

ИЗУЧЕНИЕ РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЕВУШЕК 18–22 ЛЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОБЫ ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Г.В. Короткова, Э.А. Городниченко*

Государственный университет, *Гуманитарный университет,
г. Смоленск

Исследовались функциональные возможности сердечно-сосудистой системы девушек 18–22 лет.

Реорганизация высшей школы сопровождается увеличением умственных и психических нагрузок, что требует постоянной оценки функциональных резервов физиологических систем учащейся молодежи. Целью настоящего исследования явилось изучение степени функциональной зрелости центрального звена гемодинамики у девушек 18–22 лет.

Организация и методы исследования. В исследовании принимали участие 100 студенток в возрасте 18–22 лет, отнесенных к 1-й группе здоровья, занимающихся физической культурой в объеме, рекомендованном Госстандартом для высшей школы. Регистрация параметров центральной гемодинамики осуществлялась методом тетраполярной грудной реографии с записью основной и дифференциальной реограмм на 12-канальном электрокардиографе Bioset-8000 (Германия). Рассчитывали ударный и минутный объемы крови (УО, мл и МОК, л/мин), конечно-систолический (КСО, мл) и конечно-диастолический (КДО, мл) объемы сердца, величину фракции изгнания крови (ФИ, %), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $\text{дин}\cdot\text{см}^{-5}$). Синхронно в автоматическом режиме с помощью устройства Bosotron-2 (Германия) фиксировали систолическое (САД), диастолическое (ДАД, мм рт. ст.) артериальное давление и частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин). Вычислялись интегративные показатели: артериальное давление среднее (АД_{ср}, мм рт. ст.), и двойное произведение (ДП, усл. ед.). В качестве функциональной пробы испытуемым предлагалось в положении лежа удерживать до отказа статические нагрузки на ручном электротензодинамометре, составлявшие 15 %–30 %–45 % от максимальной произвольной силы мышц (МПС), через 5-минутные интервалы отдыха. Регистрация параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) осуществлялась непрерывно в состоянии покоя, при мышечной работе и в восстановительном периоде. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0. Достоверным принимался уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Было установлено, что показатели ЧСС, УО, МОК, УИ, СИ, ДП, САД, КДО, КСО в состоянии физиологического покоя

имели тенденцию к увеличению с возрастом, ОПСС, напротив, снижалось. Отмеченные возрастные различия носили недостоверный характер, за исключением величин УО, КДО, КСО на этапе 19–20 лет, 20–21 года; МОК и ОПСС от 20 к 21 году. В возрасте 20 лет – пограничном между юношеским и первым зрелым периодом, были обнаружены минимальные значения МОК, обусловленные низким КДО, КСО, и, как следствие, низким УО при высоком сосудистом сопротивлении. Недостоверный характер возрастных различий ряда параметров подтверждает представление, что на изучаемых этапах онтогенеза ССС выходит на дефинитивный уровень функционального созревания.

Для оценки работоспособности рассчитывалось значение импульса силы (ИС), равное произведению величины силового усилия на время его удержания (в кг·с). По мере увеличения статических нагрузок (СН) во всех возрастных группах наблюдалось снижение физической работоспособности. Относительно высокие значения ИС были отмечены при СН=15 % в 22 года, низкие – в 20 лет; при СН=30 % недостоверный максимум у лиц 21 года, минимум – в 18 лет; при СН=45 % наибольшая работоспособность имела место у девушек 22 лет, наименьшая – у 18-летних.

Локальные СН выявили системный характер реакций центрального звена кровообращения, выраженный в снижении КДО, КСО, УО, увеличении МОК, ЧСС, АД, и особенно ДП во всех возрастных группах (табл. 1).

Существенные сдвиги отмечены в величинах ЧСС и ДП, всех видов артериального давления. С ростом статической нагрузки происходило усиление гемодинамических ответов. При СН было отмечено неуклонное снижение ударного объема крови, достоверное при СН=45 %, что указывает на снижение инотропизма миокарда в ответ на данные нагрузки. При усилиях в 15 % МПС несколько большие изменения УО были зафиксированы у лиц 19 лет, однако величины ударного объема во всех возрастах на эту нагрузку мало отличались от цифр покоя, подчеркивая беспрепятственный кровоток. При СН = 30 % и 45 % наибольшее снижение УО произошло у девушек 21 года. Параллельно во всех группах наблюдалось падение КДО и КСО, особенно значительное в 22

года при СН = 45 %. Динамика МОК характеризовалась недостоверным увеличением и причём исключительно за счет прироста ЧСС, наиболее выраженного у девушек 18 лет. Изменение МОК в этом возрасте происходило на фоне наименьшей работоспособности при СН = 30 % и 45 %.

Характер изменений артериального давления и связанных с ним интегративных показателей не отличался от описанного в других исследованиях [1, 2, 5, 7]. Наибольшее увеличение всех видов АД, двойного произведения в ответ на усилие в 15 % и 30 % МПС отмечено у лиц 19 лет при довольно высоком уровне работоспособности. При СН = 45 % наибольший прирост АД_{ср}, ДП, ДАД, по сравнению с предыдущей нагрузкой произошел у деву-

шек 21 года. Периферическое сопротивление сосудов, по мере нарастания изометрической нагрузки, имело тенденцию к увеличению вследствие усиления прессорных реакций со стороны сокращённых мышц.

Анализ индивидуальных гемодинамических ответов на СН позволил выделить два типа реагирования УО: 1-й тип с увеличением, второй с уменьшением ударного объема (табл. 2). Лица первого типа отличались большими сдвигами МОК в ответ на нагрузку и, как правило, меньшим подъемом среднего артериального давления и двойного произведения. Общей тенденцией для них явилось повышение преднагрузки за счет усиления венозного возврата крови. В большинстве

Таблица 1

Изменение показателей центральной гемодинамики у лиц 18–22 лет при статических нагрузках нарастающей величины (в % по отношению к данным покоя, принятым за 100 %)

СН = 15 %					
	18	19	20	21	22
ФИ	99,01	99,28	99,63	100,79	98,31
КДО	98,35	96,90	98,29	98,30	99,18
КСО	100,49	98,30	99,04	96,77	102,77
УО	97,38	96,20	97,93	99,08	97,51
ЧСС	108,98	111,67	106,66	107,94	105,18
МОК	106,12	107,43	104,45	106,94	102,56
АД _{ср}	103,83	108,44	107,26	105,54	104,82
САД	104,07	107,35	104,92	103,91	104,86
ДАД	103,65	109,29	109,03	106,85	104,79
ОПСС	97,84	100,94	102,69	98,69	102,20
ДП	113,42	119,88	111,91	112,17	110,29
СН=30 %					
ФИ	100,39	99,92	99,97	98,81	100,73
КДО	94,71	95,02	91,77	92,09	108,87
КСО	93,96	95,17	91,83	94,32	107,31
УО	95,08	94,95	91,75	90,99	93,52
ЧСС	122,01	116,55	116,55	117,44	116,36
МОК	116,01	110,66	106,93	106,86	108,83
АД _{ср}	113,92	118,16	114,65	113,52	113,92
САД	108,56	117,68	114,15	112,23	111,09
ДАД	118,02	118,53	115,01	114,52	116,13
ОПСС	98,20	106,77	107,22	106,23	104,68
ДП	132,45	137,16	133,05	131,80	129,27
СН=45 %					
ФИ	99,54	97,99	96,99	98,89	101,70
КДО	85,52	83,55	88,02	81,26	84,81
КСО	86,38	86,90	93,65	83,06	81,87
УО	85,13	81,87	85,37	80,36	86,25
ЧСС	129,20	126,50	126,50	127,61	126,81
МОК	109,99	103,57	108,00	102,55	109,37
АД _{ср}	119,31	119,12	116,65	120,39	115,86
САД	112,54	111,45	113,49	113,58	109,89
ДАД	124,50	125,19	118,95	125,75	120,53
ОПСС	108,48	115,01	108,02	117,40	105,93
ДП	145,40	140,99	143,57	144,94	139,35

Изменение показателей центральной гемодинамики у лиц 18–22 лет при различных типах реагирования УО на статические нагрузки (в % по отношению к данным покоя, принятым за 100 %)

Возраст, лет	Тип реакции	СН в % от МПС	Показатели					
			УО	ЧСС	МОК	АДср	ДП	ОПСС
18	1	15	105,07	108,78	115,02	102,91	114,10	91,43
		30	106,98	117,66	125,87	112,08	122,98	89,99
		45	106,70	118,64	124,34	114,03	128,40	90,03
18	2	15	91,39	110,27	100,58	104,63	113,02	105,11
		30	89,19	124,61	110,87	115,29	138,16	107,11
		45	76,41	134,86	101,56	122,65	157,13	121,39
19	1	15	110,54	115,45	124,53	106,36	124,69	83,52
		30	107,50	113,57	121,03	112,20	128,80	91,74
		45	116,78	126,30	145,34	113,94	137,92	77,76
19	2	15	86,95	110,61	96,26	109,89	119,54	112,52
		30	88,64	129,98	113,94	118,30	156,31	106,66
		45	74,27	137,89	101,70	120,41	155,25	120,43
20	1	15	104,11	104,94	111,13	104,17	106,85	97,62
		30	106,71	105,89	113,75	110,01	120,25	96,84
		45	106,12	123,60	127,30	115,15	129,24	83,50
20	2	15	91,91	101,66	102,46	108,16	120,34	104,88
		30	86,94	120,86	104,32	114,81	138,02	109,85
		45	82,52	128,94	104,30	116,78	148,91	114,87
21	1	15	103,66	100,89	104,68	105,89	104,63	97,05
		30	107,02	120,35	113,26	111,57	134,93	88,24
		45	110,62	110,73	122,96	115,69	130,25	93,96
21	2	15	97,18	113,68	108,26	106,38	118,78	101,31
		30	87,72	117,71	93,31	113,88	133,70	112,25
		45	77,52	131,47	100,14	121,30	149,99	121,02
22	1	15	103,80	107,17	111,38	105,49	111,06	95,45
		30	107,30	120,13	128,61	111,76	132,57	87,54
		45	103,32	120,59	124,64	119,33	131,38	95,19
22	2	15	92,80	103,36	96,41	104,12	109,39	109,04
		30	88,80	114,75	102,16	114,92	128,91	112,81
		45	84,55	127,60	107,41	115,70	141,27	108,68

случаев наблюдалось снижение постнагрузки, судя по динамике КСО, увеличению которого способствует неуклонное снижение ОПСС в этой группе испытуемых. Для лиц 2-го типа адаптации был характерен большой подъем АДср, происходивший за счет повышения сосудистого сопротивления, затрудняющего работу сердца по выбросу крови (рост постнагрузки), что в свою очередь снижало УО. Незначительный прирост МОК происходил исключительно за счет учащения сердечного ритма. При всех СН адаптация осуществлялась в результате нарастания ДП – механической работы сердца и потребления кислорода. Было отмечено падение конечно-диастолического и конечно-систолического объемов сердца, тенденция к снижению насосной функции – уменьшение фракции изгнания крови.

Приспособительные реакции 1-го типа следует признать более эффективными, т.к. увеличение МОК реализуется за счет повышения УО, а не только

ЧСС, что отмечает ряд авторов [4, 5], при одновременном менее значительном росте ДП. Наши данные позволяют заключить, что у девушек первого типа реагирования на СН, увеличение ударного объема происходило по гетерометрическому механизму за счет повышения КДО, приводящего к усилению сократимости миокарда.

Обращает на себя внимание тот факт, что примененные СН во всех возрастных группах не вызвали существенных изменений величины фракции изгнания крови. Вероятно, нагрузки предложенной величины являются адекватными для лиц исследуемых возрастов, а индивидуальные адаптации сердца к ним оптимальны в соответствии с резервными возможностями ССС.

Анализ интенсивности показателей центральной гемодинамики на единицу выполняемой работы позволил выделить возраст 18 лет как наименее адаптированный к выполнению статических нагрузок.

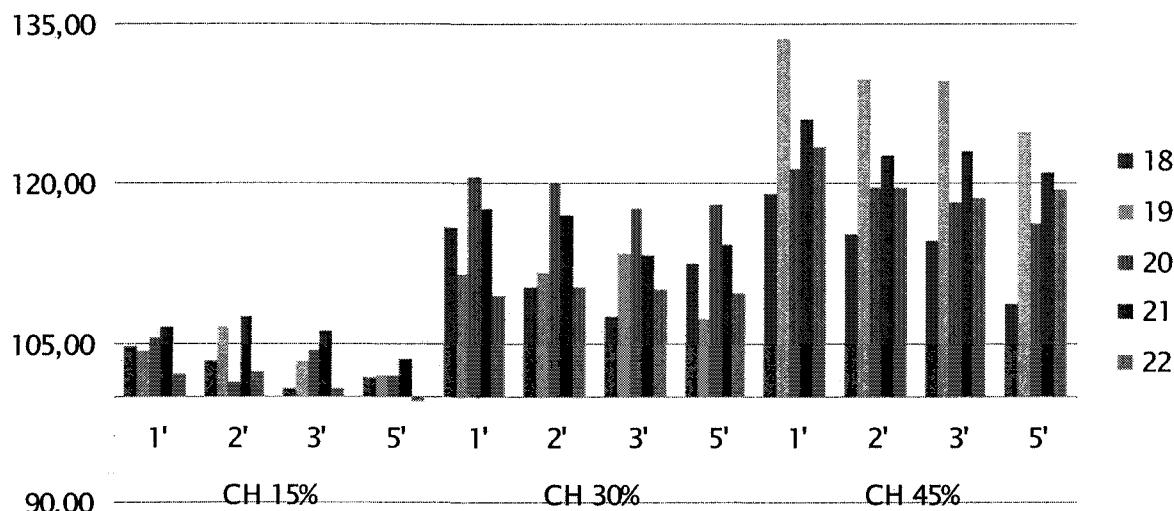


Рис. 1. Увеличение ударного объема сердца после статических нагрузок у лиц 18–22 лет (по отношению к данным работы, принятым за 100 %)

В нашем и ряде других исследований [5, 7] при СН установлено несоответствие рабочих изменений параметров центральной гемодинамики метаболическим потребностям организма, что проявляется в послерабочей гиперфункции миокарда (рис. 1). Анализ динамики КДО и КСО позволяет предположить, что в основе послерабочей гиперфункции миокарда лежит гетерометрический механизм, т.к. на 1-й минуте восстановления происходило увеличение венозного возврата, приводящего в действие механизм Франка – Старлинга, и снижение постнагрузки за счет неуклонного падения периферического сопротивления сосудисто-го русла во всех возрастных группах.

Наибольший «долг по крови» после СН = 15 % был отмечен у лиц 21 года на 2-й минуте восстановления на фоне высокой работоспособности. После СН = 30 % и 45 % максимальное послерабочее увеличение УО произошло у девушек 20 и 19 лет соответственно, при достаточно высоких объемах произведенной работы.

Заключение. Использование изометрической нагрузки в качестве функциональной пробы позволяет получить объективную информацию о возрастных и индивидуальных возможностях сердечно-сосудистой системы. Подобная методика может найти применение в спортивном отборе, в практике восстановительной медицины, при оценке состояния здоровья различных групп населения. В качестве критериев функциональной зрелости ССС могут быть использованы тип реакции УО, интенсивность рабочих изменений параметров кровообращения, механизм увеличения МОК в ответ на нагрузку, сочетание высокой работоспособности со значительной послерабочей гиперфункцией миокарда.

Литература

1. Алферова, Т.В. *Возрастные особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к локальной мышечной деятельности: дис. д-ра биол. наук* / Т.В. Алферова. – Челябинск, 1990. – 336 с.
2. Догадкина, С.Б. *Влияние статических нагрузок на сердечно-сосудистую систему детей младшего школьного возраста: дис. канд. биол. наук* / С.Б. Догадкина. – М., 1988. – 191 с.
3. Белоцерковский, З.Б. *Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов* / З.Б. Белоцерковский. – М.: Сов. спорт, 2005 – 312с.
4. Макарова, И.И. *Показатели исходного вегетативного тонуса и центральной гемодинамики у подростков Суворовского военного училища в разные периоды адаптации к новым социально-бытовым условиям* / И.И. Макарова, В.П. Шиховцов // Альманах «Новые исследования»: Материалы международной научной конференции «Физиология развития человека». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 258.
5. Грицук, А.Д. *Возрастные особенности адапционных реакций сердечно-сосудистой системы у юношей 18–22 лет в условиях напряженной мышечной деятельности: дис. канд. биол. наук* / А.Д. Грицук – Ярославль, 2007. – 171 с.
6. Тупицын, И.О. *Возрастная динамика и адаптивные изменения сердечно-сосудистой системы школьников* / И.О. Тупицын. – М.: Педагогика, 1985. – 87 с.
7. Тупицын, И.О. *Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников* / И.О. Тупицын, В.Н. Безобразова и др. – М., 1995. – 64 с.