

РАЗДЕЛ IX  
ОБРАЗОВАНИЕ. ЗДОРОВЬЕ. БЕЗОПАСНОСТЬ

---

УДК 371.71

Л. А. Гиренко, В. Б. Рубанович, Р. И. Айзман

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ МАЛЬЧИКОВ  
В УСЛОВИЯХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

Для оценки морфофункционального развития учащихся изучались физическое развитие, показатели кардиореспираторной системы и физическая работоспособность мальчиков 7-15 лет общеобразовательной школы г. Новосибирска. Комплексное обследование показало, что в критические периоды онтогенеза (в 7 – 9 и 12 – 14 лет) снижаются темпы физического развития. Увеличение тотальных размеров тела приводит к снижению адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы.

В последние годы в научной и практической деятельности при оценивании морфологических, функциональных и психических показателей организма все большее внимание уделяется не просто среднестатистическим параметрам, а учету индивидуального развития в онтогенезе [7].

Есть все основания считать, что наиболее информативными критериями возрастных преобразований могут служить те показатели, которые характеризуют состояние физиологических систем в условиях деятельности, максимально приближенной к повседневной жизни, т.е. показатели, отражающие реальную приспособляемость к условиям окружающей среды и адекватность реагирования на внешние воздействия.

Представление об адаптивном характере индивидуального развития привело к необходимости пересмотра понятия возрастной нормы как совокупности среднестатистических морфологических и физиологических параметров. Было высказано положение, согласно которому возрастную норму следует рассматривать как биологический оптимум функционирования живой системы, обеспечивающий адаптивное реагирование на факторы внешней среды [17].

Показано, что чувствительность к внешним воздействиям носит избирательный характер на разных этапах онтогенеза. Это легло в основу представления о *сензитивных периодах* как о периодах наибольшей чувствительности к воздействию факторов среды [7].

Онтогенетическое развитие сочетает периоды эволюционного (постепенного) морфофункционального созревания и периоды революционных переломных скачков развития, которые могут быть связаны как с внутренними (биологическими), так и с внешними (социальными) факторами развития [6, 26].

Важным и требующим специального внимания является вопрос о *критических периодах* развития. Критические периоды могут возникать как результат резкой смены социально-средовых факторов и их взаимодействия

с процессом внутреннего морфофункционального развития. Такими периодами являются: возраст начала обучения – период резкой смены социальных условий и пубертатный период – начало полового созревания, который характеризуется резким повышением активности центрального звена эндокринной системы, снижением эффективности корковых регуляторных механизмов и несоответствием социально-психологических факторов функциональным возможностям организма [13,18, 21,34].

Таким образом, можно полагать, что критические периоды развития обусловлены как интенсивным морфофункциональным преобразованием основных физиологических систем и целостного организма, так и спецификой усложняющегося взаимодействия внутренних (биологических) и социально-психологических факторов развития. Только сочетание возрастного и индивидуального подходов к изучению особенностей функционирования ребенка может обеспечить разработку адекватных гигиенических и педагогических мер, способствующих сохранению здоровья и прогрессивному развитию организма и личности ребенка.

Общепризнанным является тот факт, что уровень физического развития зависит от сочетания и взаимосвязи антропометрических признаков, определяющих пропорциональность и гармоничность развития, и функциональных показателей, являющихся отражением адаптивных возможностей различных систем организма [12]. У детей дисгармоничного физического развития наблюдается наибольшее количество функциональных сдвигов и нарушений здоровья [29].

В связи с изменениями в динамике развития, бурными социально-экономическими преобразованиями, меняющимися условиями окружающей среды, по рекомендациям ВОЗ, все нормативы физического развития следует обновлять каждые 5 лет [12]. Несмотря на многочисленные исследования по данной проблеме, ряд вопросов либо остался вне поля зрения, либо рассматривается не комплексно, без учета единства морфологического и функционального состояния, либо на разных группах обследуемых.

Целью настоящего исследования явилось изучение интегральной характеристики морфологического и функционального развития детей и подростков в зависимости от биологического и календарного возраста, обучающихся в общеобразовательной школе по традиционной программе.

Для достижения поставленной цели было обследовано 302 учащихся с 1-го по 9-й класс общеобразовательной школы № 11 г. Новосибирска в возрасте 7-15 лет; из них – 84 подростка трех возрастных групп (12,13,14 лет). Согласно общепринятой возрастной периодизации (1965 г.) мальчики были объединены в возрастные группы: 7-9; 10-11 и 12-15 лет. Все обследованные школьники по состоянию здоровья относились к основной медицинской группе и не занимались в спортивных секциях. Занятия по физической культуре проводились в рамках школьной программы; школьники, занимающиеся в спортивных секциях более 1 года, в обследование не включались. Онтогенетические исследования проводились на основе продольно-поперечных срезов.

Обследование включало:

1) **антропометрию** [9], измерение длины и массы тела (ДТ и МТ), окружности грудной клетки (ОГК), кистевой и становой мышечной силы (КС

и СтС), содержание резервного жира методом калиперметрии [30,40] с последующим расчетом активной массы тела (АМТ) по формуле  $АМТ = МТ - (МТ \cdot (\% \text{ жира}) / 100)$  [20] и массо-ростового показателя индекса Кетле (ИК =  $МТ \cdot (\text{кг}) / ДТ^2 (\text{м}^2)$ ). Максимальную мышечную выносливость (ММВ) определяли с помощью жидкостного динамометра при напряжении, равном 75% от максимального [23];

2) **физическое развитие** обследуемых оценивалось по методике А. Б. Ставицкой с соавт. (1959), после чего соматометрические показатели обследуемых школьников сопоставляли со стандартами физического развития детей и подростков г.Новосибирска [22]. Гармоничность и уровень физического развития школьников оценивались с выявлением следующих групп: I – дети с нормальным физическим развитием (гармоничное физическое развитие); II – дети с дефицитом массы тела и (или) с отставанием окружности грудной клетки от нормы (дисгармоничное физическое развитие); III – дети с избытком массы тела (дисгармоничное физическое развитие); IV – дети с резким отставанием, с общей задержкой физического развития;

3) **степень полового созревания** определяли по выраженности вторичных половых признаков [27,31];

4) **состояние кардиореспираторной системы** оценивали по показателям жизненной емкости легких (ЖЕЛ) с помощью водяного спирометра «Спиро – 18В» и максимальной скорости потока воздуха при форсированном вдохе и выдохе ( $МСПВ_{\text{вд}}$  и  $МСПВ_{\text{выд}}$ ) [19] с помощью пневмотахометра ПТ-1 с последующим расчетом относительных показателей функции внешнего дыхания на 1 кг массы тела. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) в условиях физиологического покоя и при стандартной степ-эргометрической физической нагрузке рассчитывали по интервалам кардиограммы, регистрируемой по методике Л. А. Бутченко (1963). По данным ЧСС в восстановительный период производился расчет скорости восстановительных процессов (ИВ) с учетом мощности нагрузки [3]. Артериальное давление (АД) измеряли аускультативным методом Короткова. Рассчитывали систолический и минутный объемы крови (СОК и МОК) по формуле Старра [41]. Для оценки уровня вегетативной регуляции сердечной деятельности в процессе адаптации организма учащихся к физическим нагрузкам, степени напряжения регуляторных механизмов мы использовали метод вариационной пульсометрии [4]. Рассчитывался также индекс напряжения (ИН), характеризующий степень напряжения регуляторных механизмов организма, по формуле:  $ИН = АМ_0 / (2 \cdot X \cdot М_0)$  [4], где  $М_0$  – мода (наиболее часто встречающееся значение кардио-интервала), характеризующая гуморальный канал регуляции и уровень функционирования системы;  $АМ_0$  – амплитуда моды (число значений интервалов, соответствующих моде, и выраженное в процентах к общему количеству интервалов в анализируемом массиве);  $X$  – вариационный размах (разность между значениями максимального и минимального по продолжительности кардиоинтервала). Определялся индекс вегетативного тонуса, характеризующий баланс симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм ( $ИВТ = (X / АМ_0) \cdot 100\%$ ). Состояние вегетативного гомеостаза оценивалось как нормотоническое при величине  $X$  от 0,16 до 0,29 с,  $АМ_0$  от 31 до 49%, а ИН от 51 до 199 у.е.; преобладание симпатикотонических влияний – при  $X \leq 0,15$  с,  $АМ_0 \geq 50\%$ ,

ИН  $\geq$  200 у.е., а преобладание ваготонических влияний – при  $X \geq 0,30$  с, АМ0  $\leq$  30 % и ИН  $\geq$  50 у.е. Состояние вегетативных регуляторных механизмов является определяющим фактором в адаптации организма к условиям окружающей среды [4,5,8]. Для оценки уровня функционирования системы кровообращения и определения ее адаптационного потенциала использовали индекс функциональных изменений (ИФИ), предложенный А.П. Берсеновой, который определяется в условных единицах (баллах) по формуле: ИФИ = 0,011ЧП + 0,014САД + 0,008ДАД + 0,014В + 0,009М – 0,009Р – 0,27, где ЧП – частота пульса; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; В – возраст; М – масса тела; Р – рост [8]. С целью изучения адаптации к физическим нагрузкам и оценки функциональных резервов организма проводилась проба РWC170 [16]. Экономичность деятельности сердечно-сосудистой системы на дозированную степ-эргометрическую нагрузку мощностью 12 кГм/мин · кг и качество адаптации оценивали по величине хронотропной реакции сердца и хроноинотропному показателю (ХИП), равному произведению ЧСС  $\times$  АД систолическое [35].

Весь полученный материал обработан общепринятыми методами математической статистики. Различия показателей по сравнению с фоном и между группами оценивались методами вариационной и разностной статистики по t-критерию Стьюдента и по непараметрическому критерию ANOVA для независимых выборок и считались достоверными при  $p \leq 0,05$ .

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты антропометрических измерений данного контингента обследуемых в онтогенезе (табл. 1) выявили закономерное увеличение всех абсолютных значений показателей физического развития школьников: длины и массы тела, окружности грудной клетки, активной массы тела, силы мышц кисти и спины и мышечной выносливости. Процентное содержание резервного жира у ребят до 13-летнего возраста несколько увеличивалось, а затем отмечалось достоверное его уменьшение.

В этот же период, 13-15 лет, существенно возрастала сила мышц кисти, спины и мышечная выносливость (табл. 1), что происходило на фоне существенного прироста активной массы тела и снижения содержания резервного жира в организме. Это может свидетельствовать о продолжающемся интенсивном развитии подростков на фоне замедления скорости роста, что происходит под влиянием усиленной секреции андрогенов в пубертатный период. Описанная динамика процессов роста и развития согласуется с литературными данными [34], однако достоверное заключение может быть сделано только на основе сопоставления степени полового созревания и морфофункционального развития подростков. Интересно подчеркнуть, что с 10 до 12 лет темпы морфологических изменений по всем антропометрическим показателям значительно меньше, чем в другие периоды (табл.1).

Сопоставление наших результатов с антропометрическими показателями мальчиков и подростков г. Новосибирска в 80-е гг. [15] показало, что за этот период произошла существенная прибавка длины тела на фоне некоторого увеличения массы тела и уменьшения ОГК, что свидетельствует о продолжающемся процессе астенизации. Аналогичный эффект отмечался у школьников Тюменской области, Тувы, Горного Алтая [11,12,37]: у мальчиков прирост длины тела за последние 20 лет в 7 лет составил 6 см,

Таблица 1

## Физическое развитие обследуемых детей и подростков

Показатели	Возраст, лет														
	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
N (кол-во чел.)	16	28	40	64	59	23	30	31	11						
Длина тела, см	124,4 ± 1,5	128,8 ± 1,0*	133,2 ± 0,9*	139,3 ± 0,9*	142,4 ± 1,0*	145,0 ± 1,4*	155,8 ± 1,5*	164,2 ± 1,4*	168,0 ± 2,4*						
Масса тела, кг	24,1 ± 0,7	25,7 ± 0,7	27,9 ± 0,7*	31,4 ± 0,9*	34,1 ± 1,4	35,8 ± 1,5	43,0 ± 1,8*	48,4 ± 1,2*	52,8 ± 2,2						
Индекс Кетгелле, у.е.	15,1 ± 0,5	15,4 ± 0,3	15,6 ± 0,3	16,1 ± 0,3	16,7 ± 0,4	16,9 ± 0,6	17,7 ± 0,9	17,9 ± 0,4	18,6 ± 0,6						
ОГК, см	59,8 ± 0,7	60,8 ± 0,8	62,3 ± 0,5	65,3 ± 0,8*	67,6 ± 0,9	68,4 ± 1,1	73,1 ± 1,2*	76,0 ± 0,9	80,2 ± 1,5*						
% резервного жира	17,9 ± 0,5	17,9 ± 0,7	18,6 ± 0,4	19,7 ± 0,4	19,3 ± 0,6	20,2 ± 0,8	18,2 ± 0,9	16,2 ± 0,7	15,6 ± 0,8						
АМТ, кг	19,7 ± 0,6	20,9 ± 0,5	22,6 ± 0,5*	25,1 ± 0,6*	27,3 ± 0,8*	28,5 ± 1,0	34,9 ± 1,0*	40,5 ± 1,0*	44,4 ± 1,8						
Кистевая сила (пр+л), кг	23,9 ± 1,3	24,9 ± 0,8	28,8 ± 1,4*	33,3 ± 0,9*	35,9 ± 1,2	39,9 ± 1,9	51,3 ± 1,8*	63,6 ± 2,3*	74,4 ± 5,2						
Становая сила, кг	41,4 ± 2,3	40,9 ± 1,1	45,9 ± 1,8*	53,1 ± 1,7*	57,0 ± 1,5	62,6 ± 2,3*	76,6 ± 3,2*	89,2 ± 4,6*	108,4 ± 8,4*						
ММВ, сек	9,3 ± 1,6	7,2 ± 0,7	11,6 ± 1,3*	12,7 ± 1,0	11,8 ± 0,8	11,8 ± 1,8	14,5 ± 1,7*	15,6 ± 1,6	19,2 ± 3,5						

Примечание: достоверные различия средних величин рассчитаны по ANOVA для непараметрических независимых выборок:

\* – по отношению к предыдущей возрастной группе ( $P \leq 0,05$ ).

а в 14 лет – 11 см; по массе тела – 2-10 кг.

Однако параллельно увеличивалось число дисгармонично развивающихся школьников в разных областях страны и за рубежом [6,38,39,42]. Обнаружены тенденции к возрастанию доли детей с относительно низкой массой тела и одновременное увеличение количества детей с избытком МТ, низкорослостью [38,6]. К 13-14 годам дисгармоничное развитие встречается у 44-50% школьников [1,20]. В нашем исследовании гармонично развитых детей было 53,9%, а дисгармоничных – 46,1% (табл.2).

Таблица 2

Уровень и гармоничность физического развития мальчиков 7-14 лет (%)

Возраст, лет	УФР			ГФР		
	Высокий	Средний	Низкий	1 гр.	2 гр.	3 гр.
7	12,5	56,2	31,3	37,5	62,5	0
8	21,4	60,7	17,9	42,9	50,0	7,1
9	20,0	60,0	20,0	55,0	42,5	2,5
10	23,4	67,2	9,4	59,4	35,9	4,7
11	15,2	64,4	20,3	66,1	28,8	5,1
12	0	73,9	26,1	52,2	34,8	13,0
13	20,0	63,3	16,7	43,3	43,3	13,4
14	19,4	77,4	3,2	51,6	48,4	0
15	18,2	72,7	9,1	45,5	54,5	0

Примечание. Гармоничность физического развития: 1 группа – гармоничное ФР; 2 группа – дисгармоничность по дефициту МТ и ОГК; 3 группа – дисгармоничность по избытку МТ.

Параллельно наблюдалось реальное снижение силы мышечных групп у современных школьников по сравнению со сверстниками 70-х годов и особенное снижение по силовому показателю мышечных групп спины. Так, станова сила у обследуемых нами мальчиков 12-14 лет в среднем составила 76,0 кг (табл. 1), а в 1976 году – 88,8 кг [15].

Указанные исследователи объясняют это такими факторами, как недостаток физической активности, нарушения питания, хроническое недосыпание, снижение интереса к спортивным занятиям и т.д. Однако сводить физическое развитие только к оценке некоторых морфологических показателей является методологически неправильным. В современной трактовке под физическим развитием понимают комплекс морфофункциональных признаков, характеризующий возрастной уровень биологического развития организма. Совокупность морфологических и функциональных показателей следует рассматривать с позиции одного из основных принципов биологии – единства структуры и функции.

Поэтому на следующем этапе мы оценивали у обследуемых детей уровень функционального состояния организма по показателям кардиореспираторной системы, которая рассматривается многими авторами в качестве универсального индикатора адаптивных возможностей организма и его функциональных резервов [2,5,8,16].

Одним из наиболее простых и в то же время объективных методов оценки функциональных возможностей и способностей (резервов) организма является исследование кардиореспираторной системы в условиях физиологического покоя и после стандартных физических нагрузок [5].

Таблица 3.

## Показатели кардио-респираторной системы школьников 7-15 лет

Показатели	Возраст, лет									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
N (кол-во чел.)	16	28	40	64	59	23	30	31	11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>ПОКАЗАТЕЛИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ</b>										
ЖЕЛ, л	1,48 ± 0,05	1,59 ± 0,05	1,82 ± 0,05*	2,06 ± 0,04*	2,18 ± 0,04*	2,34 ± 0,05*	2,72 ± 0,09*	3,27 ± 0,1*	3,85 ± 0,2*	
ЖП, мл/кг	61,9 ± 1,9	62,1 ± 1,9	65,8 ± 1,0	67,3 ± 1,9	64,8 ± 1,8	66,1 ± 2,8	65,4 ± 1,8	68,5 ± 1,2	72,8 ± 2,2	
МСПВ (вдох), л/сек	1,57 ± 0,06	1,84 ± 0,07*	2,23 ± 0,07*	2,54 ± 0,07*	2,72 ± 0,08	2,99 ± 0,15	3,76 ± 0,16*	4,44 ± 0,17*	5,04 ± 0,3	
МСПВ (выдох), л/сек	1,94 ± 0,08	2,12 ± 0,06	2,46 ± 0,09*	2,7 ± 0,07*	2,84 ± 0,1	2,91 ± 0,12*	3,59 ± 0,13	4,11 ± 0,13*	4,27 ± 0,24	
МСПВ вл/выд	0,79 ± 0,03	0,83 ± 0,03	0,92 ± 0,03*	0,93 ± 0,02	0,96 ± 0,02	1,05 ± 0,03*	1,05 ± 0,03	1,1 ± 0,03	1,22 ± 0,05	
<b>ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ</b>										
ЧСС (покой), уд/мин.	94,1 ± 2,4	88,5 ± 2,3	89,0 ± 1,6	85,9 ± 1,7	83,7 ± 1,9	82,7 ± 1,2	82,1 ± 2,3	80,3 ± 2,4	78,8 ± 4,3	
АД сист. (покой), мм.рт.ст.	102,2 ± 1,8	97,3 ± 0,9*	98,7 ± 1,5	100,8 ± 1,1	96,7 ± 1,4*	100,5 ± 1,6	98,8 ± 2,0	110,6 ± 2,2*	112,7 ± 2,9	
АД диаст. (покой), мм.рт.ст.	70,6 ± 1,4	68,2 ± 1,2	70,2 ± 1,3	69,4 ± 0,8	67,2 ± 1,1	69,6 ± 1,1	68,1 ± 1,8	76,6 ± 1,7*	77,7 ± 1,9*	
ПД (покой), мм.рт.ст.	31,6 ± 2,1	29,1 ± 0,9	28,4 ± 0,9	31,3 ± 0,7*	29,4 ± 0,6	30,9 ± 1,6	30,7 ± 1,3	34,0 ± 0,9*	35,0 ± 2,9	
ХИП (покой), у.е.	96 ± 5	86 ± 4	88 ± 4	87 ± 4	81 ± 3	83 ± 4	81 ± 4	89 ± 5	89 ± 5	
ИН, у.е.	124 ± 23	98 ± 7	99 ± 12	113 ± 16	103 ± 28	78 ± 6	104 ± 14	93 ± 15	107 ± 32	

окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ИВТ, у.е.	152 ± 25	127,1 ± 9	130 ± 12	147 ± 22	131 ± 23	112 ± 8	139 ± 18	132 ± 15	151 ± 32
СОК (покой), мл	35,3 ± 1,5	39,2 ± 0,8*	41,6 ± 0,9*	45,9 ± 0,6*	50,6 ± 0,8*	55,0 ± 1,9	55,5 ± 1,2	54,1 ± 1,4	56,6 ± 1,9
МОК (покой), мл	3,3 ± 0,2	3,5 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,9 ± 0,1*	4,2 ± 0,1*	4,4 ± 0,1	4,5 ± 0,2	4,4 ± 0,1	4,3 ± 0,2
ОПСС, дин · с · см <sup>-5</sup>	2024 ± 116	1887 ± 83	1826 ± 66	1653 ± 44	1506 ± 34	1372 ± 107	1433 ± 60	1650 ± 54*	1689 ± 109
ИФИ, у.е.	2,03 ± 0,03	1,89 ± 0,03*	1,92 ± 0,04*	1,92 ± 0,04	1,82 ± 0,05	1,80 ± 0,04	1,84 ± 0,06	2,03 ± 0,07*	2,03 ± 0,12
СП (сумма пульсов), уд./мин.	329 ± 11	346 ± 7	326 ± 6*	315 ± 4	312 ± 5	290 ± 4*	304 ± 9	340 ± 7*	-
ЧСС (нагр.), уд/мин	155,2 ± 2,7	158,8 ± 2,2	162,9 ± 2,2	160,4 ± 1,7	161,1 ± 2,1	159,7 ± 3,0	164,1 ± 2,8	165,5 ± 3,3	159,9 ± 5,2
АД сист. (нагр.), мм.рт.ст.	116,5 ± 1,2	118,4 ± 1,6	117,9 ± 1,1	122,6 ± 1,3*	124,3 ± 1,2	125,0 ± 2,4	132,0 ± 2,6*	138,3 ± 2,8	139,5 ± 3,0
АД диаст. (нагр.), мм.рт.ст.	66,7 ± 0,8	67,7 ± 0,9	66,2 ± 0,9	63,6 ± 1,2	66,8 ± 1,0*	67,5 ± 1,4	64,8 ± 2,2	62,6 ± 3,0	63,2 ± 3,0
ПД, (нагр.), мм.рт.ст.	48,7 ± 1,3	50,6 ± 1,4	51,8 ± 1,5	59,0 ± 1,7*	57,5 ± 1,4	57,6 ± 1,9	67,6 ± 3,4*	75,6 ± 5,7	76,4 ± 4,4
ХИП (нагр.), у.е.	174 ± 8	181 ± 5	196 ± 4*	198 ± 4	199 ± 4	203 ± 7	220 ± 6	228 ± 8	225 ± 1
СОК (нагр.), мл	45,6 ± 1,0	50,3 ± 1,1*	55,0 ± 1,1*	63,4 ± 1,4*	63,9 ± 1,2	66,7 ± 1,5	75,5 ± 3,1*	85,0 ± 4,7	88,3 ± 3,7
МОК (нагр.), мл	7,0 ± 0,2	7,9 ± 0,0*	9,0 ± 0,2*	9,9 ± 0,2*	10,2 ± 0,3	10,6 ± 0,3	11,9 ± 0,4*	13,8 ± 1,0	14,2 ± 1,0

Примечание: достоверные различия средних величин рассчитаны по ANOVA для непараметрических независимых выборок:  
\* — по отношению к предыдущей возрастной группе (P ≤ 0,05).

Как видно из табл. 3, в онтогенезе достоверно возрастала жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – с  $1,48 \pm 0,06$  до  $3,85 \pm 0,19$  л, тогда как жизненный показатель (ЖП) у мальчиков до 13 лет был практически одинаков, и только в 14-15 лет он достоверно увеличивался. Это свидетельствует о том, что прирост дыхательного объема в этом возрасте был выше, чем увеличение массы тела, что и обуславливает большие функциональные возможности дыхательной системы. На это же указывает увеличение максимальной скорости потока воздуха при вдохе и выдохе (МСПВвд, МСПВвыд) (табл. 3). Причем, прирост максимальной скорости потока воздуха на вдохе был больше, чем на выдохе, в связи с чем достоверно повышался коэффициент, отражающий их отношения. Вероятно, это обусловлено более выраженным развитием мышц вдоха по сравнению с экспираторными мышцами. Высказанное предположение подтверждается также расчетами относительных изменений: максимальная скорость потока воздуха при вдохе на единицу массы тела достоверно увеличивалась у обследуемых 7 - 15 лет с  $0,066 \pm 0,002$  до  $0,098 \pm 0,006$  л/с, тогда как при выдохе она практически не изменялась –  $0,081 - 0,085$  л/с. Особенно интенсивный прирост показателей, характеризующих резервные возможности дыхательной системы, отмечался с 13 до 15 лет.

Таким образом, развитие респираторной системы в онтогенезе мальчиков характеризуется прогрессивным увеличением функциональных возможностей, особенно в пубертатный период.

Адаптивные возможности организма зависят не только от функциональных возможностей и способностей респираторного аппарата, но и от функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Из табл. 3 видно, что в состоянии функционального покоя у мальчиков в динамике индивидуального развития происходило достоверное уменьшение частоты сердечных сокращений с  $94,1 \pm 2,4$  в 7 лет до  $78,8 \pm 4,3$  циклов в 15 лет. Систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) давление и, соответственно, пульсовое давление существенно не изменялось с 7 до 13 лет, а в 14-15 лет оно достоверно возрастало на 10-12 мм рт.ст.

По расчетным данным систолический объем крови (СОК) увеличился у мальчиков с 7 до 12 лет (в среднем на 20 мл), в последующие возрастные периоды он практически уже не изменялся. Минутный объем крови (МОК) был примерно одинаковым у учащихся 7-9 лет, затем отмечалось достоверное его повышение до 12-летнего возраста. На этом уровне МОК оставался у подростков 13-15 лет.

Сопоставляя изменения частоты сердечных сокращений, СОК и МОК в онтогенезе, можно заключить, что с 9 до 12 лет повышение МОК обусловлено увеличением ударного объема сердца, так как частота сердечных сокращений в этом возрастном интервале даже уменьшалась. Вероятно, определенную роль в этом играло и изменение общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС). У школьников с 7 до 12 лет оно прогрессивно снижалось, а с 13 до 15 лет – снова возрастало (табл. 3). По-видимому, это явилось следствием выраженного ростового скачка организма и удлинения кровеносных сосудов [33].

Функциональные возможности сердечно-сосудистой системы можно оценить также по некоторым другим расчетным показателям. Так, индекс напряжения (ИН), характеризующий адаптивные возможности системы и уро-

вень централизации регуляторных механизмов [5], у обследуемых всех возрастных групп был в пределах нормативных величин (80-160 усл.ед), что свидетельствовало о хорошем функциональном состоянии организма детей и подростков.

Не выявилось существенных возрастных отличий и в соотношении тонуса симпатической и парасимпатической нервной системы (индекс вегетативного баланса был в пределах 112 –152 усл.ед.). Однако, индекс функциональных изменений (ИФИ), по Р. М. Баевскому [4], оценивающий адаптационные возможности системы кровообращения, показал ухудшение указанных параметров у подростков 14-15 лет по сравнению с предыдущими возрастами (ИФИ увеличивался; табл. 3).

Таким образом, в целом функциональное состояние сердечно-сосудистой системы организма в покое с возрастом улучшалось до 12-13 лет, а в 14-15-летнем возрасте отмечалось снижение функциональных возможностей исследуемой системы.

Однако для характеристики адаптационных способностей системы к адекватному кровоснабжению организма в различные возрастные периоды более важной является оценка ее реакции на нагрузочные пробы [24]. В качестве нагрузки был выбран степ-эргометрический тест мощностью 12кгм/мин кг.

Выполнение этой нагрузки достигалось за счет увеличения частоты сердечных сокращений при большем использовании резервов миокарда (ЧСС и хроноинотропный индекс по сравнению с покоем увеличивались более существенно у подростков, чем у детей 7-11 лет) (табл.3). Параллельно происходило повышение систолического и минутного объема крови (табл.3). Однако, если у мальчиков 7-8 лет прирост СОК и МОК после нагрузки по сравнению с покоем составил, соответственно, 29% и 120%, то у подростков 14-15 лет - 56 % и 230 %.

В пубертатный период физическая нагрузка вызывала также более существенное повышение систолического и пульсового давления (табл. 3). Особо следует подчеркнуть достоверно значимое увеличение в онтогенезе хроноинотропного показателя (ХИП) после нагрузки (табл. 3), который характеризует эффективность функционирования миокарда (повышение ХИП свидетельствует об ухудшении экономичности деятельности сердца) [14].

Показатель абсолютной физической работоспособности в онтогенезе увеличивался с 10-летнего возраста, и особенно интенсивно в 13-15 лет, тогда как относительные показатели ФР уменьшались, особенно с 7 до 9 и с 12 до 14 лет.

Следовательно, в онтогенезе у мальчиков, не занимающихся систематически физической культурой и спортом, несмотря на увеличение функциональных возможностей в состоянии покоя, адаптационные резервы сердечно-сосудистой системы снижаются, в связи с чем у подростков пробы с физической нагрузкой обеспечиваются большей «ценой», чем у детей I-II периодов детства.

Для получения интегральной характеристики морфофункционального развития обследуемых детей мы применили метод морфокинетического синтеза [28]. В целом морфофункциональное развитие мальчиков протекает наиболее интенсивно с 8 до 10 и с 12 до 14 лет (рис.).

Снижение темпов развития в 7-8 лет, вероятно, обусловлено началом школьного обучения и адаптацией к новым социальным условиям [2]. В 10-12 лет, по данным литературы [7], в условиях относительного покоя происходит переход многих систем организма на дефинитивный уровень функционирования, что, вероятно, и отражено в замедлении темпов развития. Третий период снижения темпов морфофункционального развития в 14-15 лет может свидетельствовать о завершении пубертатного этапа созревания организма подростка.



*Рис.* Интегральная характеристика морфофункционального развития учащихся 7-15 лет

Однако только сопоставление индивидуальных показателей развития организма с уровнем полового созревания в рамках одного календарного возраста позволит объективно обосновать указанное предположение. В последние годы появляется все больше работ, свидетельствующих о взаимосвязи уровня полового развития и морфофункционального состояния многих систем и организма в целом [7,32].

#### **Выводы**

1. Сопоставление антропометрических и функциональных показателей мальчиков с аналогичными данными прошлых лет выявило тенденцию к астенизации и параллельное увеличение дисгармонично развивающихся школьников.
2. В онтогенезе у мальчиков, не занимающихся систематически физической культурой и спортом, несмотря на увеличение морфологических и функциональных возможностей в состоянии покоя, адаптационные резервы сердечно-сосудистой системы снижаются, в связи с чем у подростков пробы с физической нагрузкой обеспечиваются большей «ценой», чем у детей I-II периодов детства.
3. В динамике морфофункциональное развитие мальчиков имеет разные индивидуальные темпы и протекает наиболее интенсивно с 8 до 10 и с 12 до 14 лет.
4. В критические периоды онтогенеза — в 7–8 и 14–15 лет — отмечаются более низкие темпы развития и увеличение дисгармонизации морфофункционального состояния организма мальчиков по сравнению с 10–11-летними подростками.

## Литература

1. **Абросимова, Л. И., Кабирова, Е. В., Симакова, Т. А.** Физическое развитие детей Кировской области / Л. И. Абросимова, Е. В. Кабирова, Т. А. Симакова // Гигиена и санитария. – 1998. – № 2. – С. 31–32.
2. **Антропова, М. В., Манке, Г. Г., Кузнецова, Т. Д. и др.** Возрастная динамика работоспособности / М. В. Антропова, Г. Г. Манке, Т. Д. Кузнецова и др. // Физиология развития ребенка / Под ред. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер. – М.: УРАО, 2000. – С. 259–274.
3. **Аулик, И. В.** Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И. В. Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 191 с.
4. **Баевский, Р. М., Кириллов, О. И., Клецкин, С. З.** Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 226 с.
5. **Баевский, Р. М., Максимов, А. Л., Берсенева, А. П.** Основы экологической валеологии человека / Р. М. Баевский, А. Л. Максимов, А. П. Берсенева. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2001. – 267 с.
6. **Баранов, А. А., Цибульская, И. С., Альбицкий, В. Ю. и др.** Здоровье детей России / А. А. Баранов, И. С. Цибульская, В. Ю. Альбицкий. – М.: СПР, 1999. – 275 с.
7. **Безруких, М. М., Фарбер, Д. А.** Теоретические аспекты изучения физиологического развития ребёнка / М. М. Безруких, Д. А. Фарбер // Физиология развития ребёнка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 9–13.
8. **Берсенева, А. П.** Контроль уровня здоровья для проведения оздоровительных мероприятий / А. П. Берсенева // Адаптация человека к климато-географическим условиям и первичная профилактика. – Новосибирск, 1986. – Т. 2. – С. 188–189.
9. **Бунак, В. В.** Методика антропометрических исследований / В. В. Бунак. – М.; Л.: Биомедгиз, – 1931. – 168 с.
10. **Бутченко, Л. А.** Электрокардиография в спортивной медицине / Л. А. Бутченко. – М.: Медгиз, 1963. – 194 с.
11. **Воронков, Е. Г.** Морфофункциональные особенности организма коренного и пришлого человека Горного Алтая на постпубертатном этапе онтогенеза / Е. Г. Воронков: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тюмень, 2001. – 21 с.
12. **Гребнева, Н. Н., Кривошеков, С. Г., Загайнова, А. Б.** Особенности формирования и функциональные резервы детского организма в условиях Западной Сибири: Монография / Н. Н. Гребнева, С. Г. Кривошеков, А. Б. Загайнова / Под общей ред. С. Г. Кривошекова. – Тюмень: Изд-во ТГУ 2001. – 128 с.
13. **Држевецкая, И. А.** Эндокринная система растущего организма: учебное пособие для биол. спец. вузов / И. А. Држевецкая. – М.: Высшая школа, 1987. – 207 с.
14. **Ендропов, О. В.** Аэробная производительность подростков как фактор интеграции функциональных систем в онтогенезе / О. В. Ендропов // Интеграция функциональных систем в онтогенезе: межвуз. сб. науч. трудов. – Новосибирск, 1990. – С. 105.

15. Каганович, Д. И., Петруничева, П. К. Методические материалы по оценке состояния здоровья школьников Новосибирской области: Методические материалы / Д. И. Каганович, П. К. Петруничева. – Новосибирск, 1978. – 39 с.
16. Карпман, В. Л., Белоцерковский, З. Б., Гудков, И. А. Тестирование в спортивной медицине / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 207 с.
17. Козлов, В. И., Фарбер, Д. А. Основные теоретические предпосылки изучения физиологии развития ребенка / В. И. Козлов, Д. А. Фарбер // Биологический возраст и возрастная периодизация. – М., 1977. – С. 5.
18. Колесов, Д. В., Сельверова, Н. Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания / Д. В. Колесов, Н. Б. Сельверова. – М.: Педагогика, 1978. – 145 с.
19. Мартынов, И. Ф. Функциональные методы исследования внешнего дыхания / И. Ф. Мартынов. – М., 1971. – 142 с.
20. Матвеева, Н. А., Кузмичев, Ю. Г., Богомолова, Е. С. и др. Динамика физического развития школьников Н. Новгорода / Н. А. Матвеева, Ю. Г. Кузмичев, Е. С. Богомолова и др. // Гигиена и санитария. – 1997. – № 2. – С. 26–32.
21. Паршин, В. С., Ильин, А. А., Тарасова, В. Г. и др. Связь величины объема щитовидной железы с антропометрическими параметрами физического развития / В. С. Паршин, А. А. Ильин, В. Г. Тарасова и др. // Вестн. РАМН. – М., Медицина, 1997. – № 2. – С. 41–44.
22. Поляков, А. Я., Петруничева, К. П., Гигуз, Т. Л. Методические материалы по оценке физического развития детей школьного возраста г. Новосибирска / А. Я. Поляков, К. П. Петруничева, Т. Л. Гигуз и др. – Новосибирск, 1998. – 37 с.
23. Розенблат, В. В. Проблема утомления / В. В. Розенблат. – М.: Медицина, 1975. – 175 с.
24. Рубанович, В. Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой: учебное пособие / В. Б. Рубанович. – Новосибирск, 1998. – 283 с.
25. Сельверова, Н. Б., Филиппова, Т. А. Развитие системы нейроэндокринной регуляции / Н. Б. Сельверова, Т. А. Филиппова // Физиология развития ребёнка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 104–127.
26. Слоним, А. Д. Основные итоги и перспективы экологической физиологии человека / А. Д. Слоним // Физиология человека. – 1984. – Т. 10. – № 1. – С. 3–10.
27. Ставицкая, А. Б., Арон, Д. И. Методика исследования физического развития детей и подростков / А. Б. Ставицкая, Д. И. Арон. – М., 1959. – 185 с.
28. Стефанов, С. Б. Измерение морфофункционального единства: метод и некоторые результаты / С. Б. Стефанов. – Пушкино: Научный центр биологических исследований, 1974. – 14 с.
29. Суханова, Н. Н. Физическое развитие школьников к концу XX века: анализ и прогноз / Н. Н. Суханова // Российский педиатрический журнал. – 1999. – № 2. – С. 36–41.
30. Табунов, А. И. Основные методы определения количества жировой ткани в организме ребенка и их значение / А. И. Табунов // Педиатрия. – 1977. – № 10. – С. 90–93

31. **Таннер, Дж.** Рост и конституция человека / Дж. Таннер // Биология человека / Дж. Харрисон, Дж. Уайнер, Дж. Таннер и др. – М.: Мир, 1979. – С. 336–471.

32. **Тихвинский, С. Б., Минаева, Н. Н., Мусин, З. Х.** Комплексная оценка функционального состояния юных пловцов, имеющих различные соматотипы и уровень биологического созревания / С. Б. Тихвинский, Н. Н. Минаева, З. Х. Мусин // Дети и олимпийское движение: материалы симпозиума детской Сибириады-93. – Новосибирск, 1993. – С. 87–88.

33. **Тупицин, И. О., Андреева, И. Г., Безобразова, В. Н. и др.** Развитие системы кровообращения / И. О. Тупицин, И. Г. Андреева, В. Н. Безобразова и др. // Физиология развития ребёнка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 148–166.

34. **Фарбер, Д. А.** Физиология подростка / Д. А. Фарбер. – М.: Педагогика, 1989. – 167 с.

35. **Чурин, В. Д.** О хроноинотропном резерве миокарда / В. Д. Чурин // Физиология человека. – 1978. – Т. 4. – № 3. – С. 394.

36. **Шварц, В. Б., Хрущёв, С. В.** Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора / В. Б. Шварц, С. В. Хрущев. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 152 с.

37. **Бжикова, Е. А.** Психофизиологическая и морфофункциональная характеристика подростков 14–15 лет алтайской и русской национальности: дис. ... канд. биол. наук. / Е. А. Бжикова. – Новосибирск, 2000. – 135 с.

38. **Ямпольская, Ю. А.** Физическое развитие и адаптационные возможности современных школьников / Ю. А. Ямпольская // Российский педиатрический журнал. – 1998. – № 1. – С. 8–11.

39. **Olds, T. S., Harten, N. R.** One hundred years of growth: the evolution of height, mass, and body composition in Australian children, 1899–1999 / T. S. Olds, N. R. Harten // Human Biology. – 2001. – V. 73. – № 5. – P. 727–738.

40. **Parizkova, J.** Body composition and build as a criterion of physical fitness during growth and development / J. Parizkova // Physical fitness and its Laboratory Assessment. – Universitat Carolina Pragensis, 1970. – P. 66.

41. **Starr, Y.** Clinical tests of simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age / Y. Starr // Circulation. – 1954. – № 9. – P. 664–668.

42. **Vignerova, J., Blaha, P., Kobzova, Jetc.** Growth and development of school children / J. Vignerova, P. Blaha, Jetc Kobzova // Central European Journal of Public Health. – 2000. – V. 8. – P. 21–23.