

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КАРДИО- И ГЕМОДИНАМИКИ ПО ДАННЫМ ТЕТРАПОЛЯРНОЙ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЙ ИМПЕДАНСНОЙ РЕОПЛЕТИЗМОГРАФИИ

В последние годы внимание физиологов и клиницистов привлекает бескровный метод изучения центральной и регионарной гемодинамики — тетраполярная импедансная реоплетизмография [7]. В основе этой методики лежат представления [4] о связи изменений объемов участка тела и его кровенаполнения с полным электрическим сопротивлением. С помощью метода тетраполярной импедансной реоплетизмографии удалось значительно приблизиться к количественной оценке сердечного выброса, что необходимо для определения ряда важнейших параметров, характеризующих состояние центральной и периферической гемодинамики [2]. Метод отличается безвредностью для исследуемого, простотой, возможностью длительной регистрации и часто повторяющихся измерений. В связи с этим тетраполярная импедансная реоплетизмография находит широкое применение как в клинике, так и в физиологии труда и спорта, при массовых обследованиях различных контингентов практически здоровых лиц с целью оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и выявления скрытой патологии.

Особую ценность метод тетраполярной трансторакальной импедансной реоплетизмографии представляет для определения тактики врача-кардиолога в экстремальных ситуациях. Оперативность и высокая информативность, присущие этому методу, позволяют относительно быстро решать вопрос о характере гемодинамических сдвигов и определять необходимость лечебных и реанимационных мероприятий.

Самая общая характеристика кардио- и гемодинамики включает расчет более десяти основных параметров. В связи с тем, что эти расчеты занимают много времени, а использование универсальных ЭВМ при относительно небольшом количестве исследований нецелесообразно и малодоступно для широкого круга клиницистов и физиологов, следует рекомендовать производить расчеты кардио- и гемодинамических параметров с помощью программируемых микрокалькуляторов: «Электроника БЗ-21», «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-56».

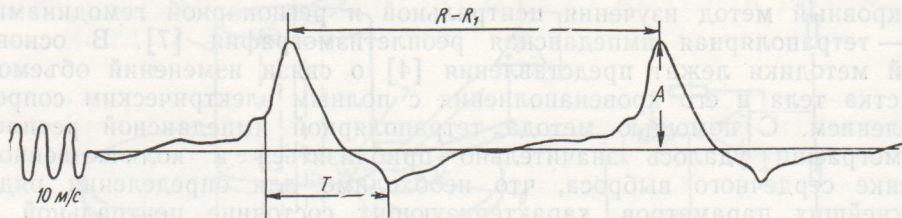
Нами разработаны программы для этих микрокалькуляторов, позволяющие быстро рассчитать ударный объем крови (УОК, мл), ударный индекс (УИ, мл/м²), минутный объем крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин·м²), объемную скорость выброса крови (ОСВ, мл/с), линейную скорость движения крови (ЛСДК, см/с), мощность левого желудочка (МЛЖ, Вт), расход энергии, затрачиваемой на передвижение крови (РЭ, Вт/л), общее (ОПС) и удельное (УПС) периферическое сопротивление.

Для расчета этих параметров (см. рисунок) достаточно определить расстояние между внутренними электродами (l , см), списать со шкалы реоплетизмографа РПГ 2-02 значение базисного импеданса (Z , Ом), рассчитать, сопоставляя с величиной калибровочного сигнала, амплитуду дифференциальной реоплетизмограммы (A , Ом/с), определить время изгнания крови (T , с), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин). Поверхность тела (ПТ, м²) и площадь сечения аорты (Q , см²) определяются по номограммам [3, 5], исходя из роста и веса исследуемого. Расчет значения средне-динамического давления (СДД, мм рт. ст. или гПа) производится по формуле:
$$\text{СДД} = \frac{\text{СД} - \text{ДД}}{3} + \text{ДД}$$
 где: СД — систолическое давление, ДД — диастолическое давление. Формулы, по которым производится расчет основных показателей

гемодинамики и которые используются в программах, приведены нами ранее [2].

По сравнению с опубликованной программой для вычисления основных гемодинамических параметров с помощью микрокалькулятора «Электроника БЗ-21» [6], предлагаемые нами программы имеют ряд отличий и позволяют дополнительно определить ряд важных показателей гемодинамики.

Порядок работы с микрокалькулятором «Электроника БЗ-21» следующий: 1) включить микрокалькулятор; 2) перейти в режим про-



Основные параметры дифференциальной реоплетизмограммы, необходимые для расчета сердечного выброса.

A — амплитуда дифференциальной реоплетизмограммы, T — время изгнания крови, $R-R_1$ — длительность сердечного цикла.

раммирования, нажав клавиши «Р» «РП»; 3) ввести программу, представленную в табл. 1; 4) перейти в режим работы, нажав клавиши «Р» «РР»; 5) ввести в память микрокалькулятора константы: «1» «3» «5» «Р» «6» «0» «.» «1» «3» «3» «Р» «7» «1» «.» «3» «3» «ВП» «4» «[—]» «Р» «8»; 6) нажать клавишу очистки программного счетчика «В/О». В дальнейшем после окончания очередного цикла вычислений эту клавишу можно не нажимать, так как в программе предусмотрен безусловный переход на нулевой оператор (начало программы); 7) проверить правильность работы программы с помощью теста, приведенного в табл. 2, А; 8) если программа набрана правильно, ввести исходные данные и списать с индикатора результаты вычислений, как показано в табл. 2, Б.

Модель «БЗ-34» — это усовершенствованный вариант «Электроники БЗ-21» и отличается от нее расширенным набором выполняемых операций. Микрокалькулятор «БЗ-34» автоматически выполняет вычис-

Таблица 1. Программа для вычисления основных кардио- и гемодинамических показателей на МК «Электроника БЗ-21»

Код	Нажимаемые клавиши	Адрес	Код	Нажимаемые клавиши	Адрес	Код	Нажимаемые клавиши	Адрес
55	«F» «X ² »	01	32	«F» «3»	32	72	«F» «7»	63
06	«↑»	02	26	«x»	33	26	«x»	64
62	«F» «6»	03	41	«P» «4»	34	78	«C/П»	65
26	«x»	04	78	«C/П»	35	84	«8»	70
78	«C/П»	05	06	«↑»	40	04	«0»	71
26	«x»	10	22	«F» «2»	41	06	«↑»	72
21	«P» «2»	11	16	«XУ»	42	32	«F» «3»	73
78	«C/П»	12	36	«÷»	43	26	«x»	74
26	«x»	13	78	«C/П»	44	06	«↑»	75
31	«P» «3»	14	06	«↑»	45	42	«F» «4»	80
78	«C/П»	15	31	«P» «3»	50	36	«÷»	81
36	«÷»	20	22	«F» «2»	51	78	«C/П»	82
78	«C/П»	21	26	«x»	52	32	«F» «3»	83
41	«P» «4»	22	06	«↑»	53	06	«↑»	84
26	«x»	23	82	«F» «8»	54	52	«F» «5»	85
51	«P» «5»	24	26	«x»	55	36	«÷»	90
78	«C/П»	25	78	«C/П»	60	78	«C/П»	91
42	«F» «4»	30	32	«F» «3»	61	58	«БП»	92
06	«↑»	31	06	«↑»	62	01	«P» «0»	93

ления по программам, содержащим до 98 команд (т. е. более, чем на 60 % превосходит возможности модели «БЗ-21»), имеет 14 регистров памяти, что позволило составить программу, с помощью которой искомые параметры гемодинамики определяются сразу в нужных раз- мерных величинах.

Порядок работы с микрокалькулятором «Электроника БЗ-34» сле- дующий: 1) включить микрокалькулятор; 2) для введения програм- мы необходимо нажать клавишу очистки программного счетчика «В/О» и перейти в режим «Программирование», нажав клавиши «F» «ПРГ», на индикаторе при этом индицируется адрес счетчика 00, с которого будет вводиться программа; 3) ввести программу, представ- ленную в табл. 3: «ИП» «0» «С/П» «F» «X²» «х» «С/П» ... «х» «С/П». Во время набора программы операции, вводимые с помощью клавиш, необходимо контролировать по индикатору, сверяя команды с их ко-

Т а б л и ц а 2. Тест для проверки программы (А) и последовательность ввода известных данных и получения искомых показателей гемодинамики (Б) при работе с МК «Электроника БЗ-21»

Индикация	Ввод известных величин	Индикация	Ввод известных величин
А		Б	
	«2» «5» «↑» «2» «6»	*	«1» «↑» «Z» «÷» «С/П»
	«÷» «С/П»	*	«А» «С/П»
124,8150*	«2» «,» «1» «С/П»	ОСВ	«Т» «С/П»
262,1116	«0» «,» «2» «8» «С/П»	УОК	«ПТ» «С/П»
73,39126	«1» «,» «6» «1» «С/П»	УИ	«ЧСС» «С/П»
45,58463	«7» «5» «С/П»	СИ**	«С/П»
3418,847	«С/П»	МОК**	«Q» «С/П»
5504,344	«4» «,» «4» «5» «С/П»	ЛСДК	«СДД» «С/П»
58,90149	«8» «8» «,» «3» «3»	МЛЖ	«С/П»
	«С/П»	РЭ	«С/П»
3,079258	«С/П»	ОПС**	«С/П»
11,74789	«С/П»	УПС**	
1,283785	«С/П»		
0,02583619			

* Результаты промежуточных вычислений. ** Полученные значения СИ, МОК необхо- димо разделить на 1000, а ОПС и УПС — умножить на 1000.

Т а б л и ц а 3. Программа для вычисления основных кардио- п гемодинамических показателей на микрокалькуляторе «Электроника БЗ-34»

Код	Нажимаемые клавиши	Адрес	Код	Нажимаемые клавиши	Адрес	Код	Нажимаемые клавиши	Адрес
60	«ИП» «0»	01	50	«С/П»	20	12	«х»	39
50	«С/П»	02	48	«П» «8»	21	50	«С/П»	40
22	«F» «X ² »	03	14	«XУ»	22	25	«F» «C»	41
12	«х»	04	25	«F» «C»	23	0E	«↑»	42
50	«С/П»	05	13	«÷»	24	62	«ИП» «2»	43
22	«F» «X ² »	06	50	«С/П»	25	12	«х»	44
13	«÷»	07	65	«ИП» «5»	26	50	«С/П»	45
50	«С/П»	08	12	«х»	27	14	«XУ»	46
12	«х»	09	64	«ИП» «4»	28	66	«ИП» «6»	47
47	«П» «7»	10	13	«÷»	29	13	«÷»	48
50	«С/П»	11	50	«С/П»	30	0E	«↑»	49
12	«х»	12	67	«ИП» «7»	31	63	«ИП» «3»	50
0E	«↑»	13	14	«XУ»	32	12	«х»	51
50	«С/П»	14	13	«÷»	33	50	«С/П»	52
45	«П» «5»	15	50	«С/П»	34	14	«XУ»	53
12	«х»	16	0E	«↑»	35	68	«ИП» «8»	54
64	«ИП» «4»	17	67	«ИП» «7»	36	12	«х»	55
13	«÷»	18	12	«х»	37	50	«С/П»	56
46	«П» «6»	19	61	«ИП» «1»	38			

дами, приведенными в табл. 3; 4) перейти в режим «Автоматическая работа»: «F» АВТ»; 5) ввести в память микрокалькулятора константы: «1» «3» «5» «П» «0» «1» «,» «3» «3» «ВП» «4» «[-]» «П» «1» «0» «,» «1» «3» «3» «П» «2» «8» «0» «П» «3» «1» «0» «0» «0» «П» «4»; 6) перейти в режим работы: «В/О» «С/П»; 7) проверить правильность работы программы с помощью теста, приведенного в табл. 4, А; 8) если программа набрана правильно, опять нажать клавиши «В/О» «С/П», ввести исходные данные и списать с индикатора искомые показатели гемодинамики, как показано в табл. 4, Б; 9) для повторного вызова повторить п. 8; 10) в случае ошибочного нажатия клавиши корректировку производить следующим образом: если ошибка была допущена при вводе числа, следует нажать клавишу очистки регистра X «С_х» и набрать число сначала. Например, на индикаторе изображено неправильно набранное число «1,35». Нажимают клавишу «С_х», на индикаторе получают «0».

Таблица 4. Тест для проверки программы (А) и последовательность ввода известных данных и получения искомых показателей (Б) гемодинамики

Индикация	Ввод известных величин	Индикация	Ввод известных величин
А		Б	
135	«2» «5» «С/П»	135	«1» «С/П»
84375*	«2» «6» «С/П»	*	«Z» «С/П»
124,81508*	«2» «,» «1» «С/П»	*	«А» «С/П»
262,11166	«0» «,» «2» «8» «С/П»	ОСВ	«Т» «С/П»
73,391264	«7» «5» «С/П»	УОК	«ЧСС» «С/П»
5,5043448	«1» «,» «6» «1» «С/П»	МОК	«ПТ» «С/П»
45,584636	«С/П»	УИ	«С/П»
3,4188477	«4» «,» «4» «5» «С/П»	СИ	«Q» «С/П»
58,901496	«8» «8» «,» «3» «3» «С/П»	ЛСДК	«СДД» «С/П»
3,0792589	«С/П»	МЛЖ	«С/П»
11,74789	«С/П»	РЭ	«С/П»
1283,7858	«С/П»	ОПС	«С/П»
25,83619		УПС	

* Результаты промежуточных вычислений

Полную очистку памяти можно произвести, выключив микрокалькулятор.

Для сброса ошибочно нажатой клавиши «F» нажимают клавишу «С_р». Если ошибка допущена при вводе программы, то для ее исправления необходимо перейти на адрес, по которому записана ошибочная команда. Для этого можно воспользоваться клавишами «ШГ» или «ШГ», если адрес ошибочной команды находится недалеко от текущего. При каждом нажатии этих клавиш содержимое счетчика адресов команд соответственно увеличивается или уменьшается на единицу. При большой разнице адресов ошибочной и текущей команд нужно воспользоваться командой безусловного перехода. Для этого необходимо перейти в режим «Автоматическая работа», нажать клавишу «БП», а затем цифровые клавиши, которые обеспечат переход на нужный адрес. После установки режима «Программирование» на индикаторе появится адрес ошибочной команды. Исправить ошибку можно, нажав клавишу требуемой операции или команды.

Если необходимо исключить ошибочно набранную команду из программы, следует перейти на адрес исключаемой команды, а затем нажать клавиши «К» «НОП». В программную память запишется команда «Нет операции», по которой при вычислении ничего не выполняется [1].

Представленная программа для микрокалькулятора «Электроника БЗ-34» может быть полностью применима для микрокалькулятора «Электроника МК-56». При этом следует лишь учитывать, что эти