**Зеленоградский
инновационно-технологический
центр медицинской техники**

www.zitc-mt.ru

Почему квазисинусоидальный биполярный импульс Гурвича?

Н.Л. Гурвич во время проведения эксперимента по дефибрилляции. Москва, СССР, не позднее 1965 г. (в правом нижнем углу — первый в мире коммерческий импульсный дефибриллятор ИД-1-ВЭИ)

Немного истории

Наум Лазаревич Гурвич (1905-1981) — советский учёный, основоположник практической импульсной дефибрилляции сердца, автор двух монографий по дефибрилляции сердца, «Фибрилляция и дефибрилляция сердца», 1957 г. [1], и «Основные принципы дефибрилляции сердца», 1975 г. [2].

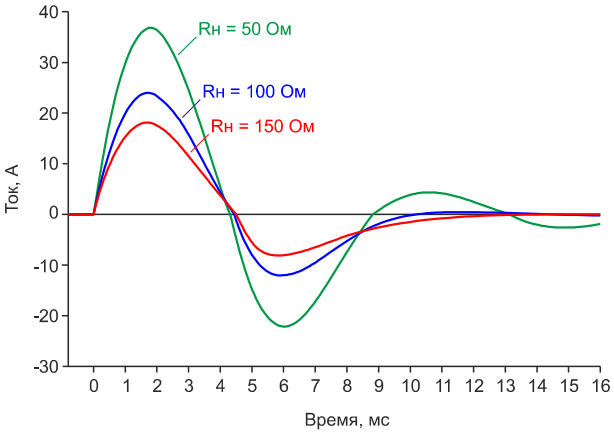
В 1952 г. в СССР была начато производство первого в мире коммерческого импульсного дефибриллятора конструкции Н.Л. Гурвича, впоследствии получившего наименование ИД-1-ВЭИ [3], который изначально был рассчитан, в том числе, и на выполнение дефибрилляции без вскрытия грудной клетки при оказании экстренной помощи в случаях смертельных электротравм. Разрядный LC-контур дефибриллятора ИД-1-ВЭИ генерировал монополярный синусоидальный импульс.

Дальнейшие исследования, проведённые Н.Л. Гурвичем, выявили преимущество биполярного импульса дефибрилляции по сравнению с монополярным. В результате был разработан первый в мире коммерческий дефибриллятор с биполярной формой импульса ДИ-03, серийное производство которого было начато в 1972 г. [4, 5]. Импульс дефибриллятора ДИ-03 известен под названиями квазисинусоидального биполярного импульса, импульса Гурвича и импульса Гурвича-Венина (Игорь Викторович Венин — инженер, под руководством которого был разработан дефибриллятор ДИ-03, а также ряд других дефибрилляторов).

В дефибрилляторе также использовался разрядный LC-контур, который для обеспечения соотношения амплитуд первой и второй фазы импульса демпфировался резистором, подключенным через диод. Благодаря разрядному контуру длительность дефибриллирующего импульса практически не зависела от межэлектродного сопротивления.

В США первый дефибриллятор для наружной дефибрилляции с биполярной формой импульса, ForeRunner™, был выпущен в 1996 г., на 24 года позже ДИ-03 [6].

Дефибриллятор ДИ-03 имел габаритные размеры 423×330×243 мм и массу 22 кг. Он питался от сети переменного тока 220/127 В, либо от автономного аккумуляторного блока питания БП-03 с габаритными размерами 188×355×245 мм и массой 12 кг. ЭКГ-монитора дефибриллятор не имел.



Импульс дефибриллятора ДИ-03 при максимальной дозе энергии 200 Дж (квазисинусоидальный биполярный импульс Гурвича)

Дефибриллятор импульсный ДИ-03

Эксперименты на животных

В СССР впервые преимущество импульса, близкого к импульсу Гурвича, по отношению к монополярному импульсу было показано в эксперименте на собаках в 1967 г. [7]. Пороговая величина амплитуды дефибриллирующего тока для биполярного импульса (6,6 А) была значительно ниже, чем у монополярного (9,6 А).

В США преимущество квазисинусоидального биполярного импульса перед критически демпфированным монополярным было показано в 1988 г. [8]. В эксперименте на телятах массой 100 кг эффективность критически демпфированного монополярного импульса составила 37% при средней выделенной энергии 206 Дж, в то время как эффективность квазисинусоидального биполярного импульса Гурвича составила 88% при средней выделенной энергии 201 Дж.

В работе 1998 г. [9] впервые было выполнено сравнение на собаках двух биполярных импульсов: трапецеидального и квазисинусоидального импульса Гурвича. Пороговая энергия при 50% успехе дефибрилляции у трапецеидального импульса оказалась в эксперименте на 25% выше, чем у импульса Гурвича. Так же было установлено, что пороговая энергия дефибрилляции импульса Гурвича практически не изменяется при увеличении длительности фибрилляции, в то время как у критически демпфированного монополярного импульса он существенно растёт.

Недавно проведенные в России эксперименты на высокоомной модели свиней также показали преимущество биполярного квазисинусоидального импульса Гурвича перед двумя видами биполярного трапецеидального импульса и перед биполярным прямолинейным импульсом [10-12].

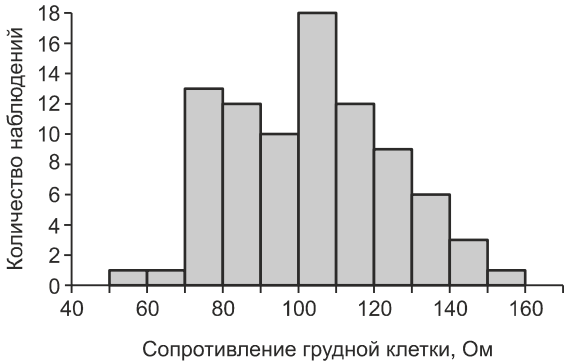
Два аспекта, обеспечивающие преимущество формы импульса Гурвича

1. Независимость формы импульса от значения межэлектродного сопротивления

> *Объединение в понятии «энергия» параметров ёмкости и напряжения затушевывает значение длительности импульса. Тем самым упускается ведущее значение фактора времени в определении оптимальности электрического воздействия на сердце. [13]*

Дефибриллирует ток, а не энергия, поэтому для пациентов с высоким сопротивлением грудной клетки важно сохранять такую же длительность дефибриллирующего импульса, как и для пациентов с низким сопротивлением. Сохранение формы импульса обеспечивает минимизацию значения пороговой энергии дефибрилляции при высоком сопротивлении грудной клетки. Исследования показали, что при использовании больших самоклеящихся электродов в стандартной переднебоковой позиции среднее значение сопротивления грудной клетки пациентов через 1 минуту после наложения электродов составляет 103±21 Ом при разбросе значений от 59

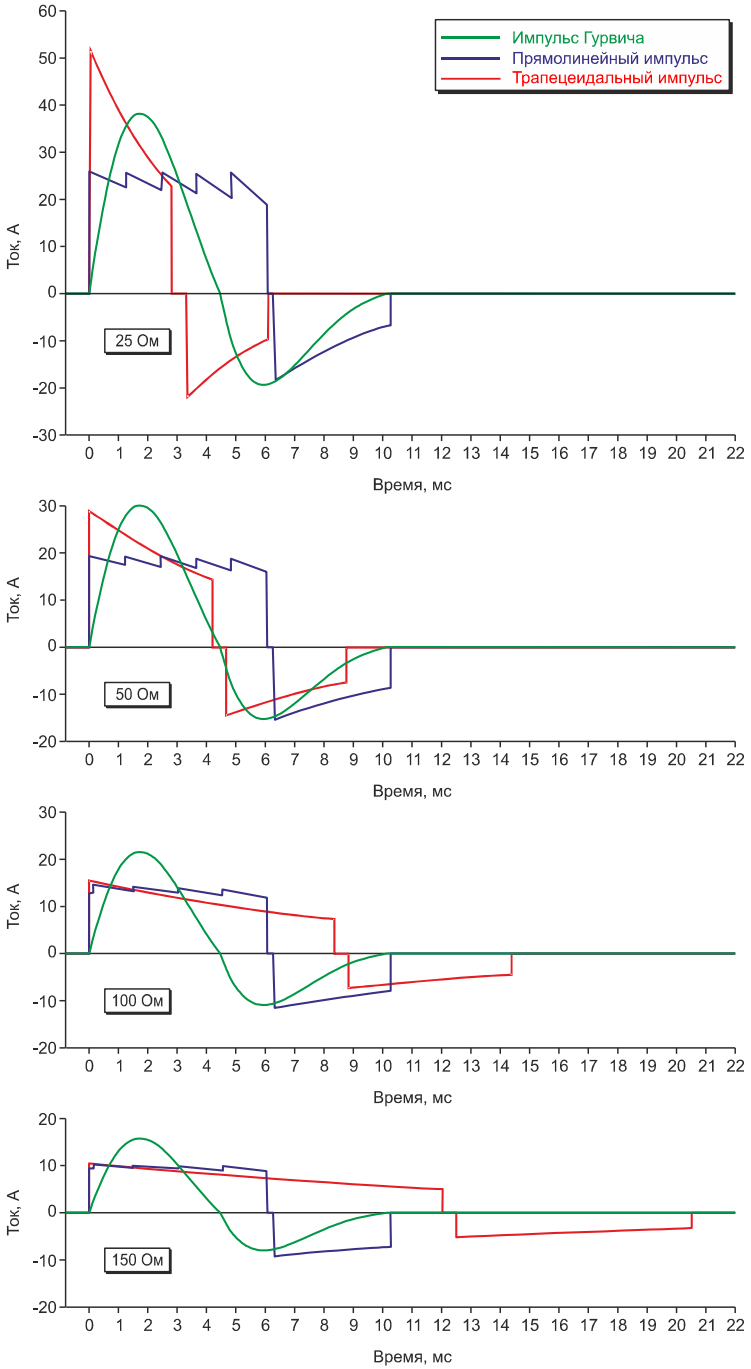
до 151 Ом [14]. Форма импульса Гурвича не зависит от сопротивления грудной клетки пациента. Таким свойством обладает также биполярный прямолинейный импульс, применяемый в дефибрилляторах фирмы ZOLL Medical Corporation, высокая эффективность которого подтверждена клиническими данными. Например, в работе [15] у 94 пациентов фибрилляцией желудочков была устранена первым разрядом биполярного прямолинейного импульса с дозой энергии 120 Дж в 87,8% случаев.



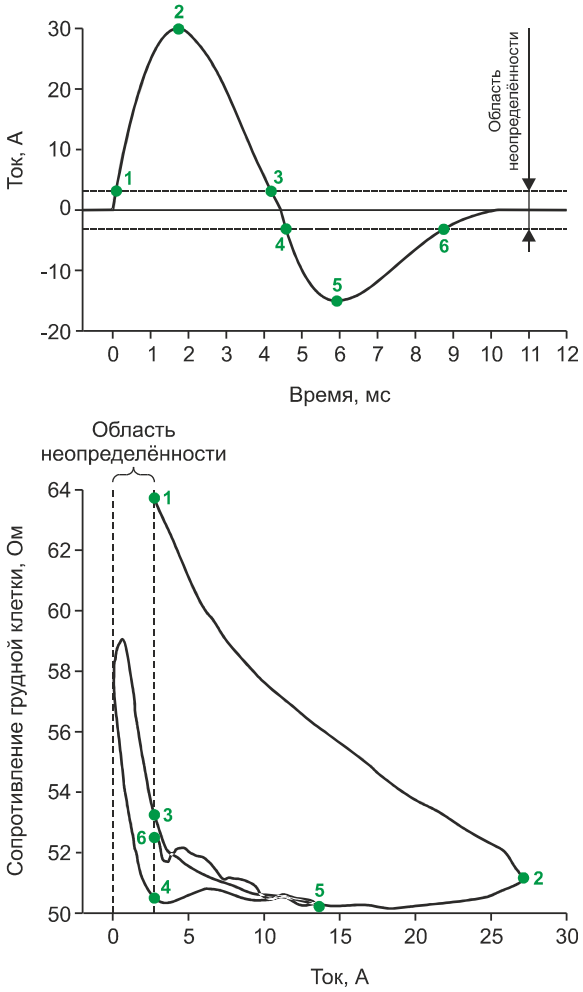
Гистограмма распределения значений сопротивления грудной клетки через 1 минуту после наложения больших самоклеющихся электродов в стандартной переднебоковой позиции (по данным из [14])

2. Сглаженный фронт импульса способствует снижению пороговой энергии при наружной дефибрилляции

В работе [16] показано, что сглаживание формы биполярного трапецеидального дефибриллирующего импульса уменьшает его пороговую энергию. Возможное объяснение этому факту получено при исследовании изменения сопротивления грудной клетки в течение действия импульса Гурвича [17]. Установлено, что в течение первых двух миллисекунд импульса, к моменту достижения его амплитудного значения, сопротивление грудной клетки уменьшается в среднем на 16% (диапазон от 10% до 22%), и в дальнейшем изменяется незначительно. Это обеспечивает снижение пороговой энергии дефибрилляции за счёт повышения дефибриллирующего тока.



Биполярные дефибриллирующие импульсы Гурвича, прямолинейный и трапецеидальный при разных значениях сопротивления грудной клетки



Циклограмма изменения сопротивления грудной клетки под воздействием импульса Гурвича (по данным из [17])

Результаты клинического применения импульса Гурвича

Дефибрилляторы с импульсом Гурвича применялись в основном в СССР и России. Однако и в США в 1995 г. были опубликованы данные о сравнении эффективности монополярного импульса Эдмарка и биполярного квазисуидального импульса Гурвича при кардиоверсии в клинике [18]. Первым разрядом импульса Эдмарка при выделенной энергии 215±11 Дж удалось устранить аритмию в 85,2% случаев, а первым разрядом импульса Гурвича при выделенной энергии 171±11 Дж — в 97,6% случаев.

Результаты клинического применения импульса Гурвича в России представлены в работах [19-32]. Ниже приведена таблица из работы [32], из которой следует, что 100% эффективность дефибрилляции импульсом Гурвича обеспечивается дозой набираемой энергии не более 200 Дж, а при энергии разряда до 115 Дж фибрилляция желудочков устраняется в 86% случаев. Для сравнения, биполярный прямолинейный импульс устраняет фибрилляцию желудочков первым разрядом с дозой энергии 120 Дж в 87,8% случаев [15].

Внутрибольничная дефибрилляция сердца: суммарная эффективность биполярного квазисинусоидального импульса в зависимости от энергии разряда при устранении рецидивирующей первичной и вторичной фибрилляции желудочков (ФЖ)* (диаметр ручных электродов 12 см)

Энергия разряда, Дж	Эффективность, %		
	Первичная ФЖ	Вторичная ФЖ	Первичная и вторичная ФЖ
≤ 65	79	52	62
≤ 90	100	57	73
≤ 115	—	76	86
≤ 150	—	88	94
≤ 200	—	100	100

* рецидивирующее течение ФЖ отмечали у 29% больных с первичной и 47% — со вторичной ФЖ; длительность 1 эпизода ФЖ составляла от 0,5 до 6 мин.; при непрерывно рецидивирующем или рефрактерном течении общая длительность ФЖ находилась в пределах от 6 до 20 мин.; для устранения 1 эпизода рефрактерной ФЖ наносили до 4-6 разрядов.

Автоматические наружные дефибрилляторы с импульсом Гурвича

Автоматические наружные дефибрилляторы, генерирующие биполярный квазисинусоидальный импульс Гурвича, imPulse АНД-П04, imPulse LCD АНД-П05 и imPulse PRO АНД-П01, имеют габаритные размеры 84×225×240 мм и массу с батареей питания 2,5 кг. Для сравнения, суммарная масса дефибриллятора ДИ-03 с блоком питания БП-03 составляла 34 кг [33].

imPulse АНД-П04

imPulse LCD АНД-П05

imPulse PRO АНД-П01

Литература

1. Гурвич Н.Л. “Фибрилляция и дефибрилляция сердца.” М.: Медгиз, 1957.
2. Гурвич Н.Л. “Основные принципы дефибрилляции сердца.” М.: Медицина, 1975.
3. Гурвич Н.Л. “Восстановление жизненных функций организма после смертельной электротравмы.” Патофизиология и терапия терминальных состояний в клинике и практике скорой помощи. Тезисы докладов конференции. М.: Издательство АМН СССР, 1952, С. 23-24.
4. Гурвич Н.Л., Табак В.Я., Богушевич М.С., Венин И.В., Макарычев В.А. “Дефибрилляция сердца двухфазным импульсом в эксперименте и клинике.” Кардиология, 1971, Т. XI, № 8, С. 126-130.
5. Венин И.В., Гурвич Н.Л., Либерзон А.П., Табак В.Я., Цукерман Б.М., Шерман А.М. “Дефибрилляторы ДИ-03 и ДКИ-01.” Новости медицинского приборостроения, 1973, вып. 3, С. 48-53.
6. Cummins RO, Hazinski MF, Kerber RE, Kudenchuk P, Becker L, Nichol G, Malanga B, Aufderheide TP, Stapleton EM, Kern R, Ornato JP, Sanders A, Valenzuela T, Eisenberg M. “Low-energy biphasic waveform defibrillation: evidence-based review applied to emergency cardiovascular care guidelines.” Circulation, 1998;97:1654-67.
7. Гурвич Н.Л., Макарычев В.А. “Дефибрилляция сердца двухфазными электрическими импульсами.” Кардиология, 1967, № 7, С. 109-112.
8. Schuder JC, McDaniel WC, Stoeckle H. “Comparison of effectiveness of relay-switched, one-cycle quasisinusoidal waveform with critically damped sinusoid waveform in transthoracic defibrillation of 100-kilogram calves.” Medical Instrumentation, 1988;22(6):281-5.
9. Walcott GP, Melnick SB, Chapman FW, Jones JL, Smith WM, Ideker RE. “Relative efficacy of monophasic and biphasic waveforms for transthoracic defibrillation after short and long durations of ventricular fibrillation.” Circulation. 1998;98(20):2210-5.
10. Востриков В.А., Горбунов Б.Б., Гусев А.Н., Гусев Д.В., Иткин Г.П., Конышева Е.Г., Мамекин К.А., Нестеренко И.В., Селищев С.В., Телышев Д.В. “Сравнение на высокоомных моделях экспериментальных животных эффективности биполярных импульсов дефибрилляции: трапецеидальных, прямолинейного и квазисинусоидального импульса Гурвича-Венина.” Медицинская техника, 2010, № 6, С. 1-6.
11. Vostrikov V, Gorbunov B, Gusev A, Gusev D, Itkin G, Nesterenko I, Selishchev S. “Efficacy of defibrillation of different biphasic waveforms in high impedance porcine model.” European Resuscitation Council Symposium 14-15 October 2011 Valletta, Malta. Resuscitation. 2011 Oct;82 (Suppl. 1):S14, AP019.

12. Vostrikov V, Gorbunov B, Gusev A, Gusev D, Itkin G, Nesterenko I, Selishchev S. “ Comparison of threshold defibrillation between quasi-sinusoidal and rectilinear biphasic waveforms in high impedance porcine model.” European Resuscitation Council Symposium 14-15 October 2011 Valletta, Malta. Resuscitation. 2011 Oct;82(Suppl. 1):S16-S17, AP031.

13. Неговский В.А., Гурвич Н.Л., Семёнов В.Н., Табак В.Я., Макарычев В.А. “Об электроимпульсной терапии аритмий сердца.” Казанский медицинский журнал, 1965, № 5, С. 5-7.

14. Krasteva V, Matveev M, Mudrov N, Prokopova R. “Transthoracic impedance study with large self-adhesive electrodes in two conventional positions for defibrillation.” Physiol Meas. 2006 Oct;27(10):1009-22. Epub 2006 Aug 25.

15. Hess EP, Agarwal D, Myers LA, Atkinson EJ, White RD. “Performance of a rectilinear biphasic waveform in defibrillation of presenting and recurrent ventricular fibrillation: a prospective multicenter study.” Resuscitation. 2011 Jun;82(6):685-9. Epub 2011 Mar 11.

16. Kidwai BJ, McIntyre A, Anderson J, Adgey AA. “Optimization of transthoracic ventricular defibrillation-biphasic and triphasic shocks, waveform rounding, and synchronized shock delivery.” J Electrocardiol. 2002 Jul;35(3):235-44.

17. Востриков В.А., Горбунов Б.Б., Гусев А.Н., Гусев Д.В., Иткин Г.П., Конышева Е.Г., Мамекин К.А., Нестеренко И.В., Петухова М.Н., Селищев С.В., Телышев Д.В., Трухманов С.Б. “Динамика изменения сопротивления грудной клетки в процессе воздействия биполярного импульса дефибрилляции Гурвича-Венина.” Медицинская техника, 2009, № 6, С. 33-36.

18. Greene HL, DiMarco JP, Kudenchuk PJ, Scheinman MM, Tang AS, Reiter MJ, Echt DS, Chapman PD, Jazayeri MR, Chapman FW, et al. “Comparison of monophasic and biphasic defibrillating pulse waveforms for transthoracic cardioversion.” Am J Cardiol. 1995 Jun 1;75(16):1135-9.

19. Vostrikov VA, Holin PV and Razumov KV. “Efficiency of biphasic waveforms in transthoracic venticular defibrillation of man.” Proceedings of a symposium Eighth Purdue Conference on Cardiac Defibrillation Symposium abstract: V biphasic defibrillation. American Heart Journal, 1994;128(3):638.

20. Vostrikov VA, Razumov KV, Holin PV. “Transthoracic ventricular defibrillation of humans: efficiency of biphasic waveform.” 15th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine. Brussels, March 21-24, 1995. Posters. Clinical Intensive Care, 1995;6(2,Suppl.):84.

21. Vostrikov V, Kholin P, Razumov K. “Effectivenes of quasi-sinusoidal biphasic waveform in transthoracic ventricular defibriliation of humans.” 4th Congress of the European Resuscitation Council, ERC, Resuscitation, 1998;37(2):S42, O16.

22. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В. “Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца у взрослых: эффективность квази-синусоидального биполярного импульса.” Тезисы докладов конференции «Кардиостим-98», 5-7 февраля 1998, СПб, Вестник аритмологии, 1998, № 8, С. 68, №263.

23. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В., Богушевич М.С. “Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность синусоидального биполярного импульса.” Тезисы докладов VI Всероссийского съезда анестезиологов и реаниматологов, М., 7-10 октября 1998, С. 83, № 164.

24. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В. “Трансторакальная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность биполярного синусоидального импульса.” Анестезиология и реаниматология, 1999, № 1, С. 44-47.

25. Востриков В.А., Сыркин А.Л., Холин П.В., Разумов К.В. “Внутрибольничная дефибрилляция желудочков сердца: эффективность биполярного синусоидального импульса.” Кардиология, 2003, № 12, С. 51-58.

26. Востриков В.А., Разумов К.В., Холин П.В., Чумакин Ю.В., Рыбаков М.Ю., Халдеев С.П. “Электрическая кардиоверсия мерцательной аритмии у больных ишемической болезнью сердца: эффективность биполярного квазисинусоидального импульса.” Материалы 1-го Всероссийского съезда аритмологов, 16-18 июня 2005 г. Анналы аритмологии, 2005, Приложение № 2, С. 125, № 404.

27. Востриков В.А., Разумов К.В., Холин П.В. “Внутрибольничная остановка сердца, вызванная фибрилляцией желудочков: эффективность дефибрилляции импульсом тока биполярной синусоидальной формы.” Фундаментальные проблемы реаниматологии (избранные лекции и обзоры): Труды НИИ общей реаниматологии РАМН / под ред. чл.-корр. РАМН В.В. Мороза. Т. IV. М., 2005, С. 114-131.

28. Востриков В.А. “Электроимпульсная терапия предсердных и желудочковых тахиаритмий.” Клиническая анестезиология и реаниматология, 2008, Т. 5, № 1, С. 8-15.

29. Востриков В.А., Холин П.В., Разумов К.В., Чумакин Ю.В. “Эффективность электрической кардиоверсии пароксизмальной фибрилляции предсердий.” Тезисы докладов VIII Международного славянского конгресса по электростимуляции и клинической электрофизиологии сердца «КАРДИОСТИМ» 14-16 февраля 2008, Санкт-Петербург,Вестник аритмологии, 2008, приложение А, С. 47, № 44.

30. Востриков В.А. “Сердечно-лёгочная реанимация: дефибрилляция желудочков сердца.” Тезисы докладов VIII Международного славянского конгресса по электростимуляции и клинической электрофизиологии сердца «КАРДИОСТИМ» 14-16 февраля 2008, Санкт-Петербург, Вестник аритмологии, 2008, приложение А, С. 105, № 274.

31. Востриков В.А., Сыркин А.Л. “Электроимпульсная терапия фибрилляции предсердий.” Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия, 2008, Т. 1, № 3, С. 9-13.

32. Востриков В.А. “Электроимпульсная терапия предсердных и желудочковых тахиаритмий.” Руководство по нарушениям ритма сердца. Под ред. Е.И. Чазова, С.П. Голицына. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008, С. 245-272.

33. “Каталог изделий, разработанных ВНИКИРЭМА.” Львов, 1971, С. 6.

ЗАО «Зеленоградский инновационно-технологический центр медицинской техники»

124498, г. Москва, Зеленоград, пр. 4806, д. 5, стр. 23

Адрес для корреспонденции: 124498, Москва, Зеленоград, а/я 56,
ЗАО ЗИТЦ-МТ

Тел.: +7 499 720 89 86 Факс: +7 499 720 89 85

E-mail: info@zitc-mt.ru

www.zitc-mt.ru