

Гречкина Л.И.

## ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ПОДРОСТКОВ

ФГБУ «Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, 685000, Магадан

**Введение.** Одним из приоритетных направлений в профилактической медицине является донозологическая диагностика, позволяющая оценить уровень здоровья и проводить динамический контроль за состоянием здоровья взрослого и детского населения при различных функциональных состояниях. Цель – изучить функциональные показатели сердечно-сосудистой системы у мальчиков-подростков – уроженцев г. Магадана с различным типом саморегуляции кровообращения.

**Материал и методы.** Проведено исследование функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у 14–17-летних мальчиков – уроженцев г. Магадана ( $n = 381$ ). У каждого подростка измеряли основные антропометрические параметры: длину (ДТ, см) и массу тела (МТ, кг). Показатели кардиогемодинамики определяли у юношей в состоянии покоя в положении тела «сидя» методом объёмной компрессионной осциллометрии с использованием комплекса аппаратно-программного неинвазивного исследования центральной гемодинамики (КАП ЦГосм «Глобус», г. Белгород).

**Результаты.** Установлено, что среди всех обследованных подростков 54,8% имели сердечный тип саморегуляции кровообращения, 33,1% – сердечно-сосудистый, а 12,1% – сосудистый. Представлена связь показателей гемодинамики с типом саморегуляции кровообращения в каждой возрастной группе. Артериальное давление и сердечный выброс у подростков с сердечным типом саморегуляции кровообращения в состоянии покоя поддерживается за счёт более высоких показателей частоты сердечных сокращений, в то время как у подростков с сосудистым типом – за счёт более высоких показателей мощности сокращения левого желудочка и ударного объёма. У подростков с сердечно-сосудистым типом система саморегуляции кровообращения наиболее сбалансированная.

**Заключение.** Выполненное исследование позволяет оценить риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы у подростков с целью принятия превентивных профилактических мер.

Ключевые слова: подростки; сердечно-сосудистая система; типы саморегуляции кровообращения.

**Для цитирования:** Гречкина Л.И. Типологические особенности функционирования сердечно-сосудистой системы у подростков. Гигиена и санитария. 2018; 97(10): 962-966. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-962-966>

**Для корреспонденции:** Гречкина Людмила Ивановна, канд. биол. наук, доцент, вед. науч. сотр. лаб. физиологии экстремальных состояний, ФГБУ Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН Российской Федерации. E-mail: [ludmila-50@mail.ru](mailto:ludmila-50@mail.ru)

Grechkina L.I.

### TYPOLOGICAL PECULIARITIES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM FUNCTIONING IN ADOLESCENTS

Scientific-research Center “Arktika” of RAS, Magadan, 685000, Russian Federation

**Introduction.** Aim - to study the functional indices of cardiohemodynamics in 381 male residents of Magadan town aged of 14–17 years, in dependence on their types of self-regulation in the blood circulating system.

**Material and methods.** During the study, in each young man the main anthropometric indices: body length (BL, cm) and body mass (BM, kg) were measured by conventional methods. The indices of cardiohemodynamics were determined in young men at rest in the sitting position by the method of volumetric compression oscillometry with the use of a complex of hard & software noninvasive study of central hemodynamics (CAP C Gosm “Gloбус”, Belgorod).

**Results.** In the paper there were presented results of the examination performed on the cardiovascular system in all adolescents, 54.8% had a cardiac type of self-regulation, 33.1% – a cardiovascular type, and 12.1% – a vascular type of the blood circulating system. The relationship of hemodynamic indices with types of self-regulation in the blood circulation in each age group was shown. Arterial pressure and cardiac output observed in adolescents with the cardiac type of autoregulation of the blood circulation at rest are maintained at the expense of higher heart rate values while in adolescents with vascular type – at the expense of higher values of the stroke volume and left ventricular stroke power. The adolescents with cardiac-vascular type demonstrated the most balanced system of autoregulation of the blood circulation.

**Conclusion.** The conducted research allows assessing the risk of the development of diseases of the cardiovascular system in persons of young age with a view to adopting preventive measures.

Key words: adolescents; functional hemodynamic indices; types of self regulation in the blood circulating system.

**For citation:** Grechkina L.I. Typological peculiarities of the cardiovascular system functioning in adolescents. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)* 2018; 97(10): 962-966. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-10-962-966>

**For correspondence:** Lyudmila I. Grechkina, MD, Ph.D., associate professor of the Laboratory of Physiology of Extremal States of the Scientific Research Center “Arktika”, Magadan, 685000, Russian Federation. E-mail: [ludmila-50@mail.ru](mailto:ludmila-50@mail.ru)

*Conflict of interest.* The authors declare no conflict of interest.

*Acknowledgment.* The study had no sponsorship.

Received: 22 December 2017

Accepted: 18 October 2018

## Введение

В настоящее время в профилактической медицине в соответствии со стратегией ВОЗ и «Национальной стратегией в интересах детей на 2012–2017 годы» приоритетными направлениями охраны здоровья детей и подростков являются: мониторинг функциональных резервов; донозологическая диагностика и своевременная коррекция функционального состояния; обеспечение доступности для каждого старшеклассника безопасного выбора профилей обучения, соответствующих его склонностям и жизненным планам, а также функциональным возможностям и состоянию здоровья [1, 2]. Большое внимание со стороны исследователей уделяется всестороннему изучению состояния здоровья детей и подростков и донозологической оценке функциональных резервов организма ребенка, обеспечивающих адаптацию к комплексу природно-климатических, экологических и социально-гигиенических факторов внешней среды в разные периоды онтогенеза [3–5]. Наиболее чувствительным и уязвимым к действию различных факторов внешней среды является пубертатный период онтогенеза, когда происходит интенсивное морфофункциональное, половое и психическое развитие организма ребенка. На этот же период приходится и значительное увеличение нагрузок, связанных с обучением в школе. В работах ряда авторов показано, что сердечно-сосудистая система подростков в связи с незавершенностью процессов формирования регуляторных механизмов особенно чувствительна к воздействию самых разных факторов внешней среды, двигательной активности и специфики учебных нагрузок [6–12].

На основании интегральной оценки функции сердечно-сосудистой системы, анализа соотношения сердечного и сосудистого компонентов центральной гемодинамики в 60-х годах прошлого века было установлено существование в норме у здоровых людей трёх типов саморегуляции кровообращения: сердечного, сосудистого и сердечно-сосудистого [13]. Тип саморегуляции кровообращения (ТСК) является одним из информативных донозологических интегральных показателей, отражающих особенности адаптивно-приспособительных реакций организма в здоровой популяции людей. Определение ТСК позволяет оценивать уровень напряжения в регуляции сердечно-сосудистой системы. Изменение саморегуляции кровообращения в сторону преобладания сосудистого компонента свидетельствует об её экономизации и повышении функциональных резервов сердечно-сосудистой системы для обеспечения долговременной адаптации, а в сторону сердечного – о напряжённости функционирования сердечно-сосудистой системы и обеспечения адаптации к неожиданным, кратковременным воздействиям возмущающих факторов внешней среды. ТСК сердечно-сосудистый отражает наиболее оптимально сбалансированную саморегуляцию системы кровообращения [14].

Со второй половины прошлого века на Северо-Востоке России наметилась отчётливая тенденция к формированию устойчивой популяции уроженцев-европеоидов, предки которых являлись мигрантами. Большинство молодых людей Магаданской области являются их потомками в 1–3 поколениях. В ряде предыдущих наших работ показано, что экстремальные природно-климатические условия Северо-Востока России оказывают выраженное влияние на здоровье и морфофункциональное развитие детей и подростков в процессе онтогенеза [15, 16].

В связи с вышесказанным представляется необходимым изучение функциональных показателей кардиогемодинамики у уроженцев-европеоидов Северо-Востока России разных возрастных групп с целью определения адаптивной стратегии формирования функции сердечно-сосудистой системы.

Задача наших исследований заключалась в изучении функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у мальчиков-подростков – уроженцев г. Магадана с различным типом саморегуляции кровообращения.

## Материал и методы

Исследования проводились в первой половине дня в медицинских кабинетах трёх общеобразовательных школ г. Магадана и в летнем спортивно-оздоровительном лагере «Северный Артек», расположенном в пос. Снежном Магаданской области в 2010 – 2014 гг. Обследовались школьники мужского пола подросткового периода онтогенеза в возрасте 14–17 лет, являющиеся уроженцами Магадана и Магаданской области. Всего был обследован 381 человек. Из них в динамике были обследованы 14,5% подростков. Перед началом исследования каждый подросток был проинформирован о цели исследования и дал письменное согласие на участие в нём. В процессе исследования у подростков регистрировали длину (ДТ, см) и массу тела (МТ, кг) общепринятыми методами. Показатели кардиогемодинамики определяли у подростков в состоянии покоя в положении тела «сидя» методом объёмной компрессионной осциллометрии с использованием комплекса аппаратно-программного неинвазивного исследования

центральной гемодинамики (КАП ЦГосм «Глобус», г. Белгород). Оценка уровней артериального давления у подростков проводилась с учётом пола, возрастной группы и семи ростовых перцентильных категорий в соответствии с рекомендациями экспертов ВНОК и Ассоциации детских кардиологов РФ (2003 г.) [17]. Регистрировались прямые и расчётные показатели центральной и периферической гемодинамики: систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление (мм рт. ст.), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), сердечный выброс (СВ, л/мин), ударный объем (УО, мл), мощность сокращения левого желудочка (МСЛЖ, Вт), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин. см<sup>-5</sup>), удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС, усл. ед.), тип саморегуляции кровообращения (ТСК, усл. ед.). ТСК от 90 до 110 отражает сердечно-сосудистый тип саморегуляции кровообращения, если ТСК более 110 – это сосудистый тип, если менее 90 – сердечный. На основании полученных данных рассчитывали вегетативный индекс Кердо (ВИК, усл. ед.) по формуле:  $VIK = (1 - ДАД/ЧСС) \cdot 100$ .

Статистическая обработка полученных данных была проведена при помощи стандартных программ Microsoft Excel 2002 и StatSoft Statistica-6.0. Вычислялись средние величины показателей ( $M$ ) и их стандартные ошибки ( $\pm m$ ). Статистическая значимость различий оценивалась по  $t$ -критерию Стьюдента для независимых выборок при условии нормальности распределения. Статистически значимым принимали уровень различий при  $p \leq 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

В результате исследований было установлено, что максимальные изменения как соматометрических, так и гемодинамических параметров у мальчиков происходят в период 14–16 лет и завершаются к 17-летнему возрасту (табл. 1).

Исследования показали, что изменения функциональных показателей сердечно-сосудистой системы в данном периоде онтогенеза происходили в соответствии с возрастными закономерностями развития и имели разнонаправленный вектор. Такие показатели, как САД, ДАД, СВ, УО, МСЛЖ и ТСК с возрастом закономерно увеличивались, а ЧСС, ОПСС и ВИК – понижались. Однако темпы этих изменений в возрастной динамике носят неравномерный и гетерохронный характер. Так, показатели САД с возрастом равномерно увеличивались, достигнув максимальных значений в 17 лет, но статистически значимые изменения по сравнению с предыдущим возрастом выявлены в 16 лет (на 7,2 мм рт. ст.). В то же время изменения показателей ДАД в динамике данного периода были неравномерны и незначительны, кроме статистически значимого увеличения с 15 до 16 лет (на 2,7 мм рт. ст.). В возрастной динамике снижения средневозрастных значений показателя ЧСС достоверно значимых различий между возрастными группами не выявлено.

Наиболее значимые синхронные изменения средневозрастных показателей СВ, УО, МСЛЖ, ОПСС происходят в возрастном периоде 14–16 лет, совпадая с максимальными темпами роста тотальных размеров тела. Такие показатели сердечной деятельности, как УО и СВ увеличились за исследуемый возрастной период на 16,9 мл и 0,88 л/мин., соответственно. Значения показателей МСЛЖ, характеризующих работу сердца, уве-

Таблица 1

Соматометрические и гемодинамические показатели у мальчиков-подростков 14–17 лет ( $M \pm m$ )

Параметр	Возраст, годы (число обследованных)			
	14 ( $n = 107$ )	15 ( $n = 107$ )	16 ( $n = 89$ )	17 ( $n = 78$ )
Длина тела, см	170,5 ± 0,8	174,4 ± 0,7**	177,3 ± 0,7*	177,2 ± 0,8
Масса тела, кг	57,9 ± 1,2	61,9 ± 1,0**	65,5 ± 1,0**	66,9 ± 1,3
САД, мм рт. ст.	117,2 ± 1,1	119,1 ± 1,1	126,3 ± 1,4**	127,2 ± 1,5
ДАД, мм рт. ст.	65,0 ± 0,8	64,1 ± 0,8	66,9 ± 0,8*	66,6 ± 1,1
ЧСС, уд./мин	75,9 ± 1,1	76,0 ± 1,4	73,6 ± 1,1	72,3 ± 1,4
СВ, л/мин	5,56 ± 0,09	5,96 ± 0,10**	6,30 ± 0,09*	6,44 ± 0,09
УО, мл	74,9 ± 1,7	81,3 ± 2,1*	87,4 ± 1,9*	91,8 ± 2,3
МСЛЖ, Вт	2,70 ± 0,07	2,91 ± 0,08*	3,32 ± 0,09**	3,49 ± 0,10
ОПСС, дин.·см <sup>-5</sup> ·с	1149 ± 15	1073 ± 13***	1055 ± 14	1035 ± 14
УПСС, усл. ед.	23,4 ± 0,2	23,1 ± 0,2	23,5 ± 0,3	23,3 ± 0,3
ТСК	87,1 ± 1,4	86,7 ± 1,6	92,6 ± 1,8*	94,4 ± 2,2
ВИК, усл. ед.	12,9 ± 1,4	13,3 ± 1,6	7,4 ± 1,8	5,7 ± 2,2

Примечание. Значимые различия между возрастными группами: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Коэффициенты корреляции показателей гемодинамики с длиной (ДТ, см) и массой тела (МТ, кг) у мальчиков-подростков 14–17 лет

Возраст, годы	САД		ДАД		ЧСС		СВ		УО		МСЛЖ		ОПСС	
	ДТ	МТ	ДТ	МТ	ДТ	МТ	ДТ	МТ	ДТ	МТ	ДТ	МТ	ДТ	МТ
14	<b>0,32</b>	<b>0,55</b>	-0,15	-0,01	-0,02	-0,23	<b>0,64</b>	<b>0,74</b>	<b>0,48</b>	<b>0,71</b>	<b>0,37</b>	<b>0,62</b>	<b>-0,66</b>	<b>-0,68</b>
15	0,27	<b>0,47</b>	-0,02	0,01	-0,06	-0,17	<b>0,50</b>	<b>0,69</b>	<b>0,40</b>	<b>0,55</b>	<b>0,43</b>	<b>0,54</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,67</b>
16	0,21	<b>0,43</b>	-0,10	0,05	0,02	0,01	<b>0,51</b>	<b>0,66</b>	<b>0,32</b>	<b>0,45</b>	<b>0,30</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,58</b>
17	-0,05	<b>0,40</b>	-0,04	-0,01	0,01	-0,01	<b>0,33</b>	<b>0,65</b>	0,16	<b>0,37</b>	0,09	<b>0,34</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,55</b>

Примечание. Жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ) со средней и сильной степенью связи.

личиваются в каждой возрастной группе по сравнению с предыдущей, но статистически значимые изменения происходят до 16 лет. Важное значение для оценки гемодинамики имеет показатель ОПСС, отражающий общее периферическое сопротивление кровотоку большого круга кровообращения. Установлено снижение этого показателя у подростков с увеличением возраста с  $1149 \pm 15$  дин. · см<sup>-5</sup> · с (в 14 лет) до  $1035 \pm 14$  дин. · см<sup>-5</sup> · с (в 17 лет), но наиболее значимое снижение ОПСС по сравнению с предыдущим возрастом отмечено у 15-летних подростков ( $p < 0,001$ ).

Для установления характера зависимости исследуемых показателей гемодинамики от ДТ и МТ в возрастных группах был проведен корреляционный анализ. В результате проведенного анализа (табл. 2) было установлено, что наибольшее количество средней и высокой степени связей между гемодинамическими и антропометрическими параметрами характерно для 14-летнего возраста.

С 15 лет происходит снижение количества и степени связей функциональных показателей гемодинамики с ДТ, а с МТ сохраняется средняя степень связи. В работах ряда авторов отмечается большое влияние массы тела на величину артериального давления у подростков [18–20]. В процессе формирования функции сердечно-сосудистой системы в период онтогенеза 14–17 лет наибольшее количество и более высокая степень корреляционных взаимосвязей с ДТ и МТ образуется у таких показателей гемодинамики, как СВ, УО, МСЛЖ и ОПСС. В то же время для показателей САД в возрастной динамике сохраняется связь только с МТ, а связь ДАД и ЧСС с показателями ДТ и МТ весьма незначительна. Характер установленных корреляционных связей показателей гемодинамики с длиной и массой тела в исследуемом периоде онтогенеза не изменялся, сохраняя положительную или отрицательную направленность, изменялась лишь степень связей.

В результате проведенных исследований было установлено, что для подростков 14–15 лет характерен сердечный тип саморегуляции кровообращения, а в 16–17 лет – сердечно-сосудистый. Анализ индивидуальных значений индекса ТСК показал, что среди всех обследованных подростков 54,8% имели сердечный тип саморегуляции кровообращения, 33,1% – сердечно-сосудистый, а 12,1% – сосудистый. Однако средневозрастные данные не позволяют оценить вариабельность индивидуальных показателей индекса ТСК внутри возрастных групп. Для её оценки был

проведен анализ индивидуальных значений индекса ТСК в каждой возрастной группе (рисунок).

На рисунке видно, что преобладающим типом саморегуляции кровообращения у подростков в каждой возрастной группе является сердечный, но в возрастной динамике выявлена тенденция к перераспределению ТСК в сторону уменьшения доли сердечного типа и увеличения сердечно-сосудистого и сосудистого типов саморегуляции кровообращения. Однако эти изменения ТСК носят волнообразный характер. Некоторое увеличение доли лиц с сердечным ТСК в группе 15-летних подростков, по сравнению с 14-летними и снижением – с сердечно-сосудистым, можно объяснить интенсивными процессами полового созревания, протекающими в организме мальчиков, и несовершенством механизмов регуляции кровообращения в этот период.

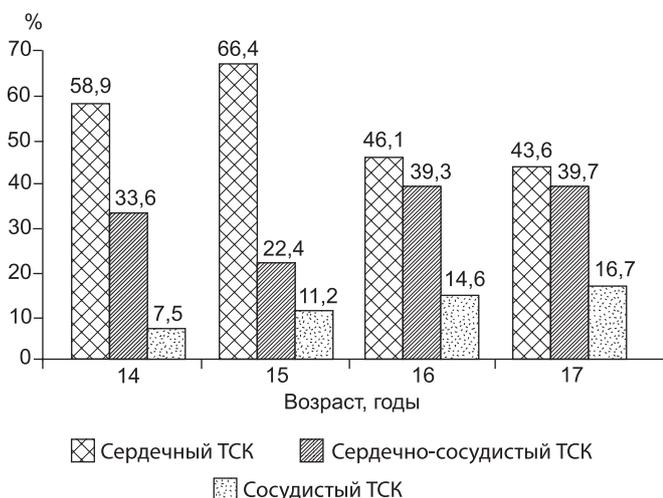
С целью выяснения особенностей функционирования сердечно-сосудистой системы у подростков с разным типом саморегуляции кровообращения был проведен анализ распределения индивидуальных гемодинамических показателей по индексу ТСК в каждой возрастной группе (табл. 3).

В результате проведенного анализа были выявлены существенные различия значений исследуемых гемодинамических показателей у подростков с разным типом саморегуляции кровообращения внутри возрастных групп. Как видно из табл. 3, наибольшие значения функциональных показателей сердечно-сосудистой системы как САД, ДАД, УО и МСЛЖ характерны для лиц с сосудистым ТСК, наименьшие – для лиц с сердечным ТСК, а значения показателей у подростков с сердечно-сосудистым ТСК занимают промежуточное положение. По показателю ЧСС наблюдается обратная картина: наиболее высокие его значения оказались у лиц с сердечным ТСК, а самые низкие – у лиц с сосудистым ТСК в каждой возрастной группе. При этом по показателю СВ отмечается лабильность значений, не имеющая определенного вектора изменений у лиц с разным ТСК в возрастных группах и статистической значимости различий, кроме 15-летних подростков. Это может свидетельствовать о том, что в каждой возрастной группе у подростков в состоянии покоя кровообращение поддерживается на оптимальном уровне, обеспечивающем потребности организма, независимо от ТСК. Статистически значимые различия исследуемых показателей между подростками с разным ТСК внутри каждой возрастной группы отмечены в табл. 3 По показателю ОПСС прослеживается закономерная динамика снижения по мере увеличения возраста, однако изменения показателя у подростков с разным ТСК внутри возрастных групп происходят неравномерно. Достоверные различия ОПСС между группами с разным ТСК выявлены только в 17 лет с максимальным значением у лиц с сосудистым ТСК. Более адекватным показателем, отражающим влияние периферического сопротивления сосудов на кровообращение в исследуемом периоде онтогенеза является показатель удельного периферического сопротивления сосудов. Значимые различия показателей ОПСС между подростками с разным ТСК выявлены в каждой возрастной группе ( $p \leq 0,05$ ).

## Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что у мальчиков-уроженцев г. Магадана в период онтогенеза 14–17 лет происходит формирование механизмов саморегуляции кровообращения всех трёх типов в зависимости от соотношения сердечного и сосудистого компонентов, что отражает неравномерность и гетерохронность функционального развития сердечно-сосудистой системы в каждой возрастной группе подростков. В возрастной динамике происходит перераспределение этого соотношения в сторону уменьшения доли сердечного компонента в регуляции кровообращения и увеличение влияния сосудистого компонента, что вполне закономерно в данном периоде онтогенеза, когда происходит интенсивное морфофункциональное и половое развитие организма, а также формирование регуляторных механизмов системы кровообращения. Однако преобладающим типом саморегуляции кровообращения у подростков в каждой возрастной группе является сердечный.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что такие интегральные гемодинамические показатели, как артериальное давление и



Распределение подростков внутри возрастных групп по типу саморегуляции кровообращения (%).

Ось ординат: доля подростков с разным типом саморегуляции кровообращения в возрастных группах (%)

Антропометрические и гемодинамические показатели у мальчиков-подростков 14–17 лет г. Магадана с разным типом саморегуляции кровообращения (M ± m)

Показатель	14 лет (n = 107)			15 лет (n = 107)			16 лет (n = 89)			17 лет (n = 78)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	n = 63	n = 36	n = 8	n = 71	n = 24	n = 12	n = 41	n = 35	n = 13	n = 34	n = 31	n = 13
ДТ, см	171,1 ± 0,9	169,2 ± 1,5	171,6 ± 1,5	173,7 ± 0,8	175,0 ± 1,4	176,8 ± 2,6	177,0 ± 1,1	178,4 ± 1,0	175,4 ± 2,7	178,0 ± 1,3	176,5 ± 1,4	177,0 ± 1,8
МТ, кг	57,0 ± 1,4	56,7 ± 1,9	70,3 ± 5,9 <sup>1,3,2,3</sup>	60,2 ± 1,2	65,5 ± 2,3 <sup>1,2</sup>	65,3 ± 2,3 <sup>1,3</sup>	64,3 ± 1,5	67,3 ± 1,6	65,4 ± 3,0	67,4 ± 2,1	66,7 ± 2,0	65,8 ± 2,7
САД, мм рт.ст.	115,5 ± 1,4	118,6 ± 1,5	124,5 ± 4,8	116,4 ± 1,4	123,0 ± 1,9 <sup>1,2</sup>	127,3 ± 3,1 <sup>1,3</sup>	122,5 ± 2,0	129,1 ± 2,3 <sup>1,2</sup>	130,8 ± 2,4 <sup>1,3</sup>	124,6 ± 2,2	129,9 ± 2,3	127,3 ± 3,9
ДАД, мм рт.ст.	62,8 ± 1,0	67,6 ± 1,3 <sup>1,2</sup>	71,0 ± 2,3 <sup>1,3</sup>	62,0 ± 0,9	69,0 ± 1,4 <sup>1,2</sup>	66,8 ± 2,2	62,9 ± 1,0	69,7 ± 1,2 <sup>1,2</sup>	71,8 ± 2,2 <sup>1,3</sup>	61,6 ± 1,2	69,3 ± 1,4 <sup>1,2</sup>	72,5 ± 2,9 <sup>1,3</sup>
ЧСС, уд./мин	81,6 ± 1,1	69,6 ± 1,3 <sup>1,2</sup>	59,8 ± 1,6 <sup>1,3,2,3</sup>	81,4 ± 1,7	69,7 ± 1,6 <sup>1,2</sup>	57,4 ± 1,9 <sup>1,3,2,3</sup>	80,6 ± 1,4	70,6 ± 1,2 <sup>1,2</sup>	59,7 ± 1,7 <sup>1,3,2,3</sup>	80,0 ± 2,0	69,6 ± 1,4 <sup>1,2</sup>	59,5 ± 2,6 <sup>1,3,2,3</sup>
СВ, л/мин	5,54 ± 0,13	5,48 ± 0,13	6,03 ± 0,39	5,82 ± 0,12	6,13 ± 0,13 <sup>1,2</sup>	6,39 ± 0,34	6,20 ± 0,13	6,47 ± 0,13	6,16 ± 0,29	6,43 ± 0,17	6,43 ± 0,12	6,55 ± 0,19
УО, мл	68,7 ± 1,8	79,8 ± 2,4 <sup>1,2</sup>	101,8 ± 7,4 <sup>1,3,2,3</sup>	73,2 ± 1,9	89,2 ± 2,7 <sup>1,2</sup>	113,5 ± 8,3 <sup>1,3,2,3</sup>	77,5 ± 1,7	92,5 ± 2,4 <sup>1,2</sup>	104,9 ± 6,7 <sup>1,3</sup>	81,7 ± 2,8	93,5 ± 2,7 <sup>1,2</sup>	113,2 ± 7,0 <sup>1,3,2,3</sup>
МСЛЖ, Вт	2,44 ± 0,07	2,91 ± 0,08 <sup>1,2</sup>	3,83 ± 0,43 <sup>1,3,2,3</sup>	2,62 ± 0,08	3,24 ± 0,10 <sup>1,2</sup>	4,01 ± 0,33 <sup>1,3,2,3</sup>	2,84 ± 0,09	3,61 ± 0,13 <sup>1,2</sup>	4,06 ± 0,25 <sup>1,3</sup>	3,01 ± 0,12	3,64 ± 0,11 <sup>1,2</sup>	4,35 ± 0,22 <sup>1,3,2,3</sup>
ОПСС, дин·с·см <sup>-5</sup>	1136 ± 20	1175 ± 27	1126 ± 43	1076 ± 17	1082 ± 24	1039 ± 32	1028 ± 16	1053 ± 17	1143 ± 67	990 ± 19	1061 ± 18 <sup>1,2</sup>	1082 ± 43 <sup>1,3</sup>
УПСС, усл. ед.	23,0 ± 0,3	23,7 ± 0,3	25,0 ± 0,7 <sup>1,3</sup>	22,8 ± 0,2	23,9 ± 0,4 <sup>1,2</sup>	23,2 ± 0,6	22,7 ± 0,2	24,0 ± 0,3 <sup>1,2</sup>	24,8 ± 1,1 <sup>1,3</sup>	22,4 ± 0,3	23,6 ± 0,3 <sup>1,2</sup>	24,2 ± 0,9
ТСК, усл. ед.	77,3 ± 0,9	97,2 ± 0,9 <sup>1,2</sup>	118,9 ± 2,4 <sup>1,3,2,3</sup>	77,4 ± 1,2	99,3 ± 1,1 <sup>1,2</sup>	116,4 ± 1,8 <sup>1,3,2,3</sup>	78,5 ± 1,2	98,9 ± 1,0 <sup>1,2</sup>	120,5 ± 2,4 <sup>1,3,2,3</sup>	77,8 ± 1,6	99,6 ± 1,1 <sup>1,2</sup>	122,5 ± 2,8 <sup>1,3,2,3</sup>
ВИК, усл. ед.	22,7 ± 0,9	2,8 ± 0,9	-18,9 ± 2,4	22,6 ± 1,2	0,7 ± 1,1	-16,4 ± 1,8	21,5 ± 1,2	1,1 ± 1,0	-20,5 ± 2,4	22,2 ± 1,6	0,4 ± 1,1	-22,5 ± 2,8

Примечание. 1 – сердечный ТСК; 2 – сердечно-сосудистый ТСК; 3 – сосудистый ТСК; 1-2; 1-3; 2-3 – значимые различия между одновозрастными группами с различным типом саморегуляции кровообращения –  $p \leq 0,5$ .

сердечный выброс, характеризующие эффективность тканевого кровообращения, у подростков с крайними типами саморегуляции гемодинамики в состоянии покоя поддерживаются при помощи различных регуляторных механизмов: у сердечного типа – за счёт увеличения ЧСС и преобладания симпатического влияния на функциональную активность сердечно-сосудистой системы (хронотропный), а у сосудистого – за счёт усиления сократительной мощности миокарда, увеличения УО и преобладания парасимпатического влияния (инотропный). У подростков с сердечно-сосудистым типом система саморегуляции кровообращения наиболее сбалансированная. Подростки с сердечно-сосудистым и сосудистым ТСК имеют более высокие адаптивно-приспособительные возможности сердечно-сосудистой системы по сравнению с подростками с сердечным ТСК, у которых даже в состоянии покоя наблюдается высокий уровень ЧСС, свидетельствующий о напряжении и требующий от организма постоянного расхода энергетических ресурсов. К подобному заключению пришли Шарапов А.Н. с соавт. на основании исследования типов вегетативной регуляции сердечного ритма у 13-летних московских подростков [21].

Особую актуальность приобретает эта проблема в северном регионе. Известно, что в школах в соответствии с программой проведения занятий по физической культуре детям предъявляются требования стандартных нормативов к выполнению различных физических нагрузок с последующей оценкой результатов. Однако не все дети способны выполнять эти нормативы в связи с неоднородностью морфофункционального развития в каждой возрастной группе. Особенно важно это учитывать в подростковом периоде онтогенеза, чтобы исключить негативные последствия высокоинтенсивных физических нагрузок для здоровья подростков. Полагаем, что необходим дифференцированный подход к детям и подросткам при проведении занятий по физической культуре, учитывающий тип саморегуляции кровообращения и способность сердечно-сосудистой системы адекватно реагировать на предъявляемую физическую нагрузку. Определение ТСК может быть включено в программу обязательной ежегодной диспансеризации школьников.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Руководство по применению автоматизированных технологий скрининг диагностики нарушений здоровья детей в образовательных учреждениях. Под ред. акад. А.А. Баранова и проф. В.Р. Кучмы. М. СПб.: РОШУМЗ; 2010.
2. Кучма В.Р. Охрана здоровья детей и подростков в Национальной стратегии действий в интересах детей на 2012-2017 годы. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2013; 1: 4-9.
3. Агаджанян Н.А. Эколого-физиологический и социальный подходы к оценке здоровья. В кн.: Судаков К.В., ред. *Экспериментальная и прикладная физиология. Социальная физиология: оценка состояния человека*. Том 4. М.; 1994: 6-20.
4. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М. Состояние здоровья современных детей и подростков и роль медико-социальных факторов в его формировании. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2009; 5: 6-10.
5. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (5): 5-10.
6. Агаджанян Н.А., Хомченко О.А., Макарова И.И. Особенности деятельности сердечно-сосудистой системы и психоэмоциональной сферы юношей-подростков урбанизированной и рекреационной зон Тверской региона. *Экология человека*. 2003; 6: 6-8.
7. Катильская О.Ю., Ефимова Н.В., Тихонова И.В. Сравнительная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы подростков в зависимости от состояния верхних дыхательных путей. *Валеология*. 2014; 1: 15-20.
8. Серебряков П.В., Серебрякова О.Д., Яцына И.В., Соболевская О.В., Яцына Д.С. Оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии у подростков. *Здоровоохранение Российской Федерации*. 2016; 60 (2): 70-76.
9. Панкова Н.Б., Алчинова И.Б., Черепов А.Б., Карганов М.Ю. Региональные особенности функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у подростков. *Российский педиатрический журнал*. 2008; 1: 37-42.
10. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Варламова Н.Г., Логинова Т.П., Потолицына Н.Н., Есева Т.В., Кеткина О.А., Паршукова О.И., Пономарев Н.Б. Влияние экологического фактора на функциональное состояние подростка. *Физиология человека*. 2008; 34 (3): 98-105.
11. Михайлова Л.А., Кимяева С.И. Показатели центральной гемодинамики у старшеклассников, имеющих повышенные учебные и двигательные нагрузки. *Сибирское медицинское обозрение*. 2013; 3: 55-58.

12. Максимов А.Л., Лоскутова А.Н. Возрастная динамика вегетативной регуляции сердечного ритма у подростков Магаданской области. *Валеология*. 2013; 1: 67-75
13. Аринчин Н.И., Горбачевич А. И., Кононцев В. И. Экспресс-метод определения типов саморегуляции кровообращения, предпатологических состояний и патогенетических форм гипер- и гипотензии. *Автоматизация научных исследований: Материалы XI Всесоюз. школы по автоматизации научных исследований*. Минск. 1978; 31–34.
14. Петров С.В. Особенности механизмов формирования типов саморегуляции кровообращения. Дис. ...канд. мед. наук. М., 1996. 20 с
15. Гречкина Л.И., Карандашева В.О. Сравнительная характеристика физического развития детей и подростков – уроженцев первого и второго поколения европеоидов Магаданской области. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (2):171-176.
16. Гречкина Л.И., Карандашева В.О. Морфофункциональные особенности физического развития детей школьного возраста, проживающих в различных климатогеографических зонах Магаданской области. *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2011; 4: 6-13.
17. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков. Рекомендации Ассоциации детских кардиологов России. *Педиатрия*. 2003; 2 (Прил.1): 1-31.
18. Александров А.А. Повышение артериального давления в детском и подростковом возрасте (ювенильная артериальная гипертензия). *Русский медицинский журнал*. 1997; 9: 559-565.
19. Laranjo S, Tavares C, Oliveira M, Trigo C, Pinto F, Rocha I. An insight into the autonomic and haemodynamic mechanisms underlying reflex syncope in children and adolescents: a multiparametric analysis. *Cardiol Young*. 2015 Apr;25(4):647-54
20. Souza LV, Oliveira V, De Meneck F, Grotti Clemente AP, Strufaldi MW, Franco MD. Birth Weight and Its Relationship with the Cardiac Autonomic Balance in Healthy Children. *PLoS One*. 2017 Jan 17;12(1): e0167328. doi: 10.1371/journal.pone.0167328.
21. Шарапов А.Н., Догадкина С.Б., Рублева Л.В., Кмит Г.В., Безобразова В.Н. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы 13-летних подростков с разными типами вегетативной нервной регуляции. *Физиология человека*. 2017; 43 (2): 31-42

## References

1. Instruction on use of computer technology for screening diagnostics of kids' health disorders in educational institutions (edited by Academician A.A. Baranov and Professor V.R. Kuchma). M-SPb: ROSHUMZ Publisher; 2010. (in Russian).
2. Kuchma V.R. Health protection of children and adolescents in the National Strategy of Action for Children for 2012-2017. *Voprosy shkol'noy i universitetskoj meditsiny i zdorov'ya*. 2013; 1: 4-9. (in Russian).
3. Agadzhanian N.A. Ecological, physiological and social approaches to health estimation. *Experimental and Applied Physiology. Social Physiology: Human State Estimation*. Ed. K.V. Sudakov. M. 1994. V. 4: 6–20. (in Russian).
4. Baranov A.A., Kuchma V.R., Sukhareva L.M. Health state of present-day kids and adolescents and the role of medical and social factors in its formation. *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk*. 2009; 5: 6–10.
5. Rakhmanin Yu.A., Mikhaylova R.I. Environment and health priorities of preventive medicine. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93 (5): 5-10. (in Russian)
6. Agadzhanian N.A., Khomchenko O.A., Makarova I.I. Peculiarities of cardiovascular system activity and psycho-emotional sphere of

- boys-adolescents in urbanized and recreation zones of the Tver region. *Ehkologiya cheloveka*. 2003; 6: 6-8. (in Russian).
7. Katul'skaya O.Y., Efimova N.E., Tikhonova I.V. Comparison of functional cardiovascular system adolescents depending on the state upper respiratory tract. *Valeologiya*. 2014; 1: 15-20 (in Russian).
8. Serebryakov P.V., Serebryakova O.D., Yatsina I.V., Sobolevskaya O.V., Yatsina D.S. The evaluation of risk of development of cardiovascular pathology in adolescents. *Zdravookhranenie Rossijskoj Federatsii (Health Care of the Russian Federation, Russian journal)*. 2016; 60(2): 70–76. (in Russian)
9. Pankova N.B. I, Alchinova I.B. I, Cherepov A.B. I, Karganov M. Yu. I. Regional features of cardiovascular functional parameters in adolescents. *Rossijskij pediatricheskij zhurnal (Russian pediatric journal)*. 2008; 1: 37-42. (in Russian)
10. Solonin Yu.G., Boyko E.R., Varlamova N.G., Loginova T.P., Potolitzyna N.N., Eseva T.V., Ketkina O.A., Parshukova O.I., Ponomarev M.B. Effect of environment on the functional state of adolescents. *Fiziologiya cheloveka*. 2008; 34; 3: 348-355. (in Russian)
11. Mikhaylova L.A., Kimyaeva S.I. Central hemodynamics indices in senior pupils with increased educational and motive loadings. *Sibirskoe medicinskoe obozrenie*. 2013; (3): 55-58 (in Russian).
12. Maksimov A.L., Loskutova A.N. Age-related dynamics of heart rate vegetative regulation observed in Magadan region adolescents. *Valeologiya*. 2013; 1: 67-75 (in Russian).
13. Arinchin N.I., Gorbachevich A.I., Kononcov V.I. Short-term test for determining of blood circulation types, pre-pathological states and pathogenic forms of hyper- and hypotension. In: *Automatization of scientific studies: Proceedings of XI of All-Soviet Union School on automatization of scientific studies*. Minsk, 1978; 31-34 (in Russian).
14. Petrov S. V. Specific features of mechanisms of forming types of self-regulation of blood circulation. Cand. of med. sci. Diss. Moscow; 1996 (in Russian).
15. Grechkina L.I. Comparative characteristics of physical development of children and adolescents of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> generation of european natives of the Magadan region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96 (2): 171-176. (in Russian).
16. Grechkina L.I., Karandasheva V.O. Morphofunctional profiles of physical development observed in the schoolchildren residing in different climatic-geographical areas of Magadan region. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN*. 2011; 4: 6-13 (in Russian).
17. Diagnostics, treatment and prophylaxis of arterial hypertension in children and adolescents. Recommendations of the Association of pediatric cardiologists of Russia. *Pediatriya*. 2003; (2, Suppl. 1): 1-31. (in Russian).
18. Aleksandrov A.A. Elevated blood pressure in childhood and adolescence: juvenile arterial hypertension. *Russian Medical Journal*. 1997; 9: 559-565.
19. Laranjo S, Tavares C, Oliveira M, Trigo C, Pinto F, Rocha I. An insight into the autonomic and haemodynamic mechanisms underlying reflex syncope in children and adolescents: a multiparametric analysis. *Cardiol Young*. 2015 Apr;25(4):647-54
20. Souza LV, Oliveira V, De Meneck F, Grotti Clemente AP, Strufaldi MW, Franco MD. Birth Weight and Its Relationship with the Cardiac Autonomic Balance in Healthy Children. *PLoS One*. 2017 Jan 17;12(1): e0167328. doi: 10.1371/journal.pone.0167328.
21. Sharapov A.N., Dogadkina S.B., Rubleva L.V., Kmit G.V., Bezobrazova V.N. Functional state of the cardiovascular system in 13-year-old adolescents with different types of autonomic nervous regulation. *Fiziologiya cheloveka*. 2017; 43 (2): 31-42. (in Russian).

Поступила 12.07.18  
Принята к печати 18.10.18