

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФАЗОВОЇ СТРУКТУРИ СИСТОЛИ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ У КРОЛИКІВ

Л. П. Черкаський, В. І. Полинська

Лабораторія патологічної фізіології Інституту геронтології АМН СРСР, Київ

УДК 575.74:612.17.001.6

Показники фазової структури серцевого циклу часто служать підставою для характеристики скоротливої функції міокарда в клініці і експерименті.

Беручи до уваги, що кролики широко використовуються для моделювання захворювань серцево-судинної системи, найчастіше спостережуваних у похилому і старечому віці (атеросклероз, гіпертонія, інфаркт міокарда), вивчення фазової структури систоли лівого шлуночка серця у цих тварин в нормі, особливо в зв'язку з старінням організму, становить значний інтерес. Проте літературні дані щодо фазової структури серцевого циклу у нормальних кроликів стосуються середньої вікової групи — 9—18 місяців [11], або вказівки на вік тварин відсутні [5, 14]. Згадані дослідження проведені з допомогою полікардіографії і визначають фазову структуру систоли серця в цілому [1]. Проте деякі фази систоли лівого і правого шлуночків можуть істотно відрізнятися. В літературі відзначена важливість нарізного аналізу діяльності лівого і правого шлуночка [8].

Методика досліджень

Наше дослідження включає визначення фазової структури систоли лівого шлуночка серця (за даними реєстрації ЕКГ, кров'яного тиску в лівому шлуночку і аорті), ряду відносних внутрісistolічних показників, рівня артеріального тиску в порожнині лівого шлуночка і в аорті, середньої швидкості підвищення тиску в лівому шлуночку в фазу його ізометричного скорочення, показника напруження-час (ТТІ) [20].

Досліди проведені під нембуталовим наркозом (30 мг/кг). З допомогою ретроградного зондування (через ліву загальну сонну артерію) здійснювали реєстрацію кров'яного тиску в лівому шлуночку і аорті електроманометром ЕМ-2 з фотозаписом на апараті 6НЕК-1 при швидкості руху фотопаліру 100 мм/сек. Синхронно реєстрували ЕКГ в стандартних відведеннях і дихальні рухи тварини (див. рисунок). Для візуального спостереження за кривою кров'яного тиску під час зондування використовували вектор-електрокардіоскоп ВЕК-4.

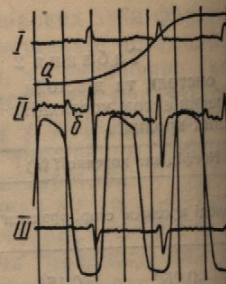
Досліджені нормальні кролики двох вікових груп: 21 кролик віком 6—8 місяців (молоді) і 23 — віком 3,5—4 роки (старі).

Результати досліджень та їх обговорення

Результати дослідження фазової структури систоли лівого шлуночка серця та деяких інших показників, важливих для оцінки скоротливої функції міокарда у молодих і старих кроликів, наведені в табл. 1.

Порівняння тривалості фаз систоли лівого шлуночка у молодих і старих тварин дозволяє констатувати наявність певних вікових змін по ряду показників. Статистично значимо подовжені у старих тварин фази асинхронного і ізометричного скорочення, період напруження, а також механічна та загальна систола. За даними ряду авторів, тривалість

асинхронного і ізометричного мало залежить від частоти серпичної і загальної систоли, а т із загальною тривалістю серцев



Запис кров'яного тиску від стрілки і в аорті грами (I, II, III) та дмент, відзначений стрпорожнини

дуванні людей (див. у [6]) та ках). Беручи до уваги тенденрочень у старих тварин в поую мірою пов'язана тривал

Фазова структура систоли лівого шлуночка у молодих

Досліджувані показники

Фаза асинхронного скорочення (мс)
Фаза ізометричного скорочення (мс)
Період напруження (мсек)
Період вигнання (мсек)
Механічна систола (мсек)
Загальна систола (мсек)
Діастола (мсек)
Серцевий цикл (мсек)
Внутрісistolічний показник вигнання (%)
Індекс напруження міокарда (за Бланом [6], в %)
Гемодинамічний показник (за Бланом [3])
Механічний коефіцієнт (за Бланом)
Сistolічний тиск у лівому шлуночку (мм рт. ст.)
Сistolічний тиск в аорті (мм рт. ст.)
Діастолічний тиск в аорті (мм рт. ст.)
Швидкість підвищення тиску в лівому шлуночку (мм рт. ст./сек)
ТТІ (мм рт. ст./сек)

туту геронтології АМН СРСР, Київ

ою використовуються для моделювання системи, найчастіше спостереження за розвитком атеросклерозу, гіпертонії, інфаркту міокардію, систоли лівого шлуночка серця тощо. Дані щодо фазової структури серця стосуються середньої вікової групи тварин. Дані на вік тварин відсутні [5, 14]. Для визначення фазової структури серця за допомогою полікардіографії і визначення фаз серця [1]. Проте деякі фази системи серця істотно відрізняються. В літературі істотно відрізняються. В літературі аналізу діяльності лівого і пра-

ової структури систоли лівого шлуночку і аорті), ряду матеріального тиску в порожнині лівого шлуночка та зміни тиску в лівому шлуночку в фазу електричного часу (TTI) [20].

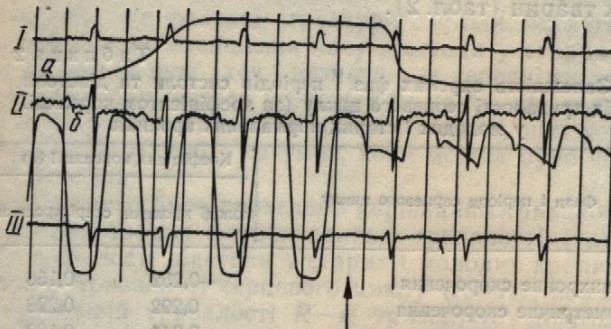
м (30 мг/кг). З допомогою ретроград-
но здійснювали реєстрацію кров'яного
потіку ЕМ-2 з фотозаписом на апараті
1 сек. Синхронно реєстрували ЕКГ в
(див. рисунок). Для візуального спов-
зондування використовували вектор-

груп: 21 кролик віком 6—8 місяців

структури систоли лівого шлуноч-
жливих для оцінки скоротли-
сроликів, наведені в табл. 1.

івівого шлуночка у молодих і
вність певних вікових змін по
овжені у старих тварин фази
період напруження, а також
ми ряду авторів, тривалість

асинхронного і ізометричного скорочення, всього періоду напруження мало залежить від частоти серцевих скорочень, тоді як тривалість механічної і загальної систоли, а також діастоли значною мірою пов'язані із загальною тривалістю серцевого циклу. Такі дані одержані при обслі-



Запис кров'яного тиску (σ) в лівому шлуночку серця (зліва від стрілки) і в аорті (справа від стрілки). електрокардіограми (I, II, III) та дихальних рухів (a) у кролика (в момент, відзначений стрілкою, кінчик катетера виведений з порожнини лівого шлуночка в аорту).

дуванні людей (див. у [6]) та у тварин ([11] — в дослідях на кроликах). Беручи до уваги тенденцію до зменшення частоти серцевих скорочень у старих тварин в порівнянні з молодими, слід було з'ясувати, якою мірою пов'язана тривалість окремих фаз систоли і діастола з три-

Таблиця 1

Фазова структура систоли лівого шлуночка та інші показники його скоротливої функції у молодих і старих кроликів у нормі

Досліджувані показники	Молоді ($M \pm m$)	Старі ($M \pm m$)	$p <$
Фаза асинхронного скорочення (мсек)	$30 \pm 0,39$	$33 \pm 0,55$	0,001
Фаза ізометричного скорочення (мсек)	$17 \pm 0,60$	$19 \pm 0,80$	0,05
Період напруження (мсек)	$47 \pm 0,70$	$52 \pm 1,04$	0,001
Період вигнання (мсек)	$95 \pm 2,66$	$103 \pm 2,60$	0,1
Механічна систола (мсек)	$112 \pm 2,77$	$122 \pm 2,98$	0,02
Загальна систола (мсек)	$142 \pm 2,77$	$155 \pm 3,10$	0,002
Діастола (мсек)	$86 \pm 4,00$	$84 \pm 2,89$	—
Серцевий цикл (мсек)	$228 \pm 6,07$	$239 \pm 5,59$	0,2
Внутрісistolічний показник вигнання (%)	$84,7 \pm 0,60$	$84,1 \pm 0,58$	0,5
Індекс напруження міокарда (за Карпманом [6], в %)	$33,2 \pm 0,68$	$34,4 \pm 0,80$	0,3
Гемодинамічний показник (за Броновець [3])	$0,179 \pm 0,01$	$0,184 \pm 0,01$	—
Механічний коефіцієнт (за Блюмбергером)	$2,1 \pm 0,06$	$2,0 \pm 0,05$	0,3
Сistolічний тиск у лівому шлуночку (мм рт. ст.)	127	123	—
Сistolічний тиск в аорті (мм рт. ст.)	127	125	—
Діастолічний тиск в аорті (мм рт. ст.)	96	94	—
Швидкість підвищення тиску в лівому шлуночку (мм рт. ст./сек)	5816 ± 302	5060 ± 224	0,05
ТТІ (мм рт. ст./сек)	$2961 \pm 79,6$	$3092 \pm 95,0$	—

валістю серцевого циклу. Проведені розрахунки коефіцієнта кореляції показали досить слабку залежність від тривалості серцевого циклу періоду напруження і складових його фаз та високий ступінь прямого зв'язку періоду вигнання, механічної і загальної систоли як у молодих, так і у старих тварин (табл. 2).

Таблиця 2
Залежність окремих фаз і періодів систоли та діастолі від тривалості серцевого циклу (за коефіцієнтом кореляції) у молодих і старих нормальних кроликів

Фази і періоди серцевого циклу	Коефіцієнт кореляції (r)	
	молоді кролики	старі кролики
Асинхронне скорочення	-0,252	0,156
Ізометричне скорочення	0,202	0,228
Період напруження	0,044	0,182
Період вигнання	0,880	0,907
Механічна систола	0,884	0,927
Загальна систола	0,640	0,907
Діастола	0,928	0,866

Оскільки збільшення тривалості фаз, що складають період напруження, не пов'язане зі змінами частоти серцевих скорочень у старих тварин, слід гадати, що воно зумовлено змінами стану міокарда лівого шлуночка серця. Подовження часу асинхронного скорочення у старих кроликів можна вважати результатом як морфологічних, так і функціональних, біохімічних змін у міокарді лівого шлуночка. Про можливе значення факторів функціонального характеру свідчить, зокрема, спостережуване в досліді подовження цієї фази в екстрасистолічних комплексах, яке виявляється і у молодих, і у старих тварин. Щодо подовження фази ізометричного скорочення у старих тварин в порівнянні з молодими, то воно вказує на зниження скоротливої функції міокарда лівого шлуночка серця, оскільки воно спостерігається при рівні діастолічного тиску в аорті, що не відрізняється (за середніми даними) від тиску у молодих тварин.

Відзначене в досліді подовження механічної і загальної систоли лівого шлуночка відбиває, з одного боку, вплив подовження періоду напруження (і причин, що його викликають) і, з іншого, — тенденцію до подовження періоду вигнання. Якщо взяти до уваги, що серцевий виштовх у старих кроликів знижений [4, 12, 16, 19], то можна гадати, що подовження за цих умов механічної і загальної систоли також є результатом зниження скоротливої функції міокарда. Водночас не можна не брати до уваги, що саме ці показники тісно пов'язані з частотою серцевих скорочень, їх тривалість наростає в міру подовження часу серцевого циклу (коефіцієнт кореляції для періоду вигнання дорівнює 0,907, а для механічної систоли — 0,927). У зв'язку з цим не виключено, що сама по собі тенденція до зменшення частоти серцевих скорочень спостережувана у старих тварин, створюючи можливість до подовження часу систоли, полегшує скоротливу діяльність міокарда при знижених його можливостях. Можна гадати, що подовження механічної систоли є не тільки проявом зниження скоротливої функції міокарда, що водночас така зміна фазової структури забезпечує в умовах знижених функціональних можливостей міокарда необхідну для організму ефек-

тивності серцевих скорочень пристосувальних можливостей умов загальний діапазон жується.

Крім вікових змін фазової структури невелика тенденція до зменшення тривалості фаз, що зменшення (хоча і незначне) тривалості діастолі спостерігається у старих тварин (у 228 мсек відповідно), тобто подовження діастолі.

Виходячи з цього було порівняно старих і молодих тварин за тривалістю тривалості діастолі. Зіставлення тривалості діастолі за ознакою тривалості скорочення практично однаковий тривалості скорочення тварин майже завжди менше, ніж у молодих тварин. Це свідчить про зменшення часу скорочення з одного боку, та скоротливості з іншого [15]. Скорочення виваються відновні біоенергетичні процеси до уваги при оцінці скоротливості. Слід враховувати, що згадавши умов зміненого у старих тварин регулювання [2, 17].

Залежність тривалості фазової структури ($R-R$)

$R-R$ (мсек)

186—199

200—209

210—219

220—229

230—239

240—249

250—259

260—269

270—279

280—289

290—299

300 і більше

Істотним для характеристики початкової швидкості фазу ізометричного скорочення в порівнянні з молодими тваринами зниженою швидкістю скорочення 5060 ± 224 — у старих; $p < 0,05$. Зниження швидкості скоротливої функції міокарда у старих тварин виявлено.

розрахунки коефіцієнта кореляції від тривалості серцевого циклу п'яти фаз та високий ступінь прямого зв'язку загальної систоли як у молодих,

Таблиця 2
Періодів систоли та діастолі
(за коефіцієнтом кореляції)
нормальних кроликів

Коефіцієнт кореляції (r)	
молоді кролики	старі кролики
-0,252	0,156
0,202	0,228
0,044	0,182
0,880	0,907
0,884	0,927
0,640	0,907
0,928	0,866

фаз, що складають період напруження серцевих скорочень у старих тварин змінюються станом міокарда лівого шлуночка. Синхронного скорочення у старих тварин як морфологічних, так і функціональних. Про можливе збільшення періоду систоли та діастолі у старих тварин в порівнянні з молодими тваринами спостерігається при рівні діастолі (за середніми даними) від

механічної і загальної систоли, вплив подовження періоду систоли (як і з іншого, — тенденцію до збільшення), то можна гадати, що загальної систоли також є режими міокарда. Водночас не можна ігнорувати тісно пов'язані з частотою серцевих скорочень в міру подовження часу серцевого періоду вигнання дорівнює 0,907, зв'язку з цим не виключено, що частоти серцевих скорочень спочатку можливі до подовження швидкості міокарда при знижених частотах подовження механічної систоли та функції міокарда, що водночас відбувається в умовах знижених функцій організму ефек-

тивність серцевих скорочень. Видимо, це одна з форм використання пристосувальних можливостей серця при старінні. Природно, за таких умов загальний діапазон пристосувальних можливостей серця знижується.

Крім вікових змін фазової структури систоли, заслуговує на увагу невелика тенденція до зменшення часу діастолі у старих тварин. Слід відзначити, що зменшення (хоч і незначне, за середніми даними) тривалості діастолі спостерігається незважаючи на те, що тривалість серцевого циклу у старих тварин у середньому більша, ніж у молодих (239 і 228 мсек відповідно), тобто за умов, коли можна було чекати скоріше подовження діастолі.

Виходячи з цього було проведено порівняння тривалості діастолі у старих і молодих тварин з урахуванням тривалості серцевого циклу. Зіставлення тривалості діастолі у старих і молодих кроликів, згрупованих за ознакою тривалості серцевого циклу ($R-R$), показало, що при практично однаковій тривалості $R-R$ тривалість діастолі у старих тварин майже завжди менша, ніж у молодих (табл. 3). Це дозволяє говорити про зменшення часу діастолі у старих тварин в порівнянні з молодими. Є дані про корелятивну залежність між тривалістю діастолі, з одного боку, та скоротливою функцією серця у нормальних кроликів — з іншого [15]. Скорочення часу, протягом якого в основному розвиваються відновні біоенергетичні процеси в міокарді [9, 10], слід брати до уваги при оцінці скоротливої функції міокарда у старих тварин. Слід враховувати, що згадані функціональні зрушення відбуваються за умов зміненого у старих тварин енергетичного обміну в серці та його регулювання [2, 17].

Таблиця 3
Залежність тривалості діастолі від тривалості серцевого циклу ($R-R$) у молодих і старих кроликів

$R-R$ (мсек)	Молоді		Старі	
	n	діастола (мсек)	n	діастола (мсек)
186—199	2	63	—	—
200—209	3	69	—	—
210—219	4	82	6	73
220—229	3	76	5	76
230—239	2	86	3	82
240—249	2	99	3	83
250—259	2	106	2	91
260—269	1	100	2	99
270—279	1	107	1	93
280—289	—	—	—	—
290—299	1	133	—	—
300 і більше	—	—	1	124

Істотним для характеристики скоротливої функції міокарда є показник початкової швидкості підвищення кров'яного тиску в шлуночку (у фазу ізометричного скорочення). Цей показник у старих кроликів у порівнянні з молодими знижений (5816 ± 302 мм рт. ст./сек у молодих і 5060 ± 224 — у старих; $p < 0,05$), що також вказує на зниження скоротливої функції міокарда у старих тварин, оскільки істотних вікових відмінностей у рівні кров'яного тиску в лівому шлуночку, як і в аорті не виявлено.

Клініко-фізіологічні дослідження [7, 13, 18] свідчать про зниження скоротливої функції міокарда у похилих і старих людей. Поєднання клінічних і експериментальних даних дозволяє розглядати згадані зміни функціонального стану серця як явище, закономірно пов'язане з процесом старіння організму.

Висновки

1. Зміни фазової структури систоли лівого шлуночка серця у старих кроликів у порівнянні з молодими характеризуються подовженням фази асинхронного і ізометричного скорочення, періоду напруження, механічної і загальної систоли, а також тенденцією до подовження періоду вигнання. Відзначена тенденція до зменшення тривалості діастоли у старих тварин.

2. Зрушення в фазовій структурі систоли, а також зниження початкової швидкості підвищення тиску в лівому шлуночку серця свідчать про зниження скоротливої функції міокарда лівого шлуночка серця у старих кроликів в порівнянні з молодими.

Література

1. Андреев Л. Б., Андреева Н. Б.— Фазовая структура сердечн. цикла в норме и патол. Ростов-на-Дону, 1969.
2. Богацкая Л. Н.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1964, 57, 1, 16.
3. Броновец И. Н.— Клини. медицина, 1963, 5, 79.
4. Горев Н. Н., Строганова Н. П.— В кн.: Артер. гипертония, коронарная недост. в пожилом и старч. возрасте. К., 1969, 25.
5. Зайденоварг Ю. В., Глебова Л. С.— В сб.: Матер. научн. конфер. молодых ученых. Ростов-на-Дону, 1966, 1, 266.
6. Карпман В. Л.— Фазовый анализ сердечн. деят. М., «Медицина», 1965.
7. Коркушко О. В.— В кн.: Сердце, сосуды и возраст, К., 1969, 121.
8. Лукомский П. Е., Акимов Ю. И., Булычев В. В., Орлов Л. П., Соловьев В. В.— Терапевт. архив., 1965, 8, 9.
9. Медеяновский А. Н. и др.— Вопросы мед. химии, 1963, 9, 5, 518.
10. Рааб В.— В кн.: Достижения кардиологии. (пер. с англ.) М., 1959, 67.
11. Сельцер В. К.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1968, 64, 9, 3.
12. Строганова Н. П.— В кн.: Сердце, сосуды и возраст. К., 1969, 199.
13. Токарь А. В.— Артер. гипертония и возраст. Автореф. дисс. К., 1970.
14. Трохименко М. З.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1968, 64, 12, 10.
15. Фролов В. А., Казанская Т. А.— Докл. АН СССР, 1970, 190, 6, 1498.
16. Фролькис В. В.— В кн.: Артер. гипертония, коронарн. недостат. в пожилом и старч. возрасте. К., 1969, 41.
17. Фролькис В. В., Богацкая Л. Н.— В кн.: Кровообр. и старость. К., 1965, 104.
18. Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В.— В кн.: Пробл. возрастн. физиол. и патофизиол. серд.-сосуд. системы М., 1966, 147.
19. Шевчук В. Г.— В сб.: Матер. IX научн. конфер. по возраст. морфол. физиол. и биохим., М., 1969, 2, 338.
20. Sarnoff S., Braunwald E., Welch G., Case R., Staisby W., Muzguz R.— Am. J. Physiol., 1958, 192, 148.

Надійшла до редакції
28.VIII 1973 р.

AGE PECULIARITIES OF THE RABB

L. P. Cherkas

Laboratory of Pathological Physiology
Sci

Studies of the systolic phase struction of the myocardium in healthy were undertaken. For this purpose the aorta were carried out in combination. Changes in the systolic phase struction when compared with young animals and isometric contractile phases, the ejection period also showed the tendency in the diastole of old animals.

Changes in the systolic phase blood pressure increase in the left ventricle function of the left ventricle of the

AGE PECULIARITIES OF THE SYSTOLIC PHASE STRUCTURE
OF THE RABBIT HEART LEFT VENTRICLE

L. P. Cherkassky, V. I. Polinskaya

Laboratory of Pathological Physiology, Institute of Gerontology, Academy of Medical
Sciences, USSR, Kiev

Summary

Studies of the systolic phase structure and some other indices of the contractile function of the myocardium in healthy young (6—8 months) and old (3.5—4 years) rabbits were undertaken. For this purpose blood pressure measurements in the left ventricle and in the aorta were carried out in combination with the ECG.

Changes in the systolic phase structure of the left ventricle revealed in old rabbits when compared with young animals were characterized by lengthening of the asynchronous and isometric contractile phases, tension period, and mechanical and total systoles. The ejection period also showed the tendency to lengthening. There was a tendency to decrease in the diastole of old animals.

Changes in the systolic phase structure as well as a fall in the initial velocity of the blood pressure increase in the left ventricle showed a decrease in the myocardial contractile function of the left ventricle of the heart in old rabbits as compared with young animals.

[7, 13, 18] свідчать про зниження цих і старих людей. Поеднання клі-
озволяє розглядати згадані зміни
це, закономірно пов'язане з проце-

вки

оли лівого шлуночка серця у ста-
ти характеризуються подовженням
орочення, періоду напруження, ме-
тенденцією до подовження періоду
еншення тривалості діастолі у ста-
систоли, а також зниження почат-
лівому шлуночку серця свідчать
іокарда лівого шлуночка серця у
ми.

ура

азовая структура сердечн. цикла в норме

мед., 1964, 57, 1, 16.

5, 79.

п.: Артер. гипертония, коронарная недост.

— В сб.: Матер. научн. конфер. молодых

чн. деят. М., «Медицина», 1965.

и возраст, К., 1969, 121.

лычев В. В., Орлов Л. П., Соловь-

юсы мед. химии, 1963, 9, 5, 518.

и. (пер. с англ.) М., 1959, 67.

ед., 1968, 64, 9, 3.

ы и возраст, К., 1969, 199.

т. Автореф. дисс. К., 1970.

и мед., 1968, 64, 12, 10.

л. АН СССР, 1970, 190, 6, 1498.

ния, коронарн. недостат. в пожилом и

кн.: Кровообр. и старость, К., 1965, 104.

В кн.: Пробл. возрастн. физиол. и пато-

конфер. по возраст. морфол. физиол. и

G., Case R., Staisby W., Mac-

Надійшла до редакції
28.VIII 1973 р.