

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ТЕРАПИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

В. А. Востриков

Научно-исследовательский центр Московской медицинской академии (НИЦ ММА) им. И. М. Сеченова, отдел кардиологии, Москва

В обзоре литературы и анализе собственных исследований рассматриваются факторы, влияющие на эффективность и безопасность электроимпульсной терапии (электрическая кардиоверсия) фибрилляции предсердий (ФП). Особое внимание уделено форме электрического импульса (монополярная или биполярная), длительности ФП, функциональному состоянию сердца, расположению электродов на поверхности грудной клетки и методике проведения кардиоверсии.

ВВЕДЕНИЕ

Фибрилляция предсердий (ФП) — самая распространенная и часто встречаемая в клинической практике тахикардия. Наиболее эффективным методом устранения пароксизмальной и хронической ФП является электроимпульсная терапия (электрическая кардиоверсия). 50 лет тому назад в феврале 1959 г. в НИИ хирургии им. Вишневецкого впервые в нашей стране Б. М. Цукерман и С. И. Смеловский импульсным разрядом дефибриллятора (~30 Дж) устранили ФП у 28-летнего больного после операции на открытом сердце (*Вишневецкий* и др., 1959).

Терминология. Электрическая кардиоверсия (ЭКВ) номинально означает процедуру нанесения электрического разряда, синхронизированного с желудочковым *QRS*-комплексом электрокардиограммы. Эта методика обычно не допускает попадания разряда в «уязвимый период»¹ кардиоцикла. После нанесения

¹ «Уязвимый период» соответствует на ЭКГ интервалу ~60 мс до и 20...30 мс после вершины зубца *T*. При попадании импульса в указанный интервал имеется высокий риск развития ФЖ. Обычно при нанесении несинхронизированных разрядов частота развития ФЖ не превышает 0,4...1,4 %. Согласно экспериментальным данным, несинхронизированный биполярный импульс вызывает меньшее количество ФЖ, чем монополярный. В режиме «синхронизация» аппарат обнаруживает зубцы *R* и размещает над или под ними маркёры. При этом необходимо удостовериться, чтобы маркёры были чётко видны на мониторе и появлялись у каждого комплекса *QRS*. Обычно для синхронизации используется стандартный кабель ЭКГ, регистрирующий электрическую активность сердца от конечностей. Вместе с тем у некоторых моделей аппаратов для синхронизации импульса используются электроды дефибриллятора. Однако такой способ не одобряется, так как артефакты, наведённые перемещением пластин электродов, могут имитировать зубцы *R* и осуществлять несвоевременное нанесение разряда. Кроме того, на ЭКГ могут появляться артефакты, связанные с неполным контактом электрод-кожа и после разряда из-за тремора мышц. Перед проведением синхронизированной ЭКВ необходимо убедиться, что сигнал ЭКГ достаточно качественный и отсутствуют артефакты.

разряда синхронизация исчезает, поэтому её необходимо включать для нанесения очередного разряда. Автоматическое отключение синхронизации связано с возможностью развития фибрилляции желудочков (ФЖ) и необходимостью её быстрого устранения в режиме «дефибрилляция» (т. е. нанесение несинхронизированного разряда). Следует помнить, что низкоэнергетические разряды (биполярный импульс ≤ 50 и монополярный — ≤ 100 Дж), по сравнению с разрядами более высокой энергии, имеют большую вероятность 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 (> 50 и > 100 Дж соответственно).

Эффективность ЭКВ наиболее изучена у стабильных больных с персистирующей и хронической ФП (Востриков и др., 2005; Недоступ и др., 1992; Сыркин и др., 1970; ACC/AHA/ESC Guidelines..., 2001; Ermis et al., 2002; Ewy, 1994; Marinsec et al., 2003; Rashba et al., 2001; Rashba et al., 2004). Данные по эффективности ЭКВ пароксизмальной ФП, приводящей к острой сердечно-сосудистой недостаточности, представлены единичными работами. Прямой успех дефибрилляции предсердий (эффективность разряда) — это появление синусового или атриовентрикулярного узлового ритма, или ритма стимулятора в течение, по крайней мере, ≤ 30 с (Ermis et al., 2002; Marinsec et al., 2003; Niebauer et al., 2004); по определению других авторов — появление ≥ 1 синусового цикла или двух последовательных зубцов *P*, не прерываемых ФП. Уже через 2,3 мин — 2,3 ч после устранения персистирующей ФП примерно у 10 % больных отмечаются ранние рецидивы и через 2,3 недели — ещё примерно у 30...40 % (ACC/AHA/ESC Guidelines..., 2001; Van Gelder et al., 1991).

Следует отметить, что ЭКВ обычно устраняет только те аритмии, в основе которых лежит электрофизиологический механизм круговой циркуляции волны возбуждения (макро- и микро-ге-entry). Подавление источника патологической автоматии, приводящего к развитию тахиаритмий, возможно, но лишь при использовании чрезмерно сильных разрядов. Поэтому при проведении ЭКВ такие аритмии, включая ФП, обычно не устраняются. Косвенным подтверждением наличия источника автоматии может служить увеличение частоты сердечных сокращений сразу после нанесения неэффективного разряда.

1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗАВИСИМУЮ ОТ ДОЗЫ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЛИ ОБЩИЙ УСПЕХ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ТЕРАПИИ

Ведущими факторами, которые определяют дозозависимую эффективность и общий успех ЭКВ, являются *форма электрического импульса (монополярная или биполярная)* и *длительность* ФП (ACC/AHA/ESC Guidelines..., 2001, 2006;

Dalzell et al., 1991; *Dorian et al.*, 2001; *Elhendy et al.*, 2001; *Page et al.*, 2002; *Ricard et al.*, 1997).

1.1. Форма электрического импульса

Форма импульса и его параметры являются определяющими при оценке эффективности *низкоэнергетической* кардиоверсии (рис. 1–7). С 1971 г. в нашей стране впервые в мире стали применяться дефибрилляторы, генерирующие биполярный (БП) импульс с параметрами, близкими к оптимальным¹ (импульс Гурвича – Венина, см. рис. 3). Экспериментальные и клинические исследования показали явное преимущество импульсов БП квазисинусоидальной формы по сравнению с монополярным (МП) по критериям как эффективности, так и безопасности (*Востриков* и др., 2005; *Kim et al.*, 2003; *Востриков*, 1993; *Гурвич* и др., 1971; *Mittal et al.*, 2000). Внедрение БП-импульса в клиническую практику позволило уменьшить максимальную энергию, выделяемую на пациента, с ~300...400 до ~135...200 Дж, т. е. примерно в два раза. Но это преимущество относится не ко всем видам БП-импульсов, применяемых в настоящее время в мировой практике. Ряд современных моделей дефибрилляторов выделяют неоптимальные БП-импульсы с максимальной энергией, составляющей номинально 360 Дж; например, отечественные дефибрилляторы ДКИ-Н-04, ДКИ-Н-08 или LIFEPAC 12 (США) (см. рис. 4, 5)². Применение БП-импульсов различных видов, по сравнению с МП-импульсами, привело к увеличению успеха ЭКВ при устранении устойчивой ФП в среднем с ~83 до ~94 % (*Marinsec et al.*, 2003; *Miracapillo et al.*, 2004; *Neal et al.*, 2003; *Reisinger et al.*, 2003; *Walsh et al.*, 2005). Только в одном исследовании при использовании неоптимального БП-импульса успех ЭКВ не превышал 85 % (*Marinsec et al.*, 2003).

Вместе с тем, по данным М. Ниебауера и соавт. (*Niebauer et al.*, 2000), эффективность ЭКВ оптимизированным биполярным импульсом Zoll составила 99,8 %! Данное исследование включало 530 больных; авторы использовали переднезаднее расположение мягких наклеиваемых электродов; номинальную

¹ С 1970 по 1987 г. в бывшем СССР разработано и внедрено 13 моделей дефибрилляторов с биполярными асимметричными *квазисинусоидальными* импульсами (импульсы Гурвича-Венина): ДКИ-01, ДИ-03, ДКИ-Н-02, ДКИ-С-05 и др., и с 1991 г. — первый дефибриллятор, генерирующий биполярный нестабильный по длительности *трапецеидальный* импульс (см. рис. 4) с максимальной дозой энергии 360 Дж; масса последнего с монитором и аккумулятором составляет около 8 кг.

² С увеличением сопротивления грудной клетки (СГК) от 25 до 100 Ом длительность неоптимальных БП трапецеидальных импульсов увеличивается в ≥ 2 раза (от 6...10 до ~20 мс) с резким одновременным снижением амплитуды тока: в ~3 и ~3,5 раза. Поэтому при большом СГК для увеличения эффективной силы тока требуется увеличение энергии заряда дефибриллятора до 300...360 Дж. К БП-импульсам со стабильной (т. е. не зависящей от СГК) оптимальной длительностью (~10 мс) относятся импульсы, представленные на рис. 3, 6 и 7. Стабилизация длительности импульса и оптимального соотношения 1-й и 2-й фаз обеспечивает очень высокую эффективность при энергии разряда, не превышающей 150...200 Дж.

энергию максимального разряда 200 Дж; особенности методики проведения ЭКВ: в случаях, когда максимальный разряд был не эффективным, его повторяли после сильного надавливания на передний наклеиваемый электрод и/или изменения расположения электродов.

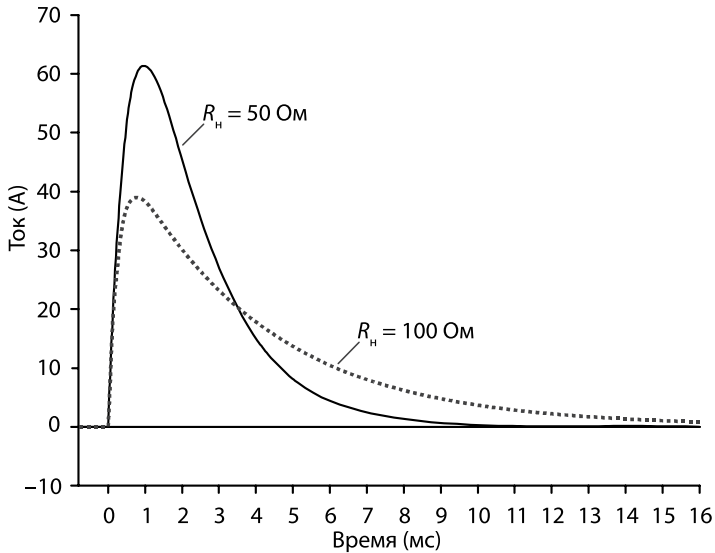


Рис. 1. Монополярный импульс дефибрилятора LIFEPAC 7 (импульс Edmark, синусоидальный критически демпфированный разряд конденсатора) — здесь и далее R_n — сопротивление нагрузки

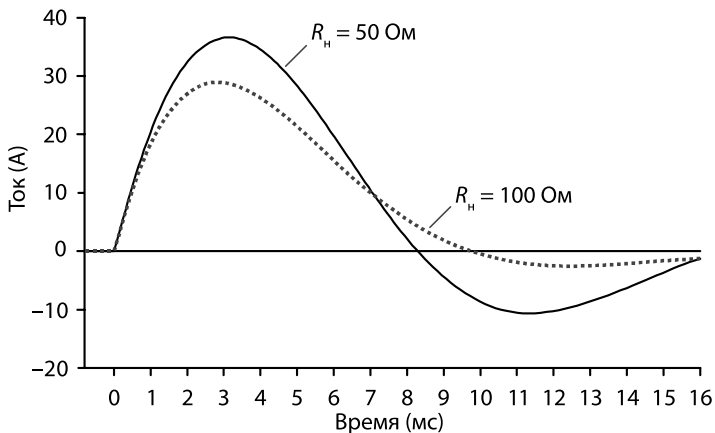


Рис. 2. Монополярный импульс дефибрилятора ИД-1-ВЭИ (не критически демпфированный разряд конденсатора; в связи с этим импульс при сопротивлении нагрузки от ≤ 50 до $\sim 70...80$ Ом имеет небольшую отрицательную фазу, составляющую $\sim 30...15\%$ от амплитуды 1-й фазы)

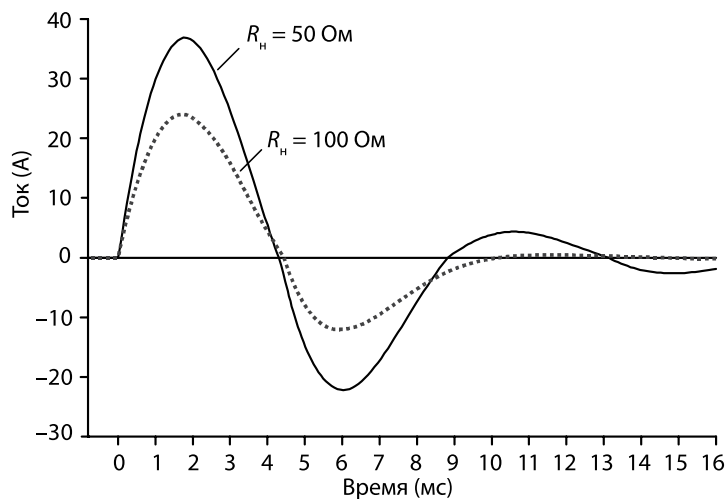


Рис. 3. Биполярный квазисинусоидальный импульс Гурвича–Венина; при $R_H = 50 \dots 100 \text{ Ом}$ амплитуда 2-й фазы составляет 60...50 % от амплитуды 1-й фазы (дефибрилятор ДИ-03)

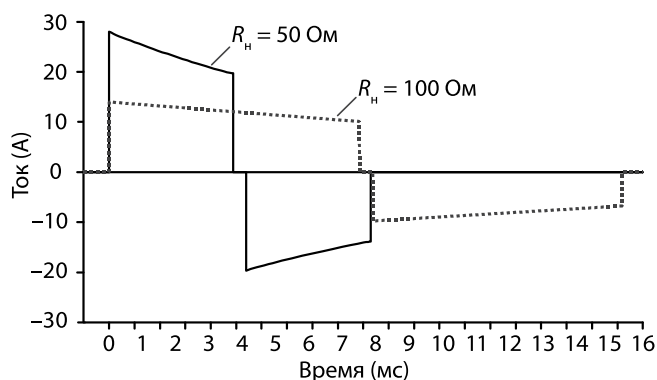


Рис. 4. Биполярный трапецидальный импульс дефибриллятора ДКИ-Н-04

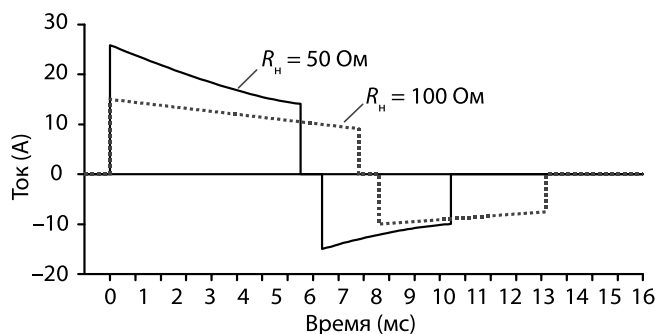


Рис. 5. Биполярный трапецидальный импульс дефибриллятора LIFEPAC 12

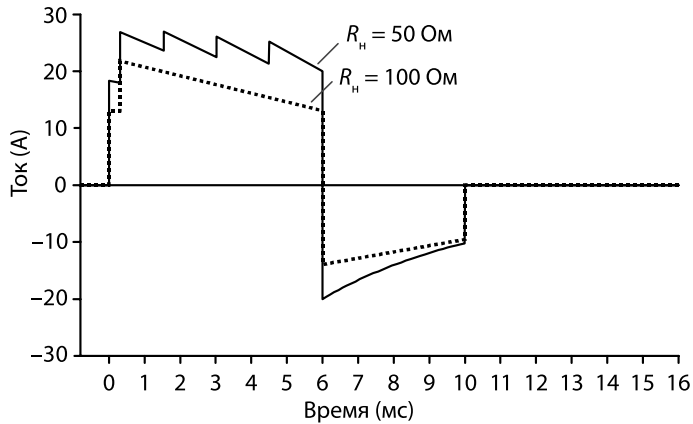


Рис. 6. Биполярный *прямоугольный* импульс дефибриллятора Zoll E-Series (при сопротивлении грудной клетки от 75 до 100 Ом максимальная энергия, выделяемая на больного, составляет около 235 Дж)

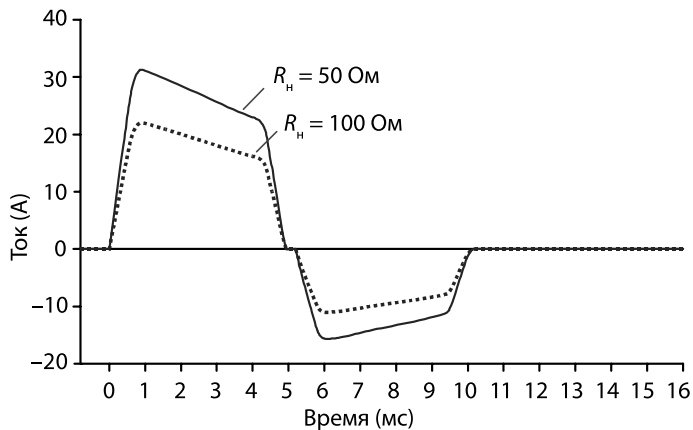


Рис. 7. Биполярный импульс дефибриллятора ДФР-2

Почему для ЭКВ ФП выбирается биполярный импульс с оптимальными параметрами (≤ 200 Дж)? По данным (Koul et al., 2002), при устранении ФП неоптимальным БП-импульсом (≤ 360 Дж) для 13 % больных потребовались разряды более 200 Дж. Анализ данных литературы показал, что для устранения персистирующей ФП БП-импульсами всех видов для $\sim 90\text{--}99$ % больных достаточно ≤ 200 Дж. Применение нестабильного БП-импульса большей энергии **редко** увеличивает успех кардиоверсии (Walsh et al., 2005).

Особый интерес представляет сравнительный успех *низкоэнергетических* разрядов МП- и БП-форм при устранении персистирующей и хронической ФП. Так, оказалось, что МП-разряды около 100 Дж имеют очень низкую эффективность: диапазон от 14 до 30 %. В то же время эффективность БП трапе-

цеидальных импульсов от 70 до 100 Дж была значительно выше: диапазон от 68 до 80 % (ACC/AHA/ESC Guidelines..., 2001; *Ermis et al.*, 2002; *Marinsec et al.*, 2003; *Rashba et al.*, 2001; *Rashba et al.*, 2004; *Niebauer et al.*, 2004; ACC/AHA/ESC Guidelines..., 2006; *Dalzell et al.*, 1991; *Dorian et al.*, 2001; *Elhendy et al.*, 2001; *Page et al.*, 2002; *Ricard et al.*, 1997; *Kim et al.*, 2003; *Mittal et al.*, 2000; *Miracapillo et al.*, 2004; *Neal et al.*, 2003; *Reisinger et al.*, 2003; *Walsh et al.*, 2005). Согласно нашим многолетним исследованиям, эффективность БП-импульсов Гурвича – Венина (см. рис. 3) при устранении устойчивой и хронической ФП разрядами ≤ 85 Дж составляла 72...80 % и ФП длительностью до 24 ч — 90 % (диаметр электродов 12 см, переднебоковое расположение) (*Востриков и др.*, 2005; *Востриков и др.*, 2006; *Востриков, Сыркин*, 2008). В табл. 1 представлен зависимый от дозы успех ЭКВ при устранении ФП длительностью до 48 ч БП-импульсами Гурвича-Венина и импульсом МП-формы (см. рис. 3 и 1). В табл. 2 приведено сравнение эффективности указанных импульсов при устранении ФП, развившейся в острой стадии инфаркта миокарда (ИМ). Как видно из данных (см. табл. 2), суммарная эффективность БП-разрядов 50...200 Дж достигала в нашем исследовании 86 %, а при использовании МП-импульса — только 35 %. Таким образом, 65 % больных в острой стадии ИМ наносили повторные высокоэнергетические разряды 300 и 360 Дж. При этом общий успех ЭКВ после нанесения повторных МП-импульсов 360 Дж составлял 75 %. Следует отметить, что в нашем исследовании примерно такая же эффективность (71 %) была достигнута при нанесении БП-разрядов значительно меньшей величиной: от 40 до 85 Дж. Это, несомненно, играет позитивную роль у больных ишемической болезнью сердца (ИБС). В 2002 г. М. Вейль и соавт. (*Yamaguchi et al.*, 2002) была сформулирована гипотеза, согласно которой электрический разряд вызывает прямое повреждение миокарда только в условиях его гипоперфузии. В экспериментальных исследованиях на изолированном сердце было установлено, что с увеличением дозы разряда нарастает дисфункция гипоперфузируемого сердца; в то же время при нормальной перфузии статистически значимого ухудшения его сократительной функции не отмечается.

Таблица 1. Дозозависимый успех ЭКВ-фибрилляции предсердий длительностью ≤ 48 ч после нанесения биполярного квазисинусоидального и монополярного синусоидального импульсов

Доза энергии (Дж)	Биполярный импульс (БП) (%)	Монополярный импульс (МП) (%)	Δ (%)	<i>p</i>
≤ 50	63	11	52	$< 0,001$
$\leq 85/100$	94	53	41	$< 0,001$
≤ 150	96,7	61	36	$< 0,002$
≤ 200	97,3	78	19,3	$< 0,02$
≤ 300	—	86	11,3	$\leq 0,02$
≤ 360	—	89	8,3	—

Увеличивают ли наружные разряды дефибриллятора дисфункцию левого желудочка у больных ИБС? По данным К. Штейна и соавт. (Stein et al., 2002), у 11 больных с низкой фракцией выброса ЛЖ (14...37 %) нанесение трёх МП-разрядов (200...200 и 360 Дж) с интервалами в 1 мин статистически значимо не изменяли сердечный выброс (СВ) и фракцию выброса левого желудочка (ФВЛЖ). Однако у одного из 11 больных после 3-го разряда СВ снизился с 3,9 до 1 л/мин, а ФВЛЖ — с 24 до 8 %. Таким образом, у отдельных больных с низкой ФВЛЖ нанесение серии МП-разрядов может приводить к резкому снижению насосной функции сердца.

Таблица 2. Сравнение дозозависимой эффективности биполярного и монополярного импульсов при устранении ФП в острой стадии ИМ

Форма импульса	Доза энергии (Дж)		
	85	200	360
Биполярный	71 %	86 %	—
Монополярный	—	35 %	75 %

Примечание. Данные для МП-импульса опубликованы в работе (Dalzell et al., 1991), для БП-импульса представлены данные собственных исследований (Востриков и др., 2006). Сравнимые группы сопоставимы.

1.2. Влияние длительности ФП на дозозависимую эффективность ЭКВ

При продолжительности ФП в пределах 48 ч общая эффективность низкоэнергетических МП-разрядов ≤ 100 Дж значительно выше, чем у больных с персистирующей и постоянной фибрилляцией предсердий (53 и 14...30 % соответственно). При использовании БП-импульса Гурвича – Венина влияние длительности ФП на эффективность разрядов ≤ 90 Дж оказалось значительно меньше (94 и 76 % соответственно) (Востриков, 2008). В табл. 3 представлена сравнительная эффективность БП трапецеидального импульса у больных с различной длительностью ФП: от менее 1–2 до более 90 дней (Reisinger et al., 2003).

Таблица 3. Дозозависимая эффективность биполярного трапецеидального импульса (в %) в зависимости от длительности ФП

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

2. ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ДОЗОЗАВИСИМУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И/ИЛИ ОБЩИЙ УСПЕХ ЭКВ

2.1. Исходное функциональное состояние сердца

Исходное функциональное состояние сердца (в частности, тяжесть острой или хронической сердечной недостаточности (СН)) исследовалось в работах (*Востриков* и др., 2006; *Collins et al.*, 1975). Так, в работе (*Collins et al.*, 1975) выявлена зависимость успеха монополярной ЭКВ от функционального класса СН (класс I–II — 88 %, III — 83 % и IV — 75 %) и длительности ФП (< 1 года — 90 % и > 1 года — 82 %). По данным (*Востриков* и др., 2005; *Востриков* и др., 2006), максимальный успех ЭКВ (97 %) с использованием БП-импульса Гурвича – Венина зарегистрирован у больных ИБС без клинических признаков СН, минимальный (73 %) — с острым альвеолярным отёком лёгких и/или выраженными застойными явлениями в малом круге кровообращения с развитием гидроторакса. Следует отметить, что у трёх из четырёх больных с острым альвеолярным отёком лёгких ЭКВ оказалась не эффективной (*Востриков* и др., 2006). Расчёты В. Лермана и О. Дила (*Lerman, Deale*, 1990), проведённые на резистивной модели грудной клетки, показали, что уменьшение сопротивления грудной клетки на 50 %, вызываемое гидротораксом, в два раза уменьшает фракцию трансторакального тока, протекающего непосредственно через желудочки сердца. В связи с этим дефибрилляция может оказаться не эффективной. Учитывая полученные результаты, мы выдвинули следующую гипотезу: отёк лёгких, так же как и гидроторакс, вызывает уменьшение предсердной фракции трансторакального тока, что может приводить к неэффективной ЭКВ предсердий.

2.2. Сопротивление грудной клетки (СГК)

Межэлектродное СГК находится в диапазоне от ~30...40 до ≥ 150 Ом. При сопротивлении больше 60...80 Ом (по сравнению с меньшими значениями) снижается эффективность низкоэнергетических МП-разрядов (≤ 200 Дж) и БП (< 65...90 Дж) на 20 и 25...12 % соответственно (*Востриков* и др., 2005; *Marinsec et al.*, 2003; *Dalzell et al.*, 1991). При этом общий успех ЭКВ БП-импульсом Zoll уменьшается только на 9 % (с 100 до 91 %), а МП-импульсом — на 28 % (с 96 до 68 %) (*Rashba et al.*, 2004).

2.3. Антиаритмическая терапия (ААТ)

В зависимости от класса препарата, его дозы, способа (в/в или per os) и длительности введения, а также формы импульса и его параметров, ААТ может оказывать разнонаправленное влияние на дозозависимую эффективность и общий успех ЭКВ (от увеличения до несущественных изменений или уменьшения) (*Dalzell et al.*, 1991; *Fogoros et al.*, 1983; *Niebauer et al.*, 2005; *Van Gelder et al.*, 1989).

2.4. Масса тела и начальная доза разряда

Для определения начальной дозы как монополярного, так и БП-импульса с максимальной энергией разряда 360 Дж рекомендуют учитывать массу тела (менее или более 90 кг (*Rashba et al.*, 2001; *Rashba et al.*, 2004)). Если масса тела более 90 кг, ряд авторов рекомендует сразу наносить максимальный МП- или БП-разряд 360 Дж. При массе менее 80...90 кг вероятность успешной ЭКВ выше (*Marinsec et al.*, 2003; *Frick et al.*, 2001)¹. По данным (*Rashba et al.*, 2001), масса тела является детерминантой успеха низкоэнергетических разрядов МП-формы (≤ 200 Дж). Так, если масса тела меньше 70 кг, успех МП-разрядов ≤ 200 Дж достигает 78 %, при массе тела 86...100 кг — только 36 %, а у больных массой > 100 кг — 25 %. При использовании оптимизированного БП-импульса Zoll для устранения персистирующей ФП Р. Кулаковский и соавт. (*Górecki et al.*, 2005) рекомендуют определять начальную дозу из расчета 1 Дж/кг массы тела.

2.5. Размеры левого предсердия (ЛП)

Данные о влиянии переднезаднего размера ЛП (диапазон 30...58 мм) на дозозависимый успех ЭКВ неоднозначны: от его отсутствия при использовании МП- или БП-импульсов (*Dalzell et al.*, 1991; *Elhendy et al.*, 2001; *Miracapillo et al.*, 2004) до снижения успеха монополярной кардиоверсии при размере ЛП $\geq 4,5$ см (*Collins, Guiliani*, 1975; *Hausleithner et al.*, 2002; *Van Gelder et al.*, 1999). У больных, которым не удавалось устранить ФП-импульсом МП-формы, размер ЛП составлял $4,8 \pm 1,1$ см (*Ewy*, 1994). 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 наилучшей энергии разряда и предсказывать успех кардиоверсии.

3. ЭЛЕКТРОДЫ ДЕФИБРИЛЛЯТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАРДИОВЕРСИИ

Размер электродов, их вид, расположение и контактный материал — важные переменные, определяющие величину межэлектродного сопротивления и соответственно силу и плотность тока в области предсердий. Оптимальный размер (диаметр) электродов для устранения ФП не установлен. Поэтому в настоящее время применяются электроды, используемые для дефибрилляции желудочков.

3.1. Расположение электродов

В первых исследованиях, когда использовался только МП-импульс, при переднезаднем расположении электродов плановая кардиоверсия ФП чаще ока-

¹ Установлена также положительная связь между индексом массы тела, окружностью грудной клетки и успехом низкоэнергетических разрядов МП-формы (50...100 Дж) и БП-формы (50 Дж) (*Elhendy et al.*, 2001; *Neal et al.*, 2003).

зывалась более успешной, чем при переднебоковой позиции (*Вишневецкий* и др., 1968; *Kirchhof et al.*, 2003). Так, по данным (*Kirchhof et al.*, 2003), эффективность монополярной ЭКВ при переднезаднем расположении электродов составляла 95 % и переднебоковым — 70 % (диаметр электродов 8/12 см)¹. Этот феномен связывали с «лучшим вектором тока» через предсердия при переднезаднем расположении электродов (*Ewy*, 1994; *Lown*, 1967). 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 (*Lown*, 1967). Вместе с тем было установлено (*Lerman, Deale*, 1990), что при переднем (точнее, переднебоковом) расположении электродов сердечная фракция тока составляет в среднем только 4 %; большая часть (96 %) тока протекает через лёгочную ткань и каркас грудной клетки. Следует отметить, что путь тока при переднезадней позиции электродов не был исследован. По данным работы (*Kerber et al.*, 1981), не было получено статистически значимых различий, свидетельствующих о влиянии расположения электродов на успех монополярной ЭКВ ФП. При использовании импульсов БП-формы влияние расположения электродов на успех ЭКВ оказалось существенно меньшим или отсутствовало (*Walsh et al.*, 2005; *European Resuscitation Council...*, 2005). Согласно результатам последних мультицентровых исследований (*Walsh et al.*, 2005), использование переднего расположения электродов и БП трапецеидального импульса (см. рис. 5) характеризуется тенденцией к более высокому успеху ЭКВ. Наряду с этим переднезаднее расположение электродов у большей части больных ассоциировалось с меньшим СГК. Недостатком переднезадней позиции является большее расстояние и объём легочной ткани между электродами, особенно у больных с эмфиземой или отёком лёгких. Так как при использовании МП-импульсов оптимальная позиция электродов для каждого пациента не известна, в случае отрицательной ЭКВ врач должен подумать об изменении расположения электродов (*European Resuscitation Council...*, 2005). Данная рекомендация актуальна и при использовании БП-импульсов.

¹ Существуют 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*, имеющее три варианта: первый вариант (классический, самый распространённый в нашей стране) — передний электрод — под правой ключицей, задний — в области угла левой лопатки; второй вариант расположения — центр переднего электрода — примерно в области проекции предсердий (в 3-м межреберье по левой средней ключичной линии), задний — в области угла *правой* лопатки; третий вариант — передний электрод — в области проекции предсердий, т. е. как и во втором варианте, а задний электрод — в области угла *левой* лопатки (используется значительно реже). Второй и третий способы расположения переднего электрода не рекомендуется использовать у женщин. Молочная железа обладает большим сопротивлением, поэтому возможны ожоги кожи и тепловое повреждение подлежащих тканей.

Таким образом, в настоящее время нет единого мнения о том, какой размер и расположение электродов лучше для проведения успешной ЭКВ у больных с ФП. Следует также отметить, что расположение электродов при устранении предсердных и желудочковых аритмий может различаться. Вместе с тем чётко установлено, что электроды должны быть сильно прижаты к грудной клетке. Для уменьшения межэлектродного сопротивления в качестве контактного материала лучше использовать марлевые салфетки, смоченные гипертоническим раствором NaCl (Разумов, Востриков, 2003). Разряд следует наносить в фазу выдоха. Если у больного имеется имплантированный кардиостимулятор, электроды дефибриллятора, генерирующие МП-импульсы, лучше располагать на расстоянии ~6 см от него. Это связано с тем, что МП-разряд может приводить к временному прекращению кардиостимуляции (от 1...2 до ≥ 10 мин), преимущественно из-за увеличения порога стимуляции желудочков (ПСЖ). В то же время импульс БП-формы изменяет его значительно меньше и поэтому электрод можно располагать на расстоянии ~2 см (European Resuscitation Council..., 2005; Guidelines 2000..., 2000). В связи с указанным выше, перед проведением ЭКВ рекомендуется увеличить ПСЖ. Примерно через 1 сутки после кардиоверсии ПСЖ снижается до исходных значений (Loescher et al., 2006).

3.2. Контактный материал между электродами и поверхностью грудной клетки

Для этих целей, как указывалось выше, применяют марлевые салфетки (4...6 слоёв), смоченные физиологическим раствором. Использование вместо физиологического раствора гипертонического позволяет уменьшать контактное сопротивление и соответственно увеличивать эффективность первого и последующих разрядов (Разумов, Востриков, 2003). При использовании геля предпочтительно применение марлевых салфеток, пропитанных гелем, а не наложение последнего на металлическую пластину электрода. Так как во время разряда гель поляризуется, то возможно развитие ложной асистолии, если ритм оценивают через электроды дефибриллятора; обычно её длительность от нескольких до 15...60 с; описаны случаи и большей длительности. Если имеется подозрение на ложную асистию, необходимо срочно использовать мониторные отведения ЭКГ¹. В настоящее время за рубежом широко применяются мягкие наклеиваемые электроды. По данным литературы, при использовании последних появления ложной асистолии не зарегистрированы. **Внимание!** Нельзя применять гель, используемый для регистрации ЭКГ и для Эхо-КГ. Эти гели имеют значительно большее сопротивление.

¹ Наряду с ложной асистолией возможно появление изолинии вследствие оглушения миокарда высокоэнергетическими разрядами, называемое оглушением электрической активности сердца. Обычно её длительность составляет не более 10...20 с.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ КАРДИОВЕРСИИ

Для увеличения эффективности ЭКВ, а также уменьшения количества ранних рецидивов ФП, рекомендуется назначение антиаритмических препаратов (амиодарон, ибутилид, пропафенон, соталол, хинидин и др.) (АСС/АНА/ESC Guidelines..., 2001, 2006). Медикаментозная терапия может быть начата ещё на догоспитальном этапе или в стационаре непосредственно перед ЭКВ. Кардиоверсия (в плановом порядке) обычно осуществляется в первую половину дня, натошак в специализированном отделении. При наличии показаний вводят препараты калия и магния. Перед проведением экстренной/неотложной кардиоверсии длительностью более 48 ч следует ввести гепарин (~5000 ед.) внутривенно (в/в) струйно (если нет противопоказаний) с дальнейшей его инфузией под контролем АЧТВ¹, которое должно быть увеличено в 1,5...2 раза от исходной величины; затем продолжают антикоагулянтную терапию (АКТ) по методике подготовки и проведения плановой ЭКВ (АСС/АНА/ESC Guidelines..., 2001, 2006; *Недоступ, Сыркин*, 1991). Если длительность ФП меньше 48 ч, экстренную ЭКВ проводят без задержки для предварительного начала АКТ (АСС/АНА/ESC Guidelines..., 2001, 2006).

Для проведения ЭКВ всем больным, находящимся в сознании, необходимо обеспечивать адекватную седацию и анестезию. В настоящее время препаратом первого выбора является пропофол (диприван). Во время нанесения разряда нельзя касаться больного. 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. (European Resuscitation Council..., 2005). Величина первого разряда зависит от формы импульса, с возможной коррекцией на указанные выше факторы. Если ЭКВ проводят МП синусоидальным импульсом, начальная доза обычно — 200 Дж. Мы не рекомендуем наносить первый разряд меньше 200 Дж, особенно в экстренных ситуациях. При использовании импульсов БП-формы доза первого разряда примерно в 1,5...2 раза меньше: квазисинусоидальный импульс 85...90 Дж, трапецеидальные импульсы: от 100 до 150 Дж², прямоугольный импульс Zoll — 70...120 Дж. Если первый разряд оказался не эффективным, с интервалами ≤ 1 мин наносят второй и затем третий разряды с увеличением дозы до максимальной величины. Если применяется «биполярный» дефибриллятор с максимальной энергией 360 Дж, наносят до четырёх разрядов. Если синусовый ритм восстанавливается на несколько секунд или минут, ФП устраняют той же дозой, которая купировала предыдущий эпизод ФП.

¹ АЧТВ — активированное частичное тромбoplastиновое время.

² Первый разряд 150 Дж, если применяется дефибрилляторы ДКИ-Н-04, ДКИ-Н-08, ДКИ-Н-10.

4.1. Рефрактерная фибрилляция предсердий¹

Если ФП не устраняется тремя-четырьмя разрядами, включая разряд максимальной энергии, рекомендуется: а) изменить, если имеется возможность, расположение электродов и/или использовать дефибриллятор с другой формой импульса; б) использовать в качестве контактного материала четырёхслойные марлевые салфетки, смоченные гипертоническим раствором NaCl (~7 %) (Разумов, Востриков, 2003). 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) одновременно рекомендуется в/в введение антиаритмического препарата, например, амиодарона 300 мг в течение 20...60 мин, если до ЭКВ не вводили другой антиаритмик (ACC/АНА/ESC 2006 Guidelines..., 2006; Востриков, 2008; Недоступ, Сыркин, 1991). В зависимости от состояния больного на фоне или сразу после введения амиодарона наносят 1–2 разряда максимальной энергии. Введение амиодарона также рекомендуется, если после успешной кардиоверсии ФП быстро рецидивирует и рассматривается повторная ЭКВ.

Для устранения трепетания предсердий (ТП) обычно требуются существенно меньшие значения энергии. При использовании МП-импульса начальная доза составляет от 50 до 100 Дж; успех ЭКВ от ~50 до ~75 % соответственно (Gallagher et al., 2001). При использовании БП квазисинусоидального импульса эффективная энергия примерно в 1,5...2 раза меньше. Вместе с тем мы рекомендуем начальную дозу 50 Дж (эффективность около 85 %). Данные для других видов БП-импульсов ограничены, поэтому энергия первого разряда составляет 70...100 Дж.

5. ОСЛОЖНЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КАРДИОВЕРСИЕЙ

Прямые осложнения. Наиболее часто встречаются переходящие нарушения ритма и проводимости: синусовая тахикардия, предсердная и желудочковая экстрасистолия; атриовентрикулярная блокада I-II степени; признаки синдрома слабости синусового узла; асистолия развивается только у 0,3 % больных; при выраженной брадиаритмии в/в вводят атропин; ФЖ развивается в 0,1...1,4 % случаев, как правило, легко устраняется одиночным разрядом; отёк лёгких встречается крайне редко, его купируют общепринятой терапией. Побочные эффекты, связанные с седацией и анестезией, составляют около 0,2 %.

Осложнения, связанные с восстановлением синусового ритма. После устранения ФП у больных, не получающих перед ЭКВ антикоагулянтной терапии,

¹ Причиной рефрактерной ФП могут быть: а) очень высокий порог дефибрилляции; б) источник эктопии, который не устраняется максимальным разрядом дефибриллятора; в) по нашему опыту, изредка причиной рефрактерности может быть диагностическая ошибка: мультифокусная предсердная тахикардия расценивается как ФП.

в 1...7 % случаев регистрируются тромбозэмболические осложнения (ACC/АНА/ESC 2006 Guidelines..., 2006).

6. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ЭКВ

Абсолютных противопоказаний для проведения ЭКВ нет. К относительным противопоказаниям в первую очередь относят интоксикацию сердечными гликозидами и гипокалиемию (уровень доказательности С, т. е. низший) (ACC/АНА/ESC 2006 Guidelines..., 2006). ЭКВ не рекомендуется проводить больным с частыми рецидивами ФП, которые не сопровождаются острыми нарушениями гемодинамики.

В целом ЭКВ остаётся оптимальным, а нередко и единственно возможным методом восстановления синусового ритма при фибрилляции и трепетании предсердий.

ЛИТЕРАТУРА

- Вишневецкий А. А., Цукерман Б. М., Смеловский С. Н.* (1959) Устранение мерцательной аритмии методом электрической дефибрилляции предсердий // Клинич. медицина. 1959. Т. 37. № 8. С. 26–29.
- Вишневецкий А. А., Цукерман Б. М., Янушкевичус З. И.* (1968) Инструкция по электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца. М.: Медицина, 1968.
- Востриков В. А.* (1993) Функциональное повреждение сердца монополярным и биполярным импульсами тока дефибрилятора // Бюл. эксперим. биологии и медицины. 1993. Т. 116. № 12. С. 654–655.
- Востриков В. А.* (2008) Электроимпульсная терапия предсердных и желудочковых тахикардий (гл. 7) // Руководство по нарушениям ритма / Под ред. акад. РАН и РАМН Е. И. Чазова и проф. С. П. Голицына. М.: Изд. группа «ГЭОТАР-Медиа», 2008. С. 245–272.
- Востриков В. А., Разумов К. В., Темиров А. П., Ковальчук С. Е.* (2006) Эффективность электрической кардиоверсии пароксизмальной фибрилляции предсердий у больных с отёком лёгких и острым инфарктом миокарда // Тез. докл. конф. «Современные направления и пути развития анестезиологии-реаниматологии». Москва, 6–9 нояб. 2006. С. 185–186.
- Востриков В. А., Сыркин А. Л.* (2008) Электроимпульсная терапия фибрилляции предсердий // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2008. Т. 1. № 3. С. 9–14.
- Востриков В. А., Чумакин Ю. В., Рыбаков М. Ю., Халдеев С. П.* (2005) Электрическая кардиоверсия мерцательной аритмии у больных ишемической болезнью сердца: эффективность биполярного квазисинусоидального импульса // Анналы аритмологии. Приложение. 2005. № 2. С. 125.
- Гурвич Н. Л., Табак В. Я., Богушевич М. С., Макарычев В. А.* (1971) Дефибрилляция сердца двухфазным импульсом в эксперименте и клинике // Кардиология. 1971. № 1. С. 126–130.
- Недоступ А. В., Алексеевская М. А., Лукошевичюте А. И* и др. (1992) Сравнительная оценка двух подходов к электроимпульсной терапии мерцательной аритмии. Сообщение 1. Непосредственные результаты и осложнения // Терапевт. арх. 1992. № 8. С. 29–33.

- Недоступ А. В., Сыркин А. Л.* (1991) Мерцательная аритмия. Восстановление синусового ритма у больных с постоянной формой мерцательной аритмии // Кардиология. 1991. № 5. С. 96–101.
- Разумов К. В., Востриков В. А.* (2003) Способ оптимизации электроимпульсной терапии жизнеопасных аритмий у больных с ишемической болезнью сердца // Анестезиология и реаниматология. 2003. № 6. С. 45–47.
- Сыркин А. Л., Недоступ А. В., Маевская И. В.* (1970) Электроимпульсное лечение аритмий сердца. М.: Медицина, 1970.
- ACC/AHA/ESC (2001) Guidelines for the Management of Patients with Atrial Fibrillation (2001) // J. American College of Cardiology. 2001. V. 38. P. 1266–1405.
- ACC/AHA/ESC (2006) Guidelines for the Management of Patients with Atrial Fibrillation — Executive Summary // European Heart J. 2006. V. 27. P. 1879–2030.
- Collins R., Guilian E.* (1975) Atrial Defibrillation in the U.S.: Experience at the Mayo Clinic // Cardiac defibrillation conference. West Lafayette, Indiana, 1975. P. 21–25.
- Dalzell G. W., Anderson J. A., Adgey A. A.* (1991) Factors Determining Success and Energy Requirements for Cardioversion of Atrial Fibrillation: Revised Version // Quarterly J. Medicine. New series. 1991. V. 78. P. 85–95.
- Dorian P., Koster R., Chapman F., Schmitt P.* (2001) A Prospective, Randomized Comparison of Mono- and Biphasic Shocks for External CV of Atrial Fibrillation: Shock Efficacy and Post-Procedure Pain // European Heart J. 2001. V. 22. Abstr. suppl. P. 32.
- Elhendy A., Gentile N., Bailay J. et al.* (2001) Which patient should receive low energy shock for cardioversion in atrial fibrillation? // European Heart J. 2001. V. 22. Abstr. Suppl. P. 557.
- Ermis C., Alan X., Zhu R. et al.* (2002) Efficacy of Biphasic Waveform Cardioversion for Atrial Fibrillation Compared with Conventional Monophasic Waveforms // American J. Cardiology. 2002. V. 90. P. 891–892.
- European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005 // Resuscitation. 2005. V. 67. Suppl. 1. P. 7–86.
- Ewy G. A.* (1994) The Optimal Technique for Electrical Cardioversion of Atrial Fibrillation // Clinical Cardiology. 1994. V. 17. P. 79–84.
- Fogoros R., Anderson K., Winkle R. et al.* (1983) Amiodarone Clinical Efficacy and Toxicity in 96 Patients with Recurrent Drug-Refractory Arrhythmias // Circulation. 1983. V. 63. P. 88–94.
- Frick M., Frykman V., Jensen-Urstad M.* (2001) Factors Predicting Success rate and Recurrence of Atrial Fibrillation After First Electrical Cardioversion in Patients with Persistent Atrial Fibrillation // Clinical Cardiology. 2001. V. 24. Nr. 3. P. 238–244.
- Gallagher M., Guo X., Poloniecki J. et al.* (2001) Initial Energy Setting, Outcome and Efficiency in Direct Current Cardioversion of Atrial Fibrillation and Flutter // American College of Cardiology. 2001. V. 38. Nr. 5. P. 1498–1504.
- Górecki A., Stec C., Kulakowski P.* (2005) The factors influencing effectiveness of low energy rectilinear biphasic cardioversion in patients with persistent atrial fibrillation // European Heart J. (Abstr. Suppl.), 2005. V. 26 P. 732 [P. 4124].
- Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care — An International Consensus on Science // Resuscitation. 2000. V. 46. P. 1–195.
- Hausleithner I., Domanovits H., Schillinger M. et al.* (2002) External Electrical Cardioversion of Persistent Atrial Fibrillation // Resuscitation. 2002. V. 55. Nr. 1. P. 76.
- Kerber R., Jenson S., Grayzel J. et al.* (1981) Elective Cardioversion: Influence of Paddle-Electrode Location and size on Success Rates and Energy Requirements // New England J. Medicine. 1981. V. 305. P. 658–662.

- Kim S., Kim M., Park D.* et al. (2003) Prospective Randomized Comparison of Rectilinear Biphasic Waveform Shock Versus Truncated Exponential Biphasic Waveform Shock for Transthoracic Cardioversion of Atrial Fibrillation // *American J. Cardiology*. 2003. V. 41. Nr. 6. Abstr. suppl. A. P. 873–874.
- Kirchhof P., Borggrefe M., Breithardt G.* (2003) Effect of Electrode Position on the Outcome of Cardioversion // *Cardiology Electrophysiology Rev*. 2003. V. 7. Nr. 3. P. 292–296.
- Koul A., Rashba E., Shorofsky S.* et al. (2002) Is 360 Joules Necessary for Biphasic Transthoracic Cardioversion of Atrial Fibrillation? // *PACE*. 2002. V. 25. Nr. 4. Pt. 2. P. 688. Abstr. Nr. 663.
- Lerman B. B., Deale O. C.* (1990) Relation Between Transcardiac and Transthoracic Current During Defibrillation in Humans // *Circulation Research*. 1990. V. 67. P. 1420–1426.
- Loescher S., Kohlweyer K., Hartman A.* (2006) How safe is external cardioversion on a patient fitted with a cardiac pacemaker? A comparative Study Between the Administration of Mono- and Biphasic Shock // *European Heart J*. 2006. Abstr. suppl. V. 27. Nr. 2871.
- Lown B.* (1967) Electrical Reversion of Cardiac Arrhythmias // *British Heart J*. 1967. V. 29. P. 469–489.
- Marinsec M., Larkin G., Zohar P.* (2003) Efficacy and Impact of Monophasic Versus Biphasic Countershock for Transthoracic Cardioversion of Persistent Atrial Fibrillation // *American J. Cardiology*. 2003. V. 92. P. 988–991.
- Miracapillo G., Costoli F., Addonisio A.* et al. (2004) Predictors of defibrillation threshold in biphasic external cv of atrial fibrillation // *European Heart J*. 2004. V. 25. Abstr. Suppl. P. 90.
- Mittal S., Ayati S., Stein K.* et al. (2000) Transthoracic Cardioversion of Atrial Fibrillation. Comparison of Rectilinear Biphasic Versus Damped Sine Wave Monophasic Shocks // *Circulation*. 2000. V. 101. P. 1282–1287.
- Neal S., Ngarmucos T., Lessard D., Rosenthal L.* (2003) Comparison of the Efficacy and Safety of two Biphasic Defibrillator Waveforms for the Conversion of Atrial Fibrillation to Sinus Rhythm // *American J. Cardiology*. 2003. V. 92. P. 810–814.
- Niebauer M., Brewer J., Jung M.* et al. (2004) Comparison of the Rectilinear Biphasic Waveform with Monophasic Shock Waveform for External Cardioversion of Atrial Fibrillation and Flutter // *American J. Cardiology*. 2004. V. 93. P. 1495–1499.
- Niebauer M., Chung M., Brewer J.* et al. (2005) Reduced Cardioversion Thresholds for Atrial and Flutter Fibrillation Using the Rectilinear Biphasic Waveform // *J. Interventional cardiac electrophysiology*. 2005. V. 13. P. 145–150.
- Niebauer M., Chung M., Wilkoff B., Schweikert R.* et al. (2000) Success Rate of the Rectilinear Biphasic Waveform in Atrial Cardioversion in a Large Cohort of Patients // *Circulation*. 2000. Suppl. 102:II. Abstr. Nr. 2781. P. 574.
- Page R., Kerber R., Russell J.* et al. (2002) Biphasic Versus Monophasic Shock Waveform for Conversion of Atrial Fibrillation // *J. American College of Cardiology*. 2002. V. 39. Nr. 12. P. 1956–1963.
- Rashba E., Bouhouch R., Koshy S.* et al. (2001) A new Algorithm for Transthoracic Cardioversion of Atrial Fibrillation Based on Body Weight // *American J. Cardiology*. 2001. V. 88. P. 1043–1045.
- Rashba E., Gold M., Crawford F.* et al. (2004) Efficacy of transthoracic cardioversion of atrial fibrillation using a biphasic truncated exponential shock waveform at variable initial shock energies // *Am. J. Cardiol*. 2004. V. 94. P. 1572–1574.
- Reisinger J., Winter T., Zeindhofer K.* et al. (2003) Energy Requirements for Transthoracic Electrical Cardioversion of Atrial Tachyarrhythmia's with Biphasic Shocks // *European Heart J*. 2003. V. 24. Abstr. suppl. P. 366.

- Ricard P., Levy S., Trigano J.* et al. (1997) Prospective Assessment of the Minimum Energy Needed for External Electrical Cardioversion of Atrial Fibrillation // *American J. Cardiology*. 1997. V. 79. P. 815–816.
- Stein K., Devereux R., Hahn R.* et al. (2002) Do Transthoracic Shocks Impair Left Ventricular Function? // *PACE*. 2002. Pt. 2. V. 25. Nr. 4. P. 596.
- Van Gelder I., Tuinenburg A., Schoonderwoerd B.* et al. (1999) Pharmacologic Versus Direct-Current Electrical Cardioversion of Atrial Flutter and Fibrillation // *American J. Cardiology*. 1999. V. 84. P. 147–151.
- Van Gelder I., Crijns H., van Gilst W.* et al. (1989) Efficacy and Safety of the Flecainide in the Maintenance of Sinus Rhythm After Electrical Cardioversion of Chronic Atrial Fibrillation of Atrial Flutter // *American J. Cardiology*. 1989. V. 64. P. 1317–1321.
- Van Gelder I., Crijns H., van Gilst W.* et al. (1991) Prediction of Uneventful Cardioversion and Maintenance of Sinus Rhythm from Direct-Current Electrical Cardioversion of Chronic Atrial Fibrillation and Flutter // *American J. Cardiology*. 1991. V. 68. P. 41–46.
- Walsh S., Glover D., Adgey J.* (2005) The role of Biphasic Shocks for Transthoracic Cardioversion of Atrial Fibrillation // *Indian Pacing and Electrophysiology J.* 2005. V. 5. Nr. 4. P. 289–295.
- Yamaguchi H., Weil M.X., Tang W.* et al. (2002) Myocardial Dysfunction After Electrical Defibrillation // *Resuscitation*. 2002. V. 54. Nr. 3. P. 289–296.

EFFICACY AND SAFETY OF ELECTRICAL CARDIOVERSION OF ATRIAL FIBRILLATION

V. A. Vostrikov

Research Center of Sechenov Moscow Medical Academy, Department of Cardiology

The factors influencing the efficacy and safety of electrical cardioversion of atrial fibrillation (AFib) are considered. This article reviews literature related to the problem as well presents new results, specifically, concerning to the form of electrical impulse (biphasic impulse or monophasic impulse), the duration of AFib, functional condition of heart, paddle electrode position on thoracic cage and methods of cardioversion.