

ОСОБЕННОСТИ БАЛАНСА ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ПОДРОСТКОВ ПРИ ЗАНЯТИЯХ РЕКРЕАЦИОННЫМ ДАЙВИНГОМ

*Владимир Анатольевич Аикин, доктор педагогических наук, профессор,
Сергей Константинович Поддубный, кандидат биологических наук, доцент,
Максим Анатольевич Огородников, преподаватель,
Сибирский государственный университет физической культуры и спорта (СибГУФК),
Омск*

Аннотация

Проведена оценка вегетативной нервной системы во время рекреационных погружений у 11 детей 12 лет с использованием метода вариабельности сердечного ритма. Во время дайвинга отмечено повышение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, первичное повышение и к концу дайвинга снижение общей мощности спектра. После дайвинга (во время восстановления) отмечен рост вагусной активности и наоборот, активность симпатической нервной системы снизилась.

Ключевые слова: рекреационный дайвинг, вегетативная нервная система, вариабельность сердечного ритма, дети 12 лет.

FEATURES OF THE VEGETATIVE NERVOUS SYSTEM BALANCE AMONG THE ADOLESCENTS AT SCUBA DIVING PRACTICE

*Vladimir Anatolyevich Aikin, the doctor of pedagogical sciences, professor,
Sergey Konstantinovich Poddubny, the candidate of biological sciences, senior lecturer,
Maksim Anatolyevich Ogorodnikov, the teacher,
Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk*

Annotation

The estimation of vegetative nervous system has been carried out during SCUBA diving among 11 children aged 12 years old with application of heart rate variability method. Increase of activity of vegetative nervous system sympathetic part, primary increase and depression of the total power of a spectrum by the end of diving have been noted during diving time. There has been noted (at recovery time) the growth of vagal activity after diving and, on the contrary, activity of sympathetic nervous system has decreased.

Keywords: SCUBA diving, autonomic nervous system, heart rate variability, children of 12 years old.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что погружение под воду с автономным дыхательным аппаратом (аквалангом) вызывает напряжение адаптационных механизмов организма дайвера. Экспериментальные исследования показали, что комплексное воздействие факторов водной среды при дайвинге вызывает адаптационно-приспособительные реакции сердечнососудистой системы, а также изменяет активность вегетативной нервной системы [2]. Так, например, установлено, что погружение под воду вызывает увеличение объема циркулирующей крови за счет перераспределения регионального кровотока и увеличение центрального объема крови [4]. Показано, что это приводит к увеличению систолического (ударного) объема крови и минутного объема кровообращения [9]. Причем данные изменения гемодинамики отмечаются на фоне брадикардии, повышения тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [6]. Кроме этого, при подводном плавании с аквалангом на дайвера воздействует давление воды, дыхание осуществляется газовой смесью под давлением. Это приводит к увеличению парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, развитию брадикардии, вазоконстрикции артериол и повышению парасимпатической активности [7]. Другие факторы подводного плавания также могут влиять на функциональное состояние сердца и сосудов, активность

того или иного отдела вегетативной нервной системы. К ним относятся эмоциональное напряжение, уровень физической подготовки и профессиональная квалификация пловца [1].

В настоящее время имеются единичные данные о состоянии вегетативной нервной системы при подводных погружениях с аквалангом [3]. Нам не известны работы, где проводилась бы оценка баланса отделов вегетативной нервной системы у юных дайверов в процессе реального дайвинга и определена степень риска развития неблагоприятных функциональных изменений. Кроме этого, единого мнения в вопросе о прогностической значимости вариабельности сердечного ритма при занятиях человеком экстремальной деятельностью в литературе нет.

Целью настоящего исследования была оценка состояния вегетативной нервной системы у подростков занимающихся дайвингом в условиях реального подводного погружения.

МЕТОДИКА

Для решения поставленной цели были обследованы 11 мальчиков 12 лет (средние значения ($M \pm SD$) возраста – $20,4 \pm 2,4$ года; роста – $176,9 \pm 4,3$ см, массы тела – $66,7 \pm 3,5$ кг, индекса массы тела $17,9 \pm 0,5$). Все они проходили начальный курс обучения по детскому дайвингу. Все испытуемые были практически здоровы. Исследования проводились в одно и то же время, не ранее чем через 2 часа после приема пищи, в тихой комнате с температурой воздуха $23-24^\circ\text{C}$. Испытуемым перед обследованием предоставлялся отдых в течение 10 мин.

Подводные без декомпрессионные погружения с аквалангом проводились в крытом бассейне на глубину $4,0 \pm 0,5$ м при температуре воды $26-27^\circ\text{C}$. Гидрокостюмы, гидрорешетки и перчатки дайверами не использовались. Дыхание под водой осуществлялось с помощью акваланга со сжатым воздухом. Двигательная активность дайверов ограничивалась только свободным плаванием длительностью $30,0 \pm 5$ мин и выполнением обучающих упражнений. Поэтому мы предполагаем, что физическая нагрузка в течение погружения была равномерная.

Измерения частоты сердечных сокращений, регистрация длительности сердечного цикла (RR-интервалов) и оценка вариабельности сердечного ритма производились с помощью аппаратно-программного комплекса (кардиомонитор POLAR® S810, Polar Electro OY, Finland) до, после и в процессе погружения под воду с аквалангом. Данный комплекс включал в себя нагрудный датчик с двумя электродами и наручные часы (регистратор). Литературные данные подтверждают обоснованность применения прибора в данных условиях эксперимента [8]. Запись RR-интервалов начиналась за $20,0 \pm 5$ мин до и заканчивалась через $30,0 \pm 5$ мин после погружения. Для анализа были выбраны ритмограммы, записанные в начале курса обучения детей дайвингу. Выделяли пять периодов записи (длительностью по 5,0 мин), отвечающие стационарному состоянию. Первый период включал момент непосредственно перед погружением под воду и три периода в начале, середине и в конце погружения под воду (соответственно дайвинг 1: Д1, дайвинг 2: Д2, дайвинг 3: Д3), а также период через 10 ± 3 мин после дайвинга.

Исходные записи были предварительно визуально отредактированы от артефактов и отобраны для последующей обработки. Для анализа выбранных периодов записи каждого погружения использовалась программа Polar Precision Performance SW v.03.040. Анализ и интерпретацию показателей вариабельности сердечного ритма проводили в соответствии с Международным Стандартом Европейского общества кардиологов и Североамериканского общества электрофизиологов (1996) [10].

Изучались следующие показатели вариабельности сердечного ритма: HR – частота сердечных сокращений в минуту (уд/мин); pNN50 – процент соседних RR-интервалов, отличающихся друг от друга более чем на 50 мс, полученных за весь период записи;

RMSSD – квадратный корень из средней суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов RR (мс). При анализе облака скатерограммы (Poincare plot analysis) для оценки парасимпатической активности был выбран показатель CD1, перпендикуляр к длинной оси облака, проведенный через его середину. Исследовались спектральные характеристики ритма: Total Power (TP) – общая мощность спектра (ms^2); VLF (ms^2) – мощность в диапазоне очень низких частот, соответствующем частоте колебаний от 0,003 до 0,04 Гц; LF (%) – мощность в диапазоне низких частот, соответствующем частоте 0,04–0,15 Гц; HF (%) – мощность высокочастотной составляющей спектра, определяемой в диапазоне 0,15–0,4 Гц; LF/HF ratio – отношение мощностей низкочастотной и высокочастотной областей спектра (LF/HF) [10].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием методов вариационной статистики (пакет STATISTICA). Сравнение групп по показателям проводилось методами непараметрической статистики с использованием критерия Вилкоксона. Результат считался значимым при $P < 0,05$. Значения параметров представлены как $M \pm m$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты временного анализа показали, что частота сердечных сокращений в период всего рекреационного дайвинга достоверно ($P < 0,05$) повышалась по сравнению с начальным периодом (до дайвинга). Более выраженное повышение данного показателя отмечалось в начальном периоде погружения. Далее показатели частоты сердечных сокращений несколько снижались и составляли в среднем 100–110 уд/мин. Показатели RMSSD, pNN50, а также показатель CD1, отражающие активность парасимпатического звена вегетативной регуляции, во время погружения имели тенденцию к уменьшению (табл. 1). Такие изменения могут свидетельствовать о повышении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. По данным [3] в исследованиях на профессиональных дайверах при погружении на 20 м (30 ата) в специальном снаряжении (гидрокостюм 7 мм, жилет компенсатор плавучести, гидрошлем и боты) установили, что в процессе погружения у испытуемых отмечалась брадикардия, повышение активности вагуса [3]. Повышение частоты сердечных сокращений и повышение тонуса симпатического звена вегетативной регуляции у юных дайверов можно объяснить незрелостью вегетативной нервной системы (преобладание в этом возрасте симпатических влияний на сердечный ритм), присутствием эмоционального фактора подводного погружения, отсутствием необходимых двигательных навыков для ныряния с аквалангом, а также влиянием низкой температуры воды на холодовые рецепторы кожи.

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма детей 12 лет во время рекреационного дайвинга

Показатели ВСП	До дайвинга	Погружение под воду			После дайвинга
		Д1	Д2	Д3	
HRaverage, bpm	95,8±3,3	107,6±3,6*	101,9±4,7	102,9±3,1*	69,34±9,8*
SD1, ms	22,8±2,7	18,9±2,8	20,7±2,9	19,5±2,0	42,18±12,0*
RMSSD, ms	32,3±3,8	26,8±3,9	29,3±4,1	27,6±2,9	43,49±7,8*
pNN50, %	6,5±1,4	4,5±1,3	5,6±1,5	4,5±0,9	12,00±2,9*
Total power, ms^2	34687,8 ±5500,4	48554,8 ±15024,2*	37244,7 ±7072,7	30454,4 ±4491,2	66781,54 ±13874,9*
VLF, %	95,7±0,6	96,8±0,8	96,9±0,3	96,4±0,4	85,18±11,3
LF, %	2,7±0,4	2,1±0,5	1,8±0,2*	2,2±0,2	1,90±0,2*
HF, %	1,6±0,3	1,1±0,3	1,1±0,2	1,4±0,2	1,9±0,3*
LF/HF ratio, %	2,1±0,5	2,2±0,2	2,1±0,3	2,0±0,3	1,1±0,2*

* - статистически значимые различия по сравнению с начальным периодом (до дайвинга). Данные представлены как средние значения $\pm m$

Анализ волновой структуры ритма сердца показал, что во время дайвинга отмеча-

лось вначале достоверное ($P < 0,05$) увеличение, а затем снижение показателей общей мощности спектра. Спектральная плотность мощности в области LF снижалась, хотя изменения и не достигали уровня значимости (табл. 1). Спектральная мощность HF во время дайвинга первоначально уменьшалась, а затем в течение периода погружения постепенно увеличивалась по сравнению с начальным (Д1) уровнем. Коэффициент LF/HF (LF/HF ratio) при дайвинге достоверно не изменялся.

Восстановительный период характеризовался достоверными, по сравнению с начальным периодом (до дайвинга), изменениями в показателях variability сердечного ритма. Так, отмечено снижение частоты сердечных сокращений до $69,34 \pm 9,79$ ($P < 0,05$). Установлено также увеличение показателей RMSSD, pNN50 и CD1 ($P < 0,05$). Спектральный анализ показал достоверное увеличение показателей общей мощности спектра и снижение коэффициента LF/HF ($P < 0,05$). Можно предположить, что повышение общей мощности спектра отражает увеличение суммарной активности вегетативного воздействия на сердечный ритм. Вместе с тем значения спектральной плотности мощности в области HF, по сравнению с периодом до дайвинга, увеличились, а в области LF уменьшились ($P < 0,05$, табл. 1). В совокупности указанные изменения variability сердечного ритма в период восстановления указывают на увеличение парасимпатической активности и снижение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Это подтверждается прогрессивным снижением коэффициента LF/HF независимо от рассматриваемого периода.

Настоящее исследование показало, что все индексы variability сердечного ритма, отображающие парасимпатическую активность вегетативной нервной системы после рекреационных погружений с аквалангом у здоровых детей увеличиваются, а отображающие симпатическую активность снижаются. Установлено, что активность симпатической нервной системы увеличивается во время дайвинга. Увеличение общей активности вегетативной нервной системы после дайвинга свидетельствует об адаптивных реакциях сердечнососудистой системы в ответ на действие экстремального фактора среды. В литературе обсуждается, что подобные изменения могут возникать в результате повышения чувствительности барорецепторов, увеличения тонуса вагуса и повышения парасимпатической активности [5]. Также необходимо учитывать такие факторы как дыхания через регулятор (повышенное сопротивление на вдохе и выдохе), отсутствие носового дыхания, обжим грудной клетки и повышенное давление дыхательных газов. Все они, несомненно, вызывают изменения вегетативного баланса.

В настоящее время уже традиционным и классическим считается представление о variability сердечного ритма как о методе изучения вегетативного баланса, исследования взаимодействия симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [10]. Парасимпатическая и симпатическая нервные системы находятся во взаимодействии и под влиянием центральной нервной системы, а также ряда гуморальных и рефлекторных факторов. Известно, что резкое увеличение парасимпатической активности в любительских погружениях с аквалангом повышает потенциальный риск развития синкопе (кратковременная потеря сознания, вазовагальный обморок) вызванное повышением тонуса вагуса. Дискутируется также вопрос о том, что высокая активность симпатической нервной системы может играть важную роль в развитии сердечной аритмии [5].

На основании известных уже данных можно сказать, что снижение активности вегетативной нервной системы, выявляемое методом variability сердечного ритма, нарушает адаптацию механизмов регуляции к воздействию внешних воздействий, как физических, так и психоэмоциональных. При такой ситуации любая значимая нагрузка может вызывать срыв адаптационных возможностей организма. И, наоборот, чем выше variability сердечного ритма, тем устойчивей системы регуляции к воздействию внешних факторов. Таким образом, увеличение активности симпатической нервной си-

стемы во время дайвинга у подростков заслуживает дальнейшего изучения. Для предотвращения развития подводных инцидентов может быть использован мониторинг вариабельности сердечного ритма у подводников.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования и литературные данные свидетельствуют о том, что использование мониторов вариабельности сердечного ритма во время реального подводного погружения является не инвазивным методом оценки активности вегетативной нервной системы.

Динамика показателей временного, спектрального анализа и корреляционной ритмограммы при оценке вариабельности сердечного ритма у подростков во время дайвинга характеризует состояние симпатикотонии. После погружения отмечено повышение тонуса вагуса. Снижение временных параметров вариабельности сердечного ритма и общей мощности спектра при дайвинге несет прогностически негативную информацию. Поэтому в данном случае очень важна разработка методов раннего выявления нарушений вегетативного баланса и разработка профилактических мер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аикин, В.А. Релаксационный дайвинг в бассейне / В.А. Аикин // Теория и практика физ. культуры. – 2007. – № 3. – С. 74.
2. Boussuges, A. Hemodynamic Changes Induced by Recreational Scuba Diving / A. Boussuges, F. Blanc, D. Carturan // Chest. – 2006. – № 5 (129). – P. 1337–1343.
3. Dominance in cardiac parasympathetic activity during real recreational SCUBA diving / F. Chouchou, Vincent, Pichot, Martin [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. – 2009. – № 106. – P. 345–352.
4. Gabrielsen, A. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans / A. Gabrielsen, L.B. Johansen, P. Norsk // J. Appl. Physiol. – 1993. – № 75 (2). – P. 581–585.
5. Coldwater face immersion per se elicits cardiac parasympathetic activity / T. Kinoshita, S. Nagata, R. Baba [et al.] // Circ. J. – 2006. – № 70 (6). – P. 773–776.
6. Sympatho-vagal responses in humans to thermoneutral head-out water immersion / C. Miwa, Y. Sugiyama, T. Mano [et al.] // Aviat. Space Environ Med. – 1997. – № 68 (12). – P. 1109–1114.
7. Cardiac output changes during hyperbaric hyperoxia / B. Neubauer, V.K. Tetzla, C.M. Staschen, E. Bettinghausen // Int. Arch. Occup. Environ Health. – 2001. – № 74 (2). – P. 119–122.
8. Agreement of two different methods for measurement of heart rate variability / M. Radespiel-Tröger, R. Rauh, C. Mahlke [et al.] // Clin. Auton. Res. – 2003. – № 13 (2). – P. 99–102.
9. Comparison of acute cardiovascular responses to water immersion and head-down tilt in humans / M. Shiraiishi, M. Schou, M. Gybel [et al.] // J. Appl. Physiol. – 2002. – № 92 (1). – P. 264–268.
10. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – V. 93. – P. 1043–1065.

Контактная информация: psk@yandex.ru