

Дефибрилляция: история и перспективы

Г.О. Исаев[✉], А.А. Васин, О.Ю. Миронова

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Аннотация

В статье изложена история открытия явлений фибрилляции и дефибрилляции, основные этапы становления концепции дефибрилляции. Описаны различия механизмов действия дефибрилляторов разных типов. Обсуждены современные тенденции и перспективные технологии, касающиеся дефибрилляторов.

Ключевые слова: фибрилляция, дефибрилляция, механизмы действия дефибрилляторов, история развития дефибрилляции

Для цитирования: Исаев Г.О., Васин А.А., Миронова О.Ю. Дефибрилляция: история и перспективы. Терапевтический архив. 2021; 93 (9): 1138–1143. DOI: 10.26442/00403660.2021.09.201030

HISTORY OF MEDICINE

History and perspectives of the defibrillation

Georgy O. Isaev[✉], Andrey A. Vasin, Olga Iu. Mironova

Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract

History of the discovery of fibrillation and defibrillation, stages of the development of the concept of defibrillation are described in the article. The differences in mechanisms of different types of defibrillation are given here. The modern state of defibrillation and future trends are discussed in our article.

Keywords: fibrillation, defibrillation, mechanisms of action of defibrillators, history of the development of defibrillation

For citation: Isaev GO, Vasin AA, Mironova Olu. History and perspectives of the defibrillation. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2021; 93 (9): 1138–1143. DOI: 10.26442/00403660.2021.09.201030

Введение

Электрическая дефибрилляция миокарда на сегодняшний день является неотъемлемой частью современной кардиологии и реаниматологии. Внезапная сердечная смерть, вызванная фибрилляцией желудочков, – одна из ведущих причин смертности в мире. История открытия дефибрилляции и разработки аппаратов для ее проведения намного длиннее, чем может показаться на первый взгляд. Человека всегда интересовала возможность воскрешения мертвых, дефибрилляция частично способна дать эту возможность. Процесс становления дефибрилляции отражает историю медицины в целом, он полон как мистических методов возвращения к жизни, трудно понятных механизмов, случайных открытий, так и международной политики и взаимодействия с другими науками. В нашей статье мы хотим провести краткий экскурс в историю данной тематики и показать, какие перспективы ждут дефибрилляцию в будущем.

Открытие механизмов фибрилляции

История появления концепции дефибрилляции неразрывно связана с открытием электрофизиологических механизмов работы сердца и первых опытов с электричеством.

В 1745 г. голландский физик Питер ван Мушенбрук (рис. 1) создал первый в истории конденсатор, присоединив проводник от электростатического генератора, работавшего благодаря натиранию шара серы руками или тка-

нью, к гвоздю, опущенному в банку с водой. Конденсатор получил название «лейденская банка» от города Лейден, где работал Мушенбрук [1].

Хотя заряда «банки» хватало всего на миллисекунды, она привлекла большое внимание физиков, в частности Бенджамина Франклина, который пытался описать механизм работы изобретения [2]. Первый примитивный конденсатор сыграл важную роль в развитии науки о дефибрилляции в будущем.

Одним из первых, кто пытался изучить влияние электричества на живой организм, был Джованни Бьянки. В 1755 г. он обнаружил, что собаки после удара электрическим током падают без сознания, у них останавливается дыхание, а несколько позже оживают вновь [3].

Другим экспериментатором был датский ветеринар П. Абдлинггард, который в 1755 г. опубликовал работу, описывающую убийство цыплят ударом электрического тока в голову и их последующее оживление ударом тока в грудную клетку [4].

Первый документированный случай «дефибрилляции» и оживления человека с помощью электрического тока произошел в Лондоне в 1774 г. Трехлетняя София Гринхил, выпавшая из окна и считавшаяся мертвой, была оживлена лондонским аптекарем Сквайерсом разрядом тока, после чего девочка начала дышать, через 10 мин ее стошнило, несколько дней она находилась в ступорозном состоянии, далее у нее не сохранилось каких-либо симптомов [5].

Информация об авторах / Information about the authors

[✉]Исаев Георгий Олегович – клин. ординатор каф. факультетской терапии №1 лечебного фак-та. Тел.: +7(499)248-64-79; e-mail: isago1804@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4871-8797

Васин Андрей Андреевич – аспирант каф. факультетской терапии №1 лечебного фак-та. ORCID: 0000-0002-6261-3086

Миронова Ольга Юрьевна – канд. мед. наук, доц. каф. факультетской терапии №1 лечебного фак-та. ORCID: 0000-0002-5820-1759

[✉]Georgy O. Isaev. E-mail: isago1804@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4871-8797

Andrey A. Vasin. ORCID: 0000-0002-6261-3086

Olga Iu. Mironova. ORCID: 0000-0002-5820-1759

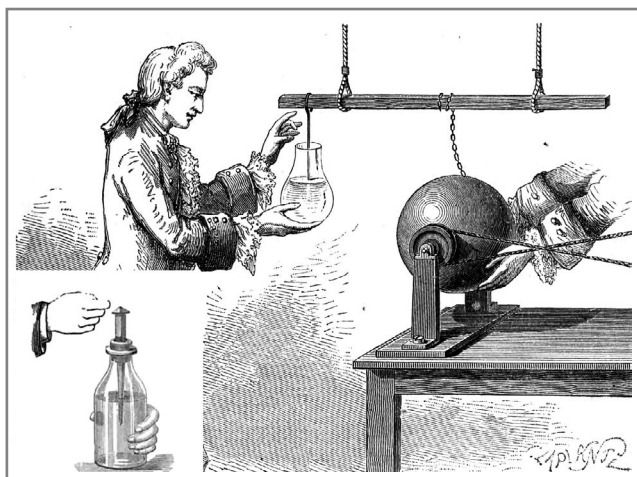


Рис. 1. Питер ван Мушенбрук, его электростатический генератор и «лейденская банка».

Fig. 1. Peter van Muschenbrook, his electrostatic generator and "Leiden Bank".

В первой половине XIX в. появилось множество работ, касающихся анатомии и электрофизиологии сердца. В 1842 г. при изучении коронарного кровотока английский ученый Эрричен описал фибрилляцию желудочков [6]. Карл Людвиг и его ученик Моритц Хофф впервые смогли индуцировать фибрилляцию путем непосредственной стимуляции сердец собак электрическими импульсами [7, 8].

Британский физиолог Джон Макуильям описал фибрилляцию желудочков как «хаос среди волокон сердца, превращающий орган в «беспомощный колчан» и лишаящий тело кислорода» [9].

Первые опыты дефибрилляции

Большой вклад в изучение фибрилляции внесли Жан-Луи Прево (рис. 2) и его ассистент Фредерик Баттели. Решив повторить опыт ХOFFа и Людвига, в 1899 г. они обнаружили, что под действием переменного электрического тока напряжением 110–220 В у экспериментальных животных развивается фибрилляция желудочков, которая может быть купирована путем удара переменным током значительно большего напряжения (2400–4800 В) длительностью около 1 с [10]. Восстановление синусового ритма отмечалось только при ударе током в первые 15 с от начала фибрилляции желудочков. Электроды накладывали не на грудную клетку, а в рот и прямую кишку животного. Несмотря на успехи в провоцировании фибрилляции, механизмы дефибрирующего эффекта оставались не ясны. Позднее Прево и Бателли пытались остановить фибрилляцию желудочков путем разряда конденсатора, однако трудности с этим методом (отсутствие конденсаторов большой емкости, необходимость установки одного электрода непосредственно на миокард) заставили вернуться к опытам с переменным током [11].

Следующая волна интереса к возможности электрической дефибрилляции началась в 1920-е годы. Особых успехов в этой области достиг Университет Джона Хопкинса, где профессор инженерии Вильям Кувенховен (рис. 3) совместно с коллегами изучал процессы воздействия переменного тока на миокард.

Исследователи заново открыли возможность дефибрилляции миокарда переменным током высокого напряжения, не зная об уже существующих публикациях Прево и Бателли. В отличие от своих предшественников ученые устанавливали электроды на грудную клетку подопытных животных

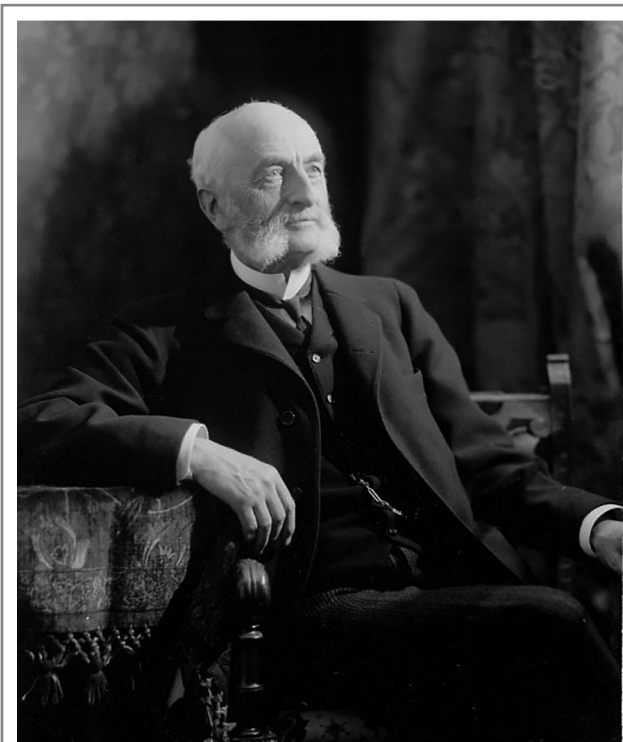


Рис. 2. Жан-Луи Прево. Из архива библиотеки г. Женевы.

Fig. 2. Jean-Louis Prevost. From the Geneva library archive.



Рис. 3. Вильям Кувенховен.

Fig 3. William Kouwenhoven.

и использовали ток меньшего напряжения – 275 В в течение 50–60 с [12, 13].

Ученые Феррис, Кинг, Спенс, Уильямс в 1936 г. изучали возможности дефибрилляции животных, соразмерных



Рис. 4. Лина Соломоновна Штерн.

Fig 4. Lina Solomonovna Stern.

массе человека (овцы, свиньи, телята). Для успешной дефибрилляции требовался ток напряжением до 3000 В и продолжительностью около 60–100 мс [14]. Дефибрилляция была эффективной в 60% случаев, если ее применяли в первые 55 с от начала фибрилляции.

Важный шаг в истории развития дефибрилляции сделал американский ученый Карл Виггертс. В 1940 г. он опубликовал работу, в которой описывались механизмы индуцирования фибрилляции желудочков. По его теории, фибрилляция желудочков возникает, когда новое сокращение желудочков возникает до завершения предыдущего (зубец *R* накладывается на зубец *T*). Период, когда прошлое сокращение еще не завершилось, а новое уже может начаться, Виггертс назвал «уязвимым» [15]. Также он поставил ряд экспериментов по прекращению фибрилляции желудочков на открытом сердце собак воздействием переменного тока. Однако ученый был скептически настроен по отношению к возможности использования дефибрилляции трансторакально. Он считал, что это потребовало бы использования тока слишком большого напряжения, потенциально могло вызвать ожоги у пациента и повредить центральной нервной системе [16].

Отечественная школа дефибрилляции

Пока на Западе пытались создать эффективный дефибриллятор, работающий на переменном токе, в СССР доктор Лина Соломоновна Штерн (рис. 4), бывшая студентка Прево и Баттели, руководитель Института физиологии, вместе с научным сотрудником Института Наумом Лазаревичем Гурвичем (рис. 5) изучали возможность дефибрилляции постоянным током от конденсатора через электроды, расположенные на грудной клетке [17].

Сравнивая переменный и постоянный токи, Гурвич обнаружил, что последний более эффективен и менее трав-



Рис. 5. Наум Лазаревич Гурвич за проведением эксперимента.

Fig 5. Naum Lazarevich Gurvich conducts the experiment.

моопасен при восстановлении синусового ритма. В опытах электроды накладывались на грудную клетку на линию, схожую с современной постановкой электродов. В первых экспериментах дефибрилляция осуществлялась непосредственным разрядом конденсатора через грудную клетку, но вскоре выяснилось, что при подключении к электронной цепи индуктора значительно снижается необходимое напряжение, что делает метод безопаснее [18]. Индуктор «сглаживал» начальное напряжение конденсатора, не давая высокому напряжению в начальный момент времени повредить ткани, а общая энергия разряда сохранялась путем удлинения его времени [19]. В 1945 г. были опубликованы результаты исследований на английском языке [20].

Работы Н.Л. Гурвича так и остались малоизвестными за пределами СССР. Наум Лазаревич выдвинул свою теорию механизма дефибрилляции: импульсная дефибрилляция является результатом возбуждающего действия электричества на сердечную мышцу, заставляя ее «перезагрузиться» и прервать механизм re-entry [16]. В то время западные ученые, используя для дефибрилляции переменный ток, считали, что фибрилляция прекращается из-за временного паралича сердечной мышцы, вызванного воздействием переменного тока.

В чем преимущество импульсной дефибрилляции? Основной недостаток дефибрилляции с переменным током — высокое напряжение (1000 В и более) и длительность импульса (до 1 с, в то время как при импульсной оптимальным считается 10 мс). Это оказывает повреждающее действие на миокард и проводящую систему сердца. Одиночный разряд при импульсной дефибрилляции лишен данных недостатков, что делает его намного безопаснее и эффективнее [19].

Первый серийный импульсный дефибриллятор конструкции Гурвича ИД-1-ВЭИ (импульсный дефибриллятор первый Всесоюзного электротехнического института) на-

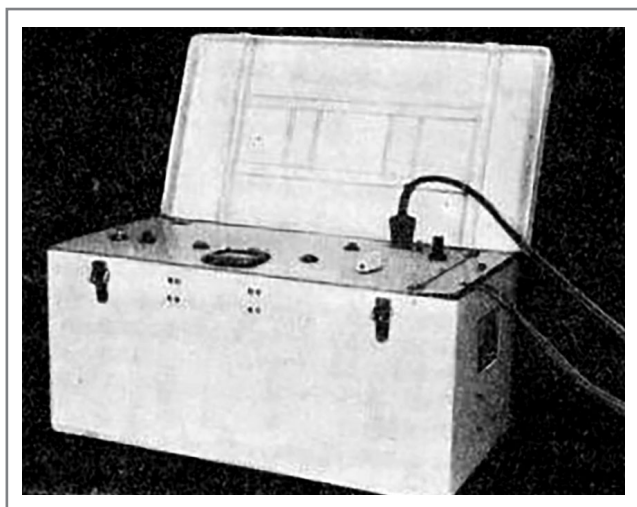


Рис. 6. Первый серийный импульсный дефибриллятор СССР ИД-1-ВЭИ, 1952.

Fig 6. The first serial impulse defibrillator in the USSR «ID-1-VEI», 1952.

чал выпускаться в 1952 г. [21] (**рис. 6**). Поначалу дефибрилляторы использовали только на открытом сердце в кардиохирургии [22]. В СССР трансторакальную дефибрилляцию впервые применили в Институте хирургии им. А.В. Вишневского в 1959 г. [23].

В 1958 г. американский сенатор, будущий вице-президент США Хьюберт Хамфри, при поездке в СССР посетил лабораторию Гурвича. Он был настолько поражен разработками ученого, что по приезду в США заявил: «Давайте соревноваться с СССР в исследованиях по обратимости смерти» [24].

Следующим этапом усовершенствования дефибрилляторов было применение двухфазных импульсов. В 1957 г. Н.Л. Гурвич публикует первые данные о применении двухфазных импульсов при дефибрилляции [11]. По данным Гурвича, если придать импульсу синусоидальную форму, то напряжение можно снизить еще вдвое без потери эффективности дефибрилляции, тем самым еще больше уменьшая повреждающее действие на миокард.

Огромный вклад в развитие отечественных дефибрилляторов внес Игорь Викторович Венин. Инженер по образованию, он являлся одним из ведущих специалистов в области медицинских дефибрилляторов. Под его руководством было создано несколько поколений дефибрилляторов. Новые модели становились меньше и удобнее в использовании, некоторые поставлялись сразу с ЭКГ-монитором [25, 26].

Первые биполярные дефибрилляторы появились в 1972 г. ДИ-3 (дефибриллятор импульсный-3), первый примененный в клинике, являлся совместной разработкой Гурвича и Венина. В основе его работы лежал квазисинусоидальный биполярный импульс (позже названный импульсом Гурвича–Венина) [27, 28].

Отечественные разработки в сфере дефибрилляции намного опережали западные. Первые статьи о преимуществе биполярных импульсов стали появляться лишь в 1980–1990-е годы [29], а в клиническую практику они вошли только с 1996 г. [30, 31].

Развитие дефибрилляции на Западе

Как уже было сказано, западные исследователи дефибрилляции выбрали другой путь – использование переменного тока. Основываясь на работах Вильяма Кувенховена,

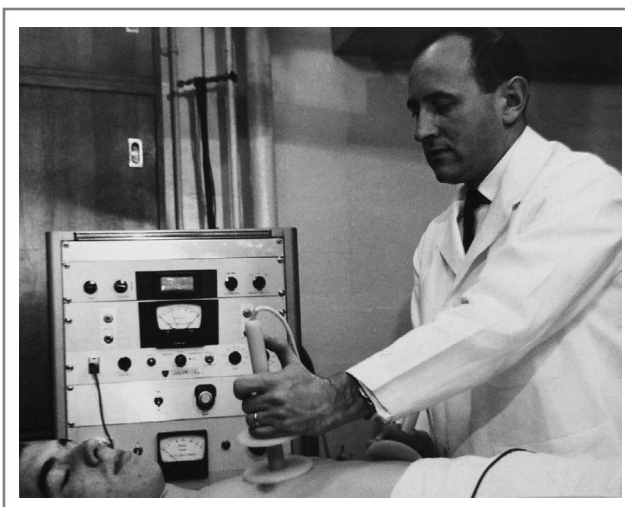


Рис. 7. Бернард Лаун и его дефибриллятор.

Fig 7. Bernard Lown and his defibrillator.

доктор Клод Бэк в 1947 г. успешно провел дефибрилляцию 14-летнему мальчику во время операции на открытом сердце. Он поставил 2 электрода непосредственно на сердце и сделал 4 удара током мощностью 110 В, после чего фибрилляция желудочков прекратилась [32]. Это дало толчок к началу использования дефибрилляторов с переменным током в клинической практике.

Длительное время на Западе не удавалось применять импульсный ток трансторакально [33]. Первый, кто на Западе смог успешно его применить, был Бернард Лаун (**рис. 7**). В 1962 г. они совместно с инженером Барухом Берковицем создали импульсный кардиовертер-дефибриллятор (КД). В опытах со своим устройством им удалось восстановить синусовый ритм у всех 9 пациентов с первого раза и без каких-либо осложнений. Комментируя полученные результаты, ученые и не скрывали, что в основе их работы лежали исследования Гурвича [34].

Современный этап развития дефибрилляторов

Современные наружные дефибрилляторы с каждым годом совершенствуются и уже доступны для использования людьми немедицинской профессии. Такие устройства обладают способностью самостоятельно оценивать сердечный ритм, сопровождая голосовыми командами последовательность действий и меры предосторожности при их использовании. Это позволяет устанавливать дефибрилляторы в местах массовых скоплений людей, давая возможность оказать экстренную помощь до приезда медицинских работников.

Несмотря на большой спектр наружных дефибрилляторов, все еще продолжают появляться новые технологии. Так, например, недавно было опубликовано рандомизированное исследование эффективности автоматического наружного дефибриллятора, доставляемого к пострадавшему с помощью дрона [35]. Критерием оценки было время, за которое возможно использовать автоматический наружный дефибриллятор после обращения в службу спасения. Данная технология может ускорить оказание экстренной помощи пациенту с развившимся жизнеугрожающим нарушением ритма.

Еще одно эффективное изобретение – носимый КД, рекомендованный к использованию широкому кругу пациентов с риском развития внезапной сердечной смерти [36]. Он представляет из себя легкий жилет, который пациент может носить под одеждой, занимаясь своей повседневной

деятельностью. Жилет непрерывно контролирует сердечный ритм пациента, и, если обнаруживается жизнеугрожающее нарушение, устройство производит разряд для восстановления нормального ритма сердца.

Особое внимание уделяется совершенствованию технологий имплантируемых КД (ИКД). ИКД играет одну из ведущих ролей в профилактике внезапной сердечной смерти. По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) 2017 г., в России в 2016 г. от внезапной сердечной смерти умерли более 300 тыс. человек. Первый ИКД был успешно установлен пациенту в 1980 г. в Госпитале Джона Хопкинса кардиохирургом Леви Уаткинсоном. В настоящее время существует несколько разновидностей ИКД – одно-, двух- и трехкамерные. Все они улучшают прогноз пациентов и рекомендованы к использованию в качестве профилактики первичной и вторичной внезапной сердечной смерти в разных клинических ситуациях [37–40].

Одной из задач было создание «умного» устройства, чтобы дифференцировать различные типы нарушений сердечного ритма и соответствующим образом на них реагировать, что позволяет избежать ненужных разрядов. Современные технологии включают более длительный запас батареи ИКД, улучшенное программирование, позволяющее уменьшить вероятность ошибочных разрядов, в том

числе внедрение устройств, содержащих четырехполярные проводники, и создание ИКД, совместимых с проведением магнитно-резонансной томографии.

Таким образом, появление различных видов дефибрилляторов позволяет бороться с большим спектром сердечно-сосудистых заболеваний, своевременно выявлять и устранять жизнеугрожающие нарушения ритма, значительно улучшая прогноз пациентов.

Заключение

История открытия дефибрилляции является отражением всей истории медицины, она включает в себя полумистические методы оживления человека, случайные открытия, сложности в понимании механизмов и, наконец, появление эффективных методов, которые ежедневно спасают тысячи жизней. Наука о дефибрилляции не стоит на месте, продолжается поступательное развитие в данной сфере. Самое главное, что сегодня врачи могут спасти человека от аритмии, которая еще 70–100 лет назад считалась смертельной и неизлечимой.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Список сокращений

ИКД – имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор

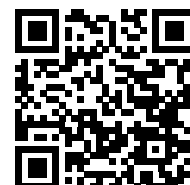
КД – кардиовертер-дефибриллятор

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Kuhn TS. The Structure of Scientific Revolutions. 3rd ed. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1996.
- Akselrod H, Kroll MW, Orlov MV. History of Defibrillation. In: Ed. IR Efimov, MW Kroll, PJ Tchou. Cardiac Bioelectric Therapy. Springer, Boston, MA, 2009. DOI:10.1007/978-0-387-79403-7_2
- Bianchi G. Reponse a la lettre du Docteur Bassani. *J Med.* 1756;4:46.
- Abilgaard N. Communication, vol. 2. Amsterdam: Societies Medicae Havniensis Collectanea, 1775; p. 157-61.
- Stillings D. The first defibrillator? *Med Prog Technol.* 1974;2(4):205-6.
- Kass RE, Clancy CE. Basis and treatment of cardiac arrhythmias. Berlin: SpringerVorlag, 2006.
- Hoffa M, Ludwig C. Einige neue Versuche uber Herzbewegung. *Z Rationelle Med.* 1850;9:107-44.
- Schroer H. Carl Ludwig. Begrunder der messenden Experimental-Physiologie 1816–1895. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1967; p. 67-71.
- McWilliam JA. Cardiac failure and sudden death. *Br Med J.* 1889;6-8.
- Prevost JK, Battelli F. La mort par les d'escharges 'electriques. *J Physiol.* 1899;1:1085-100.
- Гурвич Н.Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца М.: Медгиз, 1957 [Gurvich NL. Fibrillation and defibrillation of the heart. Moscow: Medgiz, 1957 (in Russian)].
- Hooker DR, Kouwenhoven WB, Langworthy OR. The effects of alternating electrical currents on the heart. *Am J Physiol.* 1933;103:444-54.
- Kouwenhoven W, Hooker DR. Resuscitation by countershock. *Electrical Eng.* 1933;52:475-77.
- Ferris LP. Effect of electric shock on the heart. *Bell System Technical Journal.* 1936;55(5):498-515.
- Wiggers CJ, Wegria R. Ventricular fibrillation due to single, localized induction and condenser shocks applied during the vulnerable phase of ventricular systole. *Am J Physiol.* 1940;128:500-5.
- Гурвич Н.Л., Савчук Б.Д. Основные принципы дефибрилляции сердца. М.: Медицина, 1975 [Gurvich N, Savchuk BD. Basic principles of cardiac defibrillation. Moscow: Medicine, 1975 (in Russian)].
- Гурвич Н.Л., Юньев Г.С. О восстановлении нормальной деятельности фибриллирующего сердца тепловых средств конденсаторного разряда. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 1939;8(1):55-9 [Gurvich NL, Iun'ev GS. About the restoration of the normal activity of fibrillating heart of warm-blooded animals by means of a capacitor discharge. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 1939;8(1):55-9 (in Russian)].
- Гурвич Н.Л. Значение физической характеристики конденсаторного разряда в восстановлении нормальной деятельности фибриллирующего сердца. Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук Академии наук СССР за 1940 г. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1941; с. 375-6 [Gurvich NL. The value of physical characteristics of the capacitor discharge in the restoration of the normal activity of fibrillating heart. Abstracts of the publications of the institutions of the Department of Biological Sciences of the Academy of Sciences of the USSR for 1940. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1941; p. 375-6 (in Russian)].
- Ладеев А.Ю., Марочков А.В., Дмитриева В.Н., Шумская О.В. История электрической дефибрилляции с древнейших времен и до наших дней. *Новости хирургии.* 2014;22(5):513-25 [Ladeev AYu, Marochkov AV, Dmitrieva VN, Shumskaia O.V. The history of electrical defibrillation from ancient times to the present day. *Surgery news.* 2014;22(5):513-25 (in Russian)].
- Gurvich NL, Yuniev GS. Restoration of heart rhythm during fibrillation by a condenser discharge. *Am Rev Soviet Med.* 1947;4:252-6.
- Неговский В.А., Мильо А., Гурвич Н.Л., Золотокрылина Е.С. Применение непрямого массажа сердца при внезапной смерти, вызванной фибрилляцией желудочков. *Экспериментальная хирургия и анестезиология.* 1962;5:3-11 [Negovskii VA, Mil'o A, Gurvich NL, Zolotokrylina ES. The use of chest compressions for

- sudden death caused by ventricular fibrillation. *Experimental surgery and anesthesiology*. 1962;5:3-11 (in Russian)].
22. Гурвич Н.Л. Специальное заседание по вопросам электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца. Актуальные вопросы реаниматологии и гипотермии. Материалы симпозиума по применению глубокой гипотермии при терминальных состояниях. Москва, 15–19 сентября 1964 г. М.: Медицина, 1964; с. 137-41 [Gurvich NL. Special session on the issues of electro-pulse therapy of cardiac arrhythmias. Important issues of resuscitation and hypothermia. Materials of a symposium on the use of deep hypothermia in terminal conditions. Moscow, September 15–19, 1964. Moscow: Medicine, 1964; p. 137-41 (in Russian)].
 23. Вишневецкий А.А., Цукерман Б.М., Смеловский С.И. Устранение мерцательной аритмии методом электрической дефибрилляции предсердий. *Клиническая медицина*. 1959;37(8):26-9 [Vishnevskii AA, Tsukerman BM, Smelovskii SI. Treatment of atrial fibrillation by electrical atrial defibrillation. *Clinical Medicine*. 1959;37(8):26-9 (in Russian)].
 24. U.S. Senate. International health study. *Congr Rec*. 1962;A7837-9.
 25. Востриков В.А., Горбунов Б.Б. Игорь Викторович Венин и его вклад в разработку отечественных дефибрилляторов. *Общая реаниматология*. 2013;9(5):68-73 [Vostrikov VA. Igor Viktorovich Venin and his contribution to the development of domestic defibrillators. *General Resuscitation*. 2013;9(5):68-73 (in Russian)].
 26. Венин И.В., Востриков В.А., Горбунов Б.Б., Селищев С.В. История дефибрилляции в СССР, России и Украине: техника на службе медицины. 2014. Режим доступа: <http://defibrillation.ru>. Ссылка активна на 20.09.2021 [Venin IV, Vostrikov VA, Gorbunov BB, Selishchev SV. The history of defibrillation in the USSR, Russia and Ukraine: technology at the service of medicine. 2014. Available at: <http://defibrillation.ru>. Accessed: 21.09.2021 (in Russian)].
 27. Гурвич Н.Л., Табак В.Я., Богушевич М.С., и др. Дефибрилляция сердца двухфазным импульсом в эксперименте и клинике. *Кардиология*. 1971;11(8):126-30 [Gurvich NL, Tabak VIa, Bogushevich MS, et al. Biphasic impulse cardiac defibrillation in the experiment and clinic. *Cardiology*. 1971;11(8):126-30 (in Russian)].
 28. Vostrikov VA, Holin PV, Razumov KV. 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.
 29. Winkle RA, Mead RH, Ruder MA, et al. Improved low energy defibrillation efficacy in man with the use of a biphasic truncated exponential waveform. *Am Heart J*. 1989;117(1):122-7. DOI:10.1016/0002-8703(89)90665-0
 30. Cummins RO, Hazinski MF, Kerber RE, et al. Low-energy biphasic waveform defibrillation: evidence-based review applied to emergency cardiovascular care guidelines: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association Committee on Emergency Cardiovascular Care and the Subcommittees on Basic Life Support, Advanced Cardiac Life Support, and Pediatric Resuscitation. *Circulation*. 1998;97(16):1654-67. DOI:10.1161/01.CIR.97.16.1654
 31. Schuder JC, Gold JH, Stoeckle H, et al. Transthoracic ventricular defibrillation in the 100 kg calf with symmetrical one-cycle bidirectional rectangular wave stimuli. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1983;30(7):415-22. DOI:10.1109/TBME.1983.325042
 32. Beck CS, Pritchard WH, Feil HS. Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock. *JAMA*. 1947;135:985-6.
 33. Kouwenhoven WB, Milnor WR, Knickerbocker GG, Chesnut WR. Closed chest defibrillation of the heart. *Surgery*. 1957;42:550-61.
 34. Lown B, Amarasingham R, Neuman J. New method for terminating cardiac arrhythmias. Use of synchronized capacitor discharge. *JAMA*. 1962;182:48-55.
 35. Rosamond WD, Johnson AM, Bogle BM, et al. Drone Delivery of an Automated External Defibrillator. *N Engl J Med*. 2020;383(12):1186-8. DOI:10.1056/NEJMc1915956
 36. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, et al. 2017 AHA/ACC/HRS Guideline for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death. *Circulation*. 2018;138(13):e272-391. DOI:10.1161/CIR.0000000000000549
 37. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые тахикардии и внезапная сердечная смерть. Клинические рекомендации Минздрава России. 2020. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/569_1. Ссылка активна на 20.09.2021 [Ventricular rhythm alterations. Ventricular tachycardia and sudden cardiac death. Clinical guidelines of the Ministry of Health of Russia. 2020. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/569_1. Accessed: 20.09.2021 (in Russian)].
 38. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации Минздрава России. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/156_1. Ссылка активна на 20.09.2021 [Chronic heart failure. Clinical guidelines of the Ministry of Health of Russia. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/156_1. Accessed: 20.09.2021 (in Russian)].
 39. Priori SG, Blomström-Lundqvist C, Mazzanti A, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur Heart J*. 2015;36(41):2793-867. DOI:10.1093/eurheartj/ehv316
 40. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivas G, et al. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur Heart J*. 2013;34(29):2281-329. DOI:10.1093/eurheartj/ehv315

Статья поступила в редакцию / The article received: 03.06.2021



OMNIDOCTOR.RU