# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КАРДИОВЕРСИИ ПАРОКСИЗМАЛЬНОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИПОЛЯРНОГО КВАЗИСИНУСОИДАЛЬНОГО ИМПУЛЬСА У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

В. А. Востриков[1,2], К. В. Разумов[3]

[1] Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова,
[2] НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского РАМН, Москва
[3] Городская клиническая больница №1 им. Н. И. Пирогова, Москва

# Efficiency of Electrical Cardioversion of Paroxysmal Atrial Fibrillation in the Use of Bipolar Quasi-Sinusoidal Impulse in Patients with Coronary Heart Disease

V. A. Vostrikov[1,2], K. V. Razumov[3]

[1] I. M. Sechenov First Moscow State Medical University
[2] V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow
[3] N. I. Pirogov City Clinical Hospital One, Moscow

***Цель.*** **Исследовать дозозависимую эффективность биполярного квазисинусоидального (БПКС) импульса при устранении фибрилляции предсердий (ФП) длительностью до 24—48 ч у больных с различными клиническими формами и течением ишемической болезни сердца (ИБС) и различным сопротивлением грудной клетки (СГК).** ***Материал и метод.*** **Анализировали 97 больных (103 эпизода ФП), которым проводили трансторакальную ЭКВ импульсом БПКС формы по протоколу нарастающей дозы (от 1—2 до 5) разрядов. Диапазон энергии зарядов от ⩽40—65 до 195 Дж. Диаметр электродов — 12 см, расположение передне-боковое.** ***Результаты.*** **Для устранения 70% эпизодов ФП потребовалось 1—2 разряда, 18,3% эпизодов — 3 разряда и 11,7% — 4—5 разрядов. Установлена высокая эффективность (90%) низкоэнергетических зарядов (40—85 Дж) при устранении ФП длительностью до 24 ч; у больных с длительностью эпизодов 28—48 ч ~90% успех ЭКВ был зарегистрирован при нанесении 17% больных разрядов большей энергии (⩽115 Дж). Общий успех кардиоверсии составил 94,2%; неотложной ЭКВ — 97,8% и экстренной — 81% ($p$=0,022). Успех ЭКВ у больных с клинически выраженной и тяжелой (острой/хронической) сердечной недостаточностью (СН) составил 88,6%, с легкой степенью СН и без ее клинических признаков — 98% ($p$<0,05); у больных в острой стадии инфаркта миокарда — 83%. Минимальная эффективность БПКС импульса зарегистрирована у больных с острым и хроническим альвеолярным отеком легких и гидротораксом: 73,5% ($p$<0,001) — на 24,3% меньше, чем у больных без отека легких и гидроторакса. Установлено, что СГК в диапазоне от 70 до 142 Ом (по сравнению с меньшими значениями) существенно уменьшает эффективность разрядов только небольшой энергии (до ~70 Дж).** ***Заключение.*** **Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности (90%) низкоэнергетических разрядов (⩽85—115 Дж) биполярной квазисинусоидальной формы во время устранения ФП длительностью до 24—48 ч у больных с различными клиническими формами и течением ИБС. Выявлена связь между степенью тяжести СН и успехом ЭКВ, а также между СГК и эффективностью низкоэнергетических разрядов (до ~70 Дж).** ***Ключевые слова:*** **электрическая кардиоверсия, биполярный квазисинусоидальный импульс, фибрилляция предсердий.**

***Objective:*** **to study the dose-dependent efficacy of bipolar quasi-sinusoidal (BPQS) impulse in eliminating 24—48-hour atrial fibrillation (AF) in patients with different clinical forms and course of coronary heart disease (CHD) and different transthoracic resistance (TTR).** ***Subjects and method.*** **Ninety-seven patients (103 AF episodes) who had undergone transthoracic electrical cardioversion (ECV) with a BPQS impulse according to the protocol of dose escalation (from 1—2 to 5 discharges) were analyzed. The discharge power range was from ⩽40—65 to 195 J. The diameter of electrodes was 12 cm; its location was anterolateral.** ***Results.*** **Elimination of 70% of the AF episodes required 1—2 discharges; that of 18.3 and 11.7% of the episodes needed 3 and 4—5 discharges, respectively. Low-power (40—85 J) discharges were found to be highly effective (90%) in eliminating 24-hour AF; ~90% ECV success was recorded in patients with 28—48-hour episodes when greater power (⩽115 J) discharges were applied to 17% of the patients. The total success rate for cardioversion was 94.2%; that of emergency ECV was 81% ($p$=0.022). The ECV success rate was 88.6% in patients with clinically relevant and severe**

**Адрес для корреспонденции:**

Востриков Вячеслав Александрович
E-mail: vostricov.v@mtu-net.ru

**Correspondence to:**

Vostrikov Vyacheslav Aleksandrovich
E-mail: vostricov.v@mtu-net.ru

**(acute chronic) heart failure (HF), 98% in those with mild HF and without its clinical signs ($p<0.05$), and 83% in those with acute myocardial infarction. The patients with acute and chronic alveolar lung edema and hydrothorax were recorded to have the lowest BPQS impulse efficacy (73.5% (by 24.3% less than those without lung edema and hydrothorax)) ($p<0.001$). It was ascertained that TTR was in the range of 70 to 142 ohms (versus the lowest values) substantially decreased the efficacy of smaller power (as high as ~70 J) discharges. *Conclusion*. The findings are indicative of the high (90%) efficacy of low-power (≤85—115 J) discharges of the BPQS pattern while eliminating 24—48-hour AF in patients with different clinical forms and course of CHD. There was an association between the severity of HF and the success of ECV and between TTR and the efficacy of low-power (as high as ~70 J) discharges. *Key words:* electrical cardioversion, bipolar quasi-sinusoidal impulse, atrial fibrillation.**

Широкое использование электрической кардиоверсии (ЭКВ) для устранения фибрилляции предсердий (ФП) требует детального изучения кардиальных и экстракардиальных факторов, влияющих на ее эффективность и безопасность. Среди экстракардиальных факторов ведущее место принадлежит форме электрического импульса и сопротивлению грудной клетки (СГК). В 1967—1971 г. в экспериментальных исследованиях, посвященных эффективности дефибрилляции желудочков сердца, Н. Л. Гурвичем[1] и соавт. [1—3] впервые было установлено явное преимущество отечественного импульса биполярной (БП) квазисинусоидальной формы (БПКС) по сравнению с монополярной (МП). Через два десятилетия это было подтверждено в клинических исследованиях [4—7]. Вместе с тем данные о его дозозависимой эффективности при устранении пароксизмальной ФП длительностью до 24—48 ч у больных с различными формами/проявлениями ишемической болезни сердца (ИБС) практически отсутствуют. Так, в исследовании сравнительной эффективности МП и БПКС импульсов приводятся только суммарные данные для ФП и трепетания предсердий длительностью 7,1±1,8 мес. [9]. Наряду с этим авторы не регистрировали основные параметры изучаемых импульсов, выделяемую на больного энергию и СГК. Это привело их к выводу об «отсутствии явного преимущества биполярного импульса перед монополярным». Не исследованы также связи между функциональным состоянием сердца, СГК и успехом БПКС импульса в зависимости от дозы разряда.

В 2000—2002 гг. в США и Западной Европе были проведены первые клинические исследования эффективности БП трапецеидального и прямолинейного импульсов, которые отличаются по своим параметрам от БПКС импульса (рис. 1—3). Указанные выше импульсы использовали для проведения плановой ЭКВ у гемодинамически стабильных больных с эпизодами ФП, длительность которых в ~85% случаев превышала 48 ч — 6 мес. [10, 11].

Цель работы — исследовать дозозависимую эффективность БП квазисинусоидального импульса энергией от 40 до 195 Дж при устранении ФП длительностью до 24—48 ч у больных с различными клиническими формами и течением ИБС и различным сопротивлением грудной клетки.

[1] В начале 90-х годов прошлого столетия БПКС импульсу присвоено имя его первых авторов — импульс Гурвича-Венина [3, 8]. В настоящее время БПКС импульс используется в России и Украине.

The widespread use of electrical cardioversion (ECV) for the elimination of atrial fibrillation (AF) requires a detailed study of cardiac and extracardiac factors influencing its effectiveness and safety. Among extracardiac factors the leading place belongs to the form of electrical impulses and transthoracic impedance (TTI), In 1967—1971, in experimental studies on the effectiveness of ven-tricular defibrillation for the first time the evident advantage of home pulse of bipolar (BP) quasisinusoidal form (BPQS) in comparison with monopolar (MP) was determined by N. L. Gurvich et al.[1] [1—3]. To decades later, it was confirmed in clinical studies [4—7]. Along with it the information about its dose — dependent effectiveness in eliminating paroxysmal AF with the duration of up to 24—48 hours in patients with different forms of ischemic heart disease (IHD) has been practically absent. In the study of dose dependency of the efficacy of MP and BPQS impulse only summarized data are for AF and flutter duration of 7.1±1.8 months were presented [9]. Along with this the authors did not register the main parameters of the studied impulses, the energy delivered on patients and TTI. It led them to the conclusion about the «absence of a clear advantage of bipolar pulse over monopolar». The relationships between the functional state of the heart, TTI and the success of BPQS impulse depending on the dose of the discharge were not studied either.

In 2000—2002, in the USA and Western Europe first clinical research of the effectiveness of BP truncated exponential and rectilinear impulses were conducted, which were significantly different from BPQS impulse in their parameters (fig. 1—3). The above pulses were used for conducting the elective ECV in hemodynamically stable patients with AF duration, which in 85% of cases exceeds 48 hours — 6 months [10, 11].

The aim of the study: to investigate the efficacy of BPQS impulse with the energy from 40 up to 195 J in elimination of AF duration of up to 24—48 hours in patients with different clinical forms, course of IHD and transthoracic impedance.

## Material and methods

The study included 97 patients. The duration of episodes of AF from was 6 to 48 hours. The criteria of including patients in the study were: the presence of IHD with different clinical forms and course, including acute myocardial infarction, acute and chronic heart failure (HF) of different severity (Table 1). The criteria of excluding: pathology of the thyroid gland (thyrotoxicosis), hard

[1] In the early 90s of the last century BPQS impulse were named after its first authors — the Gurvich-Venin [3,8] pulse. Currently BPQS impulse continues to be used in Russia and Ukraine.

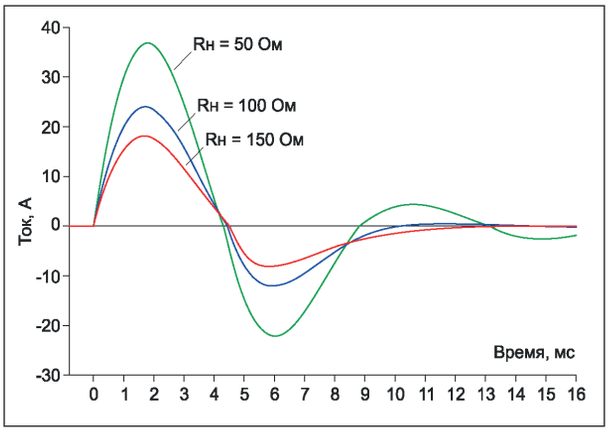


**Рис. 1. Вид (морфология) квазисинусоидального биполярного импульса (классический импульс Гурвича-Венина) при сопротивлении нагрузки 50, 100 и 150 Ом; номинальная энергия разряда 200 Дж.**
**Fig. 1. View (morphology) of the quasisinusoidal biphasic impulse (classical the Gurvich-Venin pulse) with resistance of on-load of 50, 100 and 150 Ohms; nominal discharge energy is 200 J.**

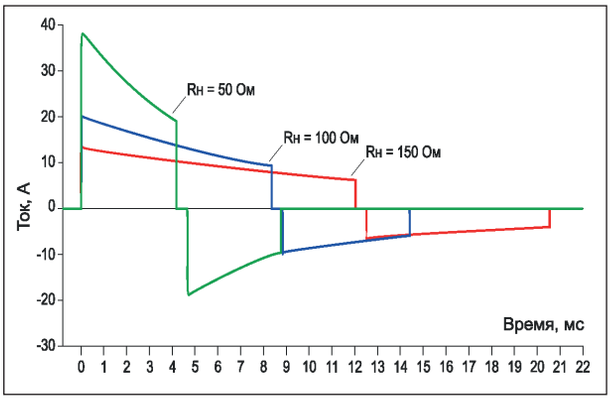


**Рис. 2. Вид (морфология) трапецеидального биполярного импульса при сопротивлении нагрузки 50, 100 и 150 Ом; номинальная энергия разряда 200 Дж.**
**Fig. 2. View (morphology) of the truncated exponential biphasic impulse with resistance of on-load of 50, 100 and 150 Ohms; nominal discharge energy is 200 J.**

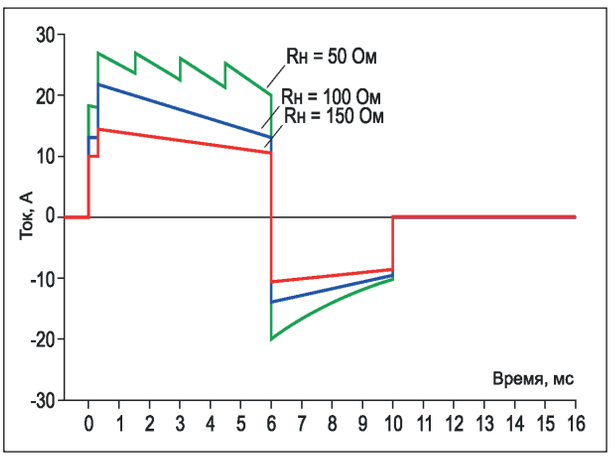


**Рис. 3. Вид (морфология) прямолинейный биполярного импульса при сопротивлении нагрузки 50, 100 и 150 Ом; номинальная энергия разряда 200 Дж.**
**Fig. 3. View (morphology) of the rectilinear biphasic pulse with resistance of on-load of 50, 100 and 150 Ohms; nominal discharge energy is 200 J.**

## Материал и методы

В исследование включено 97 больных. Длительность эпизодов ФП — от 6 до 48 ч. Критерии включения больных в исследование: наличие ИБС с различными клиническими формами и течением, включая острый инфаркт миокарда, острую и хроническую сердечную недостаточность (СН) различной степени тяжести (табл. 1).

Критерии исключения больных из исследования: наличие патологии щитовидной железы (тиреотоксикоз); трудно верифицируемые эпизоды ФП по данным поверхностной электрокардиограммы; короткие эпизоды трепетания предсердий во время подготовки к ЭКВ; некорректное расположение электродов дефибриллятора и их плохой контакт с кожным покровом грудной клетки. Для проведения ЭКВ использовали 2 модели дефибрилляторов, генерирующих БПКС импульсы со 2-й фазой, составляющей 50—60% от первой (рис. 1): аппарат ДКИ-Н 06 (НПП РЭМА, г. Львов) и BDC-5011P (Польша) [12].

Дефибрилляторы были оснащены измерительными модулями. Во время нанесения разрядов регистрировали параметры импульса: набираемую (Эн, Дж) и выделяемую (Эв, Дж) на больного энергии, амплитуду тока первой фазы импульса и СГК (Ом). Электроды дефибриллятора размещали в передне-боковой позиции. Диаметр электродов — 12/12 см. В качестве контактного материала использовали марлевые салфетки, смоченные гипертоническим раствором NaCl (~7%). В зависимости от состояния больного проводили неотложную[2] синхронизированную с QRS комплексом ЭКВ ($n$=82) или экстренную; последнюю в ряде случаев выполняли без синхронизации [13]. До проведения ЭКВ (кроме экстренной) больным вводили в/в: препараты калия и магния, и 46% — амиодарон. Для седации и анестезии использовали диазепам 10—20 мг, пропофол 2—4 мг/кг (до 200 мг) или их комбинацию. При наличии показаний вводили гепарин (~5000 ед.) или клексан (1 мг/кг массы тела) [14]. Перед нанесением 1-го разряда у 90% больных измеряли ожидаемое[3] СГК [15]. Если ожидаемое СГК было меньше 60 Ом, доза первого заряда составляла ⩽40 Дж, ес-

[2] К неотложной ЭКВ мы относили также случаи, когда состояние больного было относительно стабильным, но длительность ФП устойчивой к антиаритмической терапии превышала 24 ч [13].
[3] Ожидаемое СГК, измеряемое по методике [15], в зависимости от дозы разряда может превышать реальное СГК на ⩾5%.

to verify episodes of AF according to the surface electrocardiogram; short episodes of atrial flutter during preparation for ECV; incorrect arrangement of electrodes of defibrillator and their poor contact with the skin of the chest. For ECV 2 models of defibrillators were used, generating BPQS impulses with the 2nd phase, accounting for 50—60% of the first phase (figure 1): the device DKIC-06 (SPEREMA, Lvov) and BDC-5011P (Poland) [12].

The defibrillators were equipped with measuring modules. During the delivery of discharges the following impulse parameters were registered: storing (Es, J) and delivering (Ed, J) energies on the patient, the amplitude of the current of first-phase impulse and TTI (Om). Hand-held electrodes of defibrillator were placed in the anterolateral position. The diameter of the electrodes is 12/12 cm. The contact material was gauze soaked with hypertensive solution of NaCl (~7%). Depending on the patient condition synchronized with the QRS complex urgent[2] ($n$=82) or emergent ECV was conducted;

[2] Emergency ECV included cases where the patient's condition was relatively stable, but the duration of AF resistant to antiarrhythmic therapy exceeded 24 hours [12].

**Таблица 1. Характеристика больных**
**Table 1. Characteristics of patients**

| | Number of patients |
|---|---|
| Male/female, *n/n* | 52/45 |
| Age, years | 47—83 |
| The number of episodes of AF | 103 |
| The number of episodes of AF duration 6—24 h, *n*/(%) | 79/77 |
| Left atrial anteroposterior size, mm | 45±3,9 (39—56) |
| Left ventricular ejection fraction, % | 51±6,3 (31—60) |
| Acute myocardial infarction, *n*/(%)* | 18/19 |
| Postinfarction cardiosclerosis, *n*/(%) | 22 |
| Hypertension, *n*/(%) | 65/67 |
| Symptoms and clinical signs of heart failure, *n*/(%) | 91/94 |
| Clinically marked acute and chronic heart failure, *n/n*** | 11/13 |
| Severe acute and chronic heart failure, *n/n*** | 9/11 |
| Amiodarone, *n* | 45 |

**Примечание.** * — диагноз острого инфаркта миокарда выставляли согласно критериям Европейского общества кардиологов (2008 г.) с учетом клинических и электрокардиографических признаков, а также уровня в крови маркеров некроза миокарда; ** — диагноз отека легких и гидроторакса выставляли на основании клинических симптомов/признаков, рентгенологических данных, а также объективных признаков дисфункции сердца. Male/female — Мужчины/женщины; Age, years — возраст, годы; The number of episodes of atrial fibrillation (AF) — количество эпизодов фибрилляции предсердий (ФП); The number of episodes of AF duration 6—24 h — количество эпизодов ФП длительностью 6—24 ч; Left atrial anteroposterior size, mm — размер (переднезадний) левого предсердия, мм; Left ventricular ejection fraction — фракция выброса левого желудочков; Acute myocardial infarction — острая стадия инфаркта миокарда; Postinfarction cardiosclerosis — постинфарктный кардиосклероз; Hypertension — артериальная гипертензия; Symptoms and clinical signs of heart failure — симптомы и клинические признаки сердечной недостаточности; Clinically marked acute and chronic heart failure — клинически выраженная острая и хроническая сердечная недостаточность; Severe acute and chronic heart failure — тяжелая острая и хроническая сердечная недостаточность; Amiodarone — амиодарон.
**Note.** * — acute myocardial infarction was diagnosed according to the criteria of the European society of cardiology (2008) taking into account clinical and electrocardiographic signs, and levels of markers of necrosis of myocardium in blood; ** — pulmonary edema and hydrothorax were diagnosed on the basis of clinical symptoms and signs, X-ray data, and also objective evidence of dysfunction of the heart.

ли больше 60 Ом — 55—65 Дж; 2-го заряда, с учетом истинного СГК, — 55—85 Дж, 3-го заряда — 85—115 Дж; затем, если необходимо, наносили 4-й (Эн 140—165 Дж) и 5-й (Эн 195 Дж) разряды. Интервалы между разрядами составляли 0,5—1 мин. Успех ЭКВ оценивали по немедленному восстановлению синусового ритма или появлению, по крайней мере, 2 последовательных предсердных зубцов Р в течение 30 с после нанесения разряда [16]. У всех больных мониторировали электрокардиограмму, частоту сердечных сокращений и АД. Основная гипотеза исследования — у ~90% больных ИБС разряды БП квазисинусоидальной формы энергией ⩽115 Дж могут обеспечить суммарный успех ЭКВ ⩾85%. Статистический анализ данных проводили с использованием параметрических и непараметрических критериев: *t*-критерий Стьюдента, точный метод Фишера, сравнение относительных частот изучаемых признаков, корреляционный анализ связи между СГК и Эн; рассчитывали средние значения (*M*) и стандартные отклонения (*SD*) изучаемых параметров импульса и СГК. Различия считали статистически значимыми при уровне $p \leqslant 0{,}05$. Для статистического анализа использовали пакет прикладных программ Statistica/w 6.0 фирмы StatSoft Inc и Excel [17].

## Результаты и обсуждение

**Успех кардиоверсии ФП у больных с различными клиническими формами/течением ИБС.** Для устранения 70% эпизодов ФП потребовалось 1—2 разряда, 18,3% эпизодов — 3 разряда и 11,7% — 4—5 разрядов. Общий успех кардиоверсии составил 94,2%; при этом успех неотложной ЭКВ достигал 97,8% и экстренной — 81% ($p$=0,022). Успех ЭКВ у больных с клинически выраженной и тяжелой (острой/хронической) СН — 88,6%, с легкой степенью СН и без ее клинических признаков — 98% ($p$<0,05). По данным Collins R., Guiliani E. [18], успех МП импульса (200—360 Дж) при устранении персистирующей ФП у больных с СН 1—2 функ-

the latter in some cases was performed without synchronization [13]. Before conducting ECV (except cases of emergency) patients were administered with solutions of potassium and magnesium, and 46% — amiodarone. For sedation and anesthesia diazepam 10—20 mg, propofol 2—4 mg/kg (up to 200 mg) or their combination were administered. In case of a patient medical condition heparin (about 5000 units) or Clexane (1 mg/kg of body weight) was administered [14]. Before applying the 1st discharge expected[3] TTI of 90% of patients was measured [15]. If the expected TTI was <60 Ohm, the dose of the first charge was ⩽40 J, if more than 60 Ohm — 55—65 J; the 2nd charge, taking into account the true TTI, — 55—85J, the 3rd charge — 85—115 J; then, if necessary, 4th (Es 140—165 J) and 5th (Es 195J) discharges were delivered. The intervals between the discharges were 0.5—1 min. The success of ECV was evaluated by the immediate recovery of sinus rhythm or appearance of at least 2 consecutive atrial P wave within 30 seconds after delivery of discharge [16]. Electrocardiogram, heart rate and blood pressure of all patients were monitored. The primary hypothesis of the study was that in ~90% of patients with IHD discharges of BP quasisinusoidal waveform with energy ⩽115 J can ensure the cumulative success of ECV ⩾85%. The Statistical analysis of the data was performed using parametric and nonparametric criteria: Student's t test, Fisher exact test, a comparison of the relative frequencies of the studied parameters; Spearman's correlation coefficient was used to test the correlation between TTI and Es. For studied parameters of the impulse and TTI average values (*M*) and standard deviation (*SD*) were calculated. Differences at a value of $p \leqslant 0{,}05$ were considered statistically significant for all tests. For statistics analysis the software package Statistica/w 6.0 (StatSoft Inc) and Excel were employed [17].

## Results and Discussion

**The success of cardioversion of AF patients with different clinical forms/course of IHD.** The elimination of

[3] TTI expected, measured according to [14], depending on the dose of discharge may exceed the actual TTI by ⩽5%.

ционального классов (ФК) составил 89—87%, 3 и 4 ФК — 83 и 75%, соответственно. Успех БПКС импульса у больных в острой стадии инфаркта миокарда (ОИМ) составил 83%, величина эффективной Эн ⩽85 Дж. По данным G. Dalzell и соавт. [19], при использовании МП импульса у больных с ОИМ успех разрядов ⩽200 Дж составлял 55%. Минимальная эффективность БПКС импульса в нашем исследовании была зарегистрирована у больных с острым и хроническим альвеолярным отеком легких и гидротораксом: 73,5% (на 24,3% меньше, чем у больных без отека легких и гидроторакса, $p$<0,001). Следует отметить, что у 4 из 6 больных с острым альвеолярным отеком легких ЭКВ оказалась неэффективной. Одной из ведущих причин неэффективной ЭКВ у 4 больных с острым отеком легких и гидротораксом могло быть наличие большого количества жидкости в тканях и полостях, окружающих сердце. Об этом косвенно свидетельствует истинное СГК, которое в среднем было на 38% меньше, чем у больных без отека и гидроторакса, соответственно, 49 (диапазон 42—76) Ом и 79 (диапазон 47—143) Ом, $p$<0,001. Расчеты, проведенные на резистивной модели грудной клетки собаки, показали, что 50% уменьшение СГК, вызванное гидротораксом, существенно увеличивает шунтирование трансторакального тока вокруг сердца. Это приводит почти к двукратному уменьшению тока, протекающего через миокард. В связи с этим для успешной дефибрилляции потребуется значительное увеличение тока, проходящего через грудную клетку (в ~2 раза) [20,21]. Следует отметить, что по данным Lerman B. B., Deale O. C. [21], у кардиологических больных ($n$=10) при передне-боковом расположении электродов сердечная фракция тока составляла в среднем только ~4% (диапазон от 1 до 10%) от его трансторакальных значений. Таким образом, небольшое абсолютное изменение трансмиокардиального тока может значительно влиять на его эффективные трансторакальные значения. Учитывая полученные результаты и данные литературы, мы выдвинули рабочую гипотезу, согласно которой альвеолярный отек легких, как и гидроторакс, может вызывать существенное уменьшение предсердной фракции трансторакального тока и приводить к неэффективной ЭКВ.

**Дозозависимый успех ЭКВ биполярным квазисинусоидальным импульсом.** Первый этап исследования был посвящен анализу дозозависимой эффективности импульса у больных с ФП длительностью до 24 ч. В данной подгруппе оказались все больные с неэффективной ЭКВ ($n$=6). Результаты анализа показали очень высокий успех (90%) низкоэнергетических разрядов (Эн 40—85 Дж). Следует отметить, что это в ⩾2,3 раза меньше максимальной дозы энергии, выделяемой дефибриллятором. Вместе с тем, у больных с ФП длительностью 28—48 ч ~90% эффективность ЭКВ отмечалась при нанесении 3 (13%) больным разрядов большей энергии (Эн 115 Дж). По данным J. Reisinger и соавт [22], успех первого разряда БП трапецеидальной формы (рис. 2) при устранении ФП длительностью до

70% of AF episodes required 1—2 discharges, 18,3% episodes — 3 discharges, 11.7% — 4—5 discharges. The overall success of cardioversion amounted to 94.2%; and the success of the urgent ECV reached 97.8% and emergent — 81% ($p$=0.022). The success of ECV patients with clinically marked and heavy (acute/chronic) HF is 88.6%, with a mild HF and without clinical signs — 98% ($p$<0,05). According to the data [18], the success of the MP impulse (200-360) during the elimination of persistent AF in patients with HF 1—2 functional class (FC) was 89—87%, 3 and 4 FC — 83 and 75% respectively. The Success of BPQS impulse in patients with the acute phase of myocardial infarction (MI) was 83%, the value of effective Es ⩽85 J. According to G. Dalzell and coauthors [19], when using MP impulse in patients with AMI the success of the discharges ⩽200 J was 55%. In our study minimal efficiency of BPQS impulse was registered in patients with acute and chronic alveolar pulmonary edema and hydrothorax: 73,5% (on 24,3% less than in patients without pulmonary edema and hydrothorax, $p$<0.001). It should be noted that in 4 out of 6 patients with acute alveolar edema of lungs ECV was not effective. One of the main reasons of noneffective ECV in 4 patients with acute pulmonary edema and hydrothorax could be a large amount of fluid in the tissues and cavities surrounding the heart. Real TTI which on average was by 38% less than in patients without pulmonary edema and hydrothorax, respectively 49 (range 42—76) Ohm and 79 (range 47—143) Ohm ($p$<0.001), demonstrates it indirectly. Estimations performed in a resistance model chest of a dog [20, 21], showed that a 50% reduction of TTI, caused by pleural effusion, considerably increased shunt of transthoracic current around the heart. This resulted in almost a twofold reduction of current going through the myocardium. In this connection, it was necessary to increase considerably (almost twice) the current passing through the chest for successful defibrillation. It should be noted that according to data [21], in cardiology patients ($n$=10) with anterolateral position of electrodes heart fraction of the current about 4% (range from 1 to 10%) of was its transthoracic values. Thus, the small absolute changes of transmyocardial current can significantly impact its effective transthoracic values. Considering the results obtained and the literature data, we put forward a hypothesis according to which the alveolar pulmonary edema, as a hydrothorax, may cause a significant decrease of atrial fraction of transthoracic current and lead to noneffective ECV.

**Dose-dependent success of ECV by bipolar quasisinusoidal impulse.** The first stage of the research was devoted to the analysis of dose dependent effectiveness of impulse in patients with AF lasting up to 24 hours. In this subgroup all the patients were characterized non-effective ECV ($n$=6). The results showed a very high success (90%) of lowenergy discharges (Ea 40—85 J). It should be noted that this was 2.3 times less than the maximum dose of energy released by defibrillator. However, in patients with AF lasting 28—48 h ~ 90% by the effectiveness of the ECV was registered when discharges of greater energy (Es 115J) were applied to 13% of patients.

**Таблица 2. Дозозависимый успех электрической кардиоверсии биполярным квазисинусоидальным импульсом пароксизмальной фибрилляции предсердий длительностью 6—48 ч у 97 больных ишемической болезнью сердца (103 эпизода)**
**Table 2. Dose-dependent success of ECV by bipolar quasisinusoidal impulse of paroxysmal atrial fibrillation with the duration of 6—48 hours in 97 patients with ischemia heart disease (103 episode)**

| Dose of charge, J | Success of the ECV (%) |
|---|---|
| ⩽40 | 41 |
| ⩽55 | 64 |
| ⩽75 | 78,6 |
| ⩽85 | 87,4 |
| ⩽115 | 90,3 |
| ⩽145 | 92 |
| ⩽165 | 93 |
| ⩽195 | 94,2* |

**Примечание.** * — 95% ДИ 89,6—98,8%. Dose of charge, J — доза заряда, Дж; Success of the electrical cardioversion (ECV) (%) — успех электроимпульсной терапии (ЭИТ) (%). **Note.** * — 95% confidence interval 89,6—98,8%.

**Таблица 3. Значения параметров биполярного квазисинусоидального импульса во время устранения 103 эпизодов фибрилляции предсердий длительностью до 6—48 ч (*M±SD* и диапазон колебаний)**
**Table 3. The values of parameters of biphasic quasisinusoidal pulse during the elimination of 103 episodes of atrial fibrillation with duration of up 6—48 hours (*M±SD* and range)**

| Stored energy charge, J | Delivered energy during discharge, J | Peak current, A | Transthoracic impedance, Ohm |
|---|---|---|---|
| 63,5±31 (30—195) | 55,2±30 (28—190) | 14,5±4,9 (6—36) | 77±17 (42—143) |

**Примечание.** Stored energy charge, J — набираемая энергия заряда, Дж; Delivered energy during discharge, J — выделяемая энергия во время разряда, Дж; Peak current, A — величина пикового тока, A; Transthoracic impedance, Ohm — сопротивление грудной клетки, Ом.

48 ч у больных[4] со стабильной гемодинамикой, среди которых у 58% была нормальная функция левого желудочка, оказался следующим: 100 Дж — 83%, 150 Дж — 91% и 200 Дж — 96%. В табл. 2 представлен суммарный дозозависимый успех ЭКВ импульсом БП квазисинусоидальной формы во время устранения пароксизмальной ФП длительностью до 24—48 ч. Следует отметить, что разряды максимальной энергии (Эн 195 Дж) наносили 7 из 97 больных, однако эффективным он оказался только у одного. Из указанных 7 больных 5 проводили экстренную ЭКВ в связи с развитием у 4 острого альвеолярного отека легких и у одного с двухсторонним гидротораксом — гипотензии. Последнее, вероятно, свидетельствует о доминирующем влиянии у 5 вышеуказанных больных тяжелой дисфункции левого желудочка на отрицательный результат ЭКВ.

Таким образом, при использовании квазисинусоидального импульса немедленный успех ЭКВ был зарегистрирован при устранении 97 из 103 (94,2%) эпизодов ФП. У 6 больных ФП рецидивировала в течение 10 мин после восстановления синусового ритма; из них у 4 — в острой стадии ИМ и/или на фоне острого отека легких.

В табл. 3 представлены значения основных параметров квазисинусоидального импульса, зарегистрированные во время проведения ЭКВ. Как видно из табл., при нанесении эффективных разрядов выделяе-

[4] Число больных с ИБС — 19%, неишемической кардиомиопатией — 8%, артериальной гипертензией — 41%, патологией клапанов сердца — 10%, другие заболевания — 9% и без патологии сердца — 10% [22].

According to J. Reisinger and coauthors. [22], the success of the first discharges of BP of truncated exponential waveform (figure 2) in eliminating AF of up to 48 hour duration in patients[4] with stable hemodynamic, among whom 58% had normal function of the left ventricle, was as follows: 100J—83%, 150J—91% and 200J—96%. Table. 2 demonstrates the cumulative dose-dependent success of ECV by impulse BPQS of waveform during the elimination of paroxysmal AF of up to 24—48 hour duration. It should be noted that the discharges of maximum energy (Ea 195 J) were applied to 7 out of 97 patients, however, maximum discharge was effective only in one patient. Five out of 7 patients were subjected to emergency ECV in connection with the development of acute alveolar edema of the lungs in 4 patients and one with two-side hydrothorax — hypotension. The latter probably indicates a dominant impact of serious dysfunction of the left ventricle on the negative result of ECV in 5 patients.

Therefore, when using quasisinusoidal pulse the immediate success of ECV was registered in 97 out of 103 (94.2%) episodes of AF. In 6 patients AF recurrented within 10 minutes after the restoration of sinus rhythm, in 4 patients AF recurrented in the acute stage of MI and/or in of acute pulmonary edema.

Table 3 shows the values of the main parameters of quasisinusoidal impulse registered during the ECV. When applying effective discharges the energy delivered on the patients was less than stored (in average 13%, range 4—21%).

[4] Number of patients with IHD — 19%, nonischemic cardiomyopathy — 8%, hypertension — 41%, valvular heart disease — 10%, other — 9% and none disease — 10% [21].

**Таблица 4. Влияние сопротивления грудной клетки на дозозависимый успех электрической кардиоверсии (ЭКВ) импульсом биполярной квазисинусоидальной формы у больных с фибрилляцией предсердий ⩽ 48 ч.**
**Table 4. Impact of transthoracic impedance on a dose-dependent success of electrical cardioversion (ECV) bipolar quasisinusoidal impulse in patients with atrial fibrillation ⩽ 48 h.**

| Delivered energy, J | Without non-effective ECV | | | With non-effective ECV | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Success, % TTI, Ohms | | Differences#, % | Success, % TTI, Ohms | | Differences#, % |
| | <70 | ⩽70 | | <70 | ⩽70 | |
| ⩽43 | 72 | 33 | 39* | 67 | 32 | 35* |
| ⩽58 | 88 | 59 | 29* | 83 | 51 | 32* |
| ⩽69 | 90 | 69 | 21* | 87 | 64 | 23* |
| ⩽80 | 93 | 86 | 7 | 87 | 79 | 8 |
| ⩽85 | 96 | 97 | -1 | 90 | 85 | 5 |
| ⩽110 | 96 | 100 | -4 | 90 | 91 | -1 |
| ⩽156 | 100 | | | 93 | 91 | -1 |
| ⩽190 | | | | 97 | 92 | 5 |

**Примечание.** # — различия между подгруппами; * — $p$<0,05—0,002. Delivered energy, J — доза энергии, Дж; Without non-effective ECV — без отрицательных кардиоверсий; With non-effective ECV — с отрицательными кардиоверсиями разрядов; Success — успех ЭКВ; Differences — различия; Transthoracic impedance (TTI), Ohms — сопротивление грудной клетки, Ом.

мая на больных энергия была меньше набираемой (в среднем — на 13%, диапазон 4—21%).

**Влияние сопротивления грудной клетки на эффективность БП квазисинусоидального импульса.** По данным корреляционного анализа, между СГК и величиной эффективной энергии (Эн) существует умеренная положительная нелинейная связь ($r$=0,33, $p$<0,05); при включении в статистику больных с отрицательной ЭКВ ($n$=6) значение коэффициента корреляции уменьшалось до 0,26 ($p$<0,05). Поскольку СГК больных находилось в очень широком диапазоне (42—143 Ом), мы провели исследование его влияния на дозозависимую эффективность БП импульса. Для решения этой задачи больных в зависимости от СГК распределяли в следующие подгруппы: ⩽60 и >60, <70 и ⩾70, <80 Ом и ⩾80 Ом. Первоначально анализ проводили у больных с эпизодами ФП до 24 ч и затем — до 48 ч, включая и исключая неэффективные ЭКВ. После оценки результатов первого этапа исследования мы выдвинули следующее положение: существует критическая величина эффективной энергии, выше которой у ~90% больных СГК ⩾70 Ом не будет оказывать существенного влияния на дозозависимый успех ЭКВ. Эта энергия оказалась равной ~85 Дж. Влияние сопротивления (<70 и ⩾70 Ом) на дозозависимую эффективность БПКС импульса у больных с ФП⩽48 ч представлено в табл. 4. Как видно из табл., СГК оказывает существенное влияние на эффективность разрядов только относительно небольшой энергии (меньше 85 Дж). Так, при значениях СГК 42—67 Ом успех разрядов с выделяемой энергией ⩽40—70 Дж достигал 87%, и при 70—143 Ом — 64% ($p$<0,01). С увеличением энергии разрядов (Эв) до 80 Дж межгрупповые различия в успехе ЭКВ уменьшаются до 8% и становятся статистически не значимы. Полученные результаты согласуются с данными литературы [11, 19].

Представленные выше и ранее полученные нами данные позволяют сделать вывод о том, что уменьшение у «высокоомных» больных СГК увеличивает эффективность низкоэнергетических разрядов и, возможно, общий успех ЭКВ. Один из самых простых

**Impact of transthoracic impedance on the efficacy of BP quasisinusoidal impulse.** According to the data of correlation analysis between TTI and the value of the effective energy (Es) there is a moderate positive nonlinear relation ($r$=0.33, $p$<0.05). When patients with non-effective ECV ($n$=6) were included the value of the correlation coefficient decreased to 0.26 ($p$<0.05). Since TTI values were in a very wide rage in patients were in a very wide range (42—143 Ohms), we conducted a study of its impact on dose dependent efficiency of BPQS impulse. To solve this problem the patients depending on the TTI were divided into the following subgroups: ⩽60 and >60, <70 and of ⩾70, <80 Ohms and ⩾80 Ohms. Originally analysis was conducted of patients with episodes of AF to 24 hours and then up to 48 hours, including and excluding non-effective ECV. After evaluating the results of the first stage of the research we put forward the following proposition: there is a critical value of the effective energy, above which TTI > 70 Ohm will not have an essential impact on dose dependent efficacy ECV in 90% of patients. This energy was equal to 85 J. The impact of TTI (<70 and of ⩾70 Ohms) on dose dependent efficiency of BPQS impulse in patients with AF⩽48 hours is shown in table 4. As seen from the table, TTI has a significant impact on the effectiveness of only a relatively small energy discharges (less than 85 J). So, with the values of TTI 42—67 Ohm, the success of the discharges with the delivered energy ⩽40—70 J reached 87%, and 70—143 Om — 64% ($p$<0.01). With increasing energy discharges (Ed) to 80 J inter-group differences in the success of ECV decreased to 8% and become statistically insignificant. The results obtained are consistent with the literature data [11, 18].

Presented and previously obtained by us data demonstrate that the decrease in the «highly ohm» patients TTI increases the effectiveness of low-energy discharges and, perhaps, the overall success of ECV. One of the easiest ways to decrease TTI is to low resistance contact material between electrodes and the skin of patients, in particular gauze napkin soaked with not physiological, but hypertensive solution of NaCl (~7%) [23].

Complications of ECV:

способов уменьшения СГК — использование между электродами и кожным покровом больных низкоомного контактного материала, в частности, марлевых салфеток, смоченных не физиологическим, а гипертоническим раствором NaCl (~7%) [23].

Осложнения электроимпульсной терапии:

а) во время устранения 2 эпизодов ФП развивалась фибрилляция желудочков (0,98%), которую в течение 15—20 с устраняли очередным разрядом.

б) у 3 больных, получавших амиодарон, после нанесения эффективного разряда (85—115 Дж) в течение 20—30 с регистрировали брадикардию (ЧСС 30—40 в мин) с паузами 3—5 с.

## Заключение

Таким образом, устранение фибрилляции предсердий (в т. ч. на догоспитальном этапе) имеет важное значение в целях снижения летальности при острых нарушениях коронарного кровообращения [24].

Для устранения пароксизмальной ФП длительностью 6—24 часа 90% больных достаточно наносить биполярные квазисинусоидальные импульсы небольшой энергии (Эн ≤85 Дж). С увеличением длительности аритмии до 48 ч 90% успех ЭКВ обеспечивается разрядами, энергия которых (Эн) не превышает 115 Дж. При этом общий успех неотложной ЭКВ разрядами до 195 Дж достигает 97,8% и экстренной — 81%. Успех ЭКВ у больных с клинически выраженной и тяжелой (острой/хронической) СН составляет 88,6%, с легкой степенью СН и без ее клинических признаков — 98%. Успех ЭКВ у больных в острой стадии инфаркта миокарда — 83%. Минимальная эффективность квазисинусоидального импульса (73,5%) зарегистрирована у больных с острым и хроническим альвеолярным отеком легких и гидротораксом. Сопротивление грудной клетки от 70 до 142 Ом (по сравнению с меньшими значениями: 42—67 Ом) существенно уменьшает эффективность разрядов только относительно небольшой энергии (40—70 Дж).

**Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры биомедицинских систем Национального исследовательского университета «МИЭТ» за техническую помощь при проведении исследования.**

### Литература


1. *Гурвич Н.Л., Макарычев В.А.* Дефибрилляция сердца двухфазными электрическими импульсами. *Кардиология.* 1967; 7 (7): 109–112. PMID: 5607155
2. *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; 11 (8): 126–130. PMID: 5160868
3. *Востриков В.А., Горбунов Б.Б.* Отечественная история дефибрилляции сердца. *Общая реаниматология.* 2012; 8 (3): 63–68.
4. *Vostrikov V.A., Holin P.V., Razumov K.V.* Efficiency of biphasic waveforms in transthoracic ventricular defibrillation of man. Proceedings of a symposium Eighth Purdue Conference on Cardiac Defibrillation Symposium abstract: V biphasic defibrillation. *Am. Heart. J.* 1994; 128 (3): 638.
5. *Vostrikov V.A., Razumov K.V., Holin P.V.* Transthoracic ventricular defibrillation of humans: efficiency of biphasic waveform. 15th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine. Brussels, March 21—24, 1995. Posters. *Clin. Intensive Care.* 1995; 6 (2 Suppl.): 84.


a) during the elimination of 2 episodes of AF ventricular fibrillation developed (0,98%), which, within 15—20 sec was abrogated by the next discharge.

b) in 3 patients who received amiodarone, after the application of effective discharge (85—115J) bradycardia was registered at a within 20—30 seconds (heart rate of 30—40 per min) with 3—5 second pauses.

## Conclusion

Therefore liquidation of defibrillation at any time including the pre-hospital stay is crucial for preventing lethality in acute alteratiom of coronary circulation [24].

To eliminate paroxysmal AF of 6—24 hour duration in 90% of patients it was necessary to deliver bipolar quasisinusoidal impulse of low energy (Es ≤85 J). With increasing duration of AF to 48 hours 90% success of ECV is achieved by discharges the energy of which does not exceed 115 J. The overall efficacy of the urgent ECV by discharges of up to 195 J reaches 97,8% and in emergency — 81%. The success of ECV in patients with clinically significant and severe (acute/chronic) HF comes to 88.6%, with a mild HF and without its clinical signs — 98%. The success of ECV of patients with the acute myocardial infarction comes to 83%. Minimum efficiency of quasisinusoidal impulse (73,5%) was registered in patients with acute and chronic alveolar edema of the lungs and hydrothorax. TTI from 70 to 142 Ohm (compared with smaller values: 42—67 Ohms) significantly decreases the efficiency of discharges of relatively not large amount of energy (40—70 J).

**The authors express their gratitude to the staff of Biomedical Systems Department at the National Research University «MIET» (Moscow) for technical assistance in conducting the research.**

### References


1. *Gurvich N.L., Makarychev V.A.* Defibrillyatsiya serdtsa dvukhfaznymi elektricheskimi impulsami. [Defibrillation of the heart with biphasic electric impulsation]. *Kardiologiya.* 1967; 7 (7): 109–112. PMID: 5607155. [In Russ.]
2. *Gurvich N.L., Tabak V.Ya., Bogushevich M.S., Venin I.V., Makarychev V.A.* Defibrillyatsiya serdtsa dvukhfaznym impulsom v eksperimente i klinike. [Biphasic impulse heart defibrillation under experimental and clinical conditions]. *Kardiologiya.* 1971; 11 (8): 126–130. PMID: 5160868. [In Russ.]
3. *Vostrikov V.A., Gorbunov B.B.* Otechestvennaya istoriya defibrillyatsii serdtsa. *Obshchaya Reanimatologiya.* [Russian history of cardiac defibrillation: the anniversary year 2012. *General Reanimatology*]. 2012; 8 (3): 63–68. [In Russ.]
4. *Vostrikov V.A., Holin P.V., Razumov K.V.* Efficiency of biphasic waveforms in transthoracic ventricular defibrillation of man. Proceedings of a symposium Eighth Purdue Conference on Cardiac Defibrillation Symposium abstract: V biphasic defibrillation. *Am. Heart. J.* 1994; 128 (3): 638.
5. *Vostrikov V.A., Razumov K.V., Holin P.V.* Transthoracic ventricular defibrillation of humans: efficiency of biphasic waveform. 15th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine. Brussels, March 21—24, 1995. Posters. *Clin. Intensive Care.* 1995; 6 (2 Suppl.): 84.
6. *Greene H.L., DiMarco J.P., Kudenchuk P.J., Scheinman M.M., Tang A.S., Reiter M.J., Echt D.S., Chapman P.D., Jazayeri M.R., Chapman F.W., Mahboob A., Johnsona J.L., Niskanen R.A.* Comparison of monophasic and biphasic defibrillating pulse waveforms for transthoracic cardioversion. *Am. J. Cardiol.* 1995; 75 (16): 1135–1139. http://dx.doi.org/10.1016/S0002—9149(99)80745—0. PMID: 7762500
7. *Vostrikov V.A.* Effektivnost i bezopasnost elektricheskoi defibrillyatsii zheludochkov serdtsa: eksperiment i klinika. *Obshchaya Reanimatologiya.* [Efficacy and safety of electrical ventricular defibrillation: the experiment and clinic. *General Reanimatology*]. 2012; 8 (4): 79–87. [In Russ.]

6. *Greene H.L., DiMarco J.P., Kudenchuk P.J., Scheinman M.M., Tang A.S., Reiter M.J., Echt D.S., Chapman P.D., Jazayeri M.R., Chapman F.W., Mahboob A., Johnsona J.L., Niskanen R.A.* Comparison of monophasic and biphasic defibrillating pulse waveforms for transthoracic cardioversion. *Am. J. Cardiol.* 1995; 75 (16): 1135–1139. http://dx.doi.org/10.1016/S0002–9149(99)80745–0. PMID: 7762500

7. *Востриков В.А.* Эффективность и безопасность электрической дефибрилляции желудочков сердца: эксперимент и клиника. *Общая реаниматология.* 2012; 8 (4): 79–87.

8. *Венин И.В., Гурвич Н.Л., Олифер Б.М., Пасичник Т.В., Савельев В.И., Сидоров В.Н., Цукерман Б.М., Шерман А.М.* Дефибриллятор. Авторское свидетельство СССР № 258526 с приоритетом от 5.05.1968 г. *Бюл. изобретений и товарных знаков.* 1970; 1.

9. *Лукошевичуте А.И., Печюлене И., Дулевичюс З.П.* Сравнительная эффективность монополярного и биполярного импульсов дефибриллятора при лечении предсердной аритмии в клинике. *Анестезиология и реаниматология.* 1979; 1: 54–56. PMID: 434560

10. *Mittal S., Ayati S., Stein K., Schwartzman D., Cavlovich D., Tchou P.J., Markowitz S.M., Slotwiner D.J., Scheiner M.A., Lerman B.B.* Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. Comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. *Circulation.* 2000; 101 (11): 1282–1287. http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.101.11.1282. PMID: 10725288

11. *Page R.L., Kerber R.E., Russell J.K., Trouton T., Waktare J., Gallik D., Olgin J.E., Ricard P., Dalzell G.W., Reddy R., Lazzara R., Lee K., Carlson M., Halperin B., Bardy G.H.* Biphasic versus monophasic shock waveform for conversion of atrial fibrillation: the results of an international randomized, double-blind multicenter trial. *J. Am. Col. Cardiol.* 2002; 39 (12): 1956–1963. http://dx.doi.org/10.1016/S0735–1097(02)01898–3. PMID: 12084594

12. *Востриков В.А., Сыркин А.Л.* Электроимпульсная терапия фибрилляции предсердий. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2008; 1 (3): 9–14.

13. *Востриков В.А., Горбунов Б.Б.* Игорь Викторович Венин и его вклад в разработку отечественных дефибрилляторов: прошлое и настоящее. *Общая реаниматология.* 2013; 9 (5): 68–73.

14. *Antonielli E., Dogliani S., Bassignana A., Coppolino A., Correndo L., Bricco G., Pancaldo D., Doronzoet B.* Safety of cardioversion without anticoagulation prophylaxis in patients with atrial fibrillation of short duration (<2days). *Eur. Heart J.* 2007; 28 (Suppl. 1): 533, P3290.

15. *Geddes L.A., Tacker W., Shoenbein W., Minton M., Grubbs S., Wilcox P.* The prediction of the impedance of the thorax to defibrillating current. *Med. Instrum.* 1976; 10 (3): 159–162. PMID: 1272091

16. *European Heart Rhythm Association, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Camm A.J., Kirchhof P., Lip G.Y., Schotten U., Savelieva I., Ernst S., Van Gelder I.C., Al-Attar N., Hindricks G., Prendergast B., Heidbuchel H., Alfieri O., Angelini A., Atar D., Colonna P., De Caterina R., De Sutter J., Goette A., Gorenek B., Heldal M., Hohloser S.H., Kolh P., Le Heuzey J.Y., Ponikowski P., Rutten F.H.* Guidelines for the management of atrial fibrillation: the Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2010; 31 (19): 2369–2429. http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehq278. PMID: 20802247

17. *Реброва О.Ю.* Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М.: Медиа Сфера; 2006.

18. *Collins R., Guiliani E.* Atrial defibrillation in the U.S.: experience at the Mayo clinic 1975. In.: Cardiac defibrillation conference. Purdue University, West Lafayette, Indiana, October 1–3. 1975: 21–25.

19. *Dalzell G.W., Anderson J., Adgey A.A.* Factors determining success and energy requirements for cardioversion of atrial fibrillation: revised version. *Q. J. Med.* 1991; 78 (285): 85–95. PMID: 1670068

20. *Deale O.C., Lerman B.B.* Intrathoracic current flow during transthoracic defibrillation in dogs. Transcardiac current fraction. *Circ. Res.* 1990; 67 (6): 1405–1419. http://dx.doi.org/10.1161/01.RES.67.6.1405. PMID: 2245502

21. *Lerman B.B., Deale O.C.* Relation between transcardiac and transthoracic current during defibrillation in humans. *Circ. Res.* 1990; 67 (6): 1420–1426. http://dx.doi.org/10.1161/01.RES.67.6.1420. PMID: 2245503

22. *Reisinger J., Gstrein C., Winter T., Zeindlhofer E., Höllinger K., Mori M., Schiller A., Winter A., Geiger H., Siostrzonek P.* Optimization of initial energy for cardioversion of atrial tachyarrhythmias with biphasic shocks. *Am. J. Emerg. Med.* 2010; 28 (2): 159–165. http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2008.10.028. PMID: 20159384

23. *Разумов К.В., Востриков В.А., Холин П.В.* Способ оптимизации электроимпульсной терапии жизнеопасных аритмий у больных с ишемической болезнью сердца. *Анестезиология и реаниматология.* 2003; 6: 45–47. PMID: 14991980

24. *Долгих В.Т., Епифанов В.Г.* Фибрилляция предсердий на догоспитальном этапе: клинико-экономические аспекты. *Общая реаниматология.* 2012; 8 (5): 24–30.


**Поступила 26.08.2013**


8. *Venin I.V., Gurvich N.L., Olifer B.M., Pasichnik T.V., Savelyev V.I., Sidorov V.N., Tsukerman B.M., Sherman A.M.* Defibrillyator. Avtorskoe svidetelstvo SSSR №258526 s prioritetom ot 5.05.1968 g. [A defibrillator. USSR author's certificate No. 258526 with priority of May 5, 1968]. *Byulleten Izobretenii i Tovarnykh Znakov.* 1970; 1. [In Russ.]

9. *Lukoshevichute A.I., Pechyulene I., Dulevichyus Z.P.* Sravnitelnaya effektivnost monopolyarnogo i bipolyarnogo impulsov defibrillyatora pri lechenii predserdnoi aritmii v klinike. [Comparative effectiveness of the mono- and bipolar impulses of a defibrillator in the clinical treatment of atrial arrhythmia]. *Anesteziologiya i Reanimatologiya.* 1979; 1: 54–56. PMID: 434560. [In Russ.]

10. *Mittal S., Ayati S., Stein K., Schwartzman D., Cavlovich D., Tchou P.J., Markowitz S.M., Slotwiner D.J., Scheiner M.A., Lerman B.B.* Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. Comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. *Circulation.* 2000; 101 (11): 1282–1287. http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.101.11.1282. PMID: 10725288

11. *Page R.L., Kerber R.E., Russell J.K., Trouton T., Waktare J., Gallik D., Olgin J.E., Ricard P., Dalzell G.W., Reddy R., Lazzara R., Lee K., Carlson M., Halperin B., Bardy G.H.* Biphasic versus monophasic shock waveform for conversion of atrial fibrillation: the results of an international randomized, double-blind multicenter trial. *J. Am. Col. Cardiol.* 2002; 39 (12): 1956–1963. http://dx.doi.org/10.1016/S0735–1097(02)01898–3. PMID: 12084594

12. *Vostrikov V.A., Syrkin A.L.* Elektroimpulsnaya terapiya fibrillyatsii predserdii. [Electrical pulse therapy for atrial fibrillation]. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2008; 1 (3): 9–14. [In Russ.]

13. *Vostrikov V.A., Gorbunov B.B.* Igor Viktorovich Venin i ego vklad v razrabotku otechestvennykh defibrillyatorov: proshloe i nastoyashchee. *Obshchaya Reanimatologiya.* [Igor Viktorovich Venin and his contribution to the design of Russian defibrillators. *General Reanimatology*]. 2013; 9 (5): 68–73. [In Russ.]

14. *Antonielli E., Dogliani S., Bassignana A., Coppolino A., Correndo L., Bricco G., Pancaldo D., Doronzoet B.* Safety of cardioversion without anticoagulation prophylaxis in patients with atrial fibrillation of short duration (<2 days). *Eur. Heart J.* 2007; 28 (Suppl. 1): 533, P3290.

15. *Geddes L.A., Tacker W., Shoenbein W., Minton M., Grubbs S., Wilcox P.* The prediction of the impedance of the thorax to defibrillating current. *Med. Instrum.* 1976; 10 (3): 159–162. PMID: 1272091

16. *European Heart Rhythm Association, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Camm A.J., Kirchhof P., Lip G.Y., Schotten U., Savelieva I., Ernst S., Van Gelder I.C., Al-Attar N., Hindricks G., Prendergast B., Heidbuchel H., Alfieri O., Angelini A., Atar D., Colonna P., De Caterina R., De Sutter J., Goette A., Gorenek B., Heldal M., Hohloser S.H., Kolh P., Le Heuzey J.Y., Ponikowski P., Rutten F.H.* Guidelines for the management of atrial fibrillation: the Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2010; 31 (19): 2369–2429. http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehq278. PMID: 20802247

17. *Rebrova O.Yu.* Statistichesky analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh program Statistica. [Statistical analysis of medical data. Use of a package of applied Statistica programs]. Moscow: Media Sfera; 2006. [In Russ.]

18. *Collins R., Guiliani E.* Atrial defibrillation in the U.S.: experience at the Mayo clinic 1975. In.: Cardiac defibrillation conference. Purdue University, West Lafayette, Indiana, October 1–3. 1975: 21–25.

19. *Dalzell G.W., Anderson J., Adgey A.A.* Factors determining success and energy requirements for cardioversion of atrial fibrillation: revised version. *Q. J. Med.* 1991; 78 (285): 85–95. PMID: 1670068

20. *Deale O.C., Lerman B.B.* Intrathoracic current flow during transthoracic defibrillation in dogs. Transcardiac current fraction. *Circ. Res.* 1990; 67 (6): 1405–1419. http://dx.doi.org/10.1161/01.RES.67.6.1405. PMID: 2245502

21. *Lerman B.B., Deale O.C.* Relation between transcardiac and transthoracic current during defibrillation in humans. *Circ. Res.* 1990; 67 (6): 1420–1426. http://dx.doi.org/10.1161/01.RES.67.6.1420. PMID: 2245503

22. *Reisinger J., Gstrein C., Winter T., Zeindlhofer E., Höllinger K., Mori M., Schiller A., Winter A., Geiger H., Siostrzonek P.* Optimization of initial energy for cardioversion of atrial tachyarrhythmias with biphasic shocks. *Am. J. Emerg. Med.* 2010; 28 (2): 159–165. http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2008.10.028. PMID: 20159384

23. *Razumov K.V., Vostrikov V.A., Kholin P.V.* Sposob optimizatsii elektroimpulsnoi terapii zhizneopasnykh aritmii u bolnykh s ishemicheskoi boleznyu serdtsa. [Optimisation of electroimpulse therapy of life threatening arrhythmia in patients with ischemic heart disease]. *Anesteziologiya i Reanimatologiya.* 2003; 6: 45–47. PMID: 14991980. [In Russ.]

24. *Dolgikh V.T., Epifanov V.G.* Fibrillyatsiya predserdii na dogospitalnom etape: kliniko-ekonomicheskie aspekty. *Obshchaya Reanimatologiya.* [Prehospital atrial fibrillation: clinical and economic aspects. *General Reanimatology*]. 2012; 8 (5): 24–30. [In Russ.]


**Submited 26.08.2013**