



УДК 612.89+612.6+373.31

Научная статья / **Research Full Article**DOI: [10.15293/2658-6762.2501.08](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2501.08)Язык статьи: русский / **Article language: Russian**

Особенности реакции вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем на учебную нагрузку в острый период адаптации к школе

О. Н. Адамовская¹, И. В. Ермакова¹¹ Институт развития, здоровья и адаптации ребенка, Москва, Россия

Проблема и цель. Проблема адаптации первоклассников к началу систематического обучения в школе является актуальной, поскольку от ее протекания зависит успешность дальнейшего образования. В доступной литературе практически отсутствуют результаты комплексных исследований, раскрывающие реакции стресс-реализующих систем (вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной) организма первоклассников во время острой адаптации к учебным нагрузкам. Цель исследования – выявить особенности реакции вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем на учебную нагрузку в острый период адаптации к школе.

Методология. Методологическим подходом проведенного исследования является теория функциональных систем П. К. Анохина, согласно которой функциональные системы избирательно вовлекаются в адаптационные процессы к изменению факторов внешней среды. Для оценки активности вегетативной нервной системы использовались метод вариабельности сердечного ритма и кожно-гальваническая реакция. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы изучали по показателям частоты сердечных сокращений и артериального давления. Состояние эндокринной системы оценивали по уровню кортизола в слюне.

Результаты. В статье представлены результаты комплексного исследования адаптации первоклассников к учебной нагрузке в начале учебного года. Все обследуемые дети были разделены на три группы: обучающиеся с гиперсимпатикотонией (25 %), с оптимальным функционированием регуляторных систем (50 %), с относительной ваготонией (25 %).

Финансирование проекта: Исследование выполнено в рамках реализации государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов № 073-00073-24-01 от 07.02.2024 по теме «Физиолого-гигиенические особенности адаптации обучающихся начального общего образования к учебным нагрузкам в современных условиях обучения».

Библиографическая ссылка: Адамовская О. Н., Ермакова И. В. Особенности реакции вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем на учебную нагрузку в острый период адаптации к школе // Science for Education Today. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 162–181. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2501.08>

✉ Автор для корреспонденции: Ирина Владимировна Ермакова, ermek61@mail.ru

© О. Н. Адамовская, И. В. Ермакова, 2025

Адаптация к систематическому обучению у детей с оптимальным функционированием регуляторных систем сопровождалась уменьшением вегетативной активности к концу недели без вовлечения сердечно-сосудистой и эндокринной систем. У детей с чрезмерно высокой активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы отмечались самые высокие значения изучаемых показателей сердечно-сосудистой системы. У половины детей с гиперсимпатикотонией чрезмерная симпатическая активность сохранялась в течение учебной недели. У детей с преобладанием парасимпатической регуляции сердечного ритма наблюдалось уменьшение вегетативной активности к концу учебной недели. У детей с гиперсимпатикотонией и относительной ваготонией отмечается напряжение адаптации по сравнению с детьми с оптимальным функционированием регуляторных систем.

Заключение. *Результаты исследования позволяют сделать вывод, что напряжение адаптации к учебной нагрузке в начале систематического обучения в школе отмечается у 50 % первоклассников. Высокий риск развития вегетативной дисфункции имеют школьники с гиперсимпатикотоническим типом регуляции сердечного ритма.*

Ключевые слова: *адаптация; первоклассники; учебная нагрузка; гиперсимпатикотония; оптимальное функционирование регуляторных систем; относительная ваготония; кортизол.*

Постановка проблемы

Успешность обучения ребенка в школе, во всяком случае на этапе начальной школы, определяется скоростью и глубиной его адаптации к комплексу факторов. Из наиболее очевидных факторов среды можно выделить умственную, зрительную, статическую нагрузки, низкую двигательную активность, а также новое социально-психологическое окружение. Все эти факторы являются стрессогенными для ребенка и требуют активации физиологических систем, обеспечивающих адаптационно-приспособительные механизмы жизнедеятельности. Такими системами являются вегетативная нервная и эндокринная, становление которых происходит в детском возрасте, когда закладывается основа будущего здоровья и адаптивного функционирования [1]. Физиологическая стресс-система включает в себя три функционально скоординированных кон-

тура: симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую ось [2], основным гормоном которой является кортизол.

Результаты исследований за последние пять лет свидетельствуют об относительной симпатикотонии в вегетативной регуляции у детей 7–10 лет, что может быть связано с возрастной незрелостью механизмов регуляции [3], а также с напряжением систем регуляции вследствие влияния на организм ребенка учебных нагрузок и компьютерных технологий¹ [4–6].

По данным психофизиологических исследований, наибольшее напряжение организм обучающегося испытывает в первые месяцы пребывания в школе. Показано, что в первые недели учебного года у большинства первоклассников в состоянии спокойного

¹ Кузнецова М. В., Улендеев Е. М., Шхаева Д. М., Рамазанов Д. Р., Цечоева М. А. Адаптационные возможности школьников с учетом их вегетативного статуса // Chronos. – 2021. – № 7. – С. 6-7.

бодрствования отмечается повышенный уровень фоновой активированности и эрготропная «настройка» вегетативной нервной системы [7]. Известно, что при эрготропной «настройке» резко возрастает реактивность симпатической системы и одновременно снижается реактивность парасимпатической системы [8].

В литературе за последнее десятилетие широко представлены данные о динамике кортизола при адаптации к обучению в школе [9–15]. Проявлением физиологической реакции на начало обучения служит повышенная концентрация стресс-гормона в течение 2–3 месяцев [10]. В более поздний период у детей появляются индивидуальные различия: у одних уровень кортизола снижается, у других – остается на прежнем уровне или даже повышается, т. е. реакция на стресс становится более продолжительной [10; 14; 16].

Длительность адаптации к школе имеет большое значение, так как хронический стресс активирует симпатическую нервную систему [17], оказывает негативное влияние на рост, физическое и психическое здоровье [18–20], воздействует на зоны мозга, участвующие в обучении [21; 22] и может быть одной из причин школьных трудностей [14].

В доступной литературе имеются немногочисленные данные о физиологической адаптации первоклассников к учебным нагрузкам на начальном этапе обучения, однако эти исследования затрагивают либо вегетативную нервную систему [7], либо гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую ось [23]. Результаты комплексных исследований, раскрывающие реакции стресс-реализующих систем организма первоклассников во время острой адаптации к учебным нагрузкам, в доступной литературе отсутствуют.

Цель – выявить особенности реакции вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и

эндокринной систем на учебную нагрузку в острый период адаптации к школе.

Методология исследования

Методологическим подходом проведенного исследования является теория функциональных систем П. К. Анохина, согласно которой функциональные системы избирательно вовлекаются в адаптационные процессы к изменению факторов внешней среды. В исследовании приняли участие 85 обучающихся 1-го класса г. Одинцово (50 % девочек; средний возраст – $7,20 \pm 0,05$ лет). Все дети, согласно данным медицинских карт, относились к I и II группам здоровья. Родители участников дали письменное информированное согласие на обследование.

Исследование проводилось в первой половине дня (с 8:20 до 12:00 часов), во время наибольшей активности физиологических функций. Занятия в 1-м классе начинались в 8:20, продолжительность урока – 35 мин., расписание в сентябре – 3 урока в день.

Комплексное исследование включало изучение вегетативной нервной регуляции сердечного ритма, кожно-гальванической реакции и концентрации кортизола в слюне в начале и в конце учебной недели.

Для оценки вегетативной регуляции сердечного ритма проводили регистрацию ЭКГ во II стандартном отведении в положении обследуемого сидя. Автоматический анализ кардиограммы осуществлялся с помощью программного обеспечения «Поли-Спектр-8Е/Х» (Нейрософт, г. Иваново).

Вариабельность сердечного ритма оценивали по стандартизированной методике, принятой Европейской ассоциацией кардиологии и Северо-Американской ассоциацией ритмологии и электрофизиологии [24; 25]. Рассчитывали статистические характеристики

динамического ряда кардиоинтервалов: среднее значение интервалов R-R (RRNN, мс), среднее квадратичное отклонение величин NN интервалов (SDNN, мс), процент пар последовательных интервалов NN, отличающихся более чем на 50 миллисекунд за весь период записи (pNN50, %), амплитуду моды (АМо, %), индекс напряжения (ИН, усл. ед.); показатели спектрального анализа: общая мощность в диапазоне частот <0,4 Гц (TP, мс²), абсолютные и нормализованные мощности в высокочастотном (HF, 0,16–0,4 Гц), низкочастотном (LF, 0,04–0,15 Гц) и очень низкочастотном (VLF<0,04 Гц) диапазонах, индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF). Считается, что отдельные показатели ВСР дают представление об активности различных звеньев регуляторных механизмов, а их комплексная оценка – о функциональном состоянии² [26].

Активность симпатического отдела вегетативной нервной системы оценивали при регистрации кожно-гальванической реакции на аппаратно-программном комплексе «Дианел-5120» (ООО ЦИТ «Нелиан», г. Москва), регистрируя электрокожную проводимость на концевых фалангах 4-го и 5-го пальцев правой и левой руки.

Реакцию сердечно-сосудистой системы изучали по динамике частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и величины артериального давления (САД, ДАД, ПД, мм.рт.ст.), которое регистрировалось по методу Н. С. Короткова автоматическим тонометром «Microlife», Швеция.

Реакцию эндокринной системы изучали по уровню кортизола в слюне, сбор которой осуществлялся до первого и после 3 урока в начале и конце учебной недели. До проведения иммуноферментного анализа пробы слюны хранили в морозильной камере при температуре -20 °С. Концентрацию гормона определяли с помощью набора реагентов фирмы DRG TechSystem на ИФА-анализаторе «StatFax 2100» и выражали в нг/мл. Все анализы были сделаны в соответствии с протоколом наборов, контрольные показатели были в рамках принятых пределов.

Статистическая обработка проводилась непараметрическими методами с использованием программного пакета SPSS-26. Количественные значения исследованных величин были представлены медианой (Me) и межквартильным размахом (Q₁ и Q₃). Статистически значимые межгрупповые отличия несвязанных выборок оценивались с помощью критерия Манна – Уитни (U-критерий), связанных выборок – с помощью критерия Уилкоксона. Корреляционные связи были изучены с использованием критерия Спирмена (S_R-критерий). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В целом по группе в течение учебной недели наблюдается снижение нейрогуморальных влияний на сердечный ритм (СР) (уменьшение значений общей мощности спектра, TP, мс²) (рис. 1) и симпатической активности (уменьшение АМ, сНп) (рис. 2).

² Спицин А. П. Особенности структуры сердечного ритма у лиц молодого возраста в зависимости от доминирующего типа вегетативной нервной системы // Курский научно-практический вестник.

Человек и его здоровье. – 2017. – № 3. – С. 113.
EDN: ZQKVCP

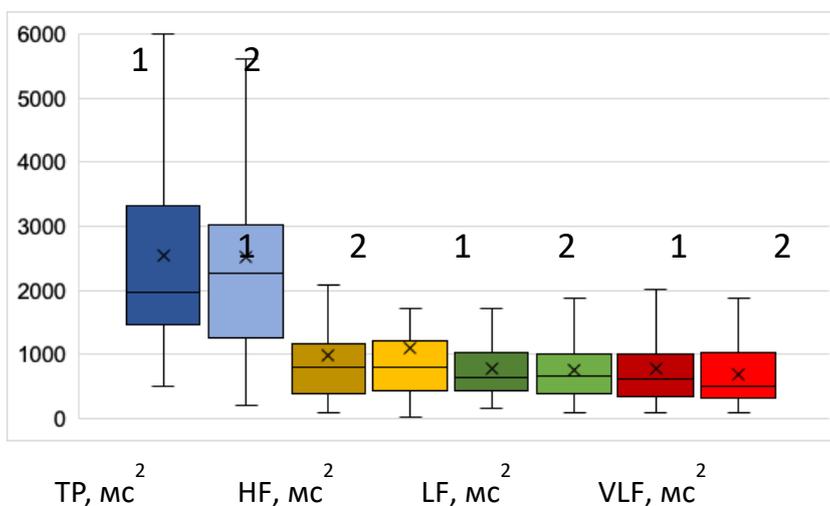


Рис. 1. Показатели variability сердечного ритма у первоклассников в начале (1) и конце (2) учебной недели

Fig. 1. HRV indices in first-graders at the beginning (1) and end (2) of the school week

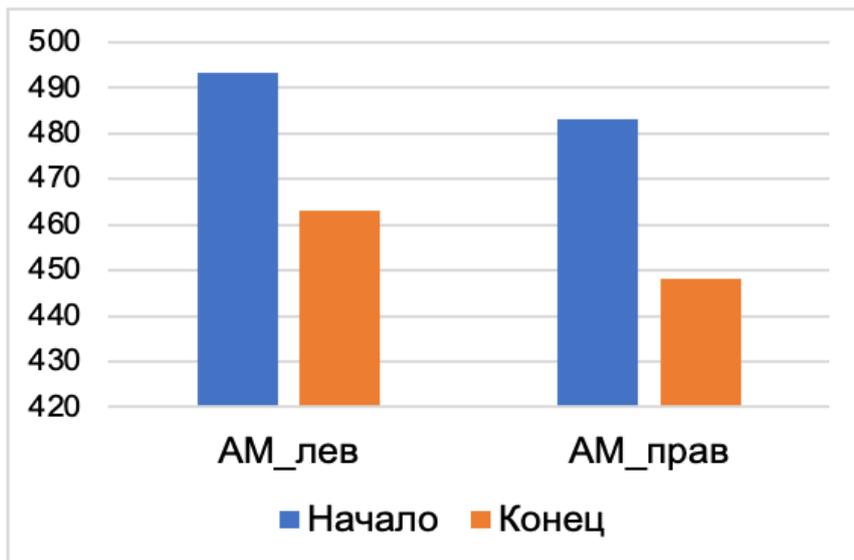


Рис. 2. Амплитуда кожно-гальванической реакции у первоклассников в начале и конце учебной недели, при $p < 0,05$

Fig. 2. Amplitude of skin-galvanic response in first graders at the beginning and end of the school week, at $p < 0.05$

Учебная неделя у первоклассников приводит к перестройке механизмов вегетативной регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы. К концу недели наблюдается снижение активности вегетативной нервной системы и симпатического отдела в регуляции сердечной деятельности, что свидетельствует об общем снижении уровня активации сердечно-сосудистой системы и отражает утомление организма к концу учебной недели.

Как известно, $TP, мс^2$ отражает суммарную активность регуляторных механизмов, а $ИН, у. е.$ характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регуляции [27]. В зависимости от количественно-качественных соотношений $TP, мс^2$ и $ИН, у. е.$ все обследуемые дети были разделены на три группы. К первой группе были отнесены дети, имеющие нижний интервал $TP, мс^2 (< Q1)$ и верхний – $ИН (> Q3)$ – гиперсимпатикотония, вторую группу составили дети с показателями $TP, мс^2$ и $ИН, у. е.$, отражающими оптимальное функционирование регуляторных систем ($Q1-Q3$), третью – дети с верхним интервалом $TP, мс^2 (> Q3)$ и нижним интервалом $ИН, у. е. (< Q1)$ – относительная ваготония.

У первоклассников 1-й группы в начале учебной недели отмечаются более высокие значения показателей, свидетельствующих о симпатической активности: $LF/HF, LF\%$,

$VLF\%$. Наши данные согласуются с результатами исследований, выявивших довольно большое число учащихся с симпатикотонией в 7-летнем возрасте, у которых напряжение систем регуляции совпадает с началом систематического обучения в школе [4; 5; 28].

У детей 3-й группы статистически значимо выше значения показателей, характеризующих активность парасимпатической нервной системы: $HF, мс^2, \%, pNN50, \%, RMSSD, CV$ (табл.). Преобладание парасимпатической регуляции сердечного ритма у детей 3-й группы мы относим к неблагоприятному функциональному состоянию регуляторных систем, управляющих ритмом сердца. Установлено множество различных видов симпато-парасимпатических взаимодействий, в том числе в форме акцентированного антагонизма, согласно которому «ингибирующий эффект парасимпатической деятельности выражен тем сильнее, чем выше уровень симпатической активности» [29]. В нашем исследовании вклад в общую мощность спектра симпатических влияний составляет примерно 50 % ($LF\%+VLF\%$), поэтому регистрируемые очень высокие значения $TP, мс^2, SDNN, HF, мс^2, \%, RMSSD, pNN50, \%$ на фоне нормокардии нужно трактовать как несовершенство (незрелость) или дисфункцию в состоянии регуляторных механизмов у детей младшего возраста.

Таблица

Динамика показателей variability сердечного ритма, кожно-гальванической реакции и кортизола у первоклассников с разным функционированием регуляторных систем (медиана и межквартильный размах: 25–75 процентиля)

Table

Dynamics of heart rate variability, skin-galvanic response and cortisol in first-graders with different functioning of regulatory systems (median and interquartile range: 25–75th percentiles)

Показатели	Период учебной недели	1-я группа (n = 21)	2-я группа (n = 42)	3-я группа (n = 21)	p		
					1–2	2–3	1–3
1	2	3	4	5	6	7	8
ЧСС, уд/мин	начало	103,00 (99,90; 111,40)	97,05 (89,97; 101,62)	87,60 (78,80; 93,60)	0,001	0,000	0,000
	конец	97,50 (92,30; 103,50)	95,90 (92,40; 101,70)	90,90 (88,30; 93,90)	0,015	0,461	0,002
	p	0,003	0,933	0,020			
TP, мс ²	начало	902,0 (638,50; 1259,50)	2057,50 (1757,75; 2793,25)	5859,0 (4125,50; 9265,50)	0,000	0,000	0,000
	конец	1247,0 (1019,00; 2716,00)	2268,0 (1541,0; 2952,0)	4238,0 (2560,50; 6741,00)	0,001	0,085	0,000
	p	0,003	0,276	0,013			
HF, мс ²	начало	290 (165,50; 388,50)	852,50 (609,25; 1110,50)	2566 (1538,50; 5088)	0,000	0,000	0,000
	конец	445,0 (247,0; 829,0)	788,0 (513,0; 1164,0)	1685,0 (833,0; 3361,50)	0,003	0,039	0,000
	p	0,003	0,933	0,063			
LF, мс ²	начало	309 (181,0; 467,50)	665,50 (490,0; 884,0)	1714 (1120,50; 2102,0)	0,000	0,000	0,000
	конец	423 (300,0; 628,00)	692,00 (481,0; 1011,0)	1267,0 (597,0; 1642,50)	0,005	0,060	0,000
	p	0,011	0,468	0,019			
VLF, мс ²	начало	262 (185,00; 359,00)	644 (428,75; 924,50)	1657 (984,50; 2033,50)	0,000	0,000	0,000
	конец	386 (309,0; 680,0)	503 (301,0; 847,0)	1157 (623,5; 1530,0)	0,001	0,556	0,010
	p	0,006	0,155	0,021			
LF/HF	начало	1,07 (0,73; 1,72)	0,80 (0,58; 1,37)	0,52 (0,33; 1,08)	0,034	0,137	0,007
	конец	0,90 (0,60; 1,55)	0,81 (0,46; 1,32)	0,61 (0,38; 0,79)	0,075	0,562	0,054
	p	0,494	0,505	0,677			
HF%	начало	31,80 (24,95; 39,35)	39,20 (29,87; 45,60)	41,80 (37,50; 64,20)	0,054	0,120	0,007
	конец	32,50 (24,50; 46,50)	39,80 (28,70; 47,0)	46,80 (31,35; 57,30)	0,090	0,256	0,018
	p	0,936	0,307	0,543			
LF%	начало	32,60 (26,60; 48,75)	29,10 (26,65; 37,47)	25,00 (20,15; 32,70)	0,066	0,187	0,013
	конец	31,20 (23,10; 39,90)	30,90 (24,40; 39,80)	24,50 (20,90; 33,95)	0,112	0,967	0,255
	p	0,159	0,660	0,614			



Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
VLF%	начало	32,00 (22,65; 36,95)	27,35 (21,55; 39,00)	24,60 (11,80; 35,65)	0,199	0,555	0,145
	конец	31,0 (25,70; 39,60)	30,60 (18,80; 38,80)	23,90 (18,40; 31,70)	0,381	0,324	0,025
	p	0,117	0,499	0,848			
RRNN, мс	начало	583 (539; 601,5)	618,5 (590; 667)	685 (641; 762)	0,000	0,000	0,000
	конец	615 (580; 650)	626 (590; 649)	660 (639; 679,50)	0,015	0,461	0,002
	p	0,003	0,928	0,014			
SDNN	начало	31 (25,5; 36,0)	49,5 (42,75; 55,0)	76 (64,50; 102,0)	0,000	0,000	0,000
	конец	37 (33,0; 54,0)	49,0 (40,0; 56,0)	69,0 (50,5; 82,5)	0,001	0,072	0,000
	p	0,002	0,137	0,009			
RMSSD	начало	22 (15,5; 25,5)	40 (28,75; 46,0)	69 (50,5; 109,0)	0,000	0,000	0,000
	конец	34 (21,0; 39,0)	35 (30,0; 47,0)	58 (37,5; 83,0)	0,002	0,196	0,000
	p	0,005	0,486	0,022			
pNN50%	начало	2,30 (0,90; 5,25)	17,65 (7,20; 24,47)	43,0 (24,15; 60,20)	0,000	0,000	0,000
	конец	13,30 (1,70; 19,10)	15,60 (7,10; 26,60)	33 (16,20; 44,75)	0,003	0,117	0,001
	p	0,007	0,732	0,016			
CV	начало	5,47 (4,74; 5,88)	7,87 (6,77; 8,59)	11,47 (10,09; 13,21)	0,000	0,000	0,000
	конец	6,61 (5,33; 8,07)	7,76 (6,41; 8,48)	9,90 (7,49; 12,31)	0,003	0,096	0,001
	p	0,006	0,134	0,017			
ИИ, у. е.	начало	255,00 (204,80; 353,77)	126,10 (92,40; 155,62)	53,00 (34,45; 67,75)	0,000	0,000	0,000
	конец	206,80 (106,20; 232,20)	111,30 (94,80; 171,0)	78,10 (50,10; 110,10)	0,001	0,034	0,000
	p	0,024	0,241	0,003			
КЗ, нг/мл до уроков	начало	2,31 (1,17; 3,84)	2,15 (1,14; 4,07)	2,95 (1,30; 4,24)	0,881	0,526	0,589
	конец	1,77 (1,00; 2,57)	2,08 (1,28; 3,73)	2,63 (1,97; 6,77)	0,416	0,091	0,041
	p	0,575	0,444	0,401			
КЗ, нг/мл после уроков	начало	0,88 (0,63; 1,10)	0,83 (0,58; 1,22)	0,69 (0,51; 1,16)	0,943	0,468	0,464
	конец	0,70 (0,45; 1,19)	0,70 (0,49; 0,94)	0,74 (0,32; 1,04)	0,792	0,888	0,477
	p	0,889	0,339	0,499			
АМ пр., сНп	начало	482,86 (436,36; 528,87)	494,77 (394,95; 526,68)	462,73 (425,92; 513,68)	0,385	0,175	0,273
	конец	449,60 (399,97; 471,99)	451,55 (394,95; 502,54)	414,03 (367,76; 477,29)	0,431	0,105	0,300
	p	0,040	0,000	0,000			
АМ лев., сНп	начало	494,58 (453,76; 533,32)	501,27 (464,73; 532,27)	463,23 (424,85; 538,28)	0,359	0,217	0,273
	конец	483,77 (406,90; 491,35)	460,69 (410,45; 499,87)	431,23 (364,11; 511,97)	0,536	0,427	0,389
	p	0,007	0,000	0,020			

Показатели сердечно-сосудистой системы, такие как ЧСС, систолическое и диастолическое давление, были статистически значимо выше у детей 1-й группы (рис. 3), а

кортизол до уроков в конце недели – выше у детей 3-й группы по сравнению с 1-й группой ($p = 0,041$) (табл.).

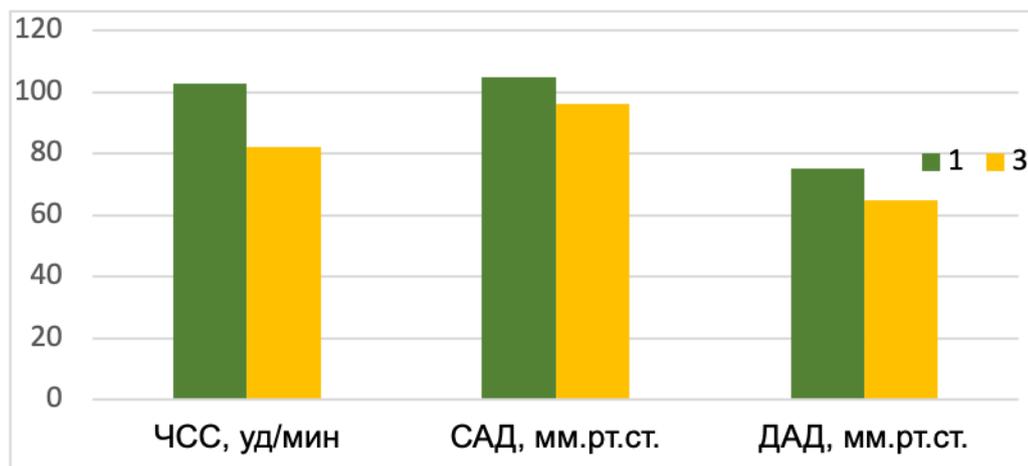


Рис. 3. Показатели сердечно-сосудистой системы у детей с гиперсимпатикотонией (1-я группа) и ваготонией (3-я группа), при $p < 0,05$

Fig. 3. Cardiovascular indices in children with hypersympathicotonia (group 1) and vagotonia (group 3), at $p < 0.05$

По данным L. E. Roos с соавторами (2017), уровень кортизола обратно пропорционально связан с активностью парасимпатической системы [30]. Однако в нашем исследовании мы получили противоположные результаты, что, вероятно, связано с несовершенством механизмов регуляции у детей младшего школьного возраста.

Таким образом, у детей крайних групп (1-я и 3-я группы) наблюдается напряжение механизмов адаптации за счет избыточной активности отделов вегетативной нервной системы и различных уровней ЦНС, а у детей 3-й группы – еще и за счет включения в регуляцию СР эндокринной системы. Как известно, в случае дефицита функциональных резервов через соответствующие нервные и гумораль-

ные каналы обеспечивается мобилизация необходимых дополнительных функциональных резервов других систем [27].

В течение учебной недели у детей 1-й группы наблюдается уменьшение ЧСС, увеличение общей мощности спектра ($TP, \text{мс}^2$) и ее составляющих, увеличение временных показателей variability ритма сердца RRNN, мс, pNN50%, RMSSD, SDNN (табл.), что свидетельствует о повышении нейрогуморальных влияний на СР и, возможно, связано с исходным низким уровнем вегетативной активности. От начала к концу недели уменьшается ИН, у. е., однако, как показал индивидуальный анализ, у 50 % детей с гиперсимпатикотонией (12 % детей от всей выборки) этот показатель остается на высоком уровне, что свидетельствует о сохранении высокого

напряжения на протяжении всей недели. Высокое напряжение примерно у такого же количества первоклассников (у 18 %) было выявлено и другими авторами [28].

У детей 3-й группы от начала к концу учебной недели отмечается уменьшение вклада вегетативной нервной системы в регуляцию СР: снижаются значения ТР, мс² и ее составляющих, временных показателей RRNN, мс, рNN50%, RMSSD, SDNN, коэффициента вариации CV, увеличивается ИН, у. е. (табл.). Динамика показателей ВСР свидетельствует о развитии утомления к концу учебной недели.

Динамика концентрации утреннего кортизола в течение учебной недели сходная в крайних группах: его уровень снижается к концу учебной недели на уровне тенденции, а концентрация кортизола после уроков достоверно не изменяется.

Данные, представленные на рисунке 4, свидетельствуют о наличии большего количества корреляционных связей у детей 1-й и 3-й групп между показателями сердечно-сосудистой, вегетативной нервной и эндокринной системами, по сравнению со 2-й группой, что свидетельствует о сохранении жесткой системы нейровегетативной и гуморальной регуляции сердечного ритма.

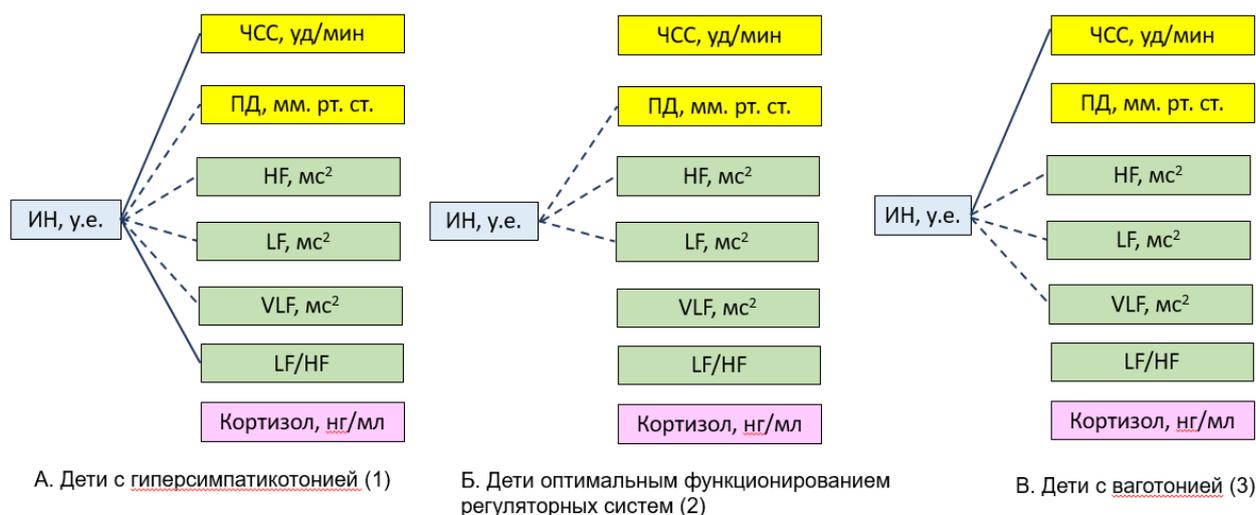


Рис. 4. Корреляционные связи между показателями вегетативной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем у детей разных групп в начале учебной недели

Fig. 4. Correlations between indicators of autonomic, cardiovascular and endocrine systems in children of different groups at the beginning of the school week

На начальном этапе обучения у первоклассников 1-й и 3-й групп в начале учебной недели выявлены значимые корреляции между ИН, у. е. и такими показателями сердечно-сосудистой системы, как ЧСС

($r = 0,518-0,771$; $p < 0,01$), пульсовым давлением ($r = -0,553$; $p < 0,01-(-0,317)$), а также с показателями variability ритма сердца: HF, мс² ($r = -0,669-(-0,789)$; $p < 0,01$), LF, мс² ($r = -0,614-(-0,480)$; $p < 0,05-0,01$), VLF, мс²

($r = -0,779$ –($-0,519$); $p < 0,01$). Значимых корреляционных связей с уровнем кортизола не выявлено. У детей 1-й группы отмечена корреляционная связь между ИН, у. е. и вагосимпатическим балансом LF/HF ($r = -0,559$; $p < 0,05$) (рис. 4).

Таким образом, у детей с гиперсимпатикотонией (1-я группа) и относительной ваготонией (3-я группа) отмечается формирование неустойчивого функционального состояния и напряжение адаптации, по сравнению с детьми с оптимальным функционированием регуляторных систем (2-я группа).

К концу учебной недели (рис. 5) отмечается увеличение количества корреляционных связей у всех детей, что свидетельствует о развитии утомления. Необходимо указать, что у детей 1-й группы появляется связь между ИН, у. е. и уровнем кортизола как до, так и после уроков ($r = 0,669$ и $r = -0,711$; $p < 0,05$), что может свидетельствовать о более генерализованной реакции организма с вовлечением не только вегетативной нервной и сердечно-сосудистой, но и эндокринной систем в ответ на учебные нагрузки.

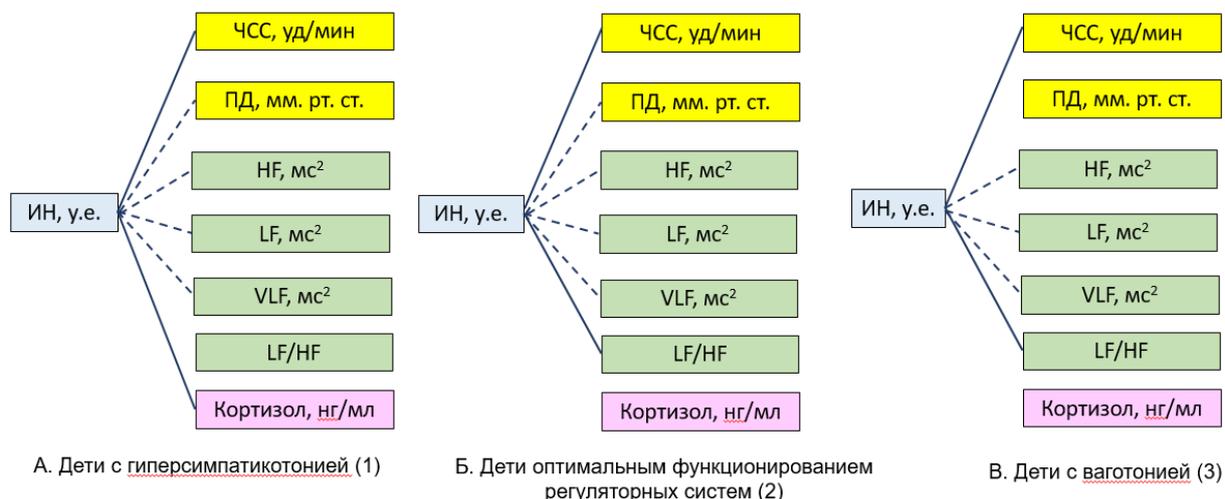


Рис. 5. Корреляционные связи между показателями вегетативной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем у детей разных групп в конце учебной недели

Fig. 5. Correlations between indicators of autonomic, cardiovascular and endocrine systems in children of different groups at the end of the school week

Заключение

Более 50 % детей 7–8 лет характеризуются оптимальным функционированием регуляторных систем организма. Адаптация к систематическому обучению сопровождается уменьшением вегетативной активности к концу недели без активизации эндокринной системы.

Около 25 % детей в начале недели характеризуются чрезмерным усилением активности симпатического отдела ВНС, высокими значениями частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, что, возможно, связано не только с процессом острой адаптации к систематическому обучению в школе, но и возрастной незрелостью механизмов регуляции.

У 50 % детей с гиперсимпатикотонией чрезмерная симпатическая активность сохраняется в течение учебной недели, что является риском перенапряжения симпатoadреналовых механизмов с возможным развитием срыва механизмов адаптации.

Преобладание парасимпатической регуляции сердечного ритма у детей с относительной ваготонией мы относим к неблагоприятному функциональному состоянию регуляторных систем. Отмеченная высокая парасимпатическая активность на фоне нормокардии, по нашему мнению, свидетельствует о несовершенстве (незрелости) или дисфункции в состоянии регуляторных механизмов у детей

младшего возраста. Адаптации детей этой группы к учебной нагрузке сопровождается уменьшением активности вегетативной нервной системы и развитием напряжения к концу учебной недели.

Результаты работы позволяют сделать вывод о напряжении адаптации у детей с гиперсимпатикотонией и относительной ваготонией по сравнению с детьми с оптимальным функционированием регуляторных систем. Высокий риск развития вегетативной дисфункции имеют школьники с гиперсимпатикотоническим типом регуляции сердечного ритма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DeJoseph M. L., Leneman K. B., Palmer A. R., Padrutt E. R., Mayo O. A., Berry D. Adrenocortical and autonomic cross-system regulation in youth: A meta-analysis // *Psychoneuroendocrinology*. – 2024. – Vol. 159. – P. 106416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106416>
2. Roubinov D. S., Boyce W. T., Lee M. R., Bush N. R. Evidence for discrete profiles of children's physiological activity across three neurobiological system and their transitions over time // *Developmental Science*. – 2021. – Vol. 24 (1). – P. e12989. DOI: <https://doi.org/10.1111/desc.12989>
3. Магомедова З. А., Ашаханова С. С., Байдаева Ф. Ю. Вариабельность сердечного ритма у детей разного возраста // *Известия Чеченского государственного университета*. – 2020. – № 1. – С. 15-22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43138486> DOI: <https://doi.org/10.36684/12-2020-17-1-15-22>
4. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сезонная и секулярная вариабельность индикаторов сердечно-сосудистой системы у детей 7-11 лет // *Экология человека*. – 2020. – № 12. – С. 37-44. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44396990> DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-12-37-44>
5. Шибкова Д. З., Байгужин П. А., Герасёв А. Д., Айзман Р. И. Влияние технологий цифрового обучения на функциональные и психофизиологические ответы организма: анализ литературы // *Science for Education Today*. – 2021. – № 3. – С. 125–141. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2103.07>
6. Лебеденко А. А., Ершова И. Б., Левчин А. М., Роговцова А. Г. Особенности вегетативной адаптации к учебной деятельности детей младших классов // *Врач*. – 2024. – Т. 35, №1. – С. 63-68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59938464> DOI: <https://doi.org/10.29296/25877305-2024-01-13>
7. Криволапчук И. А., Герасимова А. А., Чернова М. Б., Мышьяков В. В. Исходный вегетативный тонус у детей в начальный период адаптации к образовательной среде // *Новые исследования*. – 2017. – № 2. – С. 12-21. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32323258>
8. Everly G., Latin J. *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*. – NY: Springer, 2013. – 488 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-5538-7>



9. Russ S. J., Herbert J., Cooper P., Gunnar M. R., Goodyer I., Croudace T., Murray L. Cortisol levels in response to starting school in children at increased risk for social phobia // *Psychoneuroendocrinology*. – 2012. – Vol. 37 (4). – P. 462-474. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.07.014>
10. Yang P.-J., Lamb M. E., Kappler G., Ahnert L. Children's diurnal cortisol activity during the first year of school // *Applied Developmental Science*. – 2016. – Vol. 21 (1). – P. 30-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10888691.2016.1140578>
11. Hall J., Lindorff A. Children's transition to school: Relationships between preschool attendance, cortisol patterns, and effortful control // *The Educational and Developmental Psychologist*. – 2017. – Vol. 34 (1). – P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1017/edp.2017.3>
12. Groeneveld M. G., Savas M., van Rossum E. F. C., Vermeer H. J. Children's hair cortisol as a biomarker of stress at school: a follow-up study // *Stress*. – 2020. – Vol. 23 (5). – P. 590-596. DOI: <https://doi.org/10.1080/10253890.2020.1725467>
13. Koncz A., Köteles F., Demetrovics Z., Takacs Z. K. Benefits of a Mindfulness-Based Intervention upon School Entry: A Pilot Study // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2021. – Vol. 18 (23). – P. 12630. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312630>
14. Leblond M., Parent S., Castellanos-Ryan N., Lupien S. J., Fraser W. D., Séguin J. R. Transition from preschool to school: Children's pattern of change in morning cortisol concentration // *Psychoneuroendocrinology*. – 2022. – Vol. 140. – P. 105724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105724>
15. Bottaccioli A. G., Mariani U., Schiralli R., Mari M. G., Pontani M., Bologna M., Muzi P., Gianoni S. D., Ciummo V., Necozone S., Cofini V., Chiariotti L., Cuomo M., Costabile D., Bottaccioli F. Empathy at school project: Effects of didactics of emotions on emotional competence, cortisol secretion and inflammatory profile in primary school children. A controlled longitudinal psychobiological study // *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*. – 2023. – Vol. 14. – P. 100183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpneec.2023.100183>
16. Parent S., Lupien S., Herba C. M., Dupéré V., Gunnar M. R., Séguin J. R. Children's cortisol response to the transition from preschool to formal schooling: A review // *Psychoneuroendocrinology*. – 2019. – Vol. 99. – P. 196-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.09.013>
17. Condon E. M. Chronic Stress in Children and Adolescents: A Review of Biomarkers for Use in Pediatric Research // *Biological Research For Nursing*. – 2018. – Vol. 20 (5). – P. 473-496. DOI: <https://doi.org/10.1177/1099800418779214>
18. Agorastos A., Chrousos G. P. The neuroendocrinology of stress: the stress-related continuum of chronic disease development // *Molecular Psychiatry*. – 2022. – Vol. 27 (1). – P. 502-513. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01224-9>
19. van Loon A. W. G., Creemers H. E., Okorn A., Vogelaar S., Miers A. C., Saab N., Westenberg P. M., Asscher J. J. The effects of school-based interventions on physiological stress in adolescents: A meta-analysis // *Review Stress Health*. – 2022. – Vol. 38 (2). – P. 187-209. DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.3081>
20. Mousikou M., Kyriakou A., Skordis N. Stress and Growth in Children and Adolescents // *Hormone Research in Paediatrics*. – 2021. – Vol. 96 (1). – P. 25-33. DOI: <https://doi.org/10.1159/000521074>
21. Lupien S. J., McEwen B. S., Gunnar M. R., Heim C. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2009. – Vol. 10 (6). – P. 434-445. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn2639>
22. McManus E., Haroon H., Duncan N. W., Elliott R., Muhlert N. Hippocampal and limbic microstructure changes associated with stress across the lifespan: a UK biobank study // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14 (1). – P. 21735. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71965-4>



23. Zaytseva N. V., Ustinova O. Yu., Luzhetskiy K. P., Maklakova O. A., Zemlyanova M. A., Dolgikh O. V., Kleyn S. V., Nikiforova N. V. Risk-associated health disorders occurring in junior school-children who attend schools with higher stress and intensity of educational process // *Health Risk Analysis*. – 2017. – № 1. – P. 62-80. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39954998> DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.08>
24. Kleiger R. E., Stein P. K., Bigger J. T. Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility // *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. – 2005. – Vol. 10 (1). – P. 88-101. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1542-474x.2005.10101.x>
25. Bauer A., Malik M., Schmidt G., Barthel P., Bonnemeier H., Cygankiewicz I., Guzik P., Lombardi F., Müller A., Oto A., Schneider R., Watanabe M., Wichterle D., Zareba W. Heart Rate Turbulence: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. International Society for Holter and Noninvasive Electrophysiology Consensus // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2008. – Vol. 52 (17). – P. 1353-1365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.041>
26. Sztajzel J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system // *Swiss Medical Weekly*. – 2004. – Vol. 134 (35-36). – P. 514-522. DOI: <https://doi.org/10.4414/smw.2004.10321>
27. Baevsky R. M., Chernikova A. G. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods // *Cardiometry*. – 2017. – № 10. – С. 66-76. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29226690> DOI: <http://dx.doi.org/10.12710/cardiometry.2017.10.6676>
28. Филиппова С. Н., Алексеева С. И., Черногоров Д. Н., Матвеев Я. А., Мелкадзе О. В. Динамика показателей физического развития и адаптации младших школьников Москвы к учебным нагрузкам и оздоровительным занятиям физической культурой // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. – 2021. – Т. 98, № 6. – С. 39-47. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47438115> DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort20219806139>
29. Levy M. N. Brief Reviews: Sympathetic-Parasympathetic Interactions in the Heart // *Circulation Research*. – 1971. – Vol. 29 (5). – P. 437-445. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.res.29.5.437>
30. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.023>

Поступила: 01 ноября 2024

Принята: 10 января 2025

Опубликована: 28 февраля 2025

Заявленный вклад авторов:

Вклад соавторов в сбор эмпирического материала представленного исследования, обработку данных и написание текста статьи равнозначный.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи



Информация об авторах

Адамовская Оксана Николаевна

кандидат биологических наук, ученый секретарь,
лаборатория физиолого-гигиенических исследований в образовании,
Институт развития здоровья и адаптации ребенка,
Погодинская ул., д. 8, корп. 2, 119121, г. Москва, Россия.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0197-3379>

SPIN-код: 5429-3397

E-mail: krysyuk-19@yandex.ru

Ермакова Ирина Владимировна

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник,
лаборатория физиолого-гигиенических исследований в образовании,
Институт развития здоровья и адаптации ребенка,
Погодинская ул., д. 8, корп. 2, 119121, г. Москва, Россия.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7430-4849>

SPIN-код: 5010-6644

E-mail: ermek61@mail.ru

Features of the reaction of the autonomic nervous, cardiovascular and endocrine systems to learning loads during the acute period of primary school adjustment

Oksana N. Adamovskaya¹, Irina V. Ermakova  ¹

¹ Institute of Child Development, Health and Adaptation, Moscow, Russian Federation

Abstract

Introduction. *The problem of first-graders' adjustment to schooling is relevant, since the success of further education depends on its course. In the available literature, there are practically no results of comprehensive studies revealing the reactions of stress-implementing systems (autonomic nervous, cardiovascular and endocrine) of the body of first-graders during acute adaptation to learning loads. The purpose of the study is to identify the features of the reaction of the autonomic nervous, cardiovascular and endocrine systems to learning loads during the acute period of adaptation to school.*

Materials and Methods. *The methodological approach of the research is P. K. Anokhin's theory of functional systems, according to which functional systems are selectively involved in adaptation processes to changes in environmental factors. In order to assess the activities of the autonomic nervous system, the method of heart rate variability (HRV) and galvanic skin reaction (CGR) were used. The functional state of the cardiovascular system was studied by indicators of heart rate (HR) and blood pressure (BP). The state of the endocrine system was assessed by the level of cortisol in saliva.*

Results. *The article presents the results of a comprehensive study of first-graders' adaptation to learning loads at the beginning of the school year. The examined children were divided into three groups: students with hypersympathicotonia (25 %), with optimal functioning of regulatory systems (50 %), and with relative vagotonia (25 %). Adaptation to systematic learning in children with optimal functioning of regulatory systems was accompanied by a decrease in vegetative activity by the end of the week without involving the cardiovascular and endocrine systems. In children with excessively high activity of the sympathetic department of the ANS, the highest values of the studied indicators of the*

Acknowledgments

The study was financially supported by the Ministry of Education of the Russian Federation by a state assignment for 2024 and for the planning period of 2025 and 2026. Project No. 073-00073-24-01 dated 07.02.2024 (“Physiological and hygienic features of adaptation of primary general education students to academic loads in modern learning conditions”).

For citation

Adamovskaya O. N., Ermakova I. V. Features of the reaction of the autonomic nervous, cardiovascular and endocrine systems to learning loads during the acute period of primary school adjustment. *Science for Education Today*, 2025, vol. 15 (1), pp. 162–181. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2501.08>

  Corresponding Author: Irina V. Ermakova, ermek61@mail.ru

© Oksana N. Adamovskaya, Irina V. Ermakova, 2025



cardiovascular system were noted. In half of the children with hypersympathicotonia, excessive sympathetic activity persisted during the school week. In children with a predominance of parasympathetic regulation of heart rate, there was a decrease in vegetative activity by the end of the school week. Children with hypersympathicotonia and relative vagotonia, demonstrated adaptation stress compared to children with optimal functioning of regulatory systems.

Conclusions. The study concludes that the stress of adaptation to learning loadx at the beginning of systematic schooling is noted in 50 % of first-graders. Schoolchildren with hypersympathicotonic type of heart rate regulation have a high risk of developing autonomic dysfunction.

Keywords

Adaptation; First-grader; Learning load; Hypersympathicotonia; Optimal functioning of regulatory systems; Relative vagotonia; Cortisol.

REFERENCES

1. DeJoseph M. L., Leneman K. B., Palmer A. R., Padrutt E. R., Mayo O. A., Berry D. Adrenocortical and autonomic cross-system regulation in youth: A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 2024, vol. 159, pp. 106416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106416>
2. Roubinov D. S., Boyce W. T., Lee M. R., Bush N. R. Evidence for discrete profiles of children's physiological activity across three neurobiological system and their transitions over time. *Developmental Science*, 2021, vol. 24 (1), pp. e12989. DOI: <https://doi.org/10.1111/desc.12989>
3. Magomedova Z. A., Ashakhanova S. S., Baidaeva F. Y. Heart rhythm variability in children of different age. *Izvestiya Chechen State University*, 2020, no. 1, pp. 15-22. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43138486> DOI: <https://doi.org/10.36684/12-2020-17-1-15-22>
4. Pankova N. B., Karganov M. Yu. Seasonal and secular variations in selected indicators of the cardiovascular system among 7-11 years old children. *Human Ecology*, 2020, no. 12, pp. 37-44. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44396990> DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-12-37-44>
5. Shibkova D. Z., Baiguzhin P. A., Gerashev A. D., Aizman R. I. The impact of digital learning technologies on functional and psychophysiological responses of the organism: An analytical literature review. *Science for Education Today*, 2021, vol. 11 (3), pp. 125-141. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2103.07>
6. Lebedenko A. A., Ershova I. B., Levchin A. M., Rogovtsova A. G. Features of vegetative adaptation to educational activities of primary school children. *The Doctor*, 2024, vol. 35 (1), pp. 63-68. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59938464> DOI: <https://doi.org/10.29296/25877305-2024-01-13>
7. Krivolapchuk I. A., Gerasimova A. A., Chernova M. B., Myshyakov V. V. Vegetative tone in children during initial period of adaptation to the educational environment. *New Research*, 2017, no. 2, pp. 12-21. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32323258>
8. Everly G., Latin J. A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response, NY: Springer, 2013, 488 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-5538-7>
9. Russ S. J., Herbert J., Cooper P., Gunnar M. R., Goodyer I., Croudace T., Murray L. Cortisol levels in response to starting school in children at increased risk for social phobia. *Psychoneuroendocrinology*, 2012, vol. 37 (4), pp. 462-474. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.07.014>



10. Yang P.-J., Lamb M. E., Kappler G., Ahnert L. Children's diurnal cortisol activity during the first year of school. *Applied Developmental Science*, 2016, vol. 21 (1), pp. 30-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10888691.2016.1140578>
11. Hall J., Lindorff A. Children's transition to school: Relationships between preschool attendance, cortisol patterns, and effortful control. *The Educational and Developmental Psychologist*, 2017, vol. 34 (1), pp. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1017/edp.2017.3>
12. Groeneveld M. G., Savas M., van Rossum E. F. C., Vermeer H. J. Children's hair cortisol as a biomarker of stress at school: A follow-up study. *Stress*, 2020, vol. 23 (5), pp. 590-596. DOI: <https://doi.org/10.1080/10253890.2020.1725467>
13. Koncz A., Kőteles F., Demetrovics Z., Takacs Z. K. Benefits of a mindfulness-based intervention upon school entry: A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, vol. 18 (23), pp. 12630. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312630>
14. Leblond M., Parent S., Castellanos-Ryan N., Lupien S. J., Fraser W. D., Séguin J. R. Transition from preschool to school: Children's pattern of change in morning cortisol concentration. *Psychoneuroendocrinology*, 2022, vol. 140, pp. 105724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105724>
15. Bottaccioli A. G., Mariani U., Schiralli R., Mari M. G., Pontani M., Bologna M., Muzi P., Giannoni S. D., Ciummo V., Necozone S., Cofini V., Chiariotti L., Cuomo M., Costabile D., Bottaccioli F. Empathy at school project: Effects of didactics of emotions on emotional competence, cortisol secretion and inflammatory profile in primary school children. A controlled longitudinal psychobiological study. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, 2023, vol. 14, pp. 100183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpnc.2023.100183>
16. Parent S., Lupien S., Herba C. M., Dupéré V., Gunnar M. R., Séguin J. R. Children's cortisol response to the transition from preschool to formal schooling: A review. *Psychoneuroendocrinology*, 2019, vol. 99, pp. 196-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.09.013>
17. Condon E. M. Chronic stress in children and adolescents: A review of biomarkers for use in pediatric research. *Biological Research for Nursing*, 2018, vol. 20 (5), pp. 473-496. DOI: <https://doi.org/10.1177/1099800418779214>
18. Agorastos A., Chrousos G. P. The neuroendocrinology of stress: The stress-related continuum of chronic disease development. *Molecular Psychiatry*, 2022, vol. 27 (1), pp. 502-513. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01224-9>
19. van Loon A. W. G., Creemers H. E., Okorn A., Vogelaar S., Miers A. C., Saab N., Westenberg P. M., Asscher J. J. The effects of school-based interventions on physiological stress in adolescents: A meta-analysis. *Review Stress Health*, 2022, vol. 38 (2), pp. 187-209. DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.3081>
20. Mousikou M., Kyriakou A., Skordis N. Stress and growth in children and adolescents. *Hormone Research in Paediatrics*, 2021, vol. 96 (1), pp. 25-33. DOI: <https://doi.org/10.1159/000521074>
21. Lupien S. J., McEwen B. S., Gunnar M. R., Heim C. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 2009, vol. 10 (6), pp. 434-445. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn2639>
22. McManus E., Haroon H., Duncan N. W., Elliott R., Muhlert N. Hippocampal and limbic microstructure changes associated with stress across the lifespan: A UK biobank study. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14 (1), pp. 21735. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71965-4>
23. Zaytseva N. V., Ustinova O. Yu., Luzhetskii K. P., Maklakova O. A., Zemlyanova M. A., Dolgikh O. V., Kleyn S. V., Nikiforova N. V. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health*

- Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 62-80. <https://elibrary.ru/item.asp?id=39954998> DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.08>
24. Kleiger R. E., Stein P. K., Bigger J. T. Heart rate variability: Measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 2005, vol. 10 (1), pp. 88-101. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1542-474x.2005.10101.x>
25. Bauer A., Malik M., Schmidt G., Barthel P., Bonnemeier H., Cygankiewicz I., Guzik P., Lombardi F., Müller A., Oto A., Schneider R., Watanabe M., Wichterle D., Zareba W. Heart rate turbulence: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. International society for holter and noninvasive electrophysiology consensus. *Journal of the American College of Cardiology*, 2008, vol. 52 (17), pp. 1353-1365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.041>
26. Sztajzel J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly*, 2004, vol. 134 (35-36), pp. 514-522. DOI: <https://doi.org/10.4414/smw.2004.10321>
27. Baevsky R. M., Chernikova A. G. Heart rate variability analysis: Physiological foundations and main methods. *Cardiometry*, 2017, no. 10, pp. 66-76. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29226690> DOI: <http://dx.doi.org/10.12710/cardiometry.2017.10.6676>
28. Filippova S. N., Alexeeva S. I., Chernogorov D. N., Matveev Yu. A., Melkadze O. V. Trends of physical development and adaptation to the study load and health-improving sports activities in elementary schoolchildren of Moscow. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 2021, vol. 98 (6), pp. 39-47. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47438115> DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort20219806139>
29. Levy M. N. Brief Reviews: Sympathetic-Parasympathetic Interactions in the Heart. *Circulation Research*, 1971, vol. 29, № 5, pp. 437-445. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.res.29.5.437>
30. 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, pp. 51-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.023>

Submitted: 01 November 2024

Accepted: 10 January 2025

Published: 28 February 2025



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

The authors' stated contribution:

The contribution of authors to the collection of empirical material of the presented research, data processing and writing of the text of the article is equivalent.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.



Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

Information about the Authors

Oksana Nikolaevna Adamovskaya

Candidate of Biological Sciences, Scientific Secretary,
Laboratory of Physiological and Hygienic Research in Education,
Institute of Child Development, Health and Adaptation,
Pogodinskaya st., d. 8, corps 2, 119121, Moscow, Russian Federation.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0197-3379>
SPIN-код: 5429-3397
E-mail: krysyuk-19@yandex.ru

Irina Vladimirovna Ermakova

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
Laboratory of Physiological and Hygienic Research in Education,
Institute of Child Development, Health and Adaptation,
Pogodinskaya st., d. 8, corps 2, 119121, Moscow, Russian Federation.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7430-4849>
SPIN-код: 5010-6644
E-mail: ermek61@mail.ru