против 72,14 у устойчивых. При этом субтест «Кубы» статистически значимо ($p < 0,05$) лучше

Таблица 2

Показатели вариационной пульсометрии обследованных водолазов, $\bar{x} \pm \sigma$

Показатель	Устойчивые	Неустойчивые
Вегетативный баланс, у. е.	90,17±113,2	57,89±20,7
Мода, мс	977,51±142	1005,96±107,6
Амплитуда, у. е.	94,29±20,6	99±15,6
R–Rmax, мс	1181,14±154,2	1170,67±170,9
R–Rmin, мс	737,29±65,7	814,33±91,2*
R–Rcp, мс	978,58±138,5	979,66±100,3
Размах R–R, мс.	428,57±172,5	356,33±126,8
Индекс напряжения, у. е.	144,02±87,7	162,8±75,3

Примечание: * – $p < 0,05$.

выполнили неустойчивые водолазы, то есть они имеют более высокий уровень развития пространственного мышления (табл. 3).

Уровень личностной тревожности у водолазов обеих групп соответствует умеренному уровню, а реактивная тревожность – низкому (табл. 4).

Таблица 3

Уровень интеллектуального развития обследованных водолазов, балл ($\bar{x} \pm \sigma$)

Показатель	Устойчивые	Неустойчивые
Аналогии	22,5±3,7	22,75±2,5
Вербальная память	18,07±5,2	17±3,8
Силлогизмы	15,29±5,4	15,75±4,2
Кубы	16,29±3,2	19,5±5,8*
Общее интеллектуальное развитие	72,14±12,7	75±12,8

Примечание: * – $p < 0,05$.

Таблица 4

Уровень тревожности обследованных водолазов, балл ($\bar{x} \pm \sigma$)

Показатель	Устойчивые	Неустойчивые
Личностная тревожность	32,79±6,1	36,5±6,6
Реактивная тревожность	23,50±4,7	29,75±5,7*

Примечание: * – $p < 0,05$.

Уровень реактивной тревожности перед проведением пробы на чувствительность к декомпрессионному газообразованию был статистически значимо ($p < 0,05$) выше у неустойчивых водолазов.

При проведении дискриминантного анализа способом «вперед пошагово» получена модель прогноза устойчивости к ДБ – Лямбда Уилкса: 0,27584 прирбл. F (4,31)=20,346; $p < 0,0001$, точность распознавания 94,44%.

Предикторами устойчивости профессиональных водолазов к ДБ являются возраст (В), субтест «Кубы» (К), уровень реактивной тревожности (РТ) и R–Rmin. Таким образом, устойчивость профессиональных

водолазов к ДБ обуславливается их антропометрическими, физиологическими и психологическими показателями.

В рамках проведения профессионального психологического отбора водолазов при отсутствии возможности оценки устойчивости к ДБ эхолакацией после стандартного пересыщения организма азотом воздуха целесообразно использовать расчетный способ оценки устойчивости. Алгоритм определения прогноза устойчивости профессиональных водолазов к ДБ представлен на рисунке.

Таким образом, линейные классификационные функции (ЛКФ) имеют вид:

$$ЛКФ-1 = -376,585 + 7,879 \times B + 7,988 \times K + 3,558 \times PT + 0,447 \times RRmin$$

$$ЛКФ-2 = -483,126 + 9,248 \times B + 9,412 \times K + 3,976 \times PT + 0,487 \times RRmin$$

Для наглядности приводим примеры.

Пример 1. У обследуемого определены показатели: $B=25$, $K=18$, $PT=23$, $R-Rmin=815$. При расчете формул $ЛКФ-1=410,31$ у. е., $ЛКФ-2=405,84$ у. е. Максимальное число соответствует расчету формулы $ЛКФ-1$, следовательно, у обследованного прогнозируется высокий уровень устойчивости к ДБ.

Пример 2. У обследуемого определены показатели: $B=29$, $K=21$, $PT=44$, $R-Rmin=702$. При расчете формул $ЛКФ-1=490$ у. е., $ЛКФ-2=499,54$ у. е. Максимальное число соответствует расчету формулы $ЛКФ-2$, следовательно, у обследованного прогнозируется низкий уровень устойчивости к ДБ.

Выводы

Устойчивость профессиональных водолазов к ДБ обуславливается их антропометрическими (возраст), физиологическими ($R-Rmin$, методика вариационной пульсометрии) и психологическими показателями (уровень развития пространственного мышления, уровень реактивной тревожности).

У устойчивых водолазов возраст и $R-Rmin$ статистически значимо ниже, чем у неустойчивых. Неустойчивые имеют статистически значимо более высокий уровень развития пространственного мышления и уровень реактивной тревожности.

Разработанную дискриминантную модель можно использовать как дополнительный расчетный способ прогноза устойчивости к ДБ у водолазов.

Литература

1. Борисов, Д.Н. Структура и динамика заболеваемости военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации в 2004–2013 гг. / Д.Н. Борисов [и др.] // Medline.ru. Росс. биомед. журн. – 2015. – Т. 16, № 3. – С. 587–595.
2. Волков, Л.К. Устойчивость людей к декомпрессионной болезни и неспецифические методы ее повышения / Л.К. Волков [и др.] // Авиакосмич. и экологич. мед. – 1999. – Т. 33, № 4. – С. 40–43.
3. Зверев, Д.П. Состояние и перспективы развития водолазной медицины и баротерапии / Д.П. Зверев, А.Ю. Шитов, А.Н. Андрусенко // Воен.-мед. журн. – 2018. – Т. 339, № 12. – С. 83–85.
4. Зверев, Д.П. Водно-электролитный обмен и функции выделительной системы у водолазов: новые подходы к определению устойчивости к декомпрессионной болезни / Д.П. Зверев [и др.] // Воен.-мед. журн. – 2018. – Т. 339, № 4. – С. 42–48.

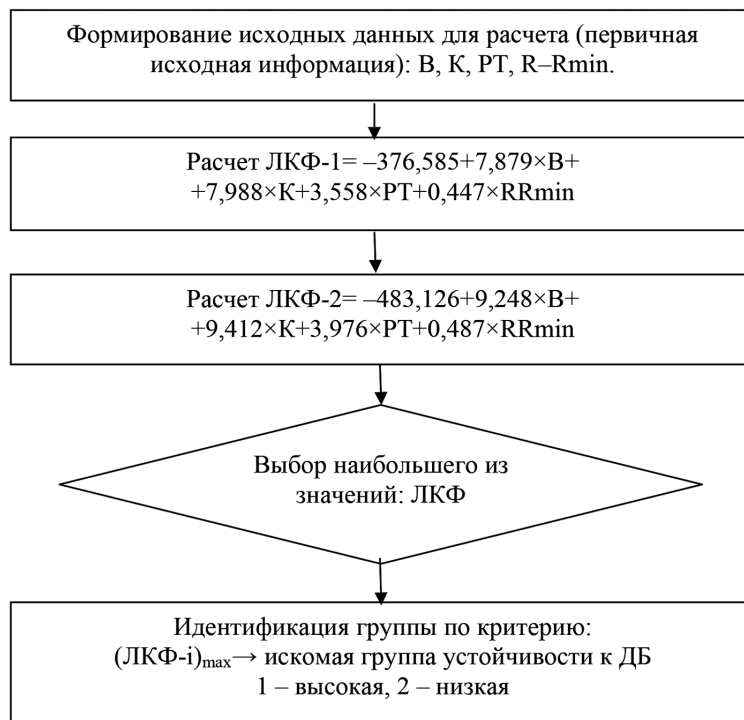


Рис. Алгоритм определения прогноза устойчивости профессиональных водолазов к ДБ

5. Инструкция о порядке проведения медицинского освидетельствования водолазного состава Военно-морского флота. – М., 2003. – 10 с.
6. Кобрянова, И.В. Проблемные вопросы организации медико-психологической реабилитации военнослужащих / И.В. Кобрянова, В.В. Юсупов, Ю.В. Кравченко // Мед.-психол. реабилитация: проблемы, тенденции, перспективы. – 2019. – С. 43–46.
7. Мосягин, И.Г. Концепция развития водолазной медицины в Военно-морском флоте / И.Г. Мосягин, А.В. Строй // Морская мед. – 2015. – Т. 1, № 4. – С. 6–8.
8. Мосягин, И.Г. Профилактика заболеваемости личного состава ВМФ в 2014 г. / И.Г. Мосягин // Морской сборник. – 2014. – Т. 2008, № 7. – С. 64–69.
9. Мясников, А.А. Проблемные вопросы военно-морской медицины / А.А. Мясников [и др.] // Воен.-мед. журн. – 2014. – Т. 335, № 5. – С. 89–91.
10. Мясников, А.А. Хроническая декомпрессионная болезнь и ее диагностика / А.А. Мясников [и др.] // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2018. – № 4 (64). – С. 26–31.
11. Сивашенко, П.П. Военно-медицинская статистика / П.П. Сивашенко [и др.]. – СПб., 2017. – 74 с.
12. Симоненко, В.Б. Военно-морская медицина: прошлое, настоящее и будущее / В.Б. Симоненко, И.Г. Мосягин // Морская мед. – 2016. – Т. 2, № 3. – С. 7–15
13. Ханкевич, Ю.Р. Оценка эффективности гипоксических тренировок в качестве психофизиологической подготовки подводников / Ю.Р. Ханкевич [и др.] // Морская медицина. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 57–63.
14. Ханкевич, Ю.Р. Оценка эффективности мероприятий по поддержанию функционального состояния военно-морских специалистов в ходе решения экипажем задач в море по состоянию функций центральной нервной системы / Ю.Р. Ханкевич [и др.] // Акт. пробл. физ. и спец. подготовки силовых структур. – 2016. – № 1. – С. 171–177.
15. Чумаков, А.В. Метод длительного пребывания под повышенным давлением: история развития, направления исследований, перспективы применения / А.В. Чумаков [и др.] // Экология человека. – 2010. – № 2. – С. 17–21.
16. Шитов, А.Ю. Способ определения степени индивидуальной устойчивости к декомпрессионной болезни мужчин-водолазов в возрасте 20–30 лет / А.Ю. Шитов, А.А. Мясников, Б.Л. Макеев // Патент на изобретение RUS 2505952 07.12.2012.

V.N. Alpatov, V.I. Sovetov, A.N. Yatmanov

Prospects of studying the stability to decompression sickness of professional divers

Abstract. *The prospects of studying the resistance to decompression sickness of professional divers are considered. 36 men and professional divers aged 21–37 years were examined. Based on echolocation data after a standard supersaturation of the body with air nitrogen in a pressure chamber (air compression up to 0,4 MPa (30 m water) over 7 minutes, isopression 60 minutes, decompression 63 minutes), 8 people were unstable and 28 resistant to decompression gas formation. It has been established that the resistance of professional divers to decompression sickness is determined by their anthropometric (age), physiological (minimum distance between R–R teeth according to the results of variational pulsometry) and psychological indicators (level of development of spatial thinking, level of reactive anxiety). For stable divers, the age and minimum distance between the R–R tines are statistically significantly less than for unstable ones. Unstable have a statistically significantly higher level of development of spatial thinking and the level of reactive anxiety. When conducting a discriminant analysis using the «forward step by step» method, a model for predicting resistance to decompression sickness is obtained: Lambda Wilks: 0,27584 approximate $F(4,31) = 20,346$; $p < 0,0001$, recognition accuracy 94,44%. An algorithm is proposed for determining the prognosis of resistance of professional divers to decompression sickness. When conducting professional psychological selection of divers in the absence of the ability to assess resistance to decompression sickness by echolocation after a standard supersaturation of the body with air nitrogen, the developed discriminant model can be used as an additional calculation method for predicting resistance to decompression sickness in divers.*

Key words: *decompression sickness, resistance to decompression sickness, diver, anxiety, heart rate variability, intellectual development, time of the trigger hours, discriminant model.*

Контактный телефон: 8-952-204-89-03; e-mail: yan20220@mail.ru