

М. В. СОКОЛОВ, Е. М. СМИРЕНСКАЯ

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЦА И ПОКАЗАТЕЛИ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ МИОКАРДА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В целом ряде работ [3, 6, 8, 9, 14, 15] при анализе и оценке состояния сердечно-сосудистой системы с помощью математических моделей и метода статистической идентификации функция сердца как насоса, характеризовалась интегративным показателем, связывающим две основные величины гемодинамики — центральное венозное давление и минутный объем кровообращения. Этот показатель $R = \frac{P_b \cdot 60}{\text{МОК}} \left(\frac{\text{мм рт. ст. с}}{\text{мл}} \right)$ отражает затраты венозного давления на единицу расхода крови (закон Франка-Старлинга). Чем лучше состояние сердца, тем меньшая величина венозного давления обеспечивает нужный выброс. Другие исследователи используют для оценки функциональной способности сердца величину обратную β [1, 2]. В литературе процесс сокращения и расслабления миокарда характеризуют рядом индексов. Задачей данной работы явилось сопоставление оценки состояния сердца по хорошо известным индексам и показателю β .

Методика. Опыты проведены на 7 беспородных собаках весом 20—25 кг. Премедиацию выполняли промедолом (5—7 мг/кг). Основной наркоз осуществляли гексеналом (20 мг/кг). Исследования проводили при вскрытой грудной клетке и искусственном дыхании.

В течение эксперимента контролировали артериальное и центральное венозное давления, минутный объем кровообращения с помощью флюометра РКЭ-1, датчик которого фиксировался на луковиче аорты, регистрировали ЭКГ. Пунктировали левый желудочек сердца и записывали в нем давление.

С помощью ЭВМ «Электроника С-50» вычисляли общее периферическое сопротивление ОПС (мм рт. ст. сек/см³), отражающее тонус резистивных сосудов, показатель функционального состояния сердца β (мм рт. ст. сек/см³), оценку эластичности артериального русла Ca (см³/мм рт. ст.) [3]. По кривой левожелудочкового давления рассчитывались показатели сократимости миокарда: максимальная скорость подъема внутрижелудочкового давления ($dp/dt \max$), максимальная скорость снижения внутрижелудочкового давления ($dp/dt \min$), индекс сократимости (ИС), скорость сократительного элемента (V_{se}), индекс расслабления (ИР), который в отличие от [12, 13] вычисляли по формуле $\frac{dp/dt \min 60}{(P_{\max} - P_{k.g.})f}$, где $P_{\max}$ — максимальное давление в левом

желудочке, $P_{k.g.}$ — конечно-диастолическое давление в нем, f — частота сердечных сокращений. Показатели сократимости миокарда определяли в условиях изменения ОЦК и применения препаратов, стимулирующих деятельность сердечно-сосудистой системы.

Измерение объема циркулирующей крови (ОЦК) проводили у всех собак путем кровопускания из сонной артерии в объеме 100 мл с последующим нагнетанием крови в артерию после стабилизации гемодинамики (тестовые воздействия). Такие воз-

действия, повторяющиеся от 6 до 10 раз являются дополнительной и определяющей характеристикой состояния кровообращения. В ряде опытов создавали гиперволемию, нагнетая в артерию дробно (по 100 мл) полиглюкин до 2 литров.

Возбуждение симпатической нервной системы вызывали катехоламинами (адреналин, норадреналин) и мезатоном, которые вводили внутривенно со скоростью 10 гамм/мин. Исследования проводили после прекращения начальной реакции и стабилизации всех показателей гемодинамики.

Результаты измерений и вычислений обрабатывались с применением методов математической статистики. Оценка и анализ состояния сердечно-сосудистой системы в наших экспериментах проводились на основе метода идентификации параметров с использованием математической модели [3, 14].

Результаты и их обсуждение. Величины контролируемых функций, расчетных параметров и характер реакции сердечно-сосудистой системы на тестовые воздействия у собак, находящихся под барбитуровым наркозом, опубликованы в ряде наших работ [3, 14].

Таблица 1

Показатели сократительной способности миокарда собак в условиях барбитурового наркоза

Δv	β	$dp/dt_{\max}$	$dp/dt_{\min}$	ИС	V_{ce}	ИР
0	0,240 $\pm 0,005$	1633,0 $\pm 192,2$	966,7 $\pm 44,1$	1836,3 $\pm 256,7$	0,77 $\pm 0,12$	3,73 $\pm 0,13$
-100	0,232 $\pm 0,005$	1550,0 $\pm 100,0$	1016,7 $\pm 16,7$	1669,0 $\pm 284,4$	0,73 $\pm 0,03$	3,80 $\pm 0,06$ $P < 0,02$
0	0,206 $\pm 0,011$	1618,7 $\pm 40,0$	1431,2 $\pm 64,7$	909,7 $\pm 120,5$	0,93 $\pm 0,05$	7,00 $\pm 0,30$
-100	0,164 $\pm 0,036$ $P < 0,05$	1690,0 $\pm 53,4$	1350,0 $\pm 22,4$	833,4 $\pm 85,2$	0,98 $\pm 0,09$	6,40 $\pm 0,22$ $P < 0,02$
0	0,223 $\pm 0,024$	2325,0 $\pm 95,0$	2487,5 $\pm 87,0$	2909,9 $\pm 461,8$	1,20 $\pm 0,07$	6,99 $\pm 0,21$
-100	0,187 $\pm 0,018$	2442,9 $\pm 83,4$	2357,1 $\pm 113,6$	3064,9 $\pm 602,5$	1,29 $\pm 0,10$	6,37 $\pm 0,35$
0	0,109 $\pm 0,002$	2608,0 $\pm 90,8$	1683,3 $\pm 94,6$	2744,0 $\pm 180,0$	1,15 $\pm 0,04$	4,52 $\pm 0,25$
-100	0,100 $\pm 0,004$	2690,0 $\pm 152,8$	1600,0 $\pm 74,2$	2911,0 $\pm 285,8$	1,26 $\pm 0,07$	4,30 $\pm 0,19$
0	0,304 $\pm 0,006$	2471,4 $\pm 85,1$	1085,7 $\pm 55,3$	2021,9 $\pm 110,0$	1,44 $\pm 0,06$	5,36 $\pm 0,27$
-100	0,244 $\pm 0,005$ $P < 0,01$	2337,5 $\pm 147,7$	875,0 $\pm 47,9$ $P < 0,09$	2385,7 $\pm 266,7$	1,28 $\pm 0,09$	4,45 $\pm 0,15$ $P < 0,02$
0	0,325 $\pm 0,010$	1230,0 $\pm 49,0$	990,0 $\pm 24,5$	795,0 $\pm 101,3$	0,64 $\pm 0,04$	—
-100	0,375 $\pm 0,005$ $P < 0,01$	1000,0 $\pm 45,6$ $P < 0,02$	800,0 $\pm 45,6$ $P < 0,01$	1041,5 $\pm 80,9$	0,48 $\pm 0,09$	—
0	0,520 $\pm 0,031$	3000,0 $\pm 0,109,8$	2275,0 $\pm 185,6$	1557,2 $\pm 245,3$	1,23 $\pm 0,07$	—
-100	0,586 $\pm 0,031$	2690,0 $\pm 142,7$	2050,0 $\pm 136,9$	973,2 $\pm 117,1$	1,20 $\pm 0,08$	—
0	0,275 $\pm 0,049$	2130,0 $\pm 240,0$	1560,0 $\pm 230,0$	1820,0 $\pm 310,0$	1,05 $\pm 0,11$	5,52 $\pm 0,66$
-100	0,270 $\pm 0,062$	2060,0 $\pm 250,0$	1440,0 $\pm 230,0$	1840,0 $\pm 360,0$	1,03 $\pm 0,12$	5,06 $\pm 0,55$

В опытах, представленных в данном исследовании так же, как в литературе [11, 17—19, 25, 26], наблюдались значительные вариации величин индексов $dp/dt_{\max}$, V_{ce} , $dp/dt_{\min}$, ИС и ИР (табл. 1), характерные для наркотизированных собак с открытой грудной клеткой при проведении искусственного дыхания.

При анализе табл. 1 обращает внимание различное соотношение показателей, характеризующих состояние сердца и свидетельствующих об ухудшении ее функции. Индекс сократимости и скорость сокращения сократительного элемента менялись неоднозначно. Сдвиги показателей контрактильной способности сердца под влиянием малых изменений объема циркулирующей крови связаны с изменением частоты сокращений, среднего артериального давления, величины притока и других показателей, от которых они зависят [4, 5, 7, 10, 11, 13, 16—19, 24, 25].

Показатели сократимости ($dp/dt_{\max}$, V_{ce} ИС) миокарда во всех опытах повышались сочетаясь с увеличением МОК и внезапного давления, что подтверждается и литературными данными [16, 17, 20—23]. Реакция расслабления миокарда под влиянием катехоламинов уменьшалась, при мезатоне же она возрастала.

Таблица 2
Показатели сократимости миокарда при постоянном введении катехоламинов и мезатона

Показатели	Δv	Адреналин		Мезатон		Норадреналин	
		перед	во время	перед	во время	перед	во время
β	0	0,109	0,136*	0,304	0,324*	0,206	0,256*
мм рт. ст.	-100	$\pm 0,02$	$\pm 0,003$	$\pm 0,006$	$\pm 0,006$	$\pm 0,007$	$\pm 0,004$
см ³		0,100	0,127*	0,244	0,307*	0,164	0,216*
		$\pm 0,004$	$\pm 0,004$	$\pm 0,005$	$\pm 0,007$	$\pm 0,017$	$\pm 0,005$
				$P < 0,01$		$P < 0,05$	$P < 0,01$
$dp/dt_{\max}$	0	2608,3	4185,7*	2471,4	3200	1618,7	2230*
мм рт. ст.	-100	$\pm 90,8$	$\pm 343,3$	$\pm 85,1$	$\pm 98,6$	$\pm 40,0$	$\pm 267,7$
сек		2690,0	4040*	2337,5	3150*	1690	2187,5
		$\pm 152,8$	$\pm 402,0$	$\pm 147,7$	$\pm 170,1$	$\pm 53,4$	$\pm 336,9$
$dp/dt_{\min}$	0	1683,3	1657,1	1085,7	1283,3*	1431,2	1230
мм рт. ст.	-100	$\pm 94,6$	$\pm 52,8$	$\pm 55,3$	$\pm 50,0$	$\pm 64,7$	$\pm 242,7$
сек		1600	1380*	875,0	1128,6*	1350,0	775*
		$\pm 74,2$	$\pm 58,3$	$\pm 47,9$	$\pm 26,4$	$\pm 22,4$	$\pm 110,9$
				$P < 0,02$			
ИС	0	2744	5000*	2021,9	3306*	990,7	1838,6*
	-100	± 180	$\pm 923,8$	$\pm 110,0$	$\pm 62,2$	$\pm 120,5$	$\pm 99,7$
сек ⁻²		2911	4150	2385,7	3901,4	833,4	3451*
		$\pm 285,8$	$\pm 644,4$	$\pm 266,7$	$\pm 674,6$	$\pm 85,2$	$\pm 178,5$
V_{ce}	0	1,15	1,63*	1,44	1,68*	0,93	1,28*
	-100	$\pm 0,04$	$\pm 0,18$	$\pm 0,06$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,07$
сек ⁻¹		1,26	1,72*	1,28	1,79*	0,98	2,00*
		$\pm 0,07$	$\pm 0,10$	$\pm 0,09$	$\pm 0,13$	$\pm 0,09$	$\pm 0,14$
ИР	0	4,52	4,17	5,36	5,56	7,00	5,66*
	-100	$\pm 0,25$	$\pm 0,14$	$\pm 0,27$	$\pm 0,18$	$\pm 0,30$	$\pm 0,49$
		4,30	3,70*	4,45	4,93*	6,40	4,55*
		$\pm 0,19$	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,07$	$\pm 0,22$	$\pm 0,12$
				$P < 0,02$		$P < 0,02$	

*—указывает на достоверное ($P < 0,05$) отличие величин перед и во время введения препаратов.

Величина β возрастала во всех опытах, что указывало на ухудшение функциональной способности сердца, обусловленное неадекватным увеличением минутного объема крови по сравнению с повышением величины центрального венозного давления. Эти данные представлены в табл. 2, где приведены результаты типичных опытов с каждым из вышеупомянутых препаратов. Тестовое кровопускание на фоне применяемых препаратов вызывало снижение артериального и венозного давлений, минутного объема кровообращения, увеличение частоты сердечных сокращений. Показатели сократимости миокарда менялись различно. Судя по V_{ce} можно говорить о ее повышении, а оценивая по dp/dt_{max} — о понижении (табл. 2). Индекс сократимости менялся неоднозначно. Индексы расслабления миокарда во всех опытах уменьшались. Изменения величины β были четкие и на их основании можно со всей определенностью говорить об улучшении функционального состояния сердца.

Изучение корреляций индексов между собой и с воздействиями показало, что при тестовом кровопускании на фоне наркоза во всех опытах отмечена тесная корреляция максимальной скорости расслабления миокарда с индексом расслабления. Коэффициент корреляции $r = 0,743 - 0,852$. В большинстве опытов отмечена хорошая корреляция показателей, характеризующих сократительную функцию миокарда.

Наиболее выраженная взаимосвязь изучаемых показателей наблюдалась при гиперволемии. Величина β коррелировала с величиной изменения ОЦК. С увеличением степени гиперволемии ухудшалось функциональное состояние сердца — возрастала величина β . При гиперволемии показатели сократимости миокарда четко коррелировали между собой и с изменениями ОЦК. Это подтверждает известное положение, что сократимость миокарда в значительной степени зависит от величины нагрузки на сердце объемом.

Используемые в настоящей работе индексы и оценки сократительной способности и функционального состояния сердца характеризуют различные стороны сократительного процесса и отражают не только инотропные свойства миокарда, но в значительной мере зависят от приходящейся на сердце нагрузки в конкретный момент. Оценивать состояние сократительной функции сердца можно с помощью многих показателей, но каждый имеет преимущество в определенных условиях работы сердца и наличия нарушения его деятельности. Применяемый нами показатель оценки функционального состояния сердца (β) дает при всех условиях представление об общих возможностях сердечной деятельности и динамики ее изменений.

Выводы

1. Величина β адекватно характеризует функцию сердца в целом при рассмотрении общих свойств сердечно-сосудистой системы без детального и целенаправленного исследования нарушений механизмов сокращения сердца.

2. Катехоламины и мезатон, усиливая функцию центральной гемо-

динамики и увеличивая показатели сократимости миокарда ($dp/dt_{\max}$, ИС, V_{ce}), различно влияют на показатели расслабления сердечной мышцы и могут ухудшить функциональное состояние сердца в целом, повышая величину β .

3. При гиперволемии наблюдается улучшение сократимости миокарда ($dp/dt_{\max}$, ИС, V_{ce}), однако функциональное состояние сердца ухудшается (оценки по величине β), что в значительной степени определяет специфику гемодинамических сдвигов.

Ин-т сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева

Поступило 10/III 1977 г

Մ. Վ. ՍՈԿՈԼՈՎ, Ե. Մ. ՍՄԻՐՆՍԿԱՅԱ

ՄՐՏԻ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՎԻՃԱԿԻ ԻՆՏԵԳՐԱԼՍԻՎ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆՐ
ԵՎ ՄՐՏԱՄԿԱՆԻ ԿԵԿՈՂԱԿԱՆ ՀԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԸ
ԷՔՍՊԵՐԻՄԵՆՏՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հալոտի ինդեքսների և ցուցանիշի օգնությամբ սրտամկանի վիճակի գնահատականի համադրումը ցույց տվեց, որ վերջինս ազդեալատ կերպով բնութագրում է սրտի ֆունկցիան սիրտ-անոթային սխեմայի ընդհանուր հատկությունների քննարկման ժամանակ:

M. V. SOKOLOV, E. M. SMIRENSKAYA

INTEGRATED VALUE OF FUNCTIONAL CARDIAC STATE AND INDICES OF MYOCARDIAL CONTRACTILITY IN EXPERIMENT

S u m m a r y

Value comparison of myocardial state with the use of known indices and by index has shown that the latter adequately characterizes the cardiac function in examination of general properties of cardiovascular system.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Амосов Н. М., Береговский Б. А., Лиссова О. И., Палец Б. Л. Физиол. ж. СССР, 1976, 62, 11, 1628—1636.
2. Амосов Н. М., Лиссова О. И., Палец Б. Л. В сб.: «Современные проблемы регуляции кровообращения» Киев, 1976, 3—9.
3. Бураковский В. И., Лищук В. А., Соколов М. В. Вестник АМН СССР, 1976, 10, 57—68.
4. Гельштейн Г. Г., Петросян Ю. С., Арутюнян Н. В., Богомолова М. И. Кровообращение, 1973, 5, 32—38.
5. Зарецкий В. В., Константинов Б. А., Сандриков В. А., Черепенин Л. П., Рыйкин В. С., Садовников В. И. Грудная хирургия, 1976, 4, 48—54.
6. Кобкова И. Д., Лищук В. А., Соколов М. В. Тезисы докл. II Всесоюзного съезда патофизиологов, 1, 78—79, Ташкент, 1976.
7. Коротков А. А., Орлова Ц. Р., Шпилькин В. М., Ценов И. И. В сб.: «Современные методы исследования в кардиологии». М., «Медицина», 1974, 159—163.
8. Лищук В. А. Общие свойства сердечно-сосудистой системы, Препринт, Киев, 1971.
9. Лищук В. А. ДАН АН СССР, 1972, 207, 6, 1497—1500.
10. Меерсон Ф. З., Капелько В. И. Физиол. ж. СССР, 1972, 58, 6, 887—893.
11. Меерсон Ф. З., Капелько В. И. Кардиология, 1973, 2, 19—29.
12. Меерсон Ф. З., Капелько В. И. Кардиология, 1974, 7, 43—52.
13. Меерсон Ф. З., Гельштейн Г. Г., Петросян Ю. С., Капелько В. И., Арутюнян Н. В., Богомолова М. И. Кардиология,

- 1974, 14, 10, 10—20. 14. Соколов М. В., Смирнская Е. М., Акимов П. П., Петрова Л. В., Мямлина Г. А., Чулкова И. П. В сб.: «Состояние и регуляция вегетативных функций в здоровом организме человека и животных», Владимир, 1975, 1, 137—142. 15. Соколов М. В., Лицук В. А. Тезисы докл. II Всесоюзного съезда патофизиологов, II, 603—604, Ташкент, 1976. 16. Соловьев Г. М., Осветимская Н. И., Рабкин И. Х., Могилевский Э. Б., Капелько В. И. Кардиология, 1976, 7, 75—80. 17. Escudero E., Moreyra A., Iveli C., Lardani H., Cingolani H. Acta physiol. Latinoamer., 1973, 23, 4, 259—269. 18. Gerke E., Juchelka W., Schmier J. Pflügers Arch, 1971, 325, 2, 149—159. 19. Haissly J. C., Vandermoden P. Acta cardiolo., 1972, 27, 2, 111—131. 20. Linden R. J., Snow H. M. Proc. Roy. Soc. Med., 1972, 65, 6, 548—549. 21. Nejad, Klein, Mirsky, Lown. Cardio. Res., 1971, 5, 1, 15—23. 22. Onqauk-Opdyke L. Am. J. Physiol, 1952, 169, 2, 403. 23. Schönbeck M., Rutishauser W., Krayembühl H. P., Wirz P., Mehmel H. Schweiz. Med. Wechenschr., 1972, 102, 12, 455—457. 24. Siegel, Sonnenblick, Judge, Wilson. Cardiologia, 1964, 45, 4, 189—221. 25. Urbaszek W., Modersohn D., Guntber K., Gmyrek G., Börner P. Z. gesamte inn Med., 1974, 29, 18, 745—751. 26. Weisfeldt M., Scully H., Frederiksen J., Rubenstein J., Pohost G., Belerholm T., Bello A., Daggett W. Amer. J. Physiol., 1974, 227, 3, 613—621.