

ФУНКЦИЯ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДАЙВИНГОМ

Поддубный С.К.

Сибирский государственный университет физической культуры и спорта Министерства спорта Российской Федерации, Омск, Россия (644009, Омск, ул. Масленникова, 144), e-mail: rector@sibguflk.ru

Число юных аквалангистов (дайверов), систематически пребывающих под водой, с каждым годом увеличивается. Целью исследования явилось изучение показателей системы внешнего дыхания у детей при однократном подводном погружении с аквалангом в условиях плавательного бассейна. В исследовании приняли участие 28 здоровых мальчиков в возрасте 12–13 лет. Спирографию у детей проводили в лабораторных условиях при помощи программно-аппаратного комплекса «Спиро-Спектр». Исследованы динамические легочные объемы: частота дыхания, жизненная емкость легких (ЖЕЛ), форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1) и расчетные показатели. Установлено, что у детей после дайвинга отмечалось достоверное снижение показателя механических свойств аппарата вентиляции ОФВ1 в среднем на 5 %, снижение динамических параметров выдоха MEF 75 %, MEF 50 % и MEF 25 % в среднем на 7 %.

Ключевые слова: дайвинг, дети, функция внешнего дыхания, астма.

RESPIRATORY FUNCTION CHILDREN DIVERS

Poddubnyi S.K.

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

The number of young divers systematically staying under water increases every year. Aim of this study was to investigate the performance of external respiration in children with a single underwater scuba diving in a swimming pool. The study involved 28 healthy boys aged 12–13 years. Spirograph in children was carried out in the laboratory using the hardware-software complex "Spiro-spectrum". The dynamic lung volumes were: respiratory rate, vital capacity (VC), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV1) and estimations. It is found that in children after diving there was a significant decline of the mechanical properties of ventilation apparatus FEV1 on average by 5 %, reducing the dynamic parameters of expiratory MEF 75 %, MEF 50 % and MEF 25 % on average by 7 %.

Key words: diving, children, lung function, asthma.

Введение

Дайвинг с автономным подводным дыхательным аппаратом (аквалангом) стал популярным видом активного отдыха во всем мире. Число юных аквалангистов (дайверов), систематически пребывающих под водой, с каждым годом увеличивается. Поэтому в научной литературе дискутируется вопрос о безопасности для здоровья ребенка занятий дайвингом.

Экспериментальные исследования показали, что организм ребенка особенно подвержен воздействию неблагоприятных факторов водной среды. У детей и подростков в 2,5 раза чаще, чем у взрослых дайверов, отмечаются случаи артериальной газовой эмболии легких [12]. Погружение под воду могут быть опасными для здоровья детей и тогда, когда практикуются погружения в экстремальных условиях и на большие глубины.

Бронхиальная астма принадлежит к числу распространенных (от 10 до 15 %) аллергических болезней в детском возрасте. За последние годы во всем мире, в том числе и в

России, отмечается тенденция к увеличению заболеваемости бронхиальной астмой детей. Бронхиальная астма у детей в силу их анатомо-физиологических особенностей имеет своеобразный клинический образ и представляет значительные трудности для диагностики. Поэтому в клинической практике диагноз бронхиальной астмы в этом возрасте устанавливают не всегда своевременно [4].

В последнее время все больше детей с генетической предрасположенностью к бронхиальной астме совершают подводные погружения с аквалангом, несмотря на то, что врачи не дают им разрешение на занятия дайвингом. Проблема также заключается и в том, что дайверы часто отрицают наличие у них бронхиальной астмы при заполнении медицинской анкеты.

Известно, что при занятиях дайвингом на организм человека влияет комплекс факторов, основными из которых являются: изменение гравитации, психоэмоциональный стресс, физические нагрузки, воздействие дыхательных газов и гипотермия. Комплекс этих факторов требует от организма напряжения защитно-приспособительных механизмов, высокой физиологической и физической устойчивости [5, 6, 7].

Скорость потока воздуха, проходящего через дыхательные пути в легкие, зависит от плотности вдыхаемой газовой смеси. При увеличении глубины погружения плотность воздуха возрастает, что приводит к повышению нагрузки на функцию легких дайвера. Дыхание холодной, сухой и плотной газовой смесью через регулятор давления второй ступени акваланга приводит к увеличению сопротивления на вдохе и выдохе, повышению мощности работы дыхательной мускулатуры. Большинство здоровых людей обладают значительными резервами системы дыхания и редко замечают изменения ее функции до достижения глубины 30 метров или увеличения давления до 4 атмосфер. Теоретически можно предположить, что данные факторы могут провоцировать бронхоспазм у людей больных бронхиальной астмой. Это, в свою очередь, повышает риск развития баротравмы легких [8]. Однако проведенные исследования показали, что при удовлетворительном состоянии здоровья люди, страдающие бронхиальной астмой, могут быть сертифицированы для подводного плавания с аквалангом [9]. Поэтому представляется актуальным исследование функции внешнего дыхания у юных дайверов.

Цель исследования

Целью исследования явилось изучение показателей системы внешнего дыхания у детей при однократном подводном погружении с аквалангом в условиях плавательного бассейна.

Материал и методы исследования

В исследовании приняли участие 28 здоровых мальчиков в возрасте 12–13 лет (средние значения роста $153,5 \pm 2,5$ см; массы тела $43,4 \pm 1,4$ кг; индекса массы тела $17,7 \pm 0,5 \text{ кг/м}^2$),

допущенных к занятиям дайвингом по состоянию здоровья. Критерии включения испытуемых в исследование: отсутствие психических, соматических и инфекционных заболеваний; соответствие показателей биоэлектрической активности, гемодинамики головного мозга, физического и нервно-психического развития возрастной физиологической норме; предоставление справки от врача о возможности заниматься дайвингом; отсутствие жалоб на состояние здоровья в период, непосредственно предшествующий занятиям дайвингу; наличие письменного согласия родителей на участие детей в исследовании.

Исследования проводились в крытом плавательном бассейне «Альбатрос» Сибирского государственного университета физической культуры и спорта города Омска. Погружение осуществлялось в сопровождении инструктора. Курс обучения состоял из 10 занятий (подводных погружений с аквалангом). Занятия и обследование проводились по разработанной нами методике [2], длительность каждого занятия составляла $30,0 \pm 5,0$ минут. Подводное плавание с аквалангом осуществлялось на глубине 4,5 м, при температуре воды 27 °С. В баллонах находился чистый сжатый воздух под давлением 150 атм.

Спирографию у детей проводили в лабораторных условиях непосредственно до и повторно, через 10 мин после дайвинга, при помощи портативного программно-аппаратного комплекса «Спиро-Спектр», (Нейрософт, Россия) по общепринятой методике в стандартных условиях (при температуре 22–24 °С, в тихой комнате в спокойной обстановке). Во время исследования ребенок находился в удобном кресле в расслабленном состоянии. Исследованы динамические легочные объемы: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1), частота дыхания и расчетные показатели.

Первичная статистическая обработка экспериментальных данных включала в себя сравнение групп по показателям и проводилась методами непараметрической статистики с использованием критерия Вилкоксона. Перед проведением анализа осуществлялось формирование базы данных исходных показателей, проверка выборок на однородность и наличие нормального распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка [3]. При всех подсчетах минимально достоверными считали различия при $P < 0,05$. Расчет статистических показателей производился с помощью программы «Statistica – 10.0 for Windows».

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования показали, что у детей в покое до плавания с аквалангом частота дыхания составляла в среднем $15,4 \pm 2,7$ в 1 мин. Известно, что жизненная емкость легких отражает состояние дыхательной мускулатуры, бронхиальных путей и дают возможность оценить функциональные возможности системы внешнего дыхания. Установлено, что жизненная емкость легких у юных дайверов в покое до подводного

погружения составляла в среднем 2700 ± 400 мл. Необходимо отметить, что указанные показатели внешнего дыхания детей соответствовали их возрастной физиологической норме.

Известно, что подводное плавание с аквалангом в связи с возникающим при этом повышением давления воды на организм вызывает изменение в функционировании системы дыхания. Дальнейшие исследования показали, что после подводного погружения данные показатели у юных дайверов достоверно не изменились. Частота дыхания в среднем составляла $14,7 \pm 3,5$ в 1 мин, а жизненная емкость легких – 2600 ± 500 мл. Установлено, что в покое на глубине 4,5 м дыхание у детей урежалось до $9,7 \pm 2,4$ в мин (табл. 1).

Таблица 1

Фоновые значения частоты дыхания, жизненной емкости легких у юных дайверов, занимающихся подводным плаванием с аквалангом ($n=28$, $M \pm m$)

Показатели	До дайвинга	Во время дайвинга	После дайвинга
Частота дыхания, дых/мин	$15,4 \pm 2,7$	$9,7 \pm 2,4$	$14,7 \pm 3,5^*$
Жизненная емкость легких, л	2700 ± 400	–	2600 ± 500

* $P < 0,05$ по сравнению с до погружения.

Вместе с тем, анализируя параметры функции внешнего дыхания после дайвинга, можно отметить, что у детей в условиях относительного покоя ряд спирометрических переменных изменялся. Так, отмечалось достоверное ($p < 0,05$) снижение показателя механических свойств аппарата вентиляции (ОФВ1), отражающего бронхиальную проводимость, в среднем на 5 %. Установлено также достоверное ($P < 0,05$) снижение после дайвинга динамических параметров выдоха MEF 75 %, MEF 50 % и MEF 25 % в среднем на 7 % (табл. 2). В этом случае можно предположить, что дайвинг вызывает снижение суммарной проходимости воздухоносных путей, эластических свойств легких и грудной клетки. Из данных литературы [1] известно, что уменьшение указанных трех показателей в отдельности или в совокупности обусловлено сужением просвета бронхов на уровне мелких, средних и крупных бронхов. При этом необходимо отметить, что у всех детей клинически значимых явлений обструкции дыхательных путей не наблюдалось.

Таблица 2

Фоновые значения системы внешнего дыхания у юных дайверов, занимающихся подводным плаванием с аквалангом ($n=28$, $M \pm SD$)

Параметр	До дайвинга	После дайвинга
Максимальная объемная скорость в момент выдоха	80 ± 15	$74 \pm 11^*$

75 % ФЖЕЛ, оставшейся в легких (%)		
Максимальная объемная скорость в момент выдоха 50 % ФЖЕЛ, оставшейся в легких (%)	85±16	77±19*
Максимальная объемная скорость в момент выдоха 25 % ФЖЕЛ, оставшейся в легких (%)	87±20	82±15*

* P < 0,05 по сравнению с до погружения.

Сравнительный анализ результатов исследования функции внешнего дыхания у взрослых дайверов показал, что сразу после погружения на небольшие глубины у водолазов не отмечается существенных изменений функции легких [10]. Этот факт можно объяснить функциональной зрелостью органов дыхания у людей зрелого возраста и высокими адаптационными резервами системы внешнего дыхания.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что после однократного подводного погружения с аквалангом на глубину до 5 метров у детей отмечается умеренное сужение дыхательных путей, что согласуется с данными иностранных авторов [11]. Учитывая анатомо-физиологические особенности органов дыхания у детей, более узкий просвет дыхательных путей, а также дыхание под водой сухой, плотной и охлажденной воздушной смесью, можно предположить, что дайвинг способствует сужению бронхов у юных дайверов, а при неблагоприятных условиях может привести к бронхиальной обструкции. Поэтому необходимо строго руководствоваться рекомендациями CMAS о максимально допустимой глубине погружения под воду с аквалангом для детей: 8–9 лет – 3 м, 10–11 лет – 5 м, 12–14 лет – 10 м.

Выводы

Таким образом, результаты исследования позволяют сделать заключение, что после однократного подводного погружения с аквалангом у детей отмечается умеренное сужение просвета мелких бронхов. Можно рекомендовать всем детям перед началом занятий дайвингом пройти обследование у врача-специалиста по гипербарической медицине и провести исследование функции внешнего дыхания.

Дальнейшие исследования в этом направлении необходимы для оценки рисков развития бронхоспазма у юных дайверов с наличием диагноза бронхиальная астма. Решить эту проблему позволят данные, полученные после погружений детей под воду на большую глубину в условиях открытой воды.

Данное исследование предоставляет доказательства того, что подводное плавание с аквалангом может быть успешно и безопасно проводиться детьми 12-летнего возраста при условии, что дайвинг осуществляется в жестко контролируемой среде. В то же время при наличии у детей бронхиальной астмы даже без клинических симптомов, по нашему мнению, является противопоказанием для погружения под воду с аквалангом на глубину более 5 метров. Учет полученных данных обеспечит профилактику возможных осложнений и развития заболеваний при дайвинге, сделает плавание с аквалангом безопасным.

Список литературы

1. Анохин М.И. Спирография у детей. – М.: Медицина, 2003. – 120 с.
2. Аикин В.А., Елохова Ю.А., Поддубный С.К., Голубкова С.И. Изменение биоэлектрической активности головного мозга в тета- и дельта-диапазонах у юных дайверов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9563> (дата обращения: 14.12.2013).
3. Гольдяпин В.В., Шовин В.А. Косоугольная факторная модель артериальной гипертензии первой стадии // Вестник Омского университета. – 2010. – № 4. – С. 120–128.
4. Мизерницкий Ю.Л., Цыпленкова С.Э. Бронхиальная гиперреактивность. Функциональные состояния и заболевания в педиатрии / под ред. А.Д. Царегородцева, В.В. Длина. – М.: Оверлей, 2011. – С. 332–353.
5. 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: 15.12.2013).
6. Следков А.Ю., Довгуша В.В. Особенности функционирования организма человека в гипербарической среде. – СПб., 2003. – 152 с.
7. Chenot J.-F., Simmenroth-Nayda A. Die Tauchtauglichkeitsuntersuchung für Sporttaucher // Zeitschrift für Allgemeinmedizin. – 2007. – № 10. – P. 417–426.
8. Ivkovic D., Markovic M., Todorovic B.S. et al. Effect of a single pool dive on pulmonary function in asthmatic and non-asthmatic divers // Diving and Hyperbaric Medicine. – 2012. – Vol. 42. – № 2. – P. 72–77.
9. Neuman T.S., Bove A.A., O'Connor R.D., Kelsen S.G. Asthma and diving // Ann. Allergy. – 1994. – Vol. 73. – P. 344–350.
10. Neubauer B., Mutzbauer T.S., Struck N. et al. Mechanical impedance of the respiratory tract in divers before and after // Eur. J. Appl. Physiol. – 2005. – Vol. 95. – P. 454–463.

11. Wollin P., Christmann M., Kroker A., Zielen S. Lung function testing in children before and after an age-adapted SCUBA dive in a swimming pool // *Pneumologie*. – 2011. – № 5. – P. 308–313.
12. Smerz R. Epidemiology and treatment of decompression illness in children and adolescents in Hawaii, 1983-2003 // *SPUMS J.* – 2005. – № 35. – P. 5–10.

Рецензенты:

Чернышев А.К., д.м.н., профессор кафедры «Детской хирургии», государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омская государственная медицинская академия», Министерство здравоохранения Российской Федерации, г. Омск;

Бочарников Е.С., д.м.н., профессор, кафедры «Детской хирургии», государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 644043, г. Омск.