

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ГЕМОДИНАМИКИ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

*В.В. Епишев, Р.Ф. Сафиуллин**
ЮУрГУ; *ЧелГМА, Челябинск

В статье рассматриваются данные сравнительной оценки влияния различных по направленности программ физических упражнений на состояние периферического отдела сердечно-сосудистой системы у детей среднего школьного возраста.

Ключевые слова: дети среднего школьного возраста, физические упражнения, периферическая гемодинамика.

Актуальность работы. Мышечная деятельность, как одна из основных физиологических функций, имеет в своей основе абсолютно четкую функциональную структуру, включающую широкое миорецепторное поле, которое реагирует на каждое мышечное сокращение, афферентацию в центральную нервную систему на уровнях спинного мозга, подкорковых структур (ретикулярная формация, гипоталамус) и кинестетическую зону анализатора в коре головного мозга. В настоящее время известно, что при осуществлении каждого движения, проприоцептивный аппарат вовлекается в систему реакций: возникает множество залповых импульсов, которые влияют на функцию всех без исключения органов и систем. Постоянная циркуляция информации от мышечного аппарата в центральную нервную систему и обратно является условием эффективного функционирования организма и успешного достижения жизненно важных целей. Следовательно, применение упражнений, направленных преимущественно на работу мышц, функционально связанных с определенной системой организма, приведет к формированию устойчивых висцеромоторных связей и выраженному оздоровительному эффекту.

Цель исследования. Сравнительная оценка эффективности воздействия программы специальных гимнастических упражнений и упражнений общей физической подготовки на показатели периферической гемодинамики и результаты функциональных проб с дозированной физической нагрузкой у испытуемых среднего школьного возраста.

Организация и методы исследования. В исследовании приняли участие обучающиеся общеобразовательных школ первой и второй медицинских групп, в возрасте 13–15 лет (средний школьный возраст экспериментальная группа $n = 22$;

группа сравнения $n = 24$) города Каменск-Уральского Свердловской области. В обеих группах учащиеся в течение 2 месяцев, дополнительно к школьным урокам физической культуры, 3 раза в неделю по 1 часу, выполняли различные по направленности комплексы физических упражнений с моторной плотностью каждого занятия не менее 60 %. В экспериментальной группе мышечная нагрузка была направлена на мышцы, имеющие рефлекторно-сегментарную и функциональную взаимосвязь с органами кровообращения (специальные гимнастические упражнения, СГУ). Нами были выбраны следующие мышцы: трапециевидная, большая грудная, подостная, грудино-ключично-сосцевидная, прямая живота, паравертебральные мышцы спины. В группе сравнения, учащиеся, в том же объеме занимались общеразвивающими упражнениями (ОФП).

Регистрация показателей центральной гемодинамики проводилась с использованием автоматизированного компьютерного реографа «Диамант-Р» (ЗАО «Диамант»). Изучалась динамика следующих параметров: систолическое (САД, мм рт. ст.), диастолическое (ДАД, мм рт.ст.) и пульсовое (АДп, мм рт. ст.) артериальное давление, общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $\text{дин}^* \text{с} \cdot \text{см}^2$).

Регистрируемые параметры подвергались статистической обработке методами вариационной статистики, корреляционного анализа, а также графическому построению регрессионной зависимости при помощи компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 6.0.

Результаты исследования. В табл. 1 представлены результаты фонового и повторного исследования показателей артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов у испытуемых двух групп с учетом полового признака.

Таблица 1

Сравнительные данные некоторых параметров периферического кровообращения испытуемых 13–15 лет

	Исследование	САД (мм рт. ст.)	ДАД (мм рт. ст.)	АДп (мм рт. ст.)	АДсргд (мм рт. ст.)	ОПСС (дин*с*см ²)
Девушки	СГУ (1)	112,70 ± 1,78	68,00 ± 1,42	44,70 ± 1,27	86,77 ± 1,49	2690,18 ± 168,25
	СГУ (2)	105,64 ± 1,27	68,75 ± 0,76	36,89 ± 1,26	84,24 ± 0,87	3020,06 ± 137,09
	ОФП (3)	113,50 ± 1,27	71,00 ± 1,53	42,50 ± 2,04	88,85 ± 0,99	2614,57 ± 267,27
	ОФП (4)	109,00 ± 1,78	65,50 ± 1,02	43,50 ± 1,27	79,41 ± 1,27	2347,50 ± 80,13
Юноши	СГУ (5)	116,67 ± 1,78	75,56 ± 1,53	41,25 ± 1,02	92,95 ± 1,31	1849,03 ± 19,59
	СГУ (6)	105,94 ± 1,27	70,90 ± 1,19	34,43 ± 0,93	84,22 ± 1,12	2314,29 ± 54,35
	ОФП (7)	112,00 ± 1,02	68,00 ± 1,02	44,00 ± 1,53	86,48 ± 0,80	1873,84 ± 60,11
	ОФП (8)	107,00 ± 1,78	64,50 ± 1,53	35,50 ± 1,27	79,41 ± 1,27	2347,50 ± 80,13
p	p1-p2	p < 0,02	–	p < 0,01	–	–
	p3-p4	–	p < 0,05	–	p < 0,01	–
	p5-p6	p < 0,007	p < 0,05	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01
	p7-p8	–	–	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,01

Примечание. Нечетными цифрами помечены данные фонового исследования, четными – повторного.

Как видно из табл. 1, статистически значимое изменение систолического артериального давления наблюдается только у испытуемых, занимающихся по программе специальных гимнастических упражнений. В частности, депрессорный эффект СГУ у девушек был выражен снижением САД на 6,68 %, у юношей – на 10,12 %. В связи с хорошо развитой симпатической иннервацией артериальных сосудов, указанный эффект, в первую очередь, может определяться динамикой регуляторного влияния симпатической нервной системы, изменением активности циркулирующих катехоламинов, а также непосредственно с ауторегуляцией мышечного кровотока. Помимо этого, при стабильности ДАД, у девушек отмечено уменьшение величины пульсового артериального давления на 21,17 %, что, учитывая математическую расчет-

ную формулу, напрямую связано с динамикой САД и, предположительно, ударного объема.

Изменения периферического кровотока у юношей группы СГУ, как и в отношении динамики центрального кровообращения, носили более выраженный характер. Кроме снижения САД, статистически достоверно зафиксировано снижение ДАД на 6,57 %, АДп на 19,80 % и АДсргд на 10,36 %. Корреляционный анализ позволил выявить существенную перестройку в функциональной взаимосвязи между уровнями показателей при фоновом и повторном исследовании. В частности, в первом случае корреляция между САД&ДАД, САД&АДп, САД&АДсргд находилась на статистически значимом уровне (коэффициент детерминации от 48,68 до 83,48 %), а при повторном исследовании D существенно снизился до значе-

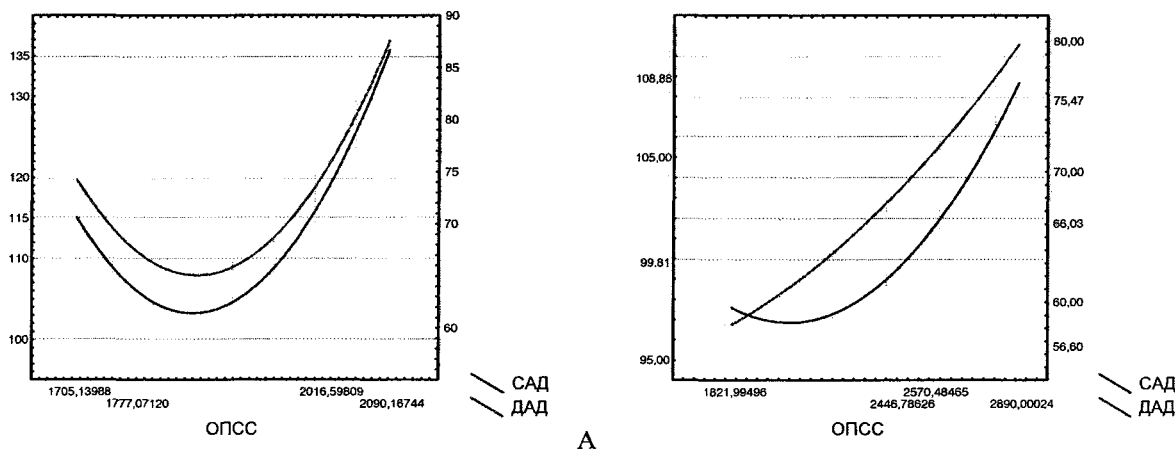
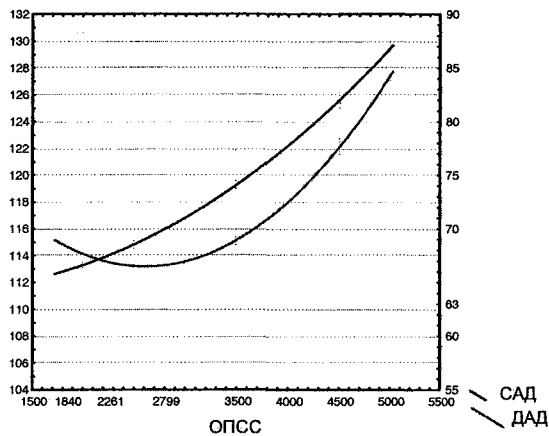


Рис. 1. Функциональный вклад уровня САД и ДАД на уровень ОПСС у юношей группы СГУ при фоновом исследовании (А) и повторном (Б)

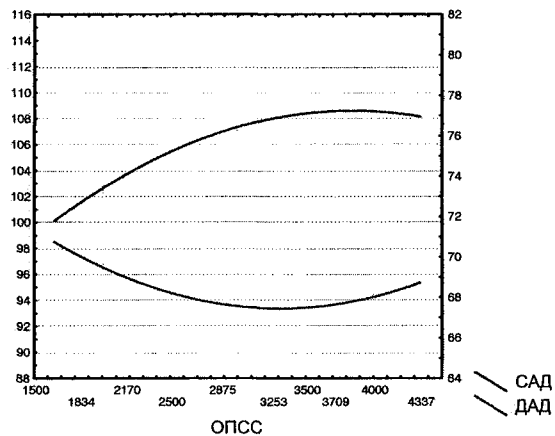
Проблемы двигательной активности и спорта

ний, при которых критерий достоверности превышает 0,05 (D не превысил 18,49 %). Взаимосвязь вышеуказанных показателей между собой также существенно снизилась: ДАД&АДп – $r = 0,54$, ДАД& Адсргд – $r = 0,63$, Адсргд&АДп – $r = 0,45$.

Несмотря на отсутствие статистически значимой динамики уровня общего периферического сопротивления сосудов, регрессионный анализ с построением графической зависимости между САД, ДАД и ОПСС выявил явные изменения в их структурной функциональной взаимосвязи (рис. 1).



А



Б

Рис. 2. Функциональный вклад уровня САД и ДАД на уровень ОПСС у девушек группы СГУ при фоновом исследовании (А) и повторном (Б)

При фоновом исследовании в обеих половых группах отчетливо прослеживается схожая структура взаимосвязей величин систолического и диастолического артериального давления, имеющая фактически однонаправленное направление. В частности, у юношей минимальные значения ДАД наблюдались при САД на уровне 105–110 мм рт. ст., а у девочек 110–115 мм рт. ст., при котором у них отмечалось наиболее низкое ОПСС. Особенностью периферического кровообращения у юношей являлся минимальный уровень ОПСС, зафиксированный у некоторых испытуемых при высоких значениях ДАД. Физиологической основой данной специфичности возможно являлась низкая симпатическая иннервация гладкой мускулатуры сосудистой стенки на фоне чрезмерной импульсации с афферентных волокон мышц, обеспечивающих поддержание позы, которая посредством активации хеморецепторов приводила к высоким значениям ДАД даже при относительно небольшом минутном объеме кровотока [1]. У девочек рост ОПСС практически линейно возрастал при росте артериального давления.

Анализ данных повторного исследования позволил выявить модификацию функционального взаимодействия САД, ДАД и ОПСС, особенно выраженную у девушек. Так, характерной особенностью влияния специальных гимнастических упражнений в течение двух месяцев является, види-

мо, активация ауторегуляторных факторов периферического кровотока в «позных» мышечных группах, что на рис. 2 (Б) отражается отсутствием однонаправленных изменений САД и ДАД при росте ОПСС. При этой установленной закономерности выявлен практически постоянный уровень артериального давления, колеблющийся в пределах 100/70–110/80 мм рт. ст., но различные значения общего периферического сопротивления.

У юношей адаптивные изменения в периферической сосудистой системе, напротив, проявля-

ются фактически линейной, схожей по направлению, взаимосвязи ДАД, САД в значения ОПСС. Данная динамика сформировалась на фоне статистически значимого роста ОПСС на 20,11 % (табл. 1) и снижением корреляционной взаимозависимости между этим показателем и всеми регистрируемыми параметрами артериального давления. В частности, если при фоновом исследовании коэффициент корреляции между ОПСС&САД, ОПСС&ДАД, ОПСС&АДп, ОПСС&Адсргд определялся на уровне средней и сильной статистической взаимосвязи (r от 0,57 до 0,88), то при повторном максимальный r выявлен между ОПСС&АДп, но с изменением направления (–0,36). В остальных случаях коэффициент детерминации не превышал 10,12 %, что на фоне различного уровня динамики показателей (рис. 3) свидетельствует о функциональной перестройке в структуре регуляции и незавершенности формирования стадии долговременной адаптации [3].

Зафиксированные выраженные перераспределительные сдвиги в системе периферического кровообращения, снижение артериального давления и рост ОПСС у юношей могут являться отражением компенсаторных реакций на снижение минутного объема кровообращения, а также противоположными сдвигами сосудистого русла – расширение в одних регионах и сужение в других. Так, изменение величин этих параметров при нейрогенных

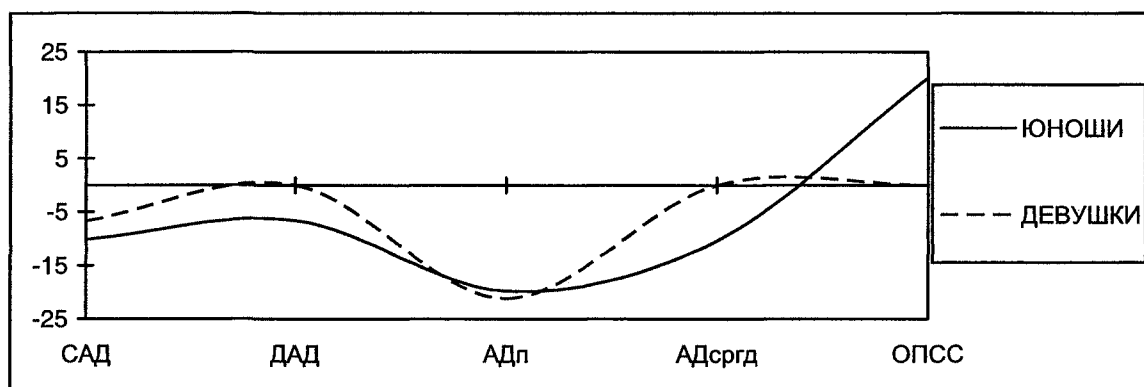


Рис. 3. Относительные изменения параметров периферического кровообращения у испытуемых групп СГУ

влияниях может идти как параллельно, так разнонаправлено, что указывает на роль артериального давления в формировании адекватного уровня сердечного выброса. Следовательно, ярким характерным признаком адаптивных изменений периферического кровотока на программу специальных гимнастических упражнений в течение двух месяцев являются различия реактивности в зависимости от полового признака, дифференциальная реакция различных частей сосудистого русла, снижение регуляторной активности симпатической нервной системы с ростом относительной активности в определенных участках механизмов ауторегуляции сосудов.

Дополнительные занятия с акцентом на развитие общей физической подготовки также привели к некоторым изменениям. У девочек было зафиксировано снижение величин ДАД на 8,39 % и АДсрд на 11,88 %, при отсутствии статистически достоверной динамики других регистрируемых параметров. У мальчиков, как и в группе СГУ, реакция периферического сосудистого русла носила более выраженный характер – на уровне $p < 0,05$ отмечено уменьшение пульсового, среднего гемодинамического давления, последовательно, на 14,28 и 8,90 % и рост общего периферического сопротивления сосудов на 20,18 %.

В табл. 2, 3 представлены результаты парного линейного корреляционного анализа данных фонового и повторного исследований, группы ОФП, проведенные по методу Бравэ-Пирсона при помощи компьютерной программы Statistica 6.0.

Как видно из табл. 2, 3, вышеуказанная динамика параметров артериального давления в обеих половых группах не сопровождалась значимой функциональной перестройкой, а в первую очередь, видимо депрессорным эффектом, в основе которого лежит увеличение резервов простогландиновой системы [2]. При этом на незавершенность адаптивных изменений на данном этапе указывает динамика корреляционных взаимосвязей между всеми показателями АД и ОПСС – во всех случаях коэффициент корреляции либо снизился до $p > 0,05$, либо поменял направление. Увеличение ОПСС в состоянии покоя у мальчиков группы

ОФП на этом фоне и тенденция к снижению САД и ДАД может быть обусловлено остаточными реакциями сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку, в частности, временным ростом мощности симпатической иннервации периартериальных нервных сплетений в основных сосудах сопротивления.

На рис. 4 представлена совокупная относительная динамика регистрируемых параметров периферической гемодинамики у мальчиков и у девочек дополнительно к урокам физической культуры занимающихся развитием физических качеств.

На представленной диаграмме прослеживаются различия в относительных изменениях изучаемых параметров по половому признаку, что может отражать обособленное дополнительное воздействие циркулирующих в крови девочек половых гормонов, а также связанное с пубертатным периодом излишнее психоэмоциональное напряжение. Следовательно, адаптация периферического звена кровообращения под влиянием дополнительных занятий на развитие общей физической подготовки в течение двух месяцев, сопровождается рядом сосудистых и тканевых изменений, обеспечивающих наиболее благоприятные условия для обменных процессов и перераспределения регионарного кровотока. Степень зафиксированной динамики позволяет говорить о течении «переходной» стадии адаптивной реакции, направление которой, в целом, свидетельствует об оптимизирующем и экономизирующем влиянии на функциональное состояние периферического звена сердечно-сосудистой системы [4]. Уровень реактивности на данный вид мышечной нагрузки ниже у девочек, что определяется совокупным воздействием как физических упражнений, так и гормональных изменениями, свойственным данной возрастной группе.

Таким образом, сравнительный анализ адапционных изменений периферического отдела сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки различной направленности позволил выявить общее направление оздоравливающих влияний при дополнительных занятиях, однако специфических для каждой формы, что необходимо учитывать при выборе методики мышечных нагрузок.

Таблица 2
Матрица корреляций параметров периферического кровообращения девочек 13–15 лет группы ОФП

	САД (мм рт. ст.)	ДАД (мм рт. ст.)	АДп (мм рт. ст.)	АДсргд (мм рт. ст.)	ОПСС (дин*с*см ²)
САД (мм рт. ст.)	–	–0,10	0,69	0,47	0,08
ДАД (мм рт. ст.)	–0,10	–	–0,78	0,84	0,88
АДп (мм рт. ст.)	0,69	–0,78	–	–0,31	–0,59
АДсргд (мм рт. ст.)	0,47	0,84	–0,31	–	0,83
ОПСС (дин*с*см ²)	0,08	0,88	–0,59	0,83	–
	0,41	–0,13	0,39	0,26	–

Примечание. В верхней части каждой ячейки представлены данные корреляционного анализа при фоновом исследовании, в нижней – при повторном.

Таблица 3
Матрица корреляций параметров периферического кровообращения мальчиков 13–15 лет группы ОФП

	САД (мм рт. ст.)	ДАД (мм рт. ст.)	АДп (мм рт. ст.)	АДсргд (мм рт. ст.)	ОПСС (дин*с*см ²)
САД (мм рт. ст.)	–	–0,04	0,83	0,71	0,28
ДАД (мм рт. ст.)	–0,04	–	–0,59	0,68	0,54
АДп (мм рт. ст.)	0,83	–0,59	–	0,19	–0,08
АДсргд (мм рт. ст.)	0,71	0,68	0,19	–	0,59
ОПСС (дин*с*см ²)	0,28	0,54	–0,08	0,59	–
	–0,58	–0,34	–0,31	–0,53	–

Примечание. В верхней части каждой ячейки представлены данные корреляционного анализа при фоновом исследовании, в нижней – при повторном.

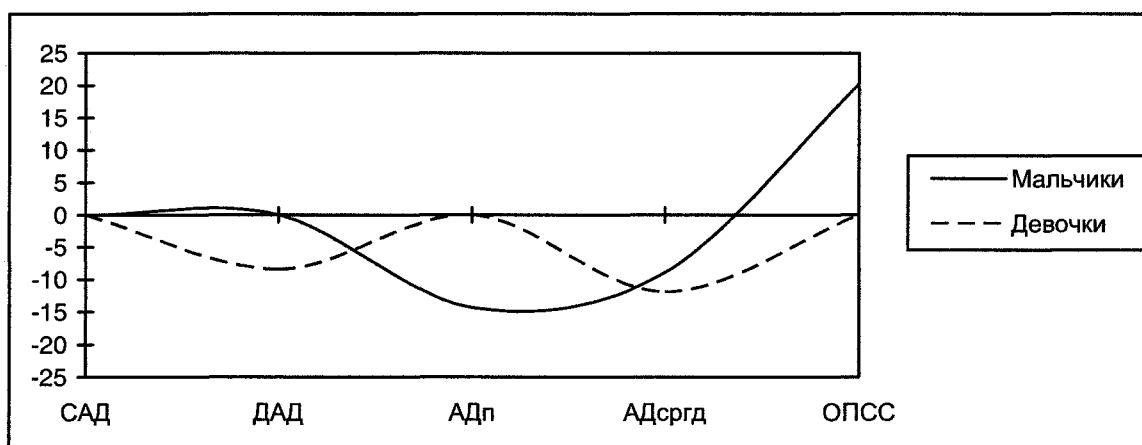


Рис. 4. Относительные изменения параметров периферического кровообращения у испытуемых группы ОФП

Литература

1. Иванов, К.П. Успехи и спорные вопросы в изучении микроциркуляции / К.П. Иванов // Физиол. журн. им. Сеченова. – 1995. – Т. 81, № 6. – С. 2–18.
2. Марков, Х.М. Оксид азота и сердечно-сосудистая система / Х.М. Марков // Усп. физиол. наук. – 2001. – Т. 32, № 3. – С. 49–65.

3. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пиенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.

4. Benestad, A.M. Physical activity and cardiovascular disease / A.M. Benestad // Scand. J. Soc. Med. – 1982. – Suppl. 29. – P. 179–183.

Поступила в редакцию 18 сентября 2008 г.