

УЧАСТИЕ СИМПАТО-АДРЕНАЛОВОЙ СИСТЕМЫ В РЕГУЛЯЦИИ ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА У ДЕТЕЙ

М.В. Шайхелисламова¹, marishaih2502@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4210-2024>

Н.Б. Дикопольская¹, bettydn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2123>

Г.А. Билалова¹, g.bilalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2864-0205>

Ф.Р. Зотова^{2,3}, zfr-nauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

Т.Л. Зефирова¹, zefirovtl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9557-1639>

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

² Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

³ Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

Аннотация. **Цель:** исследование роли катехоламинов в обеспечении вегетативного тонуса у мальчиков и девочек школьного возраста. **Методы и материалы исследования.** К исследованию были привлечены ученики 12- и 13-летнего возраста (86 чел.) обоого пола МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 143» г. Казани. Проведено лонгитюдное исследование с двукратным ежегодным определением искомым параметров у одних и тех же детей в течение 2 лет. Об особенностях исходного вегетативного тонуса (ИВТ) судили по данным кардиоинтервалографии (КИГ), полученным при использовании автоматизированного кардиологического комплекса REACARD. Степень функциональной активности симпато-адреналовой системы (САС) регистрировали по методу флюориметрического определения в моче катехоламинов (КА) – адреналина (А), норадреналина (НА), дофамина (ДА) и их предшественника – ДОФА. Анализировался также относительный показатель экскреции НА/А. **Результаты.** Установлено, что у школьников с различным ИВТ наблюдаются значимые отличия в экскреции КА и ДОФА, характер которых имеет половые особенности. У девочек с доминированием симпато-адреналовых влияний (симпатикотонический тип ИВТ) существенно повышена суточная экскреция НА на фоне снижения ДА, коэффициент НА/А при этом относительно выше, чем у ваготоников, в отличие от группы мальчиков, где уровень экскреции КА и, в частности, НА в состоянии симпатико- и парасимпатикотонии не имеет значимых отличий. Вместе с тем случаи с симпатикотоническим вариантом ИВТ неизменно характеризуются недостатком предшественников и преобладанием нервного компонента САС над гуморальным (НА/А). Это позволяет считать данные признаки достоверным критерием оценки ИВТ у детей и рассматривать их как вариант становления функций вегетативной нервной системы (ВНС) в процессе индивидуального развития организма. **Заключение.** Таким образом, проведенное исследование расширяет представления о механизмах формирования вегетативного тонуса в онтогенезе, позволяет регистрировать ранние сдвиги в системе регуляции вегетативных функций в детском возрасте.

Ключевые слова: симпато-адреналовая система, вегетативный тонус, дети 12 и 13 лет

Для цитирования: Участие симпато-адреналовой системы в регуляции вегетативного тонуса у детей / М.В. Шайхелисламова, Н.Б. Дикопольская, Г.А. Билалова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 54–62. DOI: 10.14529/hsm230407

Original article

DOI: 10.14529/hsm230407

THE ROLE OF THE SYMPATHOADRENAL SYSTEM IN MODULATING AUTONOMIC TONE IN CHILDREN

M.V. Shaykhelislamova¹, marishaih2502@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4210-2024>

N.B. Dikopolskaya¹, bettydn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2123>

G.A. Bilalova¹, g.bilalova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2864-0205>

F.R. Zotova^{2,3}, zfr-nauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

T.L. Zefirov¹, zefirovtl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9557-1639>

¹ Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

² Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

³ Kazan State Medical University, Kazan, Russia

Abstract. Aim. To study the role of catecholamines in providing autonomic tone in schoolchildren of both sexes. **Materials and methods.** The study involved 86 schoolchildren of both sexes, ages 12–13, from school No 143 (Kazan, Russia). A longitude study was performed with an annual detection of the same study parameters in the same children during 2 years, two measurements per year. Baseline autonomic tone was assessed with cardiac interval recording (REACARD automated cardiac assessment complex). The functional activity of the sympathoadrenal system (SAS) was recorded by the fluorometric detection of urinary catecholamines (CA), namely adrenaline, noradrenaline (NA), dopamine (DA), and DOFA. The noradrenaline-to-adrenaline excretion ratio was also used. **Results.** Schoolchildren with different baseline autonomic tone have significant, sex-dependent differences in the excretion of CA and DOFA. In girls with the dominance of sympathoadrenal influences (sympathicotonic-type), the daily excretion of NA is significantly increased against a decrease in DA, while the NA/A ratio is relatively higher than that of vagotonics. In boys, no significant differences were found with respect to the level of CA and NA excretion in the states of sympathicotonia and parasympathicotonia. At the same time, cases of sympathicotonic-type autonomic tone are invariably characterized by a lack of precursors and a predominance of the nervous component of the SAS over the humoral one (NA/A). These signs are considered a reliable criterion for the assessment of baseline autonomic tone in children and a variant of the development of the functions of the autonomic nervous system (ANS) in ontogeny. **Conclusion.** Thus, this study expands the understanding of the mechanisms of the development of autonomic tone in ontogeny and provides prospects for the early detection of changes in the system of autonomic regulation in children.

Keywords: sympathoadrenal system, autonomic tone, children, 12 and 13 years old

For citation: Shaykhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A., Zotova F.R., Zefirov T.L. The role of the sympathoadrenal system in modulating autonomic tone in children. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):54–62. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230407

Введение. Симпато-адреналовая система (САС), являясь составной частью ВНС, осуществляет регуляторное влияние на все процессы жизнедеятельности в растущем организме [8, 15, 17]. Общеизвестно, что функции САС реализуются за счет нейромедиаторов – норадреналина и дофамина, а также гормонов мозгового слоя надпочечников – адреналина и норадреналина, представляющих собой гуморальное регуляторное звено [9, 12, 14]. Благодаря КА и другим медиаторам обеспечиваются адрено-регуляторные процессы на уровне центрального отдела САС [10, 18, 19]. Связь высших вегетативных центров и, в частности, эрготропных и трофотропных ядер гипотала-

муса с симпатическими и парасимпатическими центрами, гипофизом и мозговым слоем надпочечников обеспечивает взаимодействие нервной и эндокринной регуляторных систем [12, 13, 20]. Поскольку адреналин имеет надпочечниковое происхождение, а норадреналин – преимущественно нейрогенное, можно предположить, что соотношение НА/А позволит судить о степени функционального участия нервных и гуморальных механизмов в поддержании гомеостаза [5, 16].

Актуальность затронутой темы связана с тем, что первичные вегетативные дисфункции у детей наблюдаются, как правило, при отсутствии активных жалоб [11, 14] и связаны

с напряжением регуляторных систем [3, 5]. В 20–30 % случаев изменения в состоянии вегетативного баланса имеют неблагоприятное течение и приводят к развитию синдрома вегетативной дистонии (СВД), что является актуальной проблемой в педиатрии, неврологии, физиологии [2, 4]. Этим объясняется важность превентивных исследований уровня КА у мальчиков и девочек школьного возраста, которые пополнят знания о возрастнo-половых особенностях становления вегетативного тонуса, позволят выявить ранние сдвиги в системе регуляции вегетативных функций у детей, обеспечить предупреждение развития у них СВД.

Целью работы явилось исследование роли катехоламинов в обеспечении вегетативного тонуса у мальчиков и девочек школьного возраста.

Методы и материалы исследования. К исследованию были привлечены ученики 12- и 13-летнего возраста (86 чел.) обоего пола МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 143» г. Казани. Проведено лонгитюдное исследование с двукратным ежегодным определением искомым параметров у одних и тех же детей в течение 2 лет. Об особенностях исходного вегетативного тонуса (ИВТ) судили по данным кардиоинтервалографии, полученным при использовании автоматизированного кардиологического комплекса REACARD. Метод вариационной пульсографии адекватно отражает функциональное состояние ВНС, индивидуальные особенности и направленность вегетативной регуляции физиологических функций детей [1, 6]. О состоянии ИВТ школьников судили по значениям частоты сердечных сокращений (ЧСС), моды (Мо), амплитуды моды (АМо), вариационного размаха (Δх), регистрируемых в положении испытуемого «лежа» в течение 3 мин. Использовали также количественный интегральный коэффициент – индекс напряжения (ИН) с учетом его возрастных значений [1, 6].

Для повышения физиологической информативности параметров гистограммы параллельно исследовали уровень экскреции КА и их предшественника – ДОФА. Для этого применяли метод флюориметрического определения А, НА, ДА и ДОФА в моче, собранной полностью за 24 часа [7, 16]. О количестве КА судили по интенсивности флюорисценции, которая регистрировалась на приборе БИАН-130 (М-800). Для ее оценки имели эталоны КА фирмы Sigma. О функциональной активности нервного и гуморального компонентов САС

судили по значениям отношения экскреции НА/А. Информативность подобного подхода подтверждена и в других исследованиях [7, 13].

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью пакета программы Microsoft Exel Professional. Для установления значимости различий между изучаемыми показателями использовали t-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования анализировались показатели КИГ, согласно которым у девочек 12 лет с преобладанием симпатикотонических влияний значения Мо и Δх составляют $700,00 \pm 12,59$ мс и $175,66 \pm 7,25$ мс, что на $79,00$ и $381,79$ мс ($p < 0,01$) меньше, чем у ваготоников (табл. 1). При этом значения АМо и ИН, косвенно отражающие симпатический канал регуляции и степень централизации управления сердечным ритмом [1, 6], у них преобладают и существенно выше, чем в состоянии ваго- и нормотонии (различия достоверны в отношении ИН – ($p < 0,01$) и ($p < 0,05$)). В 13-летнем возрасте соотношения между параметрами КИГ при различных вариантах ИВТ аналогичны, обращает на себя внимание резкий скачок значений ИН, которые соответствуют гиперсимпатикотоническим состояниям – $325,70 \pm 39,33$ усл. ед. [1], тогда как в 12 лет он не превышает $140,30 \pm 17,03$ усл. ед. Процентное соотношение и наполняемость различных групп ИВТ у девочек 12 и 13 лет (рис. 1) указывает на то, что школьницы в большинстве своем составляют группу симпатотоников – это 60,0 и 61,55 % в 12 и 13 лет соответственно, тогда как девочки с ваготоническим вариантом ИВТ – лишь 29,90 и 38,45 %. Нормотоники регистрируются только среди 12-летних школьниц, их доля не превышает 10,10 % от общего числа обследованных.

Мальчики имеют отличия от девочек, у них, напротив, к 12 годам увеличивается доля испытуемых с ваготоническим типом ИВТ – это 50,06 и 57,14 %, а симпатотоники – лишь 36,32 и 21,44 %. Об усилении парасимпатического тонуса свидетельствует и ИН, он относительно ниже, чем у девочек, и варьирует от $39,30 \pm 2,27$ до $190,15 \pm 23,57$ усл. ед. Полученные данные согласуются с результатами других исследователей, которые также отмечают сдвиг вегетативного баланса у мальчиков 12 и 13 лет в сторону парасимпатикотонии [2, 3, 7, 13].

В ходе следующего этапа работы изучали характер экскреции КА и ДОФА у детей, разделенных на группы по ИВТ (табл. 2).

Таблица 1
Table 1

Значение показателей variability сердечного ритма у школьников 12 и 13 лет (M ± m)
Heart rate variability in schoolchildren, ages 12–13 (M ± m)

№	ИВТ Baseline	Показатель / Parameter											
		ЧСС, уд./мин Heart rate, bpm		Мо, мс Mo (mode), ms		Амо, % Amo (amplitude of mode), %		Δх, мс Δx (variation range), ms		ИН, усл. ед. TI (tension index), conventional units			
		М / В	Д / Г	М / В	Д / Г	М / В	Д / Г	М / В	Д / Г	М / В	Д / Г		
12 лет / 12 years old													
1	C / S	90,90 ± 2,04	112,50 ± 2,65	626,60 ± 9,85	700,00 ± 12,59	34,50 ± 2,00	33,31 ± 7,90	151,66 ± 6,99	175,66 ± 7,25	190,15 ± 23,57	140,30 ± 17,03		
2	H / N	92,02 ± 1,94	98,34 ± 2,00	743,33 ± 13,65	710,00 ± 11,92	28,50 ± 1,87	30,00 ± 2,10	236,00 ± 8,00	276,00 ± 8,82	82,10 ± 4,93	76,60 ± 4,60		
3	B / V	77,97 ± 1,82	92,17 ± 1,36	787,88 ± 16,80	779,00 ± 15,44	19,20 ± 1,35	22,60 ± 1,59	311,66 ± 10,12	557,45 ± 18,27	41,50 ± 2,36	48,50 ± 2,73		
	p 1/2	**	*	**		**		**	**	**	**		**
	p 2/3	**		**		**		**	**	**	*		*
	p 1/3	**	**	**		**	*	**	**	**	**		**
13 лет / 13 years old													
1	C / S	97,42 ± 1,94	103,20 ± 2,65	747,14 ± 10,43	601,00 ± 9,47	32,38 ± 1,89	38,67 ± 2,01	190,00 ± 22,80	133,30 ± 6,18	116,38 ± 14,55	325,70 ± 39,33		
2	H / N	98,03 ± 2,00	—	750,00 ± 13,84	—	29,90 ± 2,00	—	235,30 ± 8,09	—	85,20 ± 5,10	—		
3	B / V	76,11 ± 1,30	83,33 ± 1,67	751,66 ± 13,00	763,75 ± 12,02	20,45 ± 1,36	23,68 ± 1,25	353,23 ± 11,43	376,25 ± 17,35	39,30 ± 2,27	47,30 ± 5,61		
	p 1/2	**				*		**		**	**		**
	p 2/3	**				**		**		**	**		**
	p 1/3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**		**

Примечание. М – мальчики, Д – девочки; С – симпатикотония, Н – нормотония, В – ваготония; различия достоверны между группами ИВТ «*» p < 0,05; «**» p < 0,01 и выше.

Note. B – boys, G – girls; S – sympathicotonia, N – normotonia, V – vagotonia; differences are significant between baseline tone groups «*» p < 0.05; «**» p < 0.01 and above.

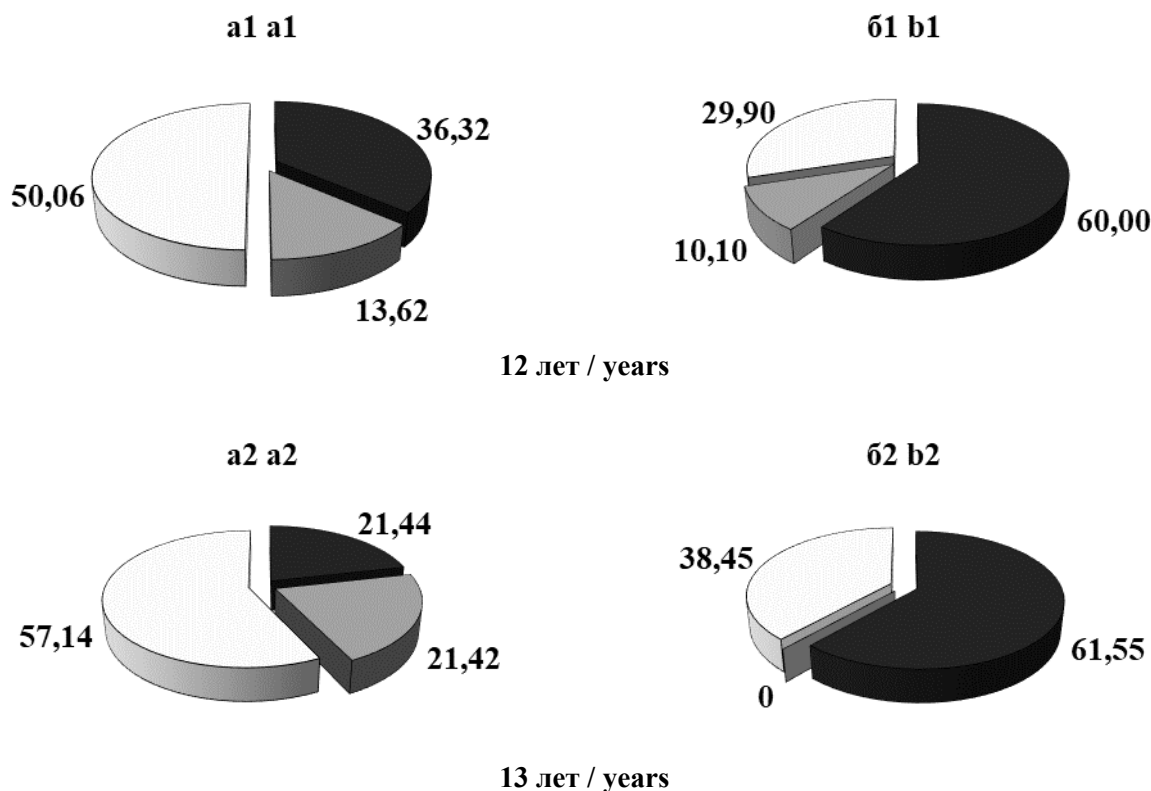


Рис. 1 Соотношение различных вариантов исходного вегетативного тонуса у детей 12 и 13 лет (%). Примечание: а1, а2 – мальчики, б1, б2 – девочки;

■ – симпатикотония, ■ – нормотония, □ – ваготония

Fig. 1. The ratio of variants of baseline tone in children, ages 12–13 (%).

Note: a1, a2 – boys, b1, b2 – girls; ■ – sympathicotonia, ■ – normotonia, □ – vagotonia

Так, у девочек-симпатотоников 12 лет усиление адренергических регуляторных влияний сопровождается повышением уровня НА, суточная экскреция которого равна $23,64 \pm 1,50$ нг/мин. Различия с нормо- и ваготониками математически значимы – $8,79$ нг/мин ($p < 0,05$) и $6,60$ нг/мин ($p < 0,05$) соответственно. О преимущественном участии нервного компонента САС в регуляции вегетативного гомеостаза говорит преобладание экскреции НА над А и большее значение коэффициента НА/А у школьниц-симпатотоников, составляющее $2,95$; у ваготоников он не превышает $2,07$. Особенностью девочек-симпатотоников является и то, что содержание ДА и ДОФА в суточной моче у них достоверно ниже, чем у ваготоников, и находится на уровне $149,82 \pm 7,64$ нг/мин и $16,84 \pm 1,42$ нг/мин, несмотря на повышенную экскрецию НА. Вероятно, имеет место напряжение в цепи биосинтеза КА и снижение резерва ДОФА на фоне повышенной потребности в НА [7, 9, 17]. Уменьшение экскреции ДА регистрируется у школьниц

и в 13 лет, значение которой на $18,83$ нг/мин меньше, чем у ваготоников ($p < 0,05$).

У мальчиков обеих возрастных групп экскреция НА имеет иной характер, она приобретает одинаково высокие значения как у симпато- так и у ваготоников по сравнению с детьми, имеющими нормотонический вариант ИВТ. В 12 лет ее показатели находятся на уровне $19,36 \pm 1,64$ нг/мин и $22,84 \pm 1,84$ нг/мин, это в 1,19 и 1,30 раз больше, чем у школьников в состоянии эйтонии ($p < 0,05$). Картина аналогична и в 13 лет – уровень экскреции НА у нормотоников на $3,02$ нг/мин и $6,50$ нг/мин меньше, чем в других исследуемых группах ИВТ (различия значимы по сравнению с симпатотониками – $p < 0,05$). Возможно, в процессе вегетативной регуляции устанавливается функциональное равновесие отделов ВНС, поддерживающее нейрогуморальный баланс [7, 12, 15]. Однако у всех мальчиков-симпатотоников 12 и 13 лет так же, как и у девочек данной группы ИВТ, сохраняются максимальные значения коэффициента НА/А и умень-

Таблица 2
Table 2

Значение показателей экскреции КА и ДОФА у мальчиков и девочек 12, 13 лет (M ± m)
CA and DOFA excretion in boys and girls, ages 12, 13 years (M ± m)

№	ИВТ Baseline	Показатель / Parameter					
		А, нг/мин Adrenaline (A), ng/min	НА, нг/мин Norepinephrine (NA), ng/min	ДА, нг/мин Dopamine (DA), ng/min	ДОФА, нг/мин DOFA, ng/min	НА/А NA/A	
12 лет / years							
М / В	1	С / S	7,65 ± 0,57	22,84 ± 1,84	148,70 ± 6,04	14,02 ± 1,23	2,98
	2	Н / N	6,65 ± 0,23	16,34 ± 1,45	168,27 ± 8,89	22,35 ± 1,72	2,45
	3	В / V	7,94 ± 0,60	19,36 ± 1,64	172,72 ± 10,35	19,06 ± 1,05	2,43
		p 1/2		*		*	
		p 2/3		*			
	p 1/3			*	*		
Д / Г	1	С / S	8,09 ± 0,58	23,64 ± 1,50	149,82 ± 7,64	16,84 ± 1,42	2,95
	2	Н / N	7,34 ± 0,43	14,85 ± 1,22	164,38 ± 8,02	21,86 ± 1,44	2,02
	3	В / V	8,21 ± 0,60	14,04 ± 1,39	172,27 ± 8,94	19,51 ± 1,15	2,07
		p 1/2		*			
		p 2/3		*			
	p 1/3		*	**	*		
13 лет / years							
М / В	1	С / S	6,96 ± 0,34	22,34 ± 1,00	158,36 ± 6,62	23,02 ± 1,04	3,02
	2	Н / N	8,68 ± 0,41	16,08 ± 1,21	170,64 ± 8,02	20,64 ± 1,25	1,84
	3	В / V	7,96 ± 0,60	19,24 ± 1,00	183,75 ± 9,34	25,24 ± 1,30	2,41
		p 1/2		*			
		p 2/3					
	p 1/3			*			
Д / Г	1	С / S	6,25 ± 0,30	19,63 ± 1,94	150,20 ± 6,66	19,27 ± 1,18	3,14
	2	Н / N	–	–	–	–	–
	3	В / V	7,90 ± 0,25	16,75 ± 1,18	180,08 ± 10,23	21,87 ± 1,24	2,11
		p 1/2					
		p 2/3					
	p 1/3			*			

Примечание. М – мальчики, Д – девочки; С – симпатикотония, Н – нормотония, В – ваготония; различия достоверны между группами ИВТ «*» p < 0,05; «**» p < 0,01 и выше.

Note. B – boys, G – girls; S – sympathicotonia, N – normotonia, V – vagotonia; differences are significant between baseline tone groups “*” p < 0.05; “**” p < 0.01 and above.

шение экскреции ДА по сравнению с ваготониками (p < 0,05), а в 12-летнем возрасте наблюдается и относительное снижение ДОФА – 14,02 ± 1,23 нг/мин, тогда как у нормо- и ваготоников она находится в пределах от 19,06 ± 1,05 нг/мин до 22,35 ± 1,72 нг/мин (p < 0,05). Это может свидетельствовать о напряжении в системе биосинтеза КА [9] и являться достоверным критерием симпатикотонии.

Закключение. Полученные результаты свидетельствуют о наличии существенных различий в состоянии вегетативного тонуса у девочек и мальчиков 12 и 13 лет. Согласно данным КИГ, у девочек в том и другом возрасте ярко выражена симпатикотония, а в группе мальчиков большинство относится

к парасимпатотоникам. Исследование суточной экскреции катехоламинов и ДОФА позволило выявить как общие, так и специфические признаки, характерные для мальчиков и девочек, относящихся к разным группам ИВТ. Так, у девочек, независимо от возраста, состояние симпатикотонии обеспечивается повышенным уровнем экскреции НА, тогда как у мальчиков-симпто- и ваготоников существенные различия в содержании НА отсутствуют. При этом в обеих половых группах симпатикотонический вариант ИВТ характеризуется стойким снижением ДА и ДОФА, а также увеличением коэффициента НА/А, указывающим на возрастающую роль нервного механизма регуляции по сравнению с гормональным.

Установленные сдвиги в системе нейрогормональной регуляции вегетативных функций у школьников 12 и 13 лет диктуют необходи-

мость мониторинга функционального состояния ВНС с целью обеспечения превентивного подхода к проблеме СВД в детском возрасте.

Список литературы

1. Баевский, Р.М. *Современные проблемы космической кардиологии* / Р.М. Баевский // *Авиакосмич. и авиац. медицина*. – 2008. – № 6. – С. 19–31.
2. Бисалиев, Н. *Некоторые аспекты вегетососудистой дистонии у детей г. Актобе* / Н. Бисалиев // *Мед. журнал Западного Казахстана*. – 2011. – № 1 (29). – С. 53–55.
3. Борисова, Т.П. *Клинические проявления и коррекция вегетативной дисфункции у детей и подростков* / Т.П. Борисова, А.Е. Абатуров // *Здоровье ребенка*. – 2018. – Вып. 13. – № 6. – С. 588–595.
4. *Возрастные особенности вегетативного тонуса у детей с синдромом вегетативной дистонии* / В.А. Шашель Л.А. Подпорина, Г.Б. Панеш и др. // *Кубан. науч. мед. вестник*. – 2017. – № 4. – С. 169–172.
5. Григорьев, К.И. *Синдром вегетативной дистонии у детей и подростков* / К.И. Григорьев. Е.Л. Поважная, А.Л. Соловьева // *Мед. сестра*. – 2013. – № 7. – С. 28–31.
6. *Методы исследования сердечного ритма по данным ЭКГ: вариабельность сердечного ритма и вариационное картирование* / Е.М. Новиков, С.В. Стеблецов, В.Н. Ардашев и др. // *КМКВ*. – 2019. – Вып. 4. – С. 81–89.
7. *Реакция симпато-адреналовой системы мальчиков на дозированную физическую нагрузку* / А.В. Крылова, Ф.Г. Ситдииков, Т.А. Аникина, А.А. Зверев // *Наука и спорт. Современ. тенденции*. – 2019. – № 1. – С. 60–66.
8. Судаков, К.В. *Устойчивость к психоэмоциональному стрессу как проблема биобезопасности* / К.В. Судаков // *Вестник РАМН*. – 2002. – № 1. – С. 19–26.
9. Тапбергенов, С.О. *Функциональные и метаболические эффекты симпато-адреналовой системы и стресс: моногр.* / С.О. Тапбергенов, Т.С. Тапбергенов, Б.С. Советов. – Пенза: Академия естествознания. – 2019. – С. 18–32.
10. Хвостова, С.А. *Состояние гипофизарно-надпочечниковой и симпато-адреналовой систем после переломов у больных остеопорозом* / С.А. Хвостова // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2011. – № 4. – С. 38–44.
11. Чутко, Л.С. *Неврозы у детей: моногр.* / Л.С. Чутко. – М.: Медпресс-информ, 2020. – 224 с.
12. *Altered neuroendocrine control and association to clinical symptoms in adolescent chronic fatigue syndrome: a cross-sectional study* / Vegard Bruun Wyller, Valeria Vitelli, Dag Sulheim et al. // *J Transl Med*. – 2016. – Vol. 5, no. 14 (1). – P. 121.
13. Borchard, U. *The Role of the Sympathetic Nervous System in Cardiovascular Disease* / U. Borchard // *Journal of Clinical and Basic Cardiology*. – 2001. – Vol. 4 (3). – P. 175–177.
14. Hering Dagmara. *Role of the Sympathetic Nervous System in Stress-Mediated Cardiovascular Disease* / Dagmara Hering, Kamila Lachowska, Markus Schlaich // *Curr Hypertens Rep*. – 2015. – Vol. 17 (10). – P. 80.
15. Malpas Simon, C. *Sympathetic Nervous System Overactivity and Its Role in the Development of Cardiovascular Disease* / Simon C Malpas // *Physiol Rev*. – 2010. – Vol. 90 (2). – P. 513–557.
16. *Nervous and hormonal mechanisms of regulation of local muscle activity in 7–9-year-old children* / Maria V. Shaykhelislamova, Natalia B. Dikopolskaya, Gulfia A. Bilalova et al. // *Drug Invention Today*. – 2018. – Vol. 10, no. 7. – P. 1125–1128.
17. *Pharmacology of catecholamines in children* / M. Oualha, S. Urien, O. Spreux-Varoquaux, J.-M. Tréluyer // *Médecine Intensive Réanimation*. – 2016. – P. 179–191.
18. *Salmanova Sevinj. The dynamics of the effects of catecholamine excite dumping syndrome in the recovery phase of visual impairment in children who suffered from pre, perinatal encephalopathy* / Sevinj Salmanova, Elmar Kasimov // *Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2016. – June. – P. 57.
19. *The effect of dopamine on pulmonary diffusing capacity and capillary blood volume responses to exercise in young healthy humans* / Wade W. Michaelchuk, Vincent Tedjasaputra, Tracey L. Bryan et al. // *Exp Physio*. – 2019. – Vol. 104 (12). – P. 1952–1962.
20. Zhang David, Y. *The Sympathetic Nervous System and Heart Failure* / David Y. Zhang, Allen S. Anderson // *Cardiol Clin*. – 2014. – Vol. 32 (1). – P. 33.

References

1. Baevsky R.M. [Modern Problems of Space Cardiology]. *Aerokosmicheskaya i aviatsionnaya meditsina* [Aerospace and Aviation Medicine], 2008, no. 6, pp. 19–31. (in Russ.)
2. Bisaliev N. [Some Aspects of Vegetative-Vascular Dystonia in Children of Aktobe]. *Medicinskiy zhurnal Zapadnogo Kazakhstana* [Medical Journal of Western Kazakhstan], 2011, no. 1 (29), pp. 53–55. (in Russ.)
3. Borisova T.P., Abaturonov A.E. [Clinical Manifestations and Correction of Autonomic Dysfunction in Children and Adolescents]. *Zdorov'e rebenka* [Child Health], 2018, iss. 13, no. 6, pp. 588–595. (in Russ.) DOI: 10.22141/2224-0551.13.6.2018.143165
4. Shashel V.A., Podporina L.A., Panesh G.B. et al. [Age Features of Vegetative Tone in Children with Vegetative Dystonia Syndrome]. *Kubanskiy nauchniy medicinskiy vestnik* [Kuban Scientific Medical Bulletin], 2017, no. 4, pp. 169–172. (in Russ.) DOI: 10.25207/1608-6228-2017-24-4-169-172
5. Grigoriev K.I., Povazhnaya E.L., Solovyov A.L. [Autonomic Dystonia Syndrome in Children and Adolescents]. *Medicinskaya sestra* [Nurse], 2013, no. 7, pp. 28–31. (in Russ.)
6. Novikov E.M., Stebletsov S.V., Ardashev V.N. et al. [Methods for Studying Heart Rate According to ECG Data. Heart Rate Variability and Variation Mapping]. *KMKV* [KMKV], 2019, iss. 4, pp. 81–89. (in Russ.)
7. Krylova A.V., Sitdikov F.G., Anikina T.A. et al. [The Reaction of the Sympathetic-Adrenal System of Boys to Dosed Physical Activity]. *Nauka i sport. Sovremennye tendencii* [Science and Sport. Modern Tendencies], 2019, no. 1, pp. 60–66. (in Russ.)
8. Sudakov K.V. [Resistance to Psycho-Emotional Stress as a Biosecurity Problem]. *Vestnik RAMN* [Herald of RAMS], 2002, no. 1, pp. 19–26. (in Russ.)
9. Tapbergenov S.O., Tapbergenov T.S., Sovietov B.S. *Funkcional'nye i metabolicheskie effekti simpato-adrenalovoy sistemy i stress* [Functional and Metabolic Effects of the Sympathetic-adrenal System and Stress]. Penza: Academy of Natural Sciences Publ., 2019, pp. 18–32.
10. Khvostova S.A. [The State of the Pituitary-adrenal and Sympathetic-adrenal Systems after Fractures in Patients with Osteoporosis]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2011, no. 4, pp. 38–44. (in Russ.)
11. Chutko L.S. *Nevrozy u detey* [Neuroses in Children]. Medpress-inform Publ., 2020. 224 p.
12. Wyller Vegard Bruun, Vitelli Valeria, Sulheim Dag et al. Altered Neuroendocrine Control and Association to Clinical Symptoms in Adolescent Chronic Fatigue Syndrome: a Cross-Sectional Study. *Journal Transl Medicine*, 2016, no. 14 (1), p. 121. DOI: 10.1186/s12967-016-0873-1
13. Borchard U. The Role of the Sympathetic Nervous System in Cardiovascular Disease. *Journal of Clinical and Basic Cardiology*, 2001, no. 4 (3), pp. 175–177.
14. Hering Dagmara, Lachowska Kamila, Schlaich Markus et al. Role of the Sympathetic Nervous System in Stress-Mediated Cardiovascular Disease. *Curr Hypertens Rep.*, 2015, no. 17 (10), p. 80. DOI: 10.1007/s11906-015-0594-5
15. Malpas Simon C. Sympathetic Nervous System Overactivity and Its Role in the Development of Cardiovascular Disease. *Physiology Rev.*, 2010, no. 90 (2), pp. 513–557. DOI: 10.1152/physrev.00007.2009
16. Shaykhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A. et al. Nervous and Hormonal Mechanisms of Regulation of Local Muscle Activity in 7–9-year-old Children. *Journal: Drug Invention Today*, 2018, vol. 10, no. 7, pp. 1125–1128.
17. Oualha M., Urien S., Spreux-Varoquaux O. et al. Pharmacology of Catecholamines in Children. *Médecine Intensive Réanimation*, 2016, pp. 179–191. DOI: 10.1007/s13546-016-1216-1
18. Salmanova S., Kasimov E. The Dynamics of the Effects of Catecholamine Excite Dumping Syndrome in the Recovery Phase of Visual Impairment in Children who Suffered from Pre, Perinatal Encephalopathy. *Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2016, p. 57.
19. Michaelchuk W.W., Tedjasaputra V., Bryan T.L. et al. The Effect of Dopamine on Pulmonary Diffusing Capacity and Capillary Blood Volume Responses to Exercise in Young Healthy Humans. *Experimental Physiology*, 2019, no. 104 (12), pp. 1952–1962. DOI: 10.1113/EP088056
20. Zhang D.Y., Anderson A.S. The Sympathetic Nervous System and Heart Failure. *Cardiology Clinical*, 2014, no. 32 (1), p. 33. DOI: 10.1016/j.ccl.2013.09.010

Информация об авторах

Шайхелисламова Мария Владимировна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Дикопольская Наталья Борисовна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Билалова Гульфия Альбертовна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Зотова Фируза Рахматулловна, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия; профессор кафедры физического воспитания и здоровья, Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия.

Зефирова Тимур Львович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Information about the authors

Maria V. Shaykhelislamova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Natalya B. Dikopolskaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Gulfiya A. Bilalova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Firuz R. Zotova, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture and Sports; Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia; Professor of the Department of Physical Education and Health, Kazan State Medical University, Kazan, Russia.

Timur L. Zefirov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Human Health Protection; Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Статья поступила в редакцию 01.10.2023

The article was submitted 01.10.2023