

А. В. Царев

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ КВАЗИСИНУСОИДАЛЬНОГО И ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО БИПОЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЙ ДЕФИБРИЛЛЯЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Днепропетровская государственная медицинская академия

В эксперименте на поросятах с моделированием фибрилляции желудочков проведен сравнительный анализ эффективности и безопасности электрической дефибрилляции с использованием трапецеидального и квазисинусоидального асимметричных биполярных импульсов. Сравнительный анализ показал, что проведение электрической дефибрилляции с использованием трапецеидального асимметричного биполярного импульса является более эффективным и безопасным.

Ключевые слова: электрическая дефибрилляция, фибрилляция желудочков, сердечно-легочная реанимация.

Основной причиной внезапной смерти является фибрилляция желудочков (ФЖ), которая, согласно эпидемиологическим данным, регистрируется в 70–80% случаев. Однако, как показывают данные исследований, фактическая распространенность ФЖ как причины остановки кровообращения значительно больше, что обусловлено деградацией ФЖ в асистолию за время, которое проходит с момента развития инцидента до момента начала оказания медицинской помощи, включающей проведение ЭКГ-мониторинга [1].

Единственным способом устранения ФЖ является электрическая дефибрилляция сердца. Важным этапом оптимизации трансторакальной дефибрилляции явилась разработка биполярного импульса, который был предложен в 1967 г. Н.Л. Гурвичем (НИИ общей реаниматологии РАМН, Москва) и технически реализован в моделях дефибрилляторов И.В. Вениным (НПО РЭМА, Львов). Предложенный принцип обеспечивал повышение эффективности импульса вдвое только за счет изменения направления тока, без увеличения его силы. Начальный вариант концепции биполярного импульса предполагал одинаковую амплитуду обеих фаз. Но оказалось, что более эффективным является асимметричный импульс с амплитудой тока второй фазы, составляющей примерно 65% от амплитуды первой фазы. Это позволило существенно снизить величину дефибриллирующего тока и положить начало промышленному выпуску первого в мире дефибриллятора (ДИ-03), генерирующего биполярный квазисинусоидальный асимметричный импульс (импульс Гурвича–Венина)

[2]. Позже были предложены другие биполярные импульсы – асимметричный трапецеидальный, прямоугольный трапецеидальный.

Основным фактором, приводящим к неэффективности дефибрилляции, является повреждение разрядами миоцитов проводящей системы и сократительного миокарда. Наиболее уязвимой при этом оказывается электрическая функция сердца, что может проявляться в виде таких фатальных осложнений, как асистолия, быстрая рефибрилляция (в течение первых 0,5–3,0 с после нанесения разряда). Наряду с этим нередко отмечаются постконверсионные атриовентрикулярные блокады II и III степени, электромеханическая диссоциация, а также нарушения систолической и диастолической функции сердца. Последнее может приводить к гибели больных в ранний постреанимационный период [3].

В этой связи важным является разработка технологии электрической дефибрилляции сердца, которая бы позволила обеспечить оптимальную энергию разряда (энергию, которая вызывает минимальное повреждение миокарда) и обеспечивала бы снижение числа повторных разрядов, необходимых для достижения дефибрилляции критической массы миокарда, что уменьшило бы миокардиальное повреждение [4].

Цель исследования – анализ эффективности биполярной дефибрилляции с использованием асимметричного квазисинусоидального импульса по сравнению с асимметричным трапецеидальным импульсом в эксперименте у животных с моделированием фибрилляции желудочков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальное исследование проведено на 8 поросятах мужского пола в возрасте 4 месяца с массой тела в среднем (25,2±0,73) кг. При работе с животными придерживались общих этических принципов экспериментов на животных, принятых на Первом национальном конгрессе по биоэтике (Киев, 2001).

Животные были распределены на две группы в зависимости от метода электроимпульсной терапии: в 1-й группе (n=4) электрическую дефибрилляцию проводили дефибриллятором «ДКИ-Н-02» генерирующим биполярный асимметричный квазисинусоидальный импульс; во 2-й (n=4) - дефибриллятором «ДКИ-Н-15Ст Бифазик», генерирующим биполярный асимметричный трапецеидальный квазисинусоидальный импульс.

Биполярный асимметричный квазисинусоидальный импульс, генерируемый дефибриллятором «ДКИ-Н-02», имеет продолжительность первого полупериода (T_1) – (5±1) мс, второго полупериода (T_2) – (6±2) мс, соотношение амплитуд токов второго и первого полупериодов $I_2/I_1 = 0,5±0,1$. Амплитуда силы тока первого полупериода составляет от 18 до 50 А. Диапазон расчетного значения набираемой энергии (энергии, накапливаемой конденсатором дефибриллятора во время его заряда), отдаваемой в нагрузку 50 Ом, составляет от 25 до 210 Дж. Характеристика биполярного асимметричного трапецеидального импульса, генерируемого дефибриллятором «ДКИ-Н-15Ст Бифазик»: $T_1 = T_2 = (4,5±0,45)$ мс, интервал между окончанием первого полупериода и началом второго полупериода импульса (τ) – в пределах (1,5±1,0) мс, $I_2/I_1 = (0,45–0,50)±0,06$, амплитуда силы тока первого полупериода составляет от 8 до 35 А, диапазон расчетного значения набираемой энергии, отдаваемой в нагрузку 50 Ом, – от 10 до 160 Дж.

У животных обеих групп в 1-й серии экспериментов определяли трансторакальный импеданс и пороговую величину повреждающего действия импульса путем последовательного повышения величины разрядов до появления на ЭКГ атипичных желудочковых комплексов сразу же после разряда (рис. А). Во 2-й серии экспериментов в обеих группах исследования проводили моделирование ФЖ и определение порога дефибрилляции.

Кормление животных прекращали за 15 ч до начала эксперимента. После внутримышечного введения

калипсола в дозе 15 мг/кг массы тела и наступления наркотического сна животных фиксировали на операционном столе в положении на спине. После пункции–катетеризации сосудов осуществляли поддержание наркоза (тиопентал натрия в дозе 15 мг/кг массы тела, калипсол в дозе 2-3 мг/кг массы тела внутривенно). Проводили интубацию трахеи эндотрахеальной трубкой диаметром 4 мм. Животных переводили на искусственную вентиляцию легких респиратором «РО-2» с параметрами вентиляции: дыхательный объем – 15 мл/кг, частота дыхания – 12/мин, $FiO_2 = 0,21$. Сбривали участки кожных покровов в местах наложения ЭКГ-электродов и электродов дефибриллятора. Подключали кардиомонитор с мониторингом ЭКГ в 7 отведениях. Инфузионную терапию проводили со скоростью 2–5 мл/кг/ч.

Моделирование ФЖ осуществляли путем одновременного быстрого внутривенного введения 0,1% раствора адреналина (4 мг) и 7,5% раствора КСl (5 мл) (методика разработана в НИИ Общей реаниматологии РАМН Н.Л. Гурвичем, 1975) (рис. Б). Через 40 с после развития ФЖ проводили трансторакальную электрическую дефибрилляцию сердца (рис. В) через электроды диаметром 11/11 см, прокладки, смоченные 10% раствором NaCl, с усилием, прикладываемым к электродам, которое равнялось 5 кг.

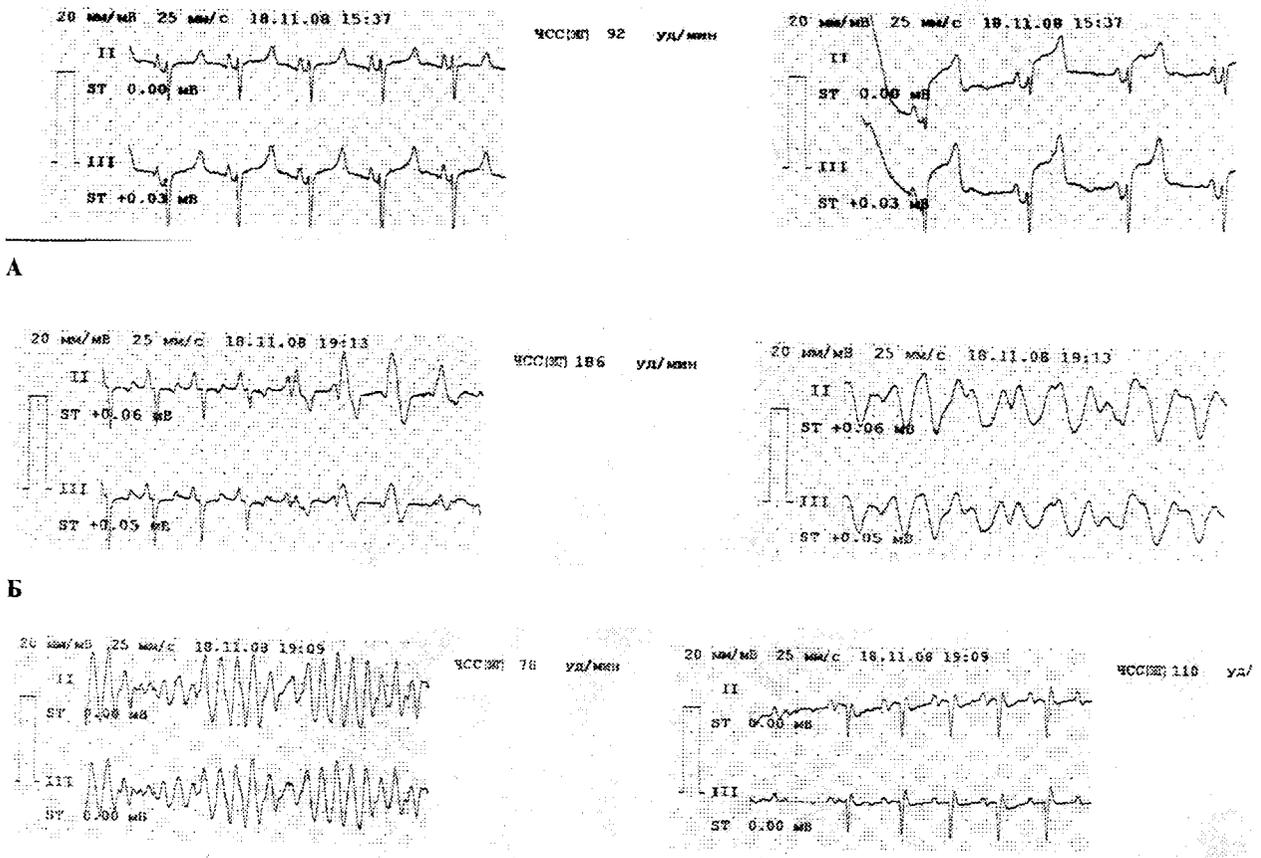
Проводили расчет электротерапевтического индекса по формуле Н.Л. Гурвича [5]:

$$\text{Электротерапевтический индекс} = \frac{\text{Пороговая величина повреждающего действия импульса (А)}}{\text{Пороговая величина дефибриллирующего действия импульса (А)}}$$

Результаты обработаны статистически с использованием t-критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные результаты исследования представлены в таблице. В нашем исследовании не выявлено достоверных различий в трансторакальном импедансе у экспериментальных животных обеих групп. При исследовании безопасности исследуемых форм биполярного импульса установлено разницу в пороговой величине повреждающего воздействия, которая была меньше в 1-й группе, однако данные различия не носили достоверного характера, тогда как показатель уровня энергии порога повреждения был достоверно выше в 1-й группе.



В

Рисунок. ЭКГ-критерии при моделировании фибрилляции желудочков и проведении дефибрилляции у поросят: А – порог повреждающего воздействия разряда дефибрилляции – возникновение атипичных желудочковых комплексов; Б – моделирование ФЖ; В – восстановление ритма после разряда дефибриллятора

При определении порога желудочковой дефибрилляции (минимальный уровень воздействия разряда, при котором возможно проведение дефибрилляции) выявлено достоверное отличие между группами, которое свидетельствовало о большей эффективности биполярного аperiодического трапецидального импульса. Аналогичные отличия отмечены также в уровне энергии порога дефибрилляции, что свидетельствовало о меньшем уровне необходимой для дефибрилляции энергии и, соответственно, о менее повреждающем миокард воздействию.

В настоящее время нет четких значений безопасного предела энергии разряда. Имеющиеся данные позволяют предположить, что это значение, вероятно, находится ниже

отметки 200 Дж [6]. В нашем исследовании средние значения энергии разрядов не превышали безопасный уровень, что еще раз подтверждает большую эффективность и безопасность использования биполярной дефибрилляции по сравнению с монополярной.

Интегральным показателем безопасности и эффективности дефибрилляции является электротерапевтический индекс, представляющий собой соотношение пороговых токов, повреждающих сердце, и токов, обеспечивающих его дефибрилляцию. В нашем исследовании электротерапевтический индекс был значительно выше во 2-й группе, что свидетельствует о высокой эффективности биполярного асимметричного трапецидального импульса.

Показатели безопасности и эффективности трансторакальной дефибрилляции сердца биполярными асимметричными синусоидальным и трапецеидальным импульсами (M±m)

Показатель	1-я группа	2-я группа
Трансторакальный импеданс, Ом	59,25±8,7	58,5±4,5
Пороговая величина повреждающего воздействия, А	12,24±12,1	16,7±10,8
Уровень энергии порога повреждения, Дж	75,0±14,6*	50,9±13,5*
Пороговая величина дефибриллирующего воздействия, А	21,87±9,8	12,75±14,7
Уровень энергии порога дефибрилляции, Дж	57,5±11,1*	22,5±12,7*
Восстановление спонтанного кровообращения, %	100	100
Электротерапевтический индекс	0,55	1,3

Примечание: * - достоверность различий между группами (p < 0,05).

ВЫВОДЫ

1. Пороговые значения энергии разрядов дефибрилляции не превышают безопасного предела для обеих форм биполярного импульса и таким образом они являются безопасным.
2. Использование биполярного асимметричного трапецеидального импульса является более эффективным, поскольку ассоциируется с меньшим числом разрядов необходимым для осуществления эффекта дефибрилляции, использования меньшего уровня силы тока и

А.В. Царев

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ КВАЗИСИНУСОЇДАЛЬНОГО І ТРАПЕЦЕЇДАЛЬНОГО БІПОЛЯРНИХ ІМПУЛЬСІВ ПРИ ТРАНСТОРАКАЛЬНІЙ ДЕФІБРИЛЯЦІЇ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

В експерименті на порослях з моделюванням фібриляції шлуночків проведено порівняльний аналіз ефективності та безпечності електричної дефібриляції з використанням трапецеїдального і квазисинусоїдального асиметричних біполярних імпульсів. Порівняльний аналіз засвідчив, що проведення електричної дефібриляції з використанням трапецеїдального асиметричного біполярного імпульсу є ефективнішим і безпечнішим.

Ключові слова: електрична дефібриляція, фібриляція шлуночків, серцево-легенева реанімація.

набираемой энергии, что снижает степень постдефибрилляционной дисфункции миокарда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Waalewijn R.A., Nijpels M.A., Tijssen J.G., Koster R.W. (2002) Prevention of deterioration of ventricular fibrillation by basic life support during out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*, 54: 31-36.
2. Богоушев М.С., Востриков В.А., Черныш А.М. (2000) Проблемы электрической дефибрилляции сердца. В кн.: В.В. Мороз, Ю.А. Чурляев (ред.) *Фундаментальные проблемы реаниматологии*. М.: НИИОР, т.1, с. 273-288.
3. Xiong W., Tomaselli G.F. (2007) Electrophysiology of ventricular fibrillation and defibrillation. In: N. Paradis, H.R. Halperin, K.B. Kern, V. Wenzel, D.A. Chamberlain (Eds).

Cardiac Arrest: The Science and Practice of Resuscitation Medicine. Cambridge University Press, 101-127 pp.

4. Шатворян Б.Р. (2002) Метод бифазной дефибрилляции в современной электроимпульсной терапии. *Анестезиология и реаниматология*, 1: 37-40.
5. Гурвич Н.Л. (1975) *Электрическая дефибрилляция сердца*. М.: Медицина, 240 с.
6. Востриков В.А., Богоушев М.С. (1996) Сравнительная эффективность синусоидальных демпферированных монополярного и биполярного импульсов тока при трансторакальной дефибрилляции в эксперименте. В кн.: В.А. Неговский (ред.) *Экспериментальные, клинические и организационные проблемы общей реаниматологии*. М.: НИИОР, с. 211-221.