

А.Г. Ященко, О.М. Вдовиченко

## Особливості фазової структури серцевого циклу у дітей молодшого шкільного віку

*За допомогою методу тетраполярної імпедансної реоплетизмографії вивчали фазову структуру серцевого циклу у дітей молодшого шкільного віку. Показано, що скорочення тривалості серцевого циклу у дітей зумовлене насамперед зменшенням тривалості загальної діастолі, яка становить у шестирічних дітей 48 %. З віком тривалість серцевого циклу зростає. У дітей 6 років середнє значення цього показника становить  $0,636 \pm 0,017$  с, у 12 років –  $0,702 \pm 0,020$  с. Найменше значення тривалості серцевого циклу виявлене у дітей 10 років ( $0,617 \pm 0,018$  с). У дітей 9–11 років спостерігається також погіршення скоротливої функції серцевого м'яза.*

*Ключові слова: фазова структура серцевого циклу, діти молодшого шкільного віку.*

### ВСТУП

Перші дослідження процесів, які зумовлюють діяльність серця – скорочення (систолу) та розслаблення (діастолу) пов'язують з ім'ям Гарвея [3]. В його роботі «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных», опублікованої у 1628 р., говориться про поділ скорочення серцевого м'яза на окремі фази – період напруження та викиду крові з шлуночків серця до судин.

Подальший етап досліджень у цьому напрямку – XIX століття – характеризується використанням серії різних методичних підходів (динамо-, електро- та фоно-, полікардіографія, електрокімографія), які дали змогу вимірювати окремі короткочасні фази скоротливого процесу серця [11, 12, 15, 18].

Найбільший внесок у формування сучасних уявлень про тривалість окремих фаз серцевого циклу внесли Wiggers [8], Blumberger [10], Hollback [14], Карпман [5]. Завдяки даним досліджень цих авторів вивчення фазової структури серцевого циклу по праву зайняло своє місце в арсеналі фізіологічних досліджень серцево-судинної системи [6, 18]. Разом з тим дотепер структура серцевого ци-

клу дитини досліджена недостатньо. Окремі публікації [1, 2, 4, 7, 13, 16], проведені з використанням різних методик, не дають змоги однозначно оцінювати тривалість окремих фаз серцевого циклу у дітей різного віку.

Мета нашого дослідження - вивчення тривалості середніх значень основних фаз серцевого циклу у дітей молодшого шкільного віку (6–12 років).

### МЕТОДИКА

У дослідженні, яке проводили вранці у положенні сидячи, брали участь 128 учнів київських міських шкіл віком від 6 до 12 років.

Абсолютні і відносні значення тривалості окремих фаз серцевого циклу вивчали за допомогою методу імпедансної тетраполярної реоплетизмографії (реоаналізатор «ReoCom ХАІ»). Реєстрували тривалість серцевого циклу (ТСЦ), загальної та механічної систоли (ТЗС і ТМС), періоду напруження (ПН) та його складових – фази асинхронного та ізометричного скорочення (ФАС та ФІС), а також періоду викиду крові (ПВ) та його фаз – швидкого та повільного (ФШВ та ФПВ). Вимірювали абсолютні значення вищезазна-

чених складових і розраховували відносні: 1) відношення тривалості окремого складника до значення ТСЦ; 2) щорічні зміни значень тривалості окремого складника серцевого циклу до ТСЦ; 3) аналізували вираженість щорічних змін кожного складника серцевого циклу відносно відповідних значень у 6-річної дитини.

Отримані кількісні характеристики обробляли за допомогою математичної статистики – обраховували середньоарифметичні абсолютні значення кожного складника ( $\bar{x}$ ), помилку середнього ( $\pm m$ ), квадратне відхилення від середнього ( $\sigma$ ) та вірогідність змін досліджуваних показників за критерієм t Стьюдента (Statistika 6).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що ТСЦ у дітей менша, ніж у дорослої людини ( $0,811 \pm 0,020$  с), що зумовлено істотним зменшенням тривалості загальної діастоли (ТЗД). За нашими результатами у дітей 6 років остання становить 47,49 %, тоді як у дорослої людини вона перевищує 50,00 % (до 74,07 %). Незважаючи на те, що ТСЦ у дітей 6 років приблизно на 21,58 % менша за таку у дорослої людини, ТЗС у шестирічної дитини менша всього на 2,91 %, ніж у дорослої людини.

Ми вивчали значення ТСЦ у дітей від 6 до 12 років та проаналізували вираженість

їх змін (табл. 1).

Найбільш виражено змінюється абсолютне та відносне значення ТСЦ у дітей 12 років. Слід відмітити зменшення вираженості зростання ТСЦ у дітей 9, 10 та 11 років. У віці 10 років цей показник стає навіть меншим, ніж у 6-річних дітей.

Нами також визначені абсолютні значення ТЗС, ТМС та проаналізовано щорічні зміни цих показників у дітей молодшого шкільного віку (табл. 2).

Слід відмітити, що абсолютні середні значення ТЗС і ТМС з віком зростають, але питома маса тривалості цих складників відносно ТСЦ при цьому зменшується, найбільше значення спостерігається у дітей 10 років. Подібний характер щорічних змін значень ТМС виявлено також у дітей 9–11 років.

Як відомо, систола шлуночків складається із 2 складників – ПН та ПВ. У свою чергу у ПН розрізняють 2 фази, а саме ФАС та ФІС [5, 14].

За даними багатьох авторів тривалість ПН не залежить або мало залежить від ритму скорочень серця, тому вивчення її щорічних змін у дітей молодшого шкільного віку надає більш широкі можливості для оцінки виявлених відмінностей порівняно зі здоровою дорослою людиною.

Як видно з результатів, тривалість абсолютного середнього значення ПН у дітей молодшого шкільного віку здебільшого пе-

Таблиця 1. Середні значення тривалості серцевого циклу та щорічні зміни у дітей 6–12 років

Вік, роки	Тривалість серцевого циклу		
	$\bar{x} \pm m, c$	%	$\Delta, \%$
6 (n=10)	0,636 $\pm$ 0,017	78,42	21,58
7 (n=20)	0,674 $\pm$ 0,022	83,11	16,89
8 (n=13)	0,684 $\pm$ 0,031	84,34	15,66
9 (n=13)	0,652 $\pm$ 0,017	80,39	19,61
10 (n=10)	0,617 $\pm$ 0,018	76,08	23,92
11 (n=13)	0,642 $\pm$ 0,024	79,16	20,84
12			
хлопчики (n=24)	0,702 $\pm$ 0,020*	86,56	13,44
дівчатка (n=25)	0,702 $\pm$ 0,019*	86,56	13,44

\*P < 0,05 порівняно з шестирічними.

Таблиця 2. Середні значення тривалості (с) загальної та механічної систоли у дітей молодшого шкільного віку

Вік, роки	Загальна систола		Механічна систола	
	$\bar{X} \pm m, c$	%	$\bar{X} \pm m, c$	%
6 (n =10)	0,334±0,008	52,51	0,267±0,011	41,98
7 (n =20)	0,339±0,005	50,29	0,269±0,005	39,91
8 (n =13)	0,305±0,017	44,59*	0,230±0,017	33,62*
9 (n = 13)	0,348±0,004	53,37	0,275±0,005	42,18
10 (n = 10)	0,340±0,006	55,10	0,277±0,007	44,89
11 (n = 13)	0,343±0,010	53,42	0,261±0,009	40,05
12				
хлопчики (n =24)	0,361±0,017	51,42	0,271±0,004	38,61
дівчатка (n = 25)	0,360±0,019	51,28	0,265±0,016	37,75

\*P = 0,03; \*\*P = 0,01.

ревищує таку у дорослих; лише у віці 6, 8 та 12 років (хлопчики) вони збігаються. Деякі автори [5, 10, 14, 17] визначали значення ПН у межах від 0,081 до 0,097 с.

Нами показано, що тривалість ПН з віком зменшується, але у 9–12-річних дітей знову зростає. Подовження тривалості ПН багатьма дослідниками розцінюється як погіршення функціональної здатності серцевого м'яза. Тому що цей період є лише підготовчим для наступного періоду систоли, під час ПН не реалізується корисна енергія його скорочення, а саме не відбувається викид внутрішньошлуночкового об'єму крові до судин. Таким чином, очевидно, що значне збільшення тривалості ПН у дітей 9–11 років, слід розцінювати як ознаку певної функціонального напруження в діяльності серця.

Відносне подовження тривалості ПН у дітей 9–11 років порівняно зі школярами 6–8 та 12 років зумовлене збільшенням тривалості переважно ФІС.

На думку Карпмана [5] середнє значення ФІС у здорової дорослої людини в стані спокою не перевищує 0,05 с і знаходиться в межах від 0,02 до 0,05 с. Як видно з результатів, наведених у табл. 3, тривалість ФІС у дітей молодшого шкільного віку знаходиться в межах 0,025–0,047 с; окремо слід відмітити відносне збільшення значення цього показника у дітей 9–11 років.

Відповідно до сучасних уявлень про фізіологічне значення тривалості складових серцевого циклу та їх змін, скорочення ФІС розцінюється як реальна ознака збільшення потужності серцевого скорочення.

Таблиця 3. Середні значення тривалості періоду напруження (ПН) та його складових – фази асинхронного та ізометричного скорочення (ФАС, ФІС) у дітей молодшого шкільного віку

Вік, роки	ПН		ФАС		ФАС/ПН · 100 %	ФІС		ФІС/ПН · 100 %
	$\bar{X} \pm m, c$	%	$\bar{X} \pm m, c$	%		$\bar{X} \pm m, c$	%	
6 (n=10)	0,110±0,004	15,72	0,067±0,004	10,53	67,00	0,033±0,004	5,18	33,00
7 (n=20)	0,103±0,003	15,28	0,069±0,005	10,24	66,99	0,032±0,003	4,75	31,06
8 (n=13)	0,100±0,003	14,62	0,075±0,004	10,96	75,00	0,025±0,003*	3,65	25,00*
9 (n=13)	0,112±0,004	17,18	0,073±0,005	11,20	65,18	0,039±0,004	5,98	34,82
10 (n=10)	0,107±0,004	17,34	0,061±0,005	9,89	57,01*	0,047±0,005	7,62	43,92
11 (n=13)	0,112±0,005	17,44	0,082±0,005	12,77	73,21	0,034±0,003	5,29	30,36
12								
хлопчики (n=24)	0,102±0,003	14,53	0,070±0,003	9,97	68,63	0,032±0,002	4,56	31,38
дівчатка (n=25)	0,110±0,002	15,67	0,078±0,002	11,11	70,91	0,032±0,002	4,56	29,09*

P=0,03.

Нами також визначені значення тривалості другого періоду систоли – ПВ. Тривалість ПВ відносно ТСЦ, починаючи з віку 8 років, зменшується. Але враховуючи той факт, що в цьому віці ТСЦ є меншою, ніж у 11 років питома маса тривалості цього показника є різною: у 8 років вона становить 29,97 %, тоді як у 11 років – 35,36 %. Слід зазначити, що тривалість швидкого викиду крові у дітей молодшого шкільного віку змінюється менш виражено, ніж тривалість фази повільного або редукованого викиду крові. Так, у дітей 8, 10, 11 та у дівчаток 12 років абсолютне середнє значення ФПВ знаходиться в межах  $0,171 \pm 0,016 - 0,198 \pm 0,006$  с, відповідно питома маса показника у дітей цього віку становить 25–28 % щодо 30 % і більше у дітей іншого віку. Вважається, що зменшення тривалості значень ПВ свідчить про віддзеркалення позитивних хронотропних впливів на серцевий м'яз з боку екстракардіальних нервів.

Останнім часом збільшилося число публікацій, присвячених вивченню тривалості окремих фаз серцевого циклу, що говорить про високу ефективність аналізу цих значень для об'єктивної кількісної оцінки скорочувальної функції серцевого м'яза, тим не

менш, на нашу думку, ця проблема потребує подальшої розробки, особливо щодо вивчення абсолютних значень тривалості окремих фаз серцевого циклу на більших масивах обстежених дітей та їх змін залежно від вимог навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

1. Зменшення ТСЦ у дітей молодшого шкільного віку (6–12 років) відносно значень у здорової дорослої людини зумовлене значним скороченням тривалості діастолі: у дітей 6 років середня ТЗД становить 48,58 % від ТСЦ.

2. З віком ТСЦ зростає. У дітей 12 років цей показник вірогідно перевищує значення у шестирічних дітей ( $P=0,03$ ). Найменша ТСЦ нами виявлена у дітей 10 років, тобто вона на 2,34 % є меншою, ніж у дітей 6 років.

3. У дітей молодшого шкільного віку тривалість ПН перевищує середнє значення у дорослих. Найбільшу тривалість цього показника виявлено у дітей 6, 9, 11 років ( $0,110 \pm 0,004; 0,112 \pm 0,004; 0,112 \pm 0,005$  с).

4. Відносно збільшення тривалості ФІС у дітей 9–11 років можна розцінювати як ознаку зменшення потужності скоротливої здатності серця.

Таблиця 4. Середні значення періоду викиду крові (ПВ) та його фаз повільної та швидкої (ФШВ і ФПВ) у дітей молодшого шкільного віку

Вік, роки	ПВ		ФШВ		ФШВ/ПВ · 100 %	ФПВ		ФПВ/ ТСЦ, %	ФПВ/ПВ · 100 %
	$\bar{x} \pm m, c$	%	$\bar{x} \pm m, c$	%		$\bar{x} \pm m, c$	%		
6 (n=10)	0,234±0,010	36,79	0,037±0,004	4,87	15,81	0,203±0,009	5,18	31,92	86,75
7 (n=20)	0,236±0,005	35,01	0,033±0,001	4,90	13,98	0,203±0,005	4,75	30,12	86,02
8 (n=13)	0,205±0,016	29,97	0,034±0,001	4,97	16,58	0,171±0,016	3,65	25,00	83,41
9 (n=13)	0,236±0,004	36,20	0,035±0,002	5,37	14,83	0,201±0,004	5,98	30,83	85,17
10 (n=10)	0,235±0,004	38,09	0,037±0,004	5,99	15,74	0,198±0,005	7,62	32,09	84,25
11 (n=13)	0,227±0,010	35,56	0,032±0,002	4,98	14,09	0,195±0,009	5,29	30,37	85,90
12									
хлопчики (n=24)	0,239±0,004	34,04	0,036±0,001	5,13	15,06	0,204±0,003	4,56	29,05	85,35
дівчатка (n=25)	0,232±0,006	33,05	0,035±0,001	4,98	13,36	0,198±0,005	4,56	28,20	85,34

Примітка. ТСЦ – тривалість серцевого циклу.

**А.Г. Ященко, Е.М. Вдовиченко**

### **ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОЙ СТРУКТУРЫ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

При помощи метода тетраполярной импедансной реоплетизмографии изучали фазовую структуру сердечного цикла у детей младшего школьного возраста. Показано, что уменьшение продолжительности сердечного цикла у детей обусловлено, прежде всего, за счет уменьшения продолжительности общей диастолы, среднее значение которой у детей 6 лет составляет 48 %. С возрастом продолжительность сердечного цикла ежегодно возрастает, у детей 12 лет она достоверно превышает значения у 6-летних школьников. Наименьшее значение средней продолжительности сердечного цикла выявлено у детей 10 лет ( $0,617 \pm 0,018$  с).

Ключевые слова: фазовая структура сердечного цикла, дети младшего школьного возраста.

**A.G. Yashchenko, E.M. Vdovitchenko**

### **THE DYNAMIC OF ANNUAL MODIFICATION OF PHASIC STRUCTURE OF CARDIAC CYCLE IN CHILDREN OF JUNIOR SCHOOL AGE**

By using of the method of tetrapolar impedance rheoplethysmography we studied the phasic structure of cardiac cycle in children of junior school age. We have shown that a decrease of cardiac cycle duration in children is due to a decrease of the common diastole duration, the mean fraction of which in children of six years is 48,58 % from the cardiac cycle duration. With age the duration of cardiac cycle increases. In 12 y.o. children this parameter is significantly higher ( $0,702 \pm 0,020$ s) that that observed in 6 y.o. children ( $0,636 \pm 0,017$ s). The shortest duration of cardiac cycle is detected in 10 y.o. children ( $0,617 \pm 0,018$  s).

Key words: phasic structure of cardiac cycle, the children of junior school age.

*State Scientific Research Institute of Physical Culture and Sports, Kyiv;*

*O.O. Bogomoletz National Medical University, Kyiv*

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Буртман Р.И. Нормативы динамокардиограммы у детей в возрасте от 7 до 15 лет // Педиатрия. – 1960. - №8. – С. 62–67.
2. Галстян А.А. Определение временных соотношений фаз систолы у детей // Там же. – 1962. - №7. – С. 49–55.

3. Гарвей В. Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных. – М. – Л.: Изд. АН СССР. – 1948. – 149 с.
4. Иваницкая И.Н. Взаимоотношения между электрическими и механическими проявлениями сердечной деятельности человека (научный обзор). – В кн.: Вопросы физиологии и патологии сердца. – М.: Медицина, 1964. – Вып. 1. – С. 72–102.
5. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. - М: Медицина, 1965. – 285 с.
6. Макаридзе О.В. Фазовая структура сердечного цикла левого и правого желудочков сердца в норме // Физиология человека. – 1998. – 24, № 4. – С. 133–135.
7. Осколкова М.К. Соотношение электрической и механической систолы и ритма сердца у здоровых детей // Педиатрия. – 1964. – С. 45–50.
8. Уиггертс К. Динамика кровообращения. – М.: Медицина, 1957. – 144 с.
9. Яковлева Л.В., Галышева З.К., Бурангулова А.В. Особенности диагностики диастолической функции у детей подросткового возраста с артериальной гипертензией // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – 55, № 3. – С. 58–60.
10. Blumberger K. Die Anspannungszeit und Austreibungszeit beim Menschen // Arch. Kreislaufforsch. – 1940. – № 6. - S. 203–292.
11. Chauveau A., Marey E. Memor de l' Acad imper. – 1976. - 26. – S. 268.
12. Henderson Y. The volume curve of the ventricles of the mammalian heart, and the significance of this curve in respect to the mechanics of the heart-beat and the filling of the ventricles // Amer. J. Physiol. – 1906. – 16, № 3. – P. 325–367.
13. Hockerts T. Untersuchungen über die Dauer der isometrische kontraktionsphase des gesunden kindlichen Herzens // Z. Kinderheilkunde. – 1952. – 71, № 3. – S. 216–222.
14. Holldack K. Die Bedeutung der Unformungs and Drückanstiegszeit für die Hemodynamik // Dtsch. Arch. Klin. Med. – 1951. – 198, № 71. – 90.
15. Hürthle K. Beiträge zur Hämodynamic // Pflüg. Arch. – 1891. – 49, № 1–2. – S. 29–104.
16. Keuth U. Zum Ablauf der Herzenkontraktion im Kindesalter // Kinderheilkunde. – 1961. – 86, № 2. – S. 177–183.
17. Nazzi V., Ricco G., Meda A. Considerations sur la dynamique du Coeur (La systole ventriculaire etudiee ou moyen de la methode polygraphique) // Cardiol. – 1954. – 24, № 6. – S. 319–345.
18. Venyovtseva Y.L., Melnikov A.C., Revyakina V.V. Left and right hearth chambers interaction in healthy youth // Rus. J. Biomech. – 1999. - № 1. – P. 47–52.
19. Volkman A. Hämodynamic // Leipzig. — 1950.

*НДІ фіз. культури і спорту, Київ;  
Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця, Київ*

*Матеріал надійшов  
до редакції 23.01.13*