

## ВНУТРИБОЛЬНИЧНАЯ ОСТАНОВКА СЕРДЦА, ВЫЗВАННАЯ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ЖЕЛУДОЧКОВ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕФИБРИЛЛЯЦИИ ИМПУЛЬСОМ ТОКА БИПОЛЯРНОЙ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ

В.А. Востриков, К.В. Разумов, П.В. Холли  
ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН,  
ММА им. И.М. Сеченова, ГКБ № 1, Москва

Одной из наиболее частых причин внезапной сердечной смерти, особенно у больных с ишемической болезнью сердца (ИБС), является фибрилляция желудочков (ФЖ) [1, 2]. Единственным способом устранения последней является электрическая дефибрилляция (ДФ), эффективность которой зависит от целого ряда кардиальных и экстракардиальных факторов. Среди экстракардиальных факторов важное место занимает форма электрического импульса [3, 4, 5]. В настоящее время для проведения наружной дефибрилляции в мировой кардиореанимационной практике в основном применяются дефибрилляторы, генерирующие критически демпфированные синусоидальные *монополярные* импульсы типа волны Edmark [2]. При этом в зависимости от модели аппарата и сопротивления грудной клетки максимальная энергия, выделяемая на пациента, находится в диапазоне от  $\approx 300$  до  $\approx 400$  Дж. В то же время в России уже в течение 30 лет наряду с монополярными (МП) импульсами используются низкоэнергетические импульсы квазисинусоидальной *биполярной* (БП) формы (рис.1). Впервые биполярная форма, которая нашла свое техническое воплощение в семействе отечественных дефибрилляторов, выделяющих на пациента максимально от  $\approx 140$  до  $\approx 200$  Дж [6]\*, была предложена в нашей стране Н.Л. Гурвичем и соавт. [3]. Несмотря на широкое применение в нашей стране дефибрилляторов с импульсами биполярной синусоидальной формы, их

---

\* дефибриллятор ДКИ-Н-04 (ЗАО АКЦИОН-МЕДТЕХНИКА, г. Ижевск) генерирует биполярный *трапецидальный* импульс, существенно отличающийся по своим параметрам от синусоидального импульса.

эффективность остается пока недостаточно изученной [7, 8]. В последние годы в США были опубликованы результаты первых мультицентровых исследований по сравнительной эффективности: монополярного синусоидального (200-360 Дж) с биполярными синусоидальным ( $\leq 200$  Дж) и квазипрямоугольно-трапецеидальным (120-180 Дж) импульсами при проведении наружной дефибриляции желудочков в условиях электрофизиологических лабораторий [5, 9]. Наряду с этим была исследована эффективность биполярного трапецеидального импульса (130-180 Дж) во время устранения ФЖ на догоспитальном этапе [10].

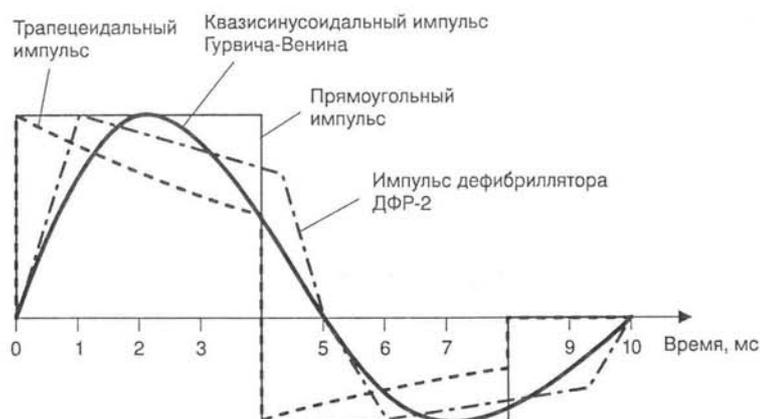


Рис. 1. Формы дефибрилирующих импульсов

Цель данной работы заключалась в оценке эффективности биполярного квазисинусоидального импульса (в диапазоне от  $\leq 65$  до 195 Дж), используемого для устранения вызванной и спонтанной ФЖ у больных с ИБС в условиях многопрофильной больницы. Одновременно мы исследовали связи эффективных значений дефибрилирующей энергии с размером электродов и продолжительностью ФЖ.

**Материал и методы.** В основное исследование было включено 76 больных с ИБС, 28 женщин и 48 мужчин, возраст от 36 до 86 лет (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение больных в зависимости от вида фибрилляции  
желудочков (ФЖ)**

Группы больных	Вид ФЖ	Количество больных	Количество эпизодов
1	Вызванная (ятрогенная)	21	21
2	Спонтанная первичная	21	42
3	Спонтанная вторичная	34	88
4	Желудочковая тахикардия	24	28

Вызванная (ятрогенная) ФЖ (1 группа, n=21) развивалась во время электрической кардиоверсии фибрилляции/трепетания предсердий, желудочковой тахикардии (n=19) или катетеризации сердца (n=2). У 16 пациентов с клиническими признаками нарастающей сердечной недостаточности проводили экстренную или неотложную кардиоверсию и у 3-х – плановую; спонтанная первичная и вторичная ФЖ (55 больных). Первичная ФЖ – это фибрилляция, развивающаяся у больных без клинических признаков сердечной недостаточности или с её минимальными проявлениями. Вторичная ФЖ – фибрилляция, развивающаяся на фоне выраженной сердечной недостаточности или кардиогенного шока [11-15]. У 82% (45/55) больных спонтанная ФЖ развивалась в острой/подострой стадиях инфаркта миокарда (ИМ); из них: у 21 – ИМ передней стенки левого желудочка (ЛЖ); у 18 – ИМ задней стенки ЛЖ; у 4 – циркулярный ИМ и у 2 – ИМ другой локализации. У остальных 10 больных ФЖ развивалась на фоне: нестабильной стенокардии (n=6), тромбоэмболии легочной артерии, ИБС и хронической пневмонии в стадии обострения. Во 2-ю группу (первичная ФЖ) был включен 21 больной в возрасте 43-68 лет; у 17 (81%) – ФЖ развивалась в острой стадии ИМ; у 6 (29%) – отмечалось рецидивирующее течение ФЖ (от 2 до 9 эпизодов, n=42). В 3-ю группу (вторичная ФЖ) были включены 34 больных в возрасте 48-86 лет; у 28 ФЖ развивалась в острой/подострой стадиях ИМ; у 64% (18/28) это был повторный ИМ; у 47% (16/34) отмечалось рецидивирующее течение ФЖ (от 2 до  $\geq 12$  эпизодов; в статистический анализ включено 88). ФЖ верифицировали по монитору и ретроспективно, используя записи ЭКГ (регистратор Lifepak-7, фирма

Physio-Control, США). Кроме больных с ФЖ в данное исследование были включены пациенты с гемодинамически нестабильной пароксизмальной мономорфной и полиморфной желудочковой тахикардией (ЖТ), которым проводили экстренную кардиоверсию (4-я группа, 9 женщин и 15 мужчин, возраст от 41 до 76 лет). У 11 больных ЖТ развивалась в острой стадии ИМ, у остальных – после перенесенного ИМ. Разряд дефибриллятора расценивали как эффективный при конверсии ФЖ в любой другой ритм или асистолию, если её продолжительность между эпизодами непрерывно рецидивирующей ФЖ была не менее 5 с. При длительной остановке сердца (поздняя дефибрилляция; рефрактерная или непрерывно рецидивирующая ФЖ) проводили сердечно-легочную реанимацию [2]. Для прекращения ФЖ применяли 4 модели дефибрилляторов, генерирующих БП импульсы со 2-й фазой, составляющей 43-60% от первой. Длительность 1-й фазы 4,2-5,3 мс и 2-й – 6,5-8 мс. Длительности фаз указаны для сопротивления грудной клетки от 25 до 150 Ом. Дефибрилляторы: ДКИ-С-05, ДКИ-С-06, ДКИ-Н-02 (НПП РЭМА, г. Львов) и ВДС-5011Р (Польша). С помощью измерительной аппаратуры регистрировали основные параметры импульса: амплитуду пикового тока ( $I$ , А), сопротивление грудной клетки (СГК, Ом), величины набираемой ( $E_n$ , Дж) и выделяемой на пациента энергии ( $E_v$ , Дж). Electroды дефибриллятора размещали в переднебоковой позиции. Диаметр электродов  $\approx 12/12$  см (у 6 пациентов 3-й группы – 8,5/8,5 см).

При устранении внутрибольничной ФЖ суммарная эффективность монофазных разрядов ( $E_n$  200 Дж) составляет, по данным литературы,  $\approx 80\%$  (от 70 до 95%) [2, 5, 9, 11-15]. Учитывая результаты экспериментальных исследований [4], у первых 10 больных с вызванной и первичной ФЖ начальную дозу  $E_n$  устанавливали в диапазоне от 55 до 85 Дж и у первых 5 больных со вторичной ФЖ – от 90 до 115 Дж. По мере накопления результатов, свидетельствующих о высокой эффективности БП импульса, величину первого разряда уменьшали в ряде случаев до 15-40 Дж (при длительности ФЖ не более 15-30 с).

Результаты обработаны статистически с использованием критерия t Стьюдента, точного метода Фишера и корреляционного анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Продолжительность вызванной ФЖ находилась в диапазоне от 20 до 120 с, а величина эффективных разрядов ( $E_H$ ) от 15 до 100 Дж. У 67% больных ФЖ была устранена разрядами тока, близкими к пороговым значениям. Между длительностью вызванной ФЖ и величиной эффективных разрядов не было выявлено достоверной связи. Суммарная эффективность  $E_H \leq 40-65$  Дж достигала 90% (19/21) и  $E_H \leq 90-100$  Дж – 100%. При этом энергия, выделяемая на пациента во время разряда, не превышала 85 Дж. По данным ряда авторов [5, 9, 16], эффективность первого разряда МП формы ( $E_H$  200 Дж,  $E_B$  167-219 Дж) во время устранения вызванной ФЖ составляла 79-93%.

Эффективность дефибрилляции спонтанной ФЖ низкоэнергетическими разрядами БП формы зависела от её вида. Так, у больных с первичной ФЖ эффективность первого разряда ( $E_H \leq 65$  Дж) во время устранения первого эпизода ФЖ (длительность от 30 с до 2-8 мин) достигала 62% (13/21) и всех эпизодов – 79% (33/42). Только у одного больного для прекращения ФЖ потребовалось 2 разряда  $\leq 90$  Дж ( $E_B \leq 83$  Дж). Суммарная эффективность разрядов БП формы ( $E_H \leq 90$  Дж) во время устранения всех эпизодов первичной ФЖ составила 100%. До настоящего времени опубликована только 1 работа [11], в которой был исследован успех дефибрилляции первичной ФЖ импульсом МП формы ( $E_H$  100 Дж,  $E_B \geq 85$  Дж 1-2 разряда) у больных с ИМ; эффективность дефибрилляции составила 79% (41/52), что на 21% ( $P=0,005$ ) меньше по сравнению с данными для БП импульса, полученные нами во 2-й группе больных. Столь высокая эффективность МП разрядов ( $E_H$  100 Дж) могла быть связана с длительностью импульса (дефибриллятор Belfast), которая превышала стандартную примерно в 2 раза (зависимость «сила-время»). По данным литературы, эффективность дефибрилляции желудочков стандартными импульсами МП формы (Edmark и Lown) при энергии разрядов 150-200 Дж составляет в среднем  $\approx 75\%$  (от 60 до 95%) [12-18].

Вторичная ФЖ (3-я группа больных). Во время устранения первого эпизода ФЖ (длительность от 30 с до 2-8 мин) эффективность первого разряда ( $E_H \leq 65$  Дж) достигала 68% (23/34) и всех эпизодов – 52% (46/88). Разряды 115 Дж применялись у 5 больных в 15 эпизодах ФЖ. Суб- и максимальные разряды ( $E_H$  165-193 Дж) потребовались 7 больным для устранения 14 эпизодов ФЖ. Только у 2 пациентов в 2 эпизодах рефрактерной ФЖ необходимо было нанести 4 разряда 165 Дж и 5 разрядов 193 Дж. Суммарная эффективность низкоэнергетических разрядов БП формы ( $E_H \leq 65-193$  Дж) во время устранения всех эпизодов вторичной ФЖ достигала 100%. При этом максимальная энергия ( $E_H$  193 Дж,  $E_B$  185-197 Дж) была необходима только 15% (5/34) больных. По данным J. Gascho и соавт. [12], у 3 из 18 пациентов вторичную ФЖ, развивающуюся в острой фазе ИМ, не могли устранить повторными максимальными разрядами МП формы ( $E_H$  360 и  $E_B$  332-372 Дж, эффективность ДФ 83%). По данным этих же авторов, минимальная энергия МП импульса ( $E_B$ ), устранявшая первый эпизод вторичной рецидивирующей ФЖ, составила 92 Дж, в нашем исследовании её величина оказалась в  $\approx 2-4$  раза меньше ( $E_B$  24-40 Дж). Близкие результаты для МП импульса (Lown) были получены во время устранения вызванной и спонтанной ФЖ [18]. Следует отметить, что суммарный успех дефибрилляции желудочков импульсами МП формы Pantridge, Edmark и Lown ( $E_H \leq 400$  Дж) находится в диапазоне от 71 до 98% [5, 11-19]. В табл. 2 представлены усреднённые значения эффективной энергии ( $E_B$ ) для БП импульса и для импульса МП формы (Lown), опубликованные R. Kerber и соавт. [17, 18].

Анализ результатов дефибрилляции сердца импульсом БП формы в 1-3 группах больных (151 эпизод ФЖ) выявил очень высокую эффективность (92%) разрядов небольшой энергии:  $E_H \leq 115$  Дж. Наряду с этим была установлена связь между видом ФЖ и значениями основных параметров дефибриллирующего импульса. Как следует из полученных результатов, только у 19% больных энергия ( $E_H$ ), необходимая для устранения вызванной и первичной ФЖ, составляла 85-100 Дж ( $E_B$  69-85 Дж), а величина тока, проходящего через область сердца, 18-21 А. В то же время

Таблица 2

**Усреднённые минимальные и максимальные значения эффективной энергии, выделяемой на больного во время наружной дефибрилляции желудочков сердца импульсами монополярной и биполярной форм**

Форма импульса	Минимальные значения энергии, Дж	Максимальные значения энергии, Дж
Биполярная	35	170
Монополярная	83	330

для устранения вторичной ФЖ у 18% больных потребовалось в  $\approx 2$  раза больше энергии ( $E_H$  165-193 Дж,  $E_B$  155-197 Дж). При этом в ряде случаев максимальная сила тока достигала 35-41 А. Необходимо также отметить, что у 92% (22/24) больных с ЖТ (4-я группа) величина эффективного разряда ( $E_H$ ) составляла 10-65 Дж и только у двух – 85-90 Дж.

Таким образом, у 15% (10/66) больных максимальная энергия БП импульса ( $E_H$ ), необходимая для устранения одного эпизода ЖТ, вызванной и первичной ФЖ, составляла 85-100 Дж (1-2 разряда), в то время как у 18% (6/34) больных со вторичной ФЖ – 165-193 Дж (до 4-5 разрядов при её рефрактерном течении). ФЖ и ЖТ были устранены во всех эпизодах (успех ДФ 100%). В табл. 3 представлена эффективность БП импульса в зависимости от дозы  $E_H$  и количества разрядов для всех эпизодов первичной и вторичной ФЖ.

Учитывая полученные результаты, представляло интерес изучение связи между продолжительностью ФЖ и эффективными значениями разрядов БП формы. Как показал корреляционный анализ, связь между длительностью ФЖ до нанесения первого разряда (0,5-8-я мин) и эффективными значениями энергии от 90 до 193 Дж оказалась слабой и незначимой ( $r=0,30$ ,  $P>0,05$ ). Вместе с тем было выявлено снижение эффективности для разрядов существенно меньшей энергии ( $E_H \leq 65$  Дж) при сопоставлении 30-секундных эпизодов ФЖ с эпизодами длительностью от 1 до 5 мин (успех ДФ 100 и 52% соответственно,  $P=0,035$ ). Только у 2 больных с непрерывно рецидивирующей вторичной ФЖ эффективные значения энергии прогрессивно увеличивались (с 2-3

по 10-15 мин ФЖ от 40-55 до 140-165 Дж,  $r=0,86$ ,  $P<0,01$ ). По данным N. Campbell и соавт. [11], эффективность одиночного разряда МП формы ( $E_H$  100 Дж,  $E_B \geq 85$  Дж) достигала 74% при длительности первого эпизода ФЖ  $\leq 2$  мин и 50%, когда её продолжительность превышала 2 мин. В нашем исследовании эффективность разрядов БП формы ( $E_B \leq 85$  Дж), при указанных временных интервалах, составляла 91 и 76% соответственно ( $P=0,065$ , по сравнению с МП импульсом). Данные литературы, посвященные влиянию длительности ФЖ на эффективность МП разрядов от 200 до 360 Дж, носят противоречивый характер.

Таблица 3

**Наружная дефибрилляция сердца: суммарная эффективность (%) биполярного синусоидального импульса в зависимости от дозы набираемой энергии у больных с первичной и вторичной фибрилляцией желудочков (130 эпизодов)**

Количество наносимых разрядов					
Доза, Дж	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Первичная фибрилляция (42 эпизода)					
Первый эпизод ФЖ (n=21)					
$\leq 65$	62%				
$\leq 90$	95%	100%			
Все эпизоды ФЖ					
$\leq 65$	79%				
$\leq 90$	95%	100%			
Вторичная фибрилляция (88 эпизодов)					
Первый эпизод ФЖ (n=34)					
$\leq 65$	68%				
$\leq 90$	76%				
$\leq 115$	82%				
$\leq 165$	82%				
$\leq 193$	91%	97%	100%		
Все эпизоды ФЖ					
$\leq 65$	52%				
$\leq 90$	57%	57%			
$\leq 115$	70%	76%			
$\leq 165$	85%	86%	86%	88%	
$\leq 193$	97%	99%	99%	99%	100%

Так, в исследовании R. Kerber и соавт. [15], между силой тока ( $E_H \leq 200$  Дж) и длительностью ФЖ была выявлена средняя степень корреляции ( $r=0,45$ ,  $P<0,05$ ). В то же время, по данным J.

Gascho и соавт. [12] и R. Crampton и соавт. [19, 20], продолжительность ФЖ до первого разряда не определяла успех дефибрилляции, которую проводили по стандартному протоколу: 200, 300 и 360 Дж; не было выявлено достоверной связи и с успехом одиночного разряда МП формы 200 Дж [14]. Однако у больных ИБС при длительности ФЖ 15-30 с успешная дефибрилляция разрядами МП формы ( $E_B 200 \pm 15$  Дж) отмечалась достоверно чаще, чем в эпизодах большей продолжительности [19]. Отсутствие в общем случае корреляции между изучаемыми показателями может быть связано, по крайней мере, с разным временем проведения дефибрилляции, большим разбросом исходных значений эффективной энергии и нанесением первого разряда, существенно превышающего пороговую величину [4]. Вместе с тем достоверная корреляция выявляется в сравниваемых группах больных, в тех случаях, когда первый разряд был относительно небольшой энергии ( $\leq 65$  Дж у БП импульса и  $\leq 200$  Дж у МП импульса). При длительной ФЖ на эффективность дефибрилляции могут оказывать влияние такие факторы, как дозы вводимого адреналина, антиаритмическая терапия, скорость нарастания и глубина миокардиального ацидоза и т.д. [1, 2, 20, 21]. Оказалось также, что в стандартных условиях эксперимента с увеличением длительности ФЖ (от 15 с до 5 мин) пороговая энергия БП импульса возрастает на существенно меньшую величину, чем у МП импульса [22].

Изучение влияния размера электродов (диаметр 8,5 и 12 см) на эффективные значения БП импульса при устранении вторичной ФЖ выявило существенные различия. Так, у 3 (50%) из 6 больных ФЖ купировали через электроды диаметром 8,5 см только суб- или максимальным разрядами ( $E_H 165-193$  Дж). В то же время при использовании больших электродов суб- и максимальная энергия потребовалась 3 из 28 больных (11%),  $P=0,049$ . Следует отметить, что плотность тока под электродом диаметром 8,5 см оказалась в 2 раза выше, чем под электродом большего размера (0,40 и 0,20 А/см<sup>2</sup> соответственно,  $P<0,002$ ). По данным экспериментального исследования [23], трансторакальный разряд БП формы со средней плотностью тока 0,38 А/см<sup>2</sup> приводит к развитию обратимой асис-

толии желудочков; однако её продолжительность при сравнении с результатами для МП импульса (Edmark) была существенно меньше: 1,5-3,0 и 3-12 с соответственно.

Один из очень важных и пока ещё не решённых вопросов кардиореаниматологии – это влияние формы импульса на успех реанимации больных с первичной и вторичной ФЖ. С этой целью провели сравнение полученных нами результатов (БП импульс) с данными литературы, посвящёнными эффективности МП импульса в условиях многопрофильных больниц (табл. 4, 5). Успех оживления больных с применением БП импульса ( $\leq 90$  Дж) для устранения первичной ФЖ (длительность 2-14 мин) составил, по нашим данным, 82%. При использовании импульса МП формы ( $\leq 200-360$  Дж) эффективность реанимации оказалась такой же или достоверно не различалась – 69-86% [12, 14, 15, 18]. Однако при сравнении результатов оживления больных с вторичной ФЖ были получены существенные различия. Так, в нашем исследовании успех реанимации с применением БП импульса ( $\leq 193$  Дж) достигал 68%. В то же время, по данным других авторов [12, 14, 15, 17, 18], успех оживления с применением МП импульса был значительно ниже:  $\approx 36\%$  (от 22 до 50%) ( $P < 0,05$ ). Принципиальным отличием устранения вторичной ФЖ импульсом МП формы являлось нанесение повторных высокоэнергетических разрядов ( $\geq 360$  Дж).

Таблица 4

**Влияние вида фибрилляции желудочков на успех реанимации (в %) с использованием разрядов монополярной формы (данные литературы с 1977 по 1991 г.)**

Ссылка	Первичная ФЖ	Вторичная ФЖ	Первичная и вторичная ФЖ
J. Gascho (1)	86% (12/14)*	50% (9/18)	66% (21/32)
R. Kerber (2)	–	33%	59% (33/56)
R. Kerber (3)	–	40% (4/10)	–
G. Dalzell (4)	69% (36/52)	22% (4/18)	57% (40/70)
Суммарные данные	71% (57/80)	36% (17/46)	60% (95/158)

Примечание: (1) \* – острый ИМ; у 63% больных длительность ФЖ от 2 с до 2 мин; (2) – не указано количество больных с ИМ; больные со 2-й ФЖ были очень тяжелые; (3) – у 7 из 10 больных острый или недавно перенесенный ИМ; (4) – у 74% больных острый ИМ, из них у 40% – повторный.

Отрицательное влияние высокоэнергетических МП разрядов на раннюю выживаемость больных, перенесших остановку сердца, обнаружили Н. Dunn и соавт. [24]. Специальные исследования, проведенные в США, показали, что *в лучшем случае* лишь 30-50% больных, у которых внезапная остановка сердца произошла вне госпиталя, поступают в больницу живыми и лишь 50% из них доживает до выписки из стационара. Причины высокой больничной летальности, как указывает автор, «в основном заключаются в значительном ухудшении сократительной функции сердца в результате наличия ИМ либо многократных дефибрилляций» [25].

Гистологические исследования подтвердили, что у больных, которые получали во время оживления многочисленные разряды большой энергии, определяется некроз миокарда [26]. По данным J. Gascho и соавт. [12], эффективность дефибрилляции существенно снижалась, когда  $E_B$  повторных разрядов МП формы начинала превышать 240 Дж ( $E_H$  300- 400 Дж). Расчет энергии на килограмм массы тела показал, что с увеличением  $E_B$  от  $\approx 2,9$  до 6 Дж/кг успех дефибрилляции (реанимации) снижался соответственно с 77 до 23%. В нашем исследовании величина энергии, выделяемая на 1 кг массы тела, не превышала 2,3-2,8 Дж.

Таблица 5

Влияние вида фибрилляции, формы импульса, дозы и количества наносимых разрядов на успех сердечно-легочной реанимации

Форма импульса	Успех (%)	Доза энергии и количество разрядов
<b>Первичная фибрилляция желудочков</b>		
Биполярный	82% (9/11)**	$\leq 90$ Дж $\times$ 1-2 (8)***
Монополярный *	69 % (36/52)	200 Дж $\times$ 1-2
<b>Вторичная фибрилляция желудочков</b>		
Биполярный	68% (17/25)**	30-195 Дж $\times$ 2-25***
Монополярный *	22 % (4/18)	200-360 Дж $\times$ 2 - $\leq$ 5

Примечание: \* – данные G. Dalzell и соавт., 1991 г.; \*\* – указано количество больных, у которых длительность ФЖ была  $\geq 2$  мин; \*\*\* – указано суммарное количество разрядов во время устранения непрерывно рецидивирующей ФЖ.

Наиболее драматические результаты были опубликованы G. Dalzell и соавт. [14] (табл. 5). По их данным, 78% (14/18) больных с

вторичной ФЖ, которым через электрод диаметром  $\approx 7,5$  см (площадь  $\approx 40$  см<sup>2</sup>), расположенный в области верхушки сердца, наносили  $\geq 4-5$  разрядов 360 Дж, не удалось оживить. Вместе с тем летальность больных, получавших разряды МП формы 200 Дж, составила 31%. Мы рассчитали максимальную плотность энергии под электродом. Она составила  $\approx 9,5$  Дж/см<sup>2</sup>. Это в 5 раз больше, чем при нанесении через электроды диаметром 12 см максимальных разрядов БП формы (195 Дж). Следует также отметить еще одну важную методическую особенность проведения дефибрилляции МП импульсом через электроды небольшого диаметра, которая наряду с другими факторами могла приводить к столь низкой эффективности сердечно-легочной реанимации (СЛР) у больных со вторичной ФЖ – очень высокое у части больных сопротивление грудной клетки (СГК) ( $93,0 \pm 2,6$  Ом, диапазон 38-137 Ом). При этом оказалось, что 6 из 12 больных, у которых СГК было  $>115$  Ом, умерли во время реанимации, и только один выжил. Следует также отметить, что при СГК  $\geq 100$  Ом значительно (в  $\approx 2$  раза) увеличивается длительность МП импульса. Суммарное действие указанных выше факторов могло приводить к более выраженному функциональному и морфологическому повреждению сердца и, как следствие, дополнительному снижению успеха оживления больных с вторичной ФЖ. С другой стороны, при очень высоком СГК и малом диаметре электрода величина трансторакального тока могла в ряде случаев оказаться ниже пороговой или его сердечная фракция не охватывала критическую массу миокарда, необходимую для успешной дефибрилляции.

Суммируя данные литературы, можно сделать следующие выводы: 50-78% больных ИБС, которым для устранения вторичной ФЖ наносили повторные разряды МП формы ( $\geq 360$  Дж; 3-6 Дж/кг), умирали во время реанимации. Наиболее высокая летальность отмечалась среди тех больных, которым наносили  $\geq 4-5$  разрядов  $\geq 360$  Дж; в подавляющем большинстве случаев – это больные, у которых вторичная ФЖ, развивалась в острой/подострой стадиях ИМ либо после недавно перенесенного ИМ.

В связи с актуальностью данной проблемы остановимся более подробно на результатах экспериментального исследования

[27]. Авторами показано, что после устранения у свиней 9-минутной ФЖ разрядами БП формы (2,5-4,5 Дж/кг) спонтанное кровообращение восстанавливалось значительно чаще, чем при воздействии МП импульсом (соответственно в 41 и 6% случаев,  $P=0,02$ ). После разрядов БП формы регистрировали менее частое появление асистолии и электромеханической диссоциации, а выживаемость через 1 ч составляла соответственно 29% (5/17) и 6% (1/17) ( $P=0,17$ ). На модели пролонгированной ФЖ было показано, что в раннем постреанимационном периоде тяжесть нарушений сократимости и расслабления миокарда ЛЖ, степень снижения сердечного выброса, а также продолжительность жизни были связаны с величиной МП разряда [28].

По данным R. McGrath и соавт. [29], успех сердечно-лёгочной реанимации, проводимой в больнице, составляет в среднем 39% (от 13 до 59%). При этом,  $\approx 60\%$  оживлённых умирают в течение первых 24 ч. Клинические и экспериментальные исследования позволили сформулировать гипотезу о том, что смертельные исходы после успешно проведенной реанимации в значительной степени являются результатом постреанимационной дисфункции миокарда [28, 30-32]. Её тяжесть связывают с длительностью и глубиной тотальной ишемии миокарда, развивающейся во время остановки сердца. Немаловажную роль играют реперфузионные повреждения сердца, связанные с восстановлением спонтанного кровообращения [28, 33, 34], а также нарушения сократимости и расслабления миокарда, вызываемые высокоэнергетическими разрядами МП формы [28, 35].

Анализ литературы не позволил найти убедительных данных для схемы применения МП разрядов: 200-200(300)-360 Дж. Отсутствуют также данные литературы о полезности применения высокоэнергетических разрядов. Имеется только одно рандомизированное исследование, доказывающее, что разряды 175 Дж также эффективны, как и 320 Дж, но отличаются меньшими постдефибрилляционными нарушениями атриовентрикулярной проводимости [36]. R. Reddy и соавт. [37] показали, что у больных с ИБС разряды 200 Дж также хорошо устраняют вызванную ФЖ, как и разряды 360 Дж, но с менее выраженной преходящей депрессией сегмента

ST на ЭКГ. По мнению авторов, изменения сегмента ST могут отражать повреждение кардиомиоцитов. Как было показано в экспериментальных исследованиях, электрические импульсы вызывают появление микроповреждений в мембранах кардиомиоцитов (поры диаметром 45-60 ангстрем – синдром «малых ран»), через которые ионы  $K^+$  и  $Ca^{2+}$  входят в клетку [38]. Это может приводить к появлению фокусов спонтанной электрической активности (по механизму ранней постдеполяризации). Наряду с этим одновременная пролонгация и укорочение длительности потенциала действия в участках миокарда, в которых во время разряда регистрируется высокое напряжение, может создавать значительную дисперсию реполяризации. Указанные механизмы приводят к неэффективной дефибрилляции или рефибрилляции. В случае воздействия БП импульса с оптимальным диапазоном соотношения 1-й и 2-й фаз отмечаются существенно меньшие (по сравнению с МП разрядом) микроповреждения мембран. Кроме того, БП импульс (за счёт эффекта асимметричной фазовой реверсии гиперполяризации мембраны) минимизирует или вообще не формирует постимпульсную дисперсию реполяризации – проаритмогенный субстрат для ФЖ [39-43].

Наряду с этим антиаритмические препараты, используемые для профилактики и лечения ФЖ, меньше влияют на эффективные значения БП импульса. Так, по данным экспериментальных исследований, пиромекаин в нарастающих дозах (2+4+6 мг/кг) увеличивал порог дефибрилляции у МП импульса в среднем в 2 раза больше, чем у биполярного [44]. Близкие результаты были получены и для амиодарона [45, 46]. Эти наблюдения позволяют сделать вывод о том, что у больных с рефрактерной/рецидивирующей ФЖ, требующей назначения антиаритмических препаратов, большего успеха в её устранении можно добиться, используя импульс БП формы. Кроме того, у больных с имплантированным кардиостимулятором МП импульс может приводить к его временному отказу (от 1-2 до 10 мин) преимущественно из-за увеличения порога стимуляции [47, 48]. В то же время импульс БП формы изменяет его значительно меньше [49].

Перед заключением хотелось бы остановиться на результатах экспериментальных работ по сравнительной эффективности трёх БП импульсов. Авторами было установлено, что БП квазисинусоидальный импульс более эффективен, чем трапецидальный и прямоугольно-трапецидальный импульсы [22, 50].

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности низкоэнергетических (65-195 Дж) биполярных разрядов во время устранения ФЖ и ЖТ у больных с инфарктом миокарда и другими клиническими формами ИБС. Ретроспективный анализ данных литературы и собственные результаты позволяют сделать вывод о том, что применение у больных с вторичной ФЖ низкоэнергетического биполярного импульса по сравнению с высокоэнергетическим монополярным, увеличивает эффективность дефибрилляции и приводит к более успешной реанимации. Всё это свидетельствует о необходимости пересмотра протокола по купированию рефрактерной ФЖ с помощью импульса монополярной формы.

#### Цитируемая литература

1. Bossaert L.L. Fibrillation and defibrillation of the heart // Brit. J. Anaesthesia. – 1997. – Vol. 79. – P. 203-213.
2. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care – An International Consensus on Science // Resuscitation. – 2000. – Vol. 46. – P. 108-178.
3. Гурвич Н.Л., Табак В.Я., Богушевич М.С. и др. Дефибрилляция сердца двухфазным импульсом в эксперименте и клинике // Кардиология. - 1971. - № 8. – С. 126-130.
4. Востриков В.А., Богушевич М.С., Холин П.В. Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность и безопасность моно- и биполярного импульсов // Анестезиология и реаниматология. - 1994. - №5. - С. 9-11.
5. Greene L., DiMarco J., Kudenchuk P et al. Comparison of monophasic and biphasic pulse waveform for transthoracic cardioversion // Am. J. Cardiol. - 1995. - Vol. 75. - P. 1135-1139.
6. Венин И.В., Гурвич Н.Л., Олифер Б.М. и др. Дефибриллятор // Авт. свид. №258526, от 23 сентября 1969 г. СССР.
7. Vostrikov V.A., Holin P.V., Razumov K.V. Efficiency of biphasic waveforms in transthoracic ventricular defibrillation of man // Amer. Heart J. –1994. – Vol. 128, № 3. - P. 638. Abstract.
8. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В. Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность биполярного

синусоидального импульса // Анестезиология и реаниматология. - 1999. - № 1. - С. 44-47.

9. Mittal S., Ayaty S., Stein K et al. Comparison of a novel rectilinear biphasic waveform with a damped sine wave monophasic waveform for transthoracic ventricular defibrillation // J. Am. Coll Cardiol. - 1999. - Vol. 34. - P. 1595-1601.

10. Poole J., White R., Kanz K-G. et al. Low-energy impedance-compensating biphasic waveforms terminate ventricular fibrillation at high rates in victims of out-of-hospital cardiac arrest // J. Cardiovasc. Electrophysiol. - 1997. - Vol. 8. - P. 1373-1385.

11. Campbell N., Webb S., Adgey J. et al. Transthoracic ventricular defibrillation in adults // Brit. Med. J. - 1977. - Vol. 2. - P. 1379-1381.

12. Gascho J., Crampton R., Cherwek M. et al. Determinants of ventricular defibrillation in adults // Circulation. - 1979. Vol. 60. - P. 231-237.

13. Dalzell G., Cunningham S., Adgey A. et al. Electrode pad size, transthoracic impedans and success of external ventricular defibrillation // Am. J. Cardiol. - 1989. - Vol. 64. - P. 741-744.

14. Dalzell G., Adgey A. Determinants of successful transthoracic defibrillation and outcome in ventricular fibrillation // Br. Heart J. - 1991. - Vol. 65. - P. 311-316.

15. Kerber R., Jensen S., Gascho J. et al. Determinants of defibrillation a prospective analysis of 183 patients // Am. J. Cardiol. - 1983. - Vol. 52. - P. 739-745.

16. Gust B., Marchlinski F., Sharma A. et al. Multicenter comparison of truncated biphasic shocks and standard damped sine wave monophasic shocks for transthoracic ventricular defibrillation // Circulation. - 1996. - Vol. 94, №10. - P. 2507-2514.

17. Kerber R.E., Kienzle M.G., Olshansky B. et al. Ventricular tachycardia rate and morphology determine energy and current requirements for transthoracic cardioversion // Circulation. - 1992. - Vol. 85. - P. 158-163.

18. Kerber R., Martins J., Kienzle M. et al. Energy, current, and success in defibrillation and cardioversion: clinical studies using an automated impedance-based method of energy adjustment // Circulation. - 1988. - Vol. 77. - P. 1038-1046.

19. Crampton R., Gascho J., Cherwek M. Low-energy and fast serial dc shock ventricular defibrillation in man // Medical Instrumentation. - 1978. - Vol. 12, №1. - P53 (A).

20. Crampton R. Controversial and speculative aspects of ventricular defibrillation // Progress in Cardiovascular Diseases. - 1980. - Vol. 23. - P. 167-186.

21. Tang W., Weil M.H., Maldonado F.A. et al. Hypercarbia decreases effectiveness of electrical defibrillation during CPR // Crit. Care Med. - 1992. - Vol.20 (suppl). - S. 24.

22. Walcott G.P., Melnik S., Chapman F. et al. Relative efficacy monophasic and biphasic waveform for transthoracic defibrillation after short and long duration of ventricular fibrillation // Circulation. - 1998. - Vol. 98, № 20. - P. 2210-2215.

23. Востриков В.А. Функциональное повреждение сердца монополярным и биполярным импульсами тока дефибрилятора // Бюл. эксперим. биологии и медицины. - 1993. - Т. 116, №12. - С. 654-655.

24. Dunn H., Mc Comb J., McKensy G., Adgey J. A survival to leave hospital from ventricular fibrillation // *Am. Heart J.* – 1986. – Vol. 112. – P. 745-751.
25. Di Marco J., Haines D. Sudden cardiac death // *Curr. Probl. Cardiol.* - 1990. – Vol. 15, №4. – P. 183-232.
26. Karch S. Resuscitation-induced myocardial necrosis // *Am. J. Forensic Med. Pathol.* – 1987. – Vol. 8. – P. 3-8.
27. Scheatzle M.D., Menegazzi J.J., Allen T.L., Durham S.B. The evaluation of biphasic transthoracic defibrillation in an animal model of prolonged ventricular fibrillation // *J. Prehospital Emergency Care.* – 1998. – Vol. 2, №3. – P. 252 (A).
28. Xie J., Weil M.X., Sun S. et al. High-Energy defibrillation increases the severity of postresuscitation myocardial dysfunction // *Circulation.* – 1997. - Vol. 96. - P. 683-688.
29. McGrath R. In-house cardiopulmonary resuscitation after a quarter of a century // *Ann. Emerg. Med.* – 1987. – Vol. 16. – P. 1365-1368.
30. Brown C.G., Dzwonozyk R., Werman H., Hamin R. Estimating the duration of ventricular fibrillation // *Ann. Emerg. Med.* – 1989. – Vol. 18. – P. 1181-1185.
31. Stiell I., Hebert P., Weitzman B. et al. High dose epinephrine in adult cardiac arrest // *N. Engl. J. Med.* – 1992. – Vol. 327. – P. 1045-1050.
32. Tang W., Weil M., Sun S. et al. Progressive myocardial dysfunction after cardiac resuscitation // *Crit. Care Med.* – 1993. – Vol. 21. – P. 1046-1050.
33. Gazmuri R., Weil M., Bisera J. et al. Myocardial dysfunction after successful resuscitation from cardiac arrest // *Crit. Care Med.* – 1996. – Vol. 24. – P. 992-1000.
34. Kern K., Rhee K., Raya T. et al. Global myocardial stunning following successful resuscitation from cardiac arrest // *Circulation.* – 1994. – Vol. 90 (suppl. I). – P. 1-5.
35. Tang W., Weil M., Sun S. et al. The effect of biphasic and conventional monophasic defibrillation on postresuscitation myocardial function // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 1999. – Vol. 34. – P. 815-822.
36. Weaver W.D., Cobb L.A., Coppas M.K. et al. Ventricular defibrillation - a comparative trial using 175-J and 320-J shocks // *N. Engl. J. Med.* – 1982. – Vol. 307. – P. 1101-1106.
37. Reddy R.K., Gleva M.J., Gliner B.E. et al. Biphasic transthoracic defibrillation causes fewer ECG ST-segment changes after shock // *Ann. Emerg. Med.* – 1997. – Vol. 30. – P. 127-134.
38. Jones J.L., Jones R.E., Balasky G. Microlesion formation in myocardium cells by high-intensity electric field stimulation // *Am. J. Physiol.* – 1987. – Vol. 253. - H486-H486.
39. Yabe S., Smith W., Daubert J. et al. Conduction disturbances caused by high current density electric fields // *Circ. Res.* – 1990. – Vol. 66. – P.1190-1203.
40. Tovar O., Jones J. Cellular basis of type B defibrillation occurring at high shock intensity // *Circulation.* – 1996. – Vol. 94. – P. 131.
41. Efimov I.R., Cheng Y., Wagoner D.R. et al. Virtual electrode – induced phase singularity. A basic mechanism of defibrillation failure // *Circulation Res.* - 1998. – Vol. 82. – P. 918-992.

42. Jones J.L., Jones R.E. Decreased defibrillator-induced dysfunction with biphasic rectangular waveform // *Am. J. Physiol.* – 1984. – Vol. 247. - H792-H796.
43. Jones J., Jones R., Blasky G. Improved cardiac cell excitation with symmetrical biphasic defibrillator waveforms // *Am. J. Physiol.* – 1987. – Vol. 253, № 6, Pt2. – P. 1418-1424.
44. Востриков В.А., Богушевич М.С., Михайлов И.В. Влияние пиромекаина и новокаинамида на эффективность наружной дефибрилляции желудочков сердца // *Кардиология.* – 1999. – Т. 39, №12. – С. 40-45.
45. Востриков В.А., Богушевич М.С. Влияние амиодарона на эффективность дефибрилляции желудочков сердца импульсами тока монополярной и биполярной синусоидальной форм // *Анестезиология и реаниматология.* – 2000. - № 6. – С. 51-54.
46. Kopp D., Kall J., Kinder C. et al. Effect of amiodarone and left ventricular mass on defibrillation energy requirements: monophasic vs biphasic shocks // *PACE.* – 1995. – Vol. 18, №4, Part II. – P. 872 (A).
47. Yee R., Jones D., Jarvis E. et al. Changes in pacing threshold and R-wave amplitude after transvenous catheter countershock // *J. Am.Coll. Cardiol.* – 1984. Vol. 4. – P.543-549.
48. Altamura G., Bianconi L., Bianco F. et al. Transthoracic DC shock may represent a serious hazard in pacemaker dependent patients // *PACE.* – 1995. – Vol. 4. – P. 543-549.
49. Kudenchuk P., Bardy G., Poole J. et al. Biphasic shock from an implanted defibrillator does not acutely alter ventricular pacing thresholds // *Circulation.* – 1995. – Vol. 92, S (suppl I). – I-340. Abstract.
50. Qu F., Nikolski V.P., Wollenzier B.R., Efimov I.R. Comparison of three biphasic waveforms: Gurvich waveform is more efficient // *Proc. of the Second Joint EMBS/BMES Conference.* - Houston, TX, USA, Oct. 23-26. – 2002. - P. 1439-1440.