

# Test ze wzrastającą energią impulsu w oznaczaniu progu defibrylacji migotania komór u pacjentów z kardiowerterem-defibrylatorem

## The usefulness of step-up search algorithm for determination of defibrillation threshold in implantable cardioverter-defibrillator patients

Maciej Kempa, Andrzej Lubiński, Tomasz Królak, Anna Pazdyga, Agnieszka Zienciuk, Ewa Lewicka-Nowak, Grzegorz Raczak i Grażyna Świątecka

II Klinika Chorób Serca Instytutu Kardiologii Akademii Medycznej w Gdańsku

### Abstract

**Background:** *Determination of defibrillation thresholds (DFT) during ICD implantation is usually performed according to step-down protocol. This method requires repeated inductions of ventricular fibrillation (VF) and defibrillation attempts using decreased energy outputs with initial energy of 15–20 J. In modern ICDs, DFT is usually relatively low, so the number of VF episodes and defibrillations required to measure DFT is high. Therefore, the use of step-up protocol with progressively increasing shock energy seems to be more useful. However, the optimal protocol of this test has not been established. The aim of this study was to examine the usefulness and compare two step-up protocols of DFT testing during implantation of dual-coil ICD system.*

**Material and methods:** *In 20 consecutive patients (9 female, 11 male) after ICD implantation, DFT test using step-up protocol with initial energy of 5 J (group A) or 8 J (group B) was performed. The mean DFT was 6.8 J and 9.3 J, respectively. In group A the mean number of shocks per patient was 1.6 and in group B 1.4. In all the patients VF was induced only once and its maximum duration was 25 s.*

**Results:** *The step-up protocol is a useful method which enables DFT testing with only one VF induction and small number of defibrillations.* (Folia Cardiol. 2005; 12: 111–116)

**implantable cardioverter-defibrillator, defibrillation threshold**

### Wstęp

Implantacja kardiowertera-defibrylatora (ICD, *implantable cardioverter-defibrillator*) jest powszechnie stosowaną metodą zabezpieczenia pacjenta ze

złośliwymi komorowymi zaburzeniami rytmu przed nagłym zgonem sercowym. Skuteczność leczenia za pomocą ICD zależy przede wszystkim od jego zdolności do przerywania napadów migotania komór (VF, *ventricular fibrillation*) i częstoskurczu komorowego. Dlatego podczas implantacji kardiowertera dokonuje się pomiarów energii potrzebnej do przeprowadzenia skutecznej defibrylacji. Uzyskane dane są niezbędne do właściwego zaprogramowania parametrów impulsu defibrylującego ICD z zachowaniem odpowiedniego marginesu bezpieczeństwa.

Adres do korespondencji: Dr med. Maciej Kempa  
II Klinika Chorób Serca, IK AMG  
ul. Dębinki 7, 80–952 Gdańsk  
e-mail: elimax@koti.pl  
Nadesłano: 23.11.2004 r.      Przyjęto do druku: 30.11.2004 r.

Istnieją dwie metody pozwalające na określenie i następnie zachowanie marginesu bezpieczeństwa pomiędzy zaprogramowaną energią impulsu defibrylującego a rzeczywistą energią potrzebną do przerwania VF. Są to: test weryfikacji efektywności defibrilacji i pomiar progu defibrilacji.

Test weryfikacji jest stosunkowo prosty i polega na potwierdzeniu skuteczności impulsu defibrylującego o energii, o której *a priori* wiadomo, że może być wystarczająca dla danego ICD (tj. z uwzględnieniem maksymalnej energii defibrilacji dostępnej w danym modelu ICD). Po udanym teście energię defibrilacji w ICD programuje się zwykle na najwyższą dostępną wartość.

Pomiar progu defibrilacji migotania komór (DFT, *defibrillation threshold*), czyli najniższej energii pozwalającej na skuteczne przerwanie VF, wymaga kilkakrotnego wywoływania arytmii i jej przerywania impulsem o różnej energii. Najczęściej stosowaną metodą badania DFT jest protokół ze stopniowo zmniejszaną energią defibrilacji określanej w piśmiennictwie jako DFT<sub>dsp</sub> (*defibrillation threshold — decreasing step protocol*). Składa się on z kilku sekwencji wywoływania VF i defibrilacji impulsem ze stopniowo obniżaną energią. Test rozpoczyna się zazwyczaj od impulsu defibrylującego o energii 15–20 J. Po każdej skutecznej defibrilacji następną przeprowadza się z użyciem impulsu o energii niższej — zwykle o 10–20% [1]. W ten sposób określa się najwyższą energię, przy użyciu której VF nie zostaje przerwane. Badania eksperymentalne wykazały, że zastosowanie DFT<sub>dsp</sub> zapewnia skuteczną defibrilację z oznaczoną energią w co najmniej 25% przypadków VF u danego chorego [2].

Innym sposobem określania DFT jest zastosowanie protokołu ze stopniowo zwiększaną energią defibrilacji (DFT<sub>isp</sub>, *defibrillation threshold — increasing step protocol*). W tym przypadku testowany impuls defibrylujący ma stopniowo zwiększaną energię (o 10–20%), aż do ustalenia najniższej wartości pozwalającej przerwać VF. Również w tym przypadku wykazano, że impuls defibrylujący o energii równej tak oznaczonemu DFT charakteryzuje się 25-procentowym prawdopodobieństwem skuteczności przerywania VF [3]. Zatem zarówno protokół ze stopniowo zmniejszaną energią impulsu, jak i protokół ze stopniowo zwiększaną energią umożliwiają określenie DFT z 25-procentowym prawdopodobieństwem skuteczności defibrilacji.

Współcześnie stosowane ICD pozwalają na uzyskiwanie stosunkowo niskich progów defibrilacji. Przyczyniło się do tego m.in. wprowadzenie nowych modeli elektrod (dwa pierścienie defibrylujące), zastosowanie aktywnej obudowy ICD (*acti-*

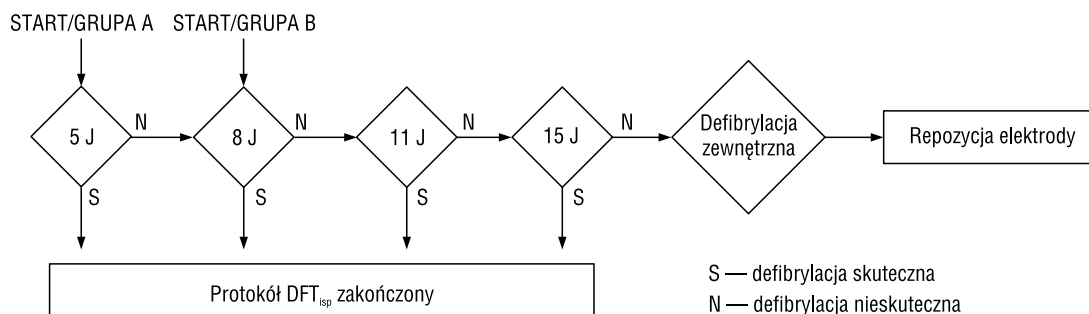
*ve can*) oraz wykorzystanie dwufazowego impulsu defibrylującego [4–6]. Dlatego powszechnie stosowany test ze stopniowo zmniejszaną energią impulsu wymaga wielokrotnego wywoływania VF i jego przerywania aż do momentu osiągnięcia minimalnej skutecznej energii impulsu defibrylującego. Ponadto w przypadku, gdy pierwsza testowana energia defibrilacji jest stosunkowo wysoka, to łączna wartość energii defibrilacji wykorzystywanej w czasie testu jest również znaczna.

Z tego względu przy obecnie uzyskiwanych niskich wartościach DFT teoretycznie korzystniejsze może być stosowanie testu ze wzrastającą energią impulsu. Dodatkową istotną zaletą tej metody może być ograniczenie liczby wyzwalanych migotania komór. Jednak w piśmiennictwie nie ma danych na temat optymalnego protokołu testu DFT<sub>isp</sub> w zakresie wyjściowej energii impulsu defibrylującego.

Dlatego celem niniejszej pracy była ocena przydatności i porównanie dwóch protokołów testu DFT<sub>isp</sub> rozpoczynających się od różnych energii defibrilacji u pacjentów z implantowanym ICD z elektrodą z dwoma pierścieniami defibrylującymi. Ponadto uzyskane wyniki dotyczące liczby przeprowadzonych defibrilacji porównano z hipotetycznymi rezultatami, jakie by uzyskano, stosując klasyczny protokół DFT<sub>dsp</sub>.

## Material i metody

Grupa badana składała się z 20 kolejnych chorych (9 kobiet, 11 mężczyzn, śr. wiek  $54,6 \pm 16,1$  roku) poddanych zabiegowi implantacji ICD. Wskazaniem do implantacji ICD był przebyty epizod zatrzymania krążenia w mechanizmie złośliwych arytmii komorowych. Podłożem arytmii w 12 przypadkach była choroba niedokrwienna serca, w 3 — kardiomiopatia przerostowa, w 2 — kardiomiopatia rozstrzeniowa, w 1 — arytmogenna kardiomiopatia prawokomorowa. U 2 chorych nie stwierdzono organicznej choroby serca. Frakcja wyrzutowa lewej komory wynosiła 17–68% (śr.  $36 \pm 14\%$ ). Implantację ICD (Biotronik-Belos VR + elektroda Kainox SL 75/16) przeprowadzono w sposób typowy, wprowadzając elektrodę do wierzchołka prawej komory przez nakłucie żyły podobojczykowej lewej. Korpus ICD umieszczano pod powięzią mięśnia piersiowego w lewej okolicy podobojczykowej. Bezpośrednio po zabiegu, w krótkim znieczuleniu ogólnym, oznaczano DFT według protokołu ze wzrastającą energią impulsu, rozpoczynając test od wartości 5 J (grupa A — 10 chorych) lub 8 J (grupa B — 10 chorych) (ryc. 1). Podziału pacjentów na dwie grupy dokonano w sposób przypadkowy. Migotanie komór wywo-



**Rycina 1.** Schemat oznaczania progu defibrylacji migotania komór według protokołu ze wzrastającą energią impulsu

**Figure 1.** Defibrillation threshold determination using test with progressively increasing shock energy (increasing step protocol)

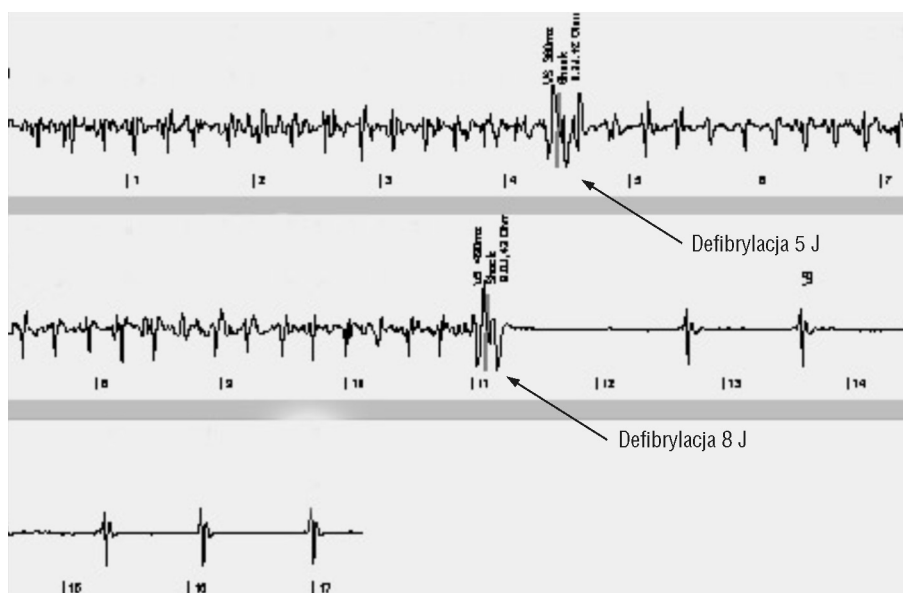
lywano za pomocą szybkiej stymulacji typu *burst* lub metodą *shock on T*. U wszystkich chorych VF wywoływano tylko raz, a defibrylacje ze wzrastającą energią wyzwalano kolejno aż do momentu przerwania arytmii (ryc. 2).

## Wyniki

W grupie A średnia wartość DFT wyniosła 6,8 J, a średnia liczba impulsów defibrylujących — 1,6/osobę, natomiast w grupie B średnia wartość DFT była równa 9,3 J, a średnia liczba impulsów defibrylujących — 1,4/osobę (tab. 1). Czas trwania VF w żad-

nym przypadku nie przekroczył 25 s. W żadnym przypadku wartość DFT nie była wyższa niż 15 J, dlatego nie było potrzeby dokonywania repozycji elektrody.

Stosując  $DFT_{isp}$  w grupie A (schemat: 5 J → 8 J → 11 J → 15 J), oznaczono DFT, przeprowadzając łącznie u wszystkich chorych 16 defibrylacji (śr. 1,6/osobę), w grupie B (schemat: 8 J → 11 J → 15 J) wykonano 14 defibrylacji (śr. 1,4/osobę). Aby uzyskać te same rezultaty z zastosowaniem protokołu  $DFT_{dsp}$  (schemat: 15 J → 11 J → 8 J → 5 J), w grupie A należałoby wykonać łącznie 34 defibrylacje (śr. 3,4/osobę), a w grupie B (schemat: 15 J → 11 J →



**Rycina 2.** Przykład oznaczania progu defibrylacji migotania komór według protokołu ze wzrastającą energią impulsu. Defibrylacja impulsem 5 J — nieskuteczna, defibrylacja impulsem 8 J — skuteczna. Zapis zarejestrowany w pamięci holterowskiej ICD

**Figure 2.** Defibrillation threshold determination using increasing step protocol. The print out from ICD holter memory. Defibrillation using 5 J shock — unsuccessful, defibrillation using 8 J shock — successful

**Tabela 1.** Porównanie średniego progu defibrylacji i liczby przeprowadzonych defibrylacji w badanych grupach**Table 1.** The comparison of the mean defibrillation threshold and the number of defibrillations in group A and B

	Grupa A	Grupa B	p
Energia początkowego impulsu defibrylującego [J]	5	8	
Średni próg defibrylacji migotania komór [J]	6,8 ± 2,1	9,3 ± 2,4	< 0,05
Całkowita liczba defibrylacji	16	14	NS
Średnia liczba defibrylacji/osobę	1,6 ± 0,7	1,4 ± 0,7	NS

**Tabela 2.** Porównanie liczby przeprowadzonych defibrylacji przy zastosowaniu protokołu ze zwiększoną energią impulsu defibrylującego z wartościami uzyskiwanymi w typowym teście ze zmniejszoną energią impulsu defibrylującego.**Table 2.** The comparison of the number of defibrillations performed according to increasing step protocol and results of routinely performed test according to decreasing step protocol

	Protokół DFT <sub>dsp</sub>	Protokół DFT <sub>isp</sub>	p
Całkowita liczba defibrylacji — grupa A	34	16	
Średnia liczba defibrylacji/osobę — grupa A	3,4 ± 0,7	1,6 ± 0,7	< 0,05
Całkowita liczba defibrylacji — grupa B	26	14	
Średnia liczba defibrylacji/osobę — grupa B	2,6 ± 0,7	1,4 ± 0,7	< 0,05

DFT<sub>dsp</sub> (defibrillation threshold test according to decreasing step protocol) — próg defibrylacji migotania komór oznaczony według protokołu ze zmniejszoną energią impulsu; DFT<sub>isp</sub> (defibrillation threshold test according to increasing step protocol) — próg defibrylacji migotania komór oznaczony według protokołu ze zwiększoną energią impulsu

→ 8 J) 26 defibrylacji (śr. 2,6/osobę). Porównanie wyników w obu grupach z zastosowaniem testu ANOVA wykazało znamienne statystycznie mniejszą liczbę potrzebnych defibrylacji do określenia DFT w przypadku użycia protokołu DFT<sub>isp</sub> (tab. 2).

## Dyskusja

Współcześnie implantowane układy defibrylujące umożliwiają skuteczne przerywanie VF z wykorzystaniem coraz mniejszych energii. Pozwala to na znaczne ograniczenie zużycia baterii zasilających układ, a ponadto wpływa na poprawę komfortu życia pacjenta poprzez ograniczenie częstości wykonywania zabiegów reimplantacji ICD oraz zmniejszenie dyskomfortu związanego z defibrylacją. Dlatego istotne jest indywidualne określenie DFT u danego pacjenta i programowanie ICD w sposób pozwalający na prowadzenie defibrylacji z wykorzystaniem minimalnej potrzebnej energii przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego marginesu bezpieczeństwa. Sposób określenia DFT powinien być możliwie prosty, szybki, niepowodujący nadmiernego zużycia baterii ICD oraz bezpieczny dla chorego. Warunki te spełnia metoda oznaczania DFT według

protokołu ze wzrastającą energią impulsu defibrylującego. Sposób ten pozwala w większości przypadków na określenie DFT przy zaledwie jednokrotnym wywołaniu VF, ponadto liczba defibrylacji jest stosunkowo mała. Dotychczas powszechnie stosowany protokół ze zmniejszoną energią impulsu wymaga kilkukrotnego wywołania VF oraz znamiennej większej liczby wykonanych defibrylacji. Z kolei test weryfikacji skuteczności defibrylacji umożliwia programowanie ICD z zapewnieniem marginesu bezpieczeństwa, jednak programowanie maksymalnych wartości energii impulsu może prowadzić do szybszego wyczerpania baterii ICD, zwłaszcza w przypadku chorych z częstymi nawrotami arytmii.

W niniejszej pracy oznaczanie DFT prowadzono według protokołu ze zwiększoną energią impulsu, rozpoczynając od wartości 5 J lub 8 J. Podział na grupy A i B był przypadkowy, jednak mała liczebność obu grup i znaczne zróżnicowanie chorych w poszczególnych grupach powoduje, że nie są one porównywalne. Niemniej jednak liczba defibrylacji przeprowadzonych podczas oznaczania DFT w obu grupach była zbliżona. Stosunkowo niskie średnie progi defibrylacji uzyskiwane w obu grupach zachę-

cają do rozpoczęcia testu od wartości 5 J. Pozwala to na ewentualne potwierdzenie skuteczności defibrylacji impulsem o bardzo małej energii. Jednocześnie należy pamiętać, że u części chorych DFT może okazać się stosunkowo wysokie i w tej grupie pacjentów rozpoczęcie testu od tak niskich wartości jak 5 J może być nieuzasadnione. Szczególnie istotne wydaje się zatem znalezienie czynników pozwalających jeszcze przed rozpoczęciem testu wstępnie określić, czy oczekiwany DFT będzie stosunkowo niski czy też stosunkowo wysoki. Na wartość DFT wpływają dwie grupy czynników: czynniki zależne od parametrów układu defibrylującego i czynniki kliniczne. Spośród parametrów ICD najistotniejszy wydaje się rodzaj zastosowanych elektrod oraz charakterystyka elektryczna impulsu defibrylującego. Bowiem w przypadku stosowania elektrod o dwóch pierścieniach defibrylują-

cych i wykorzystaniu dwufazowego impulsu defibrylującego DFT jest niższe [3]. Do czynników klinicznych, które mogą wiązać się z wysokim DFT, należą: powiększony wymiar końcoworozkurczowy lewej komory, obniżona frakcja wyrzutowa lewej komory oraz ewentualne leczenie amiodaronem [3, 7]. Celowe wydaje się zatem rozpoczęcie testu od wyższych wartości początkowych u chorych, u których występują czynniki mogące wskazywać na podwyższenie progu defibrylacji migotania komór.

## Wniosek

Protokół ze wzrastającą energią impulsu jest metodą przydatną, pozwalającą oznaczać próg defibrylacji migotania komór przy zastosowaniu pojedynczej indukcji migotania komór i niewielkiej łącznej liczbie i energii defibrylacji.

## Streszczenie

**Wstęp:** *Udoskonalenie układów defibrylujących stosowanych w ICD w ostatnich latach pozwoliło na istotne obniżenie progu defibrylacji (DFT) migotania komór (VF). W celu oznaczania DFT powszechnie stosuje się test ze stopniowo zmniejszaną energią impulsu (DFT step down protocol). Wymaga on wielokrotnego indukowania VF i jego przerywania, aż do momentu osiągnięcia minimalnej skutecznej energii impulsu defibrylującego. Ponieważ pierwsza testowana energia defibrylacji jest stosunkowo wysoka, to łączna wartość energii defibrylacji wykorzystywanej w czasie testu jest również znaczna. Ponieważ średnia wartość DFT uzyskiwanego przy zastosowaniu dwubiegunowych systemów defibrylujących jest mniejsza niż 10 J, teoretycznie korzystniejsze może być oznaczanie DFT za pomocą testu ze wzrastającą energią impulsu (DFT step up protocol). Jednak optymalny protokół takiego badania nie jest jeszcze ustalony. Celem pracy była ocena przydatności i porównanie dwóch protokołów testu DFT step up w oznaczaniu progu defibrylacji VF u pacjentów z ICD z elektrodą z dwoma pierścieniami defibrylującymi.*

**Materiał i metody:** *W grupie kolejnych 20 pacjentów (9 kobiet, 11 mężczyzn) podczas implantacji ICD oznaczano DFT według protokołu ze wzrastającą energią impulsu, rozpoczynając test od wartości 5 J (grupa A — 10 osób) lub 8 J (grupa B — 10 osób). U wszystkich chorych VF wywoływano tylko raz, a defibrylacje ze wzrastającą energią były wyzwalane kolejno aż do momentu przerwania arytmii.*

**Wyniki:** *W grupie A średnia wartość DFT wyniosła 6,8 J, a średnia liczba impulsów defibrylujących — 1,6/osobę, natomiast w grupie B średnia wartość DFT była równa 9,3 J, a średnia liczba impulsów defibrylujących — 1,4/osobę. Czas trwania VF w żadnym przypadku nie przekroczył 25 s.*

**Wniosek:** *Protokół ze wzrastającą energią impulsu jest metodą przydatną, pozwalającą oznaczać próg defibrylacji migotania komór przy zastosowaniu pojedynczej indukcji arytmii i niewielkiej łącznej liczbie i energii defibrylacji. (Folia Cardiol. 2005; 12: 111–116)*

**implantowany kardiowerter-defibrylator, próg defibrylacji**

## Piśmiennictwo

1. Singer I., Lang D. Defibrillation threshold: Clinical utility and therapeutic implications. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 1992; 15: 932–949.
2. Singer I., Lang D. The defibrillation threshold. W: Krol M., Lehmann M. red. *Implantable cardioverter defibrillator therapy. The Engineering-Clinical Interface.* Kluwer Academic Publishers Norwell Massachusetts 1997.
3. Lubiński A. Badania nad sposobami obniżania progu defibrylacji migotania komór i czynnikami klinicznymi wpływającymi na skuteczność defibrylacji u pacjentów z implantowanym kardiowerterem-defibrylatorem serca. Praca habilitacyjna. *Annales Academiae Medicae Gedanensis* 2002; XXXII, supl.
4. Gold M.R., Olsovsky M.R., Pelini M.A., Peters R.W., Shorofsky S.R. Comparison of single- and dual-coil active pectoral defibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1998; 31: 1391–1394.
5. Kavanagh K.M., Tang A.S., Rollins D.L., Smith W.M., Ideker R.E. Comparison of the internal defibrillation threshold for monophasic and double and single capacitor biphasic waveforms. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1989; 14: 1343–1349.
6. Saksena S., Scott S.E., Accorti P.R., Boveja B.K., Abel D., Callaghan F.J. Efficacy and safety of monophasic and biphasic waveform shock using braided endocardial defibrillation lead system. *Am. Heart J.* 1990; 120: 1342–1347.
7. Manz M., Jung W., Luderitz B. Interactions between drugs and devices: experimental and clinical studies. *Am. Heart J.* 1994; 127: 978–984.