

На правах рукописи



ОГОРОДНИКОВ Максим Анатольевич

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ЦЕНТРАЛЬНАЯ  
ГЕМОДИНАМИКА У ДЕТЕЙ 12 ЛЕТ ПРИ ОБУЧЕНИИ ДАЙВИНГУ  
В УСЛОВИЯХ БАССЕЙНА

03.03.01 – Физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Томск – 2011

Работа выполнена на кафедре анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта»

**Научный руководитель:** кандидат биологических наук, доцент  
Поддубный Сергей Константинович

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор  
Замощина Татьяна Алексеевна

доктор биологических наук, профессор  
Дятлов Дмитрий Анатольевич

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

Защита состоится 28 декабря 2011 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.10 при Томском государственном университете по адресу: пр. Ленина, 36, г. Томск, 634050.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета.

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» ноября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Е.Ю. Просекина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Достаточный уровень активации систем адаптации организма является важным условием эффективности его жизнедеятельности (П.К. Анохин, 1975; В.П. Казначеев, 1980; К.П. Казначеев, 1980; К.В. Судаков, 2001; Н.А. Агаджанян, 2002). Одной из форм «тренировки» адаптивных возможностей человека является активный отдых. За последние годы появилось большое количество разновидностей и форм активного отдыха, одной из которых является дайвинг (погружение под воду с аквалангом).

Комплекс факторов дайвинга, основными из которых являются снижение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, обжим грудной клетки, воздействие дыхательных газов, перераспределение жидких сред организма и гипотермия, требует от организма напряжения регуляторных систем, мобилизацию функциональных резервов при участии всех уровней управления физиологическими функциями организма. Указанные факторы водной среды непосредственно влияют и на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (Н.В. Молчанова, А.И. Сазонов, 2007; E.M. Camporesi et al., 2003; F. Molenat, et al., 2004; P.V. Bennett et al., 2006; A. Boussuges et al., 2006; V. Lafay, 2006).

Занятия дайвингом стали доступны не только лицам, достигшим совершеннолетия, но и детям. По условиям ряда международных ассоциаций и федераций подводной деятельности 12-летний возраст является отправной точкой для возможного обучения детей дайвингу по общепринятой программе для взрослых (C. Day et al., 2008). Однако научных данных, позволяющих объективно оценить адаптационные возможности детей этого возраста, в литературе нет.

В нашей стране и за рубежом интенсивно внедряется в практику методика математического анализа вариабельности сердечного ритма (В.М. Михайлов, 2002; Н.А. Сысоева, 2005; Р.М. Баевский, 2007; Н.И. Шлык, 2009; T. Milde et al., 2011). Представляет несомненный интерес дальнейшее изучение центральных и периферических регуляторных механизмов, влияющих на формирование сердечного ритма при экстремальной деятельности человека. Важное практическое значение имеет применение этого метода с целью раннего выявления дизадаптации сердечно-сосудистой системы при воздействии комплекса факторов водной среды (A.D. Flouris et al., 2009). Вместе с тем, исследования такого рода в практике детского дайвинга до настоящего времени не проводились.

**Цель работы** – исследовать влияние подводного плавания с аквалангом на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы детей 12 лет в процессе обучения их дайвингу в бассейне.

**Задачи исследования:**

1. Изучить анатомо-физиологические особенности детей 12 лет, занимающихся дайвингом.

2. Исследовать воздействие факторов водной среды на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у дайверов 12 лет при однократном подводном погружении.

3. Выявить динамику функционального состояния сердечно-сосудистой системы и антропометрических показателей у детей 12 лет при многократных подводных погружениях во время курса обучения их дайвингу.

**Научная новизна.** Впервые установлено, что для занятия дайвингом не требуется специальной физической подготовленности детей 12-летнего возраста.

Установлено, что однократное подводное погружение с аквалангом вызывает изменение функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей 12 лет, которые проявляются в брадикардии, повышении систолического и диастолического артериального давления, снижении пульсового артериального давления, снижении ударного объема, минутного объема крови, в повышении тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Впервые показано, что в процессе однократного погружения с аквалангом на глубину 4,5 м происходит фазное изменение частоты сердечных сокращений, проявляющееся в снижении её на первых минутах погружения, увеличении на протяжении всего времени плавания и снижении этого показателя ниже исходных величин через 15 минут после выхода из воды.

Впервые проведены исследования variability сердечного ритма детей 12 лет во время подводного погружения с аквалангом, в ходе которого было установлено, что у детей под водой наблюдается повышение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, а после выхода из воды отмечается ваготония.

Многократные погружения с аквалангом не вызывают изменений антропометрических показателей, но приводят к стойкому изменению парасимпатического тонуса вегетативной нервной системы, который

проявляется в снижении частоты сердечных сокращений и фазному изменении кардиоритма.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическое значение исследования состоит в дополнении теории адаптации организма человека к экстремальным видам деятельности. Результаты исследований расширяют представления об изменении резервов сердечно-сосудистой системы человека при подводных погружениях. Полученные данные расширяют существующие представления об адаптационных возможностях сердечно-сосудистой системы, определяют индивидуальный подход при разработке практических рекомендаций, направленных на повышение устойчивости детского организма к неблагоприятным воздействиям факторов водной среды.

Полученные новые сведения дополняют знания по возрастной физиологии в разделе физиология второго детства и подросткового возраста.

Разработаны и внедрены в практику работы дайвинг-центра СибГУФК практические рекомендации для оценки и контроля функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей, занимающихся дайвингом, а также разработаны обучающие программы по дайвингу, адаптированные для детей подросткового возраста.

Работа выполнена в рамках совместной деятельности кафедры анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены СибГУФК, кафедры теории и методики плавания, а также дайвинг-центра СибГУФК. Материалы диссертации, разработанные автором теоретические представления о механизмах адаптации сердечно-сосудистой системы, нашли практическую реализацию в практике работы дайвинг-центра СибГУФК, внедрены в работу кафедры теории и методики плавания СибГУФК. Полученные данные могут быть использованы в лекциях по нормальной и патологической физиологии в высших физкультурных и медицинских учебных заведениях.

Методические разработки опубликованы и оформлены автором в виде компьютерной программы, на которую получено свидетельство (программа ЭВМ «Дайвер-анализер», свидетельство о регистрации электронного ресурса № 17166 от 07.06.2011. Инв. номер ВНТИЦ № 50201150739 от 11.06.2011). Получен грант Минобрнауки в рамках всероссийского конкурса «УМНИК» (2010 г.) на проект «Разработка компьютерной системы интегральной оценки функционального состояния детей дайверов».

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Для успешной адаптации детей 12 лет к воздействию факторов водной среды при занятиях дайвингом достаточно соответствие антропометрических показателей, показателей центральной гемодинамики, функциональных проб и variability сердечного ритма возрастной физиологической норме.

2. При однократном подводном погружении у детей 12 лет наблюдается повышение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, напряжение систем регуляции, а после погружения отмечается повышение тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

3. При многократных погружениях отмечается снижение вариации частоты сердечных сокращений под водой и после выхода из нее, повышение тонуса вегетативной нервной системы, повышение активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, снижение ударного и минутного объема крови.

**Апробация работы.** Материалы диссертации доложены и обсуждены на следующих конференциях, съездах и симпозиумах: V научно-практической конференции аспирантов и соискателей СибГУФК «Методология в науках о физической культуре и спорте» (Омск, 2008), I Региональной научно-практической конференции «Методология научных исследований» (Омск, 2008), III Международной научной конференции «Философия и социальная динамика XXI века: проблемы и перспективы» (Омск, 2008), II Городской научно-практической конференции «Организация физкультурно-спортивной работы по месту жительства «Дворовый тренер» (Омск, 2010), научной сессии, посвященной 60-летию СибГУФК по итогам работы университета за 2009 год (Омск, 2010), студенческой научно-практической интернет-конференции «Профессиональная деятельность глазами выпускника», посвященной 55-летию факультета заочного факультета СибГУФК (Омск, 2010), Региональной молодежной научно-технической конференции «Омское время – взгляд в будущее» (Омск, 2010), в открытом конкурсе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по приоритетным направлениям развития науки и техники с участием победителей программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (Омск, 2010), научной сессии по итогам работы университета за 2010 год (Омск, 2011), XIV Всероссийской научно-практической

конференции «Актуальные вопросы физической культуры и спорта» (Томск, 2011), 17-ой международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-17-2011) (Томск, 2011).

Работа выполнена в рамках НИР Сибирского государственного университета физической культуры и спорта в соответствии с темой 02.01 сводного плана НИОКР.

**Публикации.** Всего по теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 1 свидетельство о регистрации программы ЭВМ, 1 статья в научном журнале, 2 статьи в сборниках научных трудов, 10 публикаций в материалах научных конференций.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация включает в себя 152 страницы текста, 17 рисунков и графиков, 30 таблиц и состоит из оглавления, списка сокращений, введения, 3 глав, общего заключения, выводов и списка цитируемой литературы из 241 источников. Из них отечественные авторы представлены 164 источниками, а иностранные – 77.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В исследовании приняли участие мальчики и девочки 12 лет, проходящие обучение дайвингу в дайвинг-центре СибГУФК. Всего было проведено 17475 комплексных физиологических обследований.

В основную группу вошли 64 ребенка (34 мальчика и 30 девочек) в возрасте 12 лет. Все они проходили обучение рекреационному дайвингу. Сертификационный курс обучения включал в себя 10 подводных погружений с аквалангом на глубину  $4,5 \pm 0,5$  м. Занятия проводились через день, длительность каждого составляла  $30,0 \pm 5,0$  минут. 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. Курс обучения составлял в среднем 21 день. В группе сравнения было 40 детей в возрасте 12 лет (20 мальчиков и 20 девочек), которые имели обычную двигательную активность. Все испытуемые были практически здоровы.

*Определение показателей физического развития.* Для характеристики физического развития школьников 12-летнего возраста определялись

следующие антропометрические показатели: длина и масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких. Также рассчитывались следующие показатели, отражающие физическое развитие детей: индекс массы тела, жизненный индекс, индекс пропорциональности развития грудной клетки (индекс Эрисмана)

*Измерение показателей центральной гемодинамики.* Измерения частоты сердечных сокращений, регистрация длительности сердечного цикла (RR-интервалов) и оценка variability 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.

Измерение артериального давления производилось по осциллометрическому методу в состоянии относительного покоя в положении сидя на автоматическом приборе OMRON M10-IT (HEM-7080IT-E) (Япония). Фиксировалось систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), пульсовое (ПД) и частота сердечных сокращений (ЧСС) испытуемого. Осциллометрический метод регистрации артериального давления широко используется в практической медицине. Рассчитывались показатели ударного (УОК) и минутного (МОК) объемов крови.

Для оценки активности вегетативной нервной системы использовали вычисление вегетативного индекса Кердо.

Определение адаптационной способности организма проводилось при помощи расчета адаптационного потенциала по методу Р.М. Баевского (1997).

*Функциональные пробы.* Для оценки способности сердечно-сосудистой системы к восстановлению после физической нагрузки нами использовалась общепринятая и легковоспроизводимая проба Мартине-Кушелевского.

Для изучения вегетативного обеспечения работы сердечно-сосудистой системы в процессе срочной адаптации к внешним воздействиям использовали активную ортостатическую пробу.

*Исследование variability сердечного ритма.* Методика анализа variability ритма сердца использована в настоящем исследовании с целью оценки состояния вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и всего организма в целом при воздействии факторов водной среды (диагностический комплекс ВНС-Спектр, «Нейрософт», г. Иваново).

Изучались временные и спектральные показатели variability сердечного ритма: HR – частота сердечных сокращений в минуту; Standard Deviation (SDNN) – стандартное отклонение всех RR интервалов; 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); Total Power (TP) – общая мощность спектра в (мс<sup>2</sup>); VLF (мс<sup>2</sup>) – мощность в диапазоне очень низких частот; LF (мс<sup>2</sup>) – мощность в диапазоне низких частот; HF (мс<sup>2</sup>) – мощность высокочастотной составляющей спектра; LF/HF ratio – отношение мощностей низкочастотной и высокочастотной областей спектра (LF/HF).

*Разработка компьютерной программы ЭВМ для оценки функционального состояния юных дайверов.* При разработке компьютерной программы «Дайвер-анализер» использовались ранее полученные результаты исследований юных дайверов с помощью программно-аппаратных комплексов: «ВНС-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново), Polar Electro OY-Polar Precision Performance SW v. 03.040. Программа на основе анализа введенных в нее данных проводит оценку состояния сознания; состояния кожи и слизистых оболочек, величины артериального давления; оценку частоты сердечных сокращений, частоты дыхания, температуры тела и мышечного тонуса дайвера.

*Статистическая обработка результатов исследований.* Статистическая обработка данных включала в себя вычисление средней арифметической, стандартной (средней квадратической) ошибки. Достоверность различий оценивалась с помощью непараметрических аналогов дисперсионного анализа: для сравнения с группой контроля – критерий Манна-Уитни, для сравнения показателей между собой в основной группе – тест Вилкоксона. При всех подсчетах минимально достоверными считали различия при  $P < 0,05$ . Данные в работе представлены как  $M \pm m$ .

Расчет статистических показателей производился с помощью компьютера, совместимого с IBM, в программе «Statistica – 6.0 for Windows», (Stat.Soft.Inc, 2001). Разработка программы ЭВМ для оценки функционального состояния юных дайверов проведена при консультативной поддержке сотрудников ИТ-компании ООО АИСИСТЕМС (г. Омск).

## РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИ

### Анатомо-физиологические характеристики детей 12 лет, занимающихся дайвингом

В результате анализа данных антропометрии установлено, что полученные нами результаты соответствуют возрастным нормам детей 12 лет (Н.Я. Прокопьев, 2002; Growth and development, 1996). Так, показатели длины тела девочек и мальчиков контрольной группы составили  $156,5 \pm 1,2$  см и  $155,2 \pm 1,3$  см, а показатели длины тела девочек и мальчиков основной группы соответственно  $153,1 \pm 1,4$  см и  $153,1 \pm 1,4$  см. Показатели веса детей были в пределах 44-46 кг. Показатели окружности грудной клетки на вдохе, на выдохе и в паузе у девочек контрольной группы составили  $80,5 \pm 1,2$  см,  $73,4 \pm 1,3$  см,  $75,8 \pm 1,4$  см, у мальчиков контрольной группы –  $79,6 \pm 1,0$  см,  $72,7 \pm 1,0$  см,  $74,7 \pm 0,9$  см соответственно.

Показатели окружности грудной клетки на вдохе, на выдохе, в паузе у девочек основной группы составили  $79,9 \pm 1,4$ ,  $72,4 \pm 1,3$ ,  $74,8 \pm 1,4$  см, у мальчиков основной группы составили  $78,6 \pm 1$ ,  $71,7 \pm 1$ ,  $73,7 \pm 0,9$  см соответственно. Показатели жизненной емкости легких (ЖЕЛ) в контрольной и основной группах до эксперимента статистически не отличались. Так, у девочек и мальчиков контрольной группы ЖЕЛ составило  $2592,6 \pm 67,2$  мл и  $2705,9 \pm 78,0$  мл, а у девочек и мальчиков основной группы  $2492,6 \pm 67,3$  и  $2641,9 \pm 80$  мл соответственно. Таким образом, можно уверенно сказать, что обе группы детей до эксперимента не имели статистически достоверных различий. Полученная данные свидетельствуют о среднем уровне физического развития изучаемого контингента детей, что соответствует физиологической норме детей 12-летнего возраста.

Значение индекса Эрисмана и индекса массы тела (ВМІ). соответствовали нормальным значениям для данной возрастной группы. Так, например, ВМІ составил у девочек и мальчиков контрольной группы соответственно  $15,2 \pm 0,4$  и  $14,9 \pm 0,3$ , а у девочек и мальчиков основной группы – соответственно  $14,6 \pm 0,4$  и  $14,4 \pm 0,3$ .

Показатели центральной гемодинамики у детей контрольной и основной группы имели незначительные отличия (табл. 1). В целом они соответствовали показателям возрастной физиологической нормы детей 12-летнего возраста (И.Р. Самойлова, 1983; В.М. Король, 1985; Л.М. Макаров, 2000; Р.М. Васильева, 2009; М.Р. Сапин, З.Г. Брысина, 2009).

Проведение пробы Мартине-Кушелевского показало, что полное восстановление частоты сердечных сокращений наступило у большинства детей контрольной и основной группы на 4-ой минуте, а артериального давления на 5-ой минуте, что свидетельствует об адекватной реакции сердечно-сосудистой системы детей на нагрузку (Е.Л. Михалюк, и др., 2010).

Полученные данные variability сердечного ритма свидетельствуют об удовлетворительном функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы. На это указывают высокие показатели общей мощности спектра (TP), временные показатели variability сердечного ритма обеих групп (SDNN, RMSSD и pNN50).

Таблица 1

Показатели центральной гемодинамики детей 12-летнего возраста контрольной и основной группы (M±m)

Измеряемые параметры	Контрольная группа		Основная группа	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
ЧСС, уд/мин	84,8±2,4	86,3±3,4	82,9±1,9	83,6±2,2
САД, мм рт.ст	100,4±2,8	100,3±2,0	105,8±1,3	99,7±1,9
ДАД, мм рт.ст.	66,9±1,6	64,0±1,6	65,3±0,9	65,6±1,1
ПД, мм рт.ст.	33,6±1,8	36,4±1,5	40,5±1,1*	34,1±1,4
УО, мл	49,4±1,1	52,6±1,1	50,0±0,9*	50,0±0,9**
МОК, л/мин	4,2±0,1	4,5±0,2	4,6±0,1	4,7±0,1
Адаптационный потенциал	1,3±0,10	1,3±0,10	1,4±0,04	1,4±0,05

Примечание: \* – P<0,05 по сравнению с данными мальчиков контрольной группы; \*\* – P<0,05 по сравнению с данными девочек контрольной группы

Анализ результатов проведенной ортостатической пробы показал, что обе группы детей до эксперимента не имели статистически достоверных различий. Отмечалась нормальная реакция на ортостатическое положение у детей в контрольной и основной группе. Показатель коэффициента 30/15 (K30/15), отражающий реактивность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы при проведении ортостатической пробы, как

у мальчиков, так и у девочек не отличался и составил в среднем  $1,3 \pm 0,1$ , что, в свою очередь, является нормальной реакцией на ортостаз (В.М. Михайлов, 2002; Л.Е. Бирюкова, Н.В. Елисеева, Г.И. Арзамасцева, 2006).

Таким образом, анализ анатомо-физиологических особенностей детей двух групп показал, что существенных различий выявлено не было, а анатомо-физиологические показатели соответствуют возрастной норме.

### **Изменения функционального состояния сердечно-сосудистой системы у детей 12 лет на первое погружение под воду с аквалангом**

В процессе эксперимента была проведена оценка физиологического состояния сердечно-сосудистой системы по нескольким компонентам. Применялись как легкодоступные и информативные методы оценки (расчетные методы, функциональные пробы), так и высокоточные неинвазивные методы, такие как анализ ВСР – универсальная реакция организма на любое воздействие со стороны внешней и внутренней среды.

В ходе работы было отмечено значительное снижение показателя ЧСС после погружения под воду и выхода из нее. Этот факт указывает на то, что в процессе погружения у всех испытуемых отмечался выраженный отрицательный хронотропный эффект, обусловленный повышением тонуса блуждающего нерва. Стоит отметить, что подобная реакция впервые была отмечена у водоплавающих животных, что, в свою очередь, биологически детерминировано. Вместе с тем было отмечено повышение САД и ДАД после плавания под водой с аквалангом, что может быть, по нашему мнению, не только реакцией на нагрузку, но и влиянием специфических свойств водной среды.

Одновременно со снижением ЧСС происходит и снижение показателя ударного объема крови, что говорит о влиянии вагуса не только на сократительную функцию сердца, но и повышении периферического сопротивления сосудов. (S. Sagawa, K. Miki, F. Tajima, 1992; F. Wada, S. Sagawa, K. Miki et al., 1995; J.D. Schipke, M. Pelzer., 2001; K. Yamauchi, Y. Tsutsui, S. Sagawa et al., 2002).

После оценки исходного состояния сердечно-сосудистой системы детей в покое до погружения, нами были получены данные частоты сердечных сокращений детей с момента погружения под воду до выхода их из воды при помощи аппаратно-программного комплекса (Polar Electro OY-Polar Precision Performance SW v. 03.040). Непосредственно перед погружением под воду, у всех детей отмечается достоверное повышение показателя частоты сердечных сокращений (рис. 1, 2). У мальчиков данный показатель

увеличился  $140,0 \pm 2,7$  уд/мин, а у девочек до  $148,6 \pm 4,3$  уд/мин. Данный факт в свою очередь является нормальной реакцией организма на предстартовую подготовку (J.D. Schipke, M. Pelzer, 2001; Z.L. Jiang, J. He, H. Miyamoto et al., 1994). Сразу при погружении под воду у всех детей отмечалась брадикардия, снижение ЧСС с  $140,0 \pm 2,7$  до  $78,0 \pm 2,4$  уд/мин. Повышение значений ЧСС под водой происходило в течение 2–5 мин. Данная реакция сердечно-сосудистой системы ранее была отмечена исследователями у взрослых дайверов (J.D. Schipke et al., 2006).

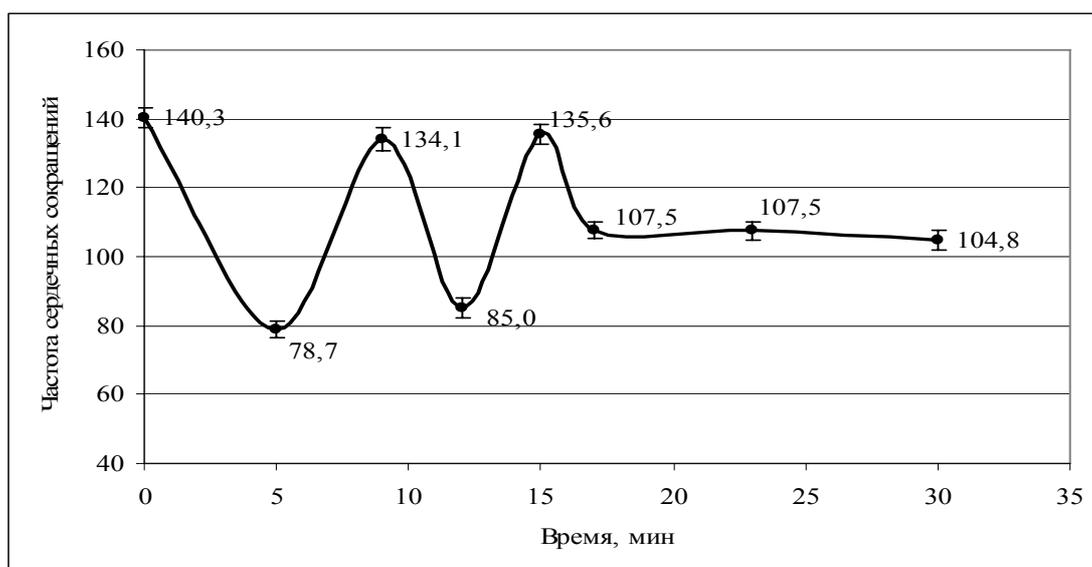


Рис. 1. Пульсограмма мальчиков 12 лет в процессе погружения под воду с аквалангом в начале курса обучения

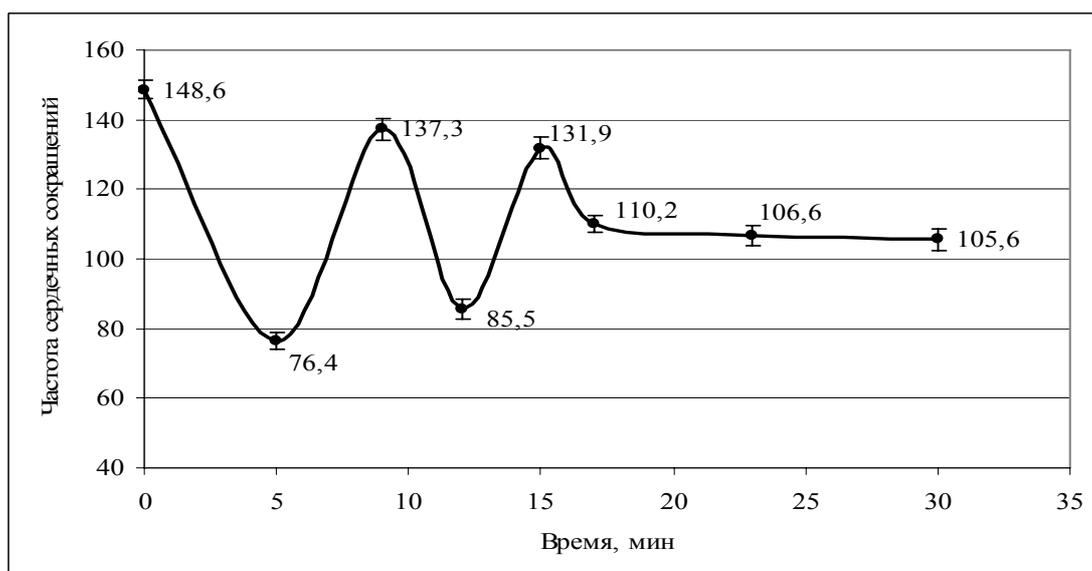


Рис. 2. Пульсограмма девочек 12 лет в процессе погружения под воду с аквалангом в начале курса

Во время свободного подводного плавания ЧСС составляла в среднем у мальчиков  $107,1 \pm 2,5$  уд/мин и у девочек  $107,4 \pm 1,6$  уд/мин. Стоит отметить, что у большинства детей на первых 10 минутах погружения на глубину 2 м, показатель ЧСС возрастал до  $134,0 \pm 3,2$  уд/мин, что может свидетельствовать о значительной нагрузке подводного погружения на детский организм, а также влиянием стресса подводного погружения.

Из данных литературы известно, что показатели RMSSD и pNN50 отражают в основном изменения спектральной плотности в диапазоне HF. Установленное ранее увеличение значений обоих показателей после дайвинга свидетельствует о том, что подводное плавание повышает тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (J.D. Schipke, K.M. Pelzer, 2001). Проведенное исследование у детей также подтвердило данный факт.

Суммарная мощность спектра сердечного ритма (TP) является одним из наиболее информативных показателей при анализе функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы в ответ на физическую нагрузку.

Диапазон высоких частот (HF) после погружения у большинства мальчиков и девочек увеличился, а диапазон низких частот, наоборот, уменьшается.

В результате нашего исследования было отмечено, что вариабельность сердечного ритма у 64 здоровых детей 12 лет была преимущественно увеличена после подводного плавания. Несмотря на то что после дайвинга ЧСС достоверно уменьшилась, в целом было отмечено увеличение показателей вариабельности сердечного ритма и повышение парасимпатической активности вегетативной нервной системы. При этом важно отметить, что в результате воздействия факторов водной среды у части испытуемых отмечалось умеренное напряжение адаптационных механизмов. Данный факт объясняется гетерохромным созреванием анатомических структур сердца и незаконченным процессом развития физиологических механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы у детей данного возраста. Важно отметить, что результаты нашей работы согласуются с данными, полученными при исследовании взрослых дайверов в сходных условиях.

## **Изменение функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей 12 лет в процессе курса обучения их дайвингу**

Показатели антропометрии фиксировались на первом и десятом занятиях. Полученные данные антропометрии у детей основной группы в начале и конце курса обучения достоверных различий не имели.

При проведении спирометрии в начале курса обучения выявлено, что дети данной выборки имели показатели ЖЕЛ в пределах средневозрастной нормы. В процессе курса обучения изменения данного показателя отмечены не были. В среднем показатель ЖЕЛ составил  $2,8 \pm 0,1$  л у мальчиков и  $2,7 \pm 0,1$  л у девочек.

В процессе курса обучения детей дайвингу показатель кистевой динамометрии также достоверно не изменился и составил в среднем у мальчиков  $9,9 \pm 1,3$  кг, а у девочек  $5,5 \pm 0,6$  кг.

В ряде случаев было отмечено увеличение показателя кистевой динамометрии у детей после выполнения подводного погружения под воду с аквалангом. Данный факт может свидетельствовать о вероятном релаксирующем воздействии факторов водной среды.

В процессе курса обучения детей дайвингу отмечается однонаправленная реакция сердечно-сосудистой системы. Увеличение показателей систолического и диастолического давления, снижение значения показателей пульсового давления и частоты сердечных сокращений. Так, САД у мальчиков и девочек составило: на 1-е погружение под воду  $109,0 \pm 1,8$  и  $102,0 \pm 1,8$  мм рт. ст., на 5-е погружение  $110,0 \pm 1,8$  и  $102,0 \pm 3,3$  мм рт. ст. и на 10-е погружение  $110,0 \pm 2,0$  и  $102,0 \pm 5,5$  мм рт. ст. соответственно. Диастолическое артериальное давление у детей после дайвинга составило: на 1-е погружение у мальчиков  $73,0 \pm 1,8$  и  $69,0 \pm 1,6$  мм рт. ст. у девочек, на 5-е погружение у мальчиков  $72,0 \pm 1,4$  и  $66,0 \pm 4,7$  мм рт. ст. у девочек, на 10-е погружение у мальчиков  $73,0 \pm 1,6$  и  $68,0 \pm 3,9$  мм рт. ст. у девочек соответственно ( $P < 0,05$ ). На основе литературных данных этот факт можно объяснить стимуляцией артериальных барорецепторов, увеличением внутригрудного давления при подводном погружении (А. Gabrielsen et al., 2000; А. Boussuges, F. Blanc, D. Carturan, 2006).

Частота сердечных сокращений у детей после погружения под воду с аквалангом, как было отмечено ранее, достоверно снижалась и составила: на 1-м погружении  $78,8 \pm 2,4$  и  $80,4 \pm 3,0$  уд/мин, на 5-м погружении  $75,6 \pm 7,2$  и

77,6±2,4 уд/мин, на 10-м погружении 77,6±2,4 и 79,8±6,0 уд/мин соответственно (P<0,05).

Как было отмечено ранее, в момент погружения под воду проявлялась отрицательная хронотропная реакция сердца, которая длилась в течение 2-3 минут, после чего происходило увеличение частоты сердечных сокращений у мальчиков на 1-м погружении до 138 уд/мин, на 10-м погружении до 121 уд/мин, у девочек на 1-м погружение до 134 уд/мин, на 10-м погружение до 125 уд/мин (рис. 3, 4). Подобная реакция наблюдалась в течение всего курса обучения дайвингу. Было отмечено, что к 10-му погружению показатель частоты сердечных сокращений под водой в среднем достоверно снизился по сравнению с исходным и составил у мальчиков 103,0±2,8 уд/мин, 101,7±1,6 уд/мин у девочек (P<0,05). В целом к 10-му занятию происходит снижение вариации частоты сердечных сокращений под водой. Также отмечается снижение данного показателя в конце 10-го погружения у мальчиков до 99,0±2,7 уд/мин, у девочек 100,2±1,3 уд/мин (P<0,05), что свидетельствует об адаптации сердечно-сосудистой системы детей 12-летнего возраста к подводному плаванию с аквалангом.

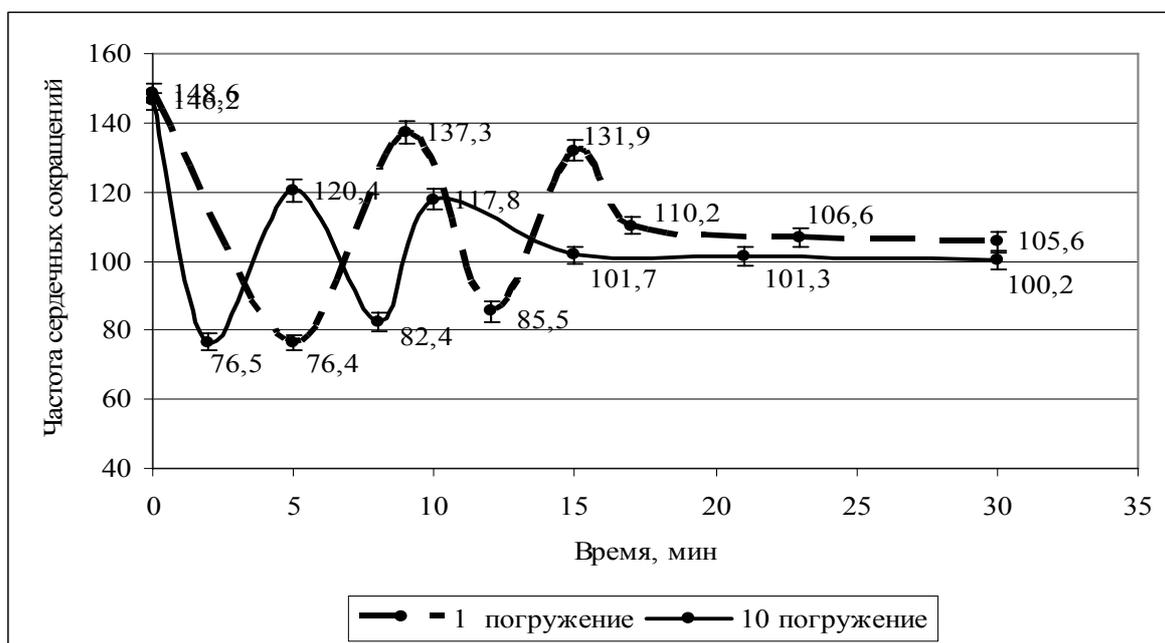


Рис. 3. Пульсограмма девочек 12 лет в процессе погружения под воду с аквалангом в конце курса обучения дайвингу

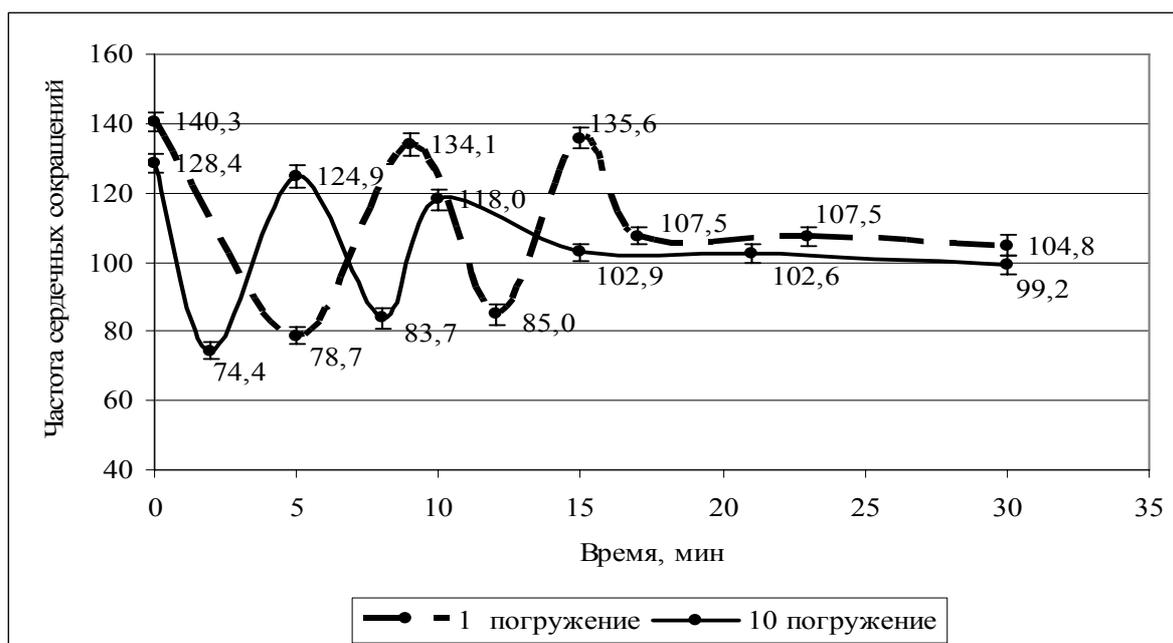


Рис. 4. Пульсограмма мальчиков 12 лет в процессе погружения под воду с аквалангом в начале и конце курса обучения дайвингу

Установленное ранее увеличение значений RMSSD и pNN50 после дайвинга свидетельствует о том, что подводное плавание повышает тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Данная реакция отмечается у девочек не только на первое погружение, но и на последующие погружения. Так, показатель RMSSD после 10-го погружения составил  $101,2 \pm 17,2$  мс ( $P < 0,05$ ). У мальчиков же после 10-го погружения достоверных различий данного показателя не было.

В процессе курса обучения отмечается увеличение показателя SDNN как у мальчиков, так и у девочек. После 10-го погружения у мальчиков данный показатель составил  $70,5 \pm 10,7$  мс, а у девочек –  $97,4 \pm 20,0$  мс соответственно ( $P < 0,05$ ).

В процессе исследования было отмечено, что после дайвинга наблюдалась тенденция к увеличению общей мощности спектра. Величина данного показателя в большей степени возрастала как в начале обучения дайвингу с  $5009,0 \pm 728,7$  мс<sup>2</sup> до  $10124,0 \pm 449,3$  мс<sup>2</sup> у мальчиков, с  $6254,8 \pm 907,4$  мс<sup>2</sup> до  $7536,3 \pm 450,7$  мс<sup>2</sup> у девочек ( $P < 0,05$ ), так и в конце курса с  $4718,3 \pm 388,4$  мс<sup>2</sup> до  $6212,8 \pm 709,4$  мс<sup>2</sup> у мальчиков, с  $4878,7 \pm 433,8$  мс<sup>2</sup> до  $13213,2 \pm 1914,4$  мс<sup>2</sup> у девочек соответственно ( $P < 0,05$ ). Полученные нами результаты указывают на снижение уровня низких частот (LF) и увеличение

высокочастотного спектра колебаний (HF), что свидетельствует о преобладании парасимпатического влияния на регуляцию ритма сердца.

Проведенное исследование показало, что к концу курса обучения высокая и низкая составляющая мощности спектра, отражающие влияние симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, достоверно не изменилась у детей 12 лет. Стоит отметить, что у мальчиков с симпатическим и у девочек с парасимпатическим типом вегетативной нервной системы достоверно повышались значения в области высоких частот спектра и понижалась составляющая в области низких частот, что, в свою очередь, указывает на преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы у детей после 10-го погружения.

Показатели проведенной активной ортостатической пробы в процессе обучения детей дайвингом указывают на низкую реактивность парасимпатического отдела ВНС у мальчиков. Так, K30/15 к концу курса снизился до  $1,2 \pm 0,1$ . У одного из детей данный показатель достиг значения  $1,1 \pm 0,2$ .

Данный тип реактивности отделов вегетативной нервной системы у мальчиков, занимающихся дайвингом, может указывать на состояние перенапряжения, для которого характерны недостаточность адаптационно-приспособительных механизмов и их неспособность обеспечить оптимальную адекватную реакцию юного дайвера на воздействие нагрузки. Вместе с тем отмечается повышение активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы у девочек в процессе занятия дайвингом.

### **Особенности баланса вегетативной нервной системы у подростков при занятиях рекреационным дайвингом**

Проведение исследования вариабельности сердечного ритма под водой позволило отметить ряд закономерностей реакции вегетативной нервной системы на влияние факторов водной среды. Эти особенности выражаются в снижении активности парасимпатического отдела ВНС с момента погружения детей под воду с аквалангом до выхода их из воды. Данная реакция отражается в снижении показателей pNN50, RMSSD, HF, TP и увеличении показателей VLF и LF. После выхода из воды у детей основной группы отмечается увеличение активности парасимпатического отдела ВНС.

## **Использование компьютерной программы «Дайвер-анализер» для оценки функционального состояния юных дайверов**

Для определения наиболее информативных параметров сердечно-сосудистой системы в оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы у детей в процессе курса занятий дайвингом были составлены уравнения регрессии.

Проведенный анализ полученных данных показал, что при оценке функционального состояния детей, занимающихся дайвингом, необходимо уделять большое внимание следующим показателям: частоте сердечных сокращений, диастолическому артериальному давлению и индексу Кердо.

В дальнейшем для точного и оперативного контроля функционального состояния юных дайверов в ходе занятий по обучению подводному плаванию нами была разработана специализированная шкала на основе выбора наиболее значимых критериев.

Для удобства работы программа «Дайвер-анализер» позволяет при групповых исследованиях оценивать перспективы улучшения, поддержания или ухудшения «спортивной формы», формировать группы дайверов по уровню функциональной подготовки, выявлять «внезапные» немотивированные снижения функциональных резервов, являющиеся следствием стресса, болезни или нарушения режима.

### **ВЫВОДЫ**

1. В процессе одноразового погружения на глубину 4,5 м у детей 12 лет возникают фазные изменения частоты сердечных сокращений: снижение на первой минуте погружения, увеличение на протяжении всего времени плавания под водой и снижение ниже исходного уровня через 15 минут после выхода из воды. После окончания плавания систолическое и диастолическое артериальное давление увеличивается, а минутный объем кровотока и вегетативный индекс Кердо снижаются.

2. Многократные подводные погружения в бассейне у детей 12 лет не вызывают существенных изменений антропометрических показателей, жизненной емкости легких, динамометрии, но приводят к функциональным изменениям со стороны сердечно-сосудистой системы, проявляющимся в адаптивном снижении частоты сердечных сокращений, и увеличении тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

3. Установлено, что у детей 12 лет во время подводного погружения с аквалангом наблюдается повышение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, а после дайвинга отмечается ваготония.

4. Данные анализа variability сердечного ритма при активной ортостатической пробе до и после дайвинга в процессе курса обучения свидетельствовали об увеличении у девочек 12-летнего возраста адаптации к условиям водной среды, увеличении активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

5. Анатомо-физиологические показатели детей, успешно прошедших курс обучения дайвингу, соответствуют среднестатистическим показателям у детей данной возрастной группы.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. При проведении курса обучения 12-летних детей дайвингу необходимо учитывать анатомо-физиологические особенности подростков. Дети с отклонениями от морфо-функциональной возрастной нормы до занятий дайвингом не допускаются: с дефицитом массы тела более 20%, с отставанием в росте, низкими показателями ЖЕЛ (менее 2000 мл), отрицательным результатом пробы Мартине-Кушелевского, а также с ортостатической неустойчивостью.

2. Использование доступных и информативных методов оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы (пульсометрии, тонометрии, variability сердечного ритма) позволяет контролировать процесс обучения детей дайвингу, предупреждать возможные несчастные случаи, а также проводить спортивный отбор. Полученные данные могут быть использованы в лекциях по гипербарической физиологии и медицине в вузах и организациях дополнительного последиplomного образования, в учебном процессе студентов средних и высших физкультурных и медицинских учебных заведений. Комплексное исследование показателей гемодинамики, метод оценки variability сердечного ритма и подводный кардиомониторинг рекомендуется включать в систему контроля за состоянием здоровья дайверов.

3. Методические разработки, частично описанные в работе, опубликованы и оформлены автором в виде компьютерной программы, на которую получено свидетельство. Использование программы ЭВМ «Дайвер-анализер», основанной на наиболее информативных критериях (ЧСС, АД,

SDNN, TP, HF, LF, LF/HF), позволяет объективизировать показания для занятий дайвингом и мониторировать функциональное состояние юных дайверов.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:*

1. Аикин В.А. Влияние дайвинга на показатели variability сердечного ритма / В.А. Аикин, М.А. Огородников, С.К. Поддубный // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 7. – С. 7–11.

2. Аикин В.А. Использование функциональных проб для оценки состояния сердечно-сосудистой системы у детей, занимающихся дайвингом / В.А. Аикин, М.А. Огородников, С.К. Поддубный // Омский научный вестник. – 2011. – № 1 (104) – С. 158–162.

3. Аикин В.А. Особенности баланса вегетативной нервной системы у подростков при занятиях рекреационным дайвингом / В.А. Аикин, С.К. Поддубный, М.А. Огородников // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 10 (80) – С. 7–11.

*Публикации в других научных изданиях:*

4. Огородников М.А. Методика обучения технике дайвинга с учетом психического и физического состояния занимающихся / М.А. Огородников // Методология научных исследований : матер. I регион. науч.-практ. конф. – Омск : Изд-во СибГУФК, 2009. – С. 45–48.

5. Огородников М.А. Дайвинг для студентов / М.А. Огородников // Актуальные вопросы развития студенческого спорта : матер. международной науч.-практ. конф. – Омск : Изд-во СибГУФК, 2009. – С. 45–49.

6. Огородников М.А. Методика оценки функционального состояния детей, занимающихся дайвингом / М.А. Огородников // Омское время – взгляд в будущее : матер. регион. молодежной науч.-техн. конф. : в 2 кн. – Омск : Изд-во ОмГЕУ, 2010. – Кн. 2. – С. 191–194.

7. Огородников М.А. Изменения показателей сердечно-сосудистой системы при обучении дайвингу детей 12 лет / М.А. Огородников, В.А. Аикин, С.К. Поддубный // Науч. тр. : ежегодник. – Омск : Изд-во СибГУФК, 2010. – С. 99–103.

8. Огородников М.А. Центральная гемодинамика и variability сердечного ритма у детей, занимающихся дайвингом / М.А. Огородников, С.К. Поддубный, Ю.А. Елохова // Россия молодая: передовые технологии – в

промышленность : матер. III всероссийской молодежной науч.-техн. конф. : в 2 кн. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. – Кн. 2. – С. 202–205.

9. Елохова Ю.А. Компьютерная система интегральной оценки функционального состояния детей-дайверов / Ю.А. Елохова, С.К. Поддубный, М.А. Огородников // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность : матер. III всероссийской молодежной науч.-техн. конф. : в 2 кн. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. – Кн. 1. – С. 244–247.

10. Огородников М.А. Изменения частоты сердечных сокращений у детей во время первых подводных погружений / М.А. Огородников, С.К. Поддубный, В.А. Аикин // Тези доповідей : міжнародний науковий конгрес «Олімпійський спорт і спорт для всіх». – Київ, 2010. – С. 371.

11. Поддубный С.К. Показатели артериального давления у детей, занимающихся дайвингом / С.К. Поддубный, М.А. Огородников, В.А. Аикин // Тези доповідей : міжнародний науковий конгрес «Олімпійський спорт і спорт для всіх». – Київ, 2010. – С. 380.

12. Огородников М.А. Показатели центральной гемодинамики мальчиков 12 лет в процессе обучения дайвингу / М.А. Огородников, В.А. Аикин, С.К. Поддубный, Ю.А. Елохова // Физическая культура и спорт в современном обществе : матер. международной науч.-практ. конф., посвященной 60-летию образования СГАФКСТ : сб. науч. ст. : в 2 ч. / под общ. ред. Г.Н. Греца. – Смоленск : Изд-во СГАФКСТ, 2010. – Ч. 2. – С. 87–92.

13. Огородников М.А. Особенности обучения детей 12 лет дайвингу / М.А. Огородников, В.А. Аикин, С.К. Поддубный // Физкультурное образование Сибири : научно-методический журнал. – 2011. – № 1 (27). – С. 44–48.

14. Огородников М.А. Реакция сердечно-сосудистой системы детей 12-летнего возраста на подводное погружение с аквалангом / М.А. Огородников // Актуальные вопросы физической культуры и спорта : матер. XIV всероссийской науч.-практ. конф. (24-25 марта 2011 г.). – Томск : Издательство ТГПУ, 2011. – С. 57–58.

15. Огородников М.А. Особенности отрицательного хронотропного эффекта у мальчиков 12 лет в начале курса обучения дайвингу / М.А. Огородников, В.А. Аикин, С.К. Поддубный, Ю.А. Елохова // Научная сессия. СибГУФК. – Омск : Изд-во СибГУФК, 2011. – С. 3–7.

16. Аикин В.А. Комплексная оценка функционального состояния детей, занимающихся дайвингом / В.А. Аикин, М.А. Огородников, С.К. Поддубный, Ю.А. Елохова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-17-2011) : матер. 17-й международной науч.-практ. конф. – Томск : САН ВШ; В-Спектр, 2011 – С. 205–209.

17. Поддубный С.К. Компьютерная программа Дайвер-анализер (программа ЭВМ) / С.К. Поддубный, В.А. Аикин, М.А. Огородников, Ю.А. Елохова. – Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 17166 от 07.06.2011. Инв. номер ВНТИЦ № 50201150739 от 11.06.2011.

### Список сокращений

АП – адаптационный потенциал;  
ВИК – вегетативный индекс Кердо;  
ВНС – вегетативная нервная система;  
ВСР – вариабельность сердечного ритма;  
ДАД – артериальное давление диастолическое;  
ДК – динамометрия кистевая;  
ЖЕЛ – жизненная ёмкость легких;  
МОК – минутный объем кровотока;  
ПД – пульсовое давление;  
САД – артериальное давление систолическое;  
УО – ударный объем крови;  
ЧСС – частота сердечных сокращений;  
RMSSD – квадратный корень из средней суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов RR;  
SDNN – среднее квадратическое отклонение RR–интервалов;  
VLF – мощность очень низкочастотного компонента спектра вариабельности сердечного ритма;  
HF – мощность высокочастотного компонента спектра вариабельности сердечного ритма;  
LF – мощность низкочастотного компонента спектра вариабельности сердечного ритма;  
LF/HF – отношение мощности спектров в низкочастотном и высокочастотном диапазоне;  
pNN50 – процент NN50 от общего количества пар интервалов NN;  
R–R – продолжительность кардиоинтервала;  
TP ( $\text{мс}^2$ ) – суммарная мощность спектра во всех диапазонах вариабельности сердечного ритма;  
K30/15 – показатель реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Тираж 100 экз.  
Отпечатано в ООО «Позитив-НБ»  
634050 г. Томск, пр. Ленина 34а