

1. *Streszczenie*

Wstęp

Chorzy z niedokrwioną etiologią niewydolności serca z obniżoną frakcją wyrzutu lewej komory (HFrEF) znajdują się w grupie podwyższonego ryzyka nagłej śmierci sercowej (sudden cardiac death - SCD). Wszczepienie kardiowertera- defibrylatora (ICD) stało się podstawową metodą zapobiegania SCD w tej populacji chorych.

Okazało się jednak, że w tej grupie pacjentów korzyści z ICD w postaci redukcji śmiertelności nie są równe i okupione wysoką ceną jaką stanowią interwencje adekwatne (IA), które niekorzystnie wpływają na jakość życia (QoL), zwiększają ryzyko progresji niewydolności serca i ryzyko zgonu.

W skrajnych przypadkach niestabilności arytmicznej dochodzi do zjawiska burzy elektrycznej (ES) czyli wielokrotnych IA w krótkim czasie co stanowi stan zagrożenia życia i wiąże się ze złym rokowaniem.

Większość chorych z ICD wszczepionym w profilaktyce pierwotnej SCD nigdy nie doświadczy IA pozostając narażonymi na działania niepożądane takie jak interwencje nieadekwatne (InA), mogące ograniczyć korzyści z terapii ICD i stanowiące jej najczęstsze powikłanie.

Właściwa identyfikacja czynników ryzyka IA, ES i InA ma krytyczne znaczenie we współczesnej kardiologii. Jednocześnie dane nie są jednoznaczne i najczęściej oparte o analizę niejednorodnych grup chorych z niedokrwioną oraz nieniedokrwioną etiologią HFrEF.

Postanowiono więc określić czynniki ryzyka wystąpienia IA, ES oraz InA w jednorodnej grupie chorych z niedokrwioną etiologią HFrEF i ICD wszczepionym w profilaktyce pierwotnej SCD. W oparciu o niezależne czynniki ryzyka, podjęto próbę stworzenia własnego, wieloparametrowego modelu logitowego dla szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia IA. Postanowiono również zbadać przydatność skali MADIT-ICD Benefit Score dla predykcji IA.

Istnieją kontrowersje dotyczące wpływu IA, ES i InA na ryzyko zgonu. Przeprowadzono więc analizę wpływu IA, ES oraz InA na przeżycie całkowite. Ponadto analizowano przeżycie całkowite w zależności od płci i rodzaju wszczepionego ICD.

Cel Pracy:

Celem pracy jest:

1. Określenie czynników ryzyka wystąpienia interwencji adekwatnej (IA), burzy elektrycznej (ES) oraz interwencji nieadekwatnej (InA) spośród szeregu parametrów klinicznych (wiek, płeć, choroby współistniejące), parametrów elektrokardiograficznych, echokardiograficznych, stopnia zaawansowania choroby wieńcowej (obecność choroby wielonaczyniowej, obecność przewlekłe niedrożnych tętnic wieńcowych - CTO), sposobu rewaskularyzacji serca, farmakoterapii, rodzaju wszczepionego urządzenia.
2. Opracowanie własnego, wieloparametrowego modelu logitowego dla szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia IA, który uwzględni niezależne czynniki ryzyka IA
3. Ocena przydatności skali MADIT-ICD Benefit Score dla przewidywania IA w grupie badanej
4. Ocena przeżycia całkowitego w grupie badanej w zależności od płci, wszczepionego urządzenia ICD oraz w zależności od wystąpienia IA, ES i InA.

Material i metody:

Praca jest retrospektywną analizą 260 chorych Oddziału Kardiologii Dolnośląskiego Szpitala Specjalistycznego im. Tadeusza Marciniaka we Wrocławiu. Wszyscy chorzy mieli wszczepione ICD lub ICD z funkcją resynchronizacji (CRT-D) w profilaktyce pierwotnej SCD z powodu niewydolności serca z obniżoną frakcją wyrzutu (LVEF \leq 35%) na tle niedokrwienne uszkodzenia serca. Średnia wieku wyniosła $67,3 \pm 9,4$ lat. Kobiet było 40, co stanowiło 15,4% grupy. Wszystkie zabiegi wszczepienia ICD i CRT-D zostały przeprowadzone w Pracowni Elektroterapii i Elektrofizjologii Oddziału Kardiologicznego Dolnośląskiego Szpitala Specjalistycznego im. Tadeusz Marciniaka we Wrocławiu w latach 2006 - 2019.

Obserwację prowadzono do momentu zgonu lub ostatniej wizyty w Poradni Kardiologicznej. Średni czas obserwacji wyniósł $4,47 \pm 3,02$ lat (minimalny 1,1 lat; maksymalny 16,6 lat).

Analizę zdarzeń arytmicznych (z pamięci ICD) pozyskiwano z dokumentacji Poradni Kontroli Urządzeń Wszczepialnych Dolnośląskiego Szpitala Specjalistycznego im. T. Marciniaka. Kontrole ICD przeprowadzane były każdorazowo przez lekarza kardiologa.

Za interwencję adekwatną (IA) uznawano terapię wysokoenergetyczną lub stymulację antytachyarytmiczną (ATP), które były spowodowane arytmia komorową (częstokurcz komorowy lub migotanie komór). Za interwencję nieadekwatną (InA) uznawano terapię wysokoenergetyczną lub ATP spowodowane arytmia inną niż arytmia komorowa. Burzę elektryczną (ES) zdefiniowano jako ≥ 3 IA w ciągu 24 godzin.

IA wystąpiły u 79 chorych (30,4% grupy badanej). U 17 chorych (6,5% grupy badanej) wystąpiła ES. InA odnotowano u 25 chorych (9,6% grupy badanej). Oba typy interwencji (IA i InA)

obserwowano u 15 chorych (IA i InA były osobnymi zdarzeniami. Średni czas pomiędzy IA i InA wyniósł $16,5 \pm 15,9$ miesięcy)

Retrospektywną analizę czynników ryzyka przeprowadzono odrębnie dla IA, ES oraz InA, porównując grupę z IA (n=79) z grupą bez IA (n=181), grupę z ES (n=17) z grupą bez ES (n=243) oraz grupę z InA (n=25) z grupą bez InA (n=235). Czynniki ryzyka poszukiwano pośród szeregu parametrów klinicznych (wiek, płeć, choroby współistniejące), parametrów elektrokardiograficznych, echokardiograficznych, stopnia zaawansowania choroby wieńcowej (obecność choroby wielonaczyniowej, obecność przewlekle niedrożnych tętnic wieńcowych – CTO), sposobu rewaskularyzacji, farmakoterapii, rodzaju wszczepionego urządzenia. Analizowano parametry bazowe, czyli obecne przed wszczęciem ICD.

W oparciu o wykazane niezależne czynniki ryzyka IA opracowano własny wieloparametrowy model logitowy dla szacowania ryzyka IA. Dodatkowo zbadano przydatność skali MADIT ICD Benefit Score dla predykcji IA w badanej grupie chorych. Dla każdego z 260 chorych obliczono MADIT-ICD Benefit Score, przy użyciu dedykowanego kalkulatora, dostępnego online pod adresem: <https://is.gd/madit>.

Metodę Kaplana-Meiera wykorzystano do oceny przeżycia całkowitego w zależności od płci, rodzaju wszczepionego ICD oraz w zależności od wystąpienia IA, ES i InA. Przeprowadzono również analizę przeżycia wolnego od IA, ES i InA dla niezależnych czynników ryzyka, oraz analizę przeżycia wolnego od IA dla modelu logitowego i skali MADIT-ICD Benefit Score

Wyniki

➤ *Interwencje adekwatne ICD (IA)*

Na podstawie wieloczynnikowej analizy regresji logistycznej, niezależnymi czynnikami ryzyka wystąpienia IA okazały się być:

- a) nieutralone częstoskurcze komorowe (nsVT) stwierdzone przed zabiegiem wszczęcia ICD
- b) rozległy obszar niedokrwionego uszkodzenia lewej komory w ocenie echokardiograficznej, wyrażony liczbą akinetycznych segmentów lewej komory (LAS) ≥ 7
- c) dylatacja lewej komory, wymiar końcowo-rozkurczowy lewej komory (LVEDd) ≥ 68 mm
- d) przebyty zabieg przeszłowania aortalno-wieńcowego (CABG)

Warto nadmienić, że na podstawie jednoczynnikowej analizy regresji logistycznej czynnikiem ryzyka IA była także obecność przewlekłej niedrożności (CTO) w jednej z głównych tętnic wieńcowych oraz choroba wieńcowa wielonaczyniowa w zakresie ≥ 2 głównych naczyń, jakkolwiek nie okazały one się być niezależnymi czynnikami ryzyka IA.

➤ *Model logitowy dla szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia Interwencji adekwatnej (IA) w grupie badanej – Pr {IA}*

Na podstawie niezależnych czynników ryzyka wystąpienia IA w grupie badanej stworzono wieloparametrowy model logitowy, czyli wyrażenie pozwalające oszacować prawdopodobieństwo wystąpienia interwencji adekwatnej (Pr {IA}). Wartość progową $Pr \{IA\}=0,60$ wyznaczono na podstawie krzywej ROC. Wykazano przydatność modelu dla szacowania ryzyka IA. Chorzy z wynikiem prawdopodobieństwa $Pr\{IA\} \geq 0,6$ mieli ponad sześciokrotnie większe ryzyko wystąpienia IA w porównaniu do pacjentów z $Pr\{IA\} < 0,6$ ($p < 0,001$).

Pięcioletnie prawdopodobieństwo przeżycia wolnego od IA czyli odsetek chorych bez IA po 5 latach obserwacji było istotnie niższe w grupie $Pr\{IA\} \geq 0,6$ w porównaniu do grupy z $Pr\{IA\} < 0,6$ (24,5% vs 74,7%, $p < 0,001$).

Ponadto wykazałem, że prawdopodobieństwo wystąpienia IA po 5 latach obserwacji jest wyższe w grupie chorych z $Pr\{IA\} \geq 0,60$ w porównaniu z każdą grupą chorych z obecnym pojedynczym czynnikiem ryzyka IA.

➤ *Przydatność skali ryzyka MADIT-ICD Benefit Score dla przewidywania wystąpienia interwencji adekwatnych ICD (IA)*

Wykazano przydatność skali MADIT ICD Benefit Score dla przewidywania ryzyka IA w grupie badanej. Ryzyko wystąpienia IA dla chorych z MADIT-ICD Benefit Score ≥ 75 punktów było ponad osiem razy większe w porównaniu z pacjentami z punktacją ICD MADIT Benefit Score < 75 ($p < 0,001$). Analiza Kaplana-Meiera wykazała, że pięcioletnie prawdopodobieństwo przeżycia wolnego od IA (odsetek chorych bez IA po 5 latach obserwacji) było istotnie niższe w grupie MADIT-ICD Benefit Score ≥ 75 w porównaniu do grupy MADIT-ICD Benefit Score < 75 (37,1 vs 80,1%; $p < 0,0001$).

➤ *Burza elektryczna (ES)*

Na podstawie wieloczynnikowej analizy regresji logistycznej, niezależnym czynnikiem ryzyka wystąpienia ES w grupie badanej okazała się być jedynie:

- a) choroba wieńcowa wielonaczyniowa w zakresie głównych ≥ 2 głównych tętnic wieńcowych

➤ *Interwencje nieadekwatne (InA)*

Wykazano, że niezależnymi czynnikami ryzyka InA były:

- a) napadowe migotanie przedsionków stwierdzone przed zabiegiem wszczepienia ICD
- b) wiek chorego < 68 lat.

➤ *Analiza przeżycia całkowitego*

Mediana przeżycia całkowitego dla badanej grupy pacjentów wyniosła 70,9 miesiąca z pięcioletnim prawdopodobieństwami przeżycia równym 57,4%. Prawdopodobieństwo przeżycia pięcioletniego kobiet było wyższe niż mężczyzn (74,8% vs 54,2%), ale różnica nie była istotna statystycznie ($p=0,073$).

Nie zaobserwowano istotnego wpływu IA, ES i InA na przeżycie całkowite. Jakkolwiek prawdopodobieństwo przeżycia pięcioletniego w grupie pacjentów, u których wystąpiła ES było niższe w porównaniu do chorych bez ES (37,1% vs 58,3 %; $p=0,192$).

Wnioski

Na podstawie analizy szeregu zmiennych klinicznych, elektrokardiograficznych, echokardiograficznych, parametrów charakteryzujących stopień zaawansowania choroby wieńcowej, sposobu rewaskularyzacji serca okazało się, że w populacji 260 chorych z niedokrwinną etiologią niewydolności serca z obniżoną frakcją wyrzutu lewej komory (HFrEF) oraz kardiowerterem-defibrylatorem (ICD) wszczepionym w profilaktyce pierwotnej nagłego zgonu sercowego (SCD):

1. Interwencje adekwatne (IA) występują u niemal 1/3 pacjentów. Podwyższone ryzyko IA mają chorzy z obecnością niezależnych czynników ryzyka takich jak:
 - a) nieutralone częstoskurcze komorowe (nsVT) stwierdzone przed zabiegiem wszczepienia ICD
 - b) rozległy obszar niedokrwienego uszkodzenia lewej komory w ocenie echokardiograficznej wyrażony liczbą akinetycznych segmentów lewej komory (LAS) ≥ 7
 - c) dylatacja lewej komory, wymiar końcowo – rozkurczowy lewej komory (LVEDd) ≥ 68 mm
 - d) przebyty zabieg przeszłowania aortalno - wieńcowego (CABG)
2. W oparciu o niezależne czynniki ryzyka opracowano własny, wieloparametrowy model logitowy dla szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia IA. Wykazano jego przydatność kliniczną.
3. Prawdopodobieństwo wystąpienia IA po pięciu latach obserwacji jest wyższe w grupie chorych z wynikiem modelu logitowego $\Pr \{IA\} \geq 0,60$ w porównaniu do każdej grupy chorych

z obecnym pojedynczym czynnikiem ryzyka IA.

4. Wykazano przydatność skali MADIT ICD Benefit Score dla szacowania ryzyka interwencji adekwatnej (IA). Najwyższe ryzyko IA mają chorzy z punktacją ≥ 75 skali MADIT ICD Benefit Score.
5. Burza elektryczna (ES) występuje u co 16-go chorego. Spośród szeregu zmiennych, niezależnym czynnikiem ryzyka ES okazała się być jedynie:
 - a) wielonaczyniowa choroba wieńcowa w zakresie ≥ 2 głównych naczyń.
6. Interwencje nieadekwatne (InA) ICD występują u co 10-go chorego. Najwyższe ryzyko InA mają chorzy z obecnością niezależnych czynników ryzyka InA takich jak:
 - a) wiek chorego poniżej 68 lat
 - b) napadowe migotanie przedsionków występujące przed wszczepieniem ICD
7. Nie wykazano istotnych różnic w przeżyciu całkowitym w zależności od rodzaju wszczepionego urządzenia, płci, wystąpienia IA, InA i ES. Kobiety mają wyższe prawdopodobieństwo przeżycia pięcioletniego $S_{(t=5)}$ w porównaniu do mężczyzn a chorzy z ES mają niższe $S_{(t=5)}$ w porównaniu do chorych bez ES jakkolwiek różnice nie były istotne.
8. Model logitowy oraz skala MADIT ICD Benefit Score okazały się skuteczne w szacowaniu ryzyka IA i mogą być użyteczne w codziennej praktyce klinicznej.

Summary

Introduction

Patients with ischemic etiology of heart failure with reduced left ventricular ejection fraction (HFrEF) are at increased risk of sudden cardiac death (SCD). Implantable cardioverter-defibrillator (ICD) has become the primary method of preventing SCD in this patient population.

However, it occurred that in this group of patients, the benefits of implanted ICDs in terms of mortality reduction do not equal and come with a high price of appropriate interventions (IA), which affect quality of life (QoL), increase the risk of heart failure progression and the risk of death. In extreme cases of arrhythmic instability appears the phenomenon of electrical storm (ES), that is multiple IAs in a short period of time, which is a life-threatening condition and is associated with a poor prognosis.

The majority of patients with ICDs implanted for primary prevention of SCD will never experience IA, remaining vulnerable to adverse effects such as inappropriate interventions (InA), which can limit the benefits of ICD therapy and is its most common complication.

Proper identification of risk factors for IA, ES and InA is critical in modern cardiology. At the same time, the available data are inconclusive and mostly based on analysis of heterogeneous groups of patients with ischemic and non-ischemic etiology of HFrEF.

Thus, we decided to determine the risk factors for IA, ES and InA in a homogeneous group of patients with ischemic etiology of HFrEF and ICD implanted for primary prevention of SCD. Based on independent risk factors, an attempt was made to create our own multi-parameter logit model for estimating the probability of IA. It was also decided to investigate the value of the MADIT-ICD Benefit Score for the prediction of IA.

There is controversy about the influence of IA, ES and InA on the risk of death. Thus, an investigation of the effects of IA, ES and InA on overall survival was conducted. In addition, overall survival rate was analyzed according to gender and type of implanted ICD.

Objectives

The aims of this study were to:

- a)** Identify risk factors for appropriate interventions (IA), electrical storm (ES) and inappropriate interventions (InA) among a number of clinical parameters (age, gender, comorbidities), electrocardiographic parameters, echocardiographic parameters, severity of coronary artery disease (presence of multivessel disease, presence of chronic total occlusion - CTO), method of revascularization, pharmacotherapy and type of implanted device

- b) Design a multi-parameter logit model for estimating the probability of a appropriate interventions that takes into account independent IA risk factors
- c) Evaluation of the applicability of the MADIT-ICD Benefit Score for predicting IA in the study group
- d) Evaluation of overall survival rate in the study group according to gender, type of implanted ICD and according to the occurrence of IA, ES and InA.

Material and Methods

The study is a retrospective analysis of 260 patients of the Cardiology Department of the Tadeusz Marciniak Lower Silesian Specialized Hospital in Wroclaw. All patients had an ICD or ICD with resynchronization function (CRT-D) implanted for primary prevention of SCD due to heart failure with reduced ejection fraction (LVEF \leq 35%) on the background of ischemic heart damage. The mean age was 67.3 ± 9.4 years. There were 40 women, which is 15.4% of the group. All ICD and CRT-D implantation procedures were performed in the Electrotherapy and Electrophysiology Division of the Cardiology Department of the Tadeusz Marciniak Lower Silesian Specialized Hospital in Wroclaw between 2006 and 2019.

Observation was conducted until death or the last visit to the Cardiology Outpatient Clinic. The mean follow-up time was 4.47 ± 3.02 years (minimum 1.1 years; maximum 16.6 years).

Analysis of arrhythmic events (from the ICD memory) was obtained from the records of the Implantable Device Control Clinic of the T. Marciniak Lower Silesian Specialized Hospital. ICD checks were carried out each time by a cardiologist.

As an appropriate intervention (IA) was considered a high-energy therapy (shock) or antitachycardia pacing (ATP) caused by a ventricular arrhythmia (ventricular tachycardia or ventricular fibrillation). As an inappropriate intervention (InA) was considered a high energy therapy (shock) or ATP caused by an arrhythmia other than ventricular arrhythmia. Electrical storm (ES) was defined as ≥ 3 IA in 24 hours.

IAs occurred in 79 patients (30.4% of the study group). ES occurred in 17 patients (6.5% of the study group). InA was noted in 25 patients (9.6% of the study group). Both types of intervention (IA and InA) were observed in 15 patients (IA and InA were separate events). The mean time between IA and InA was 16.5 ± 15.9 months.

Retrospective analysis of risk factors was performed separately for IA, ES and InA, comparing the group with IA (n=79) with the group without IA (n=181), the group with ES (n=17) with the group without ES (n=243) and the group with InA (n=25) with the group without InA (n=235). Risk factors were investigated among a number of clinical parameters (age, gender, comorbidities), electrocardiographic parameters, echocardiographic parameters, severity of coronary artery disease

(presence of multivessel disease, presence of CTO), method of cardiac revascularization, pharmacotherapy, type of implanted device. The analyzed parameters were those present before ICD implantation.

Based on the demonstrated independent IA risk factors, a multi-parameter logit model was developed for IA risk estimation. In addition, the utility of the MADIT ICD Benefit Score for the prediction of IA in the study group of patients was investigated. The MADIT ICD Benefit Score was calculated for each of the 260 patients using a dedicated calculator, available online at: <https://is.gd/madit>.

The Kaplan-Meier method was used to estimate overall survival according to gender, type of implanted ICD and the occurrence of IA, ES and InA. An analysis of survival free from IA, ES and InA was also performed for independent risk factors, as well as an analysis of survival free from IA for the logit model and the MADIT-ICD Benefit Score.

Results

➤ ICD appropriate interventions (IA)

Based on multivariate logistic regression analysis, independent risk factors for IA were:

- a) non-sustained ventricular tachyarrhythmias (nsVTs) detected before ICD implantation
- b) extensive area of ischemic left ventricular damage on echocardiographic assessment, expressed by the number of akinetic left ventricular segments (LAS) ≥ 7
- c) left ventricular dilation (left ventricular end-diastolic dimension LVEDd ≥ 68 mm)
- d) history of coronary artery bypass grafting surgery (CABG)

Based on univariate logistic regression analysis, the presence of chronic total occlusion (CTO) in one of the major coronary arteries and multivessel coronary artery disease involving ≥ 2 major vessels were also risk factors for IA, although they did not prove to be independent risk factors for IA in multivariate analysis.

➤ *Logit model for estimating the probability of occurrence of ICD appropriate intervention (IA) in the study group – Pr {IA}*

Based on the independent risk factors for IA in the study group, a multi-parameter logit model was created to estimate the probability of appropriate intervention (Pr {IA}). The threshold value of Pr {IA}=0.60 was determined from the ROC curve. The practicality of the model for estimating IA risk was proved. Patients with a Pr {IA} probability score ≥ 0.6 had more than six times the risk of IA compared to patients with Pr {IA} < 0.6 ($p < 0,001$).

The five-year probability of survival free from IA (that is, the percentage of patients without IA after 5 years of follow-up) was significantly lower in the $\text{Pr}\{IA\} \geq 0.6$ group compared to the group with $\text{Pr}\{IA\} < 0.6$ (24.5% vs. 74.7%, $p < 0.001$).

In addition, it was proven that the probability of IA after 5 years of follow-up was higher in the group of patients with $\text{Pr}\{IA\} \geq 0.60$ compared to any group of patients with a single IA risk factor present.

➤ *Usefulness of the MADIT-ICD Benefit Score for predicting the occurrence of ICD appropriate intervention (IA)*

The utility of the MADIT ICD Benefit Score for predicting the risk of IA in the study group was demonstrated. The risk of IA for patients with MADIT-ICD Benefit Score ≥ 75 points was more than eight times higher compared to patients with MADIT ICD Benefit Score < 75 ($p < 0.001$). Kaplan-Meier analysis showed that the five-year probability of survival free from IA (percentage of patients without IA after 5 years of follow-up) was significantly lower in the MADIT-ICD Benefit Score ≥ 75 group compared to the MADIT-ICD Benefit Score < 75 group (37.1 vs 80.1; $p < 0.0001$).

➤ *Electrical storm (ES)*

Based on multivariate logistic regression analysis, the only independent risk factor for ES in the study group appeared to be:

- a) multivessel coronary artery disease involving ≥ 2 major coronary arteries

➤ *ICD inappropriate interventions (InA)*

Independent risk factors for InA were:

- a) paroxysmal atrial fibrillation diagnosed before ICD implantation
- b) patient age < 68 years.

➤ *Overall survival analysis*

The median overall survival rate for the study group of patients was 70.9 months with a five-year survival probability of 57.4%. The five-year survival probability for women was higher than for men (74.8% vs. 54.2%), but the difference was not statistically significant ($p=0.073$).

No significant effect of IA, ES and InA on overall survival was observed. However, the probability of five-year survival in the group of patients who had ES was lower compared to patients without ES (37.1% vs 58.3%; $p=0.192$).

Analyzing a number of clinical, electrocardiographic, echocardiographic variables, parameters characterizing the severity of coronary artery disease, the method of cardiac revascularization, it was found that in a population of 260 patients with ischemic etiology of heart failure with reduced left ventricular ejection fraction (HFrEF) and a cardioverter-defibrillator (ICD) implanted for primary prevention of sudden cardiac death (SCD):

1. appropriate interventions (IA) occur in almost 1/3 of patients. Higher risk of IA have patients with the presence of independent risk factors such as:
 - a) nonsustained ventricular tachyarrhythmias (nsVTs) detected prior to ICD implantation,
 - b) extensive area of ischemic left ventricular damage on echocardiographic evaluation, expressed by the number of akinetic segments of left ventricle (LAS) ≥ 7
 - c) left ventricular dilation (left ventricular end-diastolic dimension LVEDd ≥ 68 mm),
 - d) history of coronary artery bypass grafting (CABG).
2. Based on independent risk factors, a proprietary multi-parameter logit model was developed for estimating the probability of IA. Its clinical utility was proven in the study.
3. The probability of IA after five years of follow-up is higher in the group of patients with a logit model score of $\Pr \{IA\} \geq 0.60$ compared to any group of patients with a single IA risk factor present.
4. The utility of the MADIT ICD Benefit Score for estimating the risk of ICD appropriate intervention of ICDs (IA) has been demonstrated. Patients with MADIT ICD Benefit Score ≥ 75 have the highest risk of IA.
5. Electrical storm (ES) occurs in one in 16 patients. A multivessel coronary artery disease involving ≥ 2 major vessels was an independent risk factor for ES.
6. Inappropriate interventions (InA) of ICDs occur in one in 10 patients. The highest risk of independent InA are patients with the presence of risk factors such as:
 - a) patient's age less than 68 years
 - b) paroxysmal atrial fibrillation occurring before ICD implantation
7. There were no significant differences in overall survival rate based on the type of device implanted, gender of the occurrence of IA, InA and ES. Women have a higher probability of five-year survival $S_{(t=5)}$ compared to men and patients with ES have a lower $S_{(t=5)}$ compared to patients without ES, although the differences were not significant.
8. The designed logit model and the MADIT ICD Benefit Score scale have proven to be effective in estimating IA risk and may be useful in daily clinical practice.

