

А. А. ГАЛСТЯН

## ДИНАМИКА СОКРАЩЕНИЯ ЛЕВОГО И ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ

Для установления сократительной способности миокарда желудочков и состояния гемодинамики широко применяется регистрация комплексно-синхронных кривых, электрокардиограммы, фонокардиограммы, реограммы, сфигмограммы сонной артерии, отражающих электрическую и механическую активность сердца [3—6, 8—13]. С целью изучения механизма сокращения сердца мы проводили фазовый анализ левого и правого желудочка у 200 здоровых детей с помощью кардиологического венгерского комплекса «Орион» ЭКГ-5—01 при скорости движения ленты 100 мм/сек.

Обследованные дети были подразделены по возрасту на 3 группы: I группа—61 ребенок в возрасте 7—9 лет; II группа—65 детей 10—12 лет; III группа—74 ребенка 13—15 лет. По частоте ритма сердечных сокращений дети были подразделены на пять групп с разницей 10 пульсовых ударов в каждой группе (табл. 2). Для анализа внутрисистолических фаз левого желудочка применялся метод поликардиографии, а правого—метод реографии с легочной артерии при синхронной регистрации с электрокардиограммой и фонокардиограммой. Расчет длительности внутрисистолических фаз проводили в свете методологий Блюмбергера, В. Л. Карпмана, З. Л. Долабчяна. В табл. 1 приведены данные динамики сокращения левого и правого желудочков, обработанные методом вариационной статистики, в зависимости от возраста обследуемых детей. Нами выявлена четкая и определенная зависимость продолжительности внутрисистолических фаз левого и правого желудочков от возраста. Длительность фазы асинхронного сокращения зависит от скорости давления наполнения желудочков, состояния проводниковой системы сердца и обменных процессов в миокарде [5, 6, 14—16]. Фаза изометрического сокращения находится в тесной связи с величиной диастолического давления в крупных сосудах, сократительной способностью миокарда, градиентом давления в системе желудочки—крупные сосуды, периферическим сопротивлением, инотропным и хронотропным нервным влиянием [7, 15]. Фаза асинхронного сокращения левого желудочка у детей 7—16 лет определяется от  $0,0545 \pm 0,0053$  до  $0,0589 \pm 0,0034$  сек, а правого—от  $0,0657 \pm 0,0053$  до  $0,0738 \pm 0,0059$  сек. Фаза изометрического сокращения миокарда левого желудочка длится от  $0,0244 \pm 0,0055$  до  $0,0257 \pm 0,0057$  сек, а правого—от  $0,0232 \pm 0,0067$  до  $0,0257 \pm 0,0064$  сек. У исследуемых детей (7—15 лет) весь период напряжения левого и пра-

вого желудочков определяется соответственно: от  $0,0788 \pm 0,0085$  до  $0,0840 \pm 0,0064$  сек. и от  $0,0890 \pm 0,0082$  до  $0,0991 \pm 0,0082$  сек. Таким образом, на длительность составляющих периода напряжения влияет также возраст исследуемых детей. Продолжительность фазы изотонического сокращения зависит, по литературным данным [3, 6, 17, 15], от частоты ритма сердечных сокращений, величины ударного объема, диастолического давления в крупных сосудах, тонуса миокарда, состояния клапанного аппарата сердца. У детей младшего возраста фаза изотонического сокращения левого и правого желудочков короче, чем у детей старшего возраста: фаза левого желудочка равняется от  $0,2726 \pm 0,0190$  до  $0,2887 \pm 0,0172$  сек, а правого—от  $0,2780 \pm 0,0390$  до  $0,3002 \pm 0,0186$  сек. При этом фаза быстрого изгнания крови, в течение которой в крупные сосуды выбрасывается  $2/3$  ударного объема, колебалась: левого желудочка—от  $0,0832 \pm 0,0112$  до  $0,0887 \pm 0,0114$  сек, а правого—от  $0,1155 \pm 0,0164$  до  $0,1207 \pm 0,0163$  сек. Из анализа временных соотношений фаз систолы левого и правого желудочков выявилось, что динамика их сокращения различна. Асинхронное сокращение правого желудочка продолжительнее, чем левого, и приводит к удлинению его периода напряжения.

Составляющие фазу изотонического сокращения миокарда левого и правого желудочков также разнятся по своей длительности. Оказалось, что фаза быстрого изгнания крови правого желудочка продолжительнее, чем левого, а фаза редуцированного изгнания—короче. Асинхронные величины динамики левого и правого желудочков активно влияют на механический коэффициент Блумбергера, отражающий ударный объем желудочков, и на внутренний коэффициент систолы. У здоровых детей механический коэффициент левого желудочка больше (3,44—3,40), чем правого (3,21—3,08), во всех возрастных группах. Внутренний коэффициент систолы левого желудочка (28,88—29,12) меньше, чем правого (30,65—32,57), ввиду большей величины длительности периода напряжения последнего. Исследование КПИ желудочков показало, что фаза изотонического сокращения левого желудочка составляет 91%, а правого—92% длительности всей механической систолы. Длительность механической систолы левого желудочка составляет 91—89% электрической систолы, а правого—94—92%. Продолжительность систолических эквивалентов у здоровых детей (табл. 1) находится в прямой зависимости от возраста; во всех возрастных группах механическая систола короче электрической и электромеханической. Систолические эквиваленты правого желудочка продолжительнее левого, что отражается на показателях их взаимоотношений. Особенностью этих показателей у здоровых детей от 7 до 16 лет является их незначительное колебание в зависимости от возраста. Отношение длительности электромеханической систолы к длительности электрической систолы в абсолютных величинах левого желудочка колеблется от  $1,084 \pm 0,052$  до  $1,064 \pm 0,048$ , а правого  $1,162 \pm 0,089$ — $1,141 \pm 0,059$ , а к длительности механической систолы соответственно от  $1,171 \pm 0,040$  до  $1,187 \pm 0,017$  и от  $1,203 \pm 0,022$  до  $1,233 \pm 0,068$ .

Таблица 1

Динамика сокращения левого и правого желудочков сердца и некоторые показатели гемодинамики у здоровых детей в зависимости от возраста

	7—9 лет (61 ребенок)				10—12 лет (65 детей)				13—15 лет (74 ребенка)			
	Левый же- лудочек		Правый же- лудочек		Левый же- лудочек		Правый же- лудочек		Левый же- лудочек		Правый же- лудочек	
	М	S±	М	S±	М	S±	М	S±	М	S±	М	S±
Фаза асинхронного сокращения в сек.	0,0545	0,0053	0,0657	0,0055	0,0547	0,0052	0,0698	0,0056	0,0589	0,0034	0,0738	0,0059
Фаза изометрического сокращения в сек.	0,0244	0,0055	0,0232	0,0067	0,0252	0,0055	0,0246	0,0068	0,0257	0,0057	0,0257	0,0064
Период напряжения в сек.	0,0788	0,0085	0,0890	0,0082	0,0800	0,0074	0,0944	0,0080	0,0840	0,0064	0,0991	0,0082
Период изотонического сокращения в сек.	0,2726	0,0190	0,2780	0,0390	0,2749	0,0158	0,2880	0,0162	0,2887	0,0172	0,3002	0,0186
Фаза быстрого изгнания в сек.	0,0822	0,0112	0,1155	0,0164	0,0841	0,0107	0,1140	0,0155	0,0887	0,0114	0,1207	0,0163
Фаза редуцированного изгнания в сек.	0,1907	0,0137	0,1704	0,0180	0,1907	0,0137	0,1738	0,0187	0,2000	0,0161	0,1795	0,0184
Электрическая систола в сек.	0,3247	0,0213	0,3247	0,0213	0,3272	0,0178	0,3272	0,0178	0,3484	0,0210	0,3484	0,0210
Механическая систола в сек.	0,2990	0,0193	0,3122	0,0185	0,3026	0,0169	0,3123	0,0173	0,3121	0,0179	0,3218	0,0165
Электромеханическая систола в сек.	0,3536	0,0229	0,3768	0,0194	0,3573	0,0194	0,3821	0,0191	0,3708	0,0196	0,3961	0,0208
$\frac{Q-2T}{Q-T}$	1,084	0,052	1,162	0,089	1,089	0,048	1,166	0,057	1,064	0,048	1,141	0,059
$\frac{Q-2T}{S_m}$	1,171	0,040	1,203	0,022	1,181	0,018	1,220	0,022	1,187	0,017	1,233	0,068
$\frac{Q-T}{S_m}$	1,078	0,055	1,030	0,057	1,083	0,049	1,050	0,054	1,117	0,060	1,076	0,057
КПН в процентах	22,83	1,68	23,91	1,59	22,84	1,30	24,66	1,49	22,91	1,29	24,84	1,88
КПИ в процентах	91,60	1,58	92,52	1,77	91,38	1,67	91,98	1,80	91,54	1,74	91,48	1,88
МЭП в процентах	91,27	3,79	94,59	4,38	91,10	3,87	95,01	4,47	89,85	4,81	92,98	4,88
В К С	28,88	2,58	30,65	2,46	28,93	2,20	32,09	2,11	29,12	2,47	32,57	2,82
Механический коэффициент	3,44	0,34	3,21	0,27	3,44	0,27	3,07	0,28	3,40	0,28	3,08	0,36
Скорость подъема давления мм/сек.	2258,6	808,7	—	—	2388,8	751,0	—	—	2670,8	877,5	—	—

Таблица 2

Динамика сокращения левого и правого желудочков сердца и некоторые показатели гемодинамики у здоровых детей в зависимости от частоты ритма

Частота ритма	60—70 (45 детей)				71—80 (45 детей)				81—90 (58 детей)				91—100 (33 ребенка)				101—115 (12 детей)			
	Левый же- лудочек		Правый же- лудочек		Левый же- лудочек		Правый желудочек	Левый же- лудочек		Правый же- лудочек		Левый же- лудочек		Правый же- лудочек		Левый же- лудочек		Правый же- лудочек		
	М	S±	М	S±	М	S±		М	S±	М	S±	М	S±	М	S±	М	S±	М	S±	
Фаза асинхронного сокращения в сек.	0,0595	0,0020	0,0737	0,0064	0,0575	0,0042	0,0711	0,0053	0,0556	0,0049	0,0700	0,0058	0,0512	0,0040	0,0648	0,0049	0,0483	0,0037	0,0616	0,0055
Фаза изометрического сокращения в сек.	0,0266	0,0066	0,0262	0,0070	0,0259	0,0056	0,0251	0,0063	0,0256	0,0049	0,0246	0,0067	0,0221	0,0040	0,0209	0,0051	0,0191	0,0027	0,0216	0,0055
Период напряжения в сек.	0,0862	0,0073	0,1000	0,0089	0,0835	0,0064	0,0962	0,0070	0,0813	0,0065	0,0946	0,0083	0,0733	0,0053	0,0857	0,0060	0,0575	0,0043	0,0833	0,0047
Период изотонического сокращения в сек.	0,3006	0,0128	0,3111	0,0135	0,2835	0,0082	0,2942	0,0132	0,2750	0,0091	0,2874	0,0123	0,2596	0,0111	0,2763	0,0122	0,2375	0,0092	0,2541	0,0155
Фаза быстрого изгнания в сек.	0,0926	0,0114	0,1266	0,0146	0,0861	0,0084	0,1201	0,0156	0,0843	0,0106	0,1124	0,0133	0,0784	0,0095	0,1096	0,0140	0,0716	0,0087	0,0983	0,0151
Фаза редуцированного изгнания в сек.	0,2062	0,0191	0,1844	0,0174	0,1974	0,0115	0,1740	0,0192	0,1906	0,0114	0,1750	0,0177	0,1806	0,0122	0,1663	0,0129	0,1658	0,0114	0,1558	0,0160
Электрическая систола в сек.	0,3580	0,0180	0,3580	0,0180	0,3411	0,0136	0,3411	0,0136	0,3277	0,0150	0,3277	0,0150	0,3084	0,0118	0,3084	0,0118	0,2950	0,0086	0,2950	0,0086
Механическая систола в сек.	0,3255	0,0142	0,3335	0,0147	0,3087	0,0103	0,3175	0,0112	0,3008	0,0100	0,3117	0,0113	0,2875	0,0095	0,2987	0,0127	0,2608	0,0132	0,2808	0,0184
Электромеханическая систола в сек.	0,3851	0,0148	0,4073	0,0179	0,3662	0,0111	0,3890	0,0120	0,3565	0,0113	0,3822	0,0142	0,3390	0,0111	0,3642	0,0141	0,3091	0,0125	0,3425	0,0192
$\frac{Q-T}{S_m}$	1,105	0,069	1,068	0,060	1,102	0,046	1,069	0,052	1,086	0,056	1,043	0,060	1,067	0,044	1,028	0,055	1,130	0,057	1,052	0,054
$\frac{Q-2T}{S_m}$	1,175	0,024	1,226	0,089	1,186	0,016	1,218	0,024	1,176	0,037	1,221	0,020	1,182	0,022	1,213	0,025	1,182	0,019	1,219	0,025
$\frac{Q-2}{Q-T}$	1,075	0,051	1,137	0,054	1,070	0,042	1,140	0,052	1,084	0,055	1,163	0,060	1,098	0,047	1,177	0,059	1,047	0,045	1,157	0,057
К П Н в %	22,51	1,55	24,68	1,78	23,09	1,30	24,68	1,52	23,20	1,32	24,50	2,04	22,42	1,27	23,90	0,99	22,41	1,84	24,50	0,95
К П И в %	91,46	1,96	92,51	1,92	91,44	1,70	91,87	1,80	91,29	1,48	91,77	1,86	92,12	1,55	92,72	1,54	92,16	1,21	92,16	1,67
М Э П в %	91,11	4,35	94,04	4,80	90,25	4,21	93,12	4,51	91,51	4,24	94,72	4,76	91,48	3,87	95,84	4,51	87,25	4,43	93,16	4,84
В К С	28,64	2,74	31,75	2,61	29,25	2,46	32,03	2,30	29,37	2,29	32,25	2,88	28,21	1,96	30,60	2,26	28,66	2,4	32,41	2,69
Механический коэффициент	3,48	0,36	3,11	0,26	3,39	0,28	3,08	0,31	3,36	0,27	3,05	0,28	3,52	0,24	3,21	0,21	3,50	0,33	3,00	0,23
Скорость подъема давления в мм сек.	2506,4	1033,7	—	—	2356,8	679,3	—	—	2390,0	625,8	—	—	2592,4	493,8	—	—	3290,0	989,5	—	—

Взаимоотношение же длительности электрической и механической систол левого желудочка определяется в пределах от  $1,078 \pm 0,055$  до  $1,117 \pm 0,060$ , а правого—от  $1,030 \pm 0,057$  до  $1,076 \pm 0,057$ . Скорость повышения внутрилевожелудочкового давления сердца у здоровых определяется в пределах  $2258,6 \pm 808,7$ — $2670,8 \pm 877,5$  мм/сек. В настоящей работе нами приводятся также данные о взаимоотношениях внутрисистолических фаз левого и правого желудочков в зависимости от длительности сердечного цикла (табл. 2). Укорочение продолжительности периодов напряжения и изгнания отмечено при учащении ритма [15]. Установлено, что укорочение продолжительности периода напряжения при учащении ритма происходит главным образом за счет уменьшения фазы изометрического сокращения миокарда, а фаза асинхронного сокращения остается без изменений [6, 14, 16]. В последнее время намечается обратная связь между фазой асинхронного сокращения и частотой ритма сердца [7]. Мы изучили динамику сердца у пяти групп с различной частотой ритма (табл. 2). При ритме сердца 60—115 в мин. данные указывают на достоверную связь между длительностью сердечного цикла и составляющих период напряжения—фазами асинхронного и изометрического сокращения. Оказалось, что при редком сердечном ритме асинхронное и изометрическое сокращения левого и правого желудочков протекают дольше, чем при частом ритме. В I группе с частотой ритма сердца 60—70 в мин. фаза асинхронного сокращения левого желудочка длится  $0,0595 \pm 0,0020$  сек., а правого— $0,0737 \pm 0,0064$  сек., изометрическое же сокращение определяется соответственно  $0,0266 \pm 0,0066$  и  $0,0262 \pm 0,0070$  сек. У детей V группы (ритм сердца в пределах 101—115 в мин.) эти фазы протекают намного быстрее: фаза асинхронного сокращения левого желудочка  $0,0483 \pm 0,0037$  сек., правого  $0,0616 \pm 0,0055$  сек., а изометрическое сокращение, соответственно,  $0,0191 \pm 0,0027$  и  $0,0216 \pm 0,0055$  сек. Таким образом, период напряжения правого желудочка во всех группах продолжительнее, чем левого, в связи с чем величины ВКС и КПН повышаются. Длительность времени выброса крови в аорту и легочную артерию тем продолжительнее, чем реже сердечный ритм, и наоборот. У нас в Союзе В. Л. Карпман впервые описал и дал формулу  $E = 0,109 \times C + 0,159$  и  $E_n = 0,324 \sqrt{C} - 0,031$ , отражающую взаимоотношение между величиной фазы изотонического сокращения и длительностью сердечного цикла. Сопоставление истинных величин фазы изотонического сокращения с определенными по формуле В. Л. Карпмана показало их несовпадение [1, 2], что объясняется разной методикой определения длительности фазы изотонического сокращения. По нашим данным время выброса крови в аорту при ритме сердца 60—115 в мин. равняется от  $0,3006 \pm 0,0128$  до  $0,2375 \pm 0,0092$  сек., а в легочную артерию— $0,3111 \pm 0,0135$  до  $0,2541 \pm 0,0155$  сек. Фаза быстрого изгнания левого желудочка при этом определяется в пределах  $0,0926 \pm 0,0114$ — $0,0716 \pm 0,0087$  сек., а правого  $0,1266 \pm 0,0146$ — $0,0983 \pm 0,0151$  сек. Таким образом, фаза изотонического сокращения и быстрого изгнания крови левого желудочка при ритме 60—115 в мин. короче, чем правого желу-

дочка, КПИ которого в связи с этим несколько выше. Для определения должной величины фазы изотонического сокращения миокарда левого и правого желудочков мы предлагаем применять видоизмененные формулы В. Л. Карпмана:  $E_{\text{л}} = 0,109 \times C + 0,190$  и  $E_{\text{п}} = 0,109 \times C + 210$ . Зависимость длительности механической и электромеханической систол от ритма разработана В. Л. Карпманом:  $S_{\text{мл}} = 0,114 \times C + 0,185$ ,  $S_{\text{мп}} = 0,324\sqrt{C}$  (для механической систолы) и  $S_{\text{л}} = 0,120 \times C + 0,235$  (для электромеханической). По нашим данным при ритме сердца 60—115 в мин. механическая систола левого желудочка равна от  $0,3255 \pm 0,0142$  до  $0,2608 \pm 0,0132$  сек., а правого—от  $0,3335 \pm 0,0147$  до  $0,2808 \pm 0,0184$  сек.; электромеханическая систола, соответственно, от  $0,3851 \pm 0,0148$  до  $0,3091 \pm 0,0125$  сек. и от  $0,4073 \pm 0,0179$  до  $0,3425 \pm 0,0192$  сек. Сопоставление истинных величин длительности механической и электромеханической систол с определенными по формуле В. Л. Карпмана показало, что у детей можно применить эти уравнения, несколько видоизменив их: для механической систолы левого желудочка  $S_{\text{мл}} = 0,114 \times C + 0,215$ , правого  $S_{\text{мп}} = 0,114 \times C + 0,225$ , а электромеханической, соответственно,  $S_{\text{л}} = 0,120 \times C + 0,265$  и  $S_{\text{п}} = 0,120 \times C + 0,285$  с допустимым отклонением  $\pm 0,015$ . Наши исследования скорости повышения внутрилевожелудочкового давления еще раз подтвердили положение В. Л. Карпмана, что при более короткой длительности сердечного цикла она выше, чем при длинных (табл. 2).

Таким образом, в результате проведенных исследований нами выявлены характерные особенности динамики сокращений левого и правого желудочков у здоровых детей в зависимости от возраста и ритма сердца.

Ереванский государственный  
медицинский институт

Поступило 13/ХІІ 1968 г.

Ա. Ա. ԳԱԼՏՅԱՆ

ԱՌՈՂՁ ԵՐԵՎԱՆԵՐԻ ԽՈՏ ՄՐՏԻ ԱՁ ԵՎ ՁԱԽ ՓՈՐՈՔՆԵՐԻ ԿԾԿՄԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

7-ից մինչև 16 տարեկան հասակի 200 առողջ երեխաների մոտ ուսումնասիրված է աջ և ձախ փորոքների փուլային գործունեությունը կախված տարիքից և սրտի կծկման ռիթմից: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տրվել, որ գոյություն ունի որոշակի օրինաչափություն ներսիստոլային փուլի տևողության, սիստոլային էկվիվալենտի և տարիքի ու սրտի ռիթմի միջև:

Ստացված տվյալները մշակված ստատիստիկ ճանապարհով բացահայտել են նաև սրտի փորոքների գործունեության որոշակի ասինխրոնիզմ:

A. A. GALSTIAN

CONTRACTION DYNAMICS OF LEFT AND RIGHT  
HEART VENTRICLES IN HEALTHY CHILDREN

## S u m m a r y

In 200 healthy children aging 7 to 16 years, the phasic structure of left and right ventricles has been studied in relation to the age and cardiac rhythm. A definite regularity has been discovered between the duration of introsystolic phases, systole equivalents, cardiac rhythm and age. The statistically processed data have shown some asynchronism in the activity of the ventricles.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Галстян А. А. Педиатрия, 1962, 7, 49.
2. Галстян А. А. Журнал exper. и клин. медицины АН Арм. ССР, 1966, 6, 1, 32.
3. Долабчан Э. Л. Синтетическая электрокардиография. Ереван, 1963.
4. Зубиашвили И. Л. Продолжительность фаз и подфаз механической систолы желудочков сердца у здоровых детей и некоторые патологические изменения ее при бронхиальной астме. Автореферат дисс. Тбилиси, 1965.
5. Карпман В. Л., Савельев В. Д. Физиолог. журн. СССР им. Сеченова. 1960, 46, 3, 310.
6. Карпман В. Л. В кн. «Физиология и патология сердца». М., 1963, 240.
7. Карпман В. Л. Сердце и спорт. М., 1968.
8. Мазо Р. Э. Инструментальные методы исследования сердца в педиатрии. Минск, 1964.
9. Осолкова М. К. Функциональная диагностика заболеваний сердца у детей. М., 1964.
10. Петросян Ю. С., Васильев И. Т. Кардиология, 1968, 7, 110.
11. Приоров А. А. Динамика функционального состояния миокарда у больных ревматизмом в процессе лечения. Автореферат дисс. Волгоград, 1967.
12. Пушкарь Ю. Т. Кардиология, 1968, 4, 55.
13. Тумановский Ю. М. Гемодинамические нарушения и изменение сократительной способности миокарда левого и правого желудочков при ревматических пороках сердца по данным комплексно-синхронного метода исследования. Автореферат дисс. Воронеж, 1966.
14. Фельдман С. Б. Клиническая медицина, 1960, 3, 119.
15. Blumberger K. Die Anspannungszeit und Austreibungszeit beim Menschen. Arch. Kreislaufforsch, 1940, 6, 203.
16. Holldack K. Die Bedeutung der Umformungs und Drucnanstiegszeit für die Herzdynamik. Deutsche Arch. Klin. Med. 1951, 198.
17. Blumberger K. Die Herzinsufficiens. Klinik der Gogenward, 1958, 6, 1.