

Возрастные особенности деятельности сердца при активной ортостатической пробе

Петрова Винера Камильевна, кандидат биологических наук
Ванюшин Юрий Сергеевич, доктор биологических наук, профессор
Казанский государственный аграрный университет

Аннотация. Авторами изучены особенности деятельности сердца детей и подростков 5 – 16 лет во время активной ортостатической пробы. Рассмотрены показатели сердечной деятельности: частота сердечных сокращений, ударный и минутный объемы крови. Выявлено, что физиологическая реакция на активную ортостатическую пробу претерпевает изменения в связи с возрастными особенностями испытуемых. Полученные данные будут способствовать целесообразному построению учебного процесса в системе физического воспитания подрастающего поколения.

Ключевые слова: активная ортостатическая проба, сердечно-сосудистая система, дифференциальная реограмма, частота сердечных сокращений, ударный объем крови, минутный объем кровообращения, хронотропная реакция сердца, инотропная реакция сердца.

Важнейшей задачей, стоящей перед современной физиологией, является изучение закономерностей и особенностей развития растущего организма. Особенностью детского организма является то, что его адаптация, представляющая один из критериев здоровья, происходит в процессе функционального развития на фоне незаконченного морфогенеза [1, с. 96]. При этом каждая возрастная группа имеет свои специфические структурно-функциональные особенности.

Целью исследования явилось выявление особенностей в деятельности сердца детей и подростков при активной ортостатической пробе.

Общее количество детей и подростков, принимающих участие обследовании составило 269 человек, из них 137 мальчиков и 132 девочки в возрасте 5 – 16 лет первой группы здоровья, которые в зависимости от возраста составили 6 групп испытуемых: 5-6 лет, 7-8 лет, 9-10 лет, 11-12 лет, 13-14 лет, 15-16 лет. Данные возрастные группы были выбраны не случайно, т.к. приспособление к вертикальному положению процесс длительный и сложный. Окончательно механизм «прямостояния» формируется к подростковому возрасту.

По дифференциальной реограмме определяли ударный и минутный объемы крови (УОК, МОК), которые рассчитывали по формуле В. Кубичека с соавт. [5, с.82], в модификации Ю.Т. Пушкаря [4, с.87]. Регистрация дифференциальной реограммы осуществлялась автоматически.

Физиологическая оценка состояния деятельности сердца проводилась на основании анализа следующих показателей:

ЧСС – частоты сердечных сокращений, уд/мин;

УОК – ударного объема крови, мл;

МОК – минутного объема кровообращения, л/мин.

Показатели фиксировались до и во время выполнения активной ортостатической пробы, продолжительность которой составила 5 мин. Показатели ЧСС, УОК и МОК фиксировались в положении лежа и стоя на каждой из 5 последующих минут.

Для оценки достоверности различий нами использовались значения критерия t Стьюдента [2, с.98; 3, с.308].

Результаты ортостатической пробы представлены в таблицах 1-3.

Частота сердцебиений во всех группах испытуемых не зависимо от пола и возраста при переходе из положения лежа в положение стоя увеличилась на достоверную вели-

чину на первой минуте положения стоя (табл.1). В дальнейшем в положении стоя ЧСС в исследуемых группах не претерпела значительных изменений.

Таблица 1. Хронотропная реакция сердца (уд/мин) детей 5-16 лет на активную ортостатическую пробу

Возраст, Пол	Положение испытуемого					
	Лежа	Стоя				
		1'	2'	3'	4'	5'
М n=15 5-6 лет	91,91 ±200	103,53* ±293	106,08 ±283	104,20 ±1,89	103,64 ±225	104,69 ±275
Д n=15	90,66 ±286	99,06 * ±3,17	101,22 ±3,09	99,58 ±2,99	99,84 ±3,15	100,92 ±3,29
М n=14 7-8 лет	85,52 √ ±1,66	93,46 * ±2,02	95,06 ±1,88	94,97 ±1,97	95,57 ±1,78	96,85 ±1,95
Д n=11	84,45 √ ±1,42	92,85 * ±1,66	93,56 ±1,60	95,87 ±1,55	94,57 ±1,36	96,73 ±1,95
М n=22 9-10 лет	84,55 ±225	98,10 * ±2,55	94,17 ±2,38	96,80 ±2,90	97,48 ±2,17	95,85 ±2,85
Д n=25	82,90 ±1,95	89,85 * ±2,40	96,15 ±2,28	94,15 ±2,35	94,98 ±2,08	94,70 ±2,35
М n=31 11-12 лет	78,65 √ ±1,85	91,90 * ±1,95	93,08 ±1,75	92,65 ±1,80	94,00 ±1,98	92,65 ±1,70
Д n=25	78,10 √ ±1,45	86,65 * ±1,95	90,55 ±1,82	91,05 ±1,75	92,48 ±1,88	90,20 ±1,60
М n=27 13-14 лет	79,46 ±1,98	93,22* ±2,06	92,54 ±2,22	91,34 ±2,07	90,48 ±2,18	93,46 ±2,09
Д n=28	80,52 ±1,84	90,55 ±2,00	91,34 ±2,08	93,48 ±2,24	90,56 ±2,04	91,46 ±2,12
М n=28 15-16 лет	77,61 ±2,61	98,82 * ±2,39	93,38 ±2,21	92,93 ±2,45	89,62 ±2,16	92,04 ±2,36
Д n=28	78,22 ±2,63	94,62 * ±4,16	90,55 ±1,52	93,27 ±1,55	91,91 ±2,12	93,60 ±2,28

Примечание

* - достоверность различий между показателями в положении лежа и стоя;

√ - достоверность различий между показателями разных возрастных групп.

В группе подростков 15-16 – летнего возраста независимо от пола произошли наибольшие изменения в ЧСС на первой минуте положения стоя. Так, ЧСС в группе мальчиков увеличилась на 22,21 уд/мин, а в группе девочек на

16,40 уд/мин. Это самые значительные сдвиги в хронотропной реакции сердца при переходе испытуемых из положения лежа в положение стоя. Максимальное увеличение ЧСС при ортостатической пробе было характерно для детей и подростков, имеющих наименьшие значения данного показателя в положении лежа, т.е. для 15-16 – летних, а минимальное увеличение ЧСС для группы детей в возрасте 7-8 лет.

Таблица 2. Инотропная реакция сердца (мл) детей 5-16 лет на активную ортостатическую пробу

Возраст, Пол	Положение испытуемого					
	Лежа	Стоя				
		1'	2'	3'	4'	5'
М n=15 5-6 лет	20,59 ±1,59	19,59 ±1,33	17,33 ±1,33	18,19 ±1,18	17,75 ±1,36	18,99 ±1,21
Д n=15	21,46 ±1,94	19,30 ±1,52	17,65 ±1,63	18,37 ±1,41	17,44 ±1,71	19,35 ±2,10
М n=14 7-8 лет	40,88 ±2,55	33,46 * ±2,46	29,30 ±1,80	28,49 ±2,05	27,25 v ±1,92	26,67 ±1,88
Д n=11	35,44 ±2,14	27,80 * ±2,35	25,67 ±1,84	24,63 ±1,80	24,09 ±1,58	24,24 ±1,70
М n=22 9-10 лет	41,60 ±3,60	34,50 ±2,60	32,74 * ±2,48	30,15 ±2,30	31,17 ±2,05	30,70 ±2,05
Д n=25	42,70 ±2,55	34,45 * ±2,55	35,19 ±2,44	30,80 ±2,30	31,14 ±2,15	30,15 ±2,20
М n=31 11-12 лет	50,05 ±2,70	48,80 ±2,25	40,18 * ±1,90	35,00 ±1,85	34,17 ±1,74	33,50 ±1,70
Д n=25	54,85 ±2,90	42,05 * ±2,50	39,88 ±1,94	36,30 ±1,80	35,74 ±1,77	35,40 ±1,80
М n=27 13-14 лет	55,82 ±2,93	49,44 ±2,99	46,53* ±2,48	43,94 ±2,66	40,82 ±2,94	38,92 v ±2,90
Д n=28	56,42 ±2,80	46,08* ±3,04	44,54 ±2,98	43,09 ±3,00	40,74 ±2,79	40,48 ±2,84
М n=28 15-16 лет	60,66 ±3,90	42,69 * ±2,87	39,88 ±2,67	40,60 ±3,05	39,30 ±2,14	38,81 ±2,08
Д n=28	61,52 ±3,33	52,76 ±3,14	50,08 * ±3,54	50,00 ±3,16	48,61 ±2,36	49,08 ±2,61

Примечание

* - достоверность различий между показателями в положении лежа и стоя;

v - достоверность различий между показателями данной и предыдущей минут

Показатели УОК при переходе испытуемых из положения лежа в положение стоя во всех группах, кроме группы детей в возрасте 5 – 6 лет, уменьшались на достоверную величину (табл.2). Это отмечалось на 1-ой или 2-ой минутах положения стоя. В дальнейшем наблюдалось незначительное снижение УОК в положении стоя независимо от половых различий. Причиной этого является снижение венозного притока крови к сердцу по нижней полой вене [6, с.254].

В своих исследованиях мы наблюдали при ортостатической пробе более значительное снижение УОК у детей старшего возраста и подростков. Это происходит в результате увеличения емкости венозной системы, которая, как известно, с возрастом увеличивается. Наблюдаемые нами изменения УОК у подростков 15 – 16 лет при ортостатической пробе близки к значениям взрослых людей.

Результаты исследования свидетельствуют, что при активной ортостатической пробе наблюдался так называемый

сердечно-сосудистый дрейф [6, с.250], т.е. снижение УОК от 1 до 26,55 мл.

Таблица 3. Реакция минутного объема кровообращения (л) детей 5-16 лет на активную ортостатическую пробу

Возраст, Пол	Положение испытуемого					
	Лежа	Стоя				
		1'	2'	3'	4'	5'
М n=15 5-6 лет	1,87 ±0,13	2,01 ±0,14	1,82 ±0,13	1,88 ±0,11	1,80 ±0,11	1,93 ±0,11
Д n=15	1,95 ±0,18	1,95 ±0,13	1,82 ±0,15	1,77 ±0,12	1,78 ±0,16	1,94 ±0,18
М n=14 7-8 лет	3,49 ±0,24	3,18 ±0,25	2,85 * ±0,20	2,74 ±0,22	2,64 ±0,21	2,61 ±0,22
Д n=11	2,99 ±0,18	2,56 ±0,21	2,41 * ±0,17	2,34 ±0,18	2,31 ±0,16	2,35 ±0,18
М n=22 9-10 лет	3,50 ±0,30	3,40 ±0,30	3,08 ±0,27	2,90 ±0,25	3,05 ±0,22	2,95 ±0,20
Д n=25	3,55 ±0,25	3,10 ±0,25	3,39 ±0,26	2,90 ±0,25	2,96 ±0,21	2,85 * ±0,20
М n=31 11-12 лет	3,90 ±0,20	3,75 ±0,20	3,74 ±0,20	3,25 * ±0,20	3,22 ±0,19	3,10 ±0,20
Д n=25	4,25 ±0,20	3,65 * ±0,20	3,61 ±0,20	3,30 ±0,20	3,31 ±0,20	3,20 ±0,20
М n=27 13-14 лет	4,40 ±0,29	4,61 ±0,31	4,31 ±0,30	4,01 ±0,28	3,69* ±0,20	3,64 ±0,22
Д n=28	4,54 ±0,33	4,17 ±0,30	4,05 ±0,28	4,00 ±0,24	3,60* ±0,24	3,71 ±0,23
М n=28 15-16 лет	4,81 ±0,38	4,18 ±0,30	3,52 * v ±0,29	3,75 v ±0,29	3,52 v ±0,21	3,57 v ±0,22
Д n=28	4,83 ±0,32	5,08 ±0,45	4,57 v ±0,36	4,67 v ±0,31	4,47 v ±0,24	4,60 v ±0,27

Примечание

* - достоверность различий между показателями в положении лежа и стоя;

v - достоверность различий между показателями мальчиков и девочек

Снижение сердечного выброса в исследуемых группах выражено значительно меньше, чем ударного объема крови (табл.3). Вероятно, это обусловлено, прежде всего, рефлекторным увеличением частоты сердечных сокращений.

Так, в возрасте 5 – 6 лет мы не отмечали уменьшение МОК при смене положения тела. Незначительное понижение УОК в этой возрастной группе компенсируется увеличением ЧСС, поэтому МОК остается достаточно стабильным ($p > 0,05$). Следовательно, основным механизмом в поддержании МОК в этих условиях является хронотропный, т.к. УОК практически не меняется.

Несмотря на значительное повышение ЧСС у детей и подростков других возрастных групп снижение МОК с возрастом увеличивается. Так, это наблюдается в группах детей 7 – 8 лет, 11 – 12 лет и подростков 13 - 14 и 15 – 16 - летнего возраста. Вероятно, в этих группах частота сердцебиений не полностью компенсирует снижение УОК. На первой минуте уменьшение МОК отмечалось в группе девочек 11 – 12 лет, что вероятнее всего, связано с периодом нейроэндокринной перестройкой, т.к. девочки этого возраста находились на 2-ой и 3-ей стадии полового созревания. В этом случае более выраженный ответ МОК при изменении положения тела следует считать подростковой нормой.

Межполовые различия в показателях МОК при смене положения тела проявились только в группе 15 – 16-

летних подростков, что, по-видимому, связано с неадекватной реакцией со стороны показателей центральной гемодинамики у девушек этого возраста на ортостатическую пробу.

Таким образом, физиологическая реакция на активную ортостатическую пробу детей и подростков разных возрастных групп проявилась изменением всех показателей деятельности сердца.

Выводы:

1. Ежеминутная регистрация электрокардиограммы позволила нам установить, что наибольшие изменения в частоте сердечбиений, независимо от возраста, происходят на первой минуте положения стоя. Максимальное увели-

чение ЧСС при ортостатической пробе было характерно для подростков, имеющих наименьшие значения данного показателя в положении лежа для группы 15-16-летних, а минимальное увеличение ЧСС отмечалось в группе детей 7-8 лет.

2. Наибольшее снижение УОК при активной ортостатической пробе наблюдалось у детей 11-12 лет и подростков 13-14 и 15-16 лет. Наблюдаемые нами изменения УОК у подростков 15 – 16 лет при ортостатической пробе близки к значениям взрослых людей.

3. Основным механизмом в поддержании стабильного МОК при активной ортостатической пробе является хронотропная реакция сердца.

Литература:

1. Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р. «Реакция кардиореспираторной системы спортсменов на позно-тоническую и фазную деятельность», Казань, 2018.- 140 с.
2. Иванов В.С., «Основы математической статистики» Учебное пособие для институтов физической культуры.- М.: Физкультура и спорт, 1990. - 165 с.
3. Лакин Г.Ф., «Биометрия». Учебное пособие для биологических специальностей ВУЗов - 4-е изд., переработанное и доп. – М: Высшая школа, 1990. – 352 с.
4. Пушкарь Ю.Т., В.М. Большов, Г.И. Хеймец, и др. «Определение сердечного выброса методом тетраполярной грудной реографии и его метрологические возможности». Кардиология. – 1977. – т.27. - №7. – С.85-90.
5. Kubicek W.G., From AH, R.P. Patterson, D.A. Witsoe, A. Castaneda, R.C. Lillehei, R. Ersek, «Impedance cardiography as a noninvasive means to monitor cardiac function». J Assoc Adv Med Instrum 1970, 4:79-84. [PubMed Abstract](#)
6. Turley K. R., «Cardiovascular responses to exercise in children». Sports. Med. – 1997. - Vol. 24.- № 4. – 3. 241-257.