

УДК 612.6:612.017.2:612.13-053.5-055.2

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И АДАПТАЦИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У ДЕВОЧЕК 7–15 ЛЕТ

Тятенкова Н.Н., Кузьмичева А.П., Митягова А.А.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославль,  
e-mail: tyat@bk.ru

Проведено обследование 1213 девочек 7–15 лет, проживающих в г. Ярославле. По общепринятым методам регистрировали основные антропометрические и функциональные показатели, рассчитывали индекс Кердо, индекс Руфье и адаптационный потенциал. Исследование выявило, что с возрастом функциональные и адаптационные резервы системы кровообращения школьниц снижаются. Показано, что наиболее существенные изменения приходились на первый и пятый годы обучения. У девочек 7–10 лет функциональные резервы системы кровообращения оценивались как высокие, в 11–14 лет – средние, в 15 лет – низкие. Возрастная динамика заключалась в увеличении доли девочек с низкими резервами и снижении частоты встречаемости лиц с высокими резервами системы кровообращения. Индивидуальная оценка показала, что наибольшее количество лиц с высокими резервами сердечно-сосудистой системы отмечено среди девочек 10 лет. Отмечено увеличение средних значений адаптационного потенциала с 1,52 у девочек 7 лет до 1,92 в 15 лет, что свидетельствовало о снижении адаптационных возможностей организма. С возрастом увеличивалась доля девочек с напряжением механизмов адаптации. Во всех возрастных группах (за исключением 10-летних) преобладали девочки-симпатотоники.

**Ключевые слова:** школьницы, система кровообращения, адаптационный потенциал, функциональные резервы, частота сердечных сокращений, артериальное давление

## FUNCTIONAL AND ADAPTIVE RESERVES OF CIRCULATORY SYSTEM OF GIRLS AGED 7 TO 15

Tyatenkova N.N., Kuzmicheva A.P., Mityagova A.A.

P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, e-mail: tyat@bk.ru

The survey was done among 1213 girls aged 7 to 15 living in Yaroslavl. Basic anthropometric and functional parameters were registered by conventional methods, Kredo index, Rufe index, and adaptation potential were calculated. The research revealed that functional and adaptive reserves of the circulatory system of schoolgirls reduce with age. The most significant changes were observed in the first and fifth grades. The functional reserves of the circulatory system of girls aged 7 to 10 were estimated as high, of girls aged 11 to 14 as medium, aged 15 – as low. The age dynamics was in the increase of the proportion of girls with low reserves and the decrease in the number of persons with high reserves of the circulatory system. Individual assessment showed the highest number of persons with high reserves of the cardiovascular system among girls aged 10. There was an increase of the average levels of adaptive capacity from 1,52 among the girls aged 7 to 1,92 among the girls aged 15, which indicated a decrease of the adaptive capacity of the body. The number of girls with stressed mechanisms of adaptation increased with age. In all age groups (except the girls aged 10) sympathotonic girls prevailed.

**Keywords:** schoolgirl, circulatory system, adaptation potential, functional reserves, heart rate, blood pressure

Оценка состояния здоровья человека очень часто осуществляется с позиций приспособления организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды. Эффективность приспособления, или адаптация, зависит от внутренних и внешних воздействий. Среди последних немаловажное значение отводится внутришкольным факторам. Поступление ребенка в школу или иное учебное заведение вызывает перестройку динамического стереотипа в физиологических процессах и для школьника является экстремальным фактором [1]. Поэтому изучение адаптационных и резервных возможностей растущего организма в период школьного обучения является одной из важнейших медико-биологических и социальных проблем.

При оценке состояния организма важная роль отводится сердечно-сосудистой систе-

ме, которая является индикатором адаптационных процессов. Гемодинамические показатели часто используются исследователями для оценки функционального состояния организма детей и подростков [2–4].

Цель исследования: изучение динамики функциональных и адаптационных возможностей организма школьников в период получения систематического образования.

### Материалы и методы исследования

Исследование проведено на школьницах, с рождения проживающих в г. Ярославле. Объем выборки составил 1213 девочек в возрасте от 7 до 15 лет. Обследования проводили в первой половине дня, в течение второй учебной четверти, после предварительного информированного согласия родителей, учитывая положения «Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека».

В ходе работы измеряли длину тела (ДТ, см), массу тела (МТ, кг), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), артериальное давление систолическое (АДС, мм рт. ст.) и диастолическое (АДД, мм рт. ст.). Оценку функционального состояния сердечно-сосудистой системы проводили с использованием индекса Руфье (ИР, усл. ед), который рассчитывали по формуле:  $ИР = (ЧСС \times АДС) / 100$ . Классификацию функциональных состояний осуществляли по следующей градации: высокие резервы функционального состояния сердечно-сосудистой системы ( $ИР \leq 80$ ), средние резервы функционального состояния ( $80 < ИР < 90$ ), низкие резервы функционального состояния ( $ИР \geq 90$ ). Адаптационный потенциал (АП, балл) системы кровообращения рассчитывали по формуле, предложенной Р.М. Баевским с сотрудниками [5]:

$$АП = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times АДС + 0,008 \times АДД + 0,014 \times В + 0,009 \times МТ - 0,009 \times Р - 0,27,$$

где В – возраст (в годах).

Адаптационные резервы системы кровообращения оценивали по величине АП. Согласно данным литературы [6], использование нормативных шкал АП взрослого населения не позволяет адекватно оценить на индивидуальном уровне состояние механизмов адаптации в предефинитивной фазе онтогенеза. В настоящей работе использовалась классификация, предложенная М.В. Антроповой с соавт. [6], согласно которой выделялись следующие категории: удовлетворительная адаптация ( $АП \leq 1,90$  балла), напряжение механизмов адаптации ( $1,91 \leq АП \leq 2,09$ ), неудовлетворительная адаптация ( $2,10 \leq АП \leq 2,28$ ), срыв адаптации ( $АП \geq 2,29$ ). Дополнительно производили оценку вегетативных влияний на функциональное состояние миокарда по расчетному индексу Кердо

(ВИК):  $ВИК = (1 - АДД/ЧСС) \times 100$ . Значение  $ВИК > 10\%$  свидетельствовало о преобладании симпатических влияний (симпатикотония), ниже  $-10\%$  – о преобладании парасимпатических влияний (ваготония), при равновесии вегетативной нервной системы (эйтония) значение ВИК находилось в пределах от  $-10\%$  до  $+10\%$ .

По результатам обследования создана персоналифицированная база данных. Статистическую обработку проводили при помощи пакета прикладных программ Microsoft Excel. Для изучаемых параметров рассчитывали среднее арифметическое (М), ошибку среднего (m). Для оценки достоверности различий использовали парный t-критерий Стьюдента.

### Результаты исследования и их обсуждение

Оценку функционального состояния организма детей и подростков проводили по показателям сердечно-сосудистой системы. Среднегрупповые значения артериального давления и частоты сердечных сокращений у обследованных школьников представлены в табл. 1.

Частота сердечных сокращений является объективным показателем функционального состояния организма. Согласно данным литературы [7], ЧСС с возрастом имеет тенденцию к уменьшению, однако среди ярославских школьников подобная закономерность не отмечена. Среднегрупповые значения ЧСС в течение всего периода наблюдений менялись неоднозначно. У девочек 7–9 лет данный показатель существенно не менялся, статистически значимое снижение отмечено в группе десятилетних девочек, однако в 11 лет показатель достоверно увеличился. В дальнейшем, наблюдалась слабо выраженная тенденция увеличения ЧСС.

Таблица 1

Средние значения показателей гемодинамики (М ± m)

Возраст, лет	ЧСС		АДС		АДД	
	уд/мин.	р-уровень	мм рт. ст.	р-уровень	мм рт. ст.	р-уровень
7	79,59 ± 2,59	P <sub>9-10</sub> < 0,001 P <sub>10-11</sub> < 0,001 P <sub>12-13</sub> < 0,01	89,14 ± 1,99	P <sub>7-8</sub> < 0,001 P <sub>9-10</sub> < 0,001 P <sub>11-12</sub> < 0,05 P <sub>12-13</sub> < 0,05 P <sub>13-14</sub> < 0,01	57,12 ± 2,27	P <sub>7-8</sub> < 0,05 P <sub>8-9</sub> < 0,05 P <sub>11-12</sub> < 0,001
8	80,38 ± 2,69		95,89 ± 1,64		60,82 ± 1,99	
9	78,78 ± 2,04		96,17 ± 1,87		64,22 ± 1,71	
10	70,64 ± 1,49		102,28 ± 2,39		63,87 ± 2,46	
11	79,24 ± 3,10		103,67 ± 2,85		64,71 ± 2,11	
12	81,78 ± 1,51		107,54 ± 1,20		68,72 ± 0,87	
13	83,80 ± 1,24		105,72 ± 1,19		68,15 ± 0,87	
14	82,64 ± 1,44		108,22 ± 1,42		68,62 ± 0,94	
15	84,22 ± 1,49		107,02 ± 1,32		68,83 ± 0,91	

Успешность адаптации детей к школьному режиму выражается в снижении частоты сердечных сокращений. У ярославских школьников такое снижение наблюдается только к началу 4-го класса. Переход из младшего звена в среднее сопровождался увеличением ЧСС. Высокие значения ЧСС свидетельствуют о преобладании симпатических влияний на миокард. Известно, что симпатический отдел автономной нервной системы обеспечивает экстренный режим работы сердечно-сосудистой системы и приводит к физиологической напряженности организма.

Артериальное давление является интегральным показателем возрастного развития организма. С возрастом наблюдалось увеличение АДС, наиболее выраженное в течение первого и третьего годов обучения. Статистически значимое увеличение АДД отмечено у девочек 7–12 лет.

Сердечно-сосудистая система находится под влиянием автономной нервной системы. Оценка вегетативных влияний проводили по расчетному индексу Кердо. В течение периода наблюдений среднегрупповые и индивидуальные значения ВИК менялись неоднозначно (табл. 2). Наиболее высокие значения индекса отмечались у девочек 7 лет. Согласно данным литературы [8], для детей первого года обучения характерными являются активация и преобладание симпатического отдела вегетативной нервной системы с сопутствующими процессами диссимилиации.

К началу 4 года обучения (школьницы 10 лет) среднегрупповые значения ВИК резко уменьшились, при этом доля школьников с эйтоническим типом регуляции увеличилась на 20,6%. Снижение симпатических влияний к началу 4-го класса можно

рассматривать как формирование приспособительной реакции. При переходе в 5-й класс средние значения ВИК достоверно увеличились, при этом возросла доля девочек с преобладанием симпатической регуляции. Высокие значения ВИК сохранялись у школьниц 11–15 лет, что свидетельствовало о наличии у детей стресса и чрезмерной физиологической мобильности организма.

Уровень функциональных резервов сердечно-сосудистой системы определяли по индексу Руфье. С возрастом наблюдалось снижение функциональных резервов системы кровообращения (табл. 3). Среднегрупповые значения индекса Руфье у школьниц 7–10 лет соответствовали высоким функциональным резервам, в 11–14 лет – средним и у 15-летних девушек – низким. Индивидуальная оценка показала, что в начальной школе (7–11 лет) доля девочек с высокими функциональными резервами постепенно увеличивалась, а в дальнейшем наблюдалась устойчивая тенденция к снижению таковых. Следует отметить, что при переходе в 5-й класс (11 лет) резко возросла доля девочек с низкими функциональными резервами.

В течение всего периода наблюдения отмечено увеличение средних значений АП с 1,52 до 1,92 балла (табл. 4), что свидетельствовало о снижении адаптационных возможностей организма. При этом у школьниц 7–13 лет среднегрупповые значения АП соответствовали удовлетворительному уровню адаптации, а в 14–15 лет характеризовались напряжением механизмов адаптации. Подобная динамика отмечалась другими исследователями [9] и объясняется увеличивающимся объемом учебных нагрузок, снижением двигательной активности школьников.

Таблица 2

Средние значения вегетативного индекса Кердо и распределение школьниц в зависимости от типа вегетативной регуляции

Возраст, лет	ВИК, балл	p-уровень	Тип регуляции (доля обследованных, %)		
			Симпатикотония	Ваготония	Эйтония
7	27,10 ± 3,74	P <sub>8-9</sub> < 0,05 P <sub>9-10</sub> < 0,01 P <sub>10-11</sub> < 0,05 P <sub>12-13</sub> < 0,05	86,4	1,5	12,1
8	22,93 ± 3,59		86,3	6,1	7,6
9	17,09 ± 3,89		64,1	7,8	28,1
10	9,24 ± 3,87		46,2	5,1	48,7
11	16,37 ± 3,95		61,5	7,1	31,4
12	14,03 ± 1,98		62,1	5,4	32,5
13	17,46 ± 1,72		72,8	2,6	24,6
14	15,43 ± 1,89		72,9	6,7	20,4
15	16,99 ± 1,76		77,6	2,9	19,5

Таблица 3

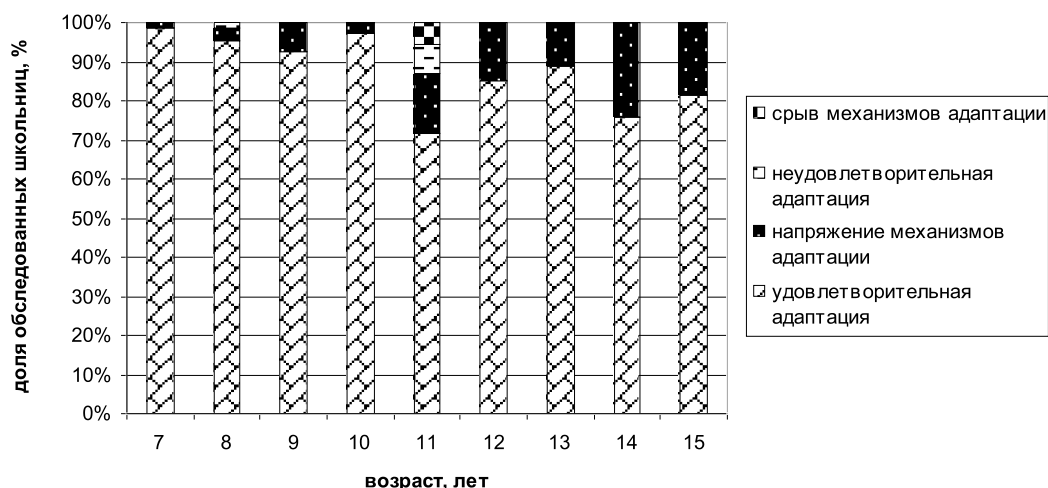
Средние значения индекса Руфье и распределение школьников в зависимости от уровня функционального состояния

Возраст, лет	ИР, балл	Р-уровень	Функциональное состояние (доля обследованных, %)		
			Высокие резервы	Средние резервы	Низкие резервы
7	71,1 ± 3,02	P <sub>7-8</sub> < 0,01 P <sub>9-10</sub> < 0,05 P <sub>10-11</sub> < 0,001 P <sub>11-12</sub> < 0,05	72,7	22,7	4,6
8	77,0 ± 2,77		60,6	34,9	4,5
9	75,7 ± 2,39		74,2	19,7	6,1
10	72,3 ± 2,34		87,1	10,3	2,6
11	82,4 ± 4,30		52,8	18,6	28,6
12	88,0 ± 1,91		37,8	24,3	37,9
13	88,6 ± 1,64		29,8	28,1	42,1
14	89,5 ± 2,02		29,8	24,0	46,2
15	90,2 ± 1,97		23,9	32,7	43,4

Таблица 4

Средние значения адаптационного потенциала у школьников 7–15 лет

Возраст, лет	Средние значения АП	Функциональное состояние	р-уровень
7	1,52 ± 0,06	Удовлетворительная адаптация	P <sub>7-8</sub> < 0,001 P <sub>10-11</sub> < 0,001 P <sub>11-12</sub> < 0,001 P <sub>13-14</sub> < 0,01
8	1,64 ± 0,05	Удовлетворительная адаптация	
9	1,64 ± 0,04	Удовлетворительная адаптация	
10	1,62 ± 0,05	Удовлетворительная адаптация	
11	1,75 ± 0,07	Удовлетворительная адаптация	
12	1,88 ± 0,03	Удовлетворительная адаптация	
13	1,87 ± 0,03	Удовлетворительная адаптация	
14	1,92 ± 0,03	Напряжение механизмов адаптации	
15	1,92 ± 0,03	Напряжение механизмов адаптации	



Распределение школьников в зависимости от функционального состояния (доля обследованных, %)

Наиболее существенное увеличение АП отмечено в течение 1, 4 и 5 годов обучения в школе. Первый год обучения в школе является для ребенка самым трудным. Процесс адаптации протекает медленно и слож-

но. Увеличение АП, сопровождающееся ухудшением адаптационных резервов организма, у школьников 4 и 5 классов связано, очевидно, с переходом из младшего звена школы в среднее, сопровождающееся изме-

нением микросоциальных условий, эмоциональным стрессом.

Индивидуальная оценка АП показала, что с возрастом увеличилась доля девочек с напряжением механизмов адаптации с 1,5% в первом классе до 18,5% в 9 классе. В 5-м классе отмечены школьницы с неудовлетворительной адаптацией и срывом механизмов адаптации (рисунок).

Таким образом, с возрастом функциональные возможности и адаптационные резервы сердечно-сосудистой системы девочек 7–15 лет развиваются неравномерно.

#### Заключение

Исследование позволило выявить динамику функциональных и адаптационных резервов организма школьниц. Пики изменений приходились на первый и пятый годы обучения. У девочек 7–10 лет функциональные резервы системы кровообращения оценивались как высокие, в 11–14 лет – средние, в 15 лет – низкие. Возрастная динамика заключалась в увеличении доли девочек с низкими резервами и снижении частоты встречаемости лиц с высокими резервами системы кровообращения. Индивидуальная оценка показала, что наибольшее количество лиц с высокими резервами сердечно-сосудистой системы отмечено среди девочек 10 лет. С возрастом наблюдается увеличение средних значений адаптационного потенциала, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей организма, при этом

увеличивалась доля девочек с напряженным механизмом адаптации.

#### Список литературы

1. Григорьев К.И. Реакции адаптации у детей и их значение в клинической практике // Фельдшер и акушерка. 1979. № 9. С. 13–16.
2. Анропова М.В., Параничева Т.М., Манке Г.Г., Тюрина Е.В. Здоровье и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы школьников 10–11 лет // Новые исследования. 2009. Т. 1. № 20. С. 15–25.
3. Димитриев Д.А., Димитриев, Карпенко Ю.Д. Возрастные особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы у школьников // Физиология и культура. 2011. № 2 (24). С. 42–46.
4. Новикова Е.И. Возрастное развитие функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы подростков // Электронный научно-образовательный журнал ВГПУ «Грани познания». 2011. № 3 (13). С. 1–4.
5. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Вакулин В.К., Палеев Н.Р., Хвастунов Р.М. Оценка эффективности профилактических мероприятий на основе измерения адаптационного потенциала системы кровообращения // Здоровоохранение Российской Федерации. 1987. № 8. С. 6–10.
6. Антропова М.В., Бородинкина Г.В., Кузнецова Л.М., Манке Г.Г., Параничева Т.М. Прогностическая значимость адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у детей 10–11 лет // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 1. С. 56–61.
7. Грицинская В.Л., Санчат Н.О., Ермошкина А.Ю. Функциональные и адаптивные резервы школьников республики Тыва // Мать и дитя в Кузбассе. 2013. № 1 (52). С. 27–30.
8. Порецкова Г.Ю., Печкуров Д.В., Емелина А.А. Некоторые функциональные особенности школьников в период адаптации к обучению // Медицинский альманах. 2012. № 5 (24). С. 131–134.
9. Максимова Е.В., Максимов С.А., Куракин М.С., Зинчук С.Ф., Воздвиженская К.С. Донтологическая характеристика состояния здоровья школьников в зависимости от уровня урбанизации места проживания // Медицина в Кузбассе. 2009. № 4 (15). С. 37–40.