

# ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И ОБЩАЯ ПАТОЛОГИЯ

## ОПТИМАЛЬНАЯ ФОРМА ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СЕРДЦА

*Н. Л. Гурвич, Н. С. Колганова*

Из лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма (зав. — проф. В. А. Неговский) АМН СССР Москва

(Поступила в редакцию 21/III 1960 г.  
Представлена действительным членом АМН СССР В. В. Парным)

В последнее время в клинической практике стали применять электростимуляцию сердца в случаях прекращения его деятельности вследствие полной блокады предсердно-желудочкового проведения или отсутствия автоматии [4, 10, 11, 12]. Эффективность электростимуляции при различных причинах остановки сердца широко изучали в эксперименте [6, 7, 10]. Значительно менее выяснен вопрос об оптимальной форме и продолжительности электрических импульсов, применяемых для электростимуляции. В отношении продолжительности импульсов следует отметить значительные ее вариации (от 1 до 100 мсек) в экспериментах отдельных авторов [3, 5, 6, 8, 9].

Изучая эффективность электростимуляции сердца при прекращении его деятельности у собак, отравленных прозеринном или охлажденных до 20°, мы проводили измерения порогов напряжения, вызывающего экстрасистолу, при различной продолжительности и форме электрических импульсов. Результаты этих измерений изложены в настоящей статье.

### Методика опытов

Опыты проведены на собаках в обычных температурных условиях (18 опытов) и в условиях гипотермии (10 опытов). Животным первой группы предварительно вводили под кожу 2% раствор пантопона из расчета 8 мг сухого вещества на 1 кг веса тела. Через 40 минут препаровали бедренные сосуды под местной анестезией новокаином: артерию для регистрации артериального давления и вену для введения про-

Таблица 1

*Порог напряжения для прямоугольных монофазных и пилообразных электрических импульсов*

№ опыта	Пороговое напряжение (в V)			
	для прямоугольных импульсов длительностью		для пилообразных импульсов длительностью	
	5 мсек	10 мсек	5 мсек	10 мсек
6	31	22	90	60
9	91	70	100	100
12	45	31	70	70
13	—	27	—	45

Таблица 2

*Порог напряжения для прямоугольных монофазных и двухфазных электрических импульсов длительностью 10 мсек*

№ опыта	Пороговое напряжение (в V)	
	для прямоугольных монофазных импульсов	для прямоугольных двухфазных импульсов
14	25	24
15	26	30
16	37	48
17	30	33
18	38	53

зерина. Прозерин вводили в виде 0,05% раствора по 0,5 мл повторно до наступления значительного замедления ритма сердца. В 4 опытах прозерин не вводили, так как ритм сердца оказался достаточно замедленным после введения пантопона.

Животным второй группы одновременно с пантопоном под кожу вводили атропин в количестве 0,1 мг/кг. До начала и во время охлаждения в вену вводили 0,2% раствор нембутала. Охлаждение достигали погружением собак в ванну со льдом. После снижения температуры тела до 20° охлаждение прекращали и животных помещали в

ванну с водой, имеющей температуру 45°. Согревание прекращали при повышении температуры тела собак до 33°.

После замедления ритма сердца в результате действия прозерина или понижения температуры тела проводили электростимуляцию сердца. Электроды-иглы вкалывали под кожу с правой и левой стороны грудной клетки по линии расположения сердца. Испытывали одиночные монофазные прямоугольные (от 1 до 100 мсек) и пилообразные (5—10 мсек) электрические импульсы, для получения которых использовали аппарат ГРАХ-1 (универсальный стимулятор, изготовленный опытно-конструкторским бюро АМН СССР в 1954 г.). Изучали также одиночные двухфазные импульсы прямоугольной и синусоидальной формы. Первые получали от источника постоянного тока (анодная батарея с напряжением до 100 V), при помощи механического переключателя; вторые — путем разряда конденсатора емкостью 500, 1500 и 3000 мкф через специальную индукционную катушку без железного сердечника, рассчитанную на длительность импульса до 10 мсек.

Эффективность электрических раздражений определяли по появлению височердной пульсовой волны на кривой записи артериального давления.

### Результаты опытов

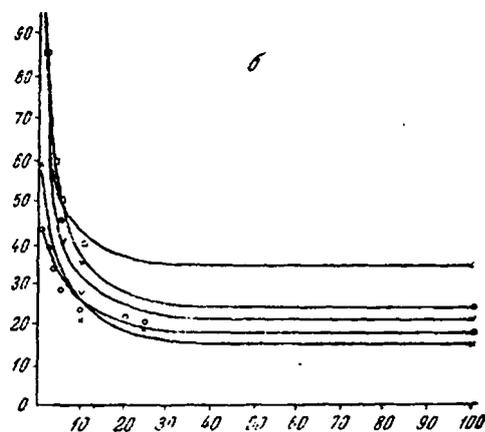
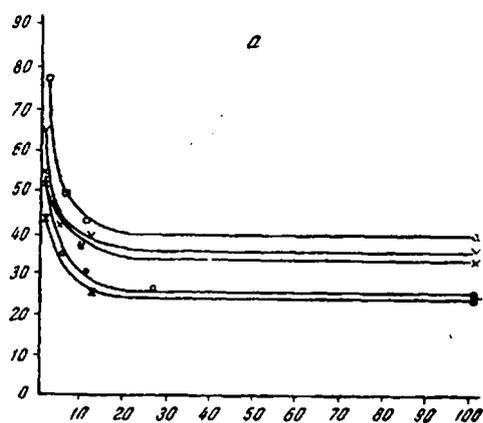
Проведенные опыты показали, что величина порога напряжения, вызывающего экстрасистолю, зависит от формы электрического импульса и его продолжительности. Наименьший порог был получен при воздействии на сердце монофазными импульсами прямоугольной формы. При продолжительности 10 мсек порог для монофазного импульса прямоугольной формы был примерно в 1,7—2 раза ниже, чем порог для импульса пилообразной или синусоидальной формы (табл. 1 и 2).

Порог напряжения для двухфазного импульса прямоугольной формы оказался равным порогу для монофазного импульса той же формы.

Порог напряжения для монофазных прямоугольных импульсов находился в обратной зависимости от их продолжительности. Эта зависимость графически изображена на рисунке.

На рисунке видно, что точка перегиба кривых, составленных по данным опытов, проведенных в обычных температурных условиях, соответствует продолжительности импульсов 7—10 мсек (см. рисунок, а). Точка перегиба кривых, составленных по данным опытов, проведенных в условиях гипотермии (см. рисунок, б), соответствует продолжительности импульсов 10—13 мсек.

Обнаруженная в проведенных опытах большая эффективность монофазных прямоугольных импульсов по сравнению с импульсами другой формы, синусоидальными и пилообразными, находит свое объяснение в известной закономерной зависи-



Зависимость порогового напряжения от продолжительности импульса.

а — кривые, составленные по данным 5 опытов, проведенных в обычных температурных условиях; б — кривые, составленные по данным 5 опытов, проведенных в условиях гипотермии.

По оси абсцисс — время (в миллисекундах), по оси ординат — напряжение (в вольтах).

мости эффекта электрического раздражения от скорости (градиента) возрастания силы тока. В отношении действия одиночных электрических импульсов на сердце большая эффективность прямоугольных импульсов по сравнению с синусоидальными была отмечена Кэллаган и Байджелу [3].

В проведенных опытах не удалось достигнуть суммации раздражающего эффекта обеих фаз при воздействии на сердце одиночными двухфазными импульсами прямоугольного тока: порог напряжения для такого импульса оказался равным порогу для монофазного импульса. В ранее проведенном изучении сравнительного действия переменного синусоидального и выпрямленного (монофазного пульсирующего) тока при длительном и непрерывном раздражении сердца наблюдали суммационный эффект обеих фаз: порог для переменного тока был вдвое ниже, чем для выпрямленного тока [1]. Более сильное раздражающее действие переменного синусоидального тока можно объяснить, по-видимому, тем, что каждый его период оказывает раздражающий эффект, соответствующий напряжению его полной амплитуды. Отсутствие суммационного эффекта при воздействии на сердце одиночным импульсом двухфазной формы указывает на особенности адаптационных изменений в тканях при различной длительности и различном числе раздражений.

Зависимость порога напряжения от продолжительности импульсы определяли при непрямом раздражении сердца. Тем не менее кривая этой зависимости аналогична кривой, полученной в условиях прямого раздражения сердца. Необходимость более продолжительного раздражения сердца для вызывания экстрасистолического сокращения в условиях гипотермии соответствует зависимости длительности процесса возбуждения от температуры [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич Н. Л., Акопян А. А., Жуков И. А. В кн.: Гурвич Н. Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца. М., 1957, стр. 126. — 2. Самойлов А. Ф. Избранные статьи и речи. М.—Л., 1946, стр. 209. — 3. Callaghan J. C., Bigelow W. G., *Ann. Surg.*, 1951, v. 134, p. 8. — 4. Dittmar A., Friese G., Nusser E., *Arch. Kreislaufforsch.*, 1957, Bd. 25, S. 242. — 5. Hopps J. A., Bigelow W. G., *Surgery*, 1954, v. 36, p. 833. — 6. Just O., *Chirurg*, 1956, Bd. 27, S. 180. — 7. Starzl T. E., Gaertner R. A., Webb R. C., *Circulation*, 1955, v. 11, p. 952. — 8. Veghelyi P. V., Kemény A., *Acta physiol. Acad. Sci. hung.*, 1955, т. 8, № 3—4, стр. 429. — 9. Zoll P. M., *New Engl. J. Med.*, 1952, v. 247, p. 768. — 10. Zoll P. M., Linenthal A. J., Gibson W. et al. *New Engl. J. Med.*, 1956, v. 254, p. 727. — 11. Zoll P. M., Linenthal A. J., Lucas J. E., *Am. J. Med.*, 1957, v. 23, p. 332. — 12. Zoll P. M., Linenthal A. J., Norman L. R. et al., *Arch. intern. Med.*, 1955, v. 96, p. 639.

#### OPTIMAL SHAPE OF IMPULSES FOR ELECTROSTIMULATION OF THE HEART

*N. L. Gurvich, N. S. Kolganova*

From the Laboratory of Experimental Physiology of Resuscitation of the USSR Academy of Medical Sciences, Moscow

The optimal shape and the duration of electric impulses used for the electrostimulation of the heart were studied in 28 experiments on dogs with intact chest.

As detected, the least voltage is required in acting upon the heart with monophasic impulses of rectangular shape (in comparison with the sinusoid and sawtooth impulses). The voltage threshold causing extrasystole is in reverse relationship to the impulse duration. The curve showing this relationship has a different time characteristics at normal blood temperature and in conditions of hypothermia. Monophasic impulses of rectangular shape with a duration of about 10 milliseconds were found to be optimal for electrostimulation of the heart.