

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕТЕЙ ЧЕЛЯБИНСКОГО ОБЛАСТНОГО ЦЕНТРА РЕАБИЛИТАЦИИ 6–12 ЛЕТ В СОСТОЯНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОКОЯ И ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОБАХ

*А.В. Ненашева, В.В. Корольков, А.С. Аминов, Я.В. Леонова
ЮУрГУ, г. Челябинск*

Представлены показатели кардиогемодинамики детей и подростков 6–12 лет на момент поступления в Челябинский областной центр реабилитации.

Ключевые слова: кардиогемодинамика, центр реабилитации, вегетативная нервная система, кислородтранспортные функции.

В выполнении кислородтранспортной функции организма важную роль выполняет система кровообращения. Многогранная функция данной системы определяет спектр ведущих обеспечивающих систем организма. Показатели кардиогемодинамики являются маркерами функционального состояния. Барорефлекторные и хеморецепторные центры регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) управляют не только центром продолговатого мозга, но и стволом мозга. Многогранность и интегральность функции кровообращения своеобразно проявляются в различные возрастные периоды роста и развития организма.

Основными параметрами, характеризующими системную гемодинамику, являются: работа сердца, сердечный выброс, системное артериальное давление, общее периферическое сопротивление сосудов, венозный возврат крови к сердцу, центральное венозное давление, объем циркулирующей крови.

Исходя из функционального единства, согласованности и взаимообусловленности подразделов сердечно-сосудистой системы и характеризующих их параметров выделяют три уровня осуществляемых ею процессов: системная гемодинамика – обеспечение процессов циркуляции крови; органное кровообращение – кровоснабжение органов и тканей; микроциркуляция – обеспечение транскапиллярного обмена.

Выявление закономерностей развития организма ребенка и особенностей функционирования его физиологических систем на разных этапах онтогенеза необходимо для решения проблем охраны здоровья и разработки адекватных возрасту педагогических технологий. Это определяет поиск оптимальных путей изучения физиологии ребенка и тех механизмов, которые обеспечивают адаптационно-компенсаторный характер развития на каждом этапе онтогенеза [1].

Обследование детей и подростков проводилось на момент поступления в Челябинский областной центр реабилитации. Обследование детей с использованием системы «Кентавр» проводилось в

состоянии относительного покоя (положение лежа без каких-либо воздействий) при закрытых глазах, после не менее чем 5-минутного отдыха перед процедурой.

Диапазон физиологических возможностей какой-либо системы можно оценить только при функциональных нагрузочных пробах. В качестве функциональных нагрузок для ССС использовали умственную (УН), холодовую, физическую (ФН) и ортопробу. Функциональные пробы проводились два дня. В первый день умственная и холодовая пробы, на второй день – ортопроба и проба Мартине (физическая нагрузка). В табл. 1 представлены параметры кардиогемодинамики детей 6–10 лет.

Как видно из табл. 1, частота сердечных сокращений у учащихся МОУ 6–10 лет снижалась при УН, достоверно увеличивалась в ортопробе, холодовом воздействии и лежа после ФН ($P < 0,001-0,01$). Показатели МОК увеличивались во всех функциональных пробах. Ударный объем повысился только при УН, в остальных пробах снизился. Сердечный индекс незначительно снижался во всех пробах. Диастолическая волна наполнения сердца снижалась при УН и холодовом воздействии, увеличивалась при ортопробе и лежа после ФН. Индекс симпатической активности увеличивался только при ортопробе, в остальных пробах незначительно снижался. Хитер-индекс во всех функциональных пробах не имел достоверных изменений, а фракция выброса была относительно стабильной.

Гемодинамическое обеспечение организма в целом зависит не только от деятельности сердца, но и от состояния мелких и крупных сосудов, а именно от эластических свойств, их пульсации, тонуса резистивных сосудов, характера микроциркуляции. Все эти показатели влияют на уровень АД, доставку и сатурацию кислорода в тканях. В табл. 2 представлено изменение показателей кровообращения у детей 6–10 лет.

Показатели гемодинамики в состоянии относительного покоя характеризуются как наиболее стабильные в силу того, что артерии и вены распо-

Таблица 1

Данные изменения деятельности сердца у детей 6–10 лет под воздействием функциональных проб ($M \pm m$)

Статистики	Hr	Co	Sv	Ci	Fw	S	Hi	EF
Относительный покой								
M±	86,43	2,61	31,33	2,35	40,05	57,36	28,15	69,41
m	1,40	0,12	1,84	0,12	2,81	3,91	1,38	0,43
Ортопроба								
M±	93,67***	2,34	32,30	2,35	40,41	54,37	27,81	69,44
m	1,15	0,14	2,26	0,14	3,36	4,63	1,66	0,52
Лежа после физической нагрузки								
M±	94,00**	2,89	30,80	2,24	42,40	55,60	26,34	69,07
m	1,99	0,21	3,36	0,18	5,53	5,79	2,02	0,61
Проба с умственной нагрузкой								
M±	84,26	2,85	33,84	2,33	39,26	55,58	27,87	69,42
m	5,57	0,16	2,78	0,17	3,44	5,83	1,95	0,64
Холодовая проба								
M±	97,85***	2,94	30,07	2,28	41,00	59,37	27,49	69,18
m	1,78	0,15	2,31	0,14	3,81	4,51	1,58	0,48

Примечание. Hr – частота сердечных сокращений, уд./мин; Co – минутный объем кровообращения, л/мин; Sv – ударный объем (УО) – мл; Ci – сердечный индекс, л/мин/м²; Fw – диастолическая волна на полнения сердца (ДВНС), мОм; Hi – Хитер-индекс, мОм/мс; EF – фракция выброса, %. Сравнение функциональных проб с положением лежа: ** – P < 0,01; *** – P < 0,001.

Таблица 2

Данные изменения кровообращения у детей 6–10 лет под воздействием функциональных проб ($M \pm m$)

Pi	Nisp	Nipd	ToeA	TgxA	SpO ₂	DO _{2i}
Относительный покой						
52,61	103,30	65,27	21,61	188,69	97,64	363,43
2,54	0,63	1,12	2,69	2,00	0,25	19,62
Ортопроба						
54,07	104,40	64,41	21,81	189,96	97,67	365,55
2,91	1,08	1,84	2,43	2,23	0,31	23,34
Лежа после физической нагрузки						
57,73	108,50**	69,43*	11,33**	184,53	98,07	349,60
1,35	1,42	1,59	1,68	2,14	0,27	29,51
Проба с умственной нагрузкой						
51,84	104,26	66,02	27,16	191,42	97,63	361,37
2,50	0,72	1,31	1,90	3,82	0,41	28,07
Холодовая проба						
54,00	102,80	63,12	15,70	185,11	97,85	353,63
2,99	1,09	0,56	1,37	2,23	0,25	22,98

Примечание. Pi – интегральный индекс состояния сердечно-сосудистой системы, усл. ед.; Nisp – систолическое АД, мм рт. ст.; Nipd – диастолическое АД, мм рт. ст.; ToeA – амплитуда пульсации мелких сосудов, мОм; TgxA – амплитуда пульсации крупных сосудов, мОм; SpO₂ – сатурация (процент насыщения кислородом гемоглобина артериальной крови); DO_{2i} – индекс доставки O₂, мл/мин/м². Сравнение функциональных проб с положением лежа: * – P < 0,05; ** – P < 0,01.

ложены в этом случае примерно на уровне сердца и на них равномерно действует сила тяжести.

Как видно из табл. 2, у детей 6–10 лет достоверно изменялись показатели САД (P < 0,01), ДАД (P < 0,05) и амплитуды пульсации мелких сосудов (P < 0,01). Остальные изучаемые показатели статистически значимо не изменялись.

Следует сказать, что воздействие функциональными пробами вызвало неоднозначные реакции на каждую из них в зависимости от вида раз-

дражителя, в том числе изменение регуляторных процессов, доминантно воздействующих на изменение центральной и периферической гемодинамики, кислородообеспечивающую функцию, сократимость миокарда и т.д.

Показатели кардиогемодинамики девочек 11–12 лет представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, показатели сердечной деятельности у девочек 11–12 лет при функциональных пробах статистически значимо не изме-

Таблица 3

Данные изменения деятельности сердца у девочек 11–12 лет
под воздействием функциональных проб ($M \pm m$)

Статистики	Hr	Co	Sv	Ci	Fw	S	Hi	Ef
Относительный покой								
M±	84,21	5,16	61,31	4,24	21,76	39,65	29,14	67,45
m	2,63	0,29	3,94	0,29	1,79	3,62	2,00	0,43
Ортопроба								
M±	88,03	5,71	64,90	4,60	22,69	46,07	28,26	67,51
m	2,33	0,29	4,30	0,31	1,85	4,02	1,81	0,32
Лежа после физической нагрузки								
M±	88,59	5,35	60,40	4,56	17,73	37,62	35,96*	67,97
m	1,90	0,29	4,13	0,31	1,19	3,47	1,96	0,33
Проба с умственной нагрузкой								
M±	86,48	4,89	56,48	3,26	22,21	43,27	27,41	66,93
m	2,71	0,17	4,03	0,25	1,99	4,16	1,54	0,48
Холодовая проба								
M±	86,84	5,80	66,78	4,33	23,53	38,59	33,50	67,56
m	2,43	0,35	5,32	0,30	2,14	3,67	1,92	0,43

* – $P < 0,05$.

Таблица 4

Данные изменения кровообращения у девочек 11–12 лет
под воздействием функциональных проб ($M \pm m$)

Pi	Nisp	Nipd	ToeA	TrxA	SpO2	DO2i
Положение лежа						
69,14	109,40	65,68	38,65	240,17	98,79	493,90
2,75	0,49	1,07	3,56	4,15	0,15	37,93
Ортопроба						
75,27	114,20***	70,52**	30,10	222,69**	98,83	550,59
2,08	0,84	0,63	3,08	3,55	0,16	40,14
Лежа после физической нагрузки						
77,43*	108,70	69,73**	20,51***	274,73***	98,76	669,67**
1,90	1,07	0,62	1,97	4,18	0,12	35,33
Проба с умственной нагрузкой						
72,34	113,70***	70,16**	34,24	228,72*	98,65	473,79
2,29	0,70	0,61	2,93	3,41	0,16	34,05
Холодовая проба						
73,94	112,70**	73,10***	32,09	257,81*	98,34	602,00
2,73	0,81	0,49	2,07	4,51	0,14	42,71

*, **, *** – см. табл. 1, 2.

нялись. Исключение составил Хитер-индекс в пробе лежа после физической нагрузки, который достоверно увеличивался ($P < 0,05$).

В табл. 4 представлено изменение показателей кровообращения у девочек 11–12 лет. Как видно из табл. 4, интегральный индекс состояния сердечно-сосудистой системы у девочек 11–12 лет достоверно увеличился после ФН ($P < 0,05$). Систолическое артериальное давление статистически значимо увеличилось при ортопробе ($P < 0,001$), с УН ($P < 0,001$) и при холододовом воздействии ($P < 0,01$). Диастолическое артериальное давление наблюдается достоверно выше во всех функциональных пробах ($P < 0,01-0,001$). Амплитуда пульсации мелких сосудов достоверно снизилась в пробе лежа

после ФН ($P < 0,001$), а крупных сосудов снизилась при ортопробе ($P < 0,01$), с УН ($P < 0,05$); повысилась после ФН ($P < 0,001$) и при холододовом воздействии ($P < 0,05$). Индекс доставки O_2 к тканям достоверно повышался в пробе лежа после ФН ($P < 0,01$).

У девочек нагрузки приводят к повышению ДАД и САД (ортопроба, холододовая, умственная) на фоне снижения пульсации крупных сосудов. Систолическое артериальное давление после физической нагрузки не возрастает, что говорит о хорошем восстановлении и функции ССС. Известно, что САД – интегральный показатель [2, 3, 4], который зависит от тонуса и периферического сопротивления сосудов, ЧСС и УО. В их регуляции

Данные изменения деятельности сердца у мальчиков МОУ 11–12 лет под воздействием функциональных проб (M ± m)

Статистики	Hr	Co	Sv	Ci	Fw	S	Hi	Ef
Положение лежа								
M±	86,67	5,17	62,52	4,37	20,19	37,81	31,41	67,52
m	3,02	0,38	5,24	0,36	2,03	4,32	2,50	0,57
Ортопроба								
M±	88,54	5,40	61,08	4,41	19,76	40,27	29,43	66,78
m	2,24	0,32	3,36	0,22	1,54	4,36	1,76	0,47
Лежа после физической нагрузки								
M±	87,98	5,21	59,86	3,80	20,36	39,67	28,93	67,89
m	2,12	0,18	3,24	0,30	1,68	3,01	1,51	0,34
Проба с умственной нагрузкой								
M±	82,94	4,60	55,43	3,84	22,70	40,78	27,47	66,70
m	2,25	0,26	2,90	0,25	1,90	3,67	1,43	0,48
Холодовая проба								
M±	82,98	4,68	53,16*	3,71	21,99	38,43	27,32	67,00
m	2,26	0,25	2,76	0,24	1,78	3,12	1,40	0,38

* – P < 0,05.

Таблица 6

Данные изменения кровообращения у мальчиков 11–12 лет под воздействием функциональных проб (M ± m)

Pi	Nisp	Nipd	ToeA	TrxA	SpO2	DO2i
70,71	106,30	61,76	37,71	252,62	98,67	538,33
1,32	0,59	0,37	2,60	3,23	0,19	48,17
Ортопроба						
76,24*	110,40	64,58***	24,73**	231,84***	98,78	531,62
1,73	1,12	0,40	2,20	2,20	0,13	32,21
Лежа после физической нагрузки						
77,28**	106,40	62,82	25,61**	245,69	97,82**	500,34
1,76	0,11	0,71	2,18	2,79	0,12	31,46
Проба с умственной нагрузкой						
73,24	108,20	62,00	28,38*	235,78**	98,67	441,05
1,84	0,81	0,46	2,28	3,02	0,12	23,34
Холодовая проба						
73,98	105,60	61,23	27,12*	238,61**	97,59***	462,94
1,76	0,81	0,59	2,91	3,50	0,11	20,89

*, **, *** – см. табл. 1, 2.

главенствующая роль отводится ВНС. Достаточно хорошее восстановление подтверждается повышением доставки кислорода к тканям. Такая динамика, по видимому, связана с ростом периферического кровообращения, что улучшает не только перфузию кровью, но и доставку питательных веществ к тканям. Нарушение адаптации к нагрузкам у этой категории детей подтверждается снижением пульсации мелких сосудов и снижением пульсации крупных сосудов. Даже при физической нагрузке пульсация крупных и мелких сосудов не изменяется.

Показатели кардиогемодинамики мальчиков 11–12 лет представлены в табл. 5. Такие же изменения наблюдались у мальчиков 11–12 лет, что и у

девочек этого же возраста. Достоверные изменения не наблюдались во всех функциональных пробах. Исключение составили показатели УО, при холодной пробе они существенно снизились (P < 0,05).

В табл. 6 представлены изменения показателей кровообращения у мальчиков 11–12 лет.

Как видно из табл. 6, интегральный индекс состояния ССС у мальчиков 11–12 лет достоверно повысился при ортопробе (P < 0,05) и после ФН (P < 0,01). Диастолическое артериальное давление значимо увеличилось только при ортопробе (P < 0,001). Амплитуда пульсации мелких сосудов достоверно снижалась во всех функциональных пробах (P < 0,05–0,01). Амплитуда пульсации крупных сосудов снизилась при ортопробе (P < 0,001), в

пробе с УН ($P < 0,01$) и при холодовом воздействии ($P < 0,001$).

Итак, указанные особенности гемодинамики компенсируются более высокой сатурацией кислорода при нагрузках, что позволяет говорить о специфичности адаптации сердечно-сосудистой системы детей. Функциональные нагрузки в большей степени вызывают гемодинамические изменения иногда и не очень эффективные, а именно, сатурация снижается при физической и холодовой пробах.

В зависимости от функционального состояния, индивидуальных особенностей и мотивации использовались различные реабилитационно-профилактические технологии в соответствии с диагностируемыми нарушениями и заболеваниями (заболевания сердечно-сосудистой системы, дыхания, опорно-двигательного аппарата, психологические нарушения и т.д.).

Литература

1. Фарбер, Д.А. Методологические аспекты изучения физиологического развития ребенка / Д.А. Фарбер, М.М. Безруких // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 8–16.
2. Конради, Г.П. Сердечный компонент системной прессорной реакции на внутриартериальное введение крови / Г.П. Конради, Л.И. Осадчий // Физиологический журнал СССР. – 1971. – Т. 57, № 3. – С. 447–456.
3. Физиология кровообращения: Физиология сосудистой системы / под ред. Б.И. Ткаченко. – Л.: Наука, 1984. – 652 с.
4. Флейшман, А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Наука, 1999. – 264 с.

Поступила в редакцию 5 июня 2008 г.