

© Емельянчик Е. Ю., 2003

Е. Ю. Емельянчик

## ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ У ДОШКОЛЬНИКОВ

Красноярская государственная медицинская академия, г. Красноярск, РФ

С целью определения возможностей профилактики повышения АД у дошкольников в течение 4 лет проводилось медицинское наблюдение 73 детей дошкольного возраста, которые занимались по экспериментальной программе физического воспитания. Контрольную группу составили 33 ребенка, занимавшихся по общепринятой программе детских дошкольных учреждений. Возраст детей в начале исследования составил 3,3 года.

Установлено, что у детей на фоне активного двигательного режима увеличивается влияние парасимпатического звена вегетативной регуляции, которое детерминирует достоверно меньший уровень систолического АД и ЧСС и более высокие значения сердечного выброса. Тренирующий эффект регулярных физических нагрузок проявляется также формированием наиболее экономичной и эффективной реакцией сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. У детей с гиподинамией выявлены более высокие значения АД и неадекватные варианты реагирования вегетативной регуляции и сердечно-сосудистой системы на нагрузочную пробу.

Authors estimated the possibility of arterial hypertension prevention in preschool children. 73 preschool children who received special program of physical exercises were under observation during 4 years. 33 children received standard program of physical exercises for kindergartens were control group. The age of children was 3,3 years old in the beginning of observation. Authors showed that active physical exercises stimulated sympathetic chain of autonomic regulation, which led to significantly more low systolic BP and BPM and significantly more high cardiac ejection. Training effect of regular physical exercises also leads to forming of more economic and effective reaction of cardiovascular system on physical load. Children with low physical activity had more high BP parameters and demonstrated inadequate variants of autonomic regulation and of cardiovascular system reaction on loading tests.

Исследования последних лет в области профилактической медицины убедительно доказали, что реальное снижение заболеваемости населения артериальной гипертензией (АГ) и смертности от сосудистых катастроф в значительной степени зависят от внедрения массовых (на уровне популяции) образовательных программ профилактической направленности. Причем наиболее эффективным и доступным считается проведение подобных программ у детей и подростков в силу их организованности и незавершенного формирования отношения к своему здоровью [1, 2, 5, 7].

Поскольку центральное место среди факторов, способствующих развитию АГ, занимает гиподинамия, особый интерес представляют альтернативные программы физического воспитания детей в организованных коллективах [2].

С целью определения особенностей адаптации детей дошкольного возраста к активному двигательному режиму и возможностей предотвращения негативного влияния гиподинамии на сердечно-сосудистую систему проводилось медицинское наблюдение за состоянием здоровья детей, посещающих детские дошкольные учреждения с экспериментальной программой физического воспитания.

### Материалы и методы исследования

В течение 4 лет (1996—2000 гг.) под наблюдением находились 106 детей из детских садов г. Красноярск. Из них 73 ребенка (средний возраст  $3,3 \pm 0,3$  года) составили экспериментальную группу, которая занималась 5 раз в неделю по методике комплексного развития двигательных качеств (45-минутные уроки, содержащие игры и упражнения на развитие

силы, ловкости, гибкости, выносливости и быстроты реакции). Контрольную группу составили 33 ребенка (средний возраст  $3,3 \pm 0,4$  года), занимающихся по программе, общепринятой в дошкольных учреждениях.

Проводили клиническое обследование и наблюдение с динамической оценкой показателей физического развития (в обеих группах не более 10% детей имели негармоничное физическое развитие, обусловленное, как правило, дефицитом или избытком массы тела), а также физикальное обследование сердечно-сосудистой системы с обязательным мониторингом артериального давления (АД) методом Короткова. Изучение особенностей вегетативной регуляции проводили методом кардиоинтервалографии (КИГ) на автоматизированном комплексе «Анализатор структуры синусового ритма» с оценкой индекса напряжения регуляторных систем организма ( $ИН_{pc}$ , у.е.), характеризующего вегетативный баланс организма. Функциональное исследование деятельности сердечно-сосудистой системы проводили методом тетраполярной грудной реографии на автоматизированном комплексе на основе отечественного реографа «РПГ-4» с анализом следующих показателей: ударный объем крови (УО, мл), отражающий величину сердечного выброса за одно сердечное сокращение; минутный объем крови (МО, л/мин) — показатель величины сердечного выброса в единицу времени; индекс периферического сопротивления (ИПС, %), характеризующий тонус резистивных сосудов — мелких артерий, артериол. Определение адаптационных возможностей систем регуляции и кровообращения проводили по пробе с физической нагрузкой — Гарвардский степ-тест (30 восхождений в минуту на ступеньку высотой 30 см в течение 3 мин в соответствии с общепринятыми требованиями — перед началом пробы в исходном состоянии и на 1-й, 3-й и 5-й минутах восстановительного периода регистрировали электро- и кардиоинтервалограмму; критериями для прекращения нагрузочной пробы были отказ ребенка продолжать восхождение из-за усталости, появление одышки, учащение пульса более 170 ударов

в минуту, резкая бледность или гиперемия кожных покровов.

Математическую обработку полученных данных проводили методом вариационной статистики, для сравнения средних вычисляли величину критерия Стьюдента. Обработку проводили с использованием пакета программ «Biostat».

### Результаты и их обсуждение

При оценке особенностей вегетативной регуляции в начале обследования (1996 г.) у детей обеих групп отмечалось выраженное преобладание симпатической регуляции: средние значения  $ИН_{pc}$  превысили верхнюю границу общепринятой нормы (90 у.е.) и составили 117,5—118,4 у.е. в экспериментальной группе, 120—122 у.е. в контрольной группе (табл. 1). Увеличение  $ИН_{pc}$  в рассматриваемых группах отразило не только характерные возрастные особенности вегетативного статуса, обусловленные «физиологической симпатотонией», но и напряжение адаптационных механизмов у детей в ответ на стресс, связанный с началом посещения детского дошкольного учреждения.

По мере роста и взросления детей происходило становление вегетативного баланса, то есть увеличение влияния парасимпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС), что нашло отражение в снижении средних величин  $ИН_{pc}$  в обеих группах. Однако в экспериментальной группе среднее значение показателя оказалось достоверно более низким, чем в контрольной (50,4 у.е. у девочек и 49,3 у.е. у мальчиков против 81,9 у.е. и 75,9 у.е. соответственно).

Таблица 1

Динамика исходного вегетативного статуса у дошкольников

Показатели	Экспериментальная группа		Контрольная группа	
	1996	2000	1996	2000
Девочки				
n	37	32	17	16
$ИН_{pc}$ , у.е.: $M \pm \sigma$	117,54 $\pm$ 28,11	50,38 $\pm$ 11,04*	120,0 $\pm$ 39,53	81,87 $\pm$ 5,44**
Me	99	52	118	81
Max/min	224/41	74/21	240/74	97/74
$\Delta$ $ИН_{pc}$ , %		-57,9 $\pm$ 16,2		-31,8 $\pm$ 11,5
Мальчики				
n	36	33	16	14
$ИН_{pc}$ , у.е.: $M \pm \sigma$	118,4 $\pm$ 38,47	49,3 $\pm$ 9,2*	122 $\pm$ 37,1	75,9 $\pm$ 13,38**
Me	99	50	106,5	74
Max/min	239/47	74/27	241/41	127/48
$\Delta$ $ИН_{pc}$ , %		-58,6 $\pm$ 14,2		-37,6 $\pm$ 12,0**

Здесь и в табл. 2:  $p < 0,001$ : \* при сравнении исходных и конечных величин показателей у детей экспериментальной группы; \*\* при сравнении конечных величин показателей у детей экспериментальной и контрольной групп.

В основе формирования как одномоментных, так и долговременных физиологических сдвигов в процессе адаптации к расширенному двигательному режиму лежит переход ВНС на новый уровень функционирования. У большинства детей экспериментальной группы (62 ребенка) в 2000 г. отмечено преобладание парасимпатической регуляции, возникающее в тренированном организме в результате уменьшения степени активации симпатического отдела ВНС, симпатoadреналовой и других стресс-реализующих систем при значениях  $ИН_{pc}$  не выше 45 у.е.; у остальных 11 детей величины данного показателя находились в пределах 46—75 у.е., отражая сбалансированность звеньев вегетативной регуляции в состоянии физиологического покоя. Преобладание парасимпатического звена вегетативной регуляции на фоне активного двигательного режима обеспечивает более высокий уровень функциональных резервов ВНС и наибольшую точность

и экономичность их расходования при адаптации к физической нагрузке [3, 4, 6].

Представленные особенности ВНС характеризуют возрастное становление вегетативного статуса и указывают на усиление роли парасимпатического звена регуляции в результате тренирующего влияния активного двигательного режима.

Изучение динамики основных параметров сердечно-сосудистой системы в сравниваемых группах выявило ряд особенностей. Так, в обеих группах с возрастом установлено достоверное повышение систолического АД (САД) вследствие увеличения упруго-эластических свойств стенок артерий и минутного объема крови (табл. 2). Между тем в экспериментальной группе уровень САД был достоверно ниже значений контрольной группы. Наиболее вероятными причинами указанных различий следует считать изменения вегетативной регуляции (увеличение влияния парасимпатического звена) и адаптив-

Таблица 2

## Динамика основных показателей кровообращения у дошкольников

Показатели		Экспериментальная группа		Контрольная группа	
		1996	2000	1996	2000
Девочки					
n		37	32	17	16
САД, мм рт.ст.	$M \pm \sigma$	91,86 ± 7,15	93,76 ± 5,23	94,7 ± 6,33	104,67 ± 3,20**
	$\Delta$ САД, %		2,2 ± 0,43		7,87 ± 1,7
УО, мл	$M \pm \sigma$	20,3 ± 2,0	28,9 ± 1,6*	20,1 ± 2,1	26,5 ± 1,2**
	$\Delta$ УО, %		35,9 ± 9,3		19,3 ± 5,7
МО, л/мин	$M \pm \sigma$	2,02 ± 0,3	2,6 ± 0,16*	2,12 ± 0,2	2,5 ± 0,17
	$\Delta$ МО, %		26,9 ± 7,2		17,9 ± 5,3
ЧСС в мин	$M \pm \sigma$	102,2 ± 6,1	86,6 ± 3,7*	105,6 ± 5,4	93,7 ± 1,4**
	$\Delta$ ЧСС, %		-21,5 ± 6,0		-13,6 ± 4,2
ИПС, %	$M \pm \sigma$	35,8 ± 1,7	41,1 ± 1,5*	36,4 ± 1,5	42 ± 1,2
	$\Delta$ ИПС, %		8,3 ± 2,6		12,6 ± 3,7
Мальчики					
n		36	33	16	15
САД, мм рт.ст.	$M \pm \sigma$	93,9 ± 6,6	92,7 ± 3,7	96,0 ± 5,1	103 ± 7,4**
	$\Delta$ САД, %		-1,9 ± 0,3		7,9 ± 1,4**
УО, мл	$M \pm \sigma$	20,5 ± 2,2	31,1 ± 2,2*	19,6 ± 2,8	27,6 ± 1,4**
	$\Delta$ УО, %		44,6 ± 13,4		37,2 ± 13,1
МО, л/мин	$M \pm \sigma$	2,13 ± 0,22	2,86 ± 0,18*	2,15 ± 0,21	2,67 ± 0,15**
	$\Delta$ МО, %		30,2 ± 7,77		23,5 ± 6,76
ЧСС в мин	$M \pm \sigma$	101,7 ± 7,3	87,9 ± 4,7*	104,3 ± 9,2	92,9 ± 3,0
	$\Delta$ ЧСС, %		-18,6 ± 4,3		-11,4 ± 2,9
ИПС, %	$M \pm \sigma$	36,9 ± 1,9	41,5 ± 1,4*	36,8 ± 1,5	43,5 ± 1,2
	$\Delta$ ИПС, %		12,8 ± 3,1		18,5 ± 3,8

ные сдвиги сосудистого тонуса, которые обусловлены тренирующим режимом и описываются как «спортивная гипотония». Механизм этого феномена заключается в снижении адренергической мобилизации рецепторов сосудистой стенки и увеличении синтеза простагландинов, препятствующих продукции эндотелиальными клетками паракринных факторов роста и уменьшающих интимальную пролиферацию [4]. Обратное развитие этого процесса является патогенетической основой изменений сосудистой стенки при АГ [2]. Влияние особенностей вегетативной регуляции на сосудистый тонус подчеркнуто увеличением достоверности корреляционных связей между  $ИН_{pc}$  и САД в экспериментальной группе ( $r=0,558$  у девочек,  $p=0,038$ ;  $r=0,524$  у мальчиков,  $p=0,043$ ).

Величины сердечного выброса в группах также с возрастом увеличивались и составили у детей экспериментальной группы 28,9 мл у девочек и 31,1 мл у мальчиков, а в контрольной группе соответственно — 26,5 мл и 27,6 мл. Средние значения МО достигли 2,63—2,86 л/мин в экспериментальной группе и 2,55—2,67 л/мин в контрольной. Выраженность различий между показателями УО, а у мальчиков и МО сердца, отразила тренирующий эффект регулярных физических нагрузок, обеспечивающих с течением времени более быстрое и полное диастолическое расслабление левого желудочка, а также более эффективное его сокращение.

В процессе становления вегетативного баланса организма частота сердечных сокращений в обеих группах уменьшилась, но гораздо в большей степени произошло снижение данного показателя в экспериментальной группе. Менее напряженный режим деятельности системы кровообращения в состоянии покоя, характерный для тренированных детей, обеспечивался особенностями вегетативной регуляции. Это подтверждалось нарастанием тесноты корреляционной связи между интегральным показателем вегетативного баланса организма —  $ИН_{pc}$  и ЧСС ( $r = 0,621$  у девочек,  $p = 0,010$ ;  $r = 0,489$  у мальчиков,  $p = 0,044$ ).

Известно, что более низкие значения ЧСС обеспечивают более длительную диастолу. Кроме того, в результате структурно-функциональных преобразований сердечной мышцы в процессе развития тренированности (удлинение миокардиальных волокон, увеличение мощности системы энергообеспечения миокарда, числа и плотности коронарных капилляров, активности сократительных белков) снижается диастолический тонус миокарда, увеличиваются диастолическая емкость левого желудочка, время его наполнения кровью и сократительная способность [4, 6, 8, 9]. Вероятно, эти факторы, наряду с возрастными изменениями сердца, и явились слагаемыми прироста объемных показателей в экспериментальной группе.

В исследуемых группах отмечено увеличение ИПС, отражающего тонус резистивных сосудов — мелких артерий и артериол. Причем для показателей анализируемых групп была обнаружена существен-

ная разница между величинами ИПС — в экспериментальной группе показатели были меньше, особенно у мальчиков. Интересно, что корреляционная связь между  $ИН_{pc}$  и показателем тонуса мелких сосудов была более выраженной у детей контрольной группы ( $r = 0,554$  у девочек,  $p = 0,037$ ;  $r = 0,567$  у мальчиков,  $p = 0,043$ ).

Представленные данные выявили возрастную динамику ведущих параметров кровообращения и установили оптимальный уровень функционирования системы кровообращения у детей экспериментальной группы.

Наиболее существенные отличия между группами определяются при проведении функциональной пробы с физической нагрузкой.

При проведении степ-теста установлено, что не все дети в равной степени могут справиться с физической нагрузкой. В экспериментальной группе большинство детей отличались быстрым «вработыванием» в ритм нагрузочной пробы и хорошей координацией движений, лишь 2 детей отказались продолжать степ-тест на 2-й минуте. В контрольной группе 6 детей, не справившихся с нагрузкой, составили более 1/4 группы. Основными причинами прекращения проведения пробы явились утомление на фоне мышечной гипотонии, нарушения физического развития (дефицит или избыток массы тела) и вегетативной дисфункции.

С учетом неоднородности групп общий объем работы, характеризующий физическую работоспособность, был рассчитан у девочек и мальчиков отдельно. Средние величины в экспериментальной группе были существенно выше, чем в контрольной. Так, у девочек объем выполненной работы составил 1749,6 кг·м/мин против 1417 кг·м/мин в контрольной группе, и у мальчиков 1863 кг·м/мин в сравнении с 1384 кг·м/мин в контрольной.

Динамика  $ИН_{pc}$  в ходе пробы была следующей. Среднегрупповые значения  $ИН_{pc}$  на высоте пробы возросли до 221—251% и существенно не различались (см. рисунок). Однако внутригрупповой анализ выявил, что у 80% детей экспериментальной группы реакция ВНС была нормальной ( $ИН_{pc}$  увеличивался от исходного уровня на 50—200%), у 15% — гиперергической вследствие чрезмерной активации симпатического отдела ВНС и у 5% — асимпатотонической, отражая его недостаточную активацию. В контрольной группе неадекватных вариантов вегетативной реактивности было вдвое больше: у 28% детей отмечена гиперергическая, а у 25% — асимпатотоническая вегетативная реактивность. При изучении особенностей восстановления было установлено, что у большинства детей экспериментальной группы  $ИН_{pc}$  к концу восстановительного периода достигал исходного уровня или был несколько ниже первоначальных значений. Только у 7 детей (10% группы) к 5-й минуте восстановительного периода  $ИН_{pc}$  оставался высоким, указывая на выраженную инертность систем, обеспечивающих адаптацию к меня-

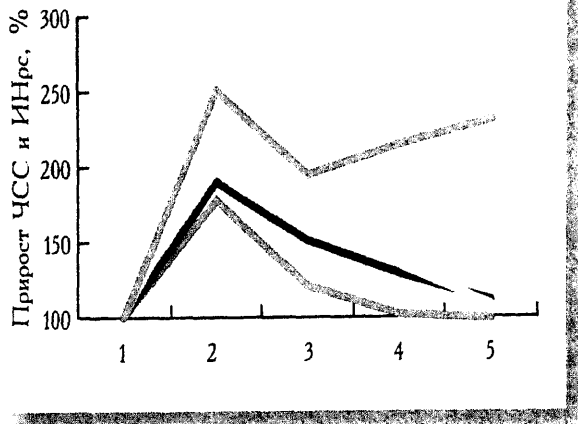


Рисунок. Динамика средних значений ЧСС и ИИ<sub>рс</sub> на фоне физической нагрузки и в восстановительном периоде у детей дошкольного возраста. — экспериментальная группа ЧСС, — контрольная группа ЧСС, — экспериментальная группа ИИ<sub>рс</sub>, — контрольная группа ИИ<sub>рс</sub>. 1 — показатели, полученные в покое; 2 — на последней минуте нагрузки; 3, 4, 5 — соответственно на 1-й, 3-й и 5-й минутах восстановительного периода.

ющимся условиям. Причем у 5 из них были отмечены гиперергические реакции на нагрузку с отказом от продолжения функциональной пробы на 2-й минуте у 4 детей. В контрольной группе нарушения восстановления выявлены у 22 детей, то есть у 60%. Именно поэтому среднегрупповая величина ИИ<sub>рс</sub> в конце восстановительного периода в 2 раза превысила показатели экспериментальной группы и собственный исходный уровень.

Важным следствием тренировок является то, что перестройка регуляции сопровождается уменьшением выраженности реакции на стресс за счет снижения «потребностей» стресс-реализующих функциональных систем (кровообращения, дыхания, энергопродукции и др.) в регулирующих стимулах, так как в адаптированном организме повышается уровень их автономной регуляции и нарастает функциональная мощность. Это позволяет адаптационным системам более быстро и точно реагировать в разных ситуациях — активизироваться на фоне нагрузки и возвращаться к исходному уровню функционирования после ее прекращения [4]. Полученные результаты реакции ВНС на функциональную пробу являются подтверждением влияния активного двигательного режима на формирование условно-рефлекторных стереотипов, обеспечивающих адекватную реакцию организма на нагрузку.

Адаптацию к нагрузке оценивали не только по вегетативной реакции, но и по динамике ЧСС, которую регистрировали на ЭКГ. Средняя величина ЧСС в покое у детей экспериментальной группы была

меньше чем в контроле. На высоте нагрузки показатель пульса у детей экспериментальной группы был существенно ниже, чем в контрольной (172 против 157 уд/мин,  $p < 0,001$ ).

Внутригрупповой анализ динамики ЧСС выявил, что в экспериментальной группе у 14 детей (16%) максимальное значение пульса составило 130 уд/мин, у 28 (35%) — не превышало 140–150 уд/мин, а для 32 детей (44%) предложенная нагрузка оказалась субмаксимальной — наибольшие значения пульса достигли 170 уд/мин. Только 2 детей из числа «не справившихся» закончили тест с ЧСС 190–200 уд/мин. Следовательно, 51% тренированных детей не только успешно справились с физической нагрузкой, но и сделали это без большого напряжения; 44% детей тоже справились с нагрузкой, но «цена» успешного выполнения теста оказалась более высокой, так как нагрузка сопровождалась некоторым напряжением адаптационных механизмов. 2 детей оказались не адаптированными к нагрузке.

В контрольной группе ситуация складывалась прямо противоположно: только 5 детей (15%) на высоте нагрузки имели пульс 150–160 уд/мин, то есть были адаптированы к физической нагрузке. У 14 детей (42%) максимальное значение ЧСС превысило 170 уд/мин, причем 6 из них не справились с нагрузкой (восхождение в более медленном темпе с отказом от продолжения пробы).

Период восстановления исходного уровня функционирования ЧСС в сравниваемых группах также был различным. У большинства детей экспериментальной группы ЧСС на 5-й минуте восстановительного периода уменьшалась, достигая первоначального значения, средняя величина пульса составила 98% от исходного значения.

В контрольной группе в половине случаев восстановление затягивалось — ЧСС оставалась высокой; среднегрупповое значение пульса составило 113% от исходного уровня.

### Заключение

Таким образом, у детей на фоне расширенного двигательного режима происходят становление вегетативного баланса с преобладанием парасимпатического отдела ВНС и формирование оптимальной реакции регуляторных систем организма, способствующих возникновению устойчивой адаптации к физической нагрузке.

Под влиянием тренировки у дошкольников устанавливаются достоверно более низкие значения уровня АД и ЧСС и более высокие величины объемных показателей кровообращения в сравнении с аналогичными параметрами сверстников, испытывающих гиподинамию.

Использование активного двигательного режима у детей способствует снижению степени активации адренергической системы и формированию более экономичного характера реагирования системы кровообращения на нагрузочную пробу. У дошкольни-

ков с «двигательной недогруженностью» наблюдаются неадекватные, гиперергические реакции ВНС и кровообращения на физическую нагрузку, сопровождающиеся нарушением восстановительного периода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. А., Розанов В. Б. // Росс. пед. журнал. — 1998. — № 2. — С. 16—20.
2. Гогин Е. Е. Гипертоническая болезнь. — М., 1997. — С. 229—258.
3. Граевская Н. Д., Долматова Т. И. и др. // Теория и практика физической культуры. — 1995. — № 2. — С. 3—84.

4. Меерсон Ф. З., Пшеничникова М. Г. Стресс-лимитирующие системы организма и новые принципы профилактической кардиологии. — М., 1989. — С. 19—52.

5. Оганов Р. Г. // Тер. архив. — 1997. — № 8. — С. 66—69.

6. Arakawa K. // J. Hypertens. — 1993. — № 11. — P. 223—229.

7. EWPHE. // Am. J. Med. — 1991. — Vol. 90, № 3. — P. 1—64.

8. Jennings G. // J. Hypertens. — 1997. — № 15. — P. 567—569.

9. Reid C., Dan A., Dwar E. // J. Hypertens. — 1994. № 12. — P. 291—301.