

ЗНАЧЕНИЕ КРУТИЗНЫ НАРАСТАНИЯ ТОКА ПРИ ДЕФИБРИЛЛЯЦИИ СЕРДЦА

Н. Л. Гурвич, В. А. Макарычев, И. В. Венин, В. Я. Табак, М. С. Богушевич

Лаборатория экспериментальной физиологии по оживлению организма (руководитель — член-корр. АМН СССР проф. В. А. Неговский) АМН СССР, Москва

Поступила 29/II 1972 .

Установление закономерной зависимости силы дефибрилирующего тока от его длительности послужило основой для разработки рациональной методики электрической дефибрилляции сердца. Для этой цели применяют импульс затухающего колебательного разряда, длительность которого — 8 мсек («полезное время») — легко задается соответствующим подбором емкости и индуктивности в цепи. Преимущества такого импульса и способа его получения общепризнаны. Наряду с этим, однако, в некоторых странах стали применять портативные аппараты без индуктивности, генерирующие апериодический разряд. При этом упускают из вида, что при таком разряде значительно возрастает дефибрилирующий ток, что создает опасность повреждения сердца. Низкая эффективность апериодического разряда из-за кратковременности начального высоковольтного всплеска разрядного тока была ранее доказана [1]¹.

Задачей настоящей работы являлось выяснение роли крутизны нарастания (градиента) переднего фронта импульса в эффекте дефибрилляции сердца. Естественно было предположить, что при большей длительности импульса с «прямоугольным» подъемом переднего фронта он окажется более эффективным, чем импульс синусоидального вида быстро затухающего колебательного разряда. С этой целью мы сравнивали пороговые величины дефибрилирующего тока для импульсов с медленным нарастанием переднего фронта (более 3 мсек) и для импульсов с крутым «прямоугольным» его нарастанием.

М а т е р и а л и м е т о д ы

Опыты были проведены на 9 собаках весом от 8 до 22 кг после введения под кожу 2% раствора пантопона из расчета 4 мг на 1 кг веса животного. Фибрилляция желудочков вызывалась воздействием переменного тока 127 в в течение 2 сек. через иглы-электроды, введенные под кожу одной передней и контралатеральной задней конечности (по «косой петле»). Наружная дефибрилляция производилась в течение 15—30 сек. после электрошоковой травмы 2—4 разрядами возрастающего напряжения до достижения пороговой величины дефибрилирующего тока. Всего было проведено 84 испытания по фибрилляции — дефибрилляции. Применялись колебательные разряды емкостью 16 мкф (в 54 испытаниях) и 40 мкф (в 30 испытаниях). Величина индуктивности в цепи была постоянной — 0,4 гн. Длительность полуволны была 8,3 и 14 мсек соответственно емкости, а время нарастания тока до вершины — 3, 4 и 5 мсек. Часть испытаний проводилась при крутом («прямоугольном») возрастании переднего фронта импульса. Для этой цели в общей цепи производился апериодический разряд конденсатора емкостью 4 мкф, включенного параллельно объекту. К этому конденсатору присоединяли дополнительно сопротивление в 100 ом для выравнивания

¹ Для устранения этого недостатка и повышения эффективности разряда нами было предложено введение значительной индуктивности в цепь разряда.

токов общего разряда. При этих условиях мы получали «прямоугольный» передний фронт аperiодического разряда, вершина которого почти сливалась с вершиной первой полуволны колебательного разряда основной емкости (16 или 40 мкф), произведенного через индуктивность (см. рисунок). Напряжение и ток испытуемых импульсов записывали с помощью шлейфового осциллографа типа МГО-2. Состояние сердца определяли по записи ЭКГ на аппарате фирмы «Alvar».

Результаты и обсуждение

Измерения сравнительных величин дефибрилирующего тока при разной крутизне переднего фронта импульса показали незначительное снижение порога для «прямоугольного» импульса лишь в части опытов. Для иллюстрации различия пороговых величин дефибрилирующего тока при той или другой форме импульса приводим выписку из протокола опыта № 6, проведенного над собакой весом 15,5 кг.

Как видно из приведенной выписки, различие между пороговыми величинами дефибрилирующего тока в зависимости от крутизны переднего фронта импульса наблюдалось лишь при испытаниях разрядов с емкостью 16 мкф. Величины максимально-дефибрилирующего и минимального дефибрилирующего тока составляли для «прямоугольного» импульса 8,6 и 9,1 а по сравнению с 9,6 и 10,2 а для импульса синусоидального вида. При разрядах емкостью 40 мкф никакого различия между пороговой величиной дефибрилирующего тока при «прямоугольном» и синусоидальном импульсах не наблюдалось. В том и другом случае минимальный дефибрилирующий ток равнялся 7,7 а. Это тем более примечательно, что синусоидальный импульс при этом имеет медленно нарастающий передний фронт — 5 мсек, когда, казалось бы, преимущество «прямоугольного» импульса должно было проявляться более отчетливо.

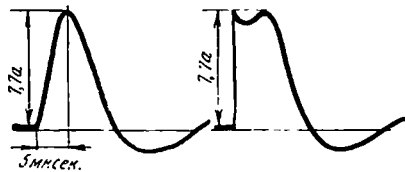
Суммарные результаты опытов, приведенные в таблице, также не позволяют усмотреть наличие строго закономерного влияния «выпрямления» переднего фронта импульса на пороговую величину дефибрилирующего тока.

Результаты всех опытов (9 при 16 мкф и 7 при 40 мкф), приведенные в таблице, показывают более или менее отчетливое понижение порога дефибрилирующего импульса при «выпрямлении» его переднего фронта лишь в 8 из 16 опытов (№ 1, 3, 6 и 8 при 16 мкф и № 3, 4, 5 и 7 при 40 мкф). В другой части опытов понижение порога сомнительно (№ 2, 4, 7 при 16 мкф и № 8 при 40 мкф) или отсутствует (№ 4 и 9 при 16 мкф и № 6 и 9 при 40 мкф).

На основе этих данных можно заключить, что повышение эффективности импульса при увеличении крутизны нарастания его переднего фронта с 3,4—5 мсек не имеет закономерного характера и в значительной части опытов отсутствует.

О незначительном значении крутизны переднего фронта импульса в эффекте дефибриляции сердца можно судить по факту успешной дефибриляции сердца двухфазными импульсами [2]. Очевидно, что в этом случае решающее значение имеет анаэлектротоническое воздействие заднего фронта импульса на сердце, а не катэлектротоническое, присущее переднему его фронту. Недавнее сообщение Гедесса и Теккера [4] о резком снижении эффективности аperiодического разряда при увеличении его длительности за пределы 5 мсек (измеренной на уровне 0,37 амплитуды тока) также приводит к заключению о решающем значении заднего фронта импульса в эффекте дефибриляции

№ испытания	Емкость, разряд и вид импульса	Напряжение разряда (в в)		Ток (в а)	
		максимальное дефибрилирующее	минимальное дефибрилирующее	максимальный дефибрилирующий	минимальный дефибрилирующий
1	16 мкф: синусоидальный	1850	2000	8,6	10,2
2	«прямоугольный»	1800	2000	8,6	9,4
3	синусоидальный	2000	2400	9,6	10,2
4	«прямоугольный»	1800	1900	8,5	9,1
5	40 мкф синусоидальный	1500	1650	7,7	8,6
6	«прямоугольный»	1400	1600	6,8	7,8
7	синусоидальный	1400	1600	6,7	7,7
8	«прямоугольный»	1200	1600	6,2	7,7



Пороговая величина дефибрилирующего тока при колебательном разряде (левая осциллограмма, 40 мкф, 0,4 гн) и «прямоугольном» импульсе (правая осциллограмма, разряд той же емкости и индуктивности, зашунтированный на выходе 4 мкф без индуктивности).

электротоническое, присущее переднему его фронту. Недавнее сообщение Гедесса и Теккера [4] о резком снижении эффективности аperiодического разряда при увеличении его длительности за пределы 5 мсек (измеренной на уровне 0,37 амплитуды тока) также приводит к заключению о решающем значении заднего фронта импульса в эффекте дефибриляции

сердца, поскольку увеличение длительности аперiodического разряда влияет только на градиент заднего фронта.

Эти данные согласуются с фактом более низкого порога возбуждения сердца для анэлектротона (размыкание тока), чем для катэлектротона в рефрактерную фазу [3]. Естественно полагать, что и эффект дефибриляции связан с реакцией сердца на раздражение в состоянии рефрактерности.

Пороговые величины дефибрилирующего напряжения и тока при синусоидальной и «прямоугольной» форме импульса (данные всех опытов)

№ опыта	Вес собаки (в кг)	Синусоидальный импульс (максимальный недефибрилирующий и минимальный дефибрилирующий)		«Прямоугольный» импульс (максимальный недефибрилирующий и минимальный дефибрилирующий)		Эффект снижения порога при «прямоугольном» импульсе
		напряжение	ток	напряжение	ток	
При емкости 16 мкф						
1	9	1650—1800	8,6—9,0	1500—1550	6,6—7,9	±
2	10	1600—1750	7,1—8,8	1550—1600	6,6—7,3	±
3	10	1800—1850	8,3—9,2	1550—1650	6,4—6,9	+
4	8	1100—1200	6,8—7,8	1100—1300	6,3—8,0	—
5	22	3000—3100	14,5—15,8	2950—3200	13,1—15,1	±
6	15	2000—2200	9,6—10,2	1800—1900	8,6—9,1	+
7	10	1750—2000	9,0—12,2	1750—2000	9,2—10,0	±
8	10	1700—1800	8,8—9,0	1500—1600	7,7—7,8	+
9	17	2650—2800	9,6—11,0	2900—3100	10,1—10,4	—
При емкости 40 мкф						
3	10	1250—1350	7,0—8,0	1100—1150	6,0—6,3	+
4	8	1050—1100	—	850—900	—	+
5	22	2500—2600	12,8—13,7	2000—2400	11,4—12,3	+
6	15	1400—1600	7,5—7,7	1400—1600	6,8—7,7	—
7	10	1350—1600	9,8—10,7	1350—1400	8,8—9,2	+
8	10	1100—1250	8,5—8,9	1100—1250	7,9—8,8	±
9	17	2300—2300	1,0—10,5	2400—2500	10,5—11,0	—

Обозначения: + порог для «прямоугольного» импульса понижен; ± понижение порога сомнительно; — понижение порога отсутствует.

Выяснение роли анэлектротонического воздействия на сердце в эффекте дефибриляции открывает новые возможности для повышения эффективности дефибрилирующего импульса.

ЛИТЕРАТУРА

Гурвич Н. Л. Фибрилляция и дефибриляция сердца. М., 1957. — Гурвич Н. Л., Табак В. Я., Богушевич М. С. и др. Кардиология, 1971, № 8, с. 126. — Decker E., Circulat. Res., 1970, v. 27, p. 811. — Gedess L. A., Tucker W. A., McFarlane J. et al. Ibid., p. 551.