

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА ДЕТЕЙ, ПОДРОСТКОВ И ЮНОШЕЙ ПРИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ В СПОРТИВНОМ ПЛАВАНИИ

**С.В. Погодина, Г.Д. Алексанянц**

*Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Краснодар, Россия*

**Цель.** Исследование функциональных возможностей основных систем организма детей, подростков и юношей при адаптации к физическим нагрузкам в спортивном плавании. **Материалы и методы.** Обследованы пловцы мужского пола 9–18 лет. Проведено 2 этапа исследований: физического развития, аэробных возможностей и неспецифической резистентности (9–18 лет, n = 603); приспособительных реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем (9–10, 11–13 и 14–16 лет, n = 75). Применяли антропометрический, динамометрический, эргометрический, гематологический (анализ лейкоцитарной формулы), биохимический (оценка уровня лактата), регорафический, спиропневмотахометрический и газометрический методы, функциональные нагрузочные пробы, статистический анализ данных. **Результаты.** Физиологически обоснованы потенциальные возможности пловцов детского, подросткового и юношеского возрастных периодов переносить физические нагрузки в разных режимах интенсивности и продолжительности. Установлено, что формирование аэробного потенциала пловцов в процессе спортивного совершенствования осуществляется при тесном взаимодействии с ростовыми процессами. В возрасте 9–13 лет аэробные возможности формируются при усилении взаимосвязи с антропометрическими, а в 14–18 лет – с функциональными и гомеостатическими параметрами. Приспособительные возможности организма пловцов 9–13 лет характеризуются несовершенством механизмов регуляции метаболических, гемодинамических и вентиляторных функций, что обуславливает при интенсивных нагрузках накопление величин лактата, значительно превышающих ПАНО и формирование резистивного (неэкономного) типа гемодинамических и вентиляторных реакций. В 14–16 лет отмечается расширение приспособительных возможностей кислородобеспечивающих систем к высокоинтенсивным нагрузкам. **Заключение.** Потенциальные возможности организма пловцов в детском и подростковом возрасте в условиях работы предельной мощности снижены, так как аэробные резервы детерминированы ростовыми процессами, гомеостатические реакции носят атипичный, а гемодинамические и вентиляторные реакции – неэкономичный характер. У юношей отмечается расширение функциональных возможностей кислородобеспечивающих систем (повышение емкости и мощности гемодинамических и вентиляторных механизмов), что формирует эффективные типы адаптационных реакций к высокоинтенсивным нагрузкам.

**Ключевые слова:** адаптация, потенциальные возможности организма, пловцы, физические нагрузки, дети, подростки, юноши.

**Введение.** Изучение адаптационного потенциала организма юных спортсменов с целью повышения спортивного мастерства, расширения функциональных резервов и сохранения здоровья является актуальной проблемой спортивной тренировки [7]. Особенно важным следует считать исследование особенностей адаптации организма к тренировочным нагрузкам в разных периодах онтогенеза, которые детерминированы уровнем энергетического обмена [1, 5, 6]. Известно, что у спортсменов в результате долговременной адаптации формируется функциональная

система оптимального энергообеспечения организма и ее специфической особенностью является сопряженность разных компонентов, физиологическое значение которых на этапах возрастного развития полностью не выяснено [3]. Также недостаточно изучены многие аспекты возрастной динамики метаболических, гемодинамических и вентиляторных функций, поддерживающих оптимальный уровень аэробной производительности, особенно в условиях физических нагрузок, в которых усилено воздействие на кислородобеспечивающие системы [4]. Такие условия присутст-

вуют в спортивном плавании, что проявляется в дополнительном сопротивлении воды на грудную клетку, задержками дыхания и изменением дыхательных режимов при плавании разными способами [11]. Поэтому адаптация к плавательным нагрузкам может быть связана с кислородным дефицитом, напряжением гомеостаза, наиболее продолжительным формированием функциональных резервов, что требует углубленного изучения приспособительных возможностей пловцов на этапах возрастного развития. В связи с этим **целью** работы явилось исследование функциональных возможностей основных систем организма детей, подростков и юношей при адаптации к физическим нагрузкам в спортивном плавании.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе проведено лонгитудинальное исследование физического развития, работоспособности, неспецифических адаптационных реакций, где под наблюдением находились пловцы мужского пола 9–18 лет ( $n = 603$ ). Далее было проведено исследование приспособительных функций основных систем, в которых приняли участие пловцы мужского пола ( $n = 75$ ) этапов начальной (9–10 лет, юношеские разряды,  $n = 25$ ), предварительной базовой (11–13 лет, взрослые разряды,  $n = 25$ ) и специализированной базовой (14–16 лет, взрослые разряды и КМС,  $n = 25$ ) подготовки. На этапах исследования применялись методы антропометрии (сантиметровая лента), динамометрии (динамометр ручной ДРП-120, Россия), спирометрии (спирометр сухой портативный ССП, Россия), велоэргометрии (велоэргометр Kettler, Германия). Определяли длину тела (ДТ), массу тела (МТ), силу мышц кисти (СМК), длину окружности грудной клетки на вдохе и выдохе (ДОКГ, см), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), жизненный индекс (ЖИ,  $\text{мл/кг} = \text{ЖЕЛ/МТ}$ ), силовой индекс (СИ,  $\% = \text{СМК/МТ}$ ), индекс массы тела (ИМТ,  $\text{г/см} = \text{МТ/ДТ}$ ). Максимальное потребление кислорода (МПК, л/мин) и его относительные ( $\text{МПК/кг}$ ,  $\text{мл}\cdot\text{мин}\cdot\text{кг}^{-1}$ ) и должные величины (ДМПК,  $\%$ ) косвенно оценивали в тесте физической работоспособности  $\text{PWC}_{170}$  [1]. При определении уровня лактата (La) и порога анаэробного обмена (ПАНО) использовали анализатор лактата LACTATEPLUS Sports (США), тест полоски на лактат Lactate Plus – Test Strips. Заборы капиллярной крови

из пальца проводили с использованием одно-разовых ланцетов Safety. Гематологические методы включали в себя определение: лейкоцитарной формулы унифицированным методом морфологического исследования форменных элементов крови с дифференцированным подсчетом лейкоцитов, нейтрофилов сегментоядерных и палочкоядерных, эозинофилов, лимфоцитов, моноцитов ( $\%$ ); содержания гемоглобина в крови ( $\text{г/л}$ ) унифицированным гемоглобинцианидным методом с помощью биохимического анализатора. Гемодинамическую функцию сердечно-сосудистой системы (ССС) исследовали реографическим методом на реоанализаторе РА5-01 (СНГ) и регистрировали: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), ударный объем крови (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), работу левого желудочка (Рбт, кгм), критерий эффективности миокарда (КЭМ, усл. ед.). Вентиляторную функцию системы дыхания (СД) исследовали спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора Спиро-тест-РС (Украина) и регистрировали: частоту дыхания (ЧД, цикл/мин); жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л); минутный объем дыхания (МОД, л/мин); дыхательный объем (ДО, мл); резервный объем вдоха (РОВд, мл); резервный объем выдоха (РОВвд, мл); пиковую объемную скорость форсированного выдоха (ПОС, л/с). Изучение газообменной функции легких проводили с помощью радиоизмерительного газоанализатора типа ПГА-КМ (для анализа кислорода). Определяли парциальное давление кислорода в выдыхаемом воздухе ( $\text{P}_{\text{E}}\text{O}_2$ , мм рт. ст.), потребление кислорода ( $\text{VO}_2$ , мл/мин), кислородную стоимость дыхательного цикла ( $\text{VO}_2/\text{f}$ , мл/мин/цикл), уровень метаболических трат ( $\text{VO}_2/\text{W}$ , мл/Вт). Все объемные показатели приведены к условиям ВTPS, а показатели газов – к условиям STPD. Исследования проводили в исходном состоянии и при выполнении функциональных нагрузочных проб. В качестве стандартной пробы предлагался велоэргометрический тест ступенчато-возрастающей нагрузки, где предусматривалось выполнение не менее 3 минут работы в следующих режимах (W): аэробный  $W_1$ , ЧСС – 130–140 уд/мин), аэробно-анаэробный  $W_2$ , ЧСС – 150–160 уд./мин), анаэробно-аэробный ( $W_3$ , ЧСС – 170–180 уд./мин), анаэробный гликолитический ( $W_4$ , ЧСС – выше 180 уд./мин). Режимы работы моделировались путем под-

бора мощности нагрузки (Вт) с учетом возраста и массы тела испытуемых. В качестве специфической пробы использовали тест «дистанционное плавание» [11], в котором режимы плавания моделировали посредством дистанций разной интенсивности и продолжительности: аэробный режим – ЧСС 130–140 уд./мин, продолжительность 1 час 30 мин; аэробно-анаэробный режим – ЧСС 150–156 уд./мин, продолжительность 21–23 мин; анаэробно-аэробный режим – ЧСС 170–180 уд./мин, продолжительность 11–12 мин. Полученный цифровой материал обрабатывался на персональном компьютере с использованием пакета программ STATISTICA 10.0. Проверка соответствия статистических данных закону нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Далее вычисляли среднее значение исследуемых величин ( $\bar{x}$ ) и ошибку среднего арифметического ( $S_{\bar{x}}$ ). Статистически значимые различия определялись с помощью  $t$ -критерия Стьюдента, значимые различия считались при  $p < 0,05$ . Для определения коэффициента корреляции ( $r$ ) проводили корреляционный анализ Спирмена. Исследование проведено на подготовительном этапе круглогодичного тренировочного процесса при добровольном информированном согласии.

**Результаты исследования и обсуждение.** При адаптации к физическим нагрузкам первостепенным является выявление предпосылок к изменению параметров, напрямую взаимосвязанных с активностью обменных функций. В первую очередь это касается аэробных биоэнергетических процессов, так как чем выше их активность, тем организм жизнеспособнее. В этой связи большое практическое значение, и особенно в периодах интенсивного развития организма, имеет определение индивидуального уровня МПК. Из таблицы видно, что величины МПК, рассчитанные на 1 кг массы тела пловцов и являющиеся интегральной характеристикой интенсивности окислительных процессов, возрастали в экспоненциальной зависимости от объема активно функционирующей мышечной массы и уровня обменных процессов в организме (см. таблицу). Скачки в приросте МТ и СИ наблюдались в диапазонах 12–13 и 14–15 лет (рис. 1), что оказывало существенное влияние на прирост МПК/кг. Корреляционный анализ показателей физического развития и МПК позволил определить их вклад

в формирование уровня потребления кислорода на этапах онтогенеза пловцов.

Было установлено, что по мере роста и развития расширение аэробных возможностей сопровождалось уменьшением влияния антропометрических и усилением влияния функциональных показателей. В возрасте 9–10 лет выявлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи между показателем МПК и МТ ( $r = 0,66$ ), ДОКГ на вдохе и на выдохе (соответственно  $r = 0,88$ ;  $r = 0,76$ ), ЖИ ( $r = 0,49$ ) и ЖЕЛ ( $r = 0,47$ ). В 11–13 лет показатель МПК был взаимосвязан с МТ ( $r = 0,73$ ), а в 14–18 лет с показателями ЖИ ( $r = 0,88$ ) и СИ ( $r = 0,48$ ), характеризующими резервы легких и силовые возможности мышечной ткани.

Исследования энергообеспечения мышечной работы пловцов, а именно направленности метаболических реакций в разных режимах дистанционного плавания, показали, что в высокоинтенсивном режиме  $W_4$  сравнительно высокое значение величины  $La$  определено в группах 9–10 и 11–13 лет (соответственно  $8,42 \pm 0,15$  и  $8,83 \pm 0,12$  мМоль/л,  $p < 0,01$ ), что говорит об усилении анаэробного звена энергообмена. Наиболее низкие темпы продукции  $La$  отмечены в группе 14–16 лет ( $6,18 \pm 0,13$  мМоль/л,  $p < 0,01$ ), что свидетельствует о расширении аэробных резервов мышечной ткани и повышении возможности переносить высокоинтенсивные нагрузки [10]. Также у 14–16-летних пловцов регистрировали увеличение скорости плавания, которая при достижении ПАНО была равной  $1,62 \pm 0,02$  м/с ( $p < 0,01$ ), тогда как в диапазоне 9–13 лет достигала от  $1,24 \pm 0,03$  до  $1,42 \pm 0,08$  м/с. Очевидно, что одной из причин увеличения продукции  $La$  и ПАНО у 9–13-летних пловцов явился ацидотический сдвиг в результате высокого циклового темпа при плавании.

Важнейшая роль в формировании условий, повышающих адаптационный потенциал организма, принадлежит системе крови и ее неспецифической резистентности к сдвигам внутренней и внешней среды. Оценка эффективности неспецифических адаптационных реакций к плавательным физическим нагрузкам показала, что для юных пловцов в возрасте 9–10 лет характерным явилась эозинофилия на фоне реакции спокойной активации, что указывает на наличие элементов напряженности в регуляции гомеостаза [2]. В более

старших возрастных группах определяли формирование гармоничной реакции повышенной активации, что говорит о переходе организма на более эффективный уровень функционирования. В свою очередь было установлено, что повышение неспецифической активности организма пловцов 14–16 лет определялось усилением корреляционной зависимости между МПК и показателями системы крови – гемоглобина ( $r = 0,56$ ), эозинофилов ( $r = -0,86$ ), палочкоядерных нейтрофилов ( $r = -0,74$ ). Установленный факт свидетельствует о тесной взаимосвязи высоких уровней неспецифической резистентности и энергетического потенциала организма.

Функциональные возможности кислородобеспечивающих систем (ССС и СД) у пловцов разного возраста наиболее ярко проявлялись при выполнении стандартной велоэргометрической нагрузки в высокоинтенсивном

режиме работы  $W_4$ . В данных условиях наибольшая величина прироста МОК была зафиксирована у пловцов 14–16 лет при равной пульсовой стоимости работы во всех возрастных группах. Также в группе 14–16-летних пловцов определяли и наибольший «вклад» УО ( $41,3 \pm 2,34 \%$ ,  $p < 0,05$ ) в прирост МОК (рис. 2). То есть формирование наиболее экономичного (емкостного) типа гемодинамической реакции, являющегося базовой основой расширения функциональных возможностей ССС и характеризующегося увеличением доли УО, а также значительным ростом скорости кровотока, имело место в старшей возрастной группе пловцов.

В свою очередь в группе пловцов 14–16 лет повышение функциональных возможностей ССС сопровождалось увеличением с одной стороны величины РБТ, а с другой – повышением коэффициента экономичности

**Показатели аэробных возможностей и пороговой мощности нагрузки у пловцов разного возраста**  
**Indicators of aerobic capacity and threshold power in swimmers of different age**

Возраст Age	Показатели / Indicators ( $x \pm Sx$ )				
	ЧСС, уд./мин HR, bpm	Нагрузка, кг·м·мин <sup>-1</sup> W, kg·m·min <sup>-1</sup>	МПК/кг, мл·мин <sup>-1</sup> МОС/kg, ml·min <sup>-1</sup>	ТМПК/кг, мл·мин <sup>-1</sup> НМОС/kg, ml·min <sup>-1</sup>	ТМПК/кг, % НМОС/kg, %
9 лет/years, n = 83	170,53 ± 0,80	461,56 ± 9,88	44,79 ± 0,78	55,25 ± 0,17	77,10 ± 1,96
10 лет/years n = 79	171,59 ± 0,44	514,46 ± 6,19	45,83 ± 0,47	57,20 ± 0,13	78,47 ± 1,06
11 лет/years n = 74	170,87 ± 0,49	570,150 ± 7,63	45,30 ± 0,39	60,020 ± 0,17	74,12 ± 0,96
12 лет/years n = 72	170,61 ± 0,42	679,19 ± 7,90	46,37 ± 0,38	59,73 ± 0,14	77,60 ± 0,82
13 лет/years n = 66	169,93 ± 0,44	825,28 ± 15,47	48,80 ± 0,57	58,69 ± 0,15	85,52 ± 1,15
14 лет/years n = 66	168,86 ± 0,50	1018,32 ± 16,44	51,50 ± 0,70	55,50 ± 0,37	93,08 ± 1,32
15 лет/years n = 60	169,56 ± 0,61	1096,09 ± 0,61	51,35 ± 0,99	53,18 ± 0,39	96,49 ± 1,92
16 лет/years n = 53	169,67 ± 0,92	1264,33 ± 27,34	54,43 ± 0,95	51,64 ± 0,42	104,20 ± 2,07
17 лет/years n = 33	168,30 ± 1,00	1423,63 ± 27,13	58,66 ± 1,33	50,54 ± 0,38	114,57 ± 2,46
18 лет/years n = 17	166,94 ± 1,28	1454,70 ± 22,32	59,33 ± 1,28	50,00 ± 0,28	117,66 ± 2,39

Примечание. ЧСС, уд./мин – частота сердечных сокращений; Нагрузка, кг·м·мин<sup>-1</sup> – нагрузка на велоэргометре; МПК/ кг, мл·мин<sup>-1</sup> – фактическое значение максимального потребления кислорода в зависимости от массы тела; ТМПК/кг, мл·мин<sup>-1</sup> – требуемое значение максимального потребления кислорода в зависимости от массы тела.

Note. HR, bpm – heart rate; W, kg·m·min<sup>-1</sup> – workload on the bicycle ergometer; МОС/kg, ml·min<sup>-1</sup> – actual value of maximal oxygen consumption related to body weight; НМОС/kg, ml·min<sup>-1</sup> – needed value of maximal oxygen consumption related to body weight.

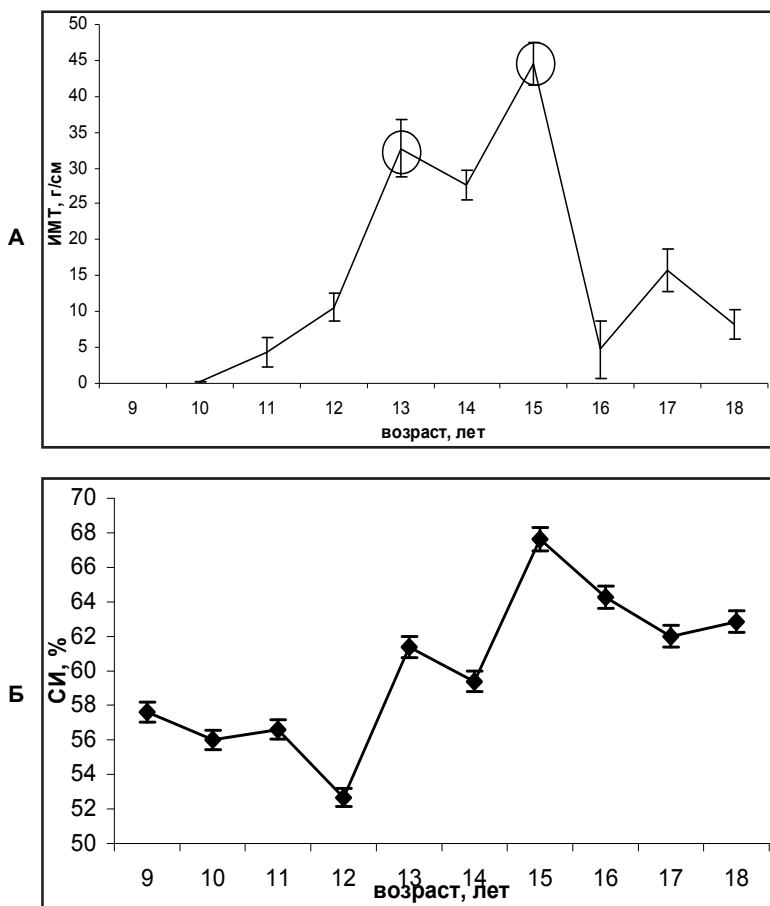


Рис. 1. Возрастная динамика прироста ИМТ (А) и СИ (Б)  
Fig. 1. Age dynamics of the BMI (A) and PI (Б) growth  
(BMI – body mass index; PI – power index)

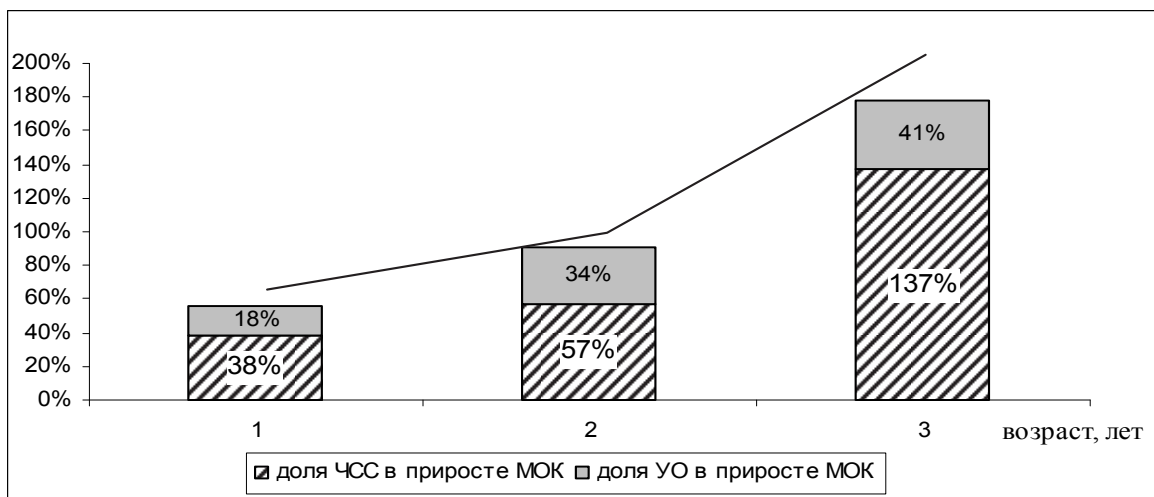


Рис. 2. Доля ЧСС и УО в приросте МОК при работе в анаэробно-аэробном режиме в исследуемых группах пловцов: 1 – 9–10 лет; 2 – 11–13 лет; 3 – 14–16 лет  
Fig. 2. HR (heart rate) and SV (stroke volume) contribution to BFVM (blood flow volume per minute) during the anaerobic–aerobic mode in the groups of swimmers: 1 – 9–10 years; 2 – 11–13 years; 3 – 14–16 years

миокарда. Усиление нагнетательной способности сердца обеспечивалось у пловцов 14–16 лет приростом РБТ более чем в 3 раза, тогда как в группе пловцов 11–13 лет прирост этого показателя составил  $33,4 \pm 2,81\%$  ( $p < 0,001$ ), а в группе 9–10 лет был равен  $18,5 \pm 0,94\%$  ( $p < 0,01$ ) (рис. 3).

Исследование функций СД показало, что высокоинтенсивный режим работы оказывал воздействие на мобилизацию вентиляторной функции легких во всех возрастных группах пловцов. Так, в 9–10 лет величина МОД прогрессивно увеличивалась с  $19,30 \pm 1,11$  л/мин в состоянии покоя до  $46,97 \pm 4,19$  л/мин ( $p < 0,01$ ) в режиме  $W_4$  (то есть на предельной мощности работы).

Прирост вентиляции в данных условиях осуществлялся как за счет роста величины ДО, которая снизилась до  $400,0 \pm 30,2$  мл ( $p < 0,001$ ), так и за счет увеличения ЧД, которая достигла значений  $41,44 \pm 4,16$  цикл/мин ( $p < 0,01$ ), что говорит о резистивном типе вентиляторной реакции [12]. Для пловцов в возрасте 11–13 лет также характерным явилось значительное увеличение ЧД до  $40,9 \pm 3,07$  цикл/мин ( $p < 0,05$ ) и снижение величины РОвыд до  $70,3 \pm 12,5$  мл ( $p < 0,05$ ). Однако величина ДО при этом увеличилась с  $640,3 \pm 63,6$  мл в исходном состоянии до  $1240,1 \pm 89,6$  мл ( $p < 0,001$ ) в режиме  $W_4$ . Вентиляторные реакции спортсменов старшей возрастной группы отличались значительным увеличением объемных характеристик в приросте МОД. Величина ДО возросла с  $900,0 \pm 1,0$  мл в состоянии покоя до  $2690,0 \pm 41,0$  мл

( $p < 0,001$ ) на предельной мощности нагрузки, тогда как ЧД повысилась в среднем только на 8 цикл/мин ( $p < 0,05$ ). Показатели РОвд и РОвыд уменьшались пропорционально росту дыхательного объема и составили соответственно  $1160,54 \pm 23,41$  и  $830,74 \pm 16,98$  мл. Очевидно, что под влиянием регулярных тренировочных занятий плаванием увеличение функциональных резервов СД сопровождалось совершенствованием механизмов регуляции дыхания [8].

Также на выраженность вентиляторных реакций пловцов разных возрастных групп оказывала влияние проходимость дыхательных путей. С повышением объема воздушного потока, проходящего через легкие, увеличивалась бронхиальная проходимость, что определялось силой дыхательной мускулатуры. Сравнительно высокими возможностями для реализации метаболического запроса организма обладали пловцы 14–16 лет. ПОС, характеризующая максимальную интенсивность воздушного потока во время форсированного выдоха, в 14–16 лет была значительно выше в сравнении с 9–13 годами и возрастала по мере повышения мощности работы до  $7,69 \pm 0,41$  л/с,  $p < 0,01$  (рис. 4). Однако при предельной мощности работы отмечали снижение ПОС до  $6,16 \pm 0,5$  л/с ( $p < 0,05$ ), что можно связать с развивающимся утомлением дыхательных мышц. У детей 9–13 лет наблюдалась относительная стабилизация ПОС в течение всей тестовой нагрузки. Очевидно, увеличение ЧД способствовало снижению радиальнонаправленного давления, сдержи-

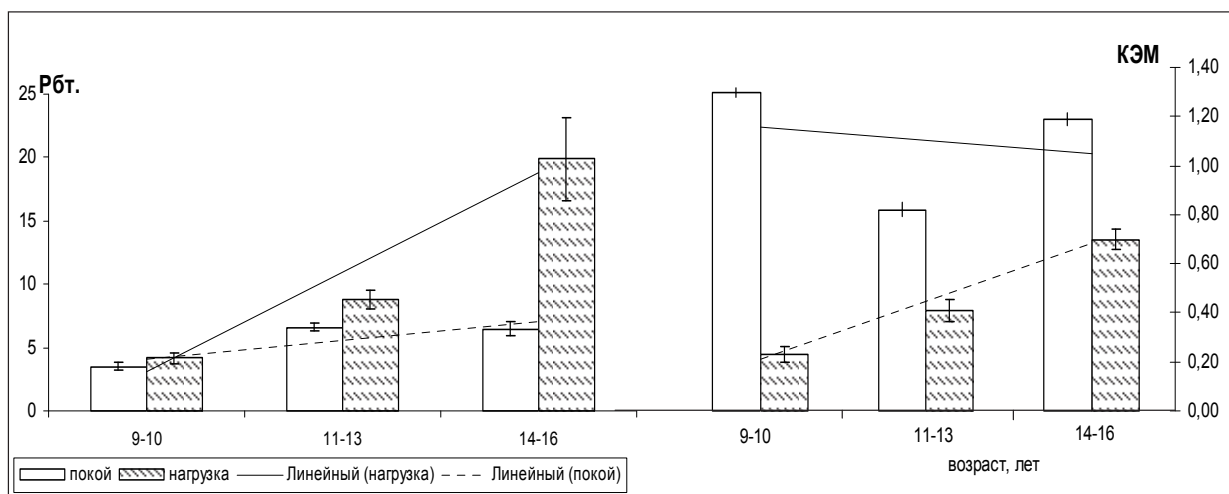
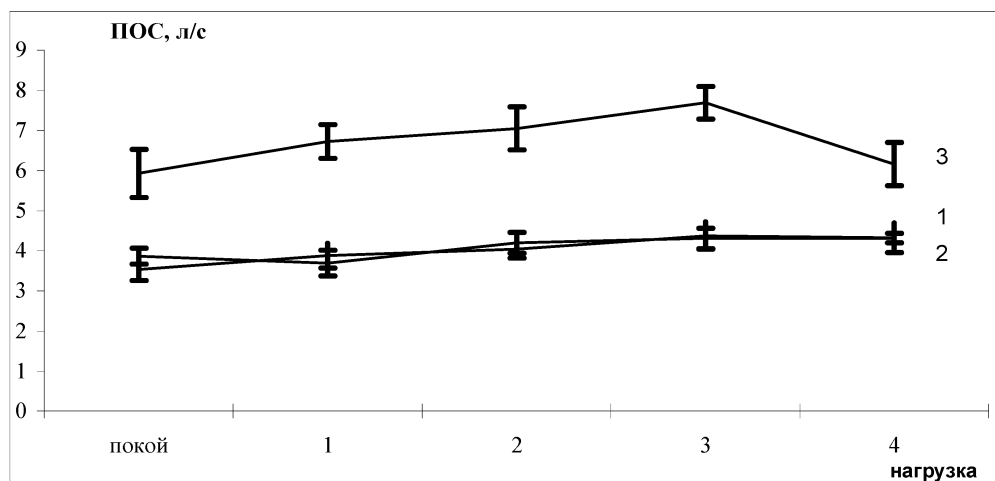


Рис. 3. Показатели работоспособности левого желудочка и критерия эффективности миокарда у пловцов разного возраста в исходном состоянии покоя и в анаэробно-аэробном режиме нагрузки  
 Fig. 3. Indicators of left ventricular performance (LVP) and myocardial performance (MP) in swimmers of different age in the initial resting state and in the anaerobic-aerobic mode



**Рис. 4. Возрастная динамика максимальной объемной скорости потока воздуха при форсированном выдохе в состоянии покоя и при работе разной предельной мощности: ось абсцисс: 0 – покой, 1 –  $W_1$ , 2 –  $W_2$ , 3 –  $W_3$ , 4 –  $W_4$ ; ось ординат: 1 – 9–10 лет, 2 – 11–13 лет, 3 – 14–16 лет**

**Fig. 4. Age dynamics of forced expiratory flow (FEF, l/min) at rest and at work of different threshold power: X axis: 0 – rest, 1 –  $W_1$ , 2 –  $W_2$ , 3 –  $W_3$ , 4 –  $W_4$ ; Y axis: 1 – 9–10 years, 2 – 11–13 years, 3 – 14–16 years**

вающего спадание бронхов, следствием чего может быть уменьшение бронхиальной проходимости при форсированном дыхании [9]. Следовательно, увеличение метаболических затрат в процессе выполнения ступенчато-повышающейся нагрузки не сопровождалось адекватным усилением активности респираторной мускулатуры. В этом случае можно предположить, что для спортсменов в возрасте 9–13 лет лимитирующим фактором усиления вентиляторной функции являются ограниченные функциональные возможности дыхательных мышц.

В свою очередь повышение мощности СД пловцов 14–16 лет сопровождалось ростом ее эффективности. Показатель  $VO_2/f$  в этой возрастной группе при предельной мощности нагрузки составил  $122,6 \pm 5,1$  мл/мин/цикл ( $p < 0,01$ ) и значительно превышал аналогичный параметр у 9–10 и 11–13-летних пловцов (соответственно  $53,9 \pm 3,5$  и  $56,8 \pm 4,8$  мл/мин/цикл). Эффективность вентиляторных реакций, которую оценивали и по отношению энергетической стоимости к единице мощности выполняемой работы, в старшей возрастной группе также была выше. Наибольшие энергетические траты были зафиксированы у пловцов 9–10 лет, то есть при мощности нагрузки в 50 Вт показатель  $VO_2/W$  составил у последних  $45,6 \pm 2,7$  мл/мин/Вт. В дальнейшем, по мере взросления спортсменов и расширения функциональных резервов СД,

отмечалось снижение энергозатрат у спортсменов 11–13 лет до значений  $26,6 \pm 1,8$  мл/мин ( $p < 0,01$ ), а у 14–16-летних пловцов – до  $20,4 \pm 1,4$  мл/мин ( $p < 0,01$ ). При этом значения энергозатрат у пловцов 14–16 лет не зависели от величины нагрузки и находились в диапазоне 18–20 мл/мин/Вт. Таким образом, потенциальные возможности ССС и СД в детском и подростковом возрасте в условиях физических нагрузок предельной мощности были детерминированы приспособительными реакциями, которые имели неэкономичный и малоэффективный характер.

#### Выводы

1. Формирование аэробного потенциала пловцов в процессе спортивного совершенствования осуществляется при тесном взаимодействии с ростовыми процессами. В возрасте 9–13 лет аэробные возможности формируются при усилении взаимосвязи с антропометрическими, а в 14–18 лет – с функциональными и гомеостатическими параметрами.

2. Приспособительные возможности организма пловцов 9–10 лет характеризуются наличием гомеостатического фактора напряжения, а возможности пловцов 9–13 лет при нагрузках, приводящих к увеличению ЧСС более 160 уд./мин – несовершенством механизмов регуляции метаболических, гемодинамических и вентиляторных функций. В 14–16 лет отмечается расширение функциональных возможностей кислородобеспечи-

вающих систем, что формирует эффективные типы адаптационных реакций к высокоинтенсивным нагрузкам.

### Литература

1. Апанасенко, Г.Л. Максимальная аэробная работоспособность как критерий оптимальности онтогенеза / Г.Л. Апанасенко // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 1. – С. 67–73.

2. Гаркави, Л.Х. Сигнальные показатели антистрессорных адаптационных реакций и стресса у детей / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, Т.С. Кузьменко // Педиатрия. – 1996. – № 5. – С. 107–109.

3. Захарьева, Н.Н. Механизмы взаимодействия ведущих функциональных систем организма в норме и патологии / Н.Н. Захарьева // Спортивная медицина. – 2007. – № 2. – С. 118–122.

4. Иорданская, Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений. Этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования / Ф.А. Иорданская, М.С. Юдинцева. – М.: Совет. спорт, 2011. – 142 с.

5. Погодина, С.В. Адаптация и функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов в возрастном и половом аспектах / С.В. Погодина, Г.Д. Алексанянц // Теория и практика физ. культуры. – № 10. – 2017. – С. 72–74.

6. Погодина, С.В. Особенности физиологических механизмов регуляции газообмена

в легких у пловцов разного возраста / С.В. Погодина, Г.Д. Алексанянц // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2019. – № 1. – С. 53–58.

7. Солопов, И.Н. Сущность и структура функциональной подготовленности спортсменов / И.Н. Солопов, А.А. Шамардин, В.В. Чемов // Теория и практика физ. культуры. – 2010. – № 8. – С. 56–60.

8. Carlo, C. Algorithms, modelling and VO<sub>2</sub> kinetics / C. Carlo, C. Michela, P. Silvia // European Journal of Applied Physiology. – 2011. – Vol. 111. – № 3. – P. 331–342.

9. Dekerle, J. Influence of moderate hypoxia on tolerance to high-intensity exercise // J. Dekerle, P. Mucci, H. Carter // European Journal of Applied Physiology. – 2012. – Vol. 112. – Iss. 1. – P. 327–335.

10. Plato, P.A. Predicting lactate threshold using ventilatory threshold / P.A. Plato, M. McNulty, S.M. Crunk [et al.] // J. Sports Med. – 2008. – Vol. 29 (9). – P. 732–737.

11. Reis, J.F. Effects of aerobic fitness on oxygen uptake kinetics in heavy intensity swimming / J.F. Reis, F.B. Alves, P.M. Bruno, V. Vleck [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 2012. – Vol. 112. – № 5. – P. 1689–1697.

12. Roman, M.A. Noninvasive assessment of normality of VD/VT in clinical cardiopulmonary exercise testing utilizing incremental cycle ergometry / M.A. Roman, J.D. Casaburi, J. Porszasz, R. Casaburi // European Journal of Applied Physiology. – 2013. – Vol. 113. – № 1. – P. 33–40.

**Погодина Светлана Владимировна**, доктор биологических наук, доцент кафедры анатомии и спортивной медицины, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. Буденного, 181. E-mail: sveta\_pogodina@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0558-006X.

**Алексанянц Гайк Дереникович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и спортивной медицины, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. Буденного, 181. E-mail: alexanyanc@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3504-9483.

*Поступила в редакцию 24 апреля 2019 г.*



## POTENTIAL ABILITIES IN CHILDREN, ADOLESCENTS, AND YOUNG MALES DURING ADAPTATION TO PHYSICAL LOAD IN SPORTS SWIMMING

S.V. Pogodina, sveta\_pogodina@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0558-006X,  
G.D. Aleksanyants, alexanyanc@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3504-9483

Kuban State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Krasnodar, Russian Federation

**Aim.** The article deals with the study of the functional abilities of the main body systems in children, adolescents, and young males during their adaptation to physical load in sports swimming. **Materials and methods.** We examined male swimmers aged 9–18 years. The study consisted of 2 stages: the study of physical development, aerobic capacities, and non-specific resistance (9–18 years, n = 603); the study of adaptive reactions of the cardiovascular and respiratory systems (9–10, 11–13, and 14–16 years, n = 75). The following methods were used: anthropometry, dynamometry, ergometry, the analysis of leukocyte count, lactate analysis, rheography, spiro- and pneumotachometry, gasometry, statistical data processing, and a functional stress test. **Results.** We justified physiologically the potential abilities of children, adolescents, and young males practicing sports swimming to tolerate physical load of various intensity and duration. It was established that, in swimmers at the stage of performance enhancement, aerobic potential was formed in close cooperation with growth processes. At the age of 9–13, aerobic capacities are formed in a closer correlation with anthropometric data, while at the age of 14–18 – with functional and homeostatic parameters. Adaptive reactions of the body at the age of 9–13 are characterized by the imperfection of the regulatory mechanisms responsible for metabolic, hemodynamic, and ventilatory functions. This results in the increase of lactate to the values significantly exceeding the anaerobic threshold and the formation of the resistive type of hemodynamic and ventilatory reactions. At the age of 14–16, there is an increase in the adaptive capacities of the oxygen-providing systems responsible for high-intensity loads. **Conclusion.** Potential abilities in children and adolescents at the threshold values are decreased. This is because aerobic reserves are determined by the growth, homeostatic reactions are atypical, and ventilatory reactions are inefficient. In young males, there is an increase in the functional abilities of the oxygen-providing systems, which forms the efficient types of adaptive reactions to high-intensity loads.

**Keywords:** adaptation, potential, swimmers, physical activity, children, adolescents, young males.

### References

1. Apanasenko G. L. [Maximum Aerobic Performance as a Criterion of Ontogenesis Optimality]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2010, vol. 36, no. 1, pp. 67–73. (in Russ.) DOI: 10.1134/S036211971001007X
2. Garkavi L.Kh., Kvakina B., Kuz'menko T.S. [Signaling Indicators of Anti-Stress Adaptation Reactions and Stress in Children]. *Pediatrics* [Pediatrics], 1996, no. 5, pp. 107–109. (in Russ.)
3. Zakhar'yeva N. N. [Mechanisms of Interaction of the Leading Functional Systems of the Body in Health and Disease]. *Sportivnaya meditsina* [Sport Medicine], 2007, no. 2, pp. 118–122. (in Russ.)
4. Iordanskaya F.A., Yudintseva M.S. *Monitoring funktsional'noy podgotovlennosti yunyh sportmenov – rezerva sporta vysshikh dostizheniy. Etapy uglublennoy podgotovki i sportivnogo sovershenstvovaniya* [Monitoring of the Functional Readiness of Young Athletes – a Reserve of the Highest Achievements of Sports. Stages of In-Depth Training and Sports Perfection]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2011. 142 p.
5. Pogodina S.V., Aleksanyants G.D. [Adaptation and the Functional State of Highly Skilled Athletes in the Age and Sex Aspects]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 10, pp. 72–74. (in Russ.)

6. Pogodina S.V., Aleksanyants G.D. [Features of the Physiological Mechanisms of Regulation of Gas Exchange in the Lungs of Swimmers of Different Ages]. *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika* [Physical Culture, Sport – Science and Practice], 2019, no. 1, pp. 53–58. (in Russ.)

7. Solopov I.N., Shamardin A.A., Chemov V.V. [The Essence and Structure of the Functional Fitness of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2010, no. 8, pp. 56–60. (in Russ.)

8. Carlo C., Michela C., Silvia P. Algorithms, Modelling and VO<sub>2</sub> Kinetics. *European Journal of Applied Physiology*, 2011, vol. 111, no. 3, pp. 331–342. DOI: 10.1007/s00421-010-1396-8

9. Dekerle J., Mucci P., Carter H. Influence of Moderate Hypoxia on Tolerance to High-Intensity Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 2012, vol. 112, iss. 1, pp. 327–335. DOI: 10.1007/s00421-011-1979-z

10. Plato P.A., McNulty M., Crunk S.M. et al. Predicting Lactate Threshold Using Ventilatory Threshold. *J. Sports Med.*, 2008, vol. 29 (9), pp. 732–737. (in Russ.) DOI: 10.1055/s-2007-989453

11. Reis J.F., Alves F.B., Bruno P.M., Vleck V. et al. Effects of Aerobic Fitness on Oxygen Uptake Kinetics in Heavy Intensity Swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 2012, vol. 112, no. 5, pp. 1689–1697. DOI: 10.1007/s00421-011-2126-6

12. Roman M.A., Casaburi J.D., Porszasz J., Casaburi R. Noninvasive Assessment of Normality of VD/VT in Clinical Cardiopulmonary Exercise Testing Utilizing Incremental Cycle Ergometry. *European Journal of Applied Physiology*, 2013, vol. 113, no. 1, pp. 33–40. DOI: 10.1007/s00421-012-2407-8

*Received 24 April 2019*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Погодина, С.В. Потенциальные возможности организма детей, подростков и юношей при адаптации к физическим нагрузкам в спортивном плавании / С.В. Погодина, Г.Д. Алексанянц // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 45–54. DOI: 10.14529/hsm190206

### FOR CITATION

Pogodina S.V., Aleksanyants G.D. Potential Abilities in Children, Adolescents, and Young Males During Adaptation to Physical Load in Sports Swimming. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 45–54. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190206