

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПРЕКРАЩЕНИЯ СЕРДЕЧНЫХ АРИТМИЙ

*В. А. Макарычев, Б. М. Цукерман, Н. Л. Гурвич*

Институт хирургии им. А. В. Вишневского (дир.— действ. член АМН СССР проф. А. А. Вишневский) АМН СССР и Лаборатория экспериментальной физиологии (зав.— проф. В. А. Неговский) АМН СССР, Москва

(Поступила в редакцию 18/II 1966 г. Представлена действ. членом АМН СССР А. А. Вишневским)

Сильное электрическое воздействие на сердце до недавнего времени считали лишь экстраординарной мерой, применимой только при возникновении фибрилляции желудочков. В 1956 г. Б. М. Цукерман и Н. Л. Гурвич [10] в эксперименте, а в 1959 г. А. А. Вишневский, Б. М. Цукерман и С. И. Смеловский [2] в клинике показали возможность устранения таким воздействием хронического нарушения ритма сердца — мерцательной аритмии. Сейчас электроимпульсное лечение сердечных аритмий широко распространено как у нас [3, 6—9], так и за рубежом [11].

В результате выполненных ранее экспериментальных исследований [3, 5] найдены параметры импульса, вполне удовлетворительные как по эффективности, так и по минимуму травмирующего влияния на сердце. Однако форма и величина импульса, генерируемого дефибриллятором, в значительной степени зависит от внешней нагрузки в цепи разрядного тока. Эта нагрузка определяется сопротивлением грудной клетки дефибриллирующему току, которое для человека не изучено. Вследствие большой зависимости сопротивления биологических объектов от характеристики протекающего тока величину внешней нагрузки можно измерить, только применяя дефибриллирующий импульс.

Задачей настоящей работы было изучение величин напряжения и тока электрического импульса, устранявшего аритмию сердца, а также определение величины сопротивления грудной клетки больного этому импульсу.

### Методика и результаты исследования

Измерения проведены во время 40 попыток электроимпульсного лечения 37 больных по поводу различных нарушений сердечного ритма: у 35 больных воздействие тока проводили трансторакально, у 2 — непосредственно на сердце во время митральной комиссуротомии.

При трансторакальном воздействии электроды диаметром 12 см прижимали спереди к левой подключичной области и сзади к левой лопатке. Кожу в этих местах предварительно обезжировали спиртом с эфиром. В случае воздействия непосредственно на сердце один из электродов подкладывали под грудную клетку больного, второй плотно прижимали к сердцу. Лечение осуществляли при помощи импульсного дефибриллятора системы Н. Л. Гурвича, имеющего конденсатор емкостью 16 мкф и катушку индуктивности 0,25 гн с активным сопротивлением 25 ом.

Напряжение и ток регистрировали 2-лучевым катодным осциллографом типа ОК-21. Напряжение на один вход осциллографа подавали непосредственно от электродов дефибриллятора; на второй вход напряжение снимали с очень малого сопротивления, включенного последовательно в цепь разряда. Таким образом, на одном луче регистрировали импульс напряжения, на другом — импульс тока. При дальнейшем анализе осциллограмм рассчитывали также электрическое сопротивление грудной клетки больного протекавшему импульсу. Расчет энергии разряда ( $W$ ) выполняли по формуле:

$$W = \frac{CV^2}{2},$$

где  $C$  — емкость конденсатора (в ф), а  $V$  — напряжение его разряда (в в).

Из 37 больных было 13 женщин и 24 мужчины. У 31 из них диагностирована хроническая мерцательная аритмия, у 1 — затяжной приступ пароксизмальной тахикардии и у 5 — трепетание предсердий.

По характеру основного заболевания больные подразделялись на следующие группы: страдающие пороками сердца ревматической этиологии (21), атеросклеротическим и миокардитическим кардиосклерозом (13), тиреотоксикозом (1) и аритмией неясного происхождения (2).

Длительность аритмий была различной — от 1 месяца до 12 лет. Возраст больных колебался от 13—14 до 67 лет. Больные различались по телосложению и весу (34—106 кг).

*Напряжения заряда конденсатора и непосредственные результаты лечения.* Для первоначального воздействия током с целью устранения аритмии конденсатор дефибриллятора заряжали не ниже 4 кв (для взрослых) и 3 кв (для подростков). Меньшие напряжения мы не применяли во избежание фибрилляции желудочков (1).

Из 38 попыток электроимпульсного лечения, выполненных трансторакально (3 больных поступили повторно), непосредственный положительный эффект наблюдали в 35. У 3 больных, несмотря на применение высоких напряжений, не удалось устранить нарушения ритма; 2 из них страдали 1 и 5 месяцев мерцательной аритмией, развившейся на фоне миокардитического и атеросклеротического кардиосклероза. У 3-го, мальчика 14 лет, был затянувшийся приступ пароксизмальной тахикардии суправентрикулярного происхождения.

Из 2 больных, у которых мерцательную аритмию пытались устранить, нанося разряды непосредственно на сердце, во время хирургической операции, успеха добились у 1.

После устранения аритмии, даже ее брадисистолической формы, все больные отмечали улучшение общего состояния и в первую очередь облегчение дыхания и исчезновение ощущения сердцебиения.

*Параметры электрического импульса и сопротивление грудной клетки больных.* Регистрация тока и напряжения показала, что импульс, представляющий собой затухающий колебательный разряд (см. рисунок), имеет выраженную 2-ю полуволну и длительность полупериода 6,8 мсек. Напряжение (по амплитуде 1-й полуволны) колебалось у разных больных от 750 до 2200 в, сила тока — от 19 до 4,1 а. Напряжение заряда, его энергия, а также величины тока и напряжения, измеряемые на больном, представлены в таблице.

*Физические параметры электрического импульса, прекращавшего аритмию при воздействии через неэкранированную грудную клетку*

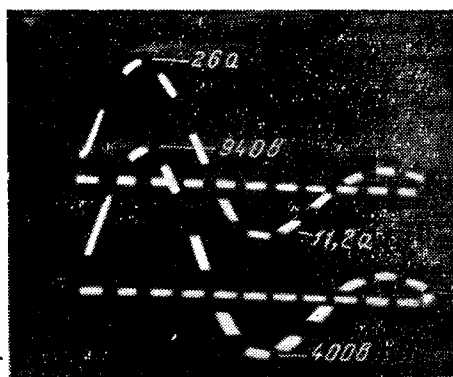
Число больных	Напряжение заряда конденсатора (в в)	Напряжение на электродах* (в в)	Ток* (в а)	Энергия разряда (в дж)
1	3500	750	19	98
10	4000—4400	750—1200	20—25	128—155
13	4700—5000	800—1300	26—29	176—200
8	5200—6000	1000—1500	29—33	218—288
2	6300—7000	1100—1900	33—37	320—392
1	7800	2200	41	490

\* Напряжение и ток измерены по величинам 1-й полуволны. 2-я полуволна составляла 30—50% от первой.

Разрядом непосредственно на сердце была прекращена аритмия у 1 из 2 больных. Напряжение заряда на конденсаторе составляло 3,2 кв, напряжение на больном — 675 в, сила тока равнялась 17,4 а.

Электрическое сопротивление грудной клетки больных импульсному току вычисляли по отношению величины напряжения к силе тока. Сопротивление грудной клетки варьировало у разных больных от 27 до 53 ом. Наименьшая величина сопротивления была у больного весом 70 кг, наибольшая (53 ом) — у больного весом 78 кг. У больного с наибольшим весом тела (106 кг) сопротивление грудной клетки равнялось 46 ом, а у подростка (34 кг) — 37 ом. Таким образом, прямой зависимости величины омического сопротивления тела больного от его веса не наблюдалось. При разряде непосредственно на сердце (другой электрод под левой лопаткой) величина сопротивления у 2 больных была 30 и 40 ом.

В соответствии с величинами напряжения разряда величины энергии разрядов, восстанавливавших синусовый ритм, распределялись следующим образом: меньше 100 дж получил 1 больной, 128—155 дж — 10, 176—200 дж — 13, 218—288 дж — 8, 320—392 дж — 2 и 490 дж — 1 больной. Около  $\frac{1}{3}$  энергии рассеивалось на активном сопротивлении катушки индуктивности.



Оциллограммы тока (сверху) и напряжения (снизу) при разряде с напряжением (на конденсаторе) 4800 в, устранившем мерцательную аритмию у больного В.

Амплитуда напряжения (1-й полуволны) на больном 940 в, амплитуда тока 26 а. Отметка времени (между началами смежных тире) 1,6 мсек.

Результаты проведенного исследования позволили выяснить зависимость между напряжением заряда конденсатора и действительной величиной напряжения, прикладываемого к грудной клетке больного. Установлено, что на грудную клетку подается напряжение в 3—5 раз меньшее, чем указывает киловольтметр дефибриллятора. Кроме того, как сопротивление тела человека, так и напряжения, необходимые для устранения аритмий, не имеют четкой зависимости от веса больного (размеров его грудной клетки). По-видимому, есть другие причины, возможно, связанные с индивидуальными особенностями протекающей аритмии, которые и определяют наблюдаемый разброс параметров необходимого электрического воздействия.

Выполненное нами измерение напряжений, прикладываемых во время разряда дефибриллятора к грудной клетке больного, позволило сравнить их с напряжением переменного тока, применявшегося для той же цели [12]. В указанной работе установлено, что для трансторакальной дефибрилляции сердца переменным током необходимо применять не киловольты, а 440—720 в. Это значительное уменьшение необходимого напряжения при использовании переменного тока является кажущимся и определяется принятым методом его измерения (эффективное значение одного полупериода). На самом деле действенность переменного тока в отношении аритмий определяется не одним, а суммой 2 полупериодов: при выпрямлении переменного тока напряжение для дефибрилляции приходится увеличивать вдвое [4]. Кроме того, чтобы получить для обоих методов сравнимые величины, надо брать не эффективные, а амплитудные значения переменного тока.

Таким образом, для правильного расчета напряжение переменного тока следует умножить на  $2\sqrt{2}$  (на 2,82). При этом оказывается, что в действительности для трансторакальной дефибрилляции нужны не 440—720, а 1240—2020 в, т. е. те же величины, что и при устранении аритмии электроимпульсным методом.

Таким образом, для правильного расчета напряжение переменного тока следует умножить на  $2\sqrt{2}$  (на 2,82). При этом оказывается, что в действительности для трансторакальной дефибрилляции нужны не 440—720, а 1240—2020 в, т. е. те же величины, что и при устранении аритмии электроимпульсным методом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский А. А., Цукерман Б. М. Клин. мед., 1965, № 7, с. 5.
2. Вишневский А. А., Цукерман Б. М., Смеловский С. И. Клин. мед., 1959, № 8, с. 29.
3. Гурвич Н. Л., Фибрилляция и дефибрилляция сердца. М., 1947.
4. Гурвич Н. Л., Аюбян А. А., Жуков И. А. Вопросы электропатологии и электротравматизма. Фрунзе, 1961, с. 15.
5. Гурвич Н. Л., Макарычев В. А. Актуальные вопросы реаниматологии и гипотермии. М., 1964, с. 14.
6. Лукошевич А. Тезисы научн. конференции кардиологов Литовской ССР. Каунас, 1964, с. 58.
7. Неговский В. А., Гурвич Н. Л., Семенов В. Н. и др. Казанск. мед. ж., 1965, № 6, с. 7.
8. Радужкевич В. П., Афанасьев Н. А., Поздняков Т. П. Тезисы докладов Пленума правления по проблеме «аритмии сердца». Л., 1964, с. 34.
9. Сыркин А. Л., Маевская И. В. Там же, с. 40.
10. Цукерман Б. М., Гурвич Н. Л. Экспр. хир., 1956, № 3, с. 48.
11. Lown B., Modern concepts of cardiovascular disease, 1964, p. 863.
12. Zoll P. M., Linenthal A. J., Circulation, 1962, v. 25, p. 596.

## CHARACTERISTICS OF THE ELECTRIC IMPULSE EMPLOYED FOR ARREST OF CARDIAC ARRHYTHMIAS

*V. A. Makarychev, B. M. Tsukerman, N. L. Gurvich*

Vishnevsky Institute of Surgery, Academy of Medical Sciences of the USSR,  
Moscow

Tension and charge energy of defibrillator condenser is considered to be the main characteristic of electric action on the heart in electro-impulse therapy of arrhythmias. This gives no idea of true parameters of tension on the patient's chest wall and does not permit to measure the force of the passing current.

In the present paper measurements on electrodes and of the current through the chest wall were undertaken during electroimpulse therapy in 37 patients.

It was found that with charge tension of the condenser at 3.5—7.8 kv tension on chest wall was 2.7—4 times less and was equal to 0.75—2.2 kv. No definite relationship between the required tension and the body weight was found. Maximum current passing through the chest wall of different patients was 19—41 A. Resistance of the chest wall to the passing current was found to be 27—53 ohms.

Calculations are given which show that for defibrillation by impulse and alternating current equal parameters of tension are required.