

## ГЛАВА 6

# Электроимпульсная терапия предсердных и желудочковых тахикардий

*Востриков В.А.*

**Ф**ибрилляция желудочков и желудочковая тахикардия без пульса. Причиной более 60% летальных исходов у больных ИБС является внезапная (аритмическая) остановка сердца (ВОС) вследствие развития:

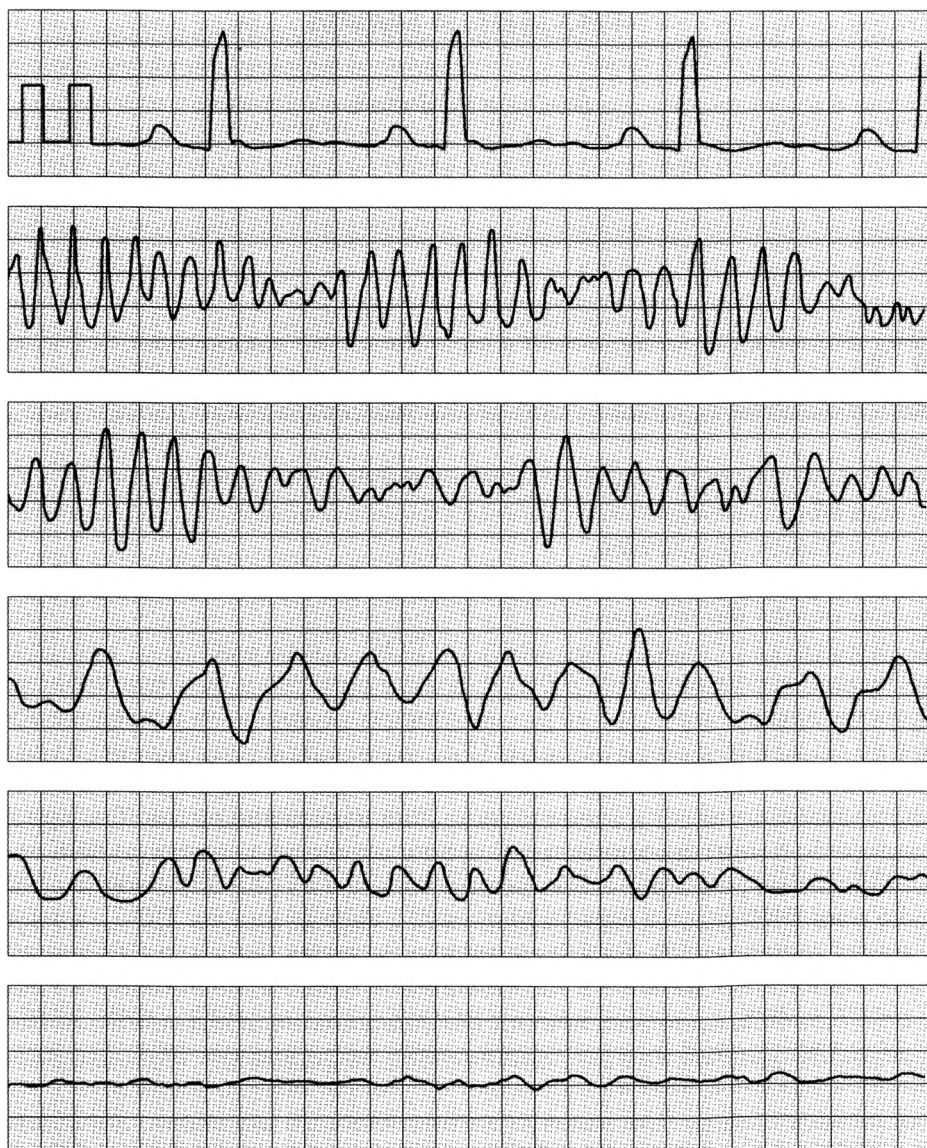
- фибрилляции желудочков или желудочковой тахикардии без пульса (ЖТбп);
- асистолии желудочков;
- электромеханической диссоциации (ЭМД) или электрической активности сердца без пульса.

В европейских странах смертность от ВОС, в зависимости от критерия ее определения, составляет 350–700 тыс. в год; примерно в 80% она происходит на догоспитальном этапе, а в 20% — в условиях больницы. За последние 25 лет отмечено снижение частоты развития ФЖ, что в определенной степени связано с первичной и вторичной профилактикой ИБС и ВОС. Наряду с этим принципиальное значение имеет и время регистрации нарушения ритма. Так, при длительной (> 5–8 мин) догоспитальной остановке сердца первичную ФЖ до начала реанимации регистрируют в среднем только у 25 (20–30)% пострадавших. Однако если ЭКГ удастся зарегистрировать в первые минуты ВОС, первичная ФЖ может составлять 59–65%. В различных регионах Канады и США выживаемость<sup>1</sup> оживленных больных с догоспитальной ФЖ/ЖТбп находится в диапазоне от 7,7 до 40%, а для всех причин ВОС (асистолия, ЭМД и ФЖ/ЖТбп) — от 3 до 12,6%. Особый интерес представляют исследования ВОС в домашних условиях. Оказалось, что она составляет 60–80% от общего числа догоспитальных остановок сердца. При наличии автоматического наружного дефибриллятора (АНД) у первого свидетеля ВОС в домашних условиях ФЖ/ЖТбп была

---

<sup>1</sup> Выживаемость (отсроченная) — количество оживленных больных, доживших до выписки из госпиталя, к общему количеству оживленных на догоспитальном этапе реанимации.

зарегистрирована у 36% пострадавших, если же реанимацию начинал проводить персонал экстренной медицинской службы – в 25% случаев. При развитии ФЖ на ЭКГ регистрируются непрерывные желудочковые волны (фибриллярные осцилляции – ФО) различной амплитуды и формы без изоэлектрических интервалов (рис. 6.1). Примерно в первые 30–90 с ФЖ частота основного ритма



**Рис. 6.1.** Изменения амплитудно-частотных характеристик фибрилляции желудочков (с 30-й секунды по 20-ю минуту) при внезапной остановке сердца без проведения сердечно-легочной реанимации (данные экспериментального исследования на наркотизированной собаке)

ФО (суб- и максимальных по амплитуде), как правило, больше 300 в минуту (от 350 до 450–500, редко более 500 в минуту). По мере увеличения длительности ФЖ, если не проводится оживление, частота ФО достаточно быстро уменьшается. В зависимости от амплитуды основных ФО выделяют крупноволновую ФЖ (амплитуда обычно  $\geq 0,7$ –1,2 мВ; очень крупноволновую ФЖ (амплитуда  $\geq 1,5$  мВ), встречается редко; средневолновую ФЖ (амплитуда ФО в пределах от 0,4 до 0,7 мВ) и мелковолновую ФЖ (амплитуда ФО  $< 0,3$  мВ). Появление мелковолновой и низкочастотной ФЖ свидетельствует о тяжелой ишемии и гипоксии миокарда.

Наряду с длительностью остановки сердца, диапазон частоты ФО зависит от исходного функционального состояния миокарда, антиаритмических препаратов, вводимых до и во время ФЖ, и их доз (*лидокаин, кордарон, новокаинамид, обзидан* и др.), а также эффективности сердечно-легочной реанимации (СЛР) (в первую очередь от качества проводимого массажа сердца). При регистрации поверхностной ЭКГ крупноволновая ФЖ, особенно в первые 1–2 мин ее развития, часто визуально очень похожа на полиморфную ЖТ (рис. 6.2). Например, ЖПТ типа *torsades de pointes*. Поэтому в трудных случаях быстрой ЭКГ-диагностики аритмию расценивают как промежуточный вариант: ФЖ/ЖТбп. Принципиальным отличием ЖПТ от ФЖ являются ее амплитудно-частотные характеристики: ЧСС ЖПТ обычно находится в диапазоне от 150 до 250 в минуту; амплитуда основных комплексов *QRS* большая (обычно больше 1,5–2 мВ).

**Электрическая дефибрилляция желудочков.** Электрическая дефибрилляция (ЭДФ) является единственным и высокоэффективным способом прекращения ФЖ<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> В 1900 г. *J. Prevost* и *F. Battelli* установили, что ФЖ в эксперименте на животных можно прекратить очень коротким (несколько миллисекунд) высоковольтным разрядом конденсатора напряжением до 17–20 кВ. Однако чрезмерно высокое напряжение часто приводило к отрицательным результатам и скомпрометировало данную методику, создав ложное впечатление о преимуществе переменного тока перед одиночным разрядом конденсатора. Одной из таких работ было исследование *D. Hooker* и соавт. Дефибриллятор, генерирующий переменный ток, был впервые (1947) использован в США *C. Beck* и соавт. для дефибрилляции открытого сердца, а в 1956 г. *P. Zoll* и соавт. — для наружной дефибрилляции коротких эпизодов ФЖ. Уже первые попытки применения переменного тока в клинике показали, что этот способ нормализации ритма чреват весьма серьезными осложнениями. Тем не менее дефибрилляторы переменного тока в основном применяли у больных во время оперативных вмешательств на органах грудной клетки, а их недостатки воспринимались в известной мере как неизбежное зло. С развитием методов СЛР и ЭДФ стало ясно, что электроимпульсная терапия может весьма успешно применяться не только для устранения ФЖ, но также и других тахикардий. Возникла настоятельная потребность в разработке более эффективного и безопасного метода ЭДФ. Первые экспериментальные исследования по оптимизации ЭДФ были проведены отечественными исследователями *Н.Л. Гурвичем* и *Г.С. Юньевым* в 1939 г. В дальнейшем было показано, что включение индуктивности в цепь разряда значительно повышает эффективность за счет значительного уменьшения величины дефибриллирующего тока и увеличения его длительности (демпфированная полусинусоидальная форма волны). Наружная дефибрилляция желудочков сердца с помощью данного разряда стала применяться в бывшем СССР с 1952 г., а с 1959 г. — для устранения предсердных аритмий.

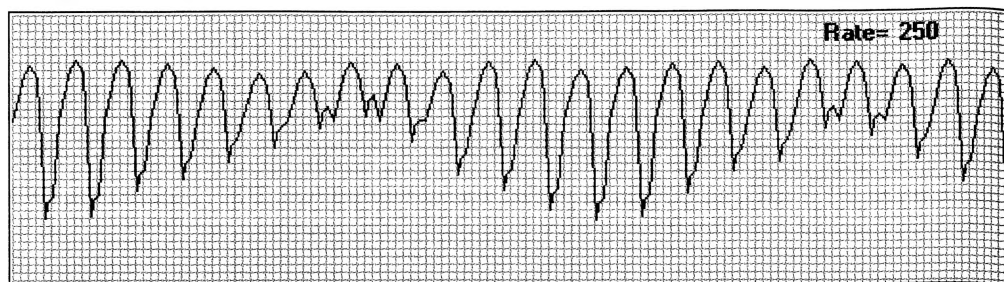


Рис. 6.2. Полиморфная желудочковая тахикардия

**Терминология.** Собственно ЭДФ представляет собой сложный электрофизиологический процесс длительностью от 300 до 500 мс, при котором ток достаточной величины деполяризует критическую массу миокарда; последнее создает условия для восстановления координированной электрической активности сердца. Прямой успех дефибрилляции (успех разряда) — это прекращение ФЖ или, более точно, отсутствие ФЖ или ЖТбп в течение не менее 5 с после нанесения электрического разряда. Если после успешного разряда ФЖ/ЖТ быстро рецидивирует, ЭДФ не следует расценивать как неэффективную. Вместе с тем главной целью проведения дефибрилляции является восстановление гемодинамически эффективного ритма.

**Факторы эффективности и безопасности наружной дефибрилляции — кардиальные и экстракардиальные**

*Кардиальные факторы:*

- исходное функциональное и структурное состояние сердца;
- масса и размеры желудочков;
- длительность ФЖ.

В зависимости от функционального состояния сердца выделяют первичную и вторичную ФЖ. Первичная ФЖ — фибрилляция, развивающаяся у больных без клинических признаков и симптомов сердечной недостаточности. Вторичная ФЖ — фибрилляция, возникающая у больных с острой или хронической СН или кардиогенным шоком. В отличие от первичной ФЖ, для вторичной характерно более частое рефрактерное и/или рецидивирующее течение. Выделяют также ятрогенную (или вызванную) ФЖ, которая развивается во время проведения лечебных и диагностических манипуляций, например электрической кардиоверсии (ЭКВ) предсердных тахиаритмий.

*Экстракардиальные факторы:*

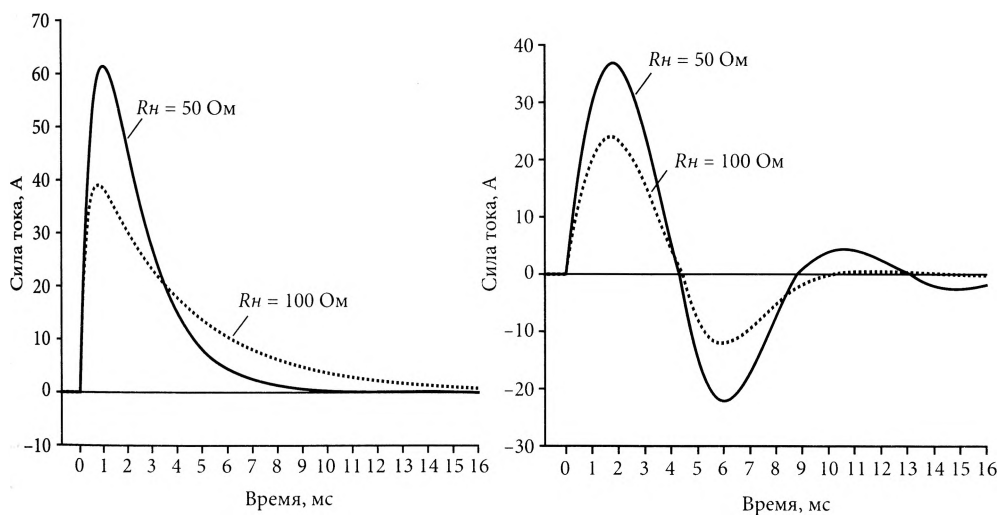
- форма электрического импульса;
- сопротивление грудной клетки;
- вид, размер и расположение электродов;
- контактный материал между электродами и поверхностью грудной клетки.

Между размерами тела у взрослых и величиной эффективной энергии существенной связи не выявлено. Наряду с кардиальными и экстракардиальными факторами на эффективность ЭДФ, а также успех оживления и выживаемость

могут оказывать влияние фармакологические препараты, которые применяют во время проведения длительной реанимации, в частности адреналин, антиаритмические препараты (*амиодарон, лидокаин*) и  $\beta$ -блокаторы.

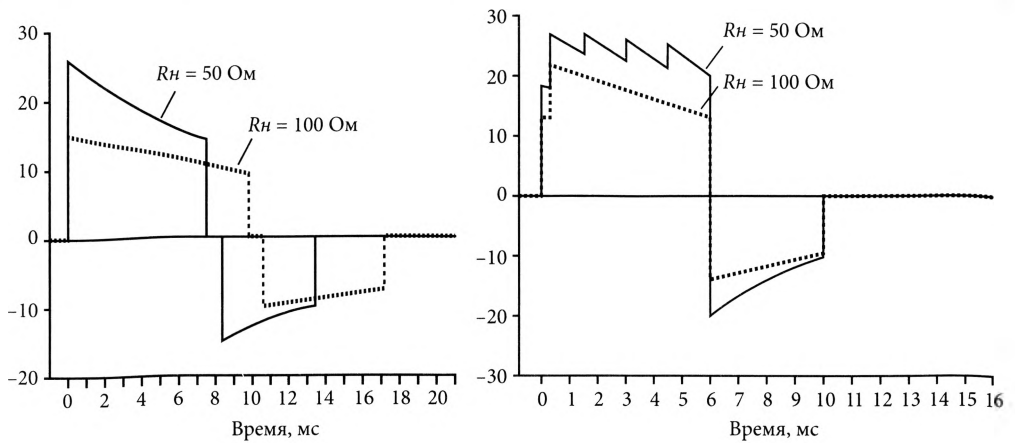
**Форма импульса (монополярная и биполярная) и дозы энергии разрядов.** Форма импульса и его параметры являются определяющими при оценке дозозависимой эффективности и общего успеха ЭДФ (рис. 6.3, 6.4). С 1972 г. в нашей стране впервые в мире стали применять дефибрилляторы, генерирующие биполярный импульс с параметрами близкими к оптимальным (см. рис. 6.3). Экспериментальные и клинические исследования показали явное преимущество биполярных (БП) импульсов квазисинусоидальной формы по сравнению с монополярными (МП), как по критериям эффективности, так и безопасности. Внедрение биполярного импульса позволило уменьшить максимальную энергию, выделяемую на пациента, с 250–400 до 135–200 Дж, т.е. примерно в 2 раза. Существенное уменьшение максимальной энергии разряда при использовании биполярного импульса привело к уменьшению повреждающего действия электрического тока и увеличению его эффективности, что также отразилось и на успехе реанимации<sup>1</sup>.

В табл. 6.1 представлена эффективность БП квазисинусоидального импульса в зависимости от дозы набираемой энергии при устранении первичной и вторичной ФЖ. Следует отметить, что успех первого разряда БП формы равен или больше успеху ЭДФ после нанесения трех МП разрядов. В табл. 6.2



**Рис. 6.3.** Слева — монополярный импульс дефибриллятора LIFEPAK 7; справа — биполярный квазисинусоидальный импульс Гурвича-Венина дефибриллятора ДИ-03:  
 $R_n$  — сопротивление грудной клетки

<sup>1</sup> Непосредственный успех реанимации — восстановление гемодинамически эффективного ритма длительностью по крайней мере  $\geq 1$  ч.



**Рис. 6.4.** Слева — биполярный трапецидальный импульс дефибриллятора LIFEPAK 12; справа — биполярный прямолинейно-трапецидальный импульс дефибриллятора Zoll E-Series;  
 $R_n$  — сопротивление грудной клетки

представлены суммарные данные внутрибольничного успеха СЛР в зависимости от вида ФЖ и формы импульса.

Таблица 6.1

**Внутрибольничная дефибриляция сердца: суммарная эффективность (%) биполярного квазисинусоидального импульса в зависимости от дозы энергии при устранении первичной и вторичной рецидивирующей ФЖ. Диаметр электродов 12 см**

Доза набираемой энергии, Дж	Эффективность (%)		
	Первичная ФЖ	Вторичная ФЖ	Первичная и вторичная ФЖ
≤ 65	79	52	62
≤ 90	100	57	73
≤ 115	—	76	87
≤ 165	—	88	95
≤ 200	—	100	100

В настоящее время в мировой кардиореанимационной практике доминирующую позицию заняли дефибрилляторы с двухфазными импульсами. Дефибрилляторы с импульсами монополярной формы не производятся с 2006 г. и, по-видимому, в настоящее время используются редко.

*Основные виды двухфазных импульсов (см. рис. 6.3 и 6.4):*

- квазисинусоидальный (импульс Гурвича–Венина, применяется с 1972 г. только в России и Украине)<sup>1</sup>;

<sup>1</sup> Результаты экспериментального исследования показали, что импульс Гурвича–Венина по критерию пороговой энергии дефибриляции эффективней, чем трапецидальный и прямолинейно-трапецидальный импульсы.

- классический трапецеидальный и трапецеидальный пульсирующий импульсы;
- прямолинейно-трапецеидальный.

Таблица 6.2

### Влияние вида фибрилляции и формы импульса на успех внутривенной реанимации

Форма импульса	Успех сердечно-легочной реанимации, %	Статистическая значимость различий
<i>Первичная фибрилляция</i>		
Биполярный	82	$p = 0,16$
Монополярный	78 (86-69)	
<i>Вторичная фибрилляция</i>		
Биполярный	68	$p < 0,05$
Монополярный	43 (22-65)	

Хотя для проведения наружной ЭДФ установлены определенные уровни энергии разрядов, основной параметр успешного устранения ФЖ — сила тока, который проходит через миокард, и длительность его воздействия. Оптимальный биполярный импульс характеризуется минимальными эффективными значениями тока и, соответственно, энергии. Это обеспечивается стабилизацией его параметров у больных с различным сопротивлением грудной клетки (СГК)<sup>1</sup>. Максимальная энергия заряда дефибриллятора, генерирующего стабильный БП импульс с близкой к оптимальной длительностью (10 мс), не превышает 200 Дж, в то время как у дефибрилляторов с нестабильной длительностью (от 6–7 до  $\geq 20$  мс) она составляет 360 Дж. В связи с указанным выше, в международных рекомендациях по СЛР и ЭДФ (2005) предлагается, чтобы все ручные дефибрилляторы, а также АНД, у которых есть ручное переключение доз энергии, имели наклейку с указанием формы импульса (монофазный или двухфазный) и рекомендуемых уровней энергии для устранения ФЖ.

**Эффективность первого разряда в зависимости от вида и дозы биполярного импульса.** При длительной остановке сердца, вызванной ФЖ, эффективность первого разряда для трапецеидальных импульсов с установочной дозой энергии 150–200 Дж составляет 86–98%; для прямолинейно-трапецеидального

<sup>1</sup> Сопротивление между электродами и кожным покровом грудной клетки находится в очень широких пределах: от 22 до 180 Ом. При этом величина пикового тока при максимальном разряде дефибриллятора, генерирующего импульсы БП формы, изменяется от  $\geq 60$  до 10 А, а монополярной — от 80 до 20 А соответственно. Как было указано выше, основной детерминантой импульса, определяющей успех дефибрилляции, является сила тока, оптимальные (т.е. наименьшие) значения которого, при прочих равных условиях, зависят от его длительности (зависимость сила–время). При существенном увеличении длительности *нестабильного* импульса за пределы «полезного» времени раздражения сердца (8–12 мс) максимальная сила тока при энергии разряда 200 Дж может не достигать значений, устраняющих ФЖ. Обычно это связано с высоким СГК. В связи с этим максимальная доза энергии у ряда дефибрилляторов, генерирующих нестабильный БП импульс, составляет не 200 Дж, а 360 Дж!

120 Дж<sup>1</sup> — 80–88%; квазисинусоидального импульса 115 Дж — 86–90%. При использовании пульсирующего трапецеидального импульса успех первого разряда 130 Дж составил 90% (дефибрилляторы Fred; компания Schiller Medical SAS, Франция). Однако экспериментальные и теоретические исследования эффективности трапецеидального пульсирующего импульса *не согласуются* с представленными данными. Учитывая более низкую эффективность МП разрядов, в международных рекомендациях 2005 и 2010 гг. рекомендуют начинать ЭДФ с максимальной дозы — 360 Дж. Хотя более высокая энергия (360 Дж) несет больший риск повреждения миокарда, более раннее восстановление гемодинамически эффективного ритма играет ключевую роль в успехе реанимации. По мнению международных экспертов, оптимальная энергия первого разряда для всех видов биполярных импульсов должна составлять в условиях клинической практики не менее 150 Дж. При использовании у больных с *вторичной* ФЖ биполярного трапецеидального импульса с максимальной дозой энергии 360 Дж ЭДФ рекомендуют начинать с дозы 200–250 Дж.

**Дозы повторных разрядов.** Доза второго и последующих разрядов зависит от формы и вида импульса. При использовании МП импульсов доза всех разрядов максимальная — 360 Дж. Для БП импульсов пока отсутствуют данные, которые бы свидетельствовали о большей эффективности алгоритма субмаксимальных фиксированных или алгоритма нарастающих доз энергии.

Поэтому если первый БП разряд оказался неэффективным, будет разумным увеличивать значения энергии последующих разрядов. Такая тактика в первую очередь относится к дефибрилляторам, генерирующим нестабильный БП импульс с энергией максимального разряда 360 Дж. Если после успешного разряда ФЖ или ЖТ быстро рецидивируют, для их устранения наносят разряд той же величины. Анализ литературы не позволил найти данных, в которых сравнивали бы эффективность однократных разрядов и серий из 3 разрядов (200–300–360 Дж) для устранения устойчивой ФЖ. В то же время до 2005 г. была принята стратегия именно серийного нанесения разрядов. Последнее было связано с относительно невысоким успехом первого МП разряда 200 Дж. С 2005 г. принята стратегия однократных разрядов (с интервалами 2 мин), что было вызвано по крайней мере двумя причинами. Во-первых, эффективность первого разряда БП импульсов различного вида энергией от 120 до 200 Дж достигает высоких значений (от 80 до 98%). Во-вторых, для уменьшения перерывов в наружном массаже сердца, связанных с нанесением серии разрядов (заряд-разряд) и оценкой ритма между ними<sup>2</sup>.

**Электроды дефибриллятора.** Важным экстракардиальным фактором эффективной и безопасной дефибрилляции является размер (площадь или диа-

<sup>1</sup> У дефибриллятора с БП прямолинейно-трапецеидальным импульсом (фирма Zoll Medical Corporation, США) набираемая и выделяемая энергии могут существенно различаться; например, у больных с сопротивлением грудной клетки 80 Ом и устанавливаемой энергией 120 Дж выделяемая энергии будет достигать 150 Дж.

<sup>2</sup> При проведении СЛР с помощью АНД, выполняющих анализа ритма, перерывы в массаже сердца достигают нередко больше 20 с.

метр) электродов, а также их расположение и контактный материал. Оптимальный диаметр (размер, площадь) электродов для устранения ФЖ не установлен, но, по всей видимости, он находится в диапазоне от 11 до 13 см (площадь от 95 до 130 см<sup>2</sup> соответственно)<sup>1</sup>. В настоящее время у взрослых продолжают использоваться ручные электроды различного размера и формы. В табл. 6.3 представлена эффективность одиночного монополярного разряда 200 Дж в зависимости от диаметра электродов у больных с первичной ФЖ. В табл. 6.4 представлено влияние диаметра электродов на эффективные значения энергии биполярного импульса квазисинусоидальной формы при устранении вторичной фибрилляции желудочков у больных ИБС, осложненной СН. Использование электродов небольшого диаметра (площади) приводит к увеличению межэлектродного сопротивления и одновременному увеличению неравномерности распределения плотности тока под ними.

Таблица 6.3

**Влияние диаметра электродов на эффективность первого разряда монополярной формы 200 Дж у больных с первичной ФЖ (переднебоковое расположение электродов)**

Диаметр электродов	Эффективность дефибрилляции, %
8/8	31%
8/12	62%
12/12	83%

Таблица 6.4

**Влияние диаметра электродов на эффективные значения энергии и плотность тока под электродами во время устранения вторичной фибрилляции желудочков импульсом биполярной формы. Переднебоковое расположение электродов (представлены усредненные значения)**

Энергия разряда, Дж	Плотность тока, А/см <sup>2</sup>	Сопротивление грудной клетки, Ом
Диаметр электродов 12 см		
72,0	0,20	61,0
Диаметр электродов 8,5 см		
121,0*	0,40*	79,0*

*Примечание.* \* различия статистически значимы –  $p < 0,05-0,02$ .

Расположение электродов: переднебоковое, переднезаднее и альтернативные позиции.

<sup>1</sup> Association for the Advancement of Medical Instrumentation рекомендует: «минимальный размер каждого из электродов должен быть не менее 75 см<sup>2</sup>. С увеличением площади электродов уменьшается межэлектродное сопротивление, но чрезмерно большие электроды уменьшают количество тока, протекающего через миокард».

- Переднебоковое — наиболее распространенное расположение. Один электрод устанавливается у правого края грудины под правой ключицей, второй (его центр) — латеральнее левого соска по средней подмышечной линии, приблизительно на уровне грудного ЭКГ-отведения  $V_{5-6}$ . Если электроды разного диаметра (площади), то больший электрод обычно располагают справа. Если электроды прямоугольной формы, то сторона большего размера располагается вертикально (параллельно грудиने), такое расположение уменьшает межэлектродное сопротивление.
- Переднезаднее расположение (применяют реже) требует при использовании ручных электродов наличия спинного электрода. Передний электрод располагают в области верхушки сердца, задний — под углом левой или, иногда, правой лопатки.
- Альтернативные позиции. В международных рекомендациях по СЛР и дефибрилляции (2005), наряду с указанными расположениями электродов, предлагают альтернативные позиции:
  - 1) один электрод спереди в области проекции сердца, второй — сзади под углом левой лопатки;
  - 2) биаксиллярное расположение.

В настоящее время отсутствуют убедительные данные о том, какое расположение электродов лучше. Расположение электродов относительно их полярности («+» или «-» над областью сердца) не играет существенной роли. Маркировка электродов в первую очередь предназначена для правильного отображения ЭКГ больного. Если электроды используются для регистрации ЭКГ, их противоположное (относительно маркировки) расположение будет приводить к инверсии комплекса *QRS*. Если у больного имеется имплантированный кардиостимулятор (ИК), электроды дефибриллятора, генерирующие монополярные импульсы, должны находиться от него на расстоянии не менее 6–8 см (последнее достигается изменением расположения электродов, указанных выше). Это связано с тем, что монополярный разряд может приводить к его временному отказу (от 1–2 до 10 мин), преимущественно из-за увеличения порога стимуляции, или даже повреждению. В то же время импульс биполярной формы изменяет его меньше, и поэтому электрод можно располагать на расстоянии примерно 5–6 см или также использовать другие позиции. Высоковольтный разряд наружного дефибриллятора может нарушать рабочий цикл имплантированного кардиовертера-дефибриллятора (ИКД). Поэтому после наружной дефибрилляции надо проверять функции указанных выше устройств. В то же время ИК и ИКД могут «забирать» часть миокардиального тока, уменьшая эффективность наносимого разряда.

**Контактный материал между электродами и кожным покровом грудной клетки.** При использовании ручных электродов для уменьшения сопротивления кожного покрова эксперты Европейского совета по оживлению рекомендуют применять специальные (низкоомные) одноразовые гелиевые прокладки. Гель без прокладок может растекаться между электродами (в частности, во время массажа сердца), создавая риск искрения и шунтирования тока

на поверхности грудной клетки, существенно уменьшая его сердечную фракцию. Поэтому без прокладок использовать гель не следует. Не следует также применять обнаженные электроды, т.е. без гелиевых прокладок, поскольку в этом случае высокое сопротивление может снизить эффективность дефибрилляции, увеличить тяжесть ожогов кожи и риск короткого замыкания. Вместе с тем следует отметить, что гель во время дефибрилляции поляризуется, что в ряде случаев может помешать быстрой регистрации ЭКГ (возможно появление ложной асистолии длительностью до 1–3 мин и более). Эффект поляризации усиливается, если у больного высокое сопротивление и наносят повторные разряды. Если подозревается или установлена ложная асистолия, то следует использовать мониторные отведения ЭКГ. При отсутствии геля для проведения дефибрилляции можно использовать несколько слоев марли, смоченной физиологическим раствором или лучше гипертоническим раствором NaCl.



Не следует использовать гели, применяемые в эхокардиографии и для регистрации ЭКГ, так как они имеют достаточно низкую электропроводность. Описаны случаи появления электрической дуги (искра) во время нанесения высокоэнергетических разрядов. Следует применять гели только с маркировкой «для дефибрилляции» или «можно использовать для дефибрилляции». В случае использования геля после проведения электроимпульсной терапии пластины электродов необходимо тщательно протереть водой с мылом, так как на их поверхности образуется пленка, значительно увеличивающая контактное сопротивление. При нанесении электрического разряда необходимо сильное прижатие электродов к поверхности грудной клетки (сила давления около 8 кг и у детей 1–8 лет — 5 кг при использовании электродов для взрослых).

**Наклеиваемые электроды.** В настоящее время во многих странах широко применяют мягкие наклеиваемые электроды с гелиевым покрытием. *Преимущества* по сравнению с ручными электродами:

- освобождение рук реаниматора, что уменьшает период прерванного массажа сердца («интервалы выключенных рук»);
- позволяют проводить дефибрилляцию с более безопасного расстояния от больного, а не нависая над ним, как это бывает с ручными электродами;
- при использовании наклеиваемых электродов не зарегистрирован феномен ложной асистолии;
- возможность мониторировать сердечный ритм;
- при использовании для первичного мониторинга ритма позволяют быстрее наносить первый разряд, чем при использовании ручных электродов.

Ряд фирм выпускают мягкие наклеиваемые электроды, которые одновременно применяют и для проведения наружной стимуляции сердца.

*Недостатки наклеиваемых электродов:*

- отсутствие эффекта сильного прижатия электродов к грудной клетке; поэтому в ряде случаев не обеспечивается адекватный контакт;

- описаны случаи парообразования под электродами;
- однократность использования электродов.

**Бритье грудной клетки.** У пациентов с выраженным оволосением грудной клетки под электродами остается воздух. Это увеличивает сопротивление грудной клетки и поэтому может:

- 1) снижать эффективность дефибрилляции;
- 2) создавать риск искрения как между электродами и кожей, так и между электродами;
- 3) повышать вероятность ожога кожных покровов.

Быстрое бритье зоны наложения электродов может быть необходимым, но не должно задерживать дефибрилляцию, если бритвы под рукой не оказалось. Следует отметить, что бритье грудной клетки было рекомендовано для проведения плановой кардиоверсии предсердных аритмий монофазными дефибрилляторами. Биполярные дефибрилляторы менее чувствительны к увеличению сопротивления грудной клетки. При использовании наклеиваемых электродов, в связи с отсутствием их сильного прижатия к грудной клетке, густое волосяное покрытие у мужчин потребует его устранения.

Дефибрилляцию при наличии активных дыхательных экскурсий грудной клетки следует проводить в фазу выдоха, так как в этом случае уменьшается СГК. Во время нанесения разряда дефибриллятора никто из окружающих не должен касаться кожных покровов больного и его кровати. При использовании кислорода и плохом контакте электродов может возникнуть искра, которая, в свою очередь, может вызвать пожар. В связи с этим все кислородные маски или носовой катетер следует убрать на расстояние не менее 1 метра от больного.

**Алгоритм сердечно-легочной реанимации и дефибрилляции.** Незасвидетельствованная внезапная остановка сердца, вызванная рефрактерной или быстро рецидивирующей ФЖ/ЖТбп.

Электрическая дефибрилляция — ключевое звено в «цепочке выживания» после ВОС, вызванной ФЖ и ЖТбп. Установлено, что, если на догоспитальном этапе не проводится базовая сердечно-легочная реанимация, каждая минута задержки ЭДФ уменьшает отсроченную выживаемость на 7–12%, а если проводится — на 3–4%. В 2002 г. *M. Weisfeldt* и *L. Becker* на основании данных литературы сформулировали концепцию 3-фазной зависимой от времени модели реанимации. Согласно этой модели, авторы в каждой фазе выделяют самый важный метод лечения остановки сердца. Так, во время первой фазы (электрическая фаза, длительность около 4 мин от начала ВОС) самым важным методом лечения является ЭДФ. Установлено, что при отсутствии эффективной компрессии грудной клетки (КГК) успешная ЭДФ в первые 4 мин<sup>1</sup> ВОС часто приводит к восстановлению сердечного выброса, но после 4 мин это, как пра-

<sup>1</sup> По данным экспериментальных исследований на свиньях, коронарное перфузионное давление после начала ФЖ в течение первых 15 с снижается с 60 до 15 мм рт. ст. и затем только через 3,5–4 мин достигает нулевого значения. Исследования на животных и математических моделях реанимации *только с компрессиями грудной клетки* показали, что запас кислорода в артериальной крови истощается через 2–4 мин после ВОС.

вило, не происходит. Следует отметить, что проведение ранней дефибрилляции (первые 2–5 мин ВОС) является самым важным фактором, который определяет не только успех реанимации, но и выживаемость, которая может достигать 74–49%. Вторая фаза оживления — циркуляторная (4–10 мин ВОС), 3-я фаза — метаболическая (после 10 мин остановки сердца). Во время этих двух фаз более важными методами лечения могут быть оксигенация, наружная гипотермия и ряд других реанимационных мероприятий, нежели срочная ЭДФ.

Часто достаточно трудно определить, когда точно началась ФЖ или ЖТбп (в первую очередь это относится к догоспитальной ВОС). Поэтому базовую СЛР необходимо начинать как можно раньше. Если на мониторе дефибриллятора регистрируется ФЖ/ЖТбп, надо немедленно нанести первый разряд. Энергия разряда при использовании БП импульса составляет от 120 до 200 Дж (доза определяется видом импульса и моделью дефибриллятора, если модель *неизвестна*, нанести 200 Дж) или 360 Дж, если импульс монополярной формы<sup>1</sup>. Наружный массаж сердца перед разрядом должен прерываться только для анализа сердечного ритма. При устранении ФЖ/ЖТбп самым эффективным является первый разряд. Поэтому если он неэффективен, быстрое возобновление базовой СЛР лучше, чем серийное нанесение 2-го и тем более 3-го разряда (даже короткие повторные прерывания КГК уменьшают шанс конверсии ФЖ в другой ритм). После первого разряда, не оценивая ритм и пульс, немедленно возобновляют базовую СЛР, начиная с массажа сердца (5 циклов по 30 компрессий на два искусственных вдоха, что составляет примерно 2 мин; частота компрессий 100 в минуту, количество вдохов не более 8–10 в минуту). Если у больного интубирована трахея, массаж сердца не прерывают для проведения искусственных вдохов. После 2 мин СЛР быстро оценивают ритм (для этого массаж прерывают не более чем на 5 с). При длительной ВОС (более 4–5 мин), даже если первый разряд оказался успешным (восстановлен сердечный ритм), пульс сразу после разряда определяется редко. Поэтому прекращение массажа сердца для попыток его определения будет только ухудшать функцию миокарда, если сердечный ритм окажется гемодинамически неэффективным. При развитии постдефибрилляционной асистолии быстрое продолжение массажа может трансформировать ее в ФЖ.

Если после первого разряда ФЖ/ЖТбп сохраняется, через 2 мин базовой СЛР наносят второй разряд. БП импульс 150–300 Дж<sup>2</sup>. Доза энергии определяется его видом и моделью дефибриллятора, а также стратегией либо фиксированной, либо нарастающей дозы. Если модель дефибриллятора *неизвестна*, нанести 200 Дж либо 300 Дж, если шкала доз градуирована до 360 Дж и выбрана стратегия нарастающей дозы. При использовании монополярного импульса —

<sup>1</sup> Если используется дефибриллятор отечественного производства ДФР-02 — 100–150 Дж, дефибриллятор фирмы Zoll Medical Corporation — 120–150 Дж, если используются дефибрилляторы отечественного производства с трапециевидальным импульсом (ДКИ-Н-08 и его аналоги) — 200 Дж.

<sup>2</sup> Доза 150 Дж, если применяются дефибриллятор ДФР-02 или фирмы Zoll Medical Corporation, и доза 300 Дж, если дефибриллятор ДКИ-Н-08 или его аналоги.

360 Дж. Немедленно (не оценивая ритм и пульс) возобновляют СЛР в течение 2 мин, начиная с КГК. Затем контроль ритма (оптимальное время меньше 5 с) и, если продолжается ФЖ/ЖТбп, наносят 3-й разряд (БП импульсы 200–360 Дж и МП – 360 Дж) с быстрым продолжением базовой СЛР в течение 2 мин, начиная с КГК, затем контроль ритма. Сразу после 3-го разряда внутривенно вводят 1 мг адреналина и затем 300 мг амиодарона. При отсутствии амиодарона можно ввести лидокаин<sup>1</sup> внутривенно 1–1,5 мг/кг 1–2 раза с интервалом 5–6 мин; затем, если необходимо, поддерживающая инфузия 1–4 мг/мин. При исходной СН доза лидокаина уменьшается примерно в 1,5–2 раза. Препараты необходимо вводить только на фоне КГК. Следует помнить, что время транспорта препарата к жизненно важным органам составляет 1,5–4 мин. Если после первых трех разрядов не удалось восстановить спонтанное кровообращение, введение адреналина может улучшить кровоток в миокарде и увеличить вероятность успеха при нанесении 4-го или 5-го разряда. Амиодарон по сравнению с лидокаином увеличивает раннюю выживаемость, т.е. количество оживленных на догоспитальном этапе доживших до поступления в больницу.

Если после разряда и 2 мин СЛР регистрируется так называемый организованный ритм (появляются правильной формы и/или узкие комплексы *QRS*), необходимо попытаться определить пульс. Его определение, во время которого прекращают КГК, не должно превышать 10 с. Любое сомнение в наличии пульса требует немедленного возобновления СЛР. Использование метода капнографии может помочь определить наличие спонтанного кровообращения без прерывания КГК. Если организованный ритм появляется в течение двухминутного цикла базовой СЛР, не следует прерывать массаж сердца для определения пульса, если не появились другие признаки оживления (дыхание, движения, кашель), свидетельствующие о восстановлении самостоятельного кровообращения. Если пульс не определяется или имеется какое-либо сомнение относительно его появления при наличии организованного ритма, следует возобновить базовую СЛР. В случае развития после разряда устойчивой асистолии или ЭМД проводят соответствующее лечение.

После разрядов дефибрилятора суб- и максимальной энергии часто на мониторе в течение примерно 3–5 с регистрируют «изоэлектрическую» линию. Обычно это возникает из-за преходящего «оглушения» высоковольтным разрядом дефибрилятора электрической активности сердца. В данной ситуации «изоэлектрическую» линию не следует расценивать как кратковременный эпизод истинной асистолии. При оглушении «изоэлектрическая» линия (ложная асистолия) на экране монитора будет практически сразу переходить в координированный (суправентрикулярный или желудочковый) ритм или будет продолжаться ФЖ. В то же время если на мониторе после дефибриляции появилась «прямая» линия продолжительностью более 5 с (визуально это равно или больше ширины экрана монитора дефибрилятора), то ее уже следует

<sup>1</sup> Следует отметить, что момент введения лекарственного препарата во время СЛР (адреналин, амиодарон и пр.) не так важен, как минимизация перерывов в массаже сердца.

расценивать как истинную асистолию. Кроме того, важно помнить о феномене скрытой ФЖ, когда в одном отведении ЭКГ регистрируют крупноволновую ФЖ, а в ортогональном — мелковолновую, имитирующую асистолию. В связи с этим при первичной регистрации асистолии через электроды дефибриллятора для подтверждения ее диагноза необходимо изменить расположение электродов, перемещая их примерно на  $90^\circ$  по отношению к первоначальной позиции (при первой возможности ЭКГ регистрируют в 2–3 стандартных отведениях). Важно также учитывать, что снятие защитной блокировки входа монитора происходит у некоторых дефибрилляторов через  $\geq 5$  с после нанесения разряда, в связи с этим следует ознакомиться с руководством по эксплуатации.

При наличии рефрактерной ФЖ/ЖТ или быстром развитии рецидива реанимацию проводят в указанной выше последовательности; рассматривают дополнительное введение амиодарона (150 мг) или, при его отсутствии, лидокаина. Адреналин 1 мг независимо от вида остановки сердца (ФЖ/ЖТ, асистолия или ЭМД) вводят каждые 4–5 мин СЛР. Если ФЖ имеет рефрактерное течение, рекомендуют изменить расположение электродов (после 4 неэффективных разрядов) или, при возможности, даже использовать другой дефибриллятор. Сердечно-легочную реанимацию продолжают до тех пор, пока у больного регистрируется ФЖ/ЖТбп.

При устранении мелковолновой ФЖ ( $< 0,3$  мВ) — она чаще всего быстро рецидивирует или развивается асистолия — также вероятно появление гемодинамически неэффективного ритма. Поэтому если первый разряд окажется неэффективным, вместо 2-го разряда, эффективность которого незначительна, лучше продолжать СЛР. Особенно важно проводить высококачественный непрерываемый массаж сердца (глубина компрессий от 5 до 6 см, частота 100 в минуту). Если мелковолновую ФЖ трудно дифференцировать с асистолией, дефибрилляцию проводить не следует, так как она не приведет к восстановлению гемодинамически эффективного ритма. Продолжение качественной СЛР может способствовать увеличению амплитуды ФЖ и шанса на успешную ЭДФ. Нанесение повторных разрядов при мелковолновой ФЖ только увеличит повреждение миокарда (как в результате прямого действия разрядов, так и опосредованно за счет перерывов в массаже сердца).

В международных рекомендациях по СЛР и ЭДФ до 2005 года рекомендовали, независимо от длительности ФЖ/ЖТ, незамедлительно проводить дефибрилляцию. Исследования последних лет дают основание полагать, что в случаях, когда реанимационная бригада прибывает на место происшествия после 4–5 мин догоспитальной остановки кровообращения, СЛР продолжительностью 1,5–3 мин, которую проводят до нанесения первого разряда, повышает шансы на успех дефибрилляции и СЛР, а также выживаемость больных. Следует отметить, что в этих исследованиях догоспитальная СЛР включала быструю интубацию трахеи и ингаляцию 100% кислорода. Однако в одном рандомизированном исследовании не было получено положительных результатов от указанной выше тактики догоспитального оживления при длительной ( $> 5$  мин) ФЖ. В связи с неоднозначными результатами международные эксперты делают

вывод о том, что каждый руководитель службы скорой медицинской помощи должен сам решать, применять или нет тактику проведения догоспитальной СЛР (5 циклов массаж/вентиляция 30:2) перед ЭДФ. По мнению международных экспертов, нельзя переносить положительные результаты догоспитальной тактики оживления (сначала СЛР, затем ЭДФ), которые достигли опытные парамедики, проводившие быструю интубацию трахеи и ингаляцию 100% кислорода, на общую практику догоспитальной реанимации и ЭДФ, проводимую менее квалифицированными спасателями без медицинского образования, осуществляющими искусственное дыхание методом «рот в рот». В отношении внутрибольничной ФЖ/ЖТ, длительность которой превышает 4 мин, отсутствуют данные, подтверждающие или опровергающие пользу от проведения перед дефибрилляцией 2-минутного цикла базовой СЛР. В связи с этим рекомендуют как можно раньше провести ЭДФ.

При засвидетельствованной остановке сердца, вызванной ФЖ или ЖТбп, когда больной находится под мониторным наблюдением, а дефибриллятор сразу недоступен, можно нанести удар кулаком в прекардиальную область. Наносят резкий удар областью мизинца крепко сжатого кулака в нижнюю половину грудины с расстояния примерно 20 см так, чтобы он имел импульсный характер. Удар должен выполнять специалист, обученный проведению данной манипуляции. Прекардиальный удар более эффективен при устранении ЖТ ( $\leq 15\%$ ). Однако успех в лечении ФЖ составляет около 1–2% (во всех известных успешных случаях длительность ФЖ составляла **только 10 с**). Поэтому в рекомендациях 2010 г. при развитии ФЖ больше не подчеркивают роль прекардиального удара. Описаны наблюдения, когда удар в грудную клетку трансформировал гемодинамически стабильную ЖТ в нестабильную или даже в ФЖ; зарегистрировано развитие полной атриовентрикулярной блокады и асистолии.

В условиях специализированных отделений больниц, где имеется возможность мониторинга во время оживления ЭКГ, АД, содержания углекислого газа в конце выдоха и ряда других параметров, представленный выше алгоритм реанимации и дефибрилляции может быть по усмотрению врачей изменен.

Следует еще раз отметить, что даже при отсутствии эффективных компрессий грудной клетки проведение ЭДФ в течение первых 2–4 мин ВОС часто приводит к восстановлению сердечного выброса. Последнее объясняют сохранением некоторого коронарного кровотока в течение указанного интервала времени.

Получены также данные о том, что у больных с ФЖ/ЖТбп в первые 2–4 мин ВОС реанимацию можно проводить без искусственного дыхания методом «изо рта в рот» — только с помощью одного наружного массажа сердца.

Главный критерий успешного оживления и полноценного неврологического восстановления после остановки сердца — *ранняя дефибрилляция*. Выживаемость<sup>1</sup> больных после успешной реанимации на догоспитальном этапе уменьшается приблизительно на 7–10% с каждой минутой отсроченной дефибрилляции.

<sup>1</sup> Выживаемость — отношение количества выписанных больных из стационара к числу госпитализированных после успешной реанимации.

Если ЭДФ проводится на 5-й мин ВОС, то вероятность выживания составляет в среднем 50%, на 7-й минуте — 30%, на 9–11-й минуте — 10% и после 12-й минуты остановки сердца — 5–2%. Для успешного обеспечения на догоспитальном и госпитальном этапах реанимации стратегии ранней ЭДФ необходимы АНД. Их рассматривают в качестве ключевого звена в так называемой «цепочке выживания» (*chain of survival*). Показано, что наличие АНД у обученных очевидцев догоспитальной ВОС в аэропортах и казино США позволило обеспечить выживаемость, достигающую 75–49%, если дефибрилляцию выполняли в течение первых 3–5 мин остановки сердца.

**Внутрибольничная автоматическая наружная дефибрилляция.** Первоначально АНД<sup>1</sup> применяли только во время догоспитальной реанимации обученные лица без медицинского образования. Однако последние 10 лет их стали использовать в многопрофильных больницах. Это связано с тем, что среднее время задержки проведения обычной дефибрилляции реанимационной бригадой нередко составляет от 5 до 10 мин, в первую очередь в отделениях, где отсутствует мониторное наблюдение за больными. Согласно экспертному заключению, использование АНД в больницах следует рассматривать как способ ускорить проведение ранней дефибрилляции (цель: менее 3 мин с момента ВОС) в первую очередь в отделениях, где медработники не имеют навыков распознавания нарушений ритма или там, где дефибрилляторы применяют редко. Для этого необходимо обучить базовой СЛР и ЭДФ достаточное количество сотрудников больницы, для того чтобы первый разряд был нанесен в пределах первых 2–3 мин от момента ВОС. По данным многоцентрового исследования, выживаемость больных, которым проводили дефибрилляцию в первые 2 мин ВОС, достигала 39%, а после 2–3 мин — 22%.

**Режимы работы АНД.** Большинство АНД можно использовать не только в полуавтоматическом, но и в обычном (ручном) режиме работы, однако исследований, сравнивающих эти режимы, мало. Следует также отметить, что большинство АНД требуют, чтобы во время автоматического анализа ритма никто не прикасался к больному, что приводит к прекращению наружного массажа сердца. Длительность этого периода составляет нередко больше 15–20 с. При использовании некоторых моделей АНД можно продолжать КГК во время анализа ритма и заряда дефибриллятора. В этих случаях прерывание КГК перед нанесением разряда уменьшается до 5 с и менее. Более короткая пауза перед разрядом и меньшая общая длительность периодов «прерванных компрессий» увеличивают время перфузии жизненно важных органов и вероятность восстановления спонтанного кровообращения. Обученные лица могут выполнять ЭДФ в ручном режиме, но для этого необходим опыт быстрого анализа ЭКГ-данных.

<sup>1</sup> Более точно, полуавтоматический наружный дефибриллятор — аппарат, который проводит автоматический анализ ритма и набор дозы заряда, но нанесение разряда осуществляют ручным способом. Полный автоматический режим ЭДФ включает и автоматическое нанесение разряда, этот режим используется только в специализированных кардиологических отделениях больниц.

**Важные изменения и дополнения в Рекомендациях Европейского совета по СЛР и ЭДФ (2010).** Подчеркивается принципиально важная роль непрерываемого массажа сердца. Значительно большее внимание уделяется минимизации прекращения КГК перед нанесением разряда и сразу после его воздействия.

Впервые рекомендуется продолжать КГК во время заряда дефибриллятора.

Проведение ЭДФ (нанесение разряда) не должно прерывать КГК более чем на 5 с (даже 5–10-секундная пауза будет уменьшать шанс успеха наносимого разряда).

При рефрактерной и быстро рецидивирующей ФЖ адреналин 1 мг вводится после 3-го одиночного разряда сразу после возобновления КГК. Амиодарон 300 мг также необходимо вводить после 3-го разряда на фоне КГК.

Нанесение серийных разрядов (до 3 раз) рекомендуется только в случаях, когда ВОС произошла в присутствии врача и рядом с больным находится дефибриллятор.

Больше не подчеркивается роль прекардиального удара.

В случае догоспитальной ВОС персонал экстренной медицинской службы должен обеспечивать качественную реанимацию до момента доставки дефибриллятора и его подготовки к нанесению разряда, однако рутинное применение дополнительного 2–3-минутного периода СЛР перед анализом ритма и нанесением разряда больше не рекомендуется. Вместе с тем для некоторых медицинских служб, которые прибывают на место происшествия полностью обеспеченные оборудованием, было бы разумным проводить 2–3 мин СЛР, поскольку нет данных, как за, так и против данной стратегии оживления.

Авторы рекомендаций предлагают при использовании дефибрилляторов с ручными электродами для уменьшения сопротивления электрод–кожа применять прокладки, пропитанные гелем. Электродные пасты и гели без прокладок во время проведения массажа сердца могут растекаться между электродами дефибриллятора, создавая во время нанесения разряда потенциальный риск искрения, и их следует избегать.

В дополнениях того же Совета, опубликованных в 2015 году, по-прежнему делается акцент на минимизации перерывов при проведении КГК во время реанимационных мероприятий. Допустима только короткая пауза для выполнения какого-либо специфического действия. К таким действиям относится выполнение дефибрилляции, для которой допустимо прервать КГК не более чем на 5 с. Сохраняется акцент и на использовании наклеиваемых электродов для дефибрилляции и стратегии дефибрилляции, которая минимизирует паузу КГК перед нанесением разряда и после него. Не следует забывать, что в некоторых ситуациях применяются ручные электроды.

Наиболее частые ошибки во время проведения дефибрилляции:

- 1) неправильное расположение электродов (в частности, достаточно близкое расположение друг к другу; у женщин — на левой груди, а не под ней);
- 2) плохой контакт кожа–электрод;
- 3) слабое прижатие электродов к поверхности грудной клетки;

- 4) задержка нанесения разряда из-за катетеризации вены или интубации трахеи; не следует также задерживать нанесение разряда для введения лекарственных препаратов; адекватное нанесение разряда намного важнее, чем введение любого из препаратов, указанных выше;
- 5) необоснованное частое нанесение разрядов, особенно у больных с мелко-волновой ФЖ.

**Электроимпульсная терапия суправентрикулярных и желудочковых тахикардий с пульсом (электрическая кардиоверсия).** Электрическая кардиоверсия номинально означает нанесение электрического разряда, синхронизированного с комплексом *QRS*. Такой подход обычно не допускает попадания разряда в «уязвимый период» кардиоцикла, что соответствует на ЭКГ интервалу 60–80 мс до и 20–30 мс после вершины зубца *T*. При попадании импульса в «уязвимый период» имеется достаточно высокий риск развития ФЖ. Обычно при нанесении несинхронизированных разрядов частота развития ФЖ не превышает 0,39–1,4%. По данным экспериментального исследования, БП импульс вызывает ФЖ реже, чем монополярный. Синхронизация минимизирует вероятность развития ФЖ, но полностью ее не исключает. Следует отметить, что ЭКВ устраняет только те аритмии, в основе которых лежит электрофизиологический механизм повторного входа волны возбуждения (*re-entry*). Синхронизированную ЭКВ обычно используют для устранения суправентрикулярных тахикардий, мерцательной аритмии (фибрилляции предсердий), трепетания предсердий (ТП) и мономорфной ЖТ с наличием пульса. При устранении полиморфной ЖТ синхронизация может оказаться затруднительной или вообще невозможной из-за изменчивости амплитуды и формы широких комплексов *QRS*, что будет задерживать нанесение разряда. В режиме «синхронизация» аппарат обнаруживает зубцы *R* и размещает над или под ними маркеры. При этом необходимо удостовериться, чтобы маркеры были четко видны на мониторе и появлялись у каждого комплекса *QRS*.

Обычно для синхронизации используют стандартный кабель ЭКГ, регистрирующий электрическую активность сердца от конечностей. У некоторых старых моделей аппаратов для синхронизации используют ручные электроды дефибрилятора. Такой способ использовать не рекомендуется, так как артефакты, наведенные перемещением пластин ручных электродов, могут напоминать зубцы *R* и осуществлять несвоевременное нанесение разряда (*при использовании наклеиваемых электродов их смещение практически невозможно*). Кроме того, на ЭКГ могут появляться артефакты, связанные с неполным контактом электрод–кожа, а также после разряда из-за тремора мышц. Перед проведением синхронизированной ЭКВ необходимо убедиться, что сигнал ЭКГ достаточно качественный и отсутствуют артефакты. После нанесения разряда синхронизация исчезает, поэтому ее необходимо включать для нанесения очередного разряда. Автоматическое отключение синхронизации связано с возможностью развития ФЖ и необходимостью ее быстрого устранения в режиме «дефибрилляция» (т.е. нанесение несинхронизированного разряда). Низкоэнергетические разряды (МП импульс  $\leq 50$ –100 Дж, БП импульс  $\leq 30$ –70 Дж) по сравнению

с разрядами более высокой энергии обладают большей вероятностью вызывать ФЖ. В связи с этим низкоэнергетические разряды должны быть всегда синхронизированы. В острых ситуациях при задержке синхронизации, или когда она невозможна, следует использовать несинхронизированные разряды более высокой энергии ( $\geq 100$  Дж).

В зависимости от состояния больного проводят экстренную или неотложную ЭКВ. Наряду с этим у больных с ФП или ТП длительностью больше 48 ч на фоне адекватной антикоагулянтной терапии проводят раннюю (в течение 24 ч после исключения с помощью чреспищеводной ЭхоКГ тромба в полостях предсердий) или плановую ЭКВ (после 3–4-й недели антикоагулянтной терапии).

**Показания к экстренной кардиоверсии суправентрикулярных и желудочковых тахикардий.** ЭКВ проводится немедленно по жизненным показаниям, при быстром ухудшении состояния больного. Например, острый инфаркт миокарда с нестабильной гемодинамикой, острый кардиогенный отек легких, артериальная гипотензия (систолическое АД  $< 90$  мм рт. ст.) с признаками нарушения сознания. При проведении экстренной кардиоверсии часто наносят несинхронизированные разряды.

Показания к неотложной кардиоверсии суправентрикулярных и желудочковых тахикардий:

- 1) менее выраженные симптомы и признаки сердечно-сосудистой недостаточности, когда не удается быстро снизить ЧСС медикаментозной терапией;
- 2) относительно стабильная гемодинамика при выраженных клинических признаках и симптомах СН, когда медикаментозная терапия неэффективна или противопоказана;
- 3) стабильное состояние больного, когда длительность устойчивой к медикаментозной терапии эпизода ФП или ТП составляет больше 24 ч.

**Эффективность и безопасность электрической кардиоверсии.** Эффективность ЭКВ наиболее изучена у стабильных больных с персистирующей и хронической ФП. Промежуток времени, в течение которого ЭКВ оценивают как успешную (диапазон успеха от 70 до 99%), составляет от секунд и минут до нескольких дней. Такое широкое толкование успеха ЭКВ считают неправильным, так как эффективный разряд только создает условия для восстановления координированной электрической активности предсердий. Прямой успех дефибриляции предсердий (эффективность разряда) — это появление синусового ритма или атриовентрикулярного узлового ритма, или ритма стимулятора в течение по крайней мере  $\leq 30$  с, или появление  $\geq 1$  синусового цикла или двух последовательных зубцов *P*, которые не прерывает ФП. Уже через 2–3 мин после ЭКВ персистирующей ФП примерно у 10% больных отмечают ранние рецидивы, а через 2–3 нед. еще примерно у 30–40%.

Зависимость эффективности ЭКВ от дозы, формы импульса представлена в табл. 6.3 и 6.4.

У больных преимущественно с персистирующей и постоянной ФП эффективность первого разряда монополярной формы 100 Дж составляет от 14 до 22–30%<sup>1</sup>, а 200 Дж — от 39–44 до 56–74%. Представленные данные свидетельствуют о том, что минимальная доза энергии первого МП разряда должна быть  $\geq 200$  Дж. Максимальный успех ЭКВ при использовании МП разрядов с энергией  $\leq 200$ –360 Дж находится в диапазоне от 79 до 85–91%, достигая только в одном исследовании 95%.

Эффективность первого разряда биполярной формы трапецеидального вида 100 Дж составляет от 56 до 80%, прямолинейно-трапецеидального вида 70 Дж — 68%, 120 Дж — 85%, квазисинусоидального вида:  $\leq 55$  Дж — 58–65%,  $\leq 90$  Дж — от 72 до 90%.

При использовании БП разрядов с максимальной энергией 200 Дж суммарный успех ЭКВ персистирующей и постоянной ФП составляет от 92 до 99%. Только в одном исследовании при использовании нестабильного по длительности БП импульса суммарный успех разрядов 70–200 Дж не превышал 88%. Эффективность ЭКВ у больных с эпизодами ФП  $\leq 24$ –48 ч исследована значительно меньше. В табл. 6.5 представлена сравнительная дозозависимая эффективность, максимальный успех монополярного синусоидального импульса ( $\leq 360$  Дж) и БП квазисинусоидального импульса ( $\leq 195$  Дж) у стабильных больных без тяжелой СН.

Таблица 6.5

**Зависимый от дозы успех кардиоверсии после нанесения биполярного квазисинусоидального и монополярного синусоидального импульса при ФП длительностью в пределах 48 ч**

Энергия разряда, Дж	Биполярный импульс, %	Монополярный импульс, %	$\Delta$ , %	<i>p</i>
$\leq 50$	63	11	52	$< 0,001$
$\leq 85/100$	94	53	41	$< 0,001$
$\leq 150$	96,7	61	36	$< 0,002$
$\leq 200$	98	78	20	$< 0,02$
$\leq 300$	—	86	12	$\leq 0,02$
$\leq 360$	—	89	9	—

Почему мы выбираем для ЭКВ биполярный импульс с оптимальными параметрами ( $\leq 200$  Дж)? При устранении ФП неоптимальным БП импульсом ( $\leq 360$  Дж) примерно у 10% больных необходимо наносить разряды более 200 Дж. Анализ данных литературы показал, что для устранения персистирующей ФП биполярными импульсами всех видов у 90–99% больных достаточно

<sup>1</sup> При устранении трепетания предсердий эффективность низкоэнергетических монополярных разрядов синусоидальной формы 50 и 100 Дж выше: 50% и 75% соответственно.

$\leq 200$ –250 Дж. Применение нестабильного БП импульса большей энергии (300 и 360 Дж) редко увеличивает успех ЭКВ.

Один из малоизученных вопросов — это успех экстренной и неотложной ЭКВ. Согласно последним данным, при устранении пароксизмальной ФП длительностью до 24–48 ч эффективность БП квазисинусоидального импульса составляет в экстренных случаях 81%, а в неотложных — 98%. Наименьший успех ЭКВ установлен у больных ИБС с кардиогенным альвеолярным отеком легких — 74%.

**Длительность ФП.** С увеличением длительности ФП неустойчивая аритмия переходит в устойчивую. Это связано по крайней мере с тем, что с увеличением ее длительности крупные волны *re-entry* трансформируются в более мелкие, для устранения которых, при прочих равных условиях, требуется большая плотность тока на единицу массы предсердия. У больных с эпизодами ФП длительностью в пределах 48 ч суммарная эффективность низкоэнергетических разрядов монополярной формы до 100 Дж значительно выше, чем у больных с персистирующей и постоянной ФП (53 и 14–30% соответственно). При использовании БП квазисинусоидального импульса влияние длительности ФП на эффективность разрядов  $\leq 90$  Дж меньше (94 и 76% соответственно). В табл. 6.6 представлена дозозависимая эффективность БП трапецеидального импульса при устранении ФП длительностью от 1–2 до более 90 дней у больных без тяжелой острой и хронической СН.

Таблица 6.6

**Дозозависимая эффективность биполярного трапецеидального импульса в зависимости от длительности фибрилляции предсердий**

Длительность ФП, дни	Доза энергии разряда				
	1-й разряд 50 Дж	2-й разряд 100 Дж	3-й разряд 150 Дж	4-й разряд 200 Дж	5-й разряд 250 Дж
1–2	54%	89%	92%	98%	98,6%
3–30	30%	80%	85%	100%	—
31–90	24%	71%	83%	100%	—
> 90	24%	62%	83%	97%	99%

**Исходное функциональное состояние сердца (в частности, степень тяжести острой или хронической СН).** При устранении персистирующей ФП выявлена зависимость успеха монополярной ЭКВ от функционального класса СН (при ФК I–II достигает 88%, при III — 83%, при IV — в 75% случаев) и длительности ФП (менее 1 года — 90%, более 1 года — в 82% случаев). При длительности ФП  $\leq 24$ –48 ч максимальный успех ЭКВ (98%) с использованием БП квазисинусоидального импульса зарегистрирован у больных ИБС с легкой степенью СН и без ее клинических признаков, минимальный (74%) — у больных с тяжелой СН (острый и хронический альвеолярный отек легких и гидроторакс).

**Факторы, влияющие на зависимость от дозы эффективность и общий успех ЭКВ. Размеры левого предсердия.** Данные о влиянии переднезаднего размера левого предсердия (диапазон от 30 до 58 мм) на зависимость от энергии успех ЭКВ неоднозначны: от его отсутствия при использовании моно- или биполярного импульсов до снижения успеха монополярной кардиоверсии при размере левого предсердия  $\geq 4,5$  см. У больных, которым не удалось устранить ФП монополярными разрядами, размер левого предсердия составлял  $4,8 \pm 1,1$  см.

**Характер заболевания сердца.** Ранее было показано, что непосредственный успех устранения хронической ФП синусоидальными моно- и биполярными импульсами у больных с ревматическими пороками сердца несколько выше, чем у больных ИБС (95 и 86% соответственно). Прямой успех ЭКВ у больных с тиреотоксикозом хотя и достаточно высок, однако аритмия часто быстро рецидивирует.

**Масса тела.** Для определения начальной дозы моно- и биполярного импульсов с максимальной энергией 360 Дж рекомендуют учитывать массу тела (менее или более 90 кг). Если масса тела составляет более 90 кг, следует сразу наносить максимальный разряд в 360 Дж. При массе менее 80–90 кг вероятность успешной ЭКВ выше. Установлена также обратная связь между индексом массы тела, окружностью грудной клетки и успехом низкоэнергетических разрядов моно- (50–100 Дж) и биполярной формы (50 Дж). От массы тела зависит успех низкоэнергетических МП разрядов ( $\leq 200$  Дж): при массе тела меньше 70 кг успех достигает 78%, при массе 86–100 кг — только 36%, а у больных массой более 100 кг — в 25% случаев. При использовании для устранения персистирующей ФП прямолинейно-трапецидального БП импульса Zoll рекомендуют определять начальную дозу энергии из расчета 1 Дж/кг массы тела.

**Антиаритмическая терапия.** В зависимости от класса препарата, его дозы, способа (внутривенно или внутрь) и длительности введения, а также формы импульса и его параметров, ААП может оказывать разнонаправленное влияние на зависимость от дозы эффективность и общий успех ЭКВ (от увеличения до незначительных изменений или уменьшения).

**Сопротивление грудной клетки.** Межэлектродное СГК находится в диапазоне от 25 до  $\geq 150$  Ом. При сопротивлении больше 60–80 Ом (по сравнению с меньшими значениями) снижается эффективность низкоэнергетических моно- ( $\leq 200$  Дж) и биполярных разрядов ( $< 65$ –80 Дж) на 20 и 25–12% соответственно. При этом общий успех ЭКВ биполярным прямолинейно-трапецидальным импульсом Zoll ( $\leq 200$  Дж) уменьшается только на 9% (с 100 до 91%), а монополярным импульсом ( $\leq 360$  Дж) — на 28% (с 96 до 68%).

**Электроды дефибрилятора для проведения кардиоверсии.** Вид электродов, их размер, расположение и контактный материал — важные переменные, определяющие величину сопротивления, а также силу и плотность тока в области сердца. Оптимальный размер (диаметр) и форма электродов для устранения ФП не установлены. Поэтому в настоящее время применяются электроды, используемые для дефибрилляции желудочков.

*Расположение электродов.* В первых исследованиях, когда использовали только МП импульс, плановая кардиоверсия ФП при переднезаднем расположении электродов чаще оказывалась более успешной, чем при переднебоковой позиции. Так, эффективность монополярной ЭКВ при переднезаднем расположении электродов составляла 95%, а при переднебоковом — 70% (диаметр электродов 8/12 см). Этот феномен связывали с «лучшим вектором тока» через предсердия при переднезаднем расположении электродов. На основании ряда исследований была выдвинута гипотеза, согласно которой правое переднее/левое заднее расположение электродов более эффективно, если основное заболевание включает поражение обоих предсердий, в то время как при первичном поражении только левого предсердия эффективнее левое переднее/левое заднее расположение электродов. Наряду с этим установлено, что при переднебоковом расположении электродов сердечная фракция тока составляет в среднем только 4%; основная часть (96%) тока протекает через легочную ткань и каркас грудной клетки. При использовании импульсов БП формы влияние расположения электродов на успех ЭКВ оказалось существенно меньшим или отсутствовало. Согласно более поздним исследованиям, использование переднего расположения электродов и БП трапецеидального импульса (см. рис. 6.4) характеризуется тенденцией к более высокому успеху ЭКВ. Недостаток переднезадней позиции — большие расстояние и объем легочной ткани между электродами, особенно у больных с эмфиземой легких. Поскольку оптимальная позиция электродов для каждого пациента неизвестна, в случае отрицательной ЭКВ врач должен подумать об изменении расположения электродов<sup>1</sup>. Электроды должны быть сильно прижаты к грудной клетке. Разряд следует наносить в фазу выдоха.

Контактный материал между ручными электродами и поверхностью грудной клетки, сила их прижатия, а также использование наклеиваемых электродов и ряд других методических вопросов (в частности, ЭКВ у больных с ИК и ИКД) обсуждены выше в разделе «Электрическая дефибрилляция» ФЖ и ЖТбп.

Большинство из перечисленных выше факторов, в зависимости от их значений, могут оказывать как однонаправленное, так и разнонаправленное влияние на дозозависимую эффективность ЭКВ, что может существенно затруднять выбор оптимальной дозы, а следовательно, сложнее предсказывать успех кардиоверсии.

---

<sup>1</sup> Существует два основных способа расположения электродов: 1) *переднее* или *переднебоковое* (один электрод под правой ключицей, центр второго — слева в 4-м межреберье по средней подмышечной линии, ряд специалистов рекомендуют располагать электрод по передней подмышечной линии); 2) *переднезаднее* расположение имеет три варианта. Первый вариант (классический, самый распространенный в нашей стране) — передний электрод под правой ключицей, задний — в области угла левой лопатки; 2-й вариант — центр переднего электрода примерно в области проекции предсердий (в 3-е межреберье по левой средней ключичной линии), задний — в области угла *правой* лопатки; 3-й вариант — передний электрод в области проекции предсердий, т.е. как и во 2-м варианте, а задний электрод — в области угла *левой* лопатки (используется значительно реже). Последние два способа расположения переднего электрода не рекомендуется использовать у женщин. Молочная железа обладает большим сопротивлением, поэтому возможны ожоги кожи и тепловое повреждение подлежащих тканей.

**Методика проведения кардиоверсии.** Фибрилляция предсердий. Для увеличения эффективности ЭКВ, а также уменьшения количества ранних рецидивов ФП, рекомендуется назначение ААП (*амиодарон, ибутилид, пропафенон, соталол, хинидин* и др.). Терапия ААП может быть начата еще на догоспитальном этапе или в стационаре непосредственно перед ЭКВ. ЭКВ (в плановом порядке) обычно осуществляется в первую половину дня натошак, в специализированном отделении или палате. При наличии показаний вводят *препараты калия и магния*<sup>1</sup>. Перед проведением экстренной/неотложной кардиоверсии ФП длительностью более 48 ч следует ввести *гепарин* (5000 ЕД) внутривенно струйно (если нет противопоказаний) с дальнейшей его инфузией под контролем АЧТВ, которое должно быть увеличено в 1,5–2 раза от исходной величины; затем назначают пероральные антикоагулянты для достижения необходимого значения МНО, с последующим проведением плановой ЭКВ. Если длительность ФП меньше 48 ч, экстренную/неотложную ЭКВ (при острых нарушениях гемодинамики) проводят без задержки для предварительного начала АКТ.

Для проведения ЭКВ всем больным, находящимся в сознании, необходимо обеспечивать адекватную седацию и анестезию. В настоящее время препаратом первого выбора является пропофол. При использовании кислорода и плохом контакте электродов может возникнуть искра, которая, в свою очередь, может вызвать пожар. В связи с этим все кислородные маски или носовой катетер следует убрать на расстояние не менее 1 м от больного и т.д. Во время нанесения разряда нельзя касаться больного. Величина первого разряда зависит от формы импульса, с возможной коррекцией на указанные выше факторы. Если ЭКВ проводят монополярным синусоидальным импульсом, начальная доза обычно 200 Дж или, при показаниях, больше. При использовании импульсов биполярной формы доза первого разряда примерно в 1,5–2 раза меньше: квазисинусоидальный – 85–115 Дж, трапецидальные импульсы – от 100 до 150 Дж<sup>2</sup>, прямолинейно-трапецидальный импульс – 70–120 Дж. Если первый разряд оказался неэффективным, с интервалами  $\leq 1$  мин наносят второй и затем третий разряды с увеличением дозы до максимальной величины; обычно не более 3–4 разрядов. Если синусовый ритм восстанавливается на несколько секунд или минут, ФП устраняют той же дозой, которая купировала предыдущий эпизод ФП.

Рефрактерная фибрилляция предсердий. Если ФП не устраняют 3–4 разрядами: а) можно изменить расположение электродов и/или использовать дефибриллятор с другой формой импульса; б) если ранее в качестве контактного материала применяли гель, электроды необходимо тщательно протереть водой с мылом; наряду с этим полезно протереть кожу в области наложения электродов спиртом; в) использовать в качестве контактного материала вместо геля четырехслойные марлевые салфетки, смоченные гипертоническим

<sup>1</sup> По данным экспериментального исследования, предварительное введение магния уменьшает количество свободных радикалов, выделяемых во время нанесения эпикардального разряда дефибриллятора, и защищает сократительную функцию левого желудочка.

<sup>2</sup> Если применяются отечественные дефибрилляторы ДКИ-Н-08 и ДКИ-Н-10, первый разряд 150 Дж.

раствором NaCl (7%); г) можно одновременно в/в вводить ААП (например, амиодарон 300 мг в течение 20–60 мин, если до ЭКВ не вводили другой препарат). В зависимости от состояния больного на фоне или сразу после введения амиодарона наносят 1–2 разряда максимальной энергии. Введение амиодарона также рекомендуют, если после успешной кардиоверсии ФП быстро рецидивирует и рассматривают повторную ЭКВ.

Проведение повторных ЭКВ может быть целесообразным в тех случаях, когда ФП сопровождается выраженной симптоматикой и при этом рефрактерна к другим методам лечения.

Трепетание предсердий и пароксизмальные суправентрикулярные тахикардии (предсердная и атриовентрикулярная реципрокные (re-entry) с ЧСС более 150–200 в минуту).

Для восстановления синусового ритма обычно требуются существенно меньшие значения энергии. При использовании МП импульса начальная доза от 50 до 100 Дж. При использовании БП квазисинусоидального импульса эффективная энергия примерно в 1,5–2 раза меньше. Вместе с тем мы рекомендуем начальную дозу не менее 50 Дж. Данные для других видов БП импульсов ограничены. Поэтому доза первого разряда составляет 70–100 Дж.

Тахикардия с широкими комплексами *QRS* неясного генеза. Рекомендуют нанесение первого разряда большей энергии: для МП импульса – 150 Дж, БП импульса – 85–150 Дж.

Желудочковая тахикардия. Величину энергии, необходимую для устранения ЖТ, можно ориентировочно определить по ЭКГ признакам и ЧСС. Если развивается мономорфная ЖТ с нестабильной гемодинамикой и определяется пульс, проводят синхронизированную ЭКВ. Начальный разряд МП формы – 100–150 Дж, квазисинусоидальный БП импульс – 50–85 Дж. Начальная доза для БП прямолинейного импульса – 70–120 Дж, трапецеидальных – 100–150 Дж. Если у больного полиморфная ЖТ с острыми нарушениями гемодинамики и/или выраженными симптомами и признаками СН, проводят экстренную несинхронизированную ЭКВ разрядами большей энергии: доза первого МП импульса – 200 Дж, БП импульсов – 100–200 Дж (в зависимости от вида импульса). В сомнительных случаях, когда трудно установить вид ЖТ, не следует терять время на его определение. Необходимо проводить несинхронизированную ЭКВ дозами, указанными выше.

Автоматические (эктопические) тахикардии. Предсердные и желудочковые эктопические тахикардии (ЭТ) возникают преимущественно в острых ситуациях, часто у больных, находящихся в отделении интенсивной терапии. Как правило, они имеют вторичный характер по отношению к основному заболеванию.

Варианты ЭТ: мультифокусные предсердные. Они возникают на фоне обострения хронических легочных заболеваний, особенно на фоне приема эуфиллина; предсердные и желудочковые тахиаритмии во время вводного наркоза и восстановления после него (возможно, как результат волнообразного изменения симпатического тонуса); желудочковые аритмии в первые минуты или часы

острой стадии инфаркта миокарда, когда повышение автоматизма связано с ишемией. Возникновение и окончание ЭТ в основном происходит постепенно, в отличие от аритмий, в основе которых лежит механизм re-entry (обычно возникают внезапно). ЭКВ при эктопических тахикардиях, как правило, неэффективна. Нанесение разряда, не устраняя ЭТ, может увеличивать частоту тахикардии. Вместе с тем иногда повторные разряды максимальной энергии могут подавить эктопическую активность.

**Осложнения, связанные с электрической кардиоверсией.** Прямые осложнения. Наиболее часто встречаются проходящие нарушения ритма и проводимости: синусовая тахикардия, предсердная и желудочковая экстрасистолия; атриовентрикулярная блокада I–II степени; признаки СССУ. При развитии выраженной брадиаритмии внутривенно вводят *атропин*. В случае развития асистолии может возникнуть необходимость в проведении эндокардиальной или наружной кардиостимуляции. ФЖ развивается в 0,4–1,4% случаев. Как правило, легко устраняется одиночным разрядом. Вероятность развития ФЖ (или желудочковой тахикардии) увеличивается при наличии гипокалиемии, интоксикации сердечными гликозидами или неадекватной синхронизации. Отек легких и артериальная гипотензия встречаются редко. Нередкими осложнениями являются ожоги кожи I–II степени.

Осложнения, связанные с восстановлением синусового ритма. После устранения ФП у 1–7% больных, не получающих перед кардиоверсией АКТ, возникают тромбоэмболические осложнения.

*Применение седации и анестезии может сопровождаться гипоксией или гиповентиляцией.*

**Противопоказания.** Абсолютные противопоказания для проведения ЭКВ отсутствуют. К относительным противопоказаниям относят интоксикацию сердечными гликозидами (уровень доказательности C, т.е. низший). Наряду с этим ЭКВ не рекомендуют проводить больным с частыми рецидивами ФП, которые не сопровождаются острыми нарушениями гемодинамики.

В целом ЭКВ остается оптимальным, а нередко и единственным возможным методом восстановления синусового ритма при желудочковых тахикардиях и фибрилляции/трепетании предсердий.

### Тестовое задание

Выберите один или несколько правильных ответов.

1. Более эффективным и безопасным импульсом при проведении электроимпульсной терапии предсердных и желудочковых тахикардий является:
  - 1) монополярный импульс;
  - 2) биполярный импульс.
2. Максимальная доза энергии, выделяемая дефибрилляторами с неоптимальным биполярным импульсом, составляет:
  - 1) 200 Дж;
  - 2) 300 Дж;
  - 3) 360 Дж.

3. При проведении дефибрилляции желудочков импульсом биполярной формы с оптимальными параметрами первая доза энергии составляет:
  - 1) 115–120 Дж;
  - 2) 150–200 Дж.
4. По мнению международных экспертов, при устранении ФЖ энергия первого разряда для всех видов биполярных импульсов должна составлять не менее:
  - 1) 100 Дж;
  - 2) 150 Дж;
  - 3) 200 Дж.
5. При устранении ФЖ самым эффективным является:
  - 1) первый разряд;
  - 2) второй разряд;
  - 3) третий разряд.
6. При проведении дефибрилляции желудочков оптимальный диаметр электродов составляет:
  - 1) 8 см;
  - 2) 10 см;
  - 3) 12 см.
7. При проведении дефибрилляции рефрактерной фибрилляции желудочков амиодарон вводят после:
  - 1) первого неэффективного разряда;
  - 2) второго неэффективного разряда;
  - 3) третьего неэффективного разряда.
8. При проведении дефибрилляции рефрактерной фибрилляции желудочков адреналин вводят после:
  - 1) первого неэффективного разряда;
  - 2) второго неэффективного разряда;
  - 3) третьего неэффективного разряда.
9. При проведении реанимации у больных с устойчивой фибрилляцией желудочков после нанесения первого и последующих разрядов необходимо немедленно:
  - 1) оценить ритм;
  - 2) возобновить базовую реанимацию, которую проводят в течение 2 мин, начиная с компрессии грудной клетки.
10. Амплитуда мелковолновой ФЖ составляет:
  - 1) меньше 0,3 мВ;
  - 2) меньше 0,5 мВ;
  - 3) меньше 0,7 мВ.
11. Если трудно дифференцировать мелковолновую ФЖ с асистолией, следует:
  - 1) немедленно провести дефибрилляцию;
  - 2) продолжать сердечно-легочную реанимацию, обеспечивая высококачественные КГК в течение 2–3 мин, и затем оценить нарушение ритма.

12. Для устранения устойчивой ФЖ используют стратегию нанесения:
  - 1) однократных разрядов с интервалами 2 мин;
  - 2) серийных разрядов (до трех) с интервалами между сериями до 1–2 мин.
13. Стратегия однократных разрядов (с интервалами 2 мин) была предложена:
  - 1) для уменьшения перерывов в наружном массаже сердца;
  - 2) для уменьшения повреждения сердца;
  - 3) в связи с высокой эффективностью первого разряда биполярной формы.