

Функциональные особенности кардио-респираторной системы пловцов с нарушением зрения и поражением опорно-двигательного аппарата

И.Е. Попова, Т.П. Бегидова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный институт физической культуры» (Россия)

Вопросы функционального состояния организма лиц с ограниченными возможностями здоровья, занимающихся спортом, до сих пор недостаточно изучены.

Цель статьи – выявление влияния занятий плаванием на кардио-респираторную систему лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата и зрения.

Материал и методы. При проведении исследования изучались параметры дыхания и кровообращения спортсменов с нарушением зрения и поражением опорно-двигательного аппарата, занимающихся плаванием в Воронежской областной специализированной детско-юношеской спортивной школе олимпийского резерва инвалидов.

Результаты и их обсуждение. Рассматривается применение методов исследования функционального состояния организма пловцов с инвалидностью при проведении врачебно-педагогического контроля в процессе тренировочных занятий. Учитывая полученные результаты, тренеры, совместно с научными работниками, планируют нагрузку в тренировочном процессе, что способствует росту спортивных достижений и, в конечном итоге, комплексной реабилитации пловцов.

Заключение. Занятия плаванием спортсменов с нарушением зрения и поражением опорно-двигательного аппарата способствуют развитию и функциональному совершенствованию кардио-респираторной системы, активизируя обмен веществ в организме, что влияет на процесс их реабилитации.

Ключевые слова: адаптивный спорт, комплексная реабилитация, функциональное состояние организма, ограниченные возможности здоровья.

Functional Features of Cardio Respiratory System of Swimmers with Visual Impairment and Failures of the Muscular Skeletal System

I.E. Popova, T.P. Begidova

Voronezh State Institute of Physical Culture (Russia)

Issues of functional body status of disabled people involved in sports, are still not sufficiently studied.

The purpose of the article is the identification of the influence of swimming on the cardio-respiratory system of individuals with the violation of the muscular skeletal system and eyesight.

Material and methods. The study examined the parameters of respiration and blood circulation of athletes with visual impairment and failure of the muscular skeletal system, who go swimming in the Voronezh Regional Specialized Youth Sports School of the Olympic Reserve of the disabled people.

Findings and their discussion. The article considers the use of methods of investigation of the functional state of the disabled swimmers during the medical-pedagogical control at training sessions. Being given these results, the coaches, together with the scientists, plan the training process load, that promotes sporting achievements and, ultimately, complex rehabilitation of the athletes.

Conclusion. Swimming helps athletes with visual impairment and failure of the muscular skeletal system to develop and functionally improve their cardio-respiratory system, activating the body metabolism, which affects the process of their rehabilitation.

Key words: adaptive sports, complex rehabilitation, the functional state of the organism, disabilities.

Изыскание проводится в соответствии с госзадаанием Министерства спорта Российской Федерации на 2015–2017 гг. на выполнение научно-исследовательской работы «Совершенствование системы управления и механизмов правового регулирования в адаптивной физической культуре

и спорте для создания условий комплексной реабилитации и социальной интеграции инвалидов, лиц с отклонениями в состоянии здоровья средствами спортивной подготовки».

Поиск путей повышения качества жизни лиц с ограниченными возможностями здоровья явля-

ется актуальным. Для решения данной задачи необходимы комплексные научные исследования в области медицины, педагогики, физической культуры и спорта [1].

Среди функциональных нарушений значительное место занимают патологии опорно-двигательного аппарата и зрения, которые приводят к ряду отклонений: в вестибулярном аппарате, дискоординации движений. Ограничение двигательной активности негативно отражается на функционировании систем жизнеобеспечения организма, в частности, на кардио-респираторной. Ухудшается кровообращение организма, что ведет к развитию вторичных патологий [2].

Обнаружена эффективность занятий плаванием в реабилитации лиц с отклонениями в состоянии здоровья [3]. Водная среда, обеспечивая через тактильные, температурные, мышечные и другие рецепторы мощное стимулирующее воздействие, оказывает положительное влияние на процесс физической реабилитации [4].

Известно, что функциональное состояние спортсмена и его резервные возможности адекватно отражает кардио-респираторная система [5–6]. По этой причине целью статьи явилось изучение влияния плавания на кардио-респираторную систему лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата и зрения.

Материал и методы. Объект исследования – пловцы в возрасте от 13 до 21 года, которые по характеру функциональных нарушений были разделены на две группы. Первую составили испытуемые, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, вторую – зрительного анализатора.

Функцию внешнего дыхания оценивали при помощи спирометра нового поколения – Spirolab III Оху. Анализ полученных результатов проводили по следующим параметрам: форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ, л); жизненной емкости легких (ЖЕЛ, л); дыхательному объему (ДО, л); частоте дыхания (ЧД, вдохов/мин); объему форсированного выдоха 25% и 75% ФЖЕЛ (ОФВ 25/75, л/с); объему форсированного выдоха 25% ФЖЕЛ (ОФВ 25, л/с); объему форсированного выдоха 50% ФЖЕЛ (ОФВ 50, л/с); объему форсированного выдоха 75% ФЖЕЛ (ОФВ 75, л/с); максимальной вентиляции легких (МВЛ, л/мин).

Интенсивность центрального и периферического кровообращения изучали методом реографии при помощи аппаратно-программного комплекса экспресс-оценки и мониторингирования параметров гемодинамики на основе тетраполяри-

ной реографии и на базе персонального компьютера с соответствующим программным обеспечением (реоанализатор КМ-АР-01, Санкт-Петербург, Россия).

Оценку периферического кровообращения осуществляли при помощи методики реовазографии. Региональное кровообращение определяли по следующим параметрам: амплитуде реограммы (АРГ, ом); средней скорости наполнения артериальных сосудов ($V_{ср.}$, Ом/с); количеству крови, поступающей в 100 см³ ткани за 1 минуту (V_{q100} , мл/мин); количеству крови, поступающей в 100 см³ ткани за 1 сердечное сокращение (V_{s100} , мл/мин); реографическому систолическому индексу (РИ, у.е.); максимальной скорости быстрого наполнения (V_m , Ом/с); диастолическому индексу – артериальному (ДКИа, %); коэффициенту венозного оттока (КВО, %); коэффициенту эластичности (КЭ, у.е.).

Центральную гемодинамику оценивали при помощи методики интегральной реографии тела. Анализ полученных данных осуществляли при помощи показателей: минутного объема крови (МОК, л/мин), сердечного индекса (СИ, м²(л×мин⁻¹×м⁻²), ударного объема крови (УОК, мл) и ударного индекса (УИ, мл×м⁻²).

Полученные материалы обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики с оценкой достоверности различных эмпирических выводов по *t*-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Исследование функционального состояния пловцов осуществлялось дважды – в 2012 г. и 2014 г. на базе научно-исследовательской лаборатории ВГИФК.

Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы изучали центральную гемодинамику пловцов с нарушением ОДА и зрения. Установлено повышение величин УОК и МОК испытуемых в процессе занятий плаванием (табл. 1), что обусловлено увеличением конечно-диастолического объема полости сердца и массы миокарда левого желудочка, в результате чего увеличивается сердечный выброс.

Зарегистрировано небольшое снижение ЧСС в динамике занятий плаванием, что обусловлено экономичностью работы сердца, так как его энергетические запросы, кровоснабжение и потребление кислорода увеличиваются тем больше, чем выше ЧСС.

Установленное повышение значений минутного объема кровотока связано, в первую очередь, с существенным приростом ударного объема крови, так как ЧСС уменьшается (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели центральной гемодинамики подростков, имеющих нарушения зрения и ДЦП,
в динамике занятий плаванием**

Параметры	Нарушения зрения		Поражение ОДА	
	Начало эксперимента	Конец эксперимента	Начало эксперимента	Конец эксперимента
ЧСС, уд/мин	83±3,26	60,16±5,71	87±5,7	65±2,9
УОК, мл	65±7,21	80±5,36	59±5,7	82±3,9
УИ, мл×м ⁻²	31±5,21	43,83±2,27	29±1,7	45±7,1
МОК, л/мин	4,07±0,78	6,1±0,83	3,5±0,9	5,9±1,2
СИ, м ² (л×мин ⁻¹ ×м ²)	2,5±0,74	3,55±0,44	2,3±0,3	3,1±0,2

Таблица 2

**Параметры реовазографии верхних конечностей лиц, имеющих нарушения зрения (1)
и ОДА (2), в динамике занятий плаванием**

Показатели	Начало эксперимента				Конец эксперимента			
	Предплечье левое		Предплечье правое		Предплечье левое		Предплечье правое	
	1	2	1	2	1	2	1	2
АРГ, Ом	0,07±0,03	0,05±0,01	0,06±0,02	0,03±0,02	0,14±0,03	0,13±0,01	0,14±0,03	0,12±0,01
V _{ср} , Ом/с	0,23±0,06	0,25±0,05	0,23±0,06	0,21±0,04	1,21±0,40	1,20±0,20	1,27±0,29	1,19±0,17
V _м , Ом/с	0,12±0,03	0,09±0,05	0,12±0,03	0,08±0,02	0,64±0,42	0,57±0,31	0,61±0,18	0,55±0,08
V _{q100} , мл/мин	7,43±2,94	8,13±1,71	6,76±2,26	6,13±2,91	12,99±2,66	9,99±2,17	11,84±1,50	9,99±1,30
V _{s100} , мл/мин	0,09±0,04	0,08±0,03	0,12±0,03	0,07±0,05	0,21±0,04	0,19±0,02	0,23±0,04	0,20±0,02
РИ, у.е.	0,98±0,21	0,91±0,23	0,87±0,20	0,92±0,13	1,36±0,31	1,29±0,21	1,45±0,30	1,25±0,19
ДКИа, %	40,30±3,9	42,30±1,9	43,90±2,1	41,30±2,9	47,70±3,5	45,70±2,7	42,20±7,4	43,20±7,4
КВО, %	20,00±7,9	25,00±5,9	27,20±5,5	27,00±3,7	7,14±3,5	9,12±1,5	10,50±5,4	9,50±2,4
КЭ, у.е.	2,30±0,6	2,70±0,3	2,30±0,6	2,570±0,5	9,10±4,0	8,32±2,7	8,70±2,9	8,50±1,9

Таблица 3

**Параметры реовазографии нижних конечностей лиц, имеющих нарушения зрения (1)
и ОДА (2), в динамике занятий плаванием**

Показатели	Начало эксперимента				Конец эксперимента			
	Голень левая		Голень правая		Голень левая		Голень правая	
	1	2	1	2	1	2	1	2
АРГ, Ом	0,06±0,02	0,05±0,01	0,05±0,03	0,05±0,01	0,11±0,02	0,09±0,03	0,12±0,04	0,10±0,03
V _{ср} , Ом/с	0,25±0,07	0,19±0,03	0,30±0,14	0,21±0,09	1,52±0,42	1,57±0,19	1,50±0,40	1,53±0,20

Окончание табл. 3

V _m , Ом/с	0,13± 0,03	0,10± 0,01	0,15± 0,06	0,11± 0,02	0,73± 0,19	0,63± 0,19	0,72± 0,20	0,62± 0,50
V _{q100} , мл/мин	8,14± 3,68	7,91± 2,19	9,38± 2,20	8,19± 1,20	16,58± 2,70	15,18± 1,90	16,32± 1,72	14,89± 1,37
V _{s100} , мл/мин	0,14± 0,05	0,12± 0,02	0,11± 0,06	0,13± 0,05	0,30± 0,05	0,27± 0,03	0,29± 0,06	0,25± 0,02
РИ, у.е.	1,10± 0,07	1,00± 0,03	0,98± 0,09	0,97± 0,03	1,50± 0,13	1,50± 0,09	1,48± 0,09	1,47± 0,05
ДКИа, %	48,40± 12,20	41,90± 8,30	43,40± 12,10	42,70± 7,90	47,50± 12,20	45,50± 9,10	48,20± 12,70	47,10± 7,90
КВО, %	23,20± 5,30	25,10± 1,30	26,70± 6,10	23,07± 3,70	9,30± 3,60	11,90± 2,60	11,20± 5,20	13,20± 2,90
КЭ	2,50± 0,70	3,10± 0,50	3,00± 1,40	3,00± 1,40	10,0± 4,30	9,00± 1,90	12,00± 4,00	8,0± 1,97

С целью устранения ошибки во взаимосвязи МОК и УОК с телосложением и ростом человека нами проведен анализ удельных показателей, приведенных к единице поверхности тела – УИ и СИ. В результате исследований установлено, что УИ и СИ пловцов (табл. 1), имеющих нарушения ОДА и зрения, также возрастают в динамике тренировочного процесса. Это указывает на повышение разовой производительности сердца и интенсивности кровоснабжения организма испытуемых.

Полученные нами данные можно объяснить тем, что в результате занятий плаванием увеличиваются масса миокарда и объемы полостей сердца, изменяются соотношения его отделов и положение в грудной клетке, совершенствуется вегетативная регуляция системы кровообращения, идет дальнейшее развитие структур сердца и сосудов. Необходимо также отметить, что у лиц с нарушением ОДА и зрения в динамике тренировок отмечалась тенденция к проявлению черт рационализации ритма и других параметров сердца. В частности, увеличение МОК сопровождалось ростом значений УО при снижении ЧСС. Косвенно это свидетельствует о том, что предлагаемая на занятиях физическая нагрузка была непредельной и имела оздоровительный характер.

Сравнительный анализ основных параметров интенсивности артериального кровотока предплечья и голени испытуемых позволил установить повышение объемного кровенаполнения и более интенсивный артериальный кровоток в сегментах нижних и верхних конечностей в динамике занятий плаванием. На это указывает статистически достоверное различие в величинах АРГ, РИ голени и предплечья (табл. 2–3). Установленный факт может явиться следствием увеличения диаметра, проходимости, тонуса сосудов и повышения сердечного выброса под влия-

нием спортивных нагрузок.

Показано снижение тонуса крупных, средних и мелких артерий голени и предплечья в результате занятий плаванием, на что указывает увеличение значений величин V_{ср}, V_{max} исследуемых сегментов нижних и верхних конечностей (табл. 2–3). Наряду с этим выявлено повышение состояния эластичности артерий в конце эксперимента, о чем свидетельствует увеличение значений параметров КЭ (табл. 2–3). Вероятно, изменение тонуса и повышение эластичности артериальных сосудов способствуют обеспечению лучшего притока крови к мышцам конечностей.

Показано, что периферическое сопротивление сосудов и сосудистый тонус на уровне прекапилляров голени и предплечья в динамике занятий плаванием сходны. Об этом свидетельствует отсутствие статистически значимых отличий в значениях величин ДКИа (табл. 2–3). Известно, что механизмами местной регуляции кровотока обладает система органных микрососудов, обеспечивающая в организме микроциркуляцию крови. Одними из составляющих микроциркуляторного русла являются прекапилляры. Поэтому их сходное периферическое сопротивление и тонус позволяют в равной степени осуществлять трофику мышц, активно участвующих в выполнении физических нагрузок. Сосуды магистрального типа при этом выполняют лишь общую задачу в кровообращении – распределение крови в организме между органами и не обладают способностью регулировать взаимодействие крови и паренхимы органов.

Выявлено различие в организации венозного оттока в нижних и верхних конечностях под влиянием физических нагрузок. На это указывают величины КВО (табл. 2–3).

Таблица 4

**Параметры внешнего дыхания лиц с нарушением зрения (1) и ОДА (2)
в динамике занятий плаванием**

Параметры	Начало эксперимента		Конец эксперимента	
	1	2	1	2
ЖЕЛ, л	3,27±0,61	2,79±0,78	4,74±0,57	4,27±0,37
ФЖЕЛ, л	2,97±0,29	2,51±0,17	3,59±0,86	3,79±0,71
ДО, л	3,33±0,69	3,12±0,27	4,05±0,46	3,99±0,78
ЧД, вдохов/мин	27,40±1,81	25,40±2,97	15,72±2,65	17,72±2,31
МВЛ, л/мин	87,00±28,32	91,01±18,19	187,48±17,50	191,48±13,91
ОФВ _{25/75}	80,12±3,79	75,19±5,98	119,01±5,17	109,19±9,17
ОФВ ₂₅	65,91±6,21	61,19±2,19	81,09±5,21	87,29±7,12
ОФВ ₅₀	79,12±7,27	81,21±5,78	97,12±3,98	99,29±3,98
ОФВ ₇₅	87,17±5,89	81,98±7,12	112,87±7,17	119,21±2,97

Снижение данного параметра свидетельствует об облегчении возвратного кровоснабжения в ответ на зарегистрированное нами увеличение артериального притока и объемного кровенаполнения голени и предплечья под влиянием занятий плаванием.

При исследовании внешнего дыхания установлено увеличение значений ЖЕЛ лиц с нарушением зрения и ОДА в динамике занятий плаванием (табл. 4), что свидетельствует о повышении площади дыхательной поверхности легких, на которой происходит газообмен между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров.

В динамике занятий плаванием повышается значение дыхательного объема. При этом статистически достоверно снижается частота дыхания (табл. 4). Это указывает на развитие адаптационных изменений респираторной системы лиц с нарушением зрения и ОДА к плаванию, которые улучшают резервные возможности кардио-респираторной системы.

Значения параметра МВЛ в конце эксперимента увеличиваются относительно его начала (табл. 4), что способствует повышению дыхательного резерва и улучшению состояния дыхательных мышц.

С целью изучения объемной скорости воздуха при спокойном или форсированном дыхании применяли метод пневмотахометрии. Установлено, что индекс Тиффно в начале эксперимента превышает таковой в конце (табл. 4), что свидетельствует об увеличении просвета проксимальных отделов дыхательных путей в динамике занятий плаванием.

Анализ объемно-скоростных показателей, описывающих петлю «поток-объем», позволил установить, что в начале эксперимента парамет-

ры, характеризующие первую половину форсированного выдоха (ФОВ₂₅), и показатель второй половины дыхательного маневра (ФОВ_{25/75}) выше, чем в конце исследования (табл. 4). Это указывает на лучшую проходимость проксимальных и дистальных отделов дыхательных путей, вероятно, вследствие увеличения эластической ретракции легких, в результате чего возможны улучшение доставки кислорода в организм и повышение работоспособности испытуемых.

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что занятия плаванием способствуют развитию и функциональному совершенствованию кардио-респираторной системы спортсменов с нарушением зрения и ОДА. В результате этого ускоряется транспорт крови, насыщенной кислородом, к периферическим участкам тела и внутренним органам, содействуя активизации общего обмена веществ.

Плавание оказывает содействие улучшению кровенаполнения сосудов, снижению тонуса крупных и средних артерий, преобладанию тонуса артериолл и капилляров, увеличению резервных возможностей дыхательного аппарата, снижению степени напряжения регуляторных механизмов для поддержания гомеостаза, отсутствию феномена кумулятивного утомления под влиянием тренировочных нагрузок у подростков с нарушением зрения и поражением ОДА.

Механизм положительного воздействия плавания на органы дыхания заключается в активной тренировке дыхательной мускулатуры, увеличении подвижности грудной клетки, легочной вентиляции, жизненной емкости легких, потребления кислорода кровью. При плавании в дыхании участвуют отдаленные участки легких, в результате чего исключаются застойные явления в них [7].

Регулярные занятия плаванием способствуют реабилитации лиц с ограниченными физическими возможностями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарь, В.И. Реабилитация детей-инвалидов – общегосударственная проблема / В.И. Бондарь // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 1996. – № 2. – С. 44–46.
2. Лечебная физическая культура в системе медицинской реабилитации: руководство для врачей / под ред. А.Ф. Каптелина и соавт. – М.: Медицина, 1995. – 399 с.
3. Анфилатова, О.В. Методика непрерывного адаптивного физического воспитания детей старшего дошкольного возраста с нарушением зрения / О.В. Анфилатова // Физическая культура. – 2005. – № 2. – С. 50–52.
4. Курдыбайло, С.Ф. Плавание как средство двигательной реабилитации инвалидов после ампутации конечностей / С.Ф. Курдыбайло, В.Г. Богатых // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 1. – С. 48–51.
5. Ванюшин, Ю.С. Адаптация сердечной деятельности подростков к нагрузке повышающейся мощности / Ю.С. Ванюшин, Ф.Г. Ситдилов // Физиология человека. – 2001. –

Т. 27. – № 2. – С. 91–97.

6. Земцовский, Э.В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. – СПб.: «Гиппократ», 1995. – 447 с.
7. Гайцхоки, Д. Плавание против ДЦП / Гайцхоки Д. // Физкультура и спорт. – 1992. – № 4. – С. 17–21.

REFERENCES

1. Bondar V.I. *Voprosi kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kulturi* [Issues of Health Resort Care, Physiotherapy and Therapeutic Physical Training], 1996, 2, pp. 44–46.
2. Kaptelin A.F. *Lechebnaya fizicheskaya kultura v sisteme meditsinskoi reabilitatsii: Rukovodstvo dlia vrachei* [Therapeutic Physical Training in the System of Medical Rehabilitation]. M., Meditsina, 1995, 399 p.
3. Anfilatova O.V. *Fizicheskaya kultura* [Physical Culture], 2005, 2, pp. 50–52.
4. Kurdebailo S.F., Bogatikh V.G. *Teoriya i praktika fizicheskoi kulturi* [Theory and Practice of Physical Culture], 1998, 1, pp. 48–51.
5. Vaniushin Yu.S., Sitdikiv F.G. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology of Man], 2001, 27(2), pp. 91–97.
6. Zemtsovski E.V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sport Cardiology], SPb., Gippokrat, 1995, 447 p.
7. Gaitskhoki D. *Fizkultura i sport* [Physical Training and Sport], 1992, 4, pp. 17–21.

Поступила в редакцию 26.05.2015

Адрес для корреспонденции: e-mail: begidova@yandex.ru – Бегидова Т.П.