

# Реактивность ВНС на функциональные пробы у детей 11-ти летнего возраста проживающих в районе расположения предприятия атомной промышленности

А. Ю. Янов, Д. З. Шибкова

Кафедра биологии человека и медико-биологической подготовки Челябинского государственного педагогического университета.

## Резюме

В эксперименте приняли участие 70 детей 11-ти летнего возраста: 35 мальчиков и 35 девочек, являющихся представителями 2-3 поколений семей проживающих в районе расположения предприятия атомной промышленности. Группу контроля составили дети Челябинской области (20 мальчиков и 20 девочек) прямые родственники, которых и они сами не проживали на территориях с неблагоприятной радиоактивной обстановкой.

Выявлено, что у детей 11-ти летнего возраста проживающих в районе расположения предприятия атомной промышленности фоновые показатели функционирования и реактивность вегетативной нервной системы (ВНС) на функциональные пробы не отличаются от показателей их сверстников проживающих в других регионах Челябинской области. Показатели тестов, характеризующие реактивность парасимпатического отдела ВНС не имеют гендерных различий в 11-ти летнем возрасте. При проведении пробы Вальсальвы большую реактивность у мальчиков проявляет симпатический, а у девочек парасимпатический отдел ВНС: Повышенный радиационный фон, не достигающий величины ДОАнас. не оказывает системного влияния на функционирование ВНС детей 11-ти летнего возраста. Полученные результаты можно использовать в практике в качестве нормативных.

**Ключевые слова:** вегетативная нервная система, проба Вальсальвы, активная ортостатическая проба, проба с глубоким управляемым дыханием.

На территории Озерского городского округа Челябинской области расположено предприятие атомной промышленности — ФГУП «ПО Маяк», которое осуществляет радиоактивное загрязнение не только данной местности, но и близлежащих территорий. Основными дозобразующими радионуклидами на данной территории являются —  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$ .

Среднесуточная плотность выпадений  $\beta$ -активных элементов составляет  $1,0 \text{ Бк/м}^2$ , что в 2 раза выше фонового уровня по Уральскому региону. Плотность выпадения  $^{137}\text{Cs}$  составляет  $0,6 \text{ Бк/м}^2$  в месяц, в сравнении с показателями Уральского региона эти значения выше в 4,6 раза. Плотность выпадений  $^{90}\text{Sr}$  составляет  $7,3-11,5 \text{ Бк/м}^2$  в год, что в 3,6-6 раз выше показателей по Уральскому региону. Фиксируемые случаи высокого радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха значительно превыша-

ют фоновые значения, однако не достигают величины допустимой общей активности для населения (ДОАнас.) по НРБ-99 [1]. Имеются данные о том, что даже малые дозы радиации могут оказывать негативное воздействие на отдельные системы и органы человека. Любое дополнительное к природному фону техногенное повышение уровня радиации может быть опасно для человека. Наиболее подвержен радиационному влиянию детский организм [2].

Вегетативная нервная система (ВНС) оказывает модулирующее влияние на сердечный ритм здорового человека. Ваготонические и симпатико-тонические влияния противоположны по своей направленности и оказывают соответственно тормозящее и возбуждающее действие. Реактивность ВНС зависит от многих внешних и внутренних факторов влияющих на организм. Так парасимпатический нейромедиатор ацетилхолин и симпатический норадреналин могут оказывать влияния на синтез друг друга, особенно в условиях гипоксии [3, 4]. Ацетилхолин может уменьшать высвобождение норадреналина из нервных окончаний и снижать адренореактивность миокарда. Норадреналин может повышать запас ацетилхолина и

А. Ю. Янов — соискатель кафедры биологии человека и медико-биологической подготовки Челябинского государственного педагогического университета;

Д. З. Шибкова — зав. кафедрой биологии человека и медико-биологической подготовки Челябинского государственного педагогического университета, д. б. н., профессор.

увеличивать его концентрацию за счет угнетения активности холинэстеразы [4].

Для изучения реактивности ВНС на внешние воздействия используют функциональные пробы или комплексный набор кардиоваскулярных тестов по Ewing [5, 6, 7]. Однако, большинство исследований посвящены выявлению диабетической или алкогольной нейропатии у взрослых людей [6, 7, 8, 9]. Стандарты проведения и количество проб при изучении нейропатии постоянно меняются. На конференции по диабетической нейропатии в Сан-Антонио (1988 год), указывалось 5 тестов которые необходимо использовать при изучении реактивности ВНС, следующая конференция 1992 года рекомендовала использовать 3 теста [10].

В связи с тем, что ВНС принимает самое активное участие в процессах функционирования и адаптации организма, изучение ее реакции на функциональные пробы и определение нормативных показателей этих проб для различных возрастных групп является актуальным. Так же актуальным является изучение влияния на реактивность ВНС детей проживания в районе расположения предприятия атомной промышленности, что и стало целью настоящего исследования.

### Методы исследования

В эксперименте приняли участие 70 детей: 35 мальчиков и 35 девочек, являющихся представителями 2-3 поколений семей проживающих в г. Озерске Челябинской области, средний возраст которых составил  $11,28 \pm 0,036$  г. и  $11,34 \pm 0,031$  г. соответственно. Группу контро-

ля составили дети Челябинской области прямые родственники, которых и они сами не проживали на территориях с неблагоприятной радиоактивной обстановкой. Средний возраст мальчиков ( $n=20$ ) составил  $11,37 \pm 0,033$ , девочек ( $n=20$ ) —  $11,30 \pm 0,036$  лет.

Критериями включения стали: гармоничное физическое развитие, отсутствие субъективных жалоб и объективной неврологической симптоматики, отсутствие в анамнезе черепно-мозговых травм, эндокринных, кардиологических, аутоиммунных заболеваний и синусовой сердечный ритм.

С помощью программно-аппаратного 12-канального кардиографа «Поли — спектр 8\Е» (ООО «Нейрософт» г. Иваново) проводилась запись ЭКГ в I, II стандартном отведениях и отведении aVF, с автоматическим построением динамического ряда кардиоинтервалов (программа «Поли-Спектр-Ритм») и последующей их оценкой.

**Проба с глубоким управляемым дыханием.** Обследуемый лежит спокойно и по команде делает глубокий вдох в течение 5 секунд, затем последующий выдох так же в течение 5 секунд. Проба продолжается 1 минуту. Коэффициент дыхания ( $K_{\text{дых}}$ ) определяется как отношение средних значений  $R-R_{\text{max}}/R-R_{\text{min}}$ .

**Определение  $K_{30:15}$ .** Коэффициент 30:15 определяют в переходный период при проведении активной ортостатической пробы (АОП). Исследуемый пациент под контролем электрокардиографии, после 15 минутного нахождения в горизонтальном положении переходит в ортостаз. На полученной ритмограмме фиксируются ми-

Таблица 1. Исходный вегетативный статус

Показатели	I группа (экспериментальная)				II группа (контроль)			
	М* (n = 35)		Д (n = 35)		М (n = 20)		Д (n = 35)	
Пол								
Стат. показатели	М±m	σ	М±m	σ	М±m	σ	М±m	σ
LF/HF у.е.	0,46±0,06	0,31	0,58±0,10	0,56	0,42±0,06	0,26	0,54±0,09	0,34
%LF	22,11±1,59	9,39	22,18±1,61	9,50	21,09±2,21	9,62	23,74±2,35	10,25
%HF	56,39±2,53	14,94	50,24±2,76**	16,35	56,71±3,38	14,74	50,77±2,77	12,08
%VLF	21,53±1,86	11,00	27,18±2,47	14,58	22,20±2,81	12,24	24,79±2,81	12,25

Примечание. \* — здесь и далее: М — мальчики, Д — девочки; \*\* — Достоверность  $p=0,054$  по сравнению с мальчиками.

Таблица 2. Показатели пробы с глубоким управляемым дыханием

Показатели	I группа (экспериментальная)				II группа (контроль)			
	М (n = 35)		Д (n = 35)		М (n = 20)		Д (n = 35)	
Пол								
Стат. показатели	М±m	σ	М±m	σ	М±m	σ	М±m	σ
ЧСС ср. макс	94,55±1,75	9,25	98,27±1,80	10,50	94,30±2,13	9,28	96,15±2,75	11,98
ЧСС ср. мин.	65,45±1,73	9,16	68,47±1,84	10,73	65,65±1,97	8,57	66,25±2,33	10,17
R-R ср. макс., мс	934,21±24,77	131,09	896,82±23,77	138,604	929,20±28,39	123,75	926,80±34,15	148,83
R-R ср., мин., с.	641,69±11,46	60,66	617,62±12,33	71,87	642,55±13,64	59,46	633,75±19,31	84,18
$K_{\text{дых}}$	1,46±0,03	0,18	1,45±0,02	0,13	1,45±0,04	0,18	1,46±0,03	1,12

Таблица 3. Показатели пробы Вальсальвы и  $K_{30/15}$ 

Показатели	I группа (экспериментальная)				II группа (контроль)			
	M (n = 35)		D (n = 35)		M (n = 20)		D (n = 20)	
Пол								
Стат. показатели	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ
R макс (K <sub>Вальс</sub> )	1025,62±31,12	164,66	955,12±31,68	184,71	1030,65±39,73	173,19	999,00±49,94	217,69
R-R мин (K <sub>Вальс</sub> )	525,86±18,23	96,49	532,41±12,99	75,76	522,45±24,82	108,17	544,90±18,56	80,92
K <sub>Вальс</sub>	2,00±0,07	0,38	1,805±0,06*	0,33	2,01±0,08	0,38	1,84±0,08	0,37
K <sub>30/15</sub>	1,50±0,03	0,16	1,46±0,03	0,17	1,53±0,04	0,17	1,49±0,04	0,16

Примечание. \* —  $p=0,031$  по сравнению с мальчиками.

Таблица 4. Нормативные показатели вегетативных кардиотестов детей 11-ти летнего возраста

Показатели	N	M±m	σ	C2	C10	C25	Me	C75	C90	C98
K дых.	N=110	1,46±0,015	0,15	1,19	1,25	1,37	1,45	1,55	1,62	1,70
K 30/15	N=110	1,49±0,02	0,17	1,24	1,32	1,35	1,43	1,61	1,74	1,81
K вальс. Д	N=55	1,818±0,047*	0,34	1,31	1,39	1,56	1,73	2,10	2,29	2,48
K вальс. М	N=55	2,005±0,054	0,38	1,31	1,37	1,76	2,06	2,28	2,38	2,58

Примечание. \* —  $p=0,001$  по сравнению с мальчиками.

нимальный и максимальный R-R интервалы в диапазоне первых 40 кардиоциклов. Затем вычисляется отношение значений самого длинного R-R интервала к самому короткому.

**Проба Вальсальвы.** Пациент с наложенными электродами ЭКГ держит во рту мундштук, соединенный трубкой с манометром через кран, которым можно регулировать движение воздуха. Во избежание смыкания голосовой щели кран должен быть немного приоткрыт. В течение 20 секунд записывается ЭКГ, затем делается вдох и воздух выдыхается в мундштук, создавая давление 40 мм рт. ст. в течение 20 секунд. После этого в течение 20-30 секунд продолжается запись ЭКГ. Коэффициент Вальсальвы (K<sub>Вальс</sub>) вычисляется как отношение максимального R-R интервала после натуживания к минимальному R-R интервалу во время натуживания.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась при помощи программы «Statistica — 6.0 for Windows». Оценка достоверности различий средних значений сравниваемых групп, в случае нормального распределения, определялись по t-критерию Стьюдента, при ненормальном распределении использовали тесты Колмогорова-Смирнова и Вальда-Вольфовица.

Для выявления границ нормативных показателей определен их интерквартильный размах представленный в виде медианы (Me), 25 (C25) и 75 (C75) процентилей.

## Результаты исследования и их обсуждение

Исходный вегетативный статус определяли по показателям %LF, %HF, %VLF в общем спектре регуляции сердечного ритма, а так же по соотношению — LF/HF у.е.

В экспериментальной группе парасимпатическое влияние на ритм, определяемое по показателю %HF у мальчиков оказалось выше, чем у девочек (различия близки к значимым,  $p=0,054$ , тест Вальда-Вольфовица). Влияние симпатического нерва (%LF) не имеет гендерных и межгрупповых различий. В связи с более высокими показателями %HF у мальчиков, соотношение LF/HF, отражающее вегетативный баланс регуляции в обеих группах оказалось выше у мальчиков, однако различия не являются достоверными (Табл. 1). Гуморально-метаболические влияния на сердечный ритм наиболее выражены у девочек как в экспериментальной и в контрольной группе, различия так же не являются достоверными (табл 1).

**Проба с глубоким управляемым дыханием.** Целью данной пробы является выяснение характера реакции на стимуляцию парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Коэффициент дыхания (K<sub>Дых.</sub>) можно считать как отношение максимального среднего значения ЧСС регистрируемого при вдохе к минимальному среднему значению ЧСС, которое наблюдается при выдохе, либо отношением средних значений  $R-R_{max}/R-R_{min}$ .

Несмотря на более низкие показатели ЧСС и как следствие более высокие значения R-R интервалов у мальчиков по сравнению с девочками в экспериментальной и контрольной группах, эти различия не являются достоверными ( $p>0,05$ ) (табл. 2). Разница между средними максимальными и минимальными значениями ЧСС составила  $29,10±1,56$  сокр./мин. у мальчиков и  $29,79±1,17$  сокр./мин. у девочек в экспериментальной группе,  $28,65±1,98$  сокр./мин у мальчиков и  $29,90±1,57$  у девочек в группе контроля ( $p>0,1$ ). Разница между средними

значениями максимальных и минимальных R-R интервалов так же не являются достоверными ( $p > 0,1$ ), в экспериментальной группе эти показатели у мальчиков составили  $292,52 \pm 20,98$  мс., у девочек —  $279,21 \pm 15,06$  мс., в группе контроля —  $286,65 \pm 20,98$  мс. у мальчиков и  $293,052 \pm 19,90$  мс. у девочек.

Показатели  $K_{\text{дых}}$  не имеют половых и межгрупповых различий ( $p > 0,1$ ). На основании полученных данных определены нормативные показатели  $K_{\text{дых}}$ , вне зависимости от пола они лежат в границах 1,37-1,55 у.е. (табл. 4). Отмечена высокая зависимость  $K_{\text{дых}}$  от значений среднего максимального R-R интервала ( $r = 0,65$ ,  $p < 0,0001$  у девочек и  $r = 0,70$ ,  $p < 0,0001$  у мальчиков), что еще раз подтверждает эффективность использования пробы с глубоким управляемым дыханием для исследования реактивности парасимпатического отдела ВНС (табл. 2).

**Коэффициент 30:15.** Так же как и коэффициент дыхания, отношение K30:15 характеризует реактивность парасимпатического отдела ВНС. Как низкие, так и высокие значения этого коэффициента могут служить маркерами вегетативной дистонии и позволяют уточнить генез тахи- или брадикардии. Например, тахикардия может быть обусловлена не повышенной симпатической активностью, а проявлением вагусной недостаточности.

Так же как и при пробе с глубоким управляемым дыханием не выявлено межгрупповых и половых различий в характере реакции  $n.vagus$  на переходный процесс ортостаза ( $p > 0,05$ ) (табл. 3).

Нормальными значениями  $K_{30:15}$  для данной возрастной группы вне зависимости от пола можно считать от 1,35 до 1,61 (табл. 4).

**Проба Вальсальвы.** Эта проба является интегральным показателем функционирования симпатического и парасимпатического механизмов барорефлексов. По показателям значений максимальных R-R интервалов можно судить о реактивности парасимпатического, а по показателям минимальных R-R интервалов симпатического отдела ВНС.

Между показателями максимальных и минимальных значений R-R интервалов не выявлено достоверных половых различий в обеих группах ( $p > 0,05$ ). Однако наблюдается больший размах R-R макс. – R-R мин. у мальчиков, что проявляется в более высоком показателе  $K_{\text{Вальс}}$  ( $p < 0,05$ ) по сравнению с девочками в экспериментальной группе (табл. 3). В группе контроля мальчики так же имели более высокие показатели  $K_{\text{Вальс}}$  по сравнению с девочками, однако различия не являются достоверными. Не выявлено достоверных межгрупповых различий в значениях  $K_{\text{Вальс}}$  у девочек при проведении пробы Вальсальвы в формировании ответной реак-

ции большее участие принимает парасимпатический отдел ВНС ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,0001$ ) и меньшее симпатический отдел ВНС ( $r = -0,32$ ,  $p = 0,0018$ ). У мальчиков наблюдается противоположный результат: в формировании ответной реакции большее участие принимает симпатический отдел ВНС ( $r = -0,70$ ,  $p < 0,0001$ ) и меньшее парасимпатический отдел ВНС ( $r = 0,42$ ,  $p = 0,003$ ).

Нормальными значениями  $K_{\text{Вальс}}$  для мальчиков можно считать 1,75-2,28, для девочек — 1,55-2,10 (табл. 4).

## Выводы

1. У детей 11-ти летнего возраста проживающих в районе расположения предприятия атомной промышленности исходный вегетативный статус и реактивность ВНС на функциональные пробы не отличаются от их сверстников проживающих в других регионах Челябинской области.

2. Показатели тестов, характеризующие реактивность парасимпатического отдела ВНС не имеют гендерных различий в 11-ти летнем возрасте.

3. При проведении пробы Вальсальвы большую реактивность у мальчиков проявляет симпатический, а у девочек парасимпатический отдел ВНС.

4. Воздействие повышенного радиационного фона на организм, не достигающего величины ДОАнас. не проявляется в функционировании ВНС у детей 11 летнего возраста.

## Литература

1. Подтесов Г. Н. (ред.), Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2005 г. Челябинск: «Челябинский дом печати», 2006; 223 с.
2. Яблоков А. В. Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология. М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002; 145 с.
3. Хитров Н. К., Пауков В. С. Адаптация сердца к гипоксии. М.: Медицина, 1991; 240 с.
4. Хитров Н. К. Симпатические и парасимпатические механизмы регуляции сердца при адаптации к гипоксии и ее нарушениях: автореф. ... дис. д-ра мед. наук. М., 1980; 38 с.
5. Хитров Н. К., Свистухин А. И., Тезиков Е. Б. Зависимость деятельности холинэргических механизмов сердца от состояния симпатической иннервации и содержания в нем норадреналина при гипоксии. Бюлл. эксп. биол. и мед.: 1979; 37: 6: 523-525.
6. Данилов А. Б., Осокин В. Ю., Садеков, Р. К. Кардиоваскулярные пробы при некоторых формах патологии. Журн. невропатол. и психиатрии. 1991; 5: 22-25.
7. Михайлов В. М. Вариабельность серд. ритма: опыт практ. прим. метода. Иваново: Иван. гос. мед. ак., 2002; 290с.
8. Ewing D. J., Martin C. N., Young R. J., The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience of diabetes. Diabetes care 1985; 8: 491-498.
9. V. S. Balawa, D. J. Ewing., Heart rate response to Valsalva manoeuvre. Reprod. in normals and relation to variation in resting heart rate in diabetics. Heart 1977; 39: 641-644.
10. R. Kahn., Proceedings of a consensus development conference on standardized measures in diabetic neuropathy. Autonomic nervous system testing. Diabetes Care 1992; 15: 1095-1103.