

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА И ПЕРВОКЛАССНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ НАПРЯЖЕННОСТИ

© 2020 г.^{1,2} И. А. Криволапчук, ¹М. Б. Чернова

¹ФГБНУ «Институт возрастной физиологии Российской академии образования», г. Москва;

²ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», г. Москва

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния (ФС) детей старшего дошкольного возраста и первоклассников, проявляющиеся в условиях информационных нагрузок. **Методы.** Обследованы здоровые дети старшего дошкольного возраста ($n = 112$) и учащиеся первых классов ($n = 137$). Изучали ФС в четырёх экспериментальных ситуациях: «спокойное бодрствование», «мобилизационная готовность», «нагрузка с комфортной скоростью», «нагрузка с максимальной скоростью». Регистрировали ω -потенциал (ОП), сердечный ритм, артериальное давление крови. Определяли тревожность и эффективность деятельности. Статистическую значимость различий определяли на основе t -критерия Стьюдента. **Результаты.** Информационные нагрузки вызывают у детей повышение уровня активации ЦНС, возрастание напряжения регуляторных систем и сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС. Наиболее выраженные изменения ФС происходили при работе с максимальной скоростью. В этих условиях у детей старшего дошкольного возраста сдвиг ОП составил $(14,8 \pm 1,3)$ мВ ($p < 0,001$), частоты сердечных сокращений (ЧСС) – $(9,7 \pm 1,1)$ уд/мин ($p < 0,001$), средней продолжительности R-R интервала (RRNN) – $(-31,4 \pm 15,2)$ мс ($p = 0,041$), разброса кардиоинтервалов (MxDMn) – $(-62,1 \pm 13,9)$ мс ($p < 0,001$), среднеквадратичного отклонения (SDNN) – $(-3,6 \pm 1,7)$ мс ($p = 0,036$), амплитуды моды (АМо) – $(6,3 \pm 1,9)$ %, ($p = 0,002$), стресс-индекса (SI) – $(93,1 \pm 17,6)$ отн. ед. ($p < 0,001$), систолического артериального давления (СД) – $(8,5 \pm 1,1)$ мм рт. ст. ($p < 0,001$), диастолического (ДД) – $(7,0 \pm 0,9)$ мм рт. ст. ($p < 0,001$), двойного произведения (ДП) – $(21,6 \pm 1,6)$ отн. ед. ($p < 0,001$). У первоклассников сдвиг ОП составил $(22,4 \pm 1,4)$ мВ ($p < 0,001$), ЧСС $(12,7 \pm 1,2)$ уд/мин ($p < 0,001$), RRNN $(-55,0 \pm 11,3)$ мс ($p < 0,001$), MxDMn $(-67,3 \pm 12,0)$ мс ($p = 0,003$), SDNN $(-7,2 \pm 1,9)$ мс ($p < 0,001$), АМо $(3,3 \pm 1,3)$ %, ($p = 0,012$), SI $(116,5 \pm 18,1)$ отн. ед. ($p < 0,001$), СД $(13,2 \pm 1,6)$ мм рт. ст. ($p < 0,001$), ДД $(6,5 \pm 1,6)$ мм рт. ст. ($p < 0,001$), ДП $(15,3 \pm 1,8)$ отн. ед. ($p < 0,001$). Установлено, что эффективность работы в максимальном темпе ниже, чем при нагрузках, выполняемых с комфортной скоростью. **Выводы.** Психофизиологическая цена деятельности у дошкольников выше, а ее эффективность – ниже, чем у первоклассников. Выделены два типа реагирования на информационную нагрузку.

Ключевые слова: информационная нагрузка, стрессовая реактивность, функциональное состояние, психофизиологическая цена деятельности, типы вегетативного реагирования, дети

THE FUNCTIONAL STATE OF CHILDREN OF PRESCHOOL AGE AND FIRST GRADE STUDENTS AT INFORMATION LOAD WITH VARYING DEGREES OF STRESS

^{1,2} I. A. Krivolapchuk, ¹M. B. Chernova

¹Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow:

²State University of Management, Moscow, Russia

The aim of the study is to identify the features of functional state (FS) of children of senior preschool age and first grade students, manifested in the conditions of information loads. **Methods.** The study involved healthy children of the senior preschool age ($n = 112$) and first grade students ($n = 137$). We studied FS in four experimental situations: “comfortable wakefulness”, “mobilization readiness”, “load with a comfortable speed”, “load with a maximum speed”. Heart rate, ω -potential (OD), blood pressure were recorded. Anxiety and activity effectiveness were determined. The statistical significance of the differences was determined on the basis of Student t -test. **Results.** Information loads cause an increase in the level of CNS activation in children, an increase in the tension of regulatory systems and a shift in the autonomic balance towards the predominance of activity of the sympathetic division of the ANS. The most pronounced changes in the FS occurred during operation at maximum speed. Under these conditions, in senior preschool children, the shift in OD was $14,8 \pm 1,3$ mV ($p < 0,001$), heart rate (HR) $9,7 \pm 1,1$ beat/min ($p < 0,001$), average duration of the RR interval (RRNN) $-31,4 \pm 15,2$ ms ($p = 0,041$), the spread of cardio intervals (MxDMn) $-62,1 \pm 13,9$ ms ($p < 0,001$), quality of standard deviation (SDNN) $-3,6 \pm 1,7$ ms ($p = 0,036$), mode amplitude (AMo) $-6,3 \pm 1,9$ % ($p = 0,002$), stress index (SI) $93,1 \pm 17,6$ rel. units ($p < 0,001$), systolic blood pressure (SBP) $8,5 \pm 1,1$ mm Hg ($p < 0,001$), diastolic blood pressure (DBP) $7,0 \pm 0,9$ mm Hg ($p < 0,001$), double product (DP) $21,6 \pm 1,6$ rel. units ($p < 0,001$). The shift of ω -potential among first grade students was $22,4 \pm 1,4$ mV ($p < 0,001$), HR $12,7 \pm 1,2$ beat/min ($p < 0,001$), RRNN $-55,0 \pm 11,3$ ms ($p < 0,001$), MxDMn $-67,3 \pm 12,0$ ms ($p = 0,003$), SDNN $-7,2 \pm 1,9$ ms ($p < 0,001$), AMo $3,3 \pm 1,3$ %, ($p = 0,012$), SI $116,5 \pm 18,1$ rel. units ($p < 0,001$), SBP $13,2 \pm 1,6$ mm Hg ($p < 0,001$), DBP $6,5 \pm 1,6$ mm Hg ($p < 0,001$), DP $15,3 \pm 1,8$ rel. units ($p < 0,001$). It was found that the efficiency at the maximum speed is lower than under loads performed at a comfortable speed. **Conclusions.** Psychophysiological value of activity in preschool children is higher and its effectiveness is lower than among first grade students. Two types of response to the information load have been found out.

Key words: information load, stressful reactivity, functional state, psychophysiological value of activity, autonomous response types, children

Библиографическая ссылка:

Криволапчук И. А., Чернова М. Б. Функциональное состояние детей старшего дошкольного возраста и первоклассников при выполнении информационной нагрузки различной степени напряженности // Экология человека. 2020. № 3. С. 31–40.

For citing:

Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. The Functional State of Children of Preschool Age and First Grade Students at Information Load with Varying Degrees of Stress. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 3, pp. 31–40.

Изучение возрастных особенностей функционального состояния (ФС) организма в условиях интеллектуальной деятельности является необходимым условием укрепления здоровья, обеспечения нормального физического, психического и социального развития детей. Известно, что выраженные неблагоприятные изменения ФС и эффективности интеллектуальной деятельности ребенка могут наблюдаться в дошкольном возрасте и в начале систематического обучения в школе [12–21]. В значительной степени это связано с тем, что в большинстве развитых стран мира возросшие требования к будущим первоклассникам привели к увеличению объема и интенсивности учебно-познавательной деятельности в дошкольном возрасте. Нередко процесс обучения в дошкольных образовательных учреждениях строится по типу школьного образования и перегружается дополнительными занятиями, что ведет к увеличению учебной нагрузки, формирует стрессовые состояния, наносит серьезный ущерб когнитивному развитию, здоровью и ФС организма ребенка. Поступление в школу также связано с выраженным функциональным напряжением, низкой эффективностью познавательной деятельности, неустойчивой работоспособностью, высокой психофизиологической ценой обучения [9, 15]. Напряженность этого периода определяется тем, что на ребенка начинает интенсивно воздействовать комплекс «непривычных» факторов образовательной среды, адаптация к которым требует максимальной мобилизации социальных и биологических резервов организма [5, 10].

На этом фоне высокие информационные нагрузки, сложные задания, не соответствующие возрастным и индивидуальным возможностям детей, ситуации «наказания» и публичных выступлений, оценки и критики могут способствовать ухудшению их ФС, формированию хронического психологического стресса, повышению тревожности, развитию дезадаптации и увеличению заболеваемости [1, 5, 12, 13, 17, 19]. Вместе с тем анализ имеющихся научных данных свидетельствует, что возрастной аспект вопроса о динамике ФС детей в условиях напряженных информационных нагрузок недостаточно изучен. В частности, отсутствует необходимая информация об особенностях ФС детей при выполнении ими информационных нагрузок различной степени напряженности в дошкольном возрасте и в начале систематического обучения в школе.

Цель исследования — выявить особенности ФС детей старшего дошкольного возраста и учащихся первых классов, проявляющиеся в условиях информационных нагрузок.

Методы

В экспериментальном рандомизированном исследовании принимали участие дети старшего дошкольного возраста ($n = 112$) и учащиеся первых классов ($n = 137$), отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе. Средний возраст дошкольников

составил ($5,6 \pm 0,04$) года (дети от 5 лет до 5 лет 11 месяцев 29 дней), а первоклассников — ($6,5 \pm 0,03$) года (дети от 6 лет до 6 лет 11 месяцев 29 дней).

Исследование проходило в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации. Родители обеспечили письменное информированное согласие на участие их ребенка в обследовании. Работа одобрена Советом и этическим комитетом ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО». Репрезентативность выборки достигалась способом рандомизации. Отбор детей для исследования осуществлялся на основе бесповторного отбора. Учебный труд детей дошкольного возраста и первоклассников по всем показателям соответствовал первому и второму классу напряженности [6]. Исследование проводилось после завершения процессов адаптации к систематическому обучению.

Регистрация ω -потенциала (ОП), характеризующего функциональное состояние ЦНС, осуществлялась по методике В. А. Илюхиной [4] посредством портативной установки с высоким входным сопротивлением (100 МОм), предназначенной для исследования сверхмедленных физиологических процессов головного мозга. Рабочий электрод располагался на коже головы испытуемого, референтный контактировал с тенором левой руки.

Для выявления степени напряженности регуляторных систем использовали вариационный анализ сердечного ритма по методике Р. М. Баевского. Реализация метода осуществлялась с помощью автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. В состоянии покоя записывали 300–500, а при тестовых нагрузках — 100–150 кардиоинтервалов. Определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), среднюю продолжительность R-R интервала (RRNN), моду (M_o), амплитуду моды (AM_o), разброс кардиоинтервалов ($MxDMn$), среднее квадратическое отклонение (SDNN), стресс-индекс (SI) [11].

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями Society for Psychophysical Research (1996). Применяли адекватную возрасту детскую манжету. На основании проведенных измерений рассчитывали среднее давление (САД) и двойное произведение (ДП).

В качестве информационной нагрузки использовали компьютеризированный вариант работы с буквенными таблицами Анфимова. Задание состояло в зрительном поиске на экране и идентификации условных раздражителей и тормозных агентов, в качестве которых использовались буквы, имеющие одинаковую встречаемость по всей таблице Анфимова. По результатам выполнения тестового задания рассчитывали объем работы (А) и коэффициент продуктивности (Q). Изучение ФС детей проводили в четырех экспериментальных ситуациях: «спокойное бодрствование»; «мобилизационная готовность»; «выполнение информационной нагрузки с комфортной скоростью»; «выполнение информационной нагрузки

с максимальной скоростью». За 2–3 минуты до начала выполнения заданий вводилась инструкция и подавалась команда «приготовились!». Состояние мобилизационной готовности оценивалось в период времени между командами «приготовились» и «начали». Основными факторами, вызывающими психическую напряженность, являлись: дефицит времени, высокие требования к скорости и точности выполнения заданий, отвлечение внимания, «угроза наказания». Испытуемые не были знакомы с предлагаемыми им экспериментальными ситуациями.

В состоянии покоя и после введения инструкции перед реализацией информационной нагрузки у испытуемых с помощью варианта 8-цветового теста М. Люшера в модификации Л. Н. Собчик определяли уровень ситуативной тревожности (СТ).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel и Statistica 6.0. Результаты статистической обработки представлены в виде средних значений показателей и средней ошибки ($M \pm m$), средних значений разности между выборками с попарно связанными вариантами и их средней ошибки ($d \pm m$). Результаты исследований проверялись на нормальность распределения с применением критерия Колмогорова – Смирнова и далее обрабатывались параметрическими методами. Статистическую значимость различий определяли на основе расчета t-критерия Стьюдента для связанных и независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Изучение динамики психофизиологических показателей ФС показало, что в состоянии мобилизационной готовности после введения инструкции за 1–2 минуты до начала выполнения тестового задания у обследо-

мых отмечались статистически значимые изменения изучаемых переменных по сравнению со спокойным бодрствованием (табл. 1, 2). В этот период у детей старшего дошкольного возраста и первоклассников происходило отчетливое увеличение ОП ($p < 0,001$), ЧСС ($p < 0,001$), АМо (5–6 лет, $p = 0,048$), SI ($p < 0,001$ и $p = 0,002$), СД ($p < 0,001$), ДД (6–7 лет, $p = 0,011$), САД ($p < 0,001$), ДП ($p < 0,001$), СТ ($p < 0,001$) и уменьшение МхДМп ($p < 0,001$), SDNN ($p = 0,018$ и $p = 0,007$). Подобные сдвиги психофизиологических показателей ФС указывают на повышение активности эрготропной системы мозга в условиях мобилизационной готовности.

Выполнение информационной нагрузки в режиме автотемпа в целом сопровождалось сохранением достигнутых в состоянии мобилизационной готовности психофизиологических сдвигов, однако в ряде случаев наблюдались более выраженные и, наоборот, менее значимые изменения ФС. При этом у детей 5–6 лет по сравнению с фоном происходило отчетливое увеличение ОП ($p < 0,001$), ЧСС ($p < 0,001$), SI ($p = 0,007$), СД ($p = 0,048$), САД ($p < 0,001$), ДП ($p < 0,001$) и уменьшение МхДМп ($p < 0,001$). Аналогичным образом используемые показатели изменялись и у детей 6–7 лет: отмечалось увеличение ОП ($p < 0,001$), ЧСС ($p < 0,001$), SI ($p = 0,035$), СД ($p = 0,003$), САД ($p < 0,001$), ДП ($p = 0,001$) и уменьшение МхДМп ($p < 0,001$). Полученные результаты свидетельствуют о выраженном повышении уровня общей активации, сдвиге вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС, усилении центральных регуляторных влияний на сердечный ритм и стимуляции системной гемодинамики (см. табл. 1, 2).

Сравнение абсолютных значений физиологических показателей ФС детей 5–6 и 6–7 лет при

Таблица 1

Функциональное состояние организма детей старшего дошкольного возраста ($n = 112$)
при выполнении информационной нагрузки

Показатель	Состояние покоя	Мобилизационная готовность					Автотемп				Максимальный темп			
		Сдвиг			t-крит.	P	Сдвиг		t-крит.	P	Сдвиг		t-крит.	P
		$M \pm m$	$d \pm m$	%			$d \pm m$	%			$d \pm m$	%		
ОП, мВ	$27,3 \pm 0,9$	$17,2 \pm 1,8$	63,0	9,56	0,000		$13,4 \pm 1,4$	49,1	8,93	0,000	$14,8 \pm 1,3$	54,2	11,4	0,000
ЧСС, уд./мин	$98,6 \pm 0,6$	$6,8 \pm 1,2$	6,9	5,67	0,000		$5,3 \pm 1,1$	5,4	4,82	0,000	$9,7 \pm 1,1$	9,8	8,82	0,000
RRNN, мс	$612,8 \pm 14,3$	$-24,2 \pm 15,4$	3,9	1,57	0,119		$-17,6 \pm 13,0$	2,9	1,36	0,176	$-31,4 \pm 15,2$	5,1	2,07	0,041
Мо, мс	$596,5 \pm 13,7$	$-15,0 \pm 10,6$	2,5	1,42	0,158		$-11,8 \pm 9,4$	2,0	1,26	0,210	$-37,0 \pm 11,0$	6,2	3,36	0,000
МхДМп, мс	$216,5 \pm 15,2$	$-42,3 \pm 11,0$	19,5	3,85	0,000		$-57,0 \pm 11,8$	26,3	4,83	0,000	$-62,1 \pm 13,9$	28,7	4,47	0,000
SDNN, мс	$54,4 \pm 2,4$	$-4,3 \pm 1,8$	7,9	2,39	0,018		$-2,0 \pm 1,9$	3,7	1,05	0,296	$-3,6 \pm 1,7$	6,6	2,12	0,036
АМо, %	$41,6 \pm 1,8$	$3,6 \pm 1,8$	8,7	2,00	0,048		$2,8 \pm 1,9$	6,7	1,47	0,144	$6,3 \pm 1,9$	15,1	3,32	0,002
SI, отн. ед.	$249,7 \pm 19,5$	$78,8 \pm 23,8$	31,6	3,31	0,000		$59,2 \pm 21,5$	23,7	2,75	0,007	$93,1 \pm 17,6$	37,3	5,29	0,000
СД, мм рт. ст.	$89,8 \pm 1,1$	$4,3 \pm 1,0$	4,8	4,30	0,000		$1,6 \pm 0,8$	1,8	2,0	0,048	$8,5 \pm 1,1$	9,5	7,73	0,000
ДД, мм рт. ст.	$58,5 \pm 1,0$	$1,4 \pm 0,9$	2,4	1,56	0,121		$1,0 \pm 0,8$	1,7	1,25	0,214	$7,0 \pm 0,9$	12,0	7,78	0,000
САД, мм рт. ст.	$67,1 \pm 0,9$	$5,3 \pm 1,1$	7,9	4,82	0,000		$3,3 \pm 0,7$	4,9	4,71	0,000	$9,9 \pm 1,1$	14,8	9,00	0,000
ДП, отн. ед.	$85,9 \pm 1,2$	$8,1 \pm 1,6$	9,4	5,06	0,000		$6,6 \pm 1,8$	7,7	3,67	0,000	$21,6 \pm 1,6$	25,1	13,5	0,000
СТ, баллы	$2,9 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,3$	41,4	4,00	0,000		$0,8 \pm 0,3$	27,6	2,67	0,009	$1,8 \pm 0,3$	62,1	6,0	0,000
А, знаки											$1,6 \pm 2,1$	2,2	0,76	0,449
Q, отн. ед.											$0,5 \pm 0,3$	8,9	1,67	0,098

Таблица 2

**Функциональное состояние организма первоклассников (n = 137)
при выполнении информационной нагрузки**

Показатель	Состояние покоя	Мобилизационная готовность				Автотемп				Максимальный темп			
		Сдвиг		t-крит.	P	Сдвиг		t-крит.	P	Сдвиг		t-крит.	P
		M ± m	d ± m			d ± m	%			d ± m	%		
ОП, мВ	21,7 ± 1,7	18,1 ± 1,6	83,4	11,3	0,000	15,7 ± 1,5	72,4	10,5	0,000	22,4 ± 1,4	103,2	16,0	0,000
ЧСС, уд./мин	92,3 ± 1,5	8,4 ± 1,4	9,1	6,00	0,000	7,8 ± 1,2	8,5	6,50	0,000	12,7 ± 1,2	13,8	10,6	0,000
RRNN, мс	643,0 ± 12,8	-21,4 ± 11,3	3,3	1,89	0,061	-18,6 ± 10,5	2,9	1,77	0,079	-55,0 ± 11,3	8,9	4,87	0,000
Мо, мс	623,1 ± 12,6	-18,7 ± 11,8	3,0	1,58	0,117	-15,9 ± 12,1	2,6	1,31	0,192	-53,6 ± 11,6	8,6	4,62	0,000
MxDMn, мс	223,9 ± 13,5	-52,5 ± 11,2	23,5	4,69	0,000	-60,7 ± 11,6	27,1	5,23	0,000	-67,3 ± 12,0	30,1	3,06	0,003
SDNN, мс	54,6 ± 2,1	-5,2 ± 1,9	9,5	2,74	0,007	-1,2 ± 1,8	2,2	0,67	0,504	-7,2 ± 1,9	13,2	3,79	0,000
АМо, %	43,4 ± 1,5	1,6 ± 1,3	3,7	1,23	0,221	0,3 ± 1,3	0,7	0,23	0,818	3,3 ± 1,3	7,6	2,54	0,012
SI, отн. ед.	155,1 ± 19,2	60,8 ± 18,9	39,2	3,22	0,002	38,1 ± 17,9	24,6	2,13	0,035	116,5 ± 18,1	75,1	6,44	0,000
СД, мм рт. ст.	93,5 ± 1,9	7,5 ± 1,5	8,3	5,00	0,000	4,2 ± 1,4	4,5	3,00	0,003	13,2 ± 1,6	14,1	8,25	0,000
ДД, мм рт. ст.	59,8 ± 2,0	4,4 ± 1,7	7,4	2,59	0,011	2,7 ± 1,6	4,5	1,69	0,093	6,5 ± 1,6	10,9	4,06	0,000
САД, мм рт. ст.	72,0 ± 1,5	5,1 ± 1,2	7,1	4,25	0,000	4,3 ± 1,2	6,0	3,58	0,000	6,6 ± 1,4	9,2	4,71	0,000
ДП, отн. ед.	90,4 ± 2,1	10,2 ± 1,8	11,3	5,67	0,000	6,1 ± 1,7	6,8	3,39	0,001	15,3 ± 1,8	16,9	8,50	0,000
СТ, баллы	2,9 ± 0,2	1,4 ± 0,2	48,3	7,00	0,000	0,8 ± 0,2	27,6	4,00	0,000	1,2 ± 0,3	41,4	4,00	0,000
А, знаки										3,3 ± 2,2	2,6	1,50	0,136
Q, отн. ед.										-2,5 ± 0,5	30,5	5,00	0,000

Таблица 3

Особенности функционального состояния организма обследованных детей в условиях покоя и при информационных нагрузках

Показатель	Состояние покоя			Автотемп			Максимальный темп		
	5–6 лет	6–7 лет	p	5–6 лет	6–7 лет	p	5–6 лет	6–7 лет	p
	M ± m	M ± m		M ± m	M ± m		M ± m	M ± m	
ОП, мВ	27,3 ± 0,9	21,7 ± 1,7	0,004	40,7 ± 1,2	37,4 ± 1,1	0,155	42,1 ± 1,3	44,1 ± 1,3	0,172
ЧСС, уд./мин	98,6 ± 0,6	92,3 ± 1,5	0,000	103,9 ± 1,2	100,1 ± 1,0	0,017	108,3 ± 1,4	105,0 ± 1,3	0,606
RRNN, мс	612,8 ± 14,3	643,0 ± 12,8	0,117	595,2 ± 17,3	624,4 ± 11,8	0,164	581,4 ± 18,6	588,0 ± 12,4	0,768
Мо, мс	596,5 ± 13,7	623,1 ± 12,6	0,154	584,7 ± 14,9	607,2 ± 12,4	0,247	559,5 ± 17,6	569,5 ± 11,8	0,637
MxDMn, мс	216,5 ± 15,2	223,9 ± 13,5	0,717	159,5 ± 13,7	163,2 ± 13,5	0,843	154,4 ± 14,5	156,6 ± 13,3	0,911
SDNN, мс	54,4 ± 2,4	54,6 ± 2,1	0,955	52,4 ± 3,5	53,4 ± 2,5	0,818	50,8 ± 5,7	47,4 ± 2,2	0,579
АМо, %	41,6 ± 1,8	43,4 ± 1,5	0,438	44,4 ± 1,7	43,7 ± 2,0	0,010	47,9 ± 2,1	46,7 ± 1,8	0,546
SI, отн. ед.	249,7 ± 19,5	155,1 ± 19,2	0,001	308,9 ± 23,2	193,3 ± 16,5	0,000	342,8 ± 19,7	271,6 ± 28,6	0,041
СД, мм рт. ст.	89,8 ± 1,1	93,5 ± 1,9	0,083	91,4 ± 1,2	97,7 ± 1,3	0,001	98,3 ± 1,2	106,7 ± 1,5	0,000
ДД, мм рт. ст.	58,5 ± 1,0	59,8 ± 2,0	0,558	59,5 ± 0,9	62,5 ± 1,2	0,073	65,5 ± 1,1	66,3 ± 1,2	0,627
САД, мм рт. ст.	67,1 ± 0,9	72,0 ± 1,5	0,005	70,4 ± 0,9	76,3 ± 1,0	0,000	77,0 ± 0,9	78,6 ± 1,2	0,277
ДП, отн. ед.	85,9 ± 1,2	90,4 ± 2,1	0,066	92,5 ± 1,7	96,5 ± 1,8	0,015	107,7 ± 1,9	105,7 ± 1,6	0,418
СТ, баллы	2,9 ± 0,3	2,9 ± 0,2	0,979	3,7 ± 0,3	3,7 ± 0,2	0,957	4,7 ± 0,4	4,1 ± 0,2	0,126
А, знаки				72,4 ± 2,9	127,2 ± 4,1	0,000	74,0 ± 2,9	130,5 ± 4,2	0,000
Q, отн. ед.				5,6 ± 0,3	8,2 ± 0,3	0,000	6,1 ± 0,31	5,7 ± 0,4	0,430

выполнении ими тестовой нагрузки с комфортной скоростью (табл. 3) выявило различия в отношении ЧСС ($p = 0,017$), АМо ($p = 0,01$), SI ($p < 0,001$), СД ($p < 0,001$), САД ($p < 0,001$), ДП ($p = 0,015$), А ($p < 0,001$), Q ($p < 0,001$). Полученные результаты указывают на то, что психофизиологическая цена когнитивной деятельности, реализуемой с комфортной скоростью, в возрасте 5–6 лет выше, чем в 6–7 лет.

Информационная нагрузка в режиме максимального темпа работы, выполняемая в условиях дефицита времени и «угрозы наказания», вызывала наиболее значительные психофизиологические изменения ФС, при этом у детей 5–6 и 6–7 лет происходило отчётливое увеличение ОП ($p < 0,001$), ЧСС ($p < 0,001$), АМо ($p = 0,002$ и $p < 0,001$ соответственно), SI ($p < 0,001$),

СД ($p < 0,001$), ДД ($p < 0,001$), САД ($p < 0,001$), ДП ($p < 0,001$) и уменьшение RRNN ($p = 0,041$ и $p < 0,001$), Мо ($p < 0,001$), MxDMn ($p < 0,001$ и $p = 0,003$), SDNN ($p = 0,036$ и $p < 0,001$) (см. табл. 1, 2). Выявленные при работе в максимальном темпе особенности ФС, по-видимому, обусловлены более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания относительного вклада подсистемы непродуктивной активации, связанной с оборонительным поведением и стрессом.

Сравнение количества просмотренных знаков (А) и коэффициента продуктивности когнитивной деятельности (Q) у детей 5–6 лет при работе с комфортной и максимальной скоростью не обнаружило статистически значимых различий. На выборке детей

6–7 лет были получены иные данные: количество просмотренных знаков за время работы в максимальном темпе проявляло тенденцию к увеличению, тогда как коэффициент продуктивности уменьшался ($p < 0,001$). При этом в обеих возрастных группах переход от первого режима работы ко второму сопровождался увеличением психофизиологических «затрат» на переработку одного и того же объёма значимой информации.

Сопоставление абсолютных значений показателей ФС детей разного возраста при выполнении ими тестовой нагрузки с максимальной скоростью позволило выявить различия в отношении SI ($p = 0,041$), СД ($p < 0,001$) и А ($p < 0,001$). Дети 6–7 лет превосходили детей 5–6 лет по скорости выполнения когнитивной деятельности на фоне меньшего напряжения центральных механизмов регуляции сердечного ритма (см. табл. 3) и большей средней величины систолического давления крови. Последнее различие, по-видимому, связано с хорошо известной возрастной тенденцией увеличения артериального давления крови у детей.

Психическая напряженность в рассматриваемых экспериментальных ситуациях проявилась не только в виде объективных изменений ФС обследуемых, но и в виде нарастания субъективных переживаний тревоги, определяемой с помощью теста Люшера (см. табл. 1, 2). Показатель ситуативной тревожности у детей 5–6 и 6–7 лет в условиях мобилизационной готовности был статистически значимо выше ($p < 0,001$) по сравнению с состоянием спокойного бодрствования. Высокий уровень тревожности выявлен и при реализации информационной нагрузки с оптимальной ($p = 0,009$ и $p < 0,001$ у детей 5–6 и 6–7 лет соответственно) и максимальной ($p < 0,001$) скоростью. Существенно возросло количество детей с высоким уровнем ситуативной тревожности.

Индивидуальный анализ сдвигов изучаемых показателей ФС у детей 5–6 и 6–7 лет позволил выделить два противоположно направленных комплекса вегетативных реакций в условиях когнитивной нагрузки (рис. 1, 2). Это реагирование по симпатическому типу и реагирование по парасимпатическому типу. Данные типы реагирования отличаются преимущественной направленностью психофизиологических изменений ФС при выполнении когнитивной нагрузки с комфортной скоростью по сравнению с состоянием мобилизационной готовности, возникающим после введения инструкции (см. рис. 1, 2). Первый, комплекс вегетативного реагирования является преобладающим. Он встречается в 54 % случаев у детей 5–6 лет и в 60 % случаев у детей 6–7 лет. Второй тип реакций обнаруживается в 19 и 24 % случаев соответственно. Все остальные случаи представляют собой комбинации рассмотренных типов вегетативного реагирования. При симпатическом типе вегетативного реагирования на начальном этапе выполнения когнитивного задания с оптимальной скоростью в обеих возрастных группах отмечались пиковые сдвиги вегетативных показателей ФС (ОП,

ЧСС, СД, ДД, САД, ДП, Мо, RRNN, АМо, МхDMn, SI, SDNN и SI). В конце задания эти показатели либо сохранялись на одном уровне, либо незначительно снижались. При этом пиковые сдвиги ФС во время выполнения тестового задания в целом были выше, чем в состоянии мобилизационной готовности. Важно отметить, что при симпатическом типе реагирования вегетативные сдвиги последовательно нарастали по мере перехода от состояния спокойного бодрствования к работе в максимальном темпе (см. рис. 1, 2).

У испытуемых с парасимпатическим типом реагирования изменения показателей ФС во время работы были ниже, чем в состоянии мобилизационной готовности (см. рис. 1, 2). При данном типе вегетативного реагирования в условиях работы с комфортной скоростью отмечались меньшие абсолютные значения ЧСС, ДП, СД, ДД, САД и более высокие RRNN, SDNN и Мо по сравнению с состоянием мобилизационной готовности. По мере выполнения работы величины ЧСС, СД, ДД, САД и ДП проявляли тенденцию к снижению, а величины RRNN и SDNN, наоборот, к увеличению. Изменения ОП характеризовались нарастанием его значений по сравнению со спокойным бодрствованием с последующей стабилизацией на среднем уровне. В отдельных случаях рассматриваемые показатели ФС снижались ниже фоновых величин. Важно отметить, что при парасимпатическом типе реагирования в состоянии мобилизационной готовности отмечались выраженные изменения вегетативных показателей ФС по сравнению с состоянием спокойного бодрствования. В условиях работы с комфортной скоростью наблюдалась тенденция снижения сдвигов этих показателей по сравнению с ситуацией мобилизационной готовности и последующее их увеличение при работе с максимальной скоростью (см. рис. 1, 2).

У детей с симпатическим типом вегетативного реагирования абсолютные значения показателей ФС во всех рассматриваемых экспериментальных ситуациях были выше, чем у обследуемых с парасимпатическим типом. Необходимо констатировать, что вегетативное реагирование по симпатическому типу явилось доминирующим типом реакции на информационную нагрузку, реализуемую с максимальной скоростью в условиях дефицита времени, у детей как 5–6, так и 6–7 лет.

Обсуждение результатов

Изучение психофизиологических реакций в состоянии мобилизационной готовности при выполнении когнитивной нагрузки с оптимальной и максимальной скоростью в условиях звуковых помех и «угрозы наказания» показало, что рассматриваемые экспериментальные ситуации вызывают у большинства испытуемых повышение уровня общей активации ЦНС, возрастание напряжения регуляторных систем и сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС. Подобные сдвиги изучаемых показателей ФС расцениваются как

проявление психического напряжения, направленного на мобилизацию адаптационных резервов организма в условиях когнитивной деятельности. Считается, что они определяются особенностями взаимодействия передних отделов новой коры больших полушарий,

ретикулярных и лимбических отделов модулирующей системы мозга [2, 7, 8, 16, 20].

Важно отметить, что переход от работы в режиме автотемпа к реализации нагрузки в максимальном темпе у подавляющего большинства детей старшего

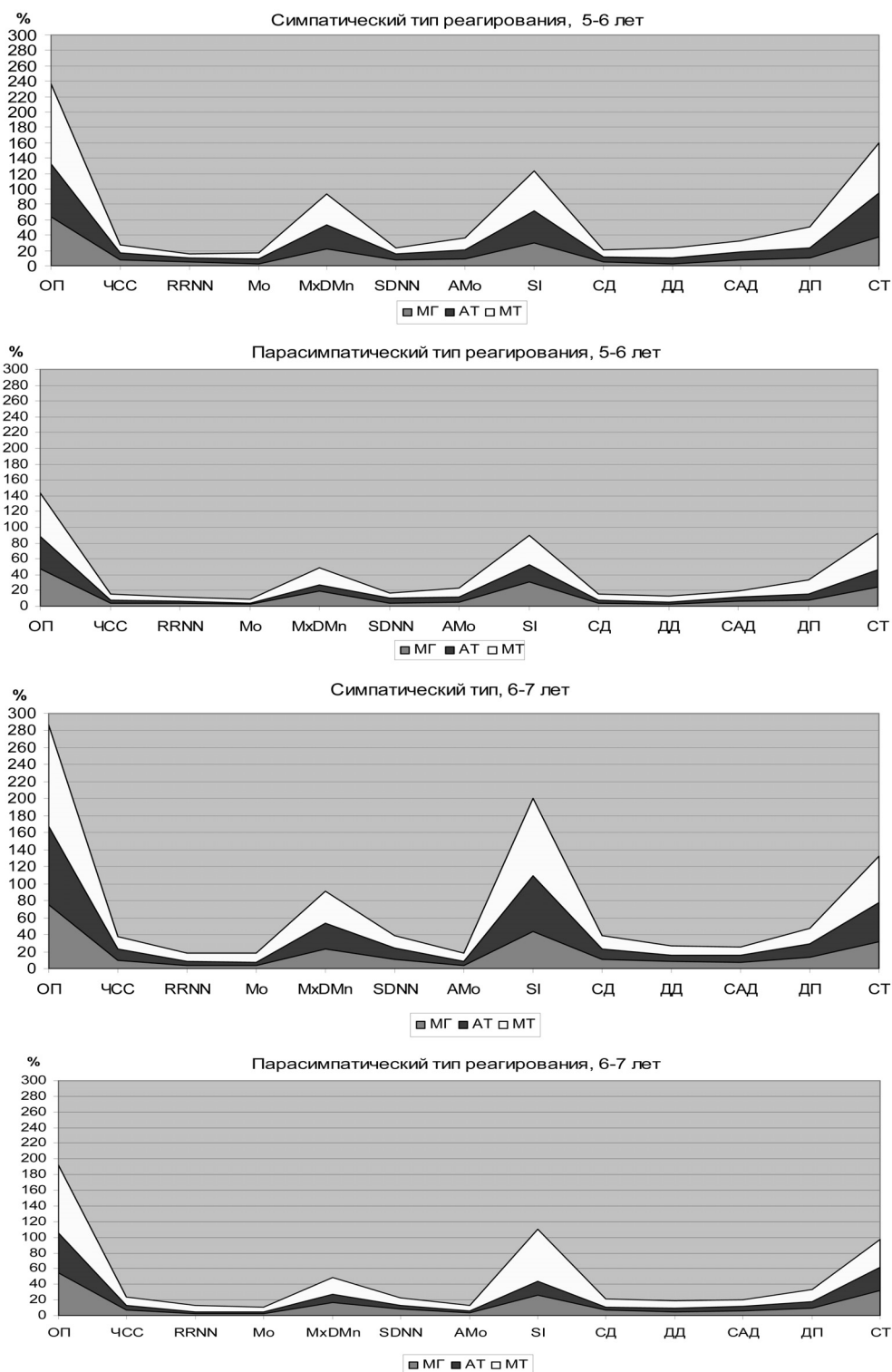


Рис. 1. Сдвиги психофизиологических показателей у двух детей старшего дошкольного возраста и двух первоклассников с разными типами вегетативного реагирования, характеризующиеся сходными значениями функционального состояния в условиях спокойного бодрствования

Примечание для рис. 1 и 2: МГ – мобилизационная готовность, АТ – автотемп, МТ – максимальный темп.

дошкольного возраста и первоклассников сопровождается дальнейшим повышением активности симпатического отдела ВНС и возрастанием ее психофизиологической цены. Высокая психофизиологическая цена когнитивного задания, выполняемого с максимально возможной скоростью, по-видимому,

обусловлена более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания вклада подсистемы непродуктивной активации, связанной с оборонительным поведением и стрессом, по сравнению с активностью подсистемы продуктивной активации, связанной с ориентировочно-исследо-

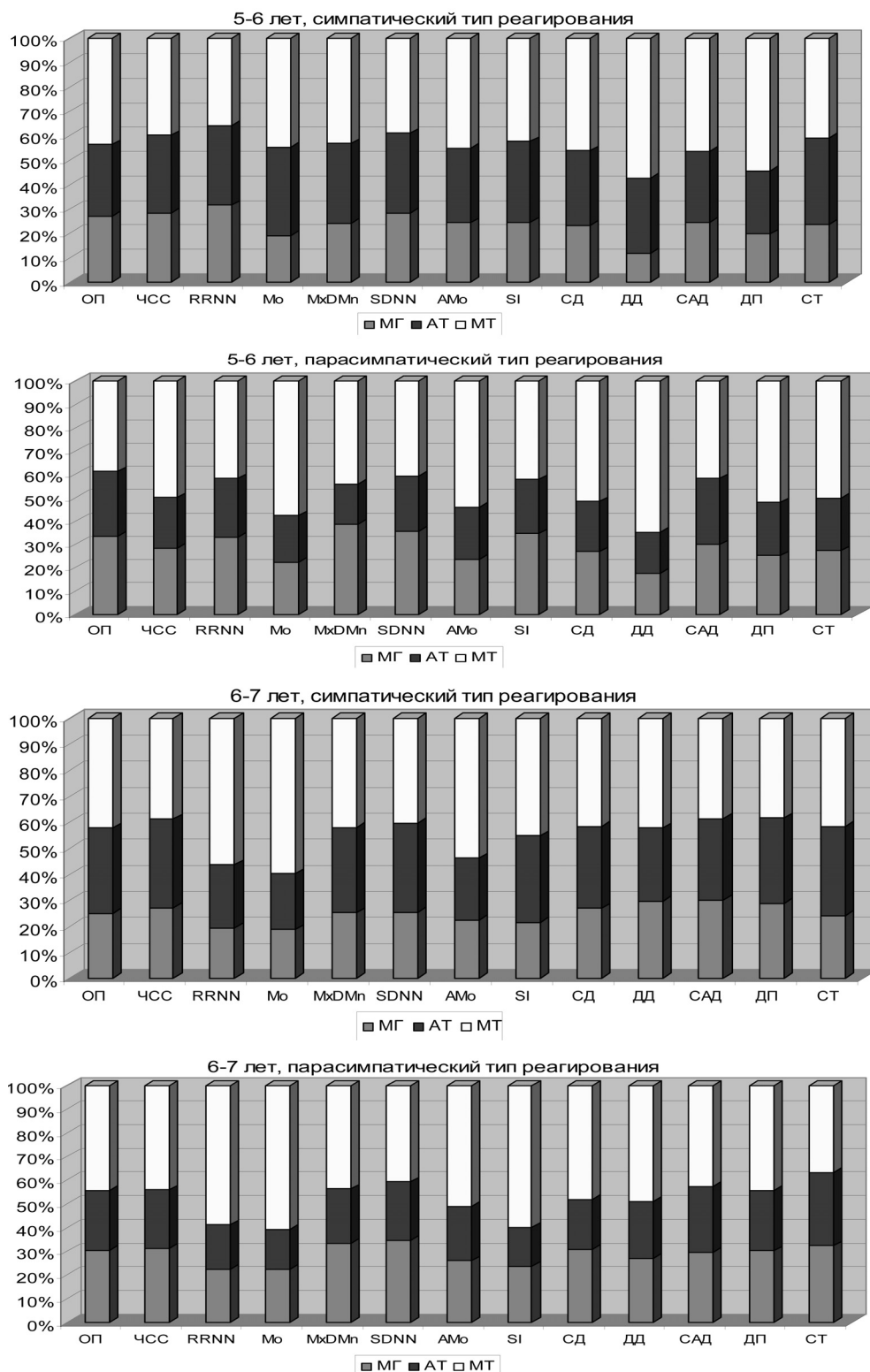


Рис. 2. Соотношение сдвигов психофизиологических показателей функционального состояния у детей старшего дошкольного возраста и первоклассников с разными типами вегетативного реагирования в рассматриваемых экспериментальных ситуациях

вательским поведением [2, 5, 17, 19, 20]. Аналогичная динамика ФС испытуемых в процессе реализации ими когнитивной нагрузки с комфортной и максимально возможной скоростью выявлена нами ранее при обследовании детей других возрастных групп.

Получены данные, что психофизиологическая цена когнитивной деятельности у дошкольников 5–6 лет существенно выше, а ее эффективность — ниже, чем у школьников 6–7 лет. Предполагается, что в основе обнаруженных различий лежат возрастные особенности функционирования регуляторных механизмов, обеспечивающих избирательную функциональную организацию мозговых структур, участвующих в реализации когнитивной деятельности [9, 10, 20].

Материалы исследования, свидетельствующие о существовании у детей старшего дошкольного возраста и первоклассников двух типов вегетативного реагирования на когнитивную нагрузку, согласуются с результатами других работ. Индивидуальные особенности психофизиологической реактивности на различные стрессоры выявлены не только у взрослых, но и у детей разного возраста [2, 13, 14, 17, 19]. Описанные комплексы вегетативного реагирования наблюдались и нами у мальчиков и девочек других возрастных групп при выполнении когнитивного задания с различной скоростью. По-видимому, специфику вегетативного реагирования детей на интенсивные когнитивные нагрузки, как и у взрослых, определяют устойчивые соотношения активности систем продуктивной и непродуктивной активации, связанных, как было отмечено выше, с преобладанием защитного или ориентировочно-исследовательского поведения. Полученные результаты указывают на то, что вегетативное реагирование по симпатическому типу является доминирующим типом реакции на информационную нагрузку, реализуемую с максимальной скоростью. Это даёт основание полагать, что выполнение данного задания оказывает выраженное стрессогенное воздействие на детей рассматриваемых возрастных групп. Отсутствие статистически значимых различий между испытуемыми с разным типом вегетативного реагирования в отношении изменений ФС в условиях напряженной когнитивной нагрузки может быть связано с исчерпанием потенциала активации при высоком уровне стресса («эффект потолка») [16]. В заключение важно отметить, что сходная по своей величине информационная нагрузка, выполняемая с комфортной скоростью, вызывает у детей с симпатическим типом вегетативного реагирования больший психофизиологический эффект, чем у обследуемых с парасимпатическим типом. Известно, что дети с повышенной реактивностью симпатического отдела ВНС чаще других испытывают психологический стресс и связанное с ним снижение эффективности когнитивной деятельности, в том числе и в процессе обучения [3, 13, 14, 18, 21]. Можно полагать, что обучающиеся с симпатическим типом вегетативного реагирования платят большую психофизиологическую цену за усвоение знаний, особенно в условиях интен-

сивной деятельности. Выявленные типологические особенности психофизиологической реактивности детей рассматриваемых возрастных групп необходимо учитывать при организации процесса обучения.

Полученные результаты значимы для решения проблемы оптимизации неблагоприятных ФС организма ребенка, характеризующихся повышенным уровнем актуализации психофизиологических ресурсов в условиях современной информационно-образовательной среды. Они открывают перспективы для дальнейшего углубленного исследования вопросов, связанных с повышением устойчивости детей к информационному стрессу на различных этапах возрастного развития. В то же время необходимо отметить, что следует весьма осторожно переносить результаты, полученные в данном исследовании в условиях напряженной информационной нагрузки, создаваемой в лабораторном эксперименте, на состояние информационного стресса, возникающего в естественных условиях. Вместе с тем экспериментальное изучение устойчивости детей к информационным нагрузкам различной степени напряженности дает возможность определить критерии оценки и прогнозирования стрессоустойчивости детей разного возраста. Величина информационной нагрузки, как известно, во многом зависит от сложности решаемых задач, длительности выполнения работы, уровня требований, предъявляемых к скорости и точности выполнения заданий и личностных особенностей детей. Необходимо отметить, что в настоящем исследовании не рассматривалось влияние личностных особенностей на психофизиологическую реактивность детей дошкольного и младшего школьного возраста в условиях информационной нагрузки. Это связано с тем, что данная задача представляет собой самостоятельную научную проблему, требующую отдельного изучения. В заключение необходимо отметить, что в процессе исследования для устранения систематической погрешности измерения проводилось тарирование и калибрование используемой аппаратуры и оборудования. Для превращения систематической погрешности в случайную применялся метод рандомизации.

Выводы

Изучение ФС детей старшего дошкольного возраста и первоклассников в условиях мобилизационной готовности при выполнении информационной нагрузки с оптимальной и максимальной скоростью показало, что рассматриваемые экспериментальные ситуации вызывают у большинства испытуемых повышение уровня общей активации ЦНС, возрастание напряжения регуляторных систем и сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания активности симпатического отдела ВНС.

Полученные результаты дают основание считать, что реализация информационной нагрузки с индивидуально комфортной скоростью у большинства детей 5–6 и 6–7 лет сопровождается продуктивной активацией, тогда как выполнение тестового задания с максимальной скоростью, наоборот, осуществляется

на фоне непродуктивной активации, характерной для стрессовых состояний.

Установлено, что у детей обеих возрастных групп психофизиологическая цена работы в комфортном режиме ниже, чем при нагрузке в максимальном темпе. Это, по-видимому, обусловлено более выраженным повышением активности модулирующей системы мозга за счёт нарастания относительного вклада подсистемы непродуктивной активации, связанной с оборонительным поведением и стрессом.

Сопоставление индивидуальных сдвигов ФС на информационную нагрузку позволило выявить у детей старшего дошкольного возраста и первоклассников два типа вегетативного реагирования. Первый тип — реагирование преимущественно по симпатическому типу, второй — реагирование по парасимпатическому типу. При работе с комфортной скоростью первый комплекс вегетативного реагирования встречается в 54 % случаев у детей 5–6 лет и в 60 % случаев у детей 6–7 лет. Второй тип реакций обнаруживается в 19 и 24 % случаев соответственно. Все остальные случаи представляют собой комбинации рассмотренных типов вегетативного реагирования. При работе с максимальной скоростью комплекс реакций по симпатическому типу явился доминирующим видом реагирования, выявленным у 85–95 % испытуемых. Последнее позволяет рассматривать выполнение когнитивного задания с максимальной скоростью в качестве надежной тестовой задачи по оценке стрессовой реактивности детей старшего дошкольного и младшего школьного возраста.

Установлено, что психофизиологическая цена напряженной когнитивной деятельности у дошкольников 5–6 лет существенно выше, а ее эффективность — ниже, чем у первоклассников 6–7 лет. Предполагается, что в основе обнаруженных различий лежат возрастные особенности функционирования регуляторных механизмов, обеспечивающих избирательную функциональную организацию мозговых структур, участвующих в реализации когнитивной деятельности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проектов № 19-013-00093 «Эффективность когнитивной деятельности учащихся начальной школы в условиях разных режимов физического воспитания» и № 19-013-00127 «Оптимизация функционального состояния детей 5–6 лет при информационных нагрузках средствами физической подготовки: анализ зависимости «доза-эффект»».

Данные о функциональном состоянии детей 5–6 лет в условиях информационных нагрузок различной степени напряженности получены при выполнении исследований по гранту № 19-013-00127. Данные о функциональном состоянии детей 6–7 лет в условиях информационных нагрузок различной степени напряженности получены при выполнении исследований по гранту № 19-013-00093

Авторство

Криволапчук И. А. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию

данных; подготовил статью к печати; окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Чернова М. Б. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; подготовила статью к печати; окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов

Криволапчук Игорь Альерович — ORCID 0000-0001-8628-6924; SPIN 2673-1855

Чернова Мария Борисовна — ORCID 0000-0002-1253-9842; SPIN 5073-8380

Список литературы

1. Брызгунов И. П., Михайлов А. Н., Столярова Е. В. Посттравматическое стрессовое расстройство у детей и подростков. М.: ИД «Медпрактика-М», 2008. 144 с.
2. Данилова Н. Н. Активность мозга и её изучение в психофизиологической школе Е. Н. Соколова // Вестник МГУ. 2010. Сер. 14, № 4. С. 79–109.
3. Данилова Н. Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка // Вестник МГУ. 1995. Сер. 14, № 4. С. 14–27.
4. Илюхина В. А. Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. 368 с.
5. Костина Л. М. Связь ведущего элемента психологической безопасности личности (тревожности) первоклассника с показателями школьной адаптации // Психология образования в поликультурном пространстве. 2016. Т. 33, № 1. С. 6–12.
6. Кучма В. Р., Качук Е. А., Тармаева И. Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 12. С. 1183–1188.
7. Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека. СПб.: Питер, 2019. 767 с.
8. Мачинская Р. И. Управляющие системы мозга // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2015. Т. 65, № 1. С. 33–60.
9. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2009. 432 с.
10. Фарбер Д. А., Безруких М. М. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 5. С. 8–16.
11. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 2009. 259 с.
12. Boyce W. T. Differential Susceptibility of the Developing Brain to Contextual Adversity and Stress // Neuropsychopharmacology. 2016. Vol. 41, N 1. P. 142–162.
13. Boyce W. T., Quas J., Alkon A., Smider N. A., Essex M. J., Kupfer D. J. Autonomic reactivity and psychopathology in middle childhood // Br J Psychiatry. 2001. Vol. 179, N 2. P. 144–150.
14. Diamond L. M., Fagundes C. P., Cribbet M. R. Individual differences in adolescents' sympathetic and parasympathetic functioning moderate associations between family environment and psychosocial adjustment // Dev Psychol. 2012. Vol. 48, N 4. P. 918–931.
15. Escobar M., Alarcón R., Blanca M. J., Fernández-Baena F. J., Rosel J. F., Trianes M. V. Daily stressors in school-age children: a multilevel approach // Sch Psychol Q. 2013. Vol. 28, N 3. P. 227–238.

16. Everly G., Latin J. A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. NY: Springer, 2013. 486 p.
17. Quas J. A., Yim I. S., Oberlander T. F., Nordstokke D., Essex M. J., Armstrong J. M., Bush N., Obradović J., Boyce W. T. The symphonic structure of childhood stress reactivity: patterns of sympathetic, parasympathetic, and adrenocortical responses to psychological challenge // *Dev Psychopathol.* 2014. Vol. 26, N 4. P. 963–982.

18. Roos L. E., Beauchamp K. G., Giuliano R., Zalewski M., Kim H. K., Fisher P. A. Children's biological responsivity to acute stress predicts concurrent cognitive performance // *Stress.* 2018. Vol. 21, N 4. P. 347–354.

19. Roos L. E., Giuliano R. J., Beauchamp K. G., Gunnar M., Amidon B., Fisher P. A. Validation of autonomic and endocrine reactivity to a laboratory stressor in young children // *Psychoneuroendocrinology.* 2017. Vol. 77. P. 51–55.

20. Weisfeld G., LaFreniere P. Need for more evolutionary and developmental perspective on basic emotional mechanisms // *Behav Brain Sci.* 2012. Vol. 35, N 3. P. 171–172.

21. Wolff B. C., Wadsworth M. E., Wilhelm F. H., Mauss I. B. Children's vagal regulatory capacity predicts attenuated sympathetic stress reactivity in a socially supportive context: Evidence for a protective effect of the vagal system // *Dev Psychopathol.* 2012. Vol. 24, N 2. P. 677–689.

References

1. Bryazgunov I. P., Mikhailov A. N., Ctolyarova E. V. *Posttraumaticheskoe stressovoe rasstroistvo u detei i podrostkov* [Post-traumatic stress disorder in children and adolescents]. Moscow, Medpraktika-M Publ., 2008. 144 p.
2. Danilova N. N. Brain activity and its study in the psychophysiological school of E. N. Sokolova. *Moscow University Bulletin (Vestnik).* 2010, Ser. 14 (4), pp. 79–109. [In Russian]
3. Danilova N. N. Heart rate and information load. *Moscow University Bulletin (Vestnik).* 1995, Ser. 14 (4), pp. 14–27. [In Russian]
4. Ilyukhina V. A. *Psikhofiziologiya funktsional'nykh sostoyanii i poznavatel'noi deyatel'nosti zdorovogo i bol'nogo cheloveka* [Psychophysiology of functional states and cognitive activity of a healthy and sick person]. Saint Petersburg, N-L Publ., 2010, 368 p.
5. Kostina L. M. Communication leading element of the psychological security of the person (anxiety) first-grader with indicators of school adaptation. *Psihologiya obrazovaniya v polikul'turnom prostranstve* [Psychology of education in a multicultural space]. 2016, 33 (1), pp. 6–12. [In Russian]
6. Kuchma V. R., Tkachuk E. A., Tarmaeva I. Yu. Psychophysiological state of children in conditions of informatization of their vital functions and intensification of education. *Gigiena i Sanitariya.* 2016, 95 (12), pp. 1183–1188. [In Russian]
7. Luria A. R. *Vyshskie korykovye funktsii cheloveka* [Higher human cortical functions]. Saint Petersburg, Peter Publ., 2019, 767 p.
8. Machinskaja R. I. Control systems of the brain. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatel'nosti Imeni I. P. Pavlova.* 2015, 65 (1), pp. 33–60. [In Russian]

9. *Razvitie mozga i formirovanie poznavatel'noi deyatel'nosti rebenka* [Development of the brain and the formation of cognitive activity of the child]. Ed by D. A. Farber, M. M. Bezrukh. Moscow, 2009, 432 p.

10. Farber D. A., Bezrukh M. M. Methodological aspects of studying the developmental physiology of a child. *Fiziologiya cheloveka.* 2001, 27 (5), pp. 8–16. [In Russian]

11. Shlyk N. I. *Serdechnyi ritm i tip regulatsii u detei, podrostkov i sportsmenov* [Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes]. Izhevsk, Udm. University Publ., 2009, 259 p.

12. Boyce W. T. Differential Susceptibility of the Developing Brain to Contextual Adversity and Stress. *Neuropsychopharmacology.* 2016, 41 (1), pp. 142–162.

13. Boyce W. T., Quas J., Alkon A., Smider N. A., Essex M. J., Kupfer D. J. Autonomic reactivity and psychopathology in middle childhood. *Br J Psychiatry.* 2001, 179 (2), pp. 144–150.

14. Diamond L. M., Fagundes C. P., Cribbet M. R. Individual differences in adolescents' sympathetic and parasympathetic functioning moderate associations between family environment and psychosocial adjustment. *Dev Psychol.* 2012, 48 (4), pp. 918–931.

15. Escobar M., Alarcón R., Blanca M. J., Fernández-Baena F. J., Rosel J. F., Trianes M. V. Daily stressors in school-age children: a multilevel approach. *Sch Psychol Q.* 2013, 28 (3), pp. 227–238.

16. Everly G., Latin J. A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. NY: Springer, 2013, 486 p.

17. Quas J. A., Yim I. S., Oberlander T. F., Nordstokke D., Essex M. J., Armstrong J. M., Bush N., Obradović J., Boyce W. T. The symphonic structure of childhood stress reactivity: patterns of sympathetic, parasympathetic, and adrenocortical responses to psychological challenge. *Dev Psychopathol.* 2014, 26 (4), pp. 963–982.

18. Roos L. E., Beauchamp K. G., Giuliano R., Zalewski M., Kim H. K., Fisher P. A. Children's biological responsivity to acute stress predicts concurrent cognitive performance. *Stress.* 2018, 21 (4), pp. 347–354.

19. Roos L. E., Giuliano R. J., Beauchamp K. G., Gunnar M., Amidon B., Fisher P. A. Validation of autonomic and endocrine reactivity to a laboratory stressor in young children. *Psychoneuroendocrinology.* 2017, 77, pp. 51–55.

20. Weisfeld G., LaFreniere P. Need for more evolutionary and developmental perspective on basic emotional mechanisms. *Behav Brain Sci.* 2012, 35 (3), pp. 171–172.

21. Wolff B. C., Wadsworth M. E., Wilhelm F. H., Mauss I. B. Children's vagal regulatory capacity predicts attenuated sympathetic stress reactivity in a socially supportive context: Evidence for a protective effect of the vagal system. *Dev Psychopathol.* 2012, 24 (2), pp. 677–689.

Контактная информация:

Криволапчук Игорь Альберович — доктор биологических наук, заведующий лабораторией физиологии мышечной деятельности и физического воспитания ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО»

Адрес: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2
E-mail: i.krivolapchuk@mail.ru