

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ОПЕРАТОРОВ ПОДВОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Институт медико-биологических проблем (ГНЦ РФ – ИМБП РАН), Москва
The Institute of medical-biological problems, Moscow



ХАЙРУЛЛИНА

Резеда Рашитовна

Аспирант 4-го года обучения,
e-mail: khayrullina-rezeda@mail.ru,
тел: 8-915-078-76-28

KHAYRULLINA Reseda

Post-graduate student of the 4th year
of study, khayrullina-rezeda@mail.ru,
tel: 89150787628

БУБЕЕВ

Юрий Аркадьевич

Доктор медицинских наук, профессор

BUBEEV Yuriy

MD, Professor

Ключевые слова: лица опасных профессий, показатели центральной гемодинамики, периферическое и удельное сопротивление сосудов.

Аннотация. Исследование посвящено оценке функционального состояния организма человека при работе под водой. Проведен анализ показателей сердечно-сосудистой системы операторов подводных технических систем. Из сравнения среднегрупповых значений гемодинамических показателей следует, что уже на первые сутки изоляции статистически значимо повышается САД, т.е. основной стресс-фактор – это вхождение в изоляцию. Больше всего статистически значимых изменений было выявлено на 9-е сутки изоляции. Это своеобразный переломный момент, «экватор» эксперимента, после которого показатели артериального давления идут на спад и большинство значений восстанавливаются до фоновых.

Полученные данные позволят обеспечить дальнейшее совершенствование отбора лиц опасных профессий к выполнению деятельности в экстремальных ситуациях.

EVALUATION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM OF OPERATORS UNDERWATER TECHNICAL SYSTEMS

Keywords: person of dangerous professions, central hemodynamic, peripheral and resistivity vascular resistance.

Abstract. Working under water is one of the most complicated areas of human activity and health requirements of this category of professionals are the most stringent. The importance and the need for early detection and assessment of negative symptoms in psychosomatic disorders, reducing the level of reliability of professional activity, indicated by many experts in the field of emergency medicine. The cardiovascular system responds to a stressful situation one of the first. We have analyzed the performance of the cardiovascular system of operators underwater technical systems.

To determine the degree of influence of occupational factors were surveyed 22 operators of underwater technical systems, whose average age is 38 ± 6.9 years, height $180 \pm 6,0$ cm, weight $89 \pm 15,4$ kg. The study systemic hemodynamic parameters in operators of underwater technical systems has shown that already in the first days of isolation systolic pressure increased significantly. This suggests that the major stress factor - entering the insulation. It was found that the higher the value average hydraulic pressure is always accompanied by high values of systolic pressure. This may be indicative of changes in precapillary bed and the risk of hypertension. Revealed hypertensive character of systemic hemodynamics reaction in the process of isolation may indicate a marked depletion of reserve capacity of regulatory mechanisms and reducing the functional reliability in circulatory system of the operators underwater technical systems.

Актуальность исследования. Работа под водой является одной из наиболее сложных сфер деятельности человека и требования к здоровью этой категории специалистов являются самыми строгими. О важности и необходимости раннего выявления и оценки негативных симптомов при психосоматических расстройствах, снижающих уровень надежности профессиональной деятельности, указывается в работах многих специалистов в области экстремальной медицины [3]. Сердечно-сосудистая система реагирует на стрессовую ситуацию одной из первых [8]. Во многом именно поэтому система кровообращения стала традиционным объектом экспериментальных исследований в области физиологии труда лиц опасных профессий [2]. При оценке функционального состояния организма человека наибольшее значение имеют изменения диастолического, систолического, пульсового и среднего динамического давлений [6].

Организация исследования. Для определения степени влияния профессиональных факторов было проведено обследование 22 операторов подводных технических систем, средний возраст которых равен $38 \pm 6,9$ лет, рост $180 \pm 6,0$ см, вес $89 \pm 15,4$ кг.

Успешность психофизиологической адаптации операторов оценивали по показателям системы кровообращения.

Процедура обследования:

1. На фоновом этапе (фон) параметры центральной гемодинамики регистрировали дважды. За фоновое значение принималось средняя величина.

2. На основном (экспериментальном) этапе операторов обследовали непосредственно перед заступлением на вахту. Измерения были сгруппированы в 3 массива, интервалы между которыми составляли в среднем 9 дней. Первая группа измерений началась на 1 сутки изоляции.

3. На завершающем этапе (последствие) параметры центральной гемодинамики регистрировали дважды в первый же день после выхода из изоляции и рассчитывали среднее значение.

Методы исследования. Обследуемые перед началом регистрации находились в полном покое, в положении сидя, не менее 10 мин. Показатели центральной гемодинамики измерялись на локтевой артерии методом объемной компрессионной осциллометрии при помощи устройства «Анализатор параметров кровообращения осциллометрический» (АПКО). Данный

программно-аппаратный комплекс обеспечивает регистрацию и автоматический анализ следующих показателей артериального давления: систолического (САД); диастолического (ДАД); бокового (БАД); среднего гемодинамического (АДср); пульсового (АДпульс); ударного (АДуд), а также частоты сердечных сокращений (ЧСС); минутного объема кровообращения (МОК); сердечного индекса (СИ); ударного объема сердца (УОС); общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС); удельного периферического сопротивления (УПС) [4]. Обследования проводились с учетом требований принципов биомедицинской этики.

Статистический анализ данных.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы SPSS. Полученные данные анализировали с помощью t-критерия Стьюдента (для выборок, подчиняющихся закону нормального распределения) или T-критерия Уилкоксона (для выборок, не подчиняющихся закону нормального распределения). Различия считались значимыми при $p \leq 0,05$.

Обсуждение результатов исследования. У 36% обследованных было выявлено стойкое повышение значений САД. Уже на первые сутки изоляции были выявлены статистически значимые изменения артериального давления по сравнению с фоновыми значениями: от $132 \pm 8,9$ мм рт.ст., до $139 \pm 11,4$ мм рт.ст., ($p \leq 0,05$). Вероятно, основным стресс-фактором прессорной реакции послужило вхождение в условия изоляции.

Среднее гемодинамическое артериальное давление – величина достаточно постоянная, поскольку является одним из наиболее жестко гомеостатируемых параметров гемодинамики. Оно в большей степени, чем систолическое давление, зависит от сопротивления сосудов. При гипертониях различного происхождения АДср всегда выше 90 мм рт.ст. [7]. На протяжении всего обследования у большинства операторов (90%) значения АДср превышали верхние границы нормы. В частности, максимальные значения АДср (до 117 мм рт.ст.) были выявлены у лиц со стойким повышенным САД (до 164 мм рт.ст.). Это может свидетельствовать об изменениях прекапиллярного русла и риске возникновения артериальной гипертонии. По изучаемому параметру АДср были выявлены статистически значимых изменений: фон и 1-е сутки изоляции; фон и 9-е сутки изоляции, а также фон ($p \leq 0,05$).

У 18% исследуемых было выявлено стойкое повышенное значение ДАД. Причем, чем выше было ДАД, тем больше была частота пульса: $103 \pm 6,1$ мм рт.ст. и $87 \pm 7,2$ уд/мин соответственно. У 9% исследуемых ДАД повысился в период изоляции, что также сопровождалось повышенным ЧСС. У остальных же значения диастолического давления в среднем составили $77 \pm 6,1$ мм рт.ст., частота пульса $70 \pm 9,8$ уд/мин. По изучаемому параметру статистически значимых изменений выявлено не было.

По величине АДпульс судят о состоянии сократительной способности миокарда. По мнению Г.Ф. Ланга и В.А. Вальдмана [1], увеличение АДпульс в большинстве случаев рассматривается как признак неблагоприятный [7]. Стойкое повышение значений АДпульс было выявлено у половины обследуемых. Причем у 32% большое АДпульс зависело от прироста систолического давления за счет прироста гемодинамического удара, а также низкой величины периферического сопротивления сосудов. Это могло быть обусловлено увеличением ригидности артериальных стенок. Однако по сравнению с первым днем изоляции на 9-е сутки наблюдалось понижение систолического и пульсового артериального давления от $139 \pm 11,4$ мм рт.ст. до $133 \pm 10,0$ мм рт.ст. и от $57 \pm 12,3$ мм рт.ст. до $50 \pm 13,6$ мм рт.ст. соответственно. Выраженная тенденция к снижению САД и АДпульс на 9-е сутки изоляции свидетельствует об изменении вагосимпатического баланса в сторону усиления влияния парасимпатического звена с сопутствующим снижением тонуса артериальных сосудов и некоторым повышением их эластичности, что согласуется с результатами ряда отечественных и зарубежных исследований [5]. По изучаемому параметру статистически значимых изменений не было выявлено.

При сокращении сердца распространяющаяся вдоль артерии волна деформации и утолщения ее стенок получила название пульсовой волны. Известно, что скорость пульсовой волны зависит от упругости артериальной стенки. Артериальная ригидность, вызванная потерей эластичности, способствует увеличению СПВ.

Под ударным давлением понимают прирост давления крови, протекающей в сосуде в момент быстрого закрытия его просвета. На величину гемодинамического удара влияют различные факторы: скорость движения крови, величина массы крови, функциональное состояние крупных артериальных сосудов, а также степень проходимости

артериол. Прирост ударного артериального давления будет тем больше, чем больше модуль упругости стенок и тем выше скорость распространения пульсовой волны.

Повышение АДуд свидетельствует о серьезном нарушении в сосудистом русле. У лиц со стойким повышением значений АДуд (27%) наблюдались высокие значения СПВ. У остальных обследуемых изменения значений СПВ носили разнонаправленный характер. После завершения эксперимента значения АДуд восстановились до значений, зарегистрированных до начала эксперимента и находились в пределах нормы. Статистически значимые различия АДуд были выявлены между первым днем изоляции и первым днем после ее завершения ($p \leq 0,05$).

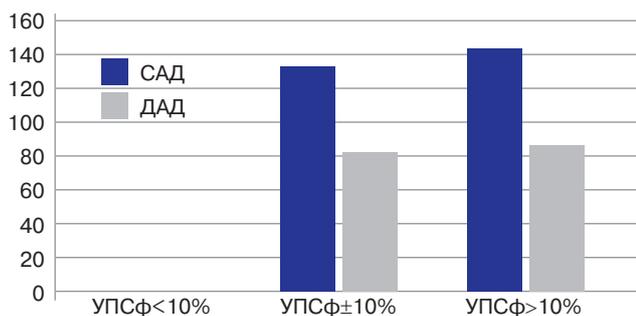
Повышение диастолического (минимального) давления более неблагоприятный признак, чем повышение систолического (максимального) артериального давления. Величина минимального давления определяется степенью проходимости или величиной оттока через систему прекапилляров. Чем больше сопротивление стенок в мелких артериях, выше частота сердечных сокращений и ниже эластическое сопротивление стенок крупных артерий, тем выше показатель диастолического давления [7].

Рассматривая динамику ЧСС подробнее, было отмечено, что максимальное увеличение ЧСС достигало $83 \pm 9,6$ уд/мин на 9-е сутки изоляции. Статистически значимые различия ЧСС были выявлены между фоном и 9-и сутками изоляции, фоном и 18-и сутками изоляции, фоном и последствием ($p \leq 0,05$).

Исходя из литературных данных [7] можно прийти к заключению, что основной причиной повышения давления в артериальной системе может быть понижение проходимости прекапилляров – состояние артериол и прекапилляров. Однако повышение кровяного давления при гипертонии зависит не только от изменения проходимости капиллярного русла, но и от минутного объема крови.

За счет уменьшения УОС и увеличения ЧСС минутный объем кровообращения оставался практически неизменным (без статистически значимых различий). Максимальное уменьшение УОС по сравнению с фоновыми значениями наблюдались на 9-е и 18-е сутки эксперимента ($p \leq 0,05$).

Показатель УПС используют для составления представления об индивидуально должной



Примечания: ось X – разные категории удельного периферического сопротивления, ось Y – систолическое и диастолическое давление в мм рт.ст. В каждой группе n=22.

Рисунок – Артериальное давление при различном соотношении удельного периферического сопротивления фактического (УПСф) и рабочего (УПСр)

величине периферического сопротивления. Причиной повышения АД является несоответствие между объемом крови, поступающей в артериальное русло и его емкостью. Критерием несоответствия является разница между величинами УПС фактическим и должным, которая не должна превышать ±10% [7].

Лиц со значениями УПСф < 10% не было выявлено. В тех случаях, когда разница между величинами УПСф и УПСр не превышала ±10%, САД и ДАД находились в пределах нормы. У лиц с высокими значениями УПСф значения ДАД находится у нижней границы нормы. Таким

образом, можно предположить, что высокие значения ДАД связаны с повышенным тонусом сосудов (Рисунок). Это указывает на нарастающий спазм периферических сосудов, а реакция кровообращения в целом носит явно гипертензивный характер. Это свидетельствует о выраженном истощении резервных возможностей механизмов регуляции и снижении функциональной надежности.

Из сравнения среднегрупповых значений гемодинамических показателей (Таблица) следует, что уже на первые сутки изоляции статистически значимо повышается САД, т.е. основной стресс-фактор – это вхождение в изоляцию. Больше всего статистически значимых изменений было выявлено на 9-е сутки изоляции. Это своеобразный переломный момент, «экватор» эксперимента, после которого показатели артериального давления идут на спад и большинство значений восстанавливаются до фоновых.

Выводы

1. Исследование параметров системной гемодинамики у операторов подводных технических систем показало, что уже на первые сутки изоляции статистически значимо повышается САД. Это свидетельствует о том, что основной стресс-фактор - вхождение в изоляцию.

2. Установлено, что повышенные значения АДср всегда сопровождалось высокими значениями САД. Это может свидетельствовать об

Таблица – Показатели кровообращения операторов подводных технических систем

| Показатели | Фон M±m | Эксперимент | | | Последствие M±m |
|--------------------|------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | | изоляция 1 сутки M±m | изоляция 9 суток M±m | изоляция 18 суток M±m | |
| САД, мм рт.ст. | 132±8,9 | 139±11,4* | 133±10,0 | 134±11,1 | 132±9,2# |
| ДАД, мм рт.ст. | 81±9,8 | 83±9,4 | 84±7,7 | 82±9,1 | 84±8,3 |
| АДср, мм рт.ст. | 94±8,2 | 97±9,9 | 98±9,0* | 97±7,6* | 97±8,5 |
| АДпульс, мм рт.ст. | 53±12,6 | 56±12,3 | 51±13,6 | 53±13,7 | 50±7,8# |
| АДуд, мм рт.ст. | 35±8,9 | 39±11,7 | 34±12,6 | 35±11,1 | 34±6,7# |
| ЧСС, уд/мин | 71±11,6 | 73±11,1 | 83±9,6* # | 78±11,6* # | 76±9,8* • |
| МОК, л/мин | 6,18±0,6 | 6,12±0,5 | 6,10±0,5 | 6,09±0,6 | 6,11±0,4 |
| УОС, мл | 90±19,8 | 86±16,4 | 77±15,2* # | 81±18,2* | 84±15,5 |
| ПСС, мл/мм рт.ст. | 1,79±0,3 | 1,74±0,3 | 1,52±0,3* # | 1,61±0,3* | 1,68±0,2• |
| СПВ, см/с | 1082±130,4 | 1052±105,5 | 1058±220,3 | 1104±269,3 | 1080±106,1# |
| ОПСС, дин*сек*см-5 | 1224±123,5 | 1274±133,3 | 1290±106,7* | 1290±140,6 | 1274±117,4 |

изменениях прекапиллярного русла и риске возникновения артериальной гипертензии.

3. Выявленный гипертензивный характер реакции системной гемодинамики в процессе изоляции может свидетельствовать о выраженном истощении резервных возможностей механизмов регуляции и снижении функциональной надежности системы кровообращения операторов подводных технических систем.

Литература

1. Вальдман, В. А. Тонус сосудов и периферическое кровообращение / В. А. Вальдман. – Л. : Государственное издательство медицинской литературы, 1940. – 236 с.

2. Войнов, В. Б.. Перестройки в кардиореспираторной системе на фоне нагрузок при подготовке водолазов-профессионалов / В. Б. Войнов, Ю. С. Полищук // Экстремальная деятельность человека. – 2012. – № 1 (23). – С. 8-14.

3. Гончаров, С.Ф. Профессиональная и медицинская реабилитация спасателей / С. Ф. Гончаров, И. Б. Ушаков, К. В. Лядов, В. Н. Преображенский. – М. : ПАРИТЕТ ГРАФ, 1999. – 320 с.

4. Дегтярев, В. А. Способ диагностики функционального состояния системы кровообращения по объёмной компрессионной осциллограмме / В. А. Дегтярев, В. Н. Рагозин, С. А. Федоров, Л. Я. Андрияко, З. А. Кириллова // Евразийский патент № 008756 от 01.12.2006 г.

5. Кальманов, А. С. Комплексная реабилитация операторов подводных технических систем после моделирования операторской деятельности / А. С. Кальманов, В. В. Булавин, Ю. Р. Ханкевич, Д. Ю. Рогованов, Т. И. Котровская, А. Е. Смолеевский // Военно-медицинский журнал. – 2016. – Т. 337. – № 3. – С. 55-63.

6. Методика военного профессионального отбора / Методическое пособие. – М. : Воениздат, 2005. – С. 110-317.

7. Савицкий, Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н. Н. Савицкий. – Ленинград : Медицина, 1974. – 311 с.

References

1. Waldman, B. A. the vascular Tone and peripheral circulation / V. A. Waldman. – L. : State publishing house of medical literature, 1940. – 236 p.

2. Voynov, V. B.. Adjustment in the cardiorespiratory system in the background loads in the training of divers-professional / V. B. Voynov, Y. S. Polishchuk // Extreme human activities. – 2012. – № 1 (23). – pp. 8-14.

3. Goncharov, S. F. Professional and medical rehabilitation of rescuers / S. F. Goncharov, I. B. Ushakov, K. V. Lyadov, V. N. The Transfiguration. – M. : PARITY GRAF, 1999. – 320 p.

4. Degtyarev, V. A. Method of diagnostics of the functional state of the circulatory system at volumetric compression waveform / V. A. Degtyarev, V. N. Ragozin, S. A. Fedorov, L. Y., Andreco, Z. A. Kirillov // Eurasian patent No. 008756 from 01.12.2006.

5. Kalmanov, A. S. Comprehensive rehabilitation of the operators of submarine technical systems when modeling operator activity / A. S. Kalmanov, Vladimir Bulavin, Yu. R., Hancewicz, D. Y. Roganov, T. I. Kotrovskaya, A. E. Smoleevsky // Military medical journal. – 2016. Vol 337. – No. 3. – pp. 55-63.

6. Military methods of professional selection and training manual. – Moscow : Military Publishing, 2005. – pp. 110-317.

7. Savitsky, N. N. Biophysical fundamentals of blood circulation and clinical methods of studying hemodynamics / N. N. Sawicki. – Leningrad : Meditsina, 1974. – 311 p.

8. Khairullina, R. R. assessment of the status of the circulatory system, pilots of carrier-based aircraft in the period of the long sea trip / R. R. Khairullina, Yu. a. Bubeev // Aerospace and environmental medicine. – 2016. – Т. 50. – No. 2. – pp. 31-36.

