

22. Давыдов А.В. Преобразование Гильберта-Хуанга / <http://geoin.org/hht> (дата обращения: 01.06.2018).
23. Shen Z., Lee C.H. A LASSO based ensemble empirical mode decomposition approach to designing adaptive clutter suppression filters / Proc. in IEEE. Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP). 2012. PP. 757-760.
24. Gao L., Zhang Y., Lin W., Li H., Zhou Y., Zhang K., Li Z., Zhang J. A novel quadrature clutter rejection approach based on the multivariate empirical mode decomposition for bidirectional Doppler ultrasound signals // Biomedical Signal Processing and Control. 2014. Vol. 13. PP. 31-40.
25. Shen Z., Feng N., Shen Y., Lee C.H. A ridge ensemble empirical mode decomposition approach to clutter rejection for ultrasound color flow imaging // IEEE Trans. Biomed. Eng. 2013. Vol. 60. № 6. PP. 1477-1487.
26. Torres S. Ground Clutter Cancelling with a Regression Filter / National Severe Storms Lab. Interim Report. Oklahoma. Oct. 1998.
27. Zhou X., Zhang C., Liu D.C. Adaptive clutter filter in 2D color flow imaging based on in vivo I/Q signal // Biomedical Materials and Engineering. 2014. Vol. 24. № 1. PP. 307-313.
28. Gerbands J.J. On the relationships between SVD, KLT and PCA // Pattern Recognition. 1981. № 14. PP. 375-381.
29. Zobly A.M.S., Kadah Y.M. A new clutter rejection technique for Doppler ultrasound signal based on principal and independent component analyses / Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC). 2012. PP. 56-59.
30. Baranger J., Arnal B., Perren F., Baud O., Tanter M., Demené C. Adaptive spatiotemporal SVD clutter filtering for Ultrafast Doppler Imaging using similarity of spatial singular vectors // IEEE Trans. Med. Imaging. 2018. № 37. PP. 1574-1586.
31. Осипов Л.В., Кульберг Н.С., Леонов Д.В., Морозов С.П. Трехмерное ультразвуковое исследование: технологии, тенденции развития // Медицинская техника. 2018. № 3. С. 39-43.

*Денис Владимирович Леонов,
научный сотрудник,*

*Николай Сергеевич Кульберг,
канд. физ.-мат. наук, руководитель отдела
разработки средств медицинской визуализации,
ГБУЗ «Научно-практический центр
медицинской радиологии ДЗМ»,*

*Виктор Александрович Фин,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,
Валерия Андреевна Подмосковная,
студентка,*

*Любовь Сергеевна Иванова,
студентка,*

*Алена Сергеевна Штаева,
студентка,*

*ФГБОУ ВО «НИУ «Московский
энергетический институт»,*

*Антон Вячеславович Владимирский,
д-р мед. наук, зам. директора,*

*Сергей Павлович Морозов,
д-р мед. наук, директор,*

*ГБУЗ «Научно-практический центр
медицинской радиологии ДЗМ»,*

г. Москва,

e-mail: d.leonov@nrcmr.ru

А.Л. Сыркин, Б.Б. Горбунов, В.А. Востриков, И.В. Венин, С.В. Селищев, А.Ш. Ревитшвили

Борис Моисеевич Цукерман – основоположник метода электроимпульсной терапии суправентрикулярных аритмий

Аннотация

Представлены основные биографические сведения и освещена научная деятельность отечественного электрофизиолога Б.М. Цукермана (1920-2007 гг.), внесшего большой вклад в развитие и внедрение в клиническую практику метода электроимпульсной терапии суправентрикулярных аритмий.

Историческая справка

В 1899 году швейцарскими учеными Ж.-Л. Прево (J.-L. Prevost) и Ф. Баттелли (F. Battelli) впервые была обнаружена возможность прекращения фибрилляции желудочков сильным электрическим раздражением. Первоначально в эксперименте на собаках они использовали высоковольтный (до 2,4...4,8 кВ) переменный ток, длительность воздействия которого составляла до 1 с. Затем в 1900 году они использовали очень короткие (до 1 мс) разряды конденсатора (так называемой лейденской банки) напряжением до 18...20 кВ. Однако чрезмерно большая величина напряжения разряда конденсатора часто приводила к отрицательным результатам и тяжелым повреждениям сердца, что создало ложное впечатление о явном преимуществе переменного тока. Данное открытие было вскоре забыто. Лишь спустя более 30 лет этим феноменом вновь заинтересовались: в США – В.Б. Коувенховен (W.B. Kouwenhoven) с сотрудниками и в СССР – Н.Л. Гурвич и Г.С. Юньев. С этого времени в изучении электрической дефибрилляции желудочков наметились два пути. В.Б. Коувенховен и его последователи главным образом начали исследовать возможность дефибрилляции сердца переменным током, Н.Л. Гурвич и Г.С. Юньев – импульсным разрядом конденсатора. В клинике дефибрилятор, генерирующий переменный ток, был впервые

использован в США в 1947 году К. Беком (C. Beck) и соавторами для дефибрилляции открытого сердца и в 1956 году П. Золлом (P. Zoll) и соавторами – для наружной дефибрилляции коротких эпизодов фибрилляции желудочков. Уже первые попытки применения переменного тока в клинике показали, что этот способ нормализации ритма чреват весьма серьезными осложнениями. Поэтому дефибрилляторы переменного тока в основном применяли у больных во время оперативных вмешательств на органах грудной клетки, а их недостатки воспринимались в известной мере как неизбежное зло.

Вторая половина XX века была эпохой бурного развития и внедрения в кардиореанимацию и интенсивное лечение метода электроимпульсной терапии желудочковых и суправентрикулярных аритмий. В СССР большой вклад в решение данной проблемы внесли электрофизиологи Н.Л. Гурвич, Б.М. Цукерман и инженер И.В. Венин, разработавший три поколения дефибрилляторов.

В результате длительных (1936-1947 гг.) исследований процесса фибрилляции и дефибрилляции желудочков сердца Н.Л. Гурвич и Г.С. Юньев впервые в мире теоретически обосновали и применили в эксперименте на животных для устранения фибрилляции желудочков вместо переменного тока более эффективный и безопасный оптимизированный импульс, который формируется при разряде конденсатора через катуш-

ку индуктивности [1]. Оптимизация длительности и формы импульса, получившего позже название «монополярный импульс», позволила значительно снизить величину эффективного разряда и соответственно повреждение сердца. На основании полученных данных в 1952 году во Всесоюзном электротехническом институте был создан первый в мире импульсный дефибриллятор ИД-1-ВЭИ, получивший в литературе название «конденсаторный дефибриллятор системы Гурвича» (рис. 1, 2) [2]-[4].

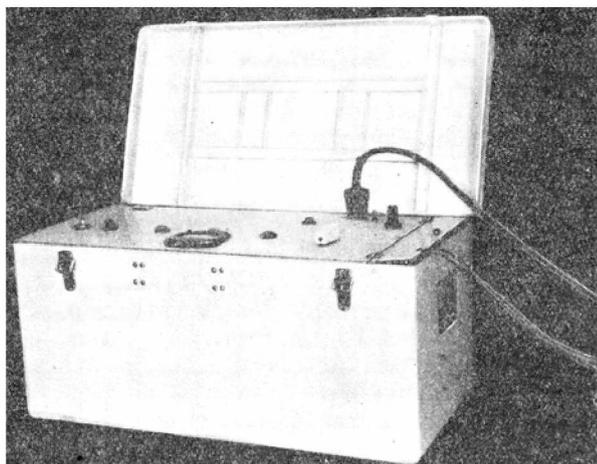


Рис. 1. Первый в мире импульсный дефибриллятор ИД-1-ВЭИ (1952 г.)

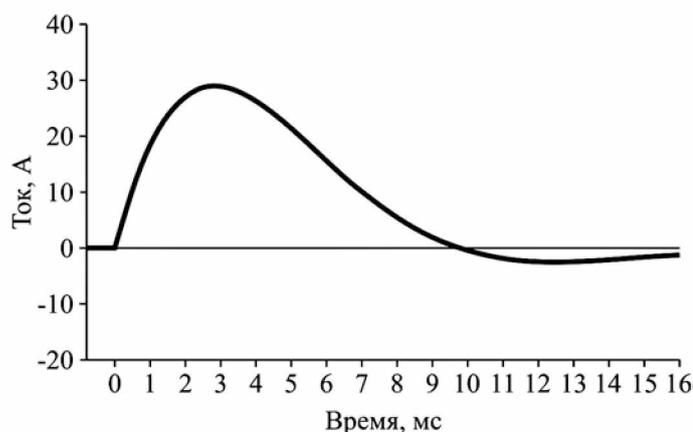


Рис. 2. Монополярный импульс, генерируемый дефибриллятором ИД-1-ВЭИ

Клиническая апробация дефибриллятора показала достаточно высокую эффективность указанного выше импульса при устранении фибрилляции желудочков. Уже в 1953-1954 гг. импульсный дефибриллятор получил полное признание в клиниках и больницах нашей страны, где проводили операции на сердце. Большое сходство и вероятная близость механизмов фибрилляции желудочков и фибрилляции предсердий позволили предположить, что электрическое воздействие на сердце могло бы, вероятно, прекращать и фибрилляцию предсердий. Первая попытка исследования этого вопроса была предпринята В.Б. Малкиным в 1949 году, но она оказалась безуспешной, так как автору не удалось разработать модель экспериментальной фибрилляции предсердий.

Результаты исследования возможности прекращения фибрилляции предсердий электрическим воздействием на сердце были впервые опубликованы в 1956 году Б.М. Цукерманом и Н.Л. Гурвичем [5]. Авторы в экспериментальном исследовании на животных установили, что искусственно вызванную фибрилляцию предсердий можно прекращать импульсным разрядом дефибриллятора. Полученные результаты дали основание предполагать возможную эффективность импульсных разрядов в клинике во время устранения суправентрикулярных аритмий. Однако до начала клинических исследований

необходимо было убедиться в том, что импульсные разряды дефибриллятора ИД-1-ВЭИ (максимальное напряжение конденсатора 7 кВ) не вызывают опасных повреждений сердца и их можно применять не только для устранения фибрилляции желудочков у терминальных больных. В 1957 году Л.Д. Крымским и Б.М. Цукерманом в эксперименте на животных было установлено, что импульсные разряды дефибриллятора напряжением до 6 кВ не вызывают серьезных повреждений структур миокарда даже при многократном воздействии на сердце [6].

Шестьдесят лет тому назад, 19 февраля 1959 г., по инициативе Б.М. Цукермана в Институте хирургии им. А.В. Вишневского АМН СССР был впервые использован импульсный дефибриллятор ИД-1-ВЭИ для проведения электроимпульсной терапии хронической фибрилляции предсердий у больного с ревматическим митральным пороком сердца. Электроимпульсную терапию проводили во время операции на открытом сердце. Фибрилляция предсердий была устранена первым разрядом напряжением 2 кВ [7]. Убедившись в отсутствии осложнений, которые могли быть связаны с воздействием разряда на открытое сердце, в мае 1959 года Б.М. Цукерман и его коллеги начали проводить наружную электроимпульсную терапию. В том же 1959 году им удалось установить, что наружное воздействие импульсными разрядами дефибриллятора успешно устраняет трепетание предсердий и пароксизмальную суправентрикулярную тахикардию [8]. В феврале 1960 года было опубликовано сообщение о результатах проведения электроимпульсной терапии фибрилляции предсердий у 10 больных с открытой и закрытой грудной клеткой [9] и в 1961 году – у 20 больных [10], из них 11 больным разряды наносили через грудные электроды. В 1965 году А.А. Вишневский и Б.М. Цукерман опубликовали статью, которая обобщила опыт проведения электроимпульсной терапии в условиях хирургической клиники [11], в 1966 году – статью в журнале Европейского общества сердечно-сосудистой хирургии, посвященную проблемам электроимпульсной терапии [12].

В США первая публикация, посвященная электроимпульсной терапии суправентрикулярных аритмий, принадлежит П. Золлу и А. Линенталю (А. Linenthal) (1962 г.) – на 3 года позже, чем в СССР [0]. Авторы использовали дефибриллятор переменного тока. Первые результаты применения импульсного дефибриллятора для устранения суправентрикулярных и желудочковых аритмий были также опубликованы в США в 1962 году Б. Лауном (В. Lown) и соавторами [14]. В этом исследовании авторы впервые применили методику кардиосинхронизации разряда с желудочковым комплексом QRS. В СССР отечественные дефибрилляторы с кардиосинхронизатором начали использовать с 1967 года. Б.М. Цукерман, проанализировав результаты экспериментальных исследований, клинических наблюдений и расчетных данных, сделал следующие выводы (1968-1971 гг.): «...Одно лишь попадание разрядом дефибриллятора в раннюю фазу не означает еще возникновения фибрилляции желудочков. Если разряд выбран достаточно большим, то вероятность развития фибрилляции весьма мала...».

«...Синхронизация разряда с «безопасной фазой» сердечного цикла оправдана. Лечение аритмий синхронизированными импульсами дефибриллятора реже осложняется фибрилляцией желудочков, хотя, к сожалению, предупреждает ее не полностью. Случаи возникновения фибрилляции при нанесении разряда вне пределов ранней фазы сердца наблюдались многими авторами...».

«Таким образом, в противоположность точке зрения Лауна (Lown, 1964 г.) очевидно, что несинхронизированный разряд дефибриллятора допустимо и целесообразно использовать для электроимпульсного лечения аритмий. Непременной принадлежностью электроимпульсного метода лечения кардиосинхронизацию считать нельзя. Она представляет лишь удобное к нему дополнение» [8].

«Правильный выбор напряжений [заряда конденсатора] важен для успеха и безопасности электроимпульсного лечения. Ввиду того, что малые напряжения при отсутствии кардиосинхронизатора могут вызвать фибрилляцию желудочков, их сле-

дует избегать. Поэтому для больных старше 12-13 лет конденсатор вначале заряжают до 4 кВ» [15].

В настоящее время плановая электроимпульсная терапия, или электрическая кардиоверсия суправентрикулярных аритмий, как правило, включает в себя процедуру синхронизации разряда. Это связано в первую очередь с появлением дефибрилляторов второго поколения, генерирующих низкоэнергетический биполярный импульс, в отличие от высокоэнергетического монополярного импульса. Однако при устранении полиморфной желудочковой тахикардии и в ряде других случаев синхронизация может оказаться затруднительной или вообще невозможной из-за изменчивости амплитуды и формы широких QRS-комплексов. Широкие патологические комплексы QRS могут включать в себя часть «уязвимого» периода кардицикла, что неизбежно увеличит риск развития фибрилляции желудочков при синхронизации разряда.

Для того чтобы эффективность дефибрилляции была наибольшей, а повреждающее действие наименьшим, плотность тока в области сердца должна быть максимально равномерной. Величина и расположение электродов дефибриллятора на грудной клетке могут играть в этом процессе немаловажную роль. Как показали исследования Б.М. Цукермана и Л.И. Титомира, проведенные на электрофизической модели грудной клетки человека, наиболее благоприятные условия дефибрилляции создают электроды большого диаметра (120 мм), которые обеспечивают более равномерное распределение плотности тока в области сердца, чем электроды малого диаметра. При этом максимальное различие плотности тока в разных участках сердца при использовании электродов диаметром 120 мм достигает 10-кратной величины. Авторами также было установлено, что для создания в области сердца определенной плотности тока при использовании электродов в переднебоковой позиции, по сравнению с переднезадней, требуется больший разрядный ток, проходящий между электродами [16]. В экспериментальном исследовании, опубликованном Б.М. Цукерманом и К.Ю. Богдановым в 1975 году [17], измерение плотности тока на поверхности электродов выявило ее резко выраженную неравномерность с максимальной величиной по краям электрода и минимальной – в центре. Эксперименты на животных показали, что если электрод хорошо прижат к грудной клетке и между ними лежит хорошо увлажненная марлевая прокладка, распределение плотности тока при разных напряжениях разряда дефибриллятора остается одинаковым. Однако, если уменьшать давление на электрод, неравномерность настолько увеличивается, что при заряде дефибриллятора до 5...6 кВ между краями электрода и кожей животного начинают проходить искровые разряды.

В середине 60-х годов прошлого века стало очевидным, что у подавляющего количества больных процедура электроимпульсной терапии протекает без каких бы то ни было осложнений. Б.М. Цукерман был одним из первых, кто провел тщательный анализ публикаций, посвященных электроимпульсной терапии. Результатом проведенного анализа явилась классификация, которая включает в себя 4 основные группы возможных осложнений, связанных с проведением электроимпульсной терапии [15]. Наряду с указанным выше, Борис Моисеевич принимал активное участие в разработке методики проведения плановой электроимпульсной терапии.

Кроме исследования кардиальных и экстракардиальных факторов, влияющих на успех и безопасность электроимпульсной терапии, Б.М. Цукерман совместно с И.В. Вениным и Н.Л. Гурвичем участвовал в подготовке медико-технических требований для нового поколения дефибрилляторов, генерирующих более эффективный и безопасный низкоэнергетический импульс биполярной формы [18]-[20]. Первые дефибрилляторы, генерирующие биполярный импульс (ДИ-03 и ДКИ-01), прошли расширенные клинические испытания в Институте хирургии им. А.В. Вишневского под руководством Б.М. Цукермана. На протяжении ряда лет он был членом комиссии по физиологическим приборам и аппаратам Комитета по новой медицинской технике Минздрава СССР, а затем РФ.

Клинические и экспериментальные данные, полученные Б.М. Цукерманом и его коллегами, были использованы при составлении «Инструкции по электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца». Последняя была утверждена МЗ СССР и выпущена в свет в 1968 году тиражом 20 000 экземпляров [15]. В 1970 году А.А. Вишневский, Б.М. Цукерман, А.И. Смайлис, А.И. Лукошевич, Н.Л. Гурвич и В.А. Неговский за предложение, разработку и внедрение в медицинскую практику электроимпульсного метода лечения аритмий сердца были удостоены Государственной премии СССР в области техники [21]. Следует отметить, что название указанного метода (электроимпульсная терапия) было введено Б.М. Цукерманом.

С опубликованными трудами Бориса Моисеевича можно ознакомиться на сайте «Архив истории дефибрилляции в СССР, России и Украине» [22].



Рис. 3. Доктор биологических наук Борис Моисеевич Цукерман

Из биографии Бориса Моисеевича известно немного. Родился 6 марта 1920 г. в г. Льгове Курской области. Детство прошло в Москве. Учеба на биологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова была прервана Великой Отечественной войной. Во время Великой Отечественной войны служил рядовым в составе 8-й Гвардейской армии генерала Чуйкова. В августе 1943 года получил тяжелое ранение. В 1947 году окончил МГУ по специальности «Физиология человека и животных». В 1948-1994 гг. работал в качестве младшего, а затем старшего научного сотрудника в физиологической лаборатории Института хирургии им. А.В. Вишневского АМН СССР. В 1958 году Борис Моисеевич защитил кандидатскую диссертацию на тему «Дефибрилляция желудочков и предсердий в эксперименте» [23], в 1971 году – докторскую диссертацию на тему «Электроимпульсная терапия нарушений ритма сердца (экспериментальное и клиничко-физиологическое исследование)» [8].

В 1995 году Борис Моисеевич с женой выехали к дочери в США. Этот период его жизни отмечен рядом интересных публикаций в Интернет-альманахе Port-Folio: «Внимание... разряд!» – воспоминания о своей работе в области дефибрилляции сердца [24], «Подарок судьбы», «Памяти друга. О Борисе Биргере, художнике и человеке», «Война (продолжение)» – воспоминания о своем участии в Великой Отечественной войне, «О статье В. Гришановича «9 мая – частное событие или государственное событие?»».

Скончался Борис Моисеевич 21 марта 2007 г. в возрасте 87 лет.

В заключение приводим цитату, завершающую публикацию Бориса Моисеевича «Внимание... разряд!»: «Если ты свою работу любишь, если вкладываешь в нее часть души, ты счастлив. Я – счастливый человек».

Да, он и был именно таким счастливым человеком.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 20.9216.2017/6.7.

Список литературы:

1. Гурвич Н.Л. Фибрилляция и дефибрилляция сердца. – М.: Медгиз, 1957. 250 с.
2. Востриков В.А., Горбунов Б.Б. Отечественная история дефибрилляции сердца // Общая реаниматология. 2012. Т. 8. № 3. С. 63-68.
3. Горбунов Б., Венин И., Востриков В. История дефибрилляции в СССР, России и Украине: техника на службе. – Saarbrücken: Lambert acad. publ., 2016. С. 4-12.
4. Gorbunov B., Venin I., Vostrikov V. The history of defibrillation in the USSR, Russia and Ukraine: Technology at the service of medicine. – Saarbrücken: Lambert acad. publ., 2017. PP. 4-11.
5. Цукерман Б.М., Гурвич Н.Л. Устранение экспериментально вызванной мерцательной аритмии электрической дефибрилляцией предсердий // Экспериментальная хирургия. 1956. № 3. С. 38-44.
6. Крымский Л.Д., Цукерман Б.М. Морфологические изменения в сердце после электрической дефибрилляции и прямого массажа // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 1957. Т. 79. № 11. С. 86-90.
7. Вишневецкий А.А., Цукерман Б.М., Смеловский С.И. Устранение мерцательной аритмии методом электрической дефибрилляции предсердий // Клиническая медицина. 1959. Т. 37. № 8. С. 26-29.
8. Цукерман Б.М. Электроимпульсная терапия нарушений ритма сердца (экспериментальное и клинко-физиологическое исследование) / Автореф. дисс... д-ра биол. наук, 1971. 47 с.
9. Вишневецкий А.А., Смеловский С.И., Цукерман Б.М. Техника митральной комиссуротомии / Труды симпозиума (22-23 февраля 1960 г., г. Москва). Под ред. Л.К. Богуш и др. – М., 1960. С. 35-38.
10. Цукерман Б.М. Опыт электрической дефибрилляции предсердий у 20 больных с митральными пороками сердца // Вестник АМН СССР. 1961. № 8. С. 32-35.
11. Вишневецкий А.А., Цукерман Б.М. Электроимпульсная терапия аритмий сердца // Клиническая медицина. 1965. № 7. С. 5-19.
12. Vishnevsky A.A., Tsukerman B.M. Some debatable problems on electroimpulse therapy of cardiac arrhythmias // J. Cardiovasc. Surg. (Torino). 1966 Sep.-Oct. Vol. 7 (5). PP. 402-407.
13. Zoll P.M., Linenthal A.J. Termination of refractory tachycardia by external countershock // Circulation. 1962 Apr. 1. Vol. 25. PP. 596-603.
14. Lown B., Amarasingham R., Neuman J. New method for terminating cardiac arrhythmias. Use of synchronized capacitor discharge // JAMA. 1962 Nov. 3. Vol. 182. PP. 548-555.
15. Вишневецкий А.А., Цукерман Б.М., Янушкевичус З.И. Инструкция по электроимпульсной терапии нарушений ритма сердца. – М., 1968. 26 с.
16. Цукерман Б.М., Титомир Л.И. Выбор оптимальных размеров и расположения трансторакальных электродов дефибриллятора // Кардиология. 1968. № 4. С. 91-97.
17. Цукерман Б.М., Богданов К.Ю. Распределение плотности тока дефибрилляции в грудной клетке и под электродами дефибриллятора // Кардиология. 1975. № 1. С. 49-55.
18. Венин И.В., Гурвич Н.Л., Либерзон А.П., Табак В.Я., Цукерман Б.М., Шерман А.М. Дефибрилляторы ДИ-03 и ДКИ-01 // Новости медицинского приборостроения. 1973. Вып. 3. С. 48-53.
19. Востриков В.А., Горбунов Б.Б. Игорь Викторович Венин и его вклад в разработку отечественных дефибрилляторов // Общая реаниматология. 2013. Т. 9. № 5. С. 68-73.
20. Vostrikov V.A., Gorbunov B.B., Selishchev S.V. Igor V. Venin founder of biphasic waveform defibrillators // J. Biomed. Sci. Eng. 2015 May 19. Vol. 8 (5). PP. 345-349.
21. О присуждении государственных премий СССР 1970 года в области науки и техники. Постановление Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР от 5 ноября 1970 г. // Справочник партийного работника. 1971. Вып. 11. С. 255-265.
22. Цукерман Борис Моисеевич (6 марта 1920 года, г. Львов Курской области, СССР – 21 марта 2007 года, г. Пало-Альто, Калифорния, США): Публикации / Архив истории дефибрилляции в СССР, России и Украине: [сайт] / Сост. и ред. Б.Б. Горбунов [М., 2018] / http://www.defibrillation.ru/tsukerman_publication.html.
23. Цукерман Б.М. Дефибрилляция желудочков и предсердий в эксперименте / Автореф. дисс... канд. биол. наук, 1958.
24. Цукерман Б. Внимание... разряд! // Интернет-альманах Port-Folio, 2005. Вып. 89 (26 февраля 2005 г.). Ч. 43 / <http://www.port-folio.org/2005/part43.htm>.

*Абрам Львович Сыркин,
д-р мед. наук, профессор,
зав. кафедрой профилактической
и неотложной кардиологии,
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ
им. И.М. Сеченова» Минздрава России
(Сеченовский Университет),
г. Москва,
Борис Борисович Горбунов,
вед. инженер,
Институт биомедицинских систем,
Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»,
г. Зеленоград, г. Москва,
Вячеслав Александрович Востриков,
д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник,
НИИ общей реаниматологии
им. В.А. Неговского,
ФНКЦ реаниматологии и реабилитологии,
г. Москва,
Игорь Викторович Венин,
г. Львов, Украина,
Сергей Васильевич Селищев,
д-р физ.-мат. наук, профессор, директор,
Институт биомедицинских систем,
Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»,
г. Зеленоград, г. Москва,
Амиран Шотаевич Ревшвили,
академик РАН,
директор,
ФГБУ НМИЦ хирургии им А.В. Вишневецкого,
г. Москва,
e-mail: boris.b.gorbunov@org.miet.ru*