

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ЗАДЕРЖКЕ ДЫХАНИЯ**

Ю.Е. ВАГИН\*, С.В. ЧЕРНЫШОВ\*\*, А.А. КУЛИН\*\*, И.Е. ЗЕЛЕНКОВА\*\*\*, А.А. НАФЕЕВА\*\*\*,  
М.Н. КИСЕЛКИНА\*

\*ГБОУ ВПО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава РФ, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва, 119991, e-mail: YuVaguine@yandex.ru

\*\*ГБОУ ВПО Московский технический университет связи и информатики Минобрнауки РФ, ул. Авиамоторная, д. 8А, Москва, Россия, 111024

\*\*\*ФГБУ НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН, ул. Балтийская, д. 8, г. Москва, Россия, 125315

**Аннотация.** Исследовали частоту сердечных сокращений и насыщение артериальной крови кислородом ( $SpO_2$ ) у фридайверов, баскетболистов и физкультурников при максимальной задержке дыхания в покое, при увеличивающемся напряжении во время работы на велоэргометре и при прерывных задержках дыхания в ходе работы на велоэргометре с постоянной нагрузкой.

Фридайверы задерживали дыхание на большее время, чем баскетболисты и физкультурники. Физическая выносливость фридайверов была выше, чем баскетболистов и физкультурников, при прерывных задержках дыхания на фоне работы на велоэргометре.

Задержка дыхания в покое сопровождалась уменьшением частоты сердечных сокращений и  $SpO_2$  у фридайверов и баскетболистов. Частота сердечных сокращений обследуемых увеличивалась при физической работе на велоэргометре без задержек дыхания. Наибольшее увеличение частоты сердечных сокращений было у баскетболистов. При этом  $SpO_2$  имело тенденцию к снижению.

$SpO_2$  фридайверов и баскетболистов снижалось при прерывных задержках дыхания на фоне работы на велоэргометре.  $SpO_2$  физкультурников не изменялось. При этом частота сердечных сокращений у фридайверов понижалась, а частота сердечных сокращений баскетболистов и физкультурников имела тенденция к увеличению.

Следовательно, фридайверы имели высокую работоспособность и повышенную устойчивость к гипоксии. Баскетболисты имели высокую работоспособность и низкую устойчивость к гипоксии. Физкультурники имели низкую работоспособность и не обладали устойчивостью к гипоксии.

**Ключевые слова:** фридайвер, задержка дыхания, гипоксия, частота сердечных сокращений, насыщение артериальной крови кислородом.

**FUNCTIONAL SUPPORT OF THE ATHLETES' PHYSICAL STRESS AT BREATH HOLDING**

Yu.Ye. VAGUINE\*, S.V. CHERNYSHOV\*\*, A.A. KULIN\*\*, I.E. ZELENKOVA\*\*\*, A.A. NAFEEVA\*\*\*,  
M.N. KISELKINA\*

\*I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,  
Trubetskaya street, d. 8, p. 2, Moscow, 119991, e-mail: YuVaguine@yandex.ru

\*\*Moscow Communication and Informatics University,  
street Aviamost Thorn, d. 8A, Moscow, Russia, 111024

\*\*\*P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology, Baltic street, d. 8, Moscow, Russia, 125315

**Abstract.** The heart beat rate and arterial oxygen saturation ( $SpO_2$ ) in the free-divers, basketball players and athletes were investigated at the maximum time of breath holding in a situation of the rest, under increasing stress during work on a cycle ergometer and at the interrupted breath holdings in the course of work on the cycle ergometer with a constant load.

The free divers hold their breath for a longer time than the basketball players and athletes. The free divers physical endurance was higher than endurance of the basketball players and athletes at the interrupted breath-holdings in the course of work on the cycle ergometer.

The breath holding at rest was accompanied by a decrease in the heart beat rate and  $SpO_2$  in the free-divers and basketball players. The examinees heart beat rate increased at the physical work on a cycle ergometer without breath-holdings. The heart beat rate greatest increase was in the basketball players. The  $SpO_2$  had a tendency to reduce.

The  $SpO_2$  in the free-divers and basketball players declined at the interrupted breath-holdings in the course of work on the cycle ergometer. The athletes  $SpO_2$  did not alter. While the free-divers heart beat rate decreased, and the basketball and athletes heart beat rate had a tendency to increase.

Consequently the free divers had high capacity for work and high resistance to hypoxia. The basketball players have high capacity for work and low resistance to hypoxia. The athletes have low efficiency and lacked resistance to hypoxia.

**Key words:** free diver, breath holding, hypoxia, heart beat rate, arterial oxygen saturation.

Фридайвинг – новый, динамически развивающийся вид спорта. Он привлекает к себе не только первоклассных спортсменов, но и начинающих ныряльщиков, которые видят в нем способ укрепления здоровья и устранения последствий эмоционального стресса.

Плавание спортсмена на глубину или длину происходит при задержке дыхания. Задержка дыхания приводит к быстрым и выраженным изменениям различных физиологических показателей организма. В первую очередь развивается выраженная гипоксия и гиперкапния [4]. При максимальной произвольной задержке дыхания происходят рефлекторные приспособительные сердечнососудистые реакции, называемые «рефлексом ныряльщика» (diving-reflex) [6]. При этом регистрируют брадикардию [2], снижение сердечного выброса [1], периферическую вазоконстрикцию [3], увеличение кровяного давления [5], централизацию кровообращения [4, 6]. Зарегистрированные изменения функций организма направлены на более экономный расход кислорода в условиях гипоксии.

Однако ответные изменения на длительную задержку дыхания в покое и во время физической нагрузки у спортсменов-ныряльщиков изучены недостаточно в сравнении со спортсменами специализирующихся на других видах спорта. Поэтому целью исследования было изучение реакции дыхательной и сердечнососудистой системы на максимальную задержку дыхания в покое и прерывные задержки дыхания при физической нагрузке у спортсменов-ныряльщиков (фридайверов) по сравнению со спортсменами других видов спорта.

**Материалы и методы исследования.** Было обследовано 12 спортсменов-ныряльщиков, 15 баскетболистов и 14 физкультурников в возрасте от 18 до 30 лет. Уровень подготовки спортсменов-ныряльщиков был от кандидата в мастера спорта до мастера спорта международной категории. Уровень подготовки баскетболистов был от первого взрослого разряда до кандидата в мастера спорта. Физкультурники были студентами, которые регулярно участвовали в занятиях по общей физической подготовке. Все обследуемые были практически здоровы и не имели врачебных предписаний к ограничениям физических нагрузок и задержкам дыхания.

Исследование состояло из трех этапов. На первом этапе обследуемые спортсмены задерживали дыхание на максимальную длительность. Задержку дыхания проводили при физическом покое обследуемых, в положении сидя на велоэргометре. Длительность задержки дыхания характеризовала устойчивость обследуемых к гипоксии.

После 10-15-ти минутного перерыва начинали второй этап исследования. Обследуемые вращали педали велоэргометра со скоростью 70-75 км/час до момента отказа выполнения работы. Исходное сопротивление вращению педалей зависело от веса испытуемого, и было равно 2 Вт/кг. Сопротивление вращению педалей увеличивали на 30 Вт/кг через каждые 30 с. Ритм дыхания обследуемых был произвольным. С помощью регистратора количества вращений педалей определяли длительность прохождения каждым обследуемым дистанции в метрах. Величина длительности дистанции характеризовала работоспособность обследуемого, степень его физической подготовки.

После 15-20-ти минутного перерыва проводили третий этап исследования. Обследуемые вращали педали велоэргометра со скоростью 70-75 км/час до момента отказа выполнения работы. Сопротивление вращению педалей было 1 Вт/кг, то есть в два раза меньше чем исходное сопротивление на втором этапе исследования. Сопротивление вращению педалей не изменяли в течение всего третьего этапа исследования. На фоне работы на велоэргометре обследуемые делали прерывные задержки дыхания. Между задержками дыхания обследуемые делали 3-5 вдохов в течение 3-5-ти с. Длительность последовательных задержек дыхания увеличивалась. Первая задержка дыхания была в течение 20 с, вторая – 30 с, последующие – 35 с, 40 с, 45 с, 50 с, 55 с и 60 с.

В ходе всех этапов исследования у обследуемых регистрировали с помощью фотоплетизмографии частоту сердечных сокращений (ЧСС) и насыщение артериальной крови кислородом ( $SpO_2$ ). Фотоплетизмограф фиксировали на среднем пальце левой руки испытуемых.

**Результаты и их обсуждение.** Продолжительность задержки дыхания в покое у спортсменов-ныряльщиков была в диапазоне от 1 мин 5 с до 5 мин 15 с, у баскетболистов – от 57 с до 2 мин 3 с, у физкультурников – от 53 с до 1 мин 47 с. Значения средних арифметических величин и среднего квадратичного отклонения времени задержки дыхания были: у спортсменов-ныряльщиков – 2 мин 34 с  $\pm$  21 с, у баскетболистов – 1 мин 14 с  $\pm$  5 с, у физкультурников – 1 мин 25 с  $\pm$  4 с.

Длительность пройденной дистанции при работе на велоэргометре без задержек дыхания у спортсменов-ныряльщиков была от 190 до 400 м, у баскетболистов от 120 до 480 м, у физкультурников – от 80 до 380 м. Средние значения длительности дистанции были: у спортсменов-ныряльщиков – 303 $\pm$ 20 м, у баскетболистов 270 $\pm$ 31 м, у физкультурников 165 $\pm$ 22 м.

Продолжительность работы на велоэргометре при прерывных задержках дыхания у спортсменов-ныряльщиков была в диапазоне от 1 мин 10 с до 5 мин 35 с, у баскетболистов – от 50 с до 2 мин 40 с, у физ-

культурников – от 20 с до 1 мин 30 с. Средние значения продолжительности работы были: у спортсменов-ныряльщиков – 2 мин 51 с±26 с, у баскетболистов – 1 мин 28 с±9 с, у физкультурников – 54 с±6 с.

Длительность прохождения дистанции при работе на велоэргометре в условиях прерывных задержек дыхания у спортсменов-ныряльщиков была от 210 до 650 м, у баскетболистов от 130 до 560 м, у физкультурников – от 70 до 340 м. Средние значения длительности дистанции были: у спортсменов-ныряльщиков – 406±41 м, у баскетболистов 264±17 м, у физкультурников 184±21 м.

На всех трех этапах исследования были зафиксированы изменения ЧСС и  $SpO_2$ . При задержке дыхания в условиях физического покоя ЧСС и  $SpO_2$  обследуемых понижались. Статистическая значимость отличия между ЧСС в покое и ЧСС при максимальной задержке дыхания у спортсменов-ныряльщиков  $p=0.0011$ . Уменьшение ЧСС при задержке дыхания у баскетболистов и физкультурников имело тенденцию отличия от ЧСС в покое (рис. 1).

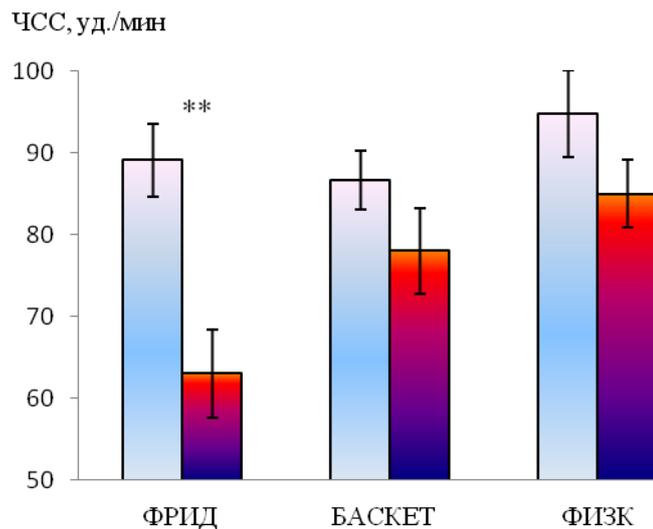


Рис. 1. Изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) после максимальной задержки дыхания у фридайверов (ФРИД), баскетболистов (БАСКЕТ) и физкультурников (ФИЗК).

Светлые столбики – в покое, темные столбики – после задержки дыхания.

\*\* – статистически значимое отличие ЧСС в покое и при задержке дыхания при  $p<0,005$ .

При работе обследуемых на велоэргометре без задержек дыхания ЧСС имела тенденцию к увеличению при тенденции уменьшения  $SpO_2$ . Наибольшее увеличение ЧСС было у баскетболистов. Отмечалась тенденция отличия ЧСС у баскетболистов и спортсменов-ныряльщиков (рис. 2).

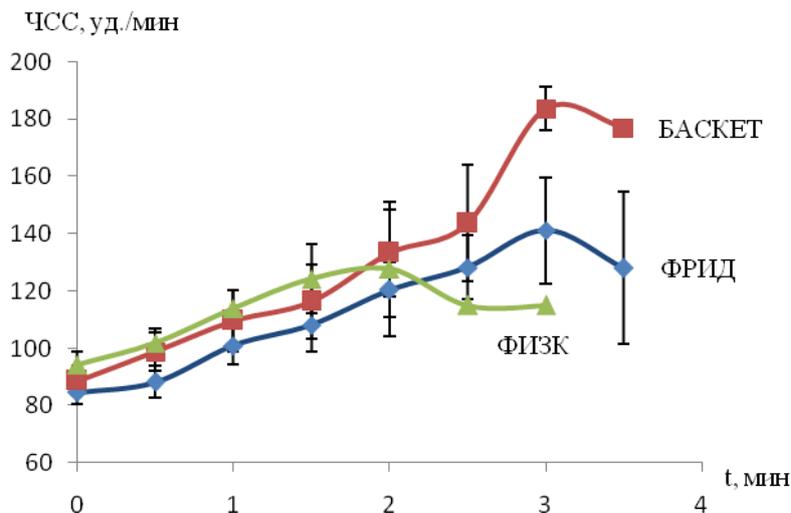


Рис. 2. Изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) при увеличивающейся до отказа работе на велоэргометре у фридайверов (ФРИД), баскетболистов (БАСКЕТ) и физкультурников (ФИЗК). t – время.

При работе на велоэргометре в условиях прерывных задержек дыхания у спортсменов-ныряльщиков и баскетболистов  $SpO_2$  понижалось. ЧСС у спортсменов-ныряльщиков понижалась, а у баскетболистов и физкультурников увеличивалась. При второй, третьей и четвертой задержках дыхания статистическая значимость отличия ЧСС у спортсменов-ныряльщиков и баскетболистов  $p = 0,03, 0,0055$  и  $0,0201$ , соответственно. При второй и третьей задержках дыхания статистическая значимость отличия ЧСС у спортсменов-ныряльщиков и физкультурников  $p = 0,0144$  и  $0,023$  (рис. 3).

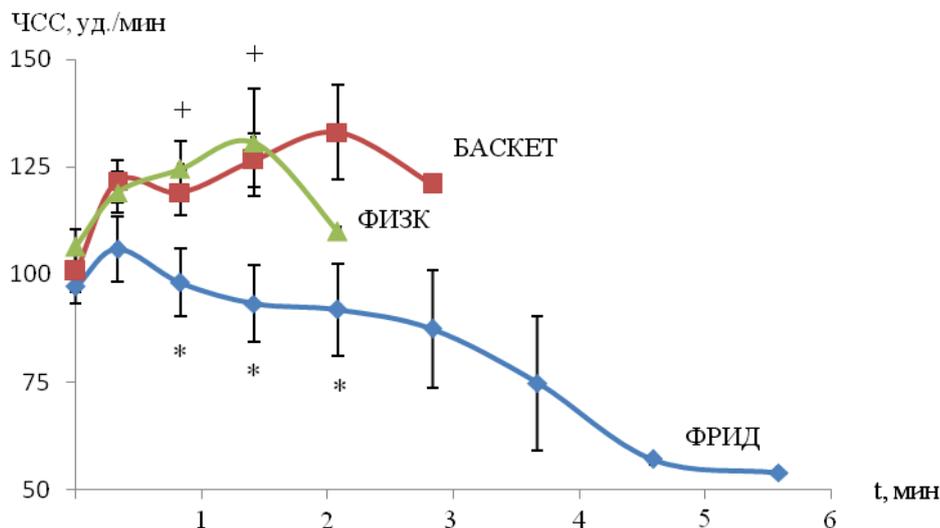


Рис. 3. Изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) при увеличивающихся прерывных задержках дыхания на фоне постоянной работы на велоэргометре до отказа у фридайверов (ФРИД), баскетболистов (БАСКЕТ) и физкультурников (ФИЗК).  $t$  – время. \* – статистически значимое отличие ЧСС у фридайверов и баскетболистов при  $p < 0,05$ . + – статистически значимое отличие ЧСС у фридайверов и физкультурников при  $p < 0,05$

**Заключение.** Было установлено, что спортсмены-ныряльщики задерживали дыхание на большее время, чем баскетболисты и физкультурники. Это свидетельствовало об их большей устойчивости к гипоксии. Несмотря на то, что некоторые баскетболисты обладали большей физической выносливостью при работе на велоэргометре, средние значения выносливости были больше у спортсменов-ныряльщиков. При прерывных задержках дыхания на фоне работы на велоэргометре спортсмены-ныряльщики имели самую высокую физическую выносливость.

Задержка дыхания в покое сопровождалась уменьшением ЧСС и  $SpO_2$  у спортсменов-ныряльщиков и баскетболистов. У физкультурников таких изменений не наблюдали. При физической работе на велоэргометре без задержек дыхания ЧСС увеличивалась. Наибольшее увеличение ЧСС было у баскетболистов. При этом  $SpO_2$  имело тенденцию к снижению. При прерывных задержках дыхания на фоне работы на велоэргометре  $SpO_2$  снижалось у спортсменов-ныряльщиков и еще больше у баскетболистов. У физкультурников  $SpO_2$  не изменялось. При этом ЧСС у спортсменов-ныряльщиков понижалась, а у баскетболистов и физкультурников имела тенденция к увеличению ЧСС.

Таким образом, уменьшение частоты сердечных сокращений при увеличении потребления кислорода работающими у спортсменов-ныряльщиков мышцами указывает на особенность регуляции их сердечно-сосудистой и дыхательной систем, направленную на экономное потребление кислорода. Баскетболисты имели более низкую устойчивость к гипоксии при высокой физической работоспособности. Физкультурники не обладали устойчивостью к гипоксии, и их нервно-мышечная система имела высокую утомляемость.

#### Литература

1. Аруцев А.А. Исследование деятельности сердца с помощью непрерывной регистрации частоты сердечбиений при плавании и нырянии // Теория и практика физ. культуры. 1962. № 10. С. 36–41.
2. Воякин В.Ф. К механизму брадикардии при нырянии. Матер. итог. научн. конф. ф-та за 1970 г. Л.: ВДКФФКиС при ГДОИФК им. П.Ф.Лесгафта, 1971. С. 160–163.
3. Потапов Ф.В. Динамика частоты сердечных сокращений в процессе ныряния на дистанцию 50 м // Кардиология. 1994. № 7. С. 75–76.
4. Elsner R. Arterial blood gas changes and the diving response in man // Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 1971.– N 49. P. 435–444.
5. Ferretti G. Extreme human breath-hold diving // Eur. J. Appl. Physiol. 2001. N 84. P. 254–271.

6. Wolf S. Further studies on the circulatory and metabolic alterations of the oxygen-conserving (diving) reflex in man // Trans. Assoc. Am. Physicians. 1965. N 78. P. 242–254.

#### References

1. Arutsev AA. Issledovanie deyatel'nosti serdtsa s pomoshch'yu nepreryvnoy registratsii chastoty serdtsebiteniy pri plavanii i nyryanii. Teoriya i praktika fiz. kul'tury. 1962;10:36-41. Russian.
2. Voyakin VF. K mekhanizmu bradikardii pri nyryanii. Mater. itog. nauchn. konf. f-ta za 1970 g. L.: VDKFFKiS pri GDOIFK im. P.F.Lesgafta; 1971. Russian.
3. Potapov FV. Dinamika chastoty serdechnykh sokrashcheniy v protsesse nyryaniya na distantsiyu 50 m. Kardiologiya. 1994;7:75-6. Russian.
4. Elsner R. Arterial blood gas changes and the diving response in man. Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 1971;49:435-44.
5. Ferretti G. Extreme human breath-hold diving. Eur. J. Appl. Physiol. 2001;84:254-71.
6. Wolf S. Further studies on the circulatory and metabolic alterations of the oxygen-conserving (diving) reflex in man. Trans. Assoc. Am. Physicians. 1965;78:242-54.