

© Зулькарнаев Т.Р., Агафонов А.И., Казак А.А., Хисамиев И.И., Поварго Е.А., Зулькарнаева А.Т., 2019
УДК 613.955:371.8.062:612.017.2

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Т.Р. Зулькарнаев¹, А.И. Агафонов¹, А.А. Казак², И.И. Хисамиев²,
Е.А. Поварго¹, А.Т. Зулькарнаева¹

¹ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России, ул. Ленина, 3, г. Уфа, 450000, Россия

²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», ул. Шафиева, 7, г. Уфа, 450054, Россия

Изучено функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у 997 школьников г. Уфы и 597 студентов Башкирского государственного медицинского университета с различным уровнем двигательной активности. Все обследуемые были разделены на 3 группы в зависимости от уровня двигательной активности: 1-я группа (контрольная) – школьники и студенты, не занимающиеся спортом вне школьной и университетской программы, с наименьшей по сравнению с другими группами двигательной активностью; 2-я группа – лица со средним уровнем двигательной активности, которые дополнительно к урокам физкультуры самостоятельно занимаются физической культурой: бег, ходьба, подвижные игры и ежедневная утренняя гимнастика; 3-я группа – школьники и студенты, регулярно занимающиеся в спортивных кружках и секциях, имеющие наиболее высокий уровень двигательной активности. Были рассчитаны следующие гемодинамические показатели: систолический объем крови, минутный объем крови, пульсовое давление, коэффициент выносливости, коэффициент экономичности кровообращения, индекс Робинсона. Полученные по каждой группе данные подвергались статистическому анализу отдельно у лиц мужского и женского пола в возрастном аспекте. Установлено положительное влияние регулярных занятий физической культурой и спортом на обменно-энергетические процессы в сердце, что в свою очередь приводит к улучшению основных показателей деятельности сердечно-сосудистой системы. Так, у школьников и студентов, регулярно занимающихся физической культурой и спортом, отмечены достоверно более низкие значения минутного объема крови, коэффициента экономичности кровообращения, коэффициента выносливости, индекса Робинсона и высокие значения систолического объема крови, пульсового давления. Выявлено наличие достоверных прямых корреляционных связей слабой степени занятий физической культурой и спортом с большинством изучаемых гемодинамических показателей.

Ключевые слова: школьники, студенты, двигательная активность, физическая культура, спорт, гемодинамические показатели, сердечно-сосудистая система.

T.R. Zulkarnayev, A.I. Agafonov, A.A. Kazak, I.I. Khisamiev, E.A. Povargo, A.T. Zulkarnaeva □
HYGIENIC ASSESSMENT OF HEMODYNAMIC PARAMETERS OF SCHOOLCHILDREN AND STUDENTS WITH DIFFERENT MOTOR ACTIVITY LEVEL □ Bashkir State Medical University of the Russian Ministry of Health, 3 Lenina Str., Ufa, 450000, Russia; Hygienic and Epidemiological Center in the Republic of Bashkortostan, 7 Shafieva Str., Ufa, 450054, Russia.

We studied the functional state of the cardiovascular system in 997 schoolchildren of Ufa and 597 students of the Bashkir State Medical University with different levels of physical activity. All subjects were divided into 3 groups depending on the level of physical activity: the first group (control) consisted of schoolchildren and students, which do not involve in sports outside the school and university programs, with the lowest physical activity compared with other groups; the second group included persons with an average level of physical activity, who in addition to physical education classes independently engage in physical culture: running, walking, outdoor games and daily morning exercises; the third group consisted of schoolchildren and students regularly engaged in sports clubs and sections, having the highest level of physical activity. The following hemodynamic parameters were calculated: systolic blood volume, minute blood volume, pulse pressure, fatigue coefficient, blood circulation efficiency ratio, Robinson index. The data obtained for each group were subjected to statistical analysis separately for males and females in the age aspect. We have established the positive influence of regular physical education and sports on the metabolic and energy processes in the heart, which in turn leads to an improvement in the main indicators of the cardiovascular system. Thus, among schoolchildren and students regularly engaged in physical culture and sports, significantly lower values of minute blood volume, blood circulation efficiency ratio, endurance coefficient, Robinson index and high values of systolic blood volume, pulse pressure were noted. The presence of reliable direct correlation of the weak degree of physical culture and sports with the majority of studied hemodynamic parameters was revealed.

Key words: schoolchildren, students, motor activity, physical culture, sports, hemodynamic indicators, cardiovascular system.

Наблюдаемые в последние годы негативные тенденции в здоровье детей и подростков, суммация негативных эффектов образа жизни, в частности гиподинамии, среди детей и подростков снижают функциональные возможности системы кровообращения, увеличивая вероят-

ность развития перенапряжений и различных патологических состояний [2, 4].

Сердечно-сосудистая система (ССС), являясь важнейшим звеном, лимитирующим развитие приспособительных реакций организма, одновременно может служить индикатором адап-

тационных реакций организма к физическим нагрузкам и скрытых донозологических состояний. Уровень ее функционирования можно рассматривать как один из ведущих показателей, отражающих равновесие организма с окружающей средой [8, 9, 11].

К одному из наиболее информативных методов оценки ССС относится использование кардиогемодинамических измерений под воздействием физической нагрузки, позволяющих оценивать различные звенья регуляции и функции ССС.

Систематические занятия физической культурой и доступными в возрастном аспекте видами спорта повышают адаптационные возможности к изменяющимся социальным и экологическим факторам. Известно, что у тренированного человека медленнее развиваются признаки утомления, быстрее восстанавливается работоспособность, а физическая нагрузка вызывает менее выраженные функциональные сдвиги в ССС [3, 7, 10, 13–15].

Цель исследования – гигиеническая оценка гемодинамических показателей сердечно-сосудистой системы детей и подростков, имеющих низкий, средний и высокий уровень двигательной активности.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе 11 муниципальных общеобразовательных учреждений г. Уфы и Башкирского государственного медицинского университета (БГМУ).

Объектом изучения являлись 997 школьников (45,93 % мальчиков и 54,07 % девочек, из них 41,22 % обучаются на I ступени образования, 30,29 % на II ступени, 28,49 % на III ступени образования) и 597 студентов (31,16 % юношей и 68,84 % девушек). Родители школьников и студенты были проинформированы о цели и задачах работы, получено их согласие на проведение обследования.

В соответствии с целью исследования все обследуемые были разделены на 3 группы по уровню двигательной активности: 1-я контрольная группа (КГ) – школьники и студенты, не занимающиеся спортом вне школьной и университетской программы, с наименьшей по сравнению с другими группами двигательной активностью; 2-я группа – лица со средним уровнем двигательной активности, которые дополнительно к урокам физкультуры самостоятельно занимаются активными видами отдыха: бег, ходьба, подвижные игры и ежедневная утренняя гимнастика; 3-я группа – школьники и студенты, регулярно посещающие спортивные кружки и секции, имеющие наиболее высокий уровень двигательной активности.

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы определяли систолический объем крови (СОК) по формуле *Starr* (1954), минутный объем крови (МОК) по Гуминскому А.А. [5], пульсовое давление (ПД), коэффициент выносливости (КВ) рассчитывали по формулам Кваса, коэффициент экономичности кровообращения (КЭК), индекс Робинсона (ИР) по следующим формулам [6]:

$СОК = 90,97 + 0,54 \times ПД - 0,54 \times ДАД - 0,61 \times КВ$,
где ПД – пульсовое давление, мм рт. ст.; ДАД – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.; КВ – календарный возраст, лет.

$МОК = СОК \times ЧСС$,

где СОК – систолический объем крови, мл; ЧСС – частота сердечных сокращений, уд. мин.

$ПД = САД - ДАД$,

где САД – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.; ДАД – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.

$КВ = (ЧСС \times 10) / ПД$,

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд. мин.; ПД – пульсовое давление, мм рт. ст.

$КЭК = ПД \times ЧСС$,

где ПД – пульсовое давление, мм рт. ст.; ЧСС – частота сердечных сокращений, уд. мин.

$ИР = ЧСС \times САД / 100$,

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд. мин.; САД – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.

Результаты исследования. Важнейшим гемодинамическим показателем является СОК, который отражает количество крови, выбрасываемое из левого желудочка сердца при каждом его сокращении. Известно, что СОК увеличивается с возрастом, достигая в обычных условиях наиболее высоких значений к 13–15 годам, однако имеются гендерные различия. Кроме того, на показатель СОК влияет уровень ДА. Согласно нашим данным, изменения СОК характерны как среди школьников, так и среди студентов. Статистически достоверные различия были установлены у мальчиков в возрасте 7 лет, когда в 3-й группе СОК был равен $76,74 \pm 2,59$ мл по сравнению с $67,93 \pm 2,42$ мл в КГ ($p < 0,01$). Убедительным примером положительного влияния двигательной активности различной интенсивности на СОК является сравнение показателей 18-летних школьников. Так, если в КГ получена величина СОК, равная $65,10 \pm 1,98$ мл, то во 2-й – $70,45 \pm 1,53$ мл ($p < 0,05$) и в 3-й – $73,45 \pm 2,41$ мл ($p < 0,05$). Сходная картина выявлена при изучении СОК у студентов, при этом наиболее выраженные отличия от КГ были характерны как для юношей, так и для девушек, отнесенных по двигательной активности к 3-й группе. В частности, у юношей-студентов в возрасте 21 год установлена величина $66,38 \pm 1,97$ против $59,69 \pm 1,18$ мл в КГ ($p < 0,01$), а у девушек в возрасте 20 лет СОК составил $61,76 \pm 2,32$ и $59,84 \pm 1,48$ мл соответственно ($p < 0,05$). Подобные отличия были характерны и для 19-летних девушек с умеренной двигательной активностью: $55,08 \pm 2,83$ по сравнению с $47,51 \pm 1,56$ мл в КГ ($p < 0,05$).

Анализ другого гемодинамического показателя – МОК, характеризующего уровень кровоснабжения тканей, показал, что для людей, имеющих высокую двигательную активность, характерны низкие величины МОК в состоянии покоя. По мнению многих авторов [1, 6, 12], это связано с формированием экономичной деятельности и высоких функциональных резервов «спортивного сердца» в покое, в связи с чем сердце у спортсменов может работать с меньшим на 15–20 % показателем МОК, чем нетренированное. Как показывают полученные результаты, у школьников и студентов такая закономерность, как правило, соблюдается. Наиболее четко это видно на примере 13-летних мальчиков 2-й и 3-й групп, МОК у которых

находился на уровне $6,67 \pm 0,27$ и $6,51 \pm 0,22$ л/мин соответственно по сравнению с $7,41 \pm 0,29$ л/мин в КГ ($p < 0,05$). Среди студентов-юношей была выявлена такая же тенденция с наиболее значимыми отличиями у 22-летних обследуемых: МОК в 3-й группе составил $4,05 \pm 0,20$ против $4,72 \pm 0,29$ л/мин среди нетренированных сверстников.

В то же время при изучении МОК у обследуемых девушек получены разноречивые результаты. Так, если у 17-летних школьниц КГ величина МОК была достоверно высокой, то среди школьниц в возрасте 8, 10 и 18 лет отмечались низкие уровни этого показателя.

Следующим критерием состояния ССС является пульсовое давление (ПД), которое характеризует величину систолического выброса крови из сердца и в среднем составляет 40–70 мм рт. ст. Считается, что чем больше ПД, тем более тренированным является сердце.

Нами установлено, что у большинства детей и подростков школьного возраста и студентов ПД выше в группах с умеренной и высокой двигательной активностью по сравнению с обследуемыми, наименее активными к КГ. Так, существенно выше ПД у обследуемых мужского пола по сравнению с КГ в возрасте 7 лет: $44,00 \pm 3,19$ (3-я группа) против $34,75 \pm 2,57$ мм рт. ст. в КГ ($p < 0,05$); 16 лет: $65,70 \pm 3,69$ (2-я группа) и $64,95 \pm 2,48$ мм рт. ст. (3-я группа) по сравнению с $57,00 \pm 3,21$ мм рт. ст. в КГ ($p < 0,05$); 19 лет: $66,90 \pm 4,62$ (3-я группа) против $53,38 \pm 2,18$ мм рт. ст. в КГ ($p < 0,01$); 21 год: $47,58 \pm 2,50$ (2-я группа) и $51,93 \pm 2,83$ (3-я группа) по сравнению с КГ $41,46 \pm 1,39$ мм рт. ст. ($p < 0,05$). У обследуемых женского пола выявлена тенденция формирования более высоких значений ПД при занятиях физической культурой и спортом, при этом достоверные различия установлены у 18-летних студентов в 3-й группе: $66,90 \pm 4,62$ по сравнению с $45,52 \pm 2,83$ мм рт. ст. в КГ ($p < 0,05$).

Следующим показателем состояния системы кровообращения, который зависит от двигательной активности, является КВ, представляющий собой интегральную величину, объединяющую ЧСС, значения систолического и диастолического давления. В норме КВ у взрослых равен 12–16 усл. ед. Увеличение его указывает на ослабление деятельности сердечно-сосудистой системы, уменьшение – на усиление.

Полученные в исследованиях результаты свидетельствовали о постепенном уменьшении с возрастом КВ у школьников и студентов исследуемых групп обоего пола, что говорит о повышении функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы с увеличением возраста. На фоне общей тенденции к сравнительно высоким значениям КВ у школьников мужского пола были зарегистрированы отдельные достоверные различия у обучающихся в возрасте 7 и 16 лет, показатель КВ которых был в пределах нормы во всех исследуемых группах. У девочек значительные отличия обнаружены в возрасте 13 и 14 лет, где показатель КВ в пределах нормы был в 3-й и во 2-й группе соответственно, в возрасте 18 лет КВ был ниже нормы в 3-й группе по сравнению с КГ. У юношей в возрасте 21 год показатель КВ также был достоверно ниже во 2-й и 3-й группах ($16,05 \pm 0,97$ и $14,56 \pm 0,98$ соответственно по сравнению с $18,76 \pm 1,02$ усл. ед. в КГ; $p < 0,05$, $p < 0,01$), в 22 года – только у 3-й группы ($14,28 \pm 0,86$ по сравнению с $17,76 \pm 1,11$ усл. ед. в КГ; $p < 0,05$), а КВ ниже нормы был в возрасте 19 лет у 3-й группы спортсменов по сравнению с КГ ($11,79 \pm 0,67$ и $16,19 \pm 1,37$ усл. ед. соответственно; $p < 0,01$). У девушек значительные отличия обнаружены только в возрасте 18 лет, где показатель КВ был ниже в 3-й группе, тогда как в КГ достоверно больше девушек с показателями КВ выше нормы ($15,75 \pm 1,58$ по сравнению с $20,15 \pm 1,27$ усл. ед.; $p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициент выносливости у школьников и студентов в группах с различным уровнем двигательной активности, усл. ед.

Table 1. Endurance coefficient of schoolchildren and students in groups with different levels of physical activity, conventional units

Возраст	Пол	Значения коэффициента выносливости, усл. ед.			p
		1 группа	2 группа	3 группа	
7 лет	мальчики	32,66 ± 2,74	–	24,93 ± 2,65	p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	42,28 ± 7,17	46,41 ± 5,55	30,74 ± 3,23	
8 лет	мальчики	24,42 ± 1,31	27,85 ± 3,47	27,43 ± 2,34	
	девочки	30,22 ± 2,89	26,49 ± 1,51	27,05 ± 1,83	
9 лет	мальчики	26,18 ± 2,01	25,04 ± 2,31	26,93 ± 1,05	
	девочки	24,84 ± 1,51	25,22 ± 1,21	23,27 ± 1,70	
10 лет	мальчики	19,54 ± 2,22	21,07 ± 1,79	26,31 ± 3,35	
	девочки	23,46 ± 1,61	27,47 ± 3,10	18,17 ± 3,31	
11 лет	мальчики	19,72 ± 1,66	22,57 ± 2,66	24,90 ± 2,42	
	девочки	24,62 ± 1,59	25,38 ± 1,14	24,49 ± 0,90	
12 лет	мальчики	22,62 ± 2,59	22,58 ± 3,52	18,23 ± 1,01	
	девочки	22,80 ± 2,08	22,93 ± 2,08	19,18 ± 1,40	
13 лет	мальчики	21,11 ± 2,01	22,01 ± 2,66	17,31 ± 1,55	p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	19,41 ± 1,58	21,49 ± 1,27	15,21 ± 0,80	
14 лет	мальчики	17,43 ± 2,01	17,16 ± 2,50	14,54 ± 0,82	p ₁₋₂ < 0,05
	девочки	18,62 ± 0,82	16,05 ± 1,20	17,84 ± 0,97	
15 лет	мальчики	15,38 ± 1,06	16,67 ± 3,18	15,99 ± 1,05	
	девочки	19,12 ± 0,92	16,59 ± 1,85	17,78 ± 1,03	
16 лет	мальчики	17,56 ± 1,84	13,16 ± 1,43	13,10 ± 0,79	p ₁₋₂ < 0,05 p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	17,80 ± 0,68	20,30 ± 1,87	16,06 ± 0,80	
17 лет	мальчики	14,11 ± 1,19	15,27 ± 1,00	13,46 ± 1,11	
	девочки	17,56 ± 0,64	19,13 ± 0,82	17,02 ± 1,18	

Продолжение табл. 1
Continuation of table 1

Возраст	Пол	Значения коэффициента выносливости, усл. ед.			p
		1 группа	2 группа	3 группа	
18 лет	мальчики	12,58 ± 0,78	15,20 ± 2,05	11,89 ± 0,86	p ₁₋₃ < 0,001
	девочки	14,47 ± 0,90	–	11,44 ± 0,05	
19 лет	юноши	16,19 ± 1,37	13,39 ± 1,10	11,79 ± 0,67	p ₁₋₃ < 0,01
	девушки	18,97 ± 0,78	16,59 ± 1,11	19,57 ± 0,80	
20 лет	юноши	16,00 ± 1,21	14,94 ± 0,98	16,60 ± 1,75	
	девушки	19,19 ± 0,70	17,87 ± 0,72	18,07 ± 0,90	
21 лет	юноши	18,76 ± 1,02	16,05 ± 0,97	14,56 ± 0,98	p ₁₋₂ < 0,05 p ₁₋₃ < 0,01
	девушки	18,94 ± 0,83	17,45 ± 0,57	17,34 ± 0,69	
22 года	юноши	17,76 ± 1,11	20,08 ± 0,90	14,28 ± 0,86	p ₁₋₃ < 0,05
	девушки	17,28 ± 0,92	18,21 ± 1,80	16,77 ± 1,12	
23 года	юноши	17,23 ± 1,84	15,43 ± 1,57	16,75 ± 0,70	
	девушки	18,24 ± 1,77	15,95 ± 1,09	17,22 ± 0,54	

Коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) также является гемодинамическим показателем системы кровообращения, и в норме у взрослых равен 2600, при утомлении этот показатель увеличивается, а с ростом тренированности сердечно-сосудистой системы уменьшается. Как видно из материалов, представленных в табл. 2, у обследованных школьников и студентов имеется

общая тенденция к уменьшению КЭК в группах с умеренной и высокой двигательной активностью. Наиболее часто это было характерно для девочек 8, 9, 10 лет и девушек в возрасте 17 и 18 лет. Среди лиц мужского пола существенные изменения установлены в возрастных группах 13, 21 и 22 года. В остальных случаях отличия от КГ были за пределами статистической значимости.

Таблица 2. Коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) у школьников и студентов в группах с различным уровнем двигательной активности, усл. ед.

Table 2. Blood circulation efficiency ratio (BCER) among schoolchildren and students in groups with different levels of physical activity, conventional units

Возраст	Пол	Значения коэффициента экономичности кровообращения, усл. ед.			p
		1 группа	2 группа	3 группа	
7 лет	мальчики	3524 ± 266	–	4249 ± 293	
	девочки	2940 ± 423	2351 ± 196	3149 ± 339	
8 лет	мальчики	3872 ± 191	3498 ± 92	3488 ± 220	p ₁₋₂ < 0,001 p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	2867 ± 197	4285 ± 385	3476 ± 192	
9 лет	мальчики	3579 ± 281	3442 ± 212	3435 ± 146	p ₁₋₂ < 0,01 p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	4076 ± 183	3541 ± 219	3746 ± 240	
10 лет	мальчики	4027 ± 240	3683 ± 460	3117 ± 195	p ₁₋₃ < 0,01 p ₁₋₂ < 0,05 p ₂₋₃ < 0,05
	девочки	3290 ± 158	4619 ± 401	3186 ± 158	
11 лет	мальчики	4340 ± 383	3397 ± 423	3370 ± 138	p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	3198 ± 191	3300 ± 253	3083 ± 102	
12 лет	мальчики	4325 ± 321	4406 ± 659	4322 ± 223	
	девочки	4156 ± 224	3769 ± 384	4182 ± 169	
13 лет	мальчики	5320 ± 226	4821 ± 359	4679 ± 209	p ₁₋₃ < 0,05
	девочки	4581 ± 200	4499 ± 349	4501 ± 386	
14 лет	мальчики	5189 ± 486	5309 ± 235	4941 ± 218	
	девочки	4603 ± 268	4317 ± 248	4022 ± 316	
15 лет	мальчики	5056 ± 472	4944 ± 398	5058 ± 179	
	девочки	4471 ± 290	4580 ± 508	4092 ± 263	
16 лет	мальчики	5145 ± 297	5456 ± 482	5355 ± 355	
	девочки	3960 ± 152	3534 ± 218	3986 ± 232	
17 лет	мальчики	4731 ± 340	5090 ± 316	4959 ± 342	p ₁₋₂ < 0,01
	девочки	4303 ± 184	3549 ± 260	4403 ± 223	
18 лет	мальчики	4338 ± 360	5693 ± 572	4610 ± 304	p ₁₋₃ < 0,001
	девочки	4254 ± 276	–	5202 ± 34	
19 лет	юноши	4380 ± 180	4608 ± 323	5155 ± 480	
	девушки	3823 ± 145	3817 ± 172	3654 ± 155	
20 лет	юноши	4282 ± 319	4282 ± 327	3930 ± 229	
	девушки	3448 ± 108	3493 ± 125	3654 ± 218	
21 лет	юноши	3150 ± 117	3539 ± 265	3676 ± 182	p ₁₋₃ < 0,05
	девушки	3272 ± 123	3160 ± 94	3259 ± 127	
22 года	юноши	3821 ± 356	3538 ± 275	3027 ± 171	p ₁₋₃ < 0,05
	девушки	3577 ± 183	3183 ± 192	3091 ± 235	
23 года	юноши	3464 ± 247	3522 ± 298	3807 ± 196	
	девушки	3516 ± 333	3200 ± 282	3336 ± 322	

Индекс Робинсона (ИР) или «двойное произведение» используется для оценки уровня обменно-энергетических процессов в миокарде.

Повышение этого критерия свидетельствует о росте сократительной функции сердца и улучшении состояния всей системы кровообращения при физических нагрузках [5]. При сравнении средних значений ИР с возрастно-половыми нормами в зависимости от занятий физической культурой и спортом было установлено, что мальчики КГ по сравнению с другими группами имели более высокие показатели в возрасте 10, 11, 13 лет (табл. 3), а среди девочек КГ – в возрасте 9, 10, 12, 13, 14 лет. Среди юношей высокие значения ИР были в возрасте 22 года в 3-й группе ($79,47 \pm 3,44$ по сравнению с $105,74 \pm 7,37$ усл. ед. в КГ; $p < 0,001$). В целом оценка ИР по всем возрастным группам показывает общую тенденцию к снижению этого показателя у 2-й и 3-й групп.

Таким образом, можно утверждать, что результаты, полученные при анализе отдельных гемодинамических показателей у обследуемых, разделенных на возрастные группы от 7 до 23 лет, свидетельствуют о наличии положительного влияния достаточной двигательной активнос-

сти на ССС как среди лиц мужского, так и женского пола.

Далее результаты были проанализированы в разрезе всех трех ступеней образования в школах и среди студентов в целом без учета гендерных различий.

В результате сравнения функционального состояния сердечно-сосудистой системы у обучающихся установлено, что более высокие значения систолического объема крови (СОК) были у учащихся средних и старших классов в 3-й группе, а у студентов во 2-й группе этот показатель выше по сравнению со студентами КГ; высокие значения пульсового давления (ПД) были у студентов 2-й и 3-й групп в отличие от КГ, что свидетельствует о тренированности и экономичности работы сердечно-сосудистой системы.

Достоверно более низкие значения КВ были у обучающихся в младших классах во 2-й группе и у обучающихся в средних и старших классах в 3-й группе по сравнению с КГ. Более низкие значения ИР, свидетельствующие о более высоком уровне деятельности сердца и состоянии системы кровообращения в целом, получены у учащихся 3-й группы в младшем и среднем школьных возрастах (табл. 4).

Таблица 3. Индекс Робинсона (ИР) у школьников и студентов в группах с различным уровнем двигательной активности, усл. ед.

Table 3. The Robinson Index (IR) for schoolchildren and students in groups with different levels of physical activity, conventional units

Возраст	Пол	Значения индекса Робинсона, усл. ед.			p
		1 группа	2 группа	3 группа	
7 лет	мальчики	106,13 ± 2,85	–	103,58 ± 3,06	
	девочки	97,82 ± 4,63	90,22 ± 2,67	97,35 ± 6,01	
8 лет	мальчики	104,49 ± 3,02	94,22 ± 4,83	95,16 ± 2,95	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,05$
	девочки	90,04 ± 2,48	102,40 ± 4,26	98,71 ± 3,12	
9 лет	мальчики	98,19 ± 4,59	101,47 ± 5,17	100,57 ± 1,90	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,01$
	девочки	106,74 ± 2,80	96,77 ± 3,96	93,96 ± 3,64	
10 лет	мальчики	97,27 ± 6,44	103,43 ± 11,25	89,43 ± 3,65	$p_{1-3} < 0,01$ $p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,01$
	девочки	93,25 ± 3,20	120,94 ± 7,08	84,37 ± 1,86	
11 лет	мальчики	108,10 ± 6,25	87,79 ± 5,62	92,09 ± 2,58	$p_{1-2} < 0,05$
	девочки	87,26 ± 3,43	91,27 ± 6,18	88,25 ± 2,83	
12 лет	мальчики	111,79 ± 5,21	110,56 ± 8,31	102,70 ± 3,26	$p_{1-2} < 0,01$ $p_{1-3} < 0,05$
	девочки	116,88 ± 4,76	96,16 ± 5,10	102,02 ± 3,26	
13 лет	мальчики	129,63 ± 4,35	126,21 ± 9,33	109,66 ± 6,54	$p_{1-3} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,05$
	девочки	108,82 ± 3,91	113,56 ± 7,47	96,62 ± 4,75	
14 лет	мальчики	117,08 ± 4,98	124,40 ± 6,17	108,80 ± 4,95	$p_{1-3} < 0,05$
	девочки	114,31 ± 5,26	104,77 ± 4,70	97,50 ± 5,96	
15 лет	мальчики	114,93 ± 8,32	115,90 ± 9,68	117,29 ± 4,69	
	девочки	115,09 ± 4,49	106,07 ± 6,17	108,37 ± 5,92	
16 лет	мальчики	119,46 ± 5,19	118,03 ± 10,94	114,12 ± 6,71	
	девочки	99,07 ± 2,66	96,83 ± 4,40	96,92 ± 4,04	
17 лет	мальчики	109,28 ± 9,18	115,02 ± 8,12	104,66 ± 5,41	
	девочки	107,13 ± 3,85	96,29 ± 6,00	106,81 ± 3,25	
18 лет	мальчики	106,65 ± 6,31	131,20 ± 15,94	101,35 ± 4,90	
	девочки	95,07 ± 3,91	–	102,36 ± 0,20	
19 лет	юноши	104,01 ± 5,28	102,50 ± 4,93	106,61 ± 6,61	
	девушки	97,42 ± 2,66	93,55 ± 2,82	94,44 ± 3,63	
20 лет	юноши	105,03 ± 3,61	101,71 ± 4,86	96,99 ± 2,61	
	девушки	89,04 ± 1,82	88,88 ± 3,54	91,60 ± 3,53	
21 лет	юноши	89,06 ± 3,16	90,97 ± 4,33	89,61 ± 2,49	
	девушки	87,84 ± 2,07	84,50 ± 1,95	86,48 ± 2,90	
22 года	юноши	105,74 ± 7,37	99,51 ± 8,28	79,47 ± 3,44	$p_{1-3} < 0,001$
	девушки	91,91 ± 4,87	80,53 ± 3,52	80,87 ± 4,79	
23 года	юноши	95,03 ± 2,46	90,55 ± 1,96	97,52 ± 2,79	
	девушки	91,43 ± 7,55	78,20 ± 5,79	84,58 ± 8,89	

Таблица 4. Средние значения функциональных показателей системы кровообращения обучающихся в зависимости от двигательной активности

Table 4. Average values of functional parameters of the students' circulatory system depending on the motor activity

Показатель	Степень обучения	Значения функциональных показателей, усл. ед.			p
		1 группа	2 группа	3 группа	
СОК, мл	обучающиеся в младших классах	69,04 ± 0,66	70,21 ± 1,01	69,61 ± 0,62	
	обучающиеся в средних классах	70,65 ± 0,87	71,05 ± 1,21	73,47 ± 0,82	p ₁₋₃ < 0,05
	обучающиеся в старших классах	69,06 ± 0,76	69,14 ± 1,06	73,85 ± 1,35	p ₁₋₃ < 0,01
	студенты	62,13 ± 0,54	63,89 ± 0,72	63,40 ± 0,79	p ₁₋₂ < 0,05
МОК, л/мин	обучающиеся в младших классах	6,19 ± 0,10	6,20 ± 0,15	6,04 ± 0,08	
	обучающиеся в средних классах	6,45 ± 0,10	6,37 ± 0,16	6,26 ± 0,09	
	обучающиеся в старших классах	5,75 ± 0,76	5,78 ± 0,15	5,86 ± 0,13	
	студенты	4,70 ± 0,08	4,87 ± 0,07	4,86 ± 0,08	
ПД, мм рт. ст.	обучающиеся в младших классах	38,54 ± 0,80	37,75 ± 1,26	38,69 ± 0,73	
	обучающиеся в средних классах	51,30 ± 1,13	50,28 ± 1,83	53,38 ± 1,01	
	обучающиеся в старших классах	58,81 ± 1,89	52,46 ± 1,79	59,50 ± 1,63	p ₁₋₂ < 0,05
	студенты	45,64 ± 0,70	48,26 ± 0,98	48,22 ± 1,02	p < 0,05
КВ, усл. ед.	обучающиеся в младших классах	26,30 ± 0,84	24,23 ± 0,63	25,41 ± 0,79	p ₁₋₂ < 0,05
	обучающиеся в средних классах	19,28 ± 0,59	19,43 ± 0,86	16,80 ± 0,41	p ₁₋₃ < 0,01
	обучающиеся в старших классах	16,70 ± 1,00	16,75 ± 0,61	14,41 ± 0,48	p ₁₋₃ < 0,05
	студенты	17,56 ± 0,40	17,05 ± 0,45	16,93 ± 0,43	
КЭК, усл. ед.	обучающиеся в младших классах	3463 ± 89	3480 ± 115	3346 ± 71	
	обучающиеся в средних классах	4685 ± 117	4523 ± 188	4558 ± 102	
	обучающиеся в старших классах	4745 ± 241	4417 ± 196	4731 ± 148	
	студенты	3472 ± 77	3682 ± 84	3705 ± 88	p ₁₋₃ < 0,05
ИР, усл. ед.	обучающиеся в младших классах	96,24 ± 1,58	94,43 ± 2,36	92,20 ± 1,18	p ₁₋₃ < 0,05
	обучающиеся в средних классах	114 ± 2,00	109 ± 2,78	106 ± 1,89	p ₁₋₃ < 0,01
	обучающиеся в старших классах	110 ± 5,18	104 ± 3,41	105 ± 2,47	
	студенты	89,47 ± 1,61	91,78 ± 1,37	92,56 ± 1,31	

При оценке статистических связей основных гемодинамических показателей с занятиями физической культурой и спортом установлена слабая прямая корреляционная связь с показателями СОК и КВ у школьников среднего и старшего возраста, с ПД и КЭК – у старшеклассников, с КВ – у школьников средних и старших классов и студентов, с ИР – у школьников средних классов (табл. 5).

Выводы:

1. На большей группе обучающихся общеобразовательных школ и студентов медицинского университета изучено влияние двигательной активности различной степени на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы с применением методов оценки гемодинамических показателей.

2. Установлено положительное влияние регулярных занятий физической культурой и спортом на основные показатели деятельности ССС: у школьников и студентов, регулярно занимающихся физической культурой и спортом, выявлены более высокие функциональные показатели, что свидетельствует о росте функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, которые проявляются в достоверно более низких значениях МОК, КЭК, КВ, ИР и высоких значениях СОК, ПД.

3. Выявлено наличие достоверных прямых корреляционных связей слабой степени занятий физической культурой и спортом с различными гемодинамическими показателями в возрастном аспекте.

Таблица 5. Корреляционная связь гемодинамических показателей школьников и студентов с двигательной активностью

Table 5. Correlation of hemodynamic parameters of schoolchildren and students with motor activity

Гемодинамические показатели	Корреляционная связь по возрастным группам			
	младшие классы	средние классы	старшие классы	студенты
СОК	-0,05 ± 0,04	0,14 ± 0,05*	0,16 ± 0,05**	-0,06 ± 0,04
МОК	0,04 ± 0,04	0,05 ± 0,05	-0,03 ± 0,05	0,01 ± 0,04
ПД	-0,04 ± 0,04	-0,04 ± 0,05	0,20 ± 0,05***	-0,08 ± 0,04*
КВ	0,04 ± 0,04	0,13 ± 0,05*	0,17 ± 0,05*	0,11 ± 0,04**
КЭК	0,01 ± 0,04	0,06 ± 0,05	0,11 ± 0,05*	-0,03 ± 0,04
ИР	0,07 ± 0,04	0,18 ± 0,05**	-0,02 ± 0,05	0,02 ± 0,04

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

ЛИТЕРАТУРА (пп. 14–15 см. References)

1. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце. Киев: Здоров'я, 1989. 213 с.
2. Геворкян Э.С., Адамян Ц.И., Минасян С.М., Туманян Г.Г., Ксаджикян Н.Н., Тукасян Л.Э. Влияние физической нагрузки на кардиогемодинамические показатели студентов // Гигиена и санитария. 2008. № 3. С. 56–59.
3. Геворкян Э.С., Адамян Ц.И., Туманян Г.Г., Минасян С.М., Закарян В.А., Дургарян Л.А. Морфофункциональные показатели как критерии оценки адаптации студентов к дозированной физической нагрузке // Гигиена и санитария. 2010. № 2. С. 75–77.
4. Геворкян Э.С., Минасян С.М., Адамян Ц.И., Туманян Г.Г., Ксаджикян Н.Н., Тукасян Л.Э. Реакция функциональных систем организма студентов на физическую нагрузку // Новые исследования. 2008. Т. 1. № 15. С. 31–41.
5. Гуминский А.А., Леонтьева Н.Н., Маринова К.В. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии. М.: Просвещение, 1990. 239 с.
6. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. М.: Медицина, 1989. 464 с.
7. Котовенко С.В., Нарский А.Г., Молчанов В.С. Исследование типов регуляции кровообращения тренированных и нетренированных студентов // Материалы V Международной научно-практической конференции «Здоровье для всех». Минск, 2013. С. 192–195.
8. Марушко Ю.В., Гишак Т.В., Козловский В.А. Состояние сердечно-сосудистой системы у спортсменов. Спортивная медицина. 2008. № 2. С. 21–42.
9. Платонов В.Н., Данько Г.В. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки спортсменов // Наука в олимпийском спорте. 2007. № 1. С. 3–16.
10. Седова А.С., Храмцов П.И. Мотивация к занятиям физической культурой и физическая подготовленность школьников // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 11 (296). С. 40–43.
11. Тарабрина В.А., Тарабрина Н.Ю. Изучение гемодинамических показателей спортсменов на различных этапах спортивной подготовки // Молодой ученый. 2017. № 8. С. 133–136. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/142/40057/> (дата обращения: 12.04.2018).
12. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. М.: Физкультура и спорт, 1991. 224 с.
13. Храмцов П.И., Березина Н.О., Седова А.С. Гигиеническая оценка влияния занятия физической культурой на функциональные возможности организма обучающихся с отклонениями в состоянии здоровья // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 4. С. 43–45.

REFERENCES

1. Amosov N.M., Bendet Ya.A. Fizicheskaya aktivnost' i serdtse [Physical activity and heart]. Kiev: Zdorov'ya Publ., 1989, 213 p. (In Russ.)
2. Gevorkyan E.S., Adamyan Ts.I., Minasyan S.M., Tumanyan G.G., Ksazhikyan N.N., Tukasyan L.E. Vliyaniye fizicheskoi nagruzki na kardiogemodinamicheskie pokazateli studentov [Physical activity effect on cardiohemodynamic indicators of students]. *Gigiya i sanitariya*, 2008, no. 3, pp. 56–59. (In Russ.)
3. Gevorkyan E.S., Adamyan Ts.I., Tumanyan G.G., Minasyan S.M., Zakaryan V.A., Durgaryan L.A. Morfofunktsional'nye pokazateli kak kriterii otsenki adaptatsii studentov k dozirovannoi fizicheskoi nagruzke [Morphofunctional indicators as criteria for assessing the adaptation of students to metered exercise]. *Gigiya i sanitariya*, 2010, no. 2, pp. 75–77. (In Russ.)

4. Gevorkyan E.S., Minasyan S.M., Adamyan Ts.I., Tumanyan G.G., Ksazhikyan N.N., Gukasyan L.E. Reaktsiya funktsional'nykh sistem organizma studentov na fizicheskuyu nagruzku [Functional systems reaction of the students' body to physical activity]. *Novye issledovaniya*, 2008, vol. 1, no. 15, pp. 31–41. (In Russ.)
5. Guminskii A.A., Leont'eva N.N., Marinova K.V. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam po obshchei i vozrastnoi fiziologii [Guide to laboratory studies on general and age physiology]. Moscow: Prosveshchenie Publ., 1990, 239 p. (In Russ.)
6. Dembo A.G., Zemtsovskii E.V. Sportivnaya kardiologiya [Sports cardiology]. Moscow: Meditsina Publ., 1989, 464 p. (In Russ.)
7. Kotovenko S.V., Narskin A.G., Molchanov V.S. Issledovanie tipov regul'yatsii krovoobrashcheniya trenirovannykh i netrenirovannykh studentov [Investigation of the blood circulation regulation types for trained and untrained students]. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Zdorov'e dlya vsekh». Minsk, 2013, pp. 192–195. (In Russ.)
8. Marushko Yu.V., Gishchak T.V., Kozlovskii V.A. Sostoyaniye serdechno-sosudistoi sistemy u sportsmenov [State of the cardiovascular system in athletes]. *Sportivnaya meditsina*, 2008, no. 2, pp. 21–42. (In Russ.)
9. Platonov V.N., Dan'ko G.V. Teoriya adaptatsii i rezervy sovershenstvovaniya sistemy podgotovki sportsmenov [Theory of adaptation and reserves for improving the system of training athletes]. *Nauka v olimpiiskom sporte*, 2007, no. 1, pp. 3–16. (In Russ.)
10. Sedova A.S., Khramtsov P.I. Motivatsiya k zanyatiyam fizicheskoi kul'turoi i fizicheskaya podgotovlennost' shkol'nikov [Motivation to engage in physical culture and physical fitness of students]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2017, no. 11 (296), pp. 40–43. (In Russ.)
11. Tarabrina V.A., Tarabrina N.Yu. Izuchenie gemodinamicheskikh pokazatelei sportsmenov na razlichnykh etapakh sportivnoi podgotovki [Study of athletes hemodynamic parameters at various stages of sports training]. *Molodoi uchenyi*, 2017, no. 8, pp. 133–136. Available at: <https://moluch.ru/archive/142/40057/> (accessed: 12.04.2018). (In Russ.)
12. Fomin N.A., Vavilov Yu.N. Fiziologicheskie osnovy dvigatel'noi aktivnosti [Physiological basis of motor activity]. Moscow: Fizkul'tura i sport Publ., 1991, 224 p. (In Russ.)
13. Khramtsov P.I., Berezina N.O., Sedova A.S. Gigienicheskaya otsenka vliyaniya zanyatiya fizicheskoi kul'turoi na funktsional'nye vozmozhnosti organizma obuchayushchikhsya s otkloneniyami v sostoyanii zdorov'ya [Hygienic assessment of the physical culture impact on the students' body of with disabilities in health status]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2017, no. 4 (289), pp. 43–45. (In Russ.)
14. Hopkins N.D., Stratton G., Tinken T.M., McWhannell N., Ridgers N.D., Graves L.E.F., George K., Cable N.T., Green D.J. Relationships between measures of fitness, physical activity, body composition and vascular function in children. *Atherosclerosis*, 2009, vol. 204, no. 5, pp. 244–249.
15. Physical activity and health / ed. C. Bouchard, S.N. Blair, W.L. Haskell. Champaign: Human Kinetics, 2007. 410 p.

Контактная информация:

Агафонов Артем Иванович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России
e-mail: artem.agafonov02@gmail.com

Contact information:

Agafonov Artem, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Hygiene with a course of preventive medical care of Bashkir State Medical University of the Russian Ministry of Health
e-mail: artem.agafonov02@gmail.com

