

УДК 612

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ЮНОШЕЙ 18-22 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ВОЗРАСТАЮЩЕЙ МОЩНОСТИ

Грицук А.Д., Городниченко Э.А.

Смоленский государственный педагогический университет, Смоленск

Для изучения возрастных закономерностей приспособительных реакций сердечно-сосудистой системы у юношей 18-22 лет использовались локальные статические нагрузки нарастающей мощности (15% - 30% - 45% от МПС), выполняемые до произвольного отказа через 5-минутные интервалы отдыха. С увеличением мощности нагрузки наблюдался неуклонный рост всех видов АД, ЧСС, ДП, снижение УО. Низкая эффективность адаптации центральной гемодинамики к СН была отмечена у юношей 18 лет на фоне наименьших объемов работы при всех нагрузках, наибольшая эффективность адаптации – у юношес 20 лет на фоне наибольших объемов работы при СН=15% и 30%. Критериями высоких резервов системы кровообращения могут быть интенсивность различных параметров гемодинамики на единицу выполняемой работы и степень послерабочих изменений УО сердца.

В условиях многообразной жизни человека значительную долю занимают утомительные статические нагрузки. Они связаны с удержанием силовых усилий локального и глобального характера, длительным удержанием рабочих поз, существенным снижением физической работоспособности. Одной из многочисленных причин быстрого утомления при статических нагрузках является нарушение кровотока в сердечно-сосудистой системе. Рядом исследователей были выявлены некоторые возрастные особенности реагирования системы кровообращения на статические нагрузки [1, 2, 3, 4, 5 и др.].

Цель работы: изучить возрастные закономерности приспособительных реакций центральной гемодинамики у юношей 18 – 22 лет в условиях напряженной мышечной деятельности.

Методы исследования. Было обследовано 150 юношей (по 30 человек в возрастной группе), не занимающихся спортом, практически здоровых, среднего уровня физического развития, оценка которого проводилась по стандартам, разработанным для жителей г.Смоленска [7]. В положении лежа на спине на 12-канальном электрокардиографе BIOSET-8000 методом грудной тетраполярной реографии регистрировали дифференциальную реограмму грудной клетки с последующим расчетом УО сердца по Кубичеку (1967). С помощью синхронно работающего с ним аппарата BOZOTRON (производство Германии) определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое давление (САД и ДАД). Рассчитывались минутный объем крови (МОК), артериальное давление среднее (АДср=½АДпульс+ДАД), ударный и сердечный индексы (УИ_О /S, мл/м и СИ_{МОК} /S,

л/мин/м; S –площадь тела, м² - оценивалась по номограмме Графорда, Терри и Рурка), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПССАДср *1332/МОК, дин×с×см⁻⁵), «двойное произведение» (ДПЧСС*САД), отражающее эффективность механической работы миокарда. Локальные статические нагрузки (СН) на правое предплечье составляли 15% - 30% - 45% от максимальной произвольной силы мышц, сгибающих кисть и предплечье, выполнялись до произвольного отказа через 5-минутные интервалы отдыха. Предварительно, с помощью электротензодинамометра определялась сила мышц. Уровень физической работоспособности определялся по показателю импульса силы – ИС (это произведение величины удерживаемого силового усилия в кг на время его удержания в секундах). Регистрация показателей центральной гемодинамики проводилась непрерывно в покое, при работе и в период восстановления. Результаты исследования обработаны методами вариационной статистики с применением критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. В покое на этапе от 18 до 22 лет отмечено увеличение с возрастом УО и МОК, САД, ДАД, АДср, снижение ЧСС, ДП, ОПСС. Эти изменения носили, как правило, недостоверный характер (кроме прироста УО, МОК на этапе от 20 до 21 года ($p<0,05$), УИ от 18 до 19 лет($p<0,05$), ДАД от 21 до 22 лет ($p<0,01$), уменьшения САД от 21 до 22 лет ($p<0,01$), ДП от 21 до 22 лет ($p<0,05$) и ОПСС от 20 до 21 года ($p<0,05$)). Эти данные свидетельствуют о продолжающемся процессе совершенствования функциональных

возможностей сердечно-сосудистой системы (ССС) на этапе 18 – 22 лет.

У юношей всех возрастов СН нарастающей мощности вызывали системную реакцию кровообращения с постоянным увеличением всех видов АД, ЧСС, ДП, уменьшением УО (табл. 1).

УО сердца при СН=15% почти не изменялся, с увеличением мощности нагрузок неуклонно снижался, но достоверно только при СН=45% ($p<0,05$). Это могло быть обусловлено снижением конечно-диастолического объема сердца вследствие непрерывного сжатия кровеносных сосудов под воздействием нарастающих прессорных реакций и снижения насосной функции сердца [10].

Достоверный прирост ЧСС наблюдался при всех СН, вероятно, за счет быстродействующего рефлекторного механизма, срабатывающего с проприорецепторов скелетных мышц предплечья. Это подтверждается достоверными изменениями пульса уже в 1-ую мин. выполнения работы. При СН=30% и 45% можно отметить более значительную реакцию у испытуемых 20 лет.

Общей закономерностью динамики МОК являлось снижение темпов прироста с увеличением мощности нагрузок. Его некоторое увеличение при работе определялось исключительно приростом ЧСС. Прирост СИ при изометрических нагрузках, в условиях снижения УО, объяс-

няют использованием хронотропного резерва сердца и активацией механизмов гомеометрической регуляции [6]. СН вызывали достоверное увеличение всех видов АД ($p<0,01$), причем во всех возрастах прирост ДАД был выше, чем САД. Причиной этого является быстрое повышение ЧСС уже в первые минуты работы, увеличение сосудистого тонуса при СН=30% и 45% на фоне нарастающей прессорной реакции. Увеличение АДср можно рассматривать как механизм, направленный на усиление градиента давления между артериальным и венозным концами сосудистой системы и обеспечение нормального кровотока при мышечной работе.

Неуклонное и достоверное повышение ДП во всех возрастах отражало рост механической работы сердца и, косвенно, потребление кислорода. Более значительный прирост ДП при СН=30% и 45% имел место у юношей 20 лет. Периферическое сопротивление сосудов при 1-й СН незначительно уменьшалось, что создавало условия для беспрепятственного кровотока в работающих мышцах. Вторая и третья нагрузки сопровождались значительным приростом ОПСС, причем при СН=45% от МПС его прирост у юношей 18, 19, 22 лет носил достоверный характер ($p<0,05$). Это, возможно, связано с нарастанием прессорных реакций в сосудах предплечья [4, 9, 12 и др.].

Таблица 1. Изменение показателей кровообращения у юношей 18 – 22 лет при статических нагрузках возрастающей мощности (в % по отношению к данным покоя)
на СН=15% от МПС

показатели	18	19	20	21	22
УО	99,34	98,52	100,92	104,49	98,93
ЧСС	114,17*	114,15*	113,46*	111,98*	115,33*
МОК	115,41	110,05	114,77	116,74	115,53
АДср	115,05*	122,24*	111,22*	114,21*	114,08*
САД	112,47*	111,32*	108,50°	110,34*	113,07*
ДАД	117,32*	113,07*	113,12*	117,78*	115,07*
ОПСС	92,99	92,82	96,43	96,68	97,78
ДП	128,13*	126,67*	123,29*	123,91*	130,70*
УИ	99,38	99,17	101,33	104,51	98,97
СИ	115,76	110,19	114,97	117,17	115,65

СН=30% от МПС

показатели	18	19	20	21	22
УО	85,04	87,81	83,36	92,49	88,60
ЧСС	120,98*	117,55*	127,37*	117,55*	124,21*
МОК	105,07	100,24	105,37	110,62	109,81
АДср	126,00*	126,02*	124,52*	120,97*	126,62*
САД	119,10*	115,21*	118,09*	115,35*	118,68*
ДАД	132,20*	135,92*	129,97*	125,95*	133,12*
ОПСС	121,44	118,37	109,48	109,14	111,18
ДП	144,54*	135,70*	150,39*	135,62*	147,12*
УИ	83,97	87,32	83,54	92,64	88,61
СИ	104,60	100,45	106,91	108,94	110,15

CH=45% от МПС

показатели	18	19	20	21	22
УО	72,40°	76,96°	74,93°	78,84°	74,71°
ЧСС	130,76*	131,75*	138,26*	124,47*	130,56*
МОК	99,70	97,45	101,70	96,94	96,23
АДср	132,15*	132,16*	132,72*	128,52*	129,98*
САД	125,24*	124,86*	126,15*	119,86*	122,67*
ДАД	138,27*	138,62*	138,57*	136,14*	135,81*
ОПСС	141,62°	127,30°	115,38	129,21	128,00°
ДП	164,27*	164,09*	174,07*	149,81*	159,78*
УИ	74,02°	77,33*	75,09°	79,22°	75,95°
СИ	99,43	98,07	101,60	97,45	96,89

Знаком * показана достоверность реакций изучаемых показателей на нагрузки при $p<0,01$, знаком ° - при $p<0,05$.

Эффективность адаптивных реакций ССС зависит от объема и интенсивности выполняемой работы. С ростом мощности СН происходило неуклонное снижение физической работоспособности. Ее наибольший уровень при 1-й нагрузке был отмечен у юношей 20 лет. К 3-й СН импульс силы снизился в 18 лет в 2,51 раза; 19 лет – 2,17 раза; 20 лет – в 2,58 раза; 21 год – в 2,55 раза; 22 года – в 2 раза.

Мощность и объем выполняемых нагрузок отложили отпечаток на интенсивность работы центральной гемодинамики (табл. 2). В каждом возрасте с увеличением мощности СН нарастала интенсивность параметров центрального кровообращения на единицу выполненной работы.

Наибольшая интенсивность ЧСС, ДП, АДср наблюдалась у юношей 18 лет на фоне наименьших объемов выполняемой работы при всех 3 нагрузках. Это сочетание свидетельствует о низкой эффективности адаптивных реакций центральной гемодинамики по названным параметрам. Наибольшая интенсивность УО и МОК имела место у юношей 21 года на фоне достаточно высокой работоспособности при всех нагрузках. Следует отметить наименьшую рабочую напряженность всех параметров гемодинамики у юношей 20 лет при СН=15 и 30%, выполнивших наибольший объем работы при этих нагрузках. Это, вероятно, отражало проявление экономизации деятельности ССС в зонах 1 и 2 нагрузок.

Таблица 2. Интенсивность кровообращения при статических нагрузках у юношей 18 – 22 лет.

возраст	УО/ИС			ЧСС/ИС		
	15%	30%	45%	15%	30%	45%
18	0,0123	0,0202	0,0246	0,0242	0,0456	0,0674
19	0,0147	0,0235	0,0256	0,0209	0,0382	0,0493
20	0,0119	0,0179	0,0244	0,0180	0,0325	0,0526
21	0,0164	0,0271	0,0324	0,0189	0,0341	0,0519
22	0,0167	0,0239	0,0260	0,0222	0,0371	0,0479

возраст	МОК/ИС			АДср/ИС		
	15%	30%	45%	15%	30%	45%
18	0,00104	0,00179	0,00239	0,0288	0,0560	0,0828
19	0,00117	0,00192	0,00215	0,0260	0,0501	0,0665
20	0,00093	0,00147	0,00213	0,0235	0,0433	0,0693
21	0,00127	0,00218	0,00270	0,0246	0,0454	0,0700
22	0,00128	0,00191	0,00209	0,0307	0,0537	0,0707

возраст	ДП/ИС		
	15%	30%	45%
18	3,40	6,74	10,52
19	2,95	5,53	7,75
20	2,50	4,75	8,24
21	2,71	5,02	7,86
22	3,09	5,50	7,30

Рабочие изменения УО сердца при всех нагрузках не соответствовали метаболическим потребностям организма. Это проявлялось в последерабочем увеличении УО во всех возрастах в течение 5 мин. восстановительного периода (за редким исключением). Наибольшее его увеличение наблюдалось у юношей 20 лет. Таким образом, 20-летние испытуемые проявляли наибольшую физическую работоспособность при наибольшем «долге по крови». Подобное сочетание может быть использовано в качестве одного из критериев функциональной зрелости ССС.

Выводы.

1. Метод применения повторных статических нагрузок до произвольного отказа может быть использован для оценки эффективности приспособительных реакций ССС у юношей 18–22 лет.

2. В качестве критерия функциональной зрелости системы кровообращения может быть использовано сочетание высокой работоспособности испытуемых с наибольшим «долгом по крови» и низкой рабочей интенсивностью параметров кровообращения.

3. При статических нагрузках в 15% и 30% от МПС следует отметить высокую эффективность адаптации центральной гемодинамики у юношей 20 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова-Попова Т.В., Пястолова Н.Б./Физиология человека.-1996.-Т.22, №5.-С.118-122.
2. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б./Физiol. человека.– 2001.– Т. 27, № 5.– С. 49–53.
3. Васильева Р.М. //Новые исследования (альманах): материалы международной научной Physiol. Educ.– 1999.– 22, № 1.– С. 244–259.

конференции «физиология развития человека». – М.,2004. – С.105-106.

4. Городниченко Э.А. Физиологические закономерности развития выносливости к статическим мышечным усилиям у лиц женского пола на основных этапах онтогенеза: Дисс...д-ра биол. наук.- М.:1994.-434 С.

5. Догадкина С.Б. Влияние статической нагрузки на сердечно-сосудистую систему детей младшего школьного возраста. //автореферат дисс. канд. биол. наук. – М. – 1988, 17 С.

6. Зубарев М.А., Думлер А.А., Косков Э.В. //Физиология человека.-1991.-Т.17, №3.-С.60-63.

7. Машкова Н.В., Стоянова Н.С. Оценка физического развития детей. – Смоленск. – 1995, 32С.

8. Физиология человека /Под ред. В.М. Смирнова.- М.: Медицина, 2001.-606 С.

9. Тхоревский В.И., Пичугина Е.В. Механизмы, обеспечивающие усиление кровоснабжения работающих скелетных мышц //Физиология мышечной деятельности: Тез. докл. междунар. конф. – М. 2000. – С. 152-153.

10. Тупицын И.О., Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. и др. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников /Под ред. И.О. Тупицына. – М.:ИВФ РАО, 1995. – 64 С.

11. Gallagher K.M., Fadel P.J., Strömstad M., Ide K., Smith S.A., Querry R.G., Raven P.B., Secher N.H Effects of exercise pressor reflex activation on carotid baroreflex function during exercise in humans //J. Physiol.– 2001.– 533, № 3.– С. 871–880.

12. Laughlin M. Harold.Cardiovascular response to exercise //Adv.

THE ADAPTIVE REACTIONS OF THE CENTRAL GEMODYNAMICS FOUND IN 18-22 YEAR-OLD YOUTHS DURING STATIC INCREASING LOADS

Gritsuk A.D., Gorodnichenko E.A.
Smolensk State Pedagogical University

There was conducted a research on the age peculiarities of adaptive reactions of the 18-22 year old youths' cardiovascular system. To study them local static increasing loads (15% - 30% - 45% of maximum voluntary effort) were used. The exercises were done with 5-minutes intervals right up to voluntary refusal. The increase of loads caused obvious and steady increase in blood pressure, heart rate, and decrease stroke volume. Poor adaptation of the central gemodynamics to static loads was observed among 18 year-olds who had less work volume of different load; best adaptations of the central gemodynamics to static loads was observed among 20 year-olds who had largely work volume of 15% and 30% of maximum voluntary effort load. The cardiovascular system's reserves indicators can serve as their criteria: the intensity of different gemodynamics parameters per work unit and the degree of after-work stroke volume changes.