

## ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ДАЙВИНГОМ НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА

Поддубный С.К.<sup>1</sup>, Елохова Ю.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Сибирский Государственный университет физической культуры и спорта Министерства спорта Российской Федерации», Омск, Россия (644009, Омск, ул. Масленникова, 144), e-mail: [rector@sibguflk.ru](mailto:rector@sibguflk.ru)

В обзоре представлены современные литературные данные о влиянии занятий дайвингом на сердечно-сосудистую систему человека. Неблагоприятными факторами подводного плавания являются изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, обжим грудной клетки, воздействие дыхательных газов, перераспределение жидких сред организма, наркотическое действие азота, изменение видимости и слышимости под водой, токсические свойства кислорода и гипотермия. При погружении под воду происходит изменение функционирования сердечно-сосудистой системы человека, отмечаются типичные реакции – уменьшение частоты сердечных сокращений, снижение систолического и пульсового давления, повышение диастолического артериального давления. Наблюдаются также замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объемов крови. Данные литературы свидетельствуют о том, что патологические реакции сердечно-сосудистой системы наблюдаются при нарушении техники подводных спусков, в то же время оценка функционального состояния позволяет контролировать процесс обучения людей дайвингу и исключает несчастные случаи при подводных погружениях.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, вариабельность ритма сердца, дайвинг, дети.

## INFLUENCE DIVING ON THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF THE PERSON

Poddubny S.K.<sup>1</sup>, Elokhova Y.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian State University of Physical Culture and Sports Ministry of Sports of the Russian Federation, Omsk, Russia (644009, Omsk, st. Maslennikov, 144), e-mail: [rector@sibguflk.ru](mailto:rector@sibguflk.ru)

This review summarizes current literature data on the impact of diving on the cardiovascular system of man. Adverse factors are diving change gravity, psycho-emotional stress, physical stress, crimping chest, the impact of respiratory gases, the redistribution of body fluids, the narcotic effect of nitrogen change the sight and sound under water, the toxic properties of oxygen and hypothermia. When submerged under water there is a change cardio-vascular system, there is the typical response of the cardiovascular system – decrease in heart rate, systolic blood pressure and pulse, increase in diastolic blood pressure. There is also a slowing of blood flow, reducing the amount of circulating blood, stroke and minute volumes of blood. The literature suggests that pathological reactions and processes in the cardiovascular system, divers observed in violation of art submarine slopes, at the same time functional status allows you to control the learning process and excludes people diving accidents while diving.

Key words: cardiovascular system, heart rate variability, diving, children.

Во всем мире наблюдается рост популярности занятиями рекреационным дайвингом. Так, в докладе австралийских ученых отмечается, что в стране ежегодно совершается около одного миллиона погружений под воду [19]. В 2010 году в США было насчитано около трех миллионов дайверов [29]. По данным немецкой конфедерации VDST в 2010 году насчитывалось 75000 ее членов, из которых 6,4% – это дети 7-14-ти лет [29, 31]. В России за последние годы популярность занятий рекреационным дайвингом значительно выросла. С появлением дайвинг-клубов и центров по подготовке дайверов многие люди получили возможность заниматься или любительским дайвингом.

В соответствии с условиями Всемирной конфедерации подводной деятельности подводный пловец первого уровня может начать обучение дайвингу в двенадцатилетнем

возрасте, ограничений по половому признаку при этом не существует. Известно, что обучение детей подводному плаванию с аквалангом осуществляется по общепринятой программе для взрослых [14, 24]. Важно отметить, что обучение детей дайвингу это большая ответственность инструкторов, поэтому необходимо корректировать методику обучения дайвингу и процедуры контроля с учетом возрастных особенностей [25]. Известно, что дети в возрасте до 15-ти лет могут погрузиться под воду с аквалангом на глубину не более 18 метров. Это гарантирует, что юные дайверы подвергаются только минимальному декомпрессионному стрессу [25, 31].

При плавании под водой с аквалангом на организм человека неблагоприятно влияют факторы подводного плавания это изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, обжим грудной клетки, воздействие дыхательных газов, перераспределение жидких сред организма, наркотическое действие азота, изменение видимости и слышимости под водой, токсические свойства кислорода и гипотермия [3, 4, 9]. Важно отметить, что во время повторного воздействия водной и газовой сред на подводника в организме начинают развиваться компенсаторные реакции, благодаря, которым гомеостаз не выходит за пределы физиологического оптимума. Так при однократном погружении под воду с аквалангом, которое осуществлялась в соответствии с правилами, в организме человека происходят изменения, не выявляющиеся в виде какого-либо заболевания. Однако многократные погружения могут вызвать структурные и функциональные изменения в организме человека. Поэтому необходимо учитывать индивидуальную предрасположенность организма подводника к неблагоприятным факторам водной и газовой сред. Данную особенность необходимо учитывать, так как при нарушении этого условия в организме водолаза начинается дизадаптация, которая начинается с функциональной декомпенсации какой-либо системы и развития заболеваний [3, 4, 13]. В своих работах J.A.S. Kinney (1977) отмечает, что толерантность человека к давлению водной и газовой сред проявляется отсутствием нарушений физиологических функций [21].

При плавании под водой с аквалангом происходит перераспределение крови в организме. На первой минуте пребывания в прохладной воде сосуды суживаются, затем, под воздействием активных движений, они расширяются. За счет мобилизации депонированной крови увеличивается количество форменных элементов крови. Неравномерность гидростатического давления, действующего на дайвера, приводит к увеличению сопротивления току крови в нижних конечностях. Поэтому к ногам поступает меньше крови, чем к верхним частям тела, в результате ноги быстро охлаждаются. Нарушение кровообращения в ногах особенно сильно проявляется, когда наряду с неравномерным давлением имеет место повышенное парциальное давление кислорода и низкая температура

воды, так как оба эти фактора вызывают сужение кровеносных сосудов. Благодаря высокой плотности, вода оказывает заметное давление на кожный покров, массируя внутренние органы и способствуя расслаблению мышц [1].

На работу сердца оказывает влияние также нервно-психическое состояние дайвера [7]. У тренированных дайверов частота пульса перед спуском составляет 60–70 уд/мин, а у нетренированных – 90–100 уд/мин [1].

При погружениях с аквалангом значительно увеличивается обогащение крови кислородом, увеличиваются окислительные процессы, усиливается внутриклеточное давление и внутриклеточный обмен веществ, что положительно сказывается на здоровье человека [11]. Ряд авторов отмечают специфическую реакцию сердечно-сосудистой системы после дайвинга, которая выражается в снижении частоты сердечных сокращений, увеличении общей мощности спектра, возрастание тонуса, как симпатической, так и парасимпатической вегетативной нервной системы. При этом происходит значительное возрастание высокочастотной составляющей мощности спектра, свидетельствующей о преобладании парасимпатического отдела вегетативной нервной системы над симпатическим [16].

При погружении под воду происходит изменение функционирования сердечно-сосудистой системы человека. Это связано с ростом внешнего давления. В отличие от воздуха, вода значительно более плотная среда и поэтому перепад глубин в пределах 1–2 м уже становится заметным. Величина столба воды, оказывающего давление на верхнюю часть тела, всегда будет меньше столба воды, действующего на нижнюю его часть. Таким образом, разница давлений в самой верхней и самой нижней точках погруженного под воду и стоящего вертикально человека составляет 0,15–0,20 бар [9].

По мере погружения увеличивается венозный отток и повышается объем крови во внутренних органах (центральный объем крови). Кровь скапливается в венозной системе, а также в органах–депо крови (печени, легких, селезенке). В холодной воде значительно увеличивается центральный объем крови, в более теплой воде данный эффект может и не наблюдаться, либо же он незначителен. Вследствие увеличения центрального объема крови во время погружения, происходит снижение общей и жизненной емкости легких на 6–9%, при этом уменьшаются растяжимость легочных капилляров на 21–37%. Из-за нарушения вентиляции альвеол, расположенных в основании легкого, в последних нарушается газообмен. Увеличение центрального объема крови может приводить и к образованию так называемых воздушных ловушек в легких. Воздушные ловушки – это участки ткани легких, к которым не поступает воздух по бронхиолам из-за пережатия их кровеносными сосудами [9]. Типичная реакция сердечно-сосудистой системы на погружение в воду и воздействие

повышенного давления – это уменьшение частоты сердечных сокращений, понижение максимального и повышение минимального артериального давления, снижение пульсового давления. Наблюдаются при этом также замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объема крови. Отмечено, что у водолазов заболевания сердечно-сосудистой системы встречаются значительно чаще, чем у людей других, аналогичных по тяжести труда профессий [9].

Показано, что во время пребывания человека в экстремальных условиях приблизительно у 50% людей диагностировали неврологические расстройства, которые были связаны с нарушением тонуса сосудов и дисфункцией вегетативной нервной системы [12]. Так, например, в исследованиях И.А. Сапова, В.В. Довгуши (1978), В.В. Тихенко, В.И. Советова (2001) отмечается, что у водолазов во время однократного погружения под воду в мягком водолазном снаряжении возникал спазм мозговых сосудов, изменялись кровообращение головного мозга и объем спинномозговой жидкости. Важно отметить, что полученные изменения сохранялись и после выхода человека из воды [8, 10, 15].

В других исследованиях показано, что у подводников, с зарегистрированными случаями декомпрессионной болезни, были выявлены изменения мозгового кровотока [23, 28]. Установлено также, что возникновение неврологической дисфункции может наблюдаться после гипоксического воздействия во время пребывания под водой. При этом образуются газовые пузырьки, которые вызывают закупорку кровеносных сосудов головного мозга [22]. Кроме того, появление в крови пузырьков инертного газа и проникновение их в головной мозг сопровождается серьезными структурными изменениями в нем [23].

Возможны изменения в сердечно-сосудистой системе: типичные симптомы стенокардии, ишемия миокарда, сердечная аритмия. Возможно развитие сердечной недостаточности. Важно отметить, что во время дыхания через регулятор акваланга потеря жидкости может быть 150 мл и более. Снижение гравитации приводит к равномерному давлению на тело со всех сторон. Это вызывает увеличение центрального объема крови и, следовательно, увеличение объема нагрузки на правый желудочек сердца [27]. Неисправность оборудования и неблагоприятные условия водной среды во время занятия дайвингом приводят к возникновению стресса, что также вызывает нарушение кровообращения [15, 27].

Известно, что 40% несчастных случаев происходящих с детьми при погружениях под воду с аквалангом обусловлено венозной и артериальной газовой эмболией сосудов головного мозга. Важно отметить, что проникновение пузырьков инертного газа в головной мозг влечет за собой серьезные структурные изменения в нем [23]. Газовые пузырьки артериальной крови могут попасть в мозговое кровообращение и вызывать повышение

церебрального перфузионного давления в мелких артериолах [18, 30]. Венозно-газовая эмболия приводит к внутримозговым вазоспазмам, что проявляется изменениями в центральной нервной системе. [27].

В исследованиях С.А. Гуляр (2008) отмечено, что действие экстремальных факторов водной и газовой сред вызывает изменения показателей сердечно-сосудистой системы. Данные факторы вызывают у подводника брадикардию, увеличение диастолического артериального давления, рост периферического сосудистого сопротивления, возрастание тонуса симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы [2, 5, 16, 20, 26, 30]. Может отмечаться также увеличение диастолического наполнения желудочков, увеличение ударного и минутного объемов крови, объемной скорости кровотока, а также фазовые изменения сердечного ритма и ЭКГ, при этом происходит увеличение тонуса сосудов, снижение сократительной активности миокарда с ухудшением проведения в нем возбуждения [2].

Во время плавания под водой с аквалангом отмечается значительное увеличение мощности высокочастотной составляющей вариабельности ритма сердца, что свидетельствует о преобладании парасимпатического отдела над симпатическим отделом вегетативной нервной системы [16]. Данные изменения связывают с гипербарической гипероксией, развивающейся вследствие увеличения парциального давления кислорода в легких. При попадании кислорода в сосудистое русло, он полностью насыщает гемоглобин крови, а оставшаяся часть кислорода растворяется в плазме крови. Изменения гемодинамики приводят к снижению линейной и объемной скорости кровотока, увеличению минутного и ударного объемов крови. Предполагается, что данные изменения обусловлены увеличением парциального давления кислорода [2, 5].

При погружении под воду с аквалангом увеличивается венозный отток и повышается объем крови во внутренних органах (центральный объем крови). Кровь скапливается в венозной системе, а также в органах-депо крови (печени, легких, селезенке). Важно отметить, что в холодной воде значительно увеличивается центральный объем крови, в более теплой воде данный эффект может и не наблюдаться либо быть незначительным [9].

Таким образом, в настоящее время нет окончательного мнения относительно минимальной глубины погружения и времени пребывания под водой, при которой наступают первоначальные функциональные нарушения в сердечно-сосудистой системе человека. При погружении под воду происходит изменение функционирования сердечно-сосудистой системы человека. Типичная реакция сердечно-сосудистой системы на погружение и воздействие повышенного давления – уменьшение частоты сердечных сокращений, снижение систолического и пульсового давления, повышение диастолического

артериального давления. Наблюдается также замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объемов крови [16, 17]. Следует отметить, что в России практически отсутствует система оказания квалифицированной и специализированной медицинской помощи дайверам с полученными при погружениях травмами и заболеваниями. Не осуществляется оценка функционального состояния подводника с помощью, которой люди пришедшие заниматься дайвингом получали бы допуск или же при обследовании выявлялись противопоказания к подводным погружениям с аквалангом [4, 6].

### Список литературы

1. Александров А.Ю., Малытин Л.С. Обучение плаванию самобытными способами : метод. пособие для студ., обучающихся по спец. 032101 «Физ. культ. и спорт». – Малаховка, 2008. – 44 с.
2. Гуляр С.А. Гипербарическая гипоксия и пути ее коррекции // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 26–35.
3. Дмитрук А.И. Медицина глубоководных погружений. – СПб, 2004. – 292 с.
4. Зверев Д.П. Состояние функций организма человека при многократных гипербарических воздействиях: дис.... канд. мед. наук. – СПб., 2011. – 206 с.
5. Мирошников Е.Г. сердечно-сосудистая система водолазов / Е.Г. Мирошников // Вестник ДВО РАН. – 2005. – № 1. – С. 83–90.
6. Мясников А.А., Чернов В.И., Мясников Ал.Ал., Зверев Д.П. Отсроченное лечение декомпрессионной болезни гипербарическим кислородом // Тезисы докладов 5-й Всеармейской науч.-практ. конф. «Баротерапия в комплексном лечении реабилитации раненых, больных и пораженных». – СПб. : ВМедА, 2003. – С. 133–136.
7. Поддубный С.К., Елохова Ю.А., Огородников М.А. Индивидуально-психологические особенности юных дайверов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: <http://www.science-education.ru/111-10737> (дата обращения: 12.12.2013).
8. Сапов И.А., Довгуша В.В. О патогенезе головных болей у подводников и водолазов / И.А. Сапов, // Воен.-мед. журн. – 1978. – № 5. – С. 61–65.
9. Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. Водолазные спуски и их медицинское обеспечение. – М. : Слово, 2001. – 696 с.
10. Тихенко В.В., Советов В.И. Влияние глубоководных погружений на мозговой кровоток водолазов / В.В. Тихенко, // Юбилейная науч.-практ. конф. 15 ЦНИЛ ВМФ: Сб. материалов. СПб., 2001. – С. 47–48.

11. Шастин П.Н. Спортсмену-подводнику о физиологии подводного спорта // В помощь спортсмену-подводнику. – 1962. – № 1. – С. 66–76.
12. Ушаков С.С., Дорофеев И.И. Функциональные изменения нервной системы у лиц, систематически подвергающихся воздействию повышенного атмосферного // Санкт-Петербургские научные чтения: Материалы VI науч.-практ. конф. с междунар. участием. – СПб., 2004. – С. 227.
13. Чумаков А.В. Состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем у лиц, длительно пребывающих под повышенным давлением на предельных глубинах: дис.... канд. мед. наук. – СПб, 2007. – 301 с.
14. Day C., Stolz U., Mehan T.J. Diving-related injuries in children <20 years old treated in emergency departments in the United States: 1990-2006 // Pediatrics. – 2008. – № 122 (2) – P. 388–394.
15. Fereshtehnejad S.-M., Mehrpour M., Mohammad S., Mahmoodi H., Bassir P., Dormaneh B., Motamed M.R. The long-term effects of hypobaric and hyperbaric conditions on brain hemodynamic: A transcranial Doppler ultrasonography of blood flow velocity of middle cerebral and basilar arteries in pilots and divers // Perspectives in Medicine. – 2012. – № 1. – P. 316–320.
16. Flouris A.D., Scott J.M. Heart rate variability responses to a psychologically challenging scuba dive // J. Sports Med. Phys. Fitness. – 2009. – № 49 (4). – P. 382–386.
17. Gabrielsen A. et. al. Arterial pulse pressure and vasopressin release during graded water immersion in humans // Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol. – 2000. – Vol. 278. – P. 1583–1588.
18. Goreman D. The pathology of air embolism of the brain in divers // SPUMS Journal. – 1991. – V. 21, № 1. – P. 22–25.
19. Greig P., Gorman D., Drewry A., Gamble G. The predictive power of initial fitness-to-dive procedures for occupational divers in New Zealand // SPUMS J. – 2003. – № 33. – P. 182–187.
20. Hirayanagi K., Nakabayashi K., Okonogi K., Ohiwa H. Autonomic nervous activity and stress hormones induced by hyperbaric saturation diving // Undersea Hyperb. Med. – 2003. – V. 30, № 1. – P. 47–55.
21. Kinney J.A.S., Kay C.L., Luria S.M. Visual evoked responses and EEG's of 16 divers // Undersen Biomedical Research. – 1977. – V. 4, № 1. – P. 55–66.
22. Lang M.A., Brubakk Alf. O. The Future of Diving: 100 Years of Haldane and Beyond // Proceedings of the Future of Diving: 100 Years of Haldane and Beyond. Norway. – 2009. – 286 p.
23. Muth C.-M., Tetzlaff K. Tauchen mit Kindern aus tauchmedizinischer Sicht // Caisson. – 2007. – №4. – P. 34–36.

24. Panchard M.A., Baenziger O., Fuchs H., Haldi H., Oswald H. Empfehlungen für die Beurteilung der Tauchtauglichkeit beim Kind // Paediatrica. – 2006. – № 17. – P. 15–19.
25. Richardson D. Children and diving: the recreational-diving training perspective // SPUMS. – 2003. – V. 33, № 2. – P. 83–90.
26. Schipke J.D., Pelzer M. Effect of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability // Br. J. Sports Med. – 2001. – № 35. – P. 174–180.
27. Schipke J.D. Tauchunfälle des VDST: 2007 – 2010 // CAISSON. – 2011. – № 4. – P. 10–12.
28. Staff R.T., Gemmell H.G., et al. Decompression illness in sports divers detected with technetium-99 m-HMPAO SPECT and texture analysis // J. Nucl. Med. – 1996. – V. 37, № 7. – P. 1154–1158.
29. Trevett A., Peck D., Forbes R. The psychological impact of accidents on recreational divers: a prospective study // CAISSON. – 2010. – V. 25, № 4. – P. 16–20.
30. Wilmshurst P. Cardiovascular problems in diver // Heart. – 1998. – V. 80, № 6. – P. 537–538.
31. Winkler B., Tetzlaff K., Muth C.-M. Unfälle und Zwischenfälle bei Kindertauchveranstaltungen // Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. – V. 62, № 2. – 2011. – P. 42–46.

**Рецензенты:**

Чернышев А.К., д.м.н., профессор кафедры «Детской хирургии», ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» Министерство здравоохранения Российской Федерации, г. Омск.

Ляпин В.А., д.м.н., профессор кафедры «Анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены», ГБОУ ВПО «Сибирского государственного университета физической культуры и спорта» Министерства спорта Российской Федерации, г. Омск.