

А.Ю. ЛАДЕЕВ, А.В. МАРОЧКОВ, В.Н. ДМИТРИЕВА, О.В. ШУМСКАЯ

ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДЕФИБРИЛЛЯЦИИ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН И ДО НАШИХ ДНЕЙ

УЗ «Могилевская областная больница»,
Республика Беларусь

Электрическая дефибрилляция является неотъемлемой частью современной реаниматологии. Несмотря на сравнительно недавнее появление электрических дефибрилляторов, их созданию предшествовали столетия накопления знаний об электричестве и его воздействии на живой организм. Еще на заре изучения электрических явлений у многих естествоиспытателей возникла идея оживления умерших с помощью электричества. Именно благодаря открытию дефибрилляции эта утопическая идея оказалась в какой-то степени осуществимой. Повсеместное внедрение дефибрилляторов в медицинскую практику с конца 1950-х годов позволило человечеству продвинуться на шаг вперед к своей извечной цели победы над смертью.

Целью работы являлось освещение ключевых событий на тернистом пути развития дефибрилляции. При сборе материала обнаружено, что в литературе часто замалчивается выдающийся вклад многих советских ученых в создание современного дефибриллятора, поэтому важной задачей данной статьи было восстановление исторической справедливости в этом вопросе.

Ключевые слова: история медицины, дефибрилляция, Гурвич Н.Л., дефибриллятор

Electrical defibrillation is considered to be an integral part of modern resuscitation. Despite the electrical defibrillators have appeared comparatively recently, their development was preceded by centuries of knowledge accumulation concerning electricity and its impact on a living organism. Even at the dawn of electrical phenomena study, many scientists had the idea of reviving the dead individual by the help of electricity. Thanks to the discovery of defibrillation this utopian idea was to some extent feasible. The widespread application of defibrillators in medical practice since the late 1950s has allowed the mankind to move a step closer to its eternal goal of victory over death.

The aim of the work is to highlight the key events on the thorny path of defibrillation development. Collecting the material it was found out that in the literature outstanding contributions of many Soviet scientists in the creation of a modern defibrillator were hushed up, therefore an important objective of this article was to restore historical justice in this matter.

Keywords: history of medicine, defibrillation, Gurvich N.L., defibrillator

Novosti Khirurgii. 2014 Sep-Oct; Vol 22 (5): 513-525

History of electrical defibrillation from ancient times up to the present days

A.Y. Ladzeyeu, A.V. Marochkov, V.N. Dzmitryeva, O.V. Shumskaia

Введение

Электрическая дефибрилляция и кардиоверсия являются неотъемлемыми составляющими современной интенсивной терапии. Ежегодно в Европе регистрируется до 700 000 случаев внезапной остановки сердца [1, 2]. При этом частота случаев фибрилляции желудочков может составлять 65% (непосредственно в момент потери сознания) [3]. Фибрилляция желудочков считается основным механизмом внезапной сердечной смерти [4], при этом каждая минута задержки в проведении электрической дефибрилляции снижает выживаемость на 10-12% [5].

Цель настоящего исследования – изучить ключевые события в истории создания и развития современной дефибрилляции. Мы выделили 3 основных периода на сложном и тернистом пути развития электрической дефибрилляции:

1) период накопления эмпирических знаний (конец XVIII – конец XIX вв.);

2) период создания первых дефибрилляторов (конец XIX – 50-е годы XX вв.);

3) период поиска оптимальной формы дефибриллирующего импульса (50-е годы XX в. – наши дни).

Для полноты представления материала в данной работе также изложена краткая история электричества.

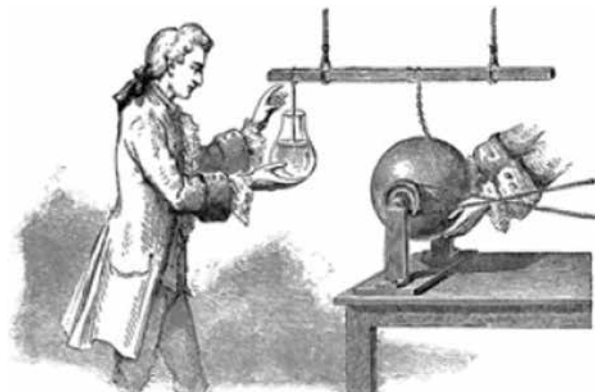
История освоения электричества

Первые наблюдения электрических явлений, дошедшие до наших дней, принадлежат древнегреческому ученому Фалесу Милетскому (VII век до н.э.). Он заметил, что потертый о шерсть янтарь становится способным притягивать мелкие и легкие предметы. Изначально предполагалось, что такая способность присуща только янтарию. Фалес Милетский не смог дать какого-либо объяснения этому явлению, и вплоть до начала XVII века оно не привлекало внимания исследователей. Только в 1600 году

английский физик и придворный врач Елизаветы I Уильям Гилберт (1544-1603) возобновил изучение электрических явлений, впервые применив термин «электричество» (от лат. *electricus* – янтарный). Он заметил, что многие тела, так же, как и янтарь, после натирания притягивают мелкие предметы [6].

В 1663 году немецкий физик Отто фон Герике (1602-1686) изобрел первый электростатический генератор, состоящий из изготовленного из серы шара, вращающегося на продольной оси. Шар наэлектризовывался путем натирания сухими руками или сукном во время вращения [6]. Впервые накопить значительный электрический заряд удалось в 1745 году голландскому физику Питеру ван Мушенбруку (1692-1761) и, независимо от него, в том же году – немецкому физику Клейсту. Так как в середине XVIII века электричество представлялось ученым некой «невесомой жидкостью», логичной выглядела попытка собрать эту «жидкость» в каком-либо сосуде. П. Мушенбрук присоединил металлический проводник от электростатического генератора к гвоздю, опущенному в банку с обычной водой (недистиллированной), надеясь таким образом накопить «электрическую жидкость» в виде раствора. Стеклянная банка с водой по современным представлениям является примитивным конденсатором, где в роли внутреннего электрода выступает электролит (недистиллированная вода), в роли внешнего электрода – рука экспериментатора, держащая эту банку, а в роли диэлектрика – стекло [7]. Неудивительно, что, когда ученик и ассистент Мушенбрука Кюнеус попытался отсоединить банку от проводника электростатической машины, продолжая удерживать эту банку одной рукой, он стал первым в истории человеком (1745 год), испытавшим поражение электрическим током (рис. 1). Созданный Питером ван Мушенбруком конденсатор получил название «лейденская банка» от названия города Лейден,

Рис. 1. Ученик П. Мушенбрука Кюнеус во время эксперимента с прототипом Лейденской банки [8]



где располагалась его лаборатория.

Принцип действия лейденской банки первым попытался объяснить американский ученый и политический деятель Бенджамин Франклин (1706-1790). В основе теории Франклина, сформулированной в 1747 году, находилось представление об электрической жидкой материи – флюиде, которая перераспределяется между различными телами в результате трения или соприкосновения [9]. Лейденская банка полностью отдавала свой заряд за доли миллисекунды, таким образом, ее практическое применение было весьма ограничено.

Первый источник постоянного тока сконструировал итальянский ученый Александро Вольта (1745-1827) в 1800 году. Его батарея получила название «Вольтов столб». Батарея состояла из чередующихся медных и цинковых дисков, между парой дисков из разных металлов располагалась суконная вставка, пропитанная электролитом. С помощью такой батареи можно было получать ток напряжением 1,1 вольт с каждой пары дисков [10]. Многочисленные опыты с постоянным током привели к открытию в 1831 году английским ученым Майклом Фарадеем (1791-1867) эффекта электромагнитной индукции. На основе этого эффекта Фарадей в 1832 году создал первый в истории человечества генератор постоянного тока. Генератор состоял из медного диска, вращающегося между полюсами постоянного магнита. Электрическое напряжение возникало между центром и периферией диска, откуда отводилось с помощью скользящих контактов [10].

В том же 1832 году в Париже Ипполит Пикси (1808-1835) использовал электромагнитную индукцию для создания генератора, в котором направление электрического тока менялось с определенной частотой в процессе вращения подковообразного магнита. Таким образом, Пикси создал первый в истории генератор переменного тока. Практическое применение и преимущества переменного тока оставались под вопросом, так как его особенности были мало изучены.

Одно из первых применение переменному току нашел французский невролог, основатель электротерапии, Гийом Дюшен (1806-1875). В 1855 году Г. Дюшен разработал методику неинвазивной стимуляции мышечного сокращения асимметричным переменным (фарадическим) током (рис. 2). С помощью электрической стимуляции Г. Дюшен открыл механизм формирования человеческой мимики [12]. Для других целей (освещения, питания электродвигателей, обогрева) переменный ток считали малоприменимым. Поэтому, первые электростанции для



Рис. 2. Гийом Дюшен демонстрирует электростимуляцию мимических мышц на добровольце [11]

бытовых и промышленных нужд генерировали постоянный ток.

Первую центральную городскую электростанцию постоянного тока, Edison Electric Light Station, открыл в 1882 году американский изобретатель Томас Эдисон (1847-1931) в Лондоне [13]. Существенным недостатком первых систем электроснабжения были огромные потери энергии при передаче тока на расстояние. Радиус обслуживания таких станций составлял не более двух километров. Потери энергии прямо пропорциональны сопротивлению проводов и обратно пропорциональны квадрату напряжения. Таким образом, самый эффективный способ снизить потери электричества – это повысить напряжение, но в таком случае потребители постоянного тока получают напряжение, чрезмерно высокое для бытовых нужд. Решить эту проблему можно, если высокое напряжение тока от линии электропередач снизить в непосредственной близости от места потребления (например, жилого дома) до приемлемых 110-220 V. Однако эффективного способа повышать и понижать напряжение постоянного тока в конце XIX – начале XX вв. не существовало. Переменный ток оказался более подходящим для систем электроснабжения, так как его напряжение можно легко изменять в любом направлении с помощью трансформаторов. Первая система электроснабжения, полностью работающая на переменном токе, была построена в американском городке Грейт Баррингтон в 1886 году инженером Уильямом Стэнли (William Stanley, 1858-1916) [14]. Широкое распространение систем переменного тока началось с появлением работающих от него электродвигателей. Прорыв в электротехнике совершил сербский изобретатель Никола Тесла (1856-1943). В 1888 году Тесла запатентовал асинхронный электродвигатель переменного тока, который обладал достаточным КПД для промышленного приме-

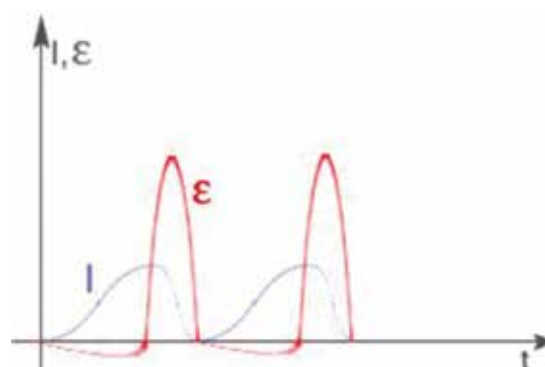
нения. Трансформаторы изменяют напряжение только переменного тока и позволяют существенно снизить потери энергии при передаче электричества на большие расстояния. Именно из экономических соображений наиболее распространенными системами электроснабжения стали системы переменного тока.

Накопление эмпирических знаний

Со времен открытия электричества разными любознательными людьми изучалось влияние электрического тока на живые организмы. Первое документальное подтверждение успешного применения электричества с целью оживления внезапно умершего человека относится к 1774 году, когда лондонский аптекарь Сквайерс в попытках оживить трехлетнюю Катарину Софию Гринхил, выпавшую из окна и «не проявлявшую признаков жизни», произвел серию разрядов нескольких соединенных лейденских банок из домашней лаборатории на тело девочки. Важно, что пульс у Софии появился именно после разряда на грудной клетке, после нескольких безуспешных попыток на других участках тела. Еще несколько дней девочка была в сопоре, а затем стала совершенно здоровой. Этот случай был описан в годовом отчете Лондонского гуманитарного общества за 1774 год [15].

Фибрилляция желудочков как медицинский феномен впервые была описана британским ученым Эрихсеном (Erichsen) в 1842 году при изучении коронарного кровотока [16]. Через 8 лет, в 1850 году Мориц Хоффа (M. Hoffa) и Карл Людвиг (K. Ludwig) впервые смогли искусственно вызвать фибрилляцию желудочков, действуя на сердца собак и кошек разрядами фарадического тока [17]. Фарадический ток является разновидностью переменного тока с частотой от 20 до 50 Гц, одна из фаз которого многократно превосходит по амплитуде

Рис. 3. Осциллограмма импульса катушки Румкорфа. I – ток на входе в катушку, E – фарадический ток на выходе [18]



и скорости нарастания силы тока (крутизне) другую (рис. 3). Фарадический ток высокого напряжения получают путем преобразования более слабого постоянного тока с помощью специального устройства – катушки Румкорфа, названной по имени немецкого изобретателя Генриха Даниэля Румкорфа (1803-1877). Физиологическое воздействие фарадического тока на живые ткани эквивалентно действию постоянного пульсирующего тока.

Британский физиолог Джон Макуильям (J. McWilliam) в 1887 году написал первый научный труд, посвященный фибрилляции, и опроверг общепринятое в то время мнение, что внезапная смерть обусловлена в первую очередь асистолией. Он описал фибрилляцию желудочков, как «хаос среди волокон сердца, превращающий этот орган в «беспомощный колчан» и лишаящий тело кислорода» [цит. по 19].

Таким образом, в конце XIX в. было известно описание отдельных случаев и констатация фактов действия электрического тока на живой организм. Прогресс в электротехнике, все более распространяющееся применение электрического тока, кроме развития промышленности и науки в невиданных ранее масштабах, вызвало и очень большое число случаев поражения людей электрическим током, в том числе и со смертельным исходом.

Открытие феномена электрической дефибрилляции

Ключевая роль в открытии электрической дефибрилляции принадлежит Жану-Луи Прево (Jean Louis Prevost, 1838-1927), заведующему кафедрой физиологии Женевского университета, и его ассистенту Фредерику Баттелли (Frederic Battelli, 1867-1941) [19]. Ж.Л. Прево и Ф. Бат-

телли помимо совместной работы были связаны еще и родственными узами – Ф. Баттелли приходился зятем Ж.Л. Прево [рис. 4, 5].

В 1899 году Прево и Бателли воспроизвели уже упомянутый эксперимент Хоффа и Людвига, но использовали не фарадический, а синусоидальный переменный ток. Они обнаружили, что после развития фибрилляции желудочков у экспериментальных животных под действием переменного электрического тока напряжением 110-220 V, последующее воздействие переменного тока большего напряжения (2400-4800 V) и длительностью примерно в 1 секунду способно прекратить фибрилляцию [21]. Один электрод в своих экспериментах Ж.Л. Прево и Ф. Баттелли размещали в ротовой полости животного, другой – в прямой кишке. Положительный эффект наблюдался только в пределах первых 15 секунд от начала фибрилляции. Также было установлено, что при размещении одного из электродов непосредственно на сердце удается прекратить фибрилляцию разрядом переменного тока значительно меньшего напряжения (240 V). В последующих экспериментах Прево и Бателли искали более безопасный и простой для реализации в лабораторных условиях метод электрической дефибрилляции.

В работе 1900 года им удалось прервать фибрилляцию сердца собак разрядом конденсатора емкостью 1,74 мкФ. Наилучшие результаты были получены при напряжении заряда в 17-20 тысяч V (в зависимости от массы тела собак) [21]. Но даже при таком значительном напряжении прекратить фибрилляцию удавалось только в том случае, если один из электродов размещали в ротовой полости животного, другой – непосредственно на миокарде. При больших значениях напряжения фибрилляция не прекращалась, а лишь ослабевала. Как и в

Рис. 4. Жан Луи Прево, (1837-1927) [20]



Рис. 5. Фредерик Бателли, (1867-1941) [20]



опытах с переменным током, при использовании конденсатора эффект наблюдался только в первые 15 секунд. Так как необходимое для эффективной дефибрилляции напряжение переменного тока оказалось значительно меньше, чем напряжение разряда конденсатора, Ж.Л. Прево и Ф. Бателли переменный ток посчитали более эффективным и заслуживающим большего внимания при дальнейшем изучении электрической дефибрилляции. Также Ж.Л. Прево и Ф. Бателли предложили первое теоретическое объяснение феномена дефибрилляции как временного паралича сердечной мышцы, однако признавали, что подобная интерпретация не совсем удовлетворительна.

В начале XX века возобновление интереса к дефибрилляции было обусловлено увеличением числа случаев смертельной электротравмы на производстве. Поэтому в 1920-х годах Electric Company и Edison Power Company начали финансировать исследования по данной тематике в нескольких академических центрах, в том числе в Университете Джона Хопкинса. Команда исследователей из этого университета в составе профессора Уильяма Кувенховена (Kouwenhoven), врачей О. Лангворт (Langworthy) и Д. Гукера (Hooker) изучала действие переменного тока на миокард. В 1932 году они фактически заново открыли дефибрилирующий эффект повторного разряда переменного тока после индуцированной фибрилляции. Позднее они обнаружили, что аналогичное открытие уже было ранее сделано Ж.Л. Прево и Ф. Бателли в 1899 г. Опыт Кувенховена были более удачны, чем у Прево и Бателли, за счет расположения электродов на поверхности грудной клетки. В результате ученым удавалось прекратить фибрилляцию у небольших собак переменным током напряжением 275 V [22]. Дефибрилляция была успешной в течение первых 50-60 секунд. Так как Кувенховен, вслед за Ж.Л. Прево и Ф. Бателли, предполагал, что сильный ток снижает возбудимость сердца, он применял в своих экспериментах достаточно длительное воздействие тока (от 0,5 до 1 секунды).

Несколько позднее, в 1936 г., другая группа инженеров и кардиологов из США (Ferris, King, Sprnce, Williams) также изучала феномен электрической дефибрилляции. С целью оценки возможности дефибрилляции у млекопитающих, по массе тела близких к человеку, были выбраны овцы, козы, телята, свиньи и крупные собаки. Для прекращения фибрилляции при трансторакальном наложении электродов понадобился ток напряжением до 3000 V. Продолжительность воздействия тока была выбрана

от 60 до 100 миллисекунд, что составляло 3,6-6 периодов переменного тока при частоте 60 Гц. Подбор такой продолжительности воздействия тока авторы в статье не объясняли. Частота успешных дефибрилляций составила примерно 60%, если разряд применялся не позднее, чем через 55 секунд после начала фибрилляции [23].

Возобновление исследовательского интереса к изучению электрической дефибрилляции после Прево и Бателли часто приписывают американскому физиологу Карлу Виггерсу (Carl J. Wiggers). В 1936 году К. Виггерс поставил ряд экспериментов на открытом сердце собак по прекращению фибрилляции желудочков действием переменного тока напряжением 110 V (длительностью 0,5-1 секунда). Для устранения гипоксии перед проведением дефибрилляции К. Виггерс выполнял прямой массаж сердца. Сила тока, проходящего через сердце собаки, составляла при таком напряжении 1-1,5 ампера. К. Виггерс обнаружил, что в некоторых экспериментах нанесение нескольких последовательных разрядов оказывалось эффективнее однократного воздействия. Подобный метод «серийной дефибрилляции» переменным током силой тока в 1-1,5 ампера в сочетании с прямым массажем сердца К. Виггерс рекомендовал для клинического применения в условиях операционной [21].

К возможности проведения дефибрилляции вне операционной, например при поражении электрическим током на производстве, К. Виггерс относился скептически. По его мнению, применение переменного тока достаточной силы для дефибрилляции через закрытую грудную клетку слишком опасно из-за вероятности тяжелых ожогов и повреждения центральной нервной системы.

Для объяснения механизмов инициации фибрилляции желудочков К. Виггерс в 1940 году выдвинул теорию «уязвимого периода». Согласно этой теории, фибрилляция желудочков возникает тогда, когда последующее сокращение (зубец «R») иницируется до естественного завершения предыдущего. На электрокардиограмме «уязвимый период» соответствует зубцу «T». Эта теория легла в основу концепции необходимости синхронизированной кардиоверсии [24].

Исследования дефибрилляции в СССР

В Советском Союзе первые исследования по дефибрилляции проводились на базе Физиологического института при 2-ом МГУ Народного комиссариата просвещения РСФСР (с 1939 и до закрытия в 1948 — Институт фи-

зиологии Академии наук СССР). Руководитель института, швейцарский и советский физиолог, Лина Соломоновна Штерн (1878-1968) (рис. 6), была ученицей Ж.Л. Прево и Ф. Бателли. Лина Соломоновна, уже будучи профессором физиологической химии Женевского университета, приехала работать в СССР в 1925 г. по приглашению советского биохимика и физиолога Алексея Николаевича (Абрама Литмановича) Баха (1857-1946). Л.С. Штерн возглавила кафедру физиологии во 2-м Московском государственном университете (1925-1949) и одновременно руководила Институтом физиологии (1929-1948). В 1930 году на базе Института физиологии была организована электрофизиологическая лаборатория. Руководителем лаборатории стал Георгий Семенович Юньев (1898—1991) (рис. 7). В 1937 году Г.С. Юньев с коллективом авторов (К.А. Герчикова, М.И. Никольская) опубликовали статью «О влиянии сильного переменного (синусоидального) электрического тока низкой частоты на сердце» [27]. В этой работе вопрос дефибрилляции не рассматривался, однако была экспериментально подтверждена возможность инициации фибрилляции желудочков разрядом переменного тока через грудную клетку животных, а также исследованы другие физиологические эффекты воздействия тока на миокард и проводящую систему сердца.

Основоположником изучения фибрилляции сердца, а главное, и разработки эффективных методов дефибрилляции в Советском Союзе стал научный сотрудник Института физиологии, а позднее профессор, Наум Лазаревич Гурвич (1905-1981) (рис. 8). Наум Лазаревич родился в деревне Тимковичи Копыльского района Минской области в семье школьного учителя. Отец Н.Л. Гурвича умер в 1934 году, мать и брат погибли в годы Второй мировой войны.

В 1923 году Н.Л. Гурвич поступил на медицинский факультет Крымского (Таврического) университета, через год перевелся в Саратовский государственный университет. После окончания университета с 1928 года Н.Л. Гурвич работал участковым врачом на станции Волово Московской области. В 1932 году Наум Лазаревич поступил в аспирантуру Института физиологии, а с 1937 года работал там научным сотрудником. К сожалению, в современной «Российской Еврейской Энциклопедии», нет биографической информации о Н.Л. Гурвиче.

Первый научный труд в СССР, непосредственно посвященный фибрилляции и дефибрилляции сердца был опубликован Н.Л. Гурвичем и Г.С. Юньевым в 1939 году [29]. В нем изучалась возможность дефибрилляции сердца



Рис. 6. Лина Соломоновна Штерн (1878-1968) [25]



Рис. 7. Георгий Семенович Юньев (1898-1991)[26]

теплокровных животных разрядом постоянного тока от конденсатора через электроды, расположенные на поверхности грудной клетки. Сравнивая в своей работе действие на сердце разряда конденсатора (3000-3600 V, 3 мкФ) и непродолжительного (длительность не указана) переменного тока, Н.Л. Гурвич отметил, что при сопоставимой способности прекращать фибрилляцию, конденсаторный ток, в отличие от переменного, сам не вызывает фибрилляции желудочков и внутрисердечных блоков проводимости. Продолжив изучение эффекта дефибрилляции, в своей работе 1940 года, Н.Л. Гурвич пришел к выводу, что основной характеристикой конденсатора, имеющей решающее значение при дефибрилляции, является его емкость. Было установлено, что напряжение разряда конденсатора, способное прекратить фибрилляцию, обратно пропорционально емкости этого конденсатора (зависимость сохраняется до 25 мкФ). Емкость конденсатора характеризует продолжительность разряда, что на практике удобно определять как время, за которое напряжение на конденсаторе снизится в некоторое число раз. Например, конденсатор емкостью 7,5 мкФ при сопротивлении в цепи 100 Ом разряжается на половину за 0,51 мс, а

Рис. 8. Н.Л. Гурвич за работой в лаборатории [28]



при емкости 20 мкФ — за 1,38 мс. Таким образом, при увеличении времени разряда его способность прерывать фибрилляцию нелинейно повышается [30].

Чтобы определить оптимальную длительность дефибрилирующего разряда, логично было сравнить относительное количество энергии, сообщенной миокарду при дефибриляции конденсаторами разной емкости. Разряд конденсатора имеет максимальное напряжение в самом начале, затем оно быстро снижается. Н.Л. Гурвич сделал предположение, что опасно высокое напряжение в самом начале пикообразного разряда конденсатора можно попытаться «сгладить» включением дополнительно в цепь с конденсатором катушки индуктивности. При таком техническом решении удастся сохранить общую энергию разряда за счет удлинения его времени.

В серии экспериментов на животных Н.Л. Гурвич установил, что дополнение конденсатора катушкой индуктивности позволяет не только снизить пиковое напряжение разряда, но и значительно снизить общее количество передаваемой при дефибриляции энергии. Также было установлено, что при включении в цепь катушки индуктивности достоверно снижается повреждающее действие разряда на миокард. Обращает на себя внимание тот факт, что Наум Лазаревич считал дефибриляцию результатом возбуждающего действия электричества на сердечную мышцу. Такой вывод он сделал на основе экспериментальных данных, согласно которым оптимальный для дефибриляции импульс оказался приблизительно равен полезному времени возбуждения миокарда — 10 мс. Результаты исследований советских ученых по прекращению фибрилляции желудочков с помощью конденсаторного разряда, преобразованного катушкой индуктивности, были опубликованы в США в 1947 году в журнале «American review of soviet medicine» [31].

Созданные в лаборатории Г.С. Юньева разработки обосновали новое направление в физиологии, кардиологии и зарождающейся реаниматологии. Это направление по принципиальным вопросам коренным образом отличалось от выводов, сделанных в США и Западной Европе. Так, исследователи в США отдавали предпочтение разрядам переменного тока, считая, что фибрилляция прекращается посредством временного паралича сердечной мышцы. Применяемый с этой целью переменный ток, напряжением более 1000 вольт и длительностью до 1000 мс, оказывал выраженное повреждающее действие на миокард и проводящую систему сердца. Особенно сильно негативные эффекты переменного тока про-

являлись при необходимости нанесения повторного разряда. Предложение Н.Л. Гурвича, Г.С. Юньева и их коллег заключалось в отказе от переменного тока и попытке восстановить синхронизированную деятельность миокарда одиночным разрядом мощного конденсатора. Длительность такого разряда была до 100 раз меньше длительности воздействия переменного тока, что делало конденсаторный дефибрилятор намного более безопасным и эффективным.

В 1948 году Институт физиологии был закрыт. Л.С. Штерн была арестована и репрессирована по делу о «Еврейском антифашистском комитете», членом президиума которого она являлась. В 1952 году Л.С. Штерн была приговорена к 5 годам ссылки.

В связи с закрытием Института физиологии, Н.Л. Гурвич долго искал новое место работы и после многих мытарств перешел в только что организованную Научно-исследовательскую лабораторию общей реаниматологии АМН СССР, которой руководил Владимир Александрович Неговский (1909-2003). Позже В.А. Неговский вспоминал их первую встречу: «Как-то Гурвич пришел ко мне, как к руководителю Лаборатории по оживлению организма (затем Институт по оживлению организма), с просьбой принять его в состав научных сотрудников. Было это в 1948 г. Институт физиологии, в котором он работал в тот момент, закрывался. На вопрос об основном направлении его исследований он ответил: «Электрофизиология сердца, в частности, дефибриляция сердца». «Нас, — я сказал ему в ответ, — прежде всего интересует мозг. Могли бы Вы помочь нам в изучении электрофизиологии умирающего и работающего мозга?» Его ответ: «Мог бы. Только для этого мне придется изучить это научное направление. Но разве Вас не интересует разработка методов дефибриляции сердца?» Я ответил: «С фибрилляцией мы кое-как справляемся, а вот мозг при умирании и оживлении для нас пока еще «tabula rasa». Реплика Н. Л. Гурвича: «А если мы с Вами вместе продолжим разработку методов дефибриляции, то сумеем дефибрилировать сердце не «кое-как», а надежно и стойко». Мое заключение беседы: «Зачисляю Вас в состав нашего коллектива. Продолжайте пока работать по электрофизиологии сердца, а потом окончательно определим направление Вашей научной работы» [32].

Начало клинического применения дефибрилляторов

Параллельно, на другой стороне планеты, профессор кардиохирургии из Западного резерв-

ного института Кейза (г. Кливленд, штат Огайо, США), Клод Бек (Claude S. Beck 1894 – 1971), заинтересовался работами К. Виггера и экспериментами У. Кувенховена. К. Бек самостоятельно произвел серию успешных экспериментов по прекращению фибрилляции желудочков у животных, используя сетевой переменный ток. В 1947 году во время операции на открытом сердце у 14-тилетнего пациента при внезапном развитии фибрилляции желудочков К. Бек провел первую документированную успешную электрическую дефибрилляцию у человека, применив синусоидальный переменный ток напряжением 110 В [33]. Всего К. Бек с соавторами описал дефибрилляцию переменным током у 14 пациентов, и только у 2 из 14 она оказалась успешной [34]. Особенностью применения дефибрилляции К. Бекем с группой врачей являлось нанесение разряда переменного тока на открытое сердце.

Многие исследователи вслед за К. Бекем стали применять переменный ток для дефибрилляции. К концу 1953 года в зарубежной литературе описывалось 84 случая применения дефибрилляции у пациентов, 39 из которых имели благоприятный исход.

Сегодня, во времена интернета и глобализации, информация распространяется очень быстро. А как было в 30–50 годах XX века? Группы врачей, работающие в области фибрилляции и дефибрилляции, постоянно отслеживали и контролировали информацию о работах своих коллег. И, конечно же, так как в США врачи и исследователи очень любознательны, они были хорошо осведомлены о прогрессивных разработках лаборатории Г.С. Юньева, статьях Н.Л. Гурвича и В.А. Неговского.

Несмотря на успехи при дефибрилляции на открытом сердце, было ясно, что данная методика очень ограничена в связи с необходимостью проведения торакотомии. С целью расширить сферу применения дефибриллятора, было необходимо создать портативный аппарат, способный прерывать фибрилляцию сердца через грудную клетку. Одним из тех, кто занялся изучением проблемы создания портативного трансторакального дефибриллятора, был профессор Уильям Кувенховен. В 1951 году Кувенховен получил финансирование на разработку наружного дефибриллятора от Института Эдисона. После экспериментов с постоянным током, Кувенховен отказался от его использования, главным образом из-за того, что конденсаторные батареи достаточной мощности на тот момент еще не существовали. В результате, в 1957 году он разработал наружный дефибриллятор, позволявший производить серии

последовательных разрядов переменного тока напряжением 480 В. Дефибриллятор Кувенховена весил 120 кг и имел два тяжелых медных электрода. Аппарат был успешно использован на двух пациентах в клинике университета Джона Хопкинса [35].

Параллельно с У. Кувенховеном, но несколько опередив его по дате публикации, над созданием наружного дефибриллятора работал американский кардиолог Пол Морис Золл (Paul Maurice Zoll, 1911–1999). Во время Второй мировой войны Золл работал в военном госпитале в Великобритании. Совместно с кардиохирургом Дуайтом Харкеном (Dwight Harken), Золл оказывал помощь пациентам с ранениями и инородными телами сердца. Наблюдая за работой кардиохирургов, Золл обратил внимание на то, как легко сердце реагирует сокращением на внешние стимулы. После войны Золл занялся исследовательской деятельностью в области электростимуляции сердца. В 1952 году Золл провел первую в мире успешную наружную электрическую кардиостимуляцию пациенту с синдромом Морганьи-Адамса-Стокса. Убедившись в эффективности и безопасности электрической стимуляции сердца через грудную клетку, Золл посчитал возможным применение электрического тока и для прекращения фибрилляции. Изучив работы Кувенховена 1930-х годов, Золл разработал дефибриллятор переменного тока на основе повышающего трансформатора. Аппарат Золла увеличивал напряжение от бытовой сети до 440–720 В, эмпирически была выбрана длительность разряда в пределах 0,5–1с. Дефибриллятор был впервые применен в 1955 году, и результаты работы были опубликованы в 1956 [36]. Таким образом, пионером в применении наружной дефибрилляции в клинической практике стал Пол Морис Золл.

Несмотря на то, что пальма первенства в создании наружного дефибриллятора досталась Полу Золлу, Уильям Кувенховен вошел в историю, как разработчик первой методики непрямого массажа сердца при проведении реанимационных мероприятий [37].

Победа импульсной дефибрилляции

В лаборатории В.А. Неговского понимали важность разработки эффективного метода дефибрилляции, не требующего вскрытия грудной клетки. Основываясь на экспериментальных данных, полученных Н.Л. Гурвичем и Г.С. Юньевым, в 1952 году на базе опытного электромеханического завода Всесоюзного электротехнического института им. Ленина

было начато первое в мире серийное производство электрического дефибриллятора [21]. Так как на то время аппарат не имел аналогов, он назывался просто «Дефибриллятор», а позднее получил название ИД-1-ВЭИ. Созданный по схеме Н.Л. Гурвича с подключением конденсатора через индуктивность, ИД-1-ВЭИ имел монофазный импульс (при нагрузке выше 100 Ом), продолжительностью около 10 мс. Напряжение на конденсаторе составляло 6000 В, но за счет включения в цепь индуктивного сопротивления на объекте напряжение снижалось в 2-3 раза. Применение дефибриллятора в клинике началось с 1952 года, но ограничивалось открытой дефибрилляцией в кардиохирургии [38]. Несмотря на то, что ИД-1-ВЭИ по своим характеристикам позволял производить дефибрилляцию без вскрытия грудной клетки, в книге Н.Л. Гурвича «Фибрилляция и дефибрилляция сердца», опубликованной в 1957 г., только предполагается возможная эффективность трансторакальной дефибрилляции у человека [21]. Трансторакальная дефибрилляция стала применяться в Институте хирургии им. А.В. Вишневского АМН СССР с 1959 года [39].

После публикации работ советских исследователей, преимуществами импульсного дефибриллятора заинтересовался ученый из Чехословацкой Социалистической Республики Богумил Пелешка (Bohumil Peleska). Известно, что Б. Пелешка лично был знаком с Н.Л. Гурвичем. В 1957 году Б. Пелешка разработал импульсный дефибриллятор Prema-1 на основе конденсатора и катушки индуктивности. Prema-1 разрабатывался и для открытой, и для трансторакальной дефибрилляции [40].

Несмотря на удовлетворительные результаты применения трансторакальной дефибрилляции Полом Золлом, Уильямом Кувенховеном, и другими западными учеными, кардиоверсия переменным током оказалась слишком рискованной. Так, например, П.М. Золл при исследовании возможности лечения мерцательной аритмии воздействием переменного тока, наблюдал развитие фибрилляции желудочков у 2 из 8 пациентов [41].

В поиске более безопасного способа электрической кардиоверсии, американский кардиолог Бернард Лаун (род. 1921) обратился к результатам исследований Н.Л. Гурвича. В 1961 году Бернард Лаун и инженер Барух Берковиц (Barouh Berkovits, 1926-2012) создали импульсный дефибриллятор-кардиовертер, схематически идентичный советскому ИД-1-ВЭИ. Так как Б. Берковиц эмигрировал в США из Чехословакии в 1950-х, весьма вероятно, что он был хорошо знаком с работами Н.Л. Гурвича и Б.

Пелешки. Первый опыт применения кардиовертера в клинике для купирования желудочковой тахикардии Б. Лаун опубликовал в 1962 году. У всех девяти пациентов удалось восстановить нормальный ритм с первой попытки и без существенных осложнений. Б. Лаун не скрывал, что воспользовался опытом советских ученых при создании своего «кардиовертера».

В дальнейшем Б. Берковиц продолжил исследовательскую деятельность в области электрофизиологии сердца и в конце 1960-х впервые предложил конструкцию электрокардиостимулятора, срабатывающего «по требованию».

Создание первого бифазного дефибриллятора

Ключевым отличием импульсного конденсаторного разряда и переменного тока при дефибрилляции является длительность воздействия на миокард. Приверженцы переменного тока пытались «парализовать» фибриллирующий миокард, поэтому считали вполне логичным максимально длительное (в пределах 1 секунды) воздействие на сердце. Электрическая цепь первых дефибрилляторов на переменном токе замыкалась и размыкалась вручную, следовательно, длительность дефибрилляции полностью зависела от субъективного мнения реаниматора. Время разряда конденсатора, как показано выше, определяется его емкостью. Емкость большинства конденсаторов, доступных исследователям в первой половине XX века, позволяла производить разряды длительностью всего в несколько тысячных долей секунды. Такая разница во времени экспозиции электричества на миокард объясняет, почему число неблагоприятных исходов после дефибрилляции переменным током значительно выше.

В экспериментах Н.Л. Гурвича применялись электрические контуры с конденсаторами различной емкости и индуктивные катушки с различной индуктивностью. При использовании конденсаторов с меньшей емкостью и катушек с относительно большой индуктивностью разряд приобретал свойства затухающего колебательного импульса, становясь подобным одному периоду переменного тока. Устранение второй полуволны в таком контуре приводило к увеличению порогового напряжения для дефибрилляции.

Изучая дефибрилляцию переменным током и двухфазным импульсом, Н.Л. Гурвич предположил, что физиологический эффект двух фаз тока суммируется. То есть переменный ток напряжением 500 В оказывает возбуждающее действие на миокард, эквивалентное постоянному току напряжением в 1000 В. В 1957 году

Н.Л. Гурвич опубликовал первые данные об экспериментальном применении двухфазных импульсов при дефибрилляции, но вопрос требовал дальнейшего изучения [21]. Принимая во внимания обнаруженный им эффект, в 1963 г. Н.Л. Гурвич, совместно с американским инженером Гаем Никербоккером (Guy Knickerbocker), провел серию экспериментов для сравнения эффективности переменного тока (50 Гц) и омонофазного электрического импульса при дефибрилляции. Оказалось, что при ограничении длительности действия переменного тока до 20 мс (один период колебания при частоте 50 Гц), его эффективность и безопасность существенно не отличается от эквивалентного по силе одиночного импульса.

Н.Л. Гурвич предположил, что, придав импульсу дефибрилятора синусоидальную форму, его напряжение можно будет снизить примерно вдвое. Таким образом предполагалось еще более снизить повреждающее действие электричества на миокард. В 1967 году была опубликована первая статья Н.Л. Гурвича и В.А. Макарычева, полностью посвященная экспериментам с бифазным импульсом [42].

Таким образом, за 10 лет в лаборатории В.А. Неговского, группой Н.Л. Гурвича была теоретически и экспериментально обоснована необходимость перехода при дефибрилляции и кардиоверсии от монофазного импульса к бифазному. В эти же 50-60-е годы XX века в США пришли к выводу, что использование дефибрилляторов на основе переменного тока малоэффективно и начали производить дефибрилляторы с импульсом, практически идентичным импульсу дефибрилляторов, созданных в Советском Союзе в лаборатории, а затем НИИ реаниматологии В.А. Неговского.

В 1967 году на Львовский завод РЭМА поступил заказ на создание дефибрилятора с двухфазной формой импульса. Разработку первого бифазного дефибрилятора возглавил инженер И.В. Венин. К тому времени И.В. Венин уже участвовал в разработке монофазного дефибрилятора ИД-66, пришедшего на смену ИД-1-ВЭИ. Серийное производство бифазного дефибрилятора ДИ-03 было начато в 1972 году. Отдаваемая энергия ДИ-03 была ограничена 200 Дж, тогда как энергия разряда ИД-66 доходила до 490 Дж. Импульс, впервые примененный в ДИ-03 получил название бифазный квазисинусоидальный импульс Гурвича-Венина [43].

Свое знакомство с Н.Л. Гурвичем в 1966 году И.В. Венин описал в книге «История дефибрилляции в СССР, России и Украине: техника на службе медицины» следующим образом: «Н.Л. Гурвич произвел несколько

гнетущее впечатление — старый, запуганный (опять очередной жулик приехал украсть бесplatно его идеи). Но книгу свою с автографом подарил» [43].

Попытки сотрудничества СССР и США в деле борьбы со смертью

Представители западной медицины долго не замечали перспективных разработок советских ученых, во многом из-за политических и идеологических разногласий между Советским Союзом и Западом. Однако американский сенатор и будущий вице-президент США от штата Миннесота, Хьюберт Хамфри (1911-1978), неожиданно поспособствовал объединению усилий советских и американских исследователей в области дефибрилляции. Х. Хамфри в 1958 году посетил Москву с однодневным визитом, в ходе которого он встретился с Никитой Сергеевичем Хрущевым и обсудил с ним вопросы экономической интеграции и нераспространения ядерного оружия. Кроме того, Х. Хамфри посетил Научно-исследовательскую лабораторию общей реаниматологии АМН СССР, где встретился с В.А. Неговским и Н.Л. Гурвичем. Свои впечатления о поездке в Советский Союз Х. Хамфри описал в интервью американскому журналу "Life" в 1959 году [44].

Понимая важность исследований в медицине и физиологии, которые проводились в лаборатории В.А. Неговского, Х. Хамфри в 1962 году учредил федеральную программу США по поддержке передовых исследований в области медицины и физиологии терминальных состояний. Появление федеральной программы пробудило интерес некоторых американских кардиологов и физиологов к сотрудничеству с Научно-исследовательской лабораторией В.А. Неговского.

В США первые эксперименты на 100-килограммовых телятах с применением для трансторакальной дефибрилляции двухфазного прямоугольного импульса провел Д. Шудер (Shuder J.C.) в 1983 году. В своих исследованиях Д. Шудер обнаружил, что бифазный прямоугольный импульс продолжительностью 10 мс позволяет прекратить фибрилляцию в 96-99% случаев. По сравнению с аналогичным по эффективности монофазным прямоугольным импульсом (6 мс), необходимая сила тока для бифазного импульса была ниже на 30% [45]. Таким образом, только через 26 лет после первой публикации Н.Л. Гурвича о преимуществах дефибрилляции бифазным импульсом [21], западные исследователи заинтересовались этим перспективным направлением.

Успешное применение дефибриллятора с бифазным экспоненциальным усеченным импульсом у человека описал Р. Уинкли (Winkle R.A.) в 1989 году [46]. Несмотря на убедительную эффективность бифазного импульса, западные фирмы не спешили внедрять его в серийно производимые дефибрилляторы. Еще более странным является полное замалчивание результатов исследований.

Мировое признание преимуществ бифазной дефибрилляции

На рубеже 90-х годов XX века и нового тысячелетия доминировало мнение врачей США и Западной Европы о том, что лучшими являются дефибрилляторы на основе монофазного импульса. Доказанная в СССР на 40 лет ранее эффективность бифазного импульса, за исключением работ специалистов, эмигрировавших из СССР, опровергалась и подвергалась остракизму. В монографиях и руководствах, изданных во всех странах Запада, не было никаких данных об огромном, решающем вкладе реаниматологов из СССР в решение проблемы дефибрилляции.

И все же практическая медицина вернулась к бифазному импульсу. Каким путем? Впервые для клинического применения в США бифазный импульс был одобрен для имплантируемого кардиовертера-дефибриллятора (ИКД) в 1993 году. Сама идея имплантируемого дефибриллятора возникла в конце 1960-х у американского кардиолога польского происхождения Майкла (Мечислава) Миrowsкого (Michel Mirowski, 1924-1990). В 1960-х оказалось технически невозможным создать компактный автоматический дефибриллятор, способный распознать начало опасного нарушения сердечного ритма и эффективно его устранить. Более десяти лет понадобилось М. Миrowsкому для воплощения своей идеи. Первый монофазный имплантируемый дефибриллятор был установлен человеку в 1980 году в клинике Джона Хопкинса (США). Аппарат весил 250 г и мог распознавать только фибрилляцию желудочков, а его установка требовала торакотомии. Следующим шагом в развитии ИКД стало появление трансвенозных электродов, с помощью чего удалось имплантировать дефибриллятор непосредственно под грудными мышцами и не требовало травматичной торакотомии. Но при малых габаритах устройства энергия разряда оказалась недостаточной для трансвенозной дефибрилляции. Поиск эффективного решения этой проблемы привел исследователей к работам Н.Л. Гурвича и внедрению бифазного экспоненциального усеченного импульса для нового поколения

ИКД в 1993 году. Эта инновация позволила снизить пороговую энергию дефибрилляции на 30% [47].

Именно применение ИКД позволило окончательно разрешить вопрос об эффективности монофазного или бифазного импульса. Была создана доказательная база для однозначного ответа — бифазный дефибриллятор, впервые предложенный Н.Л. Гурвичем, лучше.

Серийный дефибриллятор с бифазной экспоненциальной усеченной формой импульса (ForeRunner) в США впервые выпустили в 1996 году [53]. Опыт клинического применения серийного бифазного дефибриллятора в США опубликовали в 1998 году, спустя 26 лет после начала серийного производства первого бифазного дефибриллятора в СССР [48].

В.А. Неговский, Н.Л. Гурвич и большинство их коллег не получили того признания в мире, которого они заслуживали. Разработчики ИКД не «афишировали», откуда взялись их «революционные идеи».

Заключение

В результате неоспоримых доказательств эффективности бифазных дефибрилляторов последовали решения ведущих медицинских ассоциаций в США, Евросоюза и других стран о предпочтительном использовании дефибрилляторов с бифазной формой импульса для всех видов электроимпульсной терапии нарушений сердечного ритма. К началу «нулевых» годов XXI века в постсоветские страны хлынул поток морально устаревших монофазных дефибрилляторов из стран Запада. Эти дефибрилляторы, значительно удешевленные, практически полностью вытеснили старые бифазные, сделанные еще в СССР. Ирония судьбы или жесткие правила экономического и политического бизнеса?

Современные бифазные дефибрилляторы-кардиовертеры рекомендованы ведущими международными медицинскими организациями для купирования фибрилляции желудочков и тахикардиях с неэффективной гемодинамикой. Монофазные дефибрилляторы более не производятся [49]. В настоящее время выпускаются бифазные дефибрилляторы с двумя разновидностями импульса — прямоугольной и экспоненциальной усеченной. Достоверных различий в эффективности по сравнению с квазисинусоидальным импульсом Гурвича они не имеют, а по некоторым параметрам даже уступают ему [50].

Таким образом, от первого применения электричества для купирования фибрилляции желудочков Прево и Бателли в 1899 году, до

создания прототипа современного бифазного дефибриллятора Н.Л. Гурвичем в 1972 году прошло более 70 лет. Еще более 20 лет исследований и клинических испытаний понадобилось для мирового признания изобретения советского ученого. Тем не менее, нельзя утверждать, что на сегодняшний день дефибриллятор достиг совершенства. Современные устройства стараются сделать максимально компактными, эффективными и надежными. Разработаны автоматические наружные дефибрилляторы, столь простые в обращении, что практически любой взрослый человек с их помощью может в считанные минуты купировать фибрилляцию желудочков, еще менее 100 лет назад являющаяся фатальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sans S. The burden of cardiovascular diseases mortality in Europe. Task Force of the European Society of Cardiology on Cardiovascular Mortality and Morbidity Statistics in Europe / S. Sans, H. Kesteloot, D. Kromhout // *Eur Heart J.* – 1997 Dec. – Vol. 18, N 12. – P. 1231–48.
2. Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in Europe / C. Atwood [et al.] // *Resuscitation.* – 2005 Oct. – Vol. 67, N 1. – P. 75–80.
3. Use of automated external defibrillator by first responders in out-of-hospital cardiac arrest: prospective controlled trial / A. P. Van Alem [et al.] // *BMJ.* – 2003 Dec 6. – Vol. 327, N 7427. – P. 1312–16.
4. Turakhia M. Sudden cardiac death: epidemiology, mechanisms, and therapy / M. Turakhia, Z. H. Tseng // *Curr Probl Cardiol.* – 2007 Sep. – Vol. 32, N 9. – P. 501–46.
5. Survival models for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation from the perspectives of the bystander, the first responder, and the paramedic / R. A. Waalewijn [et al.] // *Resuscitation.* – 2001 Nov. – Vol. 51, N 2. – P. 113–22.
6. Белькинд Л. Д. История техники. Государственное энергетическое издательство / Л. Д. Белькинд, И. Я. Конфедератов. – М., 1956. – 484 с.
7. Kuhn T. S. *The Structure of Scientific Revolutions* / T. S. Kuhn. – 3rd ed. – Chicago, Illinois : University of Chicago Press, 1996. – 212 p.
8. Privat-Deschanel A. (Augustin). *Elementary treatise on natural philosophy* [Electronic resource]. – Pt. 3. – New York : D. Appleton and Company, 1878. – Mode of access : <http://www.ebooksread.com/authors-eng/a-augustin-privat-deschanel/elementary-treatise-on-natural-philosophy-hci.shtml>. – Date of access : 21.08.14.
9. Веселовский О. Н. *Очерки по истории электротехники* / О. Н. Веселовский, Я. А. Шнейберг. – М. : Изд-во МЭИ, 1993. – 252 с.
10. Эйхенвальд А. А. *Электричество* / А. А. Эйхенвальд. – Рипол Классик, 2013. – 768 с.
11. Public domain. *Demonstration of the mechanics of facial expression. Duchenne and an assistant faradize the mimetic muscles of "The Old Man"* [Electronic resource]. – Mode of access : http://en.wikipedia.org/wiki/Duchenne_de_Boulogne. – Date of access : 21.08.14.
12. Licht S. H. *History of Electrotherapy* / S. H. Licht // *Therapeutic electricity and ultraviolet radiation* / ed. S. Licht. – 2nd ed. – New Haven : E. Licht, 1967. – 70 p.
13. Harris J. *The electricity of holborn* / J. Harris // *New Scientist magazine.* – 1982 Mar. – Vol. 93, N 1288. – P. 88.
14. Hawkins L. A. *William Stanley (1858-1916) – His life and work* / L. A. Hawkins. – New York, 1951.
15. Stillings D. *The first defibrillator?* / D. Stillings // *Med Prog Technol.* – 1974. – Vol. 2, N 4. – P. 205–206.
16. Kass R. E. *Basis and treatment of cardiac arrhythmias* / R. E. Kass, C. E. Clancy. – Berlin : Springer-Vorlag, 2006. – 361 p.
17. Hoffa M. *Einige neue Versuche uber Herzbewegung* / M. Hoffa, C. Ludwig // *Z Rationelle Med* [Electronic resource]. – 1850. – Vol. 9. – P. 107–144. – Mode of access : <http://books.google.by/books>. – Date of access : 21.08.2014.
18. Index of /zabawki1/files/elmag [Electronic resource]. – Mode of access : http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/elmag/zapalacz_big-en.html. – Date of access : 21.08.14.
19. Akselrod H. *History of defibrillation* / H. Akselrod, M. W. Kroll, M. V. Orlov // *Cardiac bioelectric therapy: mechanisms and practical implications* / I. R. Efimov, M. W. Kroll, P. Tchou. – Springer Science & Business Media, 2009. – P. 15–40.
20. Dreifuss J. *Prevost et Battelli : l'électrochoc et le massage qui réaniment le coeur* // *Rev Med Suisse* [Electronic resource] / J. Dreifuss. – 2011. – Vol. 7. – P. 511–12. Mode of access : <http://rms.medhyg.ch/article>. – Date of access : 21.08.14.
21. Гурвич Н. Л. *Фибрилляция и дефибрилляция сердца* / Н. Л. Гурвич. – М. : Медгиз, 1957. – 249 с.
22. Hooker D. R. *The effects of alternating electrical currents on the heart* / D. R. Hooker, W. B. Kouwenhoven, O. R. Langworthy // *Am J Physiol.* – 1933. – Vol. 103. – P. 444–54.
23. *Effect of electric shock on the heart* / L. P. Ferris [et al.]. – Vol. 55, N 5. – *Electrical Eng.*, 1936. – P. 498–515.
24. Wiggers C. J, Wegria R. *Ventricular fibrillation due to single, localized induction and condenser shocks applied during the vulnerable phase of ventricular systole* / C. J. Wiggers, R. Wegria // *Am J Physiol.* – 1940. – Vol. 128. – P. 500–505.
25. Фото: Штерн Л.С. [Electronic resource]. – Mode of access : http://megabook.ru/article/Штерн_Лина_Соломоновна. – Date of access : 21.08.14.
26. Фото: Юньев Г.С. [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.bio.bsu.by/dekanat/history.phtml>. – Date of access : 21.08.14.
27. Юньев Г. С. *О влиянии сильного электрического тока низкой частоты на сердце* / Г. С. Юньев, К. А. Герчинова, М.И. Никольская // *Бюл. эксперим. биологии и медицины.* – 1937. – Т. 3, №4. – С. 360–63.
28. Фото: Гурвич Н.Л. [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.defibrillation.ru/gurvich.html>. – Date of access : 21.08.14.

29. Гурвич Н. Л. О восстановлении нормальной деятельности фибриллирующего сердца теплоструйным посредством конденсаторного разряда / Н. Л. Гурвич, Г. С. Юньев // Бюл. эксперим. биологии и медицины. — 1939. — Т. 8, N 1. — С. 55–59.

30. Гурвич Н. Л. Значение физической характеристики конденсаторного разряда в восстановлении нормальной деятельности фибриллирующего сердца / Н. Л. Гурвич // Реферат работ учреждений отряда биол. наук АН СССР за 1940 г. — М.: Изд-во АН СССР, 1941. — С. 375–76.

31. Gurvich N. L. Restoration of heart rhythm during fibrillation by a condenser discharge / N. L. Gurvich, G. S. Yunyev // *Am Rev Sov Med.* — 1947 Feb. — Vol. 4, N 3. — P. 252–56.

32. Неговский В. А. Старые и вечно новые проблемы реаниматологии / В. А. Неговский // *Анестезиология и реаниматология.* — 1996. — № 5. — С. 4–9.

33. Beck C. S. Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock / C. S. Beck, W. H. Pritchard, H. S. Feil // *JAMA.* — 1947 Dec 13. — Vol. 135, N 15. — P. 985.

34. Beck C. S. Cardiac arrest during anesthesia and surgery / C. S. Beck, H. J. Rand 3rd. // *JAMA.* — 1949 Dec 24. — Vol. 141, N 17. — P. 1230–33.

35. Closed chest defibrillation of the heart / W. B. Kouwenhoven [et al.] // *Surgery.* — 1957 Sep. — Vol. 42, N 3. — P. 550–61.

36. Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric countershock / P. M. Zoll [et al.] // *N Engl J Med.* — 1956 Apr 19. — Vol. 254, N 16. — P. 727–32.

37. Eisenberg M. S. Life in the balance: emergency medicine and the quest to reverse sudden cardiac death / M. S. Eisenberg. — New York: Oxford University Press, 1997. — 304 p.

38. Специальное заседание по вопросам электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца. / Н. Л. Гурвич [и др.] // Актуальные вопросы реаниматологии и гипотермии: материалы Симп. по применению глубокой гипотермии при терминальных состояниях, Москва, 15–19 сент. 1964 г. — Медицина, 1964. — С. 137–41.

39. Вишневецкий А. А. Устранение мерцательной аритмии методом электрической дефибриляции предсердий / А. А. Вишневецкий, Б. М. Цукерман, С. И. Смеловский // *Клин. медицина.* — 1959. — Т. XXXVII, № 8. — С. 26–29.

40. Peleska V. Transthoracic and direct defibrillation / V. Peleska // *Rozhl Chir.* — 1957 Nov. — Vol. 36, N 11. — P. 731–55.

41. Zoll P. M. Termination of refractory tachycardia by external countershock / P. M. Zoll, A. J. Linenthal // *Circulation.* — 1962. — Vol. 25, N 4. — P. 596–603.

42. Гурвич Н. Л. Дефибриляция сердца двухфазными электрическими импульсами / Н. Л. Гурвич, В. А. Макарычев // *Кардиология.* — 1967. — № 7. — С. 109–12.

43. История дефибриляции в СССР, России и Украине: техника на службе медицины / И. В. Венин [и др.] // *Архив истории дефибриляции в СССР, России и Украине.* — 2014. — 70 с.

44. Humphrey H. H. My marathon talk with Russia's boss: Senator humphrey reports in full on Khrushchev — his threats, jokes, criticism of China's communes / H. H. Humphrey. — New York, 1959. — P. 80–91.

45. Transthoracic ventricular defibrillation in the 100 kg calf with symmetrical one-cycle bidirectional rectangular wave stimuli / J. C. Schuder [et al.] // *IEEE Trans Biomed Eng.* — 1983 Jul. — Vol. 30, N 7. — P. 415–22.

46. Improved low energy defibrillation efficacy in man with the use of a biphasic truncated exponential waveform / R. A. Winkle [et al.] // *Am Heart J.* — 1989 Jan. — Vol. 117, N 1. — P. 122–27.

47. Cannom D. C. The evolution of the implantable cardioverter defibrillator / D. C. Cannom, E. N. Prys-towsky // *Pacing Clin Electrophysiol.* — 2004 Mar. — Vol. 27, N 3. — P. 419–31.

48. 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 / R. O. Cummins [et al.] // *Circulation.* — 1998 Apr 28. — Vol. 97, N 16. — P. 1654–67.

49. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 3. Electrical therapies: automated external defibrillators, defibrillation, cardioversion and pacing / C. D. Deakin [et al.] // *Resuscitation.* — 2010 Oct. — Vol. 81, N 10. — P. 1293–304.

50. Сравнение на высокоомных моделях экспериментальных животных эффективности биполярных импульсов дефибриляции: трапецеидальных, прямолинейного и квазисинусоидального импульса Гурвича-Венина / В. А. Востриков [и др.] // *Мед. техника.* — 2010. — № 6. — С. 1–6.

Адрес для корреспонденции

212022, Республика Беларусь,
г. Могилев, ул. Б. Бирули, д. 20,
УЗ «Могилевская областная больница»,
отделение по координации забора органов
и тканей для трансплантации,
тел. раб.: +375 222 27-87-39,
e-mail: fedya102@yahoo.com,
Ладеев Андрей Юрьевич

Сведения об авторах

Ладеев А.Ю., врач-анестезиолог-реаниматолог отделения по координации забора органов и тканей для трансплантации УЗ «Могилевская областная больница».

Марочков А.В., д.м.н., профессор, заведующий отделением анестезиологии и реанимации УЗ «Могилевская областная больница».

Дмитриева В.Н., врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации УЗ «Могилевская областная больница».

Шумская О.В., медицинская сестра-анестезист отделения анестезиологии и реанимации УЗ «Могилевская областная больница».

Поступила 21.07.2014 г.