

А. С. АБРАМЯН

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОБЪЕМА ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ В КАРДИОХИРУРГИЧЕСКОЙ КЛИНИКЕ

Одна из основных причин, ведущих к острым осложнениям сердечно-сосудистой системы (ССС), связана с изменением объема циркулирующей крови (ОЦК) [2, 4, 10, 15]. Особенно тщательно изучается гипо- и гиперволемиа в связи со сложными операциями, искусственным кровообращением, реанимацией, интенсивной терапией [2, 4, 11, 17]. Реальным и перспективным направлением в предотвращении гипо- и гиперволемических нарушений является целенаправленная регуляция объема крови [10, 11, 15, 17]. Между тем, при выборе адекватного ОЦК мнения разных авторов не совпадают [2, 8, 10, 16—19]. Противоречивость приведенных в литературе рекомендаций [2, 8, 10, 11, 16, 17, 19] связана в основном с невозможностью выполнения содержательного анализа контролируемых показателей непосредственно в процессе лечения.

Достаточно глубокий, содержательный анализ клинических ситуаций позволяет выполнить математическое моделирование [1, 3, 5—7, 12].

Поэтому наши исследования проводились с целью изучения возможности оценки состояния СССР с помощью математической модели и вычислительной техники при изменении и регуляции ОЦК непосредственно в процессе лечения больных, оперированных по поводу пороков сердца.

Методика исследований. В реанимационном отделении оперированные по поводу пороков сердца больные непрерывно контролировались с помощью автоматизированной миникомпьютерной мониторинг системы НР-5600А. Измерялись тах и mip , а также средние значения артериального (P_a), венозного (P_v), легочно-артериального ($P_{ла}$) и левопредсердного ($P_{лп}$) давлений, минутный объем кровообращения (МОК), частота сердечных сокращений (F) и гемогидробаланс (Δ ОЦК). Информация по каналам связи поступала в память миникомпьютера, где в результате решения статических уравнений модели [1] вычислялись клинически значимые параметры: показатели функционального состояния правого (β) и левого (l) сердца; общее периферическое (ОПС) и общее легочное (ОЛС) сопротивление; оценки эластичностей артерий (Ca) и легочных артерий ($Сла$), а также энергетические оценки—мощность правого ($N_{пж}$) и левого ($N_{лж}$) сердца. В каждый интересующий момент таблица комплекса взаимосвязанных показателей высвечивалась на дисплее*.

* Выделенные параметры имеют следующие размерности: $P_a, P_v, P_{ла}$ и $P_{лп}$ —[ТОРР]; МОК—[мл. мин⁻¹]; Ca и $Сла$ —[мл. торр⁻¹]; β, l , ОПС и ОЛС—[торр. мл⁻¹ · сек]; $N_{пж}$ и $N_{лж}$ —[вт].

Для оценки эффективности лечебного воздействия, приводящего к регуляции ОЦК, сравнивались соответствующие показатели ССС до и после воздействия. Учитывая, что больные контролировались после операции на открытом сердце, первостепенная роль (при отсутствии выраженных сдвигов параметров, характеризующих сосудистую систему—ОПС, ОЛС, Са, Сла) была отведена показателям сердца. Это показатели функционального состояния правого ($\beta = P_v / \text{МОК}$) и левого ($l = P_{лг} / \text{МОК}$) сердца и мощности правого ($N_{пж} = P_{ла} \cdot \text{МОК}$) и левого ($N_{лж} = P_{ла} \cdot \text{МОК}$) сердца.

Результаты и их обсуждение

1. Больная К. (ИБ № 381.76) находилась на автоматизированном мониторинг контроле после операции протезирования митрального клапана гетеротрансплантатом. При состоянии сердечно-сосудистой системы, характеризующемся численными значениями показателей

F	МОК	Pa	P _{ла}	P _v	P _{лп}	β	l	ОПС	ОЛС	Ca	Сла	N _{пж}	N _{лж}
107	5655	56,5	25,3	9,4	10	0,1	0,1	0,5	0,16	1,6	1,4	0,31	0,71

начали внутривенное введение крови. Через 16 мин. после вливания 480 мл крови и стабилизации измеряемых функций показатели установились:

F	МОК	Pa	P _{ла}	P _v	P _{лп}	β	l	ОПС	ОЛС	Ca	Сла	N _{пж}	N _{лж}
88	7250	62	27,6	11,5	11	0,09	0,09	0,5	0,13	2,3	2,3	0,44	1,01

В результате увеличения объема крови МОК возрос на 23%, Pa, P_v, P_{ла} и P_{лп} увеличились соответственно на 10, 20, 8 и 10%. В энергетических оценках имеется увеличение на 40% мощностей левого и правого желудочков. Такое изменение функциональных показателей с увеличением объема крови произошло на фоне изменения таких свойств, как 10%-го снижения показателей функционального состояния левого и правого сердца l и β , 18%-го уменьшения легочного сопротивления и 43 и 50%-го увеличения эластичности артериальных и легочно-артериальных сосудов. Сравнивая показатели сердца до и после воздействия, можно заключить, что в ответ на изменение ОЦК состояние сердца улучшилось на фоне увеличения его мощности (β и l уменьшились, а N_{пж} и N_{лж} возросли).

2. Больной Ц. (ИБ № 2817.74) находился на автоматизированном мониторинг контроле после операции протезирования аортального клапана (АКЧ-2). В первые сутки после операции при состоянии, характеризующемся комплексом показателей

F	МОК	Pa	P _{ла}	P _v	P _{лп}	β	l	ОПС	ОЛС	Ca	Сла	N _{пж}	N _{лж}
88	5055	73	13	5,5	9	0,06	0,107	0,8	0,07	1,26	3,33	0,15	0,88

начали внутривенное вливание 400 мл полиглюкина и 400 мл плазмы. Через 50 мин. после введения 800 мл жидкости и установления стабилизированного состояния, гемодинамика характеризовалась показателями:

F	МОК	Pa	Pda	Pv	Рлп	β	l	ОПС	ОЛС	Ca	Сла	Нпж	Нлж
83	5325	75	15	5,5	10	0,062	0,113	0,78	0,05	1,33	3,05	0,17	0,88

Анализ количественных оценок ССС до и после воздействия показывает, что в ответ на восполнение не произошло ожидаемого возрастания функциональных показателей (лишь Рлп возросло на 10%). Свойства сердечно-сосудистой системы также не изменились. Анализ данного состояния на математической модели показал, что в ответ на воздействие не произошло адекватного изменения напряженного объема крови. Постоянство свойств системы (β , l, Ca, Сла, ОПС, ОЛС) дает основание предположить, что в ответ на восполнение произошла регуляция объема циркулирующей крови, связанная не с изменением гемодинамических свойств, а с такими явлениями, как депонирование крови или увеличение фильтрационного потока жидкости в тканевое пространство.

3. Больная Б. (ИБ № 164.77) находилась на автоматизированном мониторинг контроле после операции протезирования митрального клапана полусферическим протезом № 2, комиссуротомии и аннулопластики трехстворчатого клапана. На одном из этапов лечения было применено внутривенное введение 200 мл физиологического раствора. До воздействия гемодинамика характеризовалась следующими показателями:

F	МОК	Pa	Pv	Рлп	β	l	ОПС	Ca	Нлж
111	4215	87	13,2	13	0,18	0,18	1,05	0,74	0,915

Через 20 мин. после воздействия установились следующие показатели:

F	МОК	Pa	Pv	Рлп	β	l	ОПС	Ca	Нлж
96	2203	96	13,3	16	0,28	0,33	1,6	0,44	0,62

В данном примере обращает на себя внимание тот факт, что в ответ на восполнение МОК резко (примерно в два раза) падает. Ухудшение функционального состояния сердца (β возрастает на $\approx 50\%$, а l на 83%) сказывается и на энергетическом уровне левого желудочка, мощность которого падает на 23%.

4. Больной Л. (ИБ № 136.77) контролировался с помощью мини-компьютерно-мониторной системы после операции протезирования митрального клапана (МКЧ-2). Показатели гемодинамики с учетом потерь и восполнения объема крови и жидкости (Δ ОЦК) приведены в табл. 1:

Таблица 1

Показатель \ Время	17.30	20.40	00.10	03.30	04.20	05.00	05.25	06.00
Δ ОЦК [мл]	0	-450	-1050	-1650	-1950	-1756	-1650	-1650
Р _а [торр]	97,7	122	105	95,5	100	88,7	91,7	95
Р _в [торр]	6	12,6	6,5	4,5	4,5	2,3	6,6	6,3
Р _{ла} [торр]	13,6	19	21	12	13	12	9,3	10
Р _{лп} [торр]	8	8	8	5	7	5	9	9
МОК [мл. мин ⁻¹]	6218	6548	7249	7304	6555	4490	3735	5117
β [торр. мл. ⁻¹ .сек.]	0,05	0,11	0,05	0,02	0,04	0,03	0,1	0,07
l [торр. мл. ⁻¹ .сек.]	0,07	0,07	0,06	0,04	0,06	0,06	0,14	0,10
ОПС [торр. мл. ⁻¹ .сек.]	0,88	1,0	0,7	0,78	0,88	1,10	1,30	1,04
ОЛС [торр. мл. ⁻¹ .сек.]	0,05	0,10	0,10	0,08	0,05	0,09	0,003	0,01
С _а [мл. торр ⁻¹]	0,97	0,80	1,30	1,50	1,20	0,95	0,7	0,90
С _{ла} [мл. торр ⁻¹]	2,7	3,7	2,1	6,2	4,2	3,5	2,9	4,0
Нлж. [вт]	1,3	1,7	1,5	1,5	1,4	0,9	0,7	1,0
Нпж. [вт]	0,16	0,20	0,30	0,18	0,19	0,12	0,07	0,11

Данное наблюдение характерно тем, что в послеоперационном периоде в течение 12 час. в основном проводилась трансфузионная терапия. В начале наблюдений у больного была тенденция к увеличению ОЦК со стороны самого организма, приводящего к возрастанию давлений и кровотока. Поэтому дежурный врач начал уменьшать ОЦК. В 20.40 после уменьшения ОЦК на 450 мл состояние правого сердца ухудшилось (β увеличилась). В дальнейшем до 03.30 состояние сердца улучшалось (β и l уменьшились), и хотя Р_а незначительно снизилось, кровоток продолжал возрастать. В 04.20 после уменьшения ОЦК на 1950 мл появились признаки ухудшения состояния сердца (β и l возросли). С этого момента начали обратное восполнение части потерянной жидкости и электролитов. В 05.25 после появления признаков ухудшения состояния сердца (рост β и l) дальнейшее восполнение отменили. Контрольное измерение в 06.00 показало, что в результате уменьшения ОЦК на 1650 мл развитие гипervолемической перегрузки со стороны самого организма было предотвращено. Левое и правое сердце разгрузились (Нлж и Нпж уменьшились), а измеряемые величины (Р_а, Р_{ла}, Р_в, Р_{лп} и МОК) установились на значениях, близких к норме.

Количественный анализ показателей гемодинамики у 20 больных, оперированных по поводу пороков сердца, показывает, что реакции ССС у отдельных больных (и даже у 1 больного) в различное время оказывались существенно разными, приводя при этом к разнонаправленным сдвигам состояния сердца. Использование математической модели и вычислительной техники в лечебном процессе позволяет количественно анализировать и определить вклад отдельных параметров ССС в формировании разнонаправленных реакций системы кровообращения.

Выбранная методика дает возможность провести наилучшую для оперированного сердца терапию и обеспечивает индивидуальный подход в конкретных ситуациях. Так, изменения количественных оценок сердца характеризовали такие сдвиги функционального состояния сердца и его половин, как улучшение функционального состояния сердца (уменьшение β и l); ухудшение функционального состояния (увеличение β и l); разгрузку сердца (уменьшение $N_{пж}$ и $N_{лж}$ одновременно с уменьшением β и l); перегрузку (увеличение $N_{пж}$ и $N_{лж}$ одновременно с увеличением β и l) и развитие его слабости (уменьшение $N_{пж}$ и $N_{лж}$ одновременно с увеличением β и l).

Вышеизложенные сдвиги, имеющие место при изменении ОЦК, были ненаблюдаемы при обычном клиническом контроле, а определялись в результате количественного анализа с помощью модели [1, 12].

Таким образом, изучение состояния ССС с помощью математической модели позволяет оперативно оценить и предупредить развитие гипо- и гипертонических нарушений до появления клинических признаков ухудшения состояния больных, оперированных по поводу пороков сердца.

Институт сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева,
АМН СССР, г. Москва

Поступило 5/1 1978 г.

Ա. Ս. ԱՐԱՆՅԱՆ

ՇՐՋԱՆԱՌՈՂ ԱՐՅԱՆ ԾԱՎԱԼԻ ՓՈՓՈԽՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ
ՍԻՐՏ -ԱՆՈԹԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՎԻՃԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆԸ
ՄՐՏԱՅԻՆ ՎԻՐԱՔՈՒԺԱԿԱՆ ԿԼԻՆԻԿԱՅԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Մաթեմատիկական մոդելի օգտագործումը հնարավորություն է տալիս առանձնացնել արյան շրջանառության համակարգի առավել թույլ օղակը՝ վիրահատված սիրտը և տանել անհատական բուժում ամեն մի հիվանդի համար առանձին:

A. S. ABRAHAMIAN

ESTIMATION OF THE STATE OF CARDIOVASCULAR SYSTEM
IN CHANGE OF THE VOLUME OF CIRCULATING BLOOD AT
CARDIOSURGICAL CLINIC

Summary

The use of mathematical model allows to out the weakest link in circulatory system — the operated heart, and conduct individual treatment of each separate patient

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян А. С. Кровообращение, 1977, 10, 1. 2. Алекси-Месхишвили В. В. Канд. дисс. М., 1971. 3. Амосов Н. М., Береговский Б. А., Лиссова О. И., Палец Б. И. Физиол. ж. СССР, 1976, 11. 4. Бураковский В. И., Гельштейн Г. Г., Левант А. Л.

- В кн.: «Шок при инфаркте миокарда». М., 1969, 102. 5. Бураковский В. И., Лищук В. А. Грудная хирургия, 1977, 4. 6. Бураковский В. И., Лищук В. А., Соколов М. В. Вестник АМН СССР, 1976, 6. 7. Бураковский В. И., Лищук В. А., Подгорный В. Ф., Соколов М. В. Вестник АМН СССР, 1974, 6. 8. Вагнер Е. А., Тавровский В. М. Трансфузионная терапия при острой кровопотере. М., 1977. 9. Золотарев А. М. В кн.: «Электроника и химия в хирургии». Воронеж, 1964. 10. Лебедева Р. Н., Аббакумов В. В., Заикина Л. В., Зубадашвили Р. З., Свищевский Е. Б. Кардиология, 1975, 4. 11. Левант А. Д., Картавенко В. И., Астраханцева Р. Н., Терещенко С. Н. Кардиология, 1975, 4. 12. Лищук В. А. Общие свойства замкнутой сердечно-сосудистой системы. Препринт. 1971. 13. Меерсон Ф. З. Адаптация сердца к большим нагрузкам. М., 1975. 14. Сидоренко Г. И. Кибернетика и терапия. М., 1970. 15. Соловьев Г. М., Шулман К. М., Радзивил Г. Г., Бунятян А. А., Гусейнов Ч. С., Мецераков Л. В. Вопросы клинической реанимации, 1965, 157. 16. Fishman N. H., Hutchthson G. S., Roc B. B. J. Thor. Cardiovasc. Surg. 1966, 56, 886. 17. Huck D. C., Bescos L. L., Zilkes R. Thorac. 1973, 23, 762. 18. Sheppard L. C., Kirklin G. W. Fed. Proc. 1974, 33, 12, 2326. 19. Thomas F. T. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 1968, 56, 886.