

# Новости в електрошоковата терапия

Д-р Елина Трендафилова  
Национална кардиологична болница

Електрошоковата терапия е с повече от едновековна история, като запазва водещото си място в наши дни, благодарение на усъвършенстването на апаратурата и натрупването на нови теоретични и експериментални данни в електрофизиологията.

Още през 1850 година Ludwig и Hoffa съобщават, че под въздействието на силен електрически ток сърцето изпада в особени некоординирани движения, които първоначално са били наричани различно – „Hers-delirium“, „fibrillar contraction“, „tremulation fibrillaire“, „delirium cordis“, „intervermiform movements“ – касае се за камерни фибрилации. Първи Jean Prevost и Frederic Battelli през 1899 г. показват, че фибрилациите могат да бъдат спрени с електрошок, но идеята им е считана за еретична.

Чак през 1947 г. Beck публикува успешно прекъсване на продължителна камерна фибрилация чрез електрически шок<sup>1</sup> - използва променлив ток, приложен директно върху сърцето при операция на отворено сърце на 14-годишен младеж. До средата на 50-те години дефибрилацията не е популярна, защото се прилага на отворено сърце и от стационарен дефибрилатор, което удължава времето до процедурата и значително понижава ефективността ѝ. В края на 50-те години е въведена техниката на индиректен сърдечен масаж и кардиопулмонална ресусцитация,<sup>2</sup> както и трансторакалната дефибрилация,<sup>3</sup> което води до увеличаване на използваемостта на метода. Бързото развитие и навлизане в практиката на дефибрилацията настъпва с откриването на портативния дефибрилатор.<sup>4</sup> Първият преносим дефибрилатор е използвал двуфазен импулс и е имал два кондензатора, като е доставял енергия от приблизително 166 J. Поради недоброто балансиране между първата и втората фаза на импулса, той не е бил успешен и следващото съобщение за преносим дефибрилатор, използващ бифазни импулси, е публикувано чак през 1996 г.

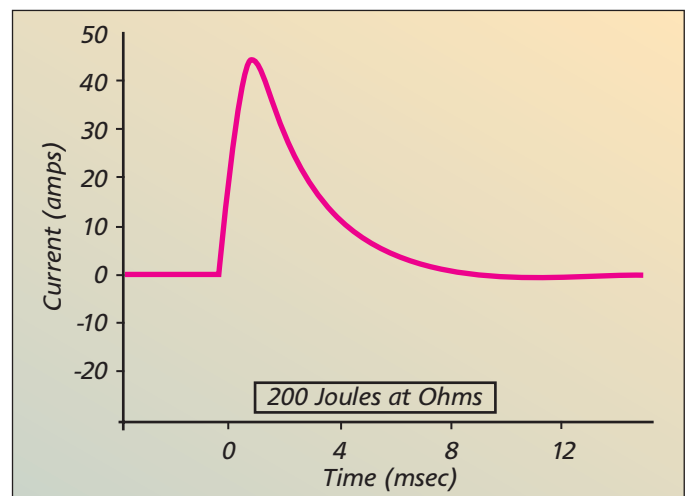
За първи път синхронизирана с R-зъбеца кардиоверсия е използвана от Lown<sup>5</sup> през 1962 година, когато се съобщава за синхронизиран с камерния комплекс електрошок и успешно прекъсване на камерни и надкамерни аритмии, използвайки монофазен импулс. През 1966 г. Edmark описва нов вид монофазни импулси – критично-затихващи монофазни импулси (critically damped monophasic waveform), с които успешно са дефибрилирали деца и

възрастни с енергия от 15 до 50 J. Този импулс е стандартен за монофазните дефибрилатори (фиг. 1).

Първоначалната хипотеза е, че колкото по-висока е енергията на шока, толкова по-ефективен е той. Weaver<sup>6</sup> показва, че началната дефибрилация с монофазни импулси с енергия 175 J е също толкова ефективна, както и с 360 J, но е значително по-безопасна. Това води до създаването на автоматични външни дефибрилатори (AED), които работят само с 180 J монофазен импулс тип „критично-затихваща синусоида“, като се съобщава за значителна ефективност в клинични условия. В резултат на тези и последващи разработки в практиката се внедряват дефибрилатори, използващи бифазни импулси.

## Бифазни импулси

Новата страница в електрошоковата терапия е свързана с бифазните импулси – натрупани са множество доказателства за предимствата на тези импулси пред стандартните монофазни импулси и на практика вече не се произвеждат дефибрилатори с монофазни импулси. Под бифазен импулс се разбира форма на импулса, при която има две фази, като първата е положителна, а втората е отрицателна. Като предимство на бифазните импулси пред монофазните може да се посочи фактът, че за отдаване на предварително зададена енергия (напр. 150 J), бифазните импулси са свързани с протичане на ток с по-ниска пикова стойност (между 10 и 30 A), сравнена с монофаз-



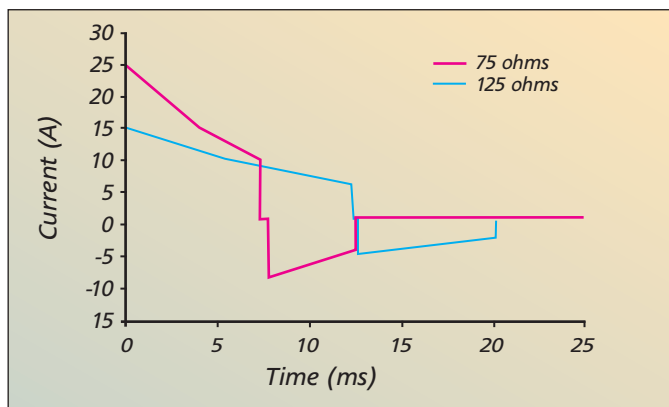
Фиг. 1. Монофазен импулс на Edmark

ните импулси (между 30 и 50 А за трансторакален импеданс между 50  $\Omega$  и 100  $\Omega$ ). Всъщност ефективността на електрошока зависи главно от протекия среден ток, а увреждащите ефекти – от пиковия ток. Това обяснява по-добрата ефективност на бифазните импулси с по-ниска енергия и по-малко увреждащи ефекти.

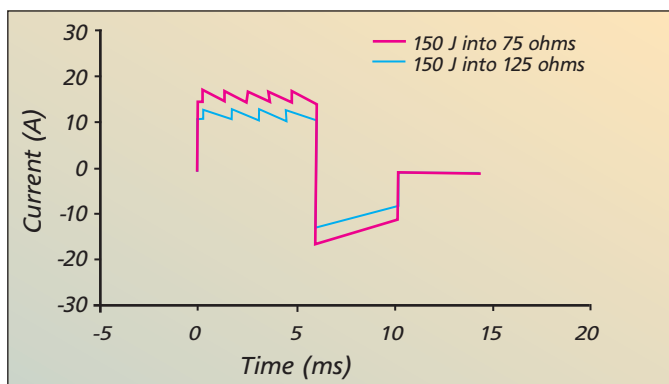
Основна хипотеза за по-високата ефективност на бифазните импулси е в това, че втората фаза съкращава времето за връщане на трансмембрания потенциал на миокардната клетка към изходното си състояние. Приема се, че монофазните импулси създават условие за рефибрилация поради продължителната „опашка“ на потенциала. Този ефект води до прилагането на по-мощни импулси, които обаче водят до още по-голяма продължителност на възстановяване на потенциала – образува се порочен кръг, водещ до ниска ефективност.<sup>7</sup> Защо бифазните импулси имат по-нисък дефибрилационен праг от монофазните? Отговорът на този въпрос не е категоричен – освен представената по-горе хипотеза, има и множество други:

- Импедансът при монофазен импулс и общо при бифазен импулс се увеличава. При бифазните импулси импедансът бързо и за кратко намалява точно по време на обръщане на поляритета. Това намаляние обаче е твърде малко,<sup>8</sup> за да обясни значително по-добрата ефективност на бифазните импулси.
- Втората хипотеза е свързана с йонните канали – при камерно мъждене натриевите канали са частично или изцяло инактивирани. Вероятно първата фаза на импулса хиперполяризира, т.е. нормализира натриевите канали, а втората ги деполяризира – дефибрилира.<sup>9</sup>
- Според трета теория първата фаза на импулса скъсява рефрактерния период на миоцита, така че повече клетки по време на втората фаза са възбудими и се деполяризират, като след това рефрактерният им период е удължен.<sup>7</sup>
- Бифазни импулси, при които първата фаза е по-дълга от втората, дефибрилират по-ефикасно от тези с по-дълга втора фаза от първата, като се търси обяснение в различните криви, отразяващи съотношението между силата на тока и продължителност на импулса.<sup>8</sup>
- Според White<sup>10</sup> втората фаза на бифазните импулси води до отварянето на нови натриеви канали в негативно заредената област на виртуалния електроген дипол и по този начин води до бърза пропация на постшок възбуждението, позволявайки едновременно деполяризация на клетките и предотвратявайки възникването на нов риентри фронт.

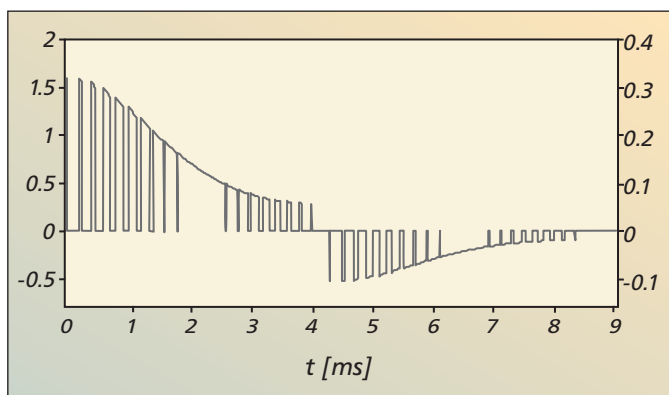
Познати са три основни вида бифазни импулси (фиг. 2 а, в и с), като за всички тях има натрупан доказателствен материал за по-голямата ефективност и безопасност от монофазните при дефибрилация на камерни и надкамерни аритмии.



Фиг. 2 а. Отрязан експоненциален бифазен импулс



Фиг. 2 в. Правоъгълен бифазен импулс



Фиг. 2 с. Модулиран бифазен импулс Multipulse Biowave®

Редица проучвания при хора показват, че различните бифазни импулси са по-ефективни при трансторакална дефибрилация на краткотрайно камерно мъждене, индуцирано в електрофизиологична лаборатория (при имплантиране на ICD). Augostini<sup>11</sup> сравнява 140 J бифазен шок, последван при неуспех от 240 J, и намира успех съответно при 97,5 % и 100 % в сравнение с 200 J – 200 J монофазен шок (успех в 86 % и 93 %). Mittal<sup>12</sup> показва, че бифазен шок с енергия от 120 J е по-ефективен от 200 J монофазен шок – успех в 99 % и 93 % съответно.

Резултатите от дефибрилация на спонтанно възникнало камерно мъждене (сърдечен арест) в извънболнични условия потвърждават по-добрата ефективност на бифазните импулси в сравнение с монофазните, но успехът от дефибрилацията

е значително по-малък. Едно от публикуваните сравнения между бифазни и монофазни импулси, обхващащо гостатъчен брой болни, е на Schneider,<sup>13</sup> който показва по-голям успех от дефибрилациите (възстановяване на синусов ритъм или на организиран ритъм) и по-голяма честота на връщане към спонтанна циркулация при бифазни шокове, няма разлика обаче в преживяемостта на пациентите. В мета-анализ на проучвания, сравняващи ефикасност на бифазни спрямо монофазни импулси за дефибрилация на камерно мъждене, Faddy<sup>14</sup> показва по-голяма ефективност на бифазните импулси спрямо монофазните при една и съща енергия.

Трансторакалната кардиоверсия с бифазни импулси при пациенти с предсърдно мъждене или трептене е обект на изследване от няколко години. Редица публикации показват по-добрата ефикасност на бифазните импулси в сравнение с монофазните. Mittal<sup>15</sup> първи съобщава за по-добра ефективност на първия шок при правоъгълни бифазни импулси, 70 J бифазен шок срещу 100 J монофазен шок и по-добра кумулативна ефективност с по-ниска енергия при пациенти с персистиращо ПМ.

Следват редица проучвания, които показват сходни резултати.<sup>16, 17</sup> Тези изследвания са правени с различни бифазни импулси, сравнявани с монофазни. Независимо от различията във формата на бифазните импулси, сравнявайки ги с монофазните, във всички съобщения е намерена или по-голяма ефикасност на бифазните шокове при еднаква енергия или еднаква ефективност при по-ниска енергия за бифазните импулси. Повечето автори,<sup>15, 16, 17</sup> изхождайки от доказателствата за по-добра ефикасност на бифазните импулси с по-ниска енергия от монофазните при дефибрилация на камерно мъждене, използват по-ниски (еквивалентни) енергии за бифазните импулси срещу по-високи енергии за монофазните импулси. Всъщност повечето комерсиални бифазни външни дефибрилатори доставят максимална енергия от 150 – 220 J срещу 360 J за монофазните външни дефибрилатори. В Европейските документи за ресусцитация<sup>18</sup> се препоръчва при спешна електрокардиоверсия на ПМ да се използват бифазни импулси в „еквивалентна енергия“, като тя вероятно е различна за различните бифазни форми.

Най-общо, бифазните импулси изискват по-ниска енергия за постигане на еднаква ефективност при надкамерни и камерни аритмии, като е доказано, че по-ниската енергия е свързана и с по-малко пост-шок увреждащи ефекти. Увреждащото действие на електрошока върху миокарда зависи от енергията (на отделния шок и кумулативната енергия), вида на импулса, броя на подадените шокове и времето между отделните шокове.<sup>19</sup> Всички проучвания при животни и при хора намират корелация на увреждащите ефекти на електрошока с енергията и броя на подадените шокове, като не може ясно да се отдиференцира дали по-малките странични ефекти на дефибрилацията с

бифазни импулси се дължи на формата на импулса или на по-ниската им ефективна енергия.

### **Импеданс-компенсирани дефибрилатори**

Нова тенденция в електрошоковата терапия са т. нар. „smart“ дефибрилатори – дефибрилатори с компенсация на импеданса на пациента. При дефибрилация около 80-90 % от загадената енергия не стига до сърцето главно поради високия трансторакален импеданс, който зависи от редица фактори, различен е за всеки шок при един и същи пациент и варира от 30 до 150  $\Omega$ . В „smart“ дефибрилаторите се измерва импеданса в началото на всеки шок и се подава индивидуализирано количество електричество, така че до пациента да достигне загадената енергия. С това се увеличава многократно ефективността на първия шок и се намаляват увреждащите ефекти от повторни дефибрилации. Съвременните комерсиални бифазни дефибрилатори са импеданс-компенсирани, като тази компенсация се постига по различни начини – вариации във времетраенето на фазите на импулса, на амплитудата им или на модулирането вътре в отделните фази (фиг. 3 а, в и с).

### **Wearable cardioverter defibrillator**

Друга нова тенденция в електрошоковата терапия са т. нар. wearable cardioverter defibrillator (устройства, наподобяващи ICD с трансторакално приложение) – специални жилетки с въградени електроди, които се носят от високорискови пациенти (засега в болнични условия). Тези устройства сензират ритъма на пациента и при нужда подават автоматична дефибрилация. Проучване на Reek<sup>20</sup> доказва, че първият шок с ниска енергия и бифазен импулс успешно прекратява 100% от сензираните епизоди на камерно мъждене. Препоръчана е максимална енергия за бифазните импулси от 150 J. Липсват грешки при сензирането и неподходящи шокове. Тези устройства биха могли да скъсят периода на лечение в интензивни отделения на високо рискови и стабилни хемодинамично пациенти, което води до съществено намаляване на разходите.

### **Автоматични външни дефибрилатори (AED)**

Това са външни дефибрилатори, които са напълно или частично автоматизирани. Те сензират ритъма на пациента за период от 10 сек., като разпознават основно три вида ритъм – такъв, който задължително се дефибрилира (камерно мъждене, камерна тахикардия с честота над 180/мин), такъв, който задължително не се дефибрилира (синусов ритъм, тахикардии с тесен камерен комплекс, камерни тахикардии с честота под 150/мин, предсърдно мъждене и предсърдно трептене, AV-блок) и неясен ритъм, за който се изисква допълнителен анализ. Според данните от анализа AED с глас подават инструкции на ресусцитиращия какво да прави. В напълно автоматичните варианти след

сензиране на дефибрируем ритъм апаратът сам подава електрошок и след това анализира последващия ритъм. В полуавтоматичните варианти подава команда за мануално задействане на дефибрилатора от ресусцитиращия. Същественото е, че и в двата случая не е необходимо лицето, което работи с AED, да е лекар или сестра. Кратки курсове (няколко часа) на обучение на хора от различни професии, дори ученици, са показали добра успеваемост при липса на опасност за ресусцитиращия. Множество проучвания с AED, разположени на места с големи струпвания на хора (летища, магазини, стадиони), са показали удвояване и утрояване на честотата на преживяемост след сърдечен арест.<sup>21, 22</sup>

AED имат място и при ресусцитация в болнични условия – ново проучване<sup>23</sup> доказва, че забавянето на дефибрилацията с около 2 минути води до значимо намаляване на преживяемостта, препоръчва се създаването на болнични екипи за ресусцитация и наличието на AED в болниците.

Проблемите с AED са няколко – първо да се определя къде има най-голяма нужда от тях – т. е. местата, на които да се разположат дефибрилаторите, като е доказано, че приложението на AED има полза, ако от възникване на сърдечния арест до дефибрилацията минават не повече от 5 минути, т.е. необходими са много апарати, разположени оптимално. Второ - да се изгради съответна програма за обучение на персонал и поддръжка на апаратурата, и трето да има съответна процедура по поддръжане на съответен регистър за използваемостта на тези устройства и тяхната ефективност. Наличните международни документи<sup>18</sup> горещо препоръчват въвеждането на AED, но предоставят въвеждането на национални програми на всяка страна според индивидуалното ѝ законодателство. Нашата правова база на сегашния етап не позволява използването на AED, поради което преживяемостта според данни на БМП при внезапна сърдечна смърт е около 1-4%. Не на последно място стои проблемът с финансовото осигуряване на такъв проект.

Въз основа на множеството проучвания използването на бифазните импулси в автоматичните външни дефибрилатори се препоръчва като индикация клас IIa<sup>18</sup> - „еквивалентът енергия за бифазни импулси спрямо монофазните“. Тази еквивалентна енергия вероятно е различна за различните форми на бифазните импулси. По въпроса за избор на енергия все още няма единно становище. На сегашния етап няма сигурни доказателства за предимството на един вид бифазен импулс пред друг по отношение на тяхната ефикасност.<sup>24</sup>

### **Интракардиална кардиоверсия и дефибрилация**

Интензивното изследване на бифазните импулси започва след възникване на необходимостта от миниатюризиране на имплантируемите кар-

диовертер-дефибрилатори. Благодарение на факта, че бифазните импулси изискват значително по-малка енергия за дефибрилация, стана възможно създаването на съвременните ICD, които са малки, надеждни, с удължен живот на батерията и се имплантират по стандартната методика без необходимост от голяма хирургия. В множество проучвания<sup>25, 26</sup> е доказано, че ICD удължават живота на пациентите с ЛК дисфункция и камерни аритмии, като индикациите за тяхното имплантиране и използваемостта им се разширяват в световен мащаб. България все още е глъжник на своите пациенти.

Редица проучвания показват, че интракардиална кардиоверсия (с интракардиални електроди) при предсърдно мъждене е по-ефикасна от трансторакалната кардиоверсия и изисква много по-малка енергия, вкл. при пациенти, при които външният електрошок е бил неефективен.<sup>27, 28</sup> Този метод обаче е инвазивен, изисква специална апаратура и високо квалифициран персонал и независимо от по-ниските ефективни енергии, електрошокът е болезнен и налага анестезията. Това, заедно с въвеждането на радиофреквентната аблация на предсърдно мъждене, води до все по-малка използваемост на интракардиалните кардиоверсии.

### **Заклучение**

Дефибрилаторите непрекъснато се усъвършенстват – целта е да се постигне бърза, ефективна и безопасна дефибрилация. Тенденциите в съвременните дефибрилатори е да се използват различни бифазни импулси, като се намалява ефективната енергия и увреждащите ефекти на електрошока, да се автоматизира процеса на разпознаване на ритъма, избора на енергия и дефибрилация, да се скъси времето до дефибрилация и да се повиши преживяемостта на пациентите. От времето на първите опити до наши дни на използването на този метод дължат живота си хиляди, а може би и милиони пациенти.

Електрошоковата терапия е и остава единствената терапия при безпулсови камерни аритмии и най-ефективната алтернатива при регуларизация на предсърдни аритмии.

### **Книгопис**

1. Beck CS, et al. Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock. *JAMA* 1947; 135; 985-986.
2. Ewy GA. Ventricular fibrillation and defibrillation. - In: Ewy GA, Bressler R, eds. Cardiovascular drugs and the management of heart disease. New York: Raven Press, 1982; 331-350.
3. Zoll PM, et al. Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric countershock. *N Engl J Med* 1956; 254; 727-732.
4. Jude JR et al. Knickerbocker. An experimental and clinical study of a portable external cardiac defibrillator. *Surg Forum* 1962; 185; 185-187
5. Lown B et al. New method for terminating cardiac arrhythmias: Use of synchronized capacitor discharge. *AMA* 1962; 182; 548-555.

Пълната библиографска справка е на разположение в издателството и може да бъде представена при поискване.