

● В. А. Востриков, В. Я. Табак, М. С. Богушевич  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕРТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОТРАВМЫ**

*Лаборатория общей реаниматологии (руководитель — акад. АМН СССР В. А. Неговский) АМН СССР, Москва*

В связи с широким использованием электрической энергии в народном хозяйстве и быту проблема электротравматизма стала весьма актуальной. По данным литературы, ежегодно погибают 9—30% от всех попавших под напряжение (К. А. Ажибаев). Установлено, что наиболее частой причиной, приводящей к смертельному исходу, является фибрилляция желудочков сердца (внезапная смерть); это нарушение ритма характерно для прохождения через область сердца переменного тока (50—400 Гц) низкого напряжения (127—380 В) и обусловлено функциональными расстройками процессов возбуждения и проведения в сердечной мышце (В. А. Неговский и Н. Л. Гурвич). Внедрение в клиническую и экспериментальную практику метода электроимпульсной терапии (дефибрилляция сердца) позволило успешно бороться с этим опаснейшим нарушением ритма (В. А. Неговский и Н. Л. Гурвич).

Однако проблему смертельной электротравмы нельзя ограничивать только феноменом развития фибрилляции желудочков сердца. В настоящее время имеются данные о частых смертельных исходах после высоковольтного (>1000 В) поражения как с развитием фибрилляции, так и без нее. Клинико-морфологические исследования в этих случаях нередко свидетельствуют о тяжелых повреждениях как сердечной мышцы, так и других жизненно важных органов и систем (Ю. М. Понова и И. Г. Иванова; Wilcinson и Wood). Однако эти данные несут большую часть характер отдельных клинических наблюдений, в которых невозможно или очень трудно установить параметры поражающего тока и их связь со степенью тяжести и исходом электротравмы.

Учитывая вышесказанное, мы поставили задачу разработать в эксперименте модель смертельной электротравмы, вызванной током высокого напряжения.

**Материал и методы.** Исследование выполнено на 39 наркотизированных (промедол 8 мг/кг, нембутал — общая доза для поддержания стабильного уровня наркоза 22 мг/кг) собаках обоего пола массой (Р) 4—25 кг. Животным 1-й группы (n=28) переменный электрический ток пропускали через область сердца по правой кривой петле (правая передняя и левая задняя конечности). Величина тока (I) в цепи 0,5—4,25 А, напряжение (U) 220—2000 В, длительность воздействий (t) 10 с, частота (f) 50 Гц. При возникновении фибрилляции ее устраняли одиночным разрядом дефибриллятора ДИ-0,3 (2—4 кВ). Чтобы исключить повреждающее действие тока на сердце в момент электротравмы, разряда дефибриллятора и эпизода фиб-

рилляции, собакам 2-й группы (n=11) электротравму наносили по нижней петле (правая и левая задние конечности, I=2,5—3,9 А, U=500—1400 В, t=10 с). У всех животных подэлектродные пространства тщательно выбривали (диаметр электродов дефибриллятора 9 см, поражающих электродов — 3×5 см). На выбритые участки кожи накладывали смоченные гипертоническим раствором поваренной соли многослойные марлевые салфетки. До и после электротравмы регистрировали ЭКГ, поликардиограмму, артериальное давление (АД) в бедренной артерии и аорте, центральное венозное давление (ЦВД). Показатели центральной гемодинамики оценивали методом тетраполярной грудной реографии (реоплетизмограф РПГ-2-02). Методика наложения электродов описана Naton и Gollap. В качестве регистрирующей аппаратуры использовали электрокардиограф 6NEK-4 (ГДР) и полиграф SAN-E1 (Япония). Результаты обработаны статистически с использованием критериев Стьюдента, Вилкоксона — Манна — Уитни и корреляционного анализа.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для оценки пороговых значений низковольтного переменного тока, вызывающего фибрилляцию желудочков, предложены различные эмпирические формулы, устанавливающие его зависимость от Р животного, например,  $I=30+3,7 P$ ,  $t=3$  с,  $f=50$  Гц и др. (А. П. Киселев). По аналогии с этим было высказано предположение, что величина высоковольтного тока, вызывающего смертельный исход, как после устранения фибрилляции, так и в случаях, когда она не возникает, также связана с Р. Поэтому у животных 1-й группы были определены величины тока, которые вызывали у большей части собак (87,5%) смертельное поражение. Математическая обработка результатов показала, что продолжительность жизни (в часах) связана с показателем К ( $r=-0,46$ ;  $P<0,01$ ):

$$K = \frac{1}{\sqrt{P}}.$$

Животные с  $K \geq 1,2$  погибли в 100% случаев в течение первых суток (2,5—17,5 ч). У выживших собак (12,5%) этот показатель составлял 1,04—1,19. Следует отметить, что у 4 собак (I=3,0—4,25 А,  $K=1,13—1,36$ ) не возникла фибрилляция желудочков сердца. Животные 2-й группы погибли без развития фибрилляции в течение 10—38 ч. Продолжительность жизни достоверно коррелировала с показателем К ( $r=-0,78$ ,  $P<0,01$ ). Как видно из таблицы, после нанесения высоковольтной электротравмы собаки 2-й группы прожили в среднем на 5,8 ч (35,6%) больше, чем погибшие животные 1-й группы, однако различие было недостоверно. По-видимому, это можно объяснить различным путем прохождения переменного электрического тока через организм, а также индивидуальной чувствительностью животных к электротравме. У большинства собак 1-й и 2-й групп уже в течение 1-го часа наблюдения отмечались выраженные изменения показателей центральной гемодинамики и фазовой структуры систолы левого желудочка (по отношению к исходу): достоверное снижение минутного (соответственно

**Продолжительность жизни собак, перенесших высоковольтную электротравму, в зависимости от токо-весовой характеристики**

Группа животных	$K = \frac{I}{\sqrt{P}}$	Продолжительность жизни собак, г	r	P
1-я (n=18)	1,20±0,04	16,3±2,0	-0,46	<0,01
2-я (n=10)	1,18±0,05	22,1±2,8	-0,78	<0,01
1-я и 2-я (n=28)	1,19±0,03	18,4±1,67	-0,60	<0,01

**Примечание.** Из 1-й и 2-й групп исключены выжившие собаки и животные, у которых не зафиксирован момент гибели. Различия между показателями K для животных 1-й и 2-й групп недостоверны.

на 53,6 и 29 %) и ударного (на 60 % и 41,4 %) объемов кровообращения, ЦВД — с  $5,6 \pm 4,3$  и  $-2,1 \pm 2,4$  до  $-8,6 \pm 4,3$  и  $-11,0 \pm 3,6$  мм вод. ст. соответственно; повышение общего периферического сопротивления (на 143 и 43 %); увеличение отношения периода напряжения к периоду изгнания (на 71 и 50,3 %;  $P < 0,05$ ), отражающего нарушения сократительной функции миокарда (Боудоулас Х. и соавт.) и центральной гемодинамики. Среднее АД (САД) после кратковременного периода острой гипертензии (1—2 мин от момента нанесения электротравмы) оставалось без существенной динамики до 4—5-го часа наблюдения ( $101,6 \pm 3,4$  мм рт. ст.). В последующем на фоне дальнейшего уменьшения ударного и минутного объемов сердца, ЦВД уровень среднего АД достоверно снижался (до  $45 \pm 6,6$  мм рт. ст.) к последнему часу жизни (у собак 1-й и 2-й групп).

**ВЫВОДЫ**

1. Данные гемодинамики и фазовой структуры систолы левого желудочка свидетельствуют

о тяжелых нарушениях функций сердечно-сосудистой системы, приводящих, по всей видимости, к формированию терминального состояния и последующей необратимости.

2. Установлена зависимость продолжительности жизни собак после высоковольтной электротравмы от величины поражающего тока и их массы.

3. Формирование необратимости при высоковольтной электротравме не зависит от пути прохождения электрического тока и вероятности развития фибрилляции желудочков сердца.

**ЛИТЕРАТУРА**

Ажибаев К. А. Физиологические и патофизиологические механизмы поражения организма электрическим током. Фрунзе, 1978.  
 Киселев А. П. — Труды Моск. ин-та инженеров железнодорожного транспорта, 1969, вып. 226, с. 41—50.  
 Неговский В. А., Гурвич Н. Л. — В кн.: Всесоюзная конф. по профилактике и лечению электротравм. 1-я. Фрунзе, 1962, с. 27—35.  
 Понова Ю. М., Иванова И. Г. — Сов. мед., 1974, № 5, с. 58—63.  
 Боудоулас Х., О'Нилл У., Сон И. и др. — Тер. арх., 1982, № 11, с. 45—47.  
 Namon R., Gollan F. — Ann. N. Y. Acad. Sci., 1970, v. 170, p. 733—745.  
 Wilkinson C., Wood M. — Am. J. Surg., 1978, v. 136, p. 693—696.

Поступила 27.06.83

**MODELLING OF LETHAL ELECTRIC SHOCK**

V. A. Vostrikov, M. S. Bogushevich, V. Ya. Tabak

In experiment on anesthetized dogs a model of high-voltage lethal electric shock with and without ventricular fibrillation has been designed. Life duration of the dogs after electric shock was found to correlate with the index K, showing the ratio between the current and the square root of the mass ( $r = -0.60$ ). Marked changes of the indices of central hemodynamics and phasic structure of the left ventricular systole have been revealed, which reflect gross disorders of the functional state of the cardiovascular system.

**В ПОМОЩЬ ПРАКТИЧЕСКОМУ ВРАЧУ**

УДК 615.473:615.478].03:615.38

● О. А. Долина, В. Ю. Васильев, В. И. Калашников

**ТЕПЛООБМЕННИК ДЛЯ ИНФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ**

Кафедра общей хирургии (зав. — акад. АМН СССР проф. В. И. Стручков) I ММИ им. И. М. Сеченова

В клинической медицине без особого успеха предпринимаются попытки согреть растворы во время инфузионной терапии. Так, например,

в Финляндии и ФРГ пользуются микроволновым подогревателем растворов во флаконе. Однако растворы, проходя через систему для вливания, остывали с  $37-40^\circ\text{C}$  до  $27^\circ\text{C}$ , особенно при малой скорости вливания. Нагревать кровь во флаконе до более высоких температур авторы не рекомендуют, так как следует учитывать возможность плохого перемешивания крови при подогреве и локального ее перегрева с заметным возрастанием механической хрупкости эритроцитов в результате термического повреждения. В Польше и США пользуются водяными банями,