

# Funkcje diagnostyczne kardiowerterów-defibrylatorów serca

Diagnostic features of implantable cardioverters-defibrillators

Andrzej Przybylski, Joanna Zakrzewska-Koperska

Klinika Zaburzeń Rytmu Serca, Instytut Kardiologii, Warszawa

Kardiologia Pol 2009; 67: 310-316

## Wstęp

Rola kardiowerterów-defibrylatorów (ang. *implantable cardioverter-defibrillator*, ICD) i urządzeń do terapii resynchronizującej (ang. *cardiac resynchronization therapy*, CRT) we współczesnej kardiologii jest dobrze znana [1–3]. Systematycznie rozszerzane są wskazania do implantacji tych urządzeń. Powoduje to wzrost liczby procedur, a w związku z tym narastający problem opieki nad chorymi ze wszczepionymi ICD i CRT (przeważnie również z funkcją kardiowertera-defibrylatora – CRT-D). Wynika on z wydłużenia czasu życia chorych, zwiększenia liczby wizyt ambulatoryjnych i hospitalizacji spowodowanych chorobą podstawową (niewydolnością serca lub/i zaburzeniami rytmu) lub koniecznością reoperacji (wymiana urządzenia, usuwanie uszkodzonych elektrod). Niepokojąca jest również liczba awarii zarówno samych urządzeń, jak i elektrod [3, 4].

Wszystkie te problemy mają istotny wymiar kliniczny i finansowy, przykładowo: ostra dekomensacja niewydolności serca wiąże się z 4-procentową śmiertelnością wewnątrzszpitalną, a hospitalizacje pochłaniają 70% wydatków przeznaczonych na terapię niewydolności serca w Wielkiej Brytanii [5, 6].

Diagnostyczne funkcje ICD/CRT mają na celu: 1) wczesne rozpoznanie nieprawidłowości w pracy układu i zaalarmowanie chorego lub/i personelu medycznego, 2) monitorowanie parametrów hemodynamicznych i wykrycie zmian poprzedzających wystąpienie klinicznych objawów dekomensacji niewydolności serca, 3) zmniejszenie liczby wizyt kontrolnych dzięki możliwości monitorowania domowego zarówno danych technicznych wszczepionego urządzenia, jak i objawów pracy układu krążenia. Te możliwości wszczepialnych urządzeń są mało znane, a wydaje się, że zapoznanie się z nimi, a następnie wykorzystanie otrzymanych informacji w codziennej praktyce, pozwoli

istotnie udoskonalić opiekę nad chorym. Ze względów praktycznych w artykule omówione zostaną głównie funkcje występujące w urządzeniach producentów najczęściej spotykanych w Polsce. W związku z tym, że większość funkcji jest podobna dla ICD i CRT, zostaną one omówione łącznie (ICD/CRT).

## Monitorowanie pracy kardiowerterów-defibrylatorów i urządzeń do terapii resynchronizującej

Do prawidłowej pracy wszczepionego ICD niezbędne jest prawidłowe funkcjonowanie wszelkich elementów układu, czyli samego kardiowertera-defibrylatora oraz elektrod. Niestety, awarie elektrod nie należą do rzadkości [3]. Wynikają one albo z mechanicznego uszkodzenia elektrody, albo (rzadziej) z wad fabrycznych. W większości przypadków awarie elektrod przebiegają niestety bezobjawowo. Dotyczy to zwłaszcza części wysokonapięciowej (ang. *high voltage lead*) odpowiedzialnej za kardiowersję i defibrylację. Skutkiem uszkodzenia jest nieskuteczna terapia częstoskurczu komorowego lub migotania komór, a więc sytuacja zagrażająca życiu chorego [4].

Wskaźnikiem integralności elektrody wysokonapięciowej jest jej impedancja. Zarówno jej zbyt małe, jak i zbyt wysokie wartości świadczą o uszkodzeniu, ta sama zasada dotyczy też części stymulującej. O stwierdzonych nieprawidłowościach chory informowany jest przez sygnał dźwiękowy (urządzenia firmy Medtronic Inc., Minneapolis, Stany Zjednoczone) lub sygnał wibracyjny (część ICD i CRT firmy St. Jude Medical, St. Paul, Stany Zjednoczone). Alarm ten aktywowany jest jeden raz dziennie o porze uzgodnionej z chorym. Pojawienie się sygnału alarmowego powinno spowodować niezwłoczny kontakt z pracownią kontroli wszczepialnych urządzeń.

---

### Adres do korespondencji:

dr n. med. Andrzej Przybylski, Klinika Zaburzeń Rytmu Serca, Instytutu Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, tel.: +48 22 343 44 17, faks: +48 22 343 42 50, e-mail: aprzybylski@ikard.pl

**Praca wpłynęła:** 28.09.2008. **Zaakceptowana do druku:** 01.10.2008.

dr Andrzej Przybylski jest konsultantem firmy Biotronik i głównym badaczem programu naukowego sponsorowanego przez firmę Medtronic

Kolejnym parametrem oceniającym pracę elektrod jest licznik interwałów trwających < 140 ms (ang. *sensing integrity counter*, SIC, Medtronic). Pojawienie się dużej liczby takich interwałów świadczy o rejestracji zakłóceń i może oznaczać uszkodzenie elektrody. Wykazano wysoką czułość i specyficzność monitorowania impedancji i SIC w wykrywaniu uszkodzeń elektrod [7, 8]. Oprócz impedancji elektrod alarm może być aktywowany również w razie stanu baterii lub kondensatorów kwalifikującego do planowej wymiany urządzenia, większej niż 3 liczby kardiowersji/defibrylacji w czasie jednego epizodu arytmii, wykrycia arytmii po zastosowaniu wszystkich zaprogramowanych form terapii oraz wyłączeniu terapii w strefie rozpoznania migotania komór.

Najnowsze ICD/CRT mają też możliwość pomiaru progów stymulacji oraz wielkości załamek R i P. Podczas monitorowania domowego informacja o nieprawidłowościach w pracy układu trafia do ośrodka kontrolującego ICD/CRT, który podejmuje decyzję dotyczącą dalszego postępowania (patrz dalej).

## Diagnostyka arytmii

Obecność elektrod wewnątrzsercowych oraz czujnika aktywności umożliwia rejestrację wielu parametrów związanych z rytmem serca i aktywnością chorego. Umiejętność skorzystania z nich jest przydatna do właściwego programowania ICD/CRT oraz do leczenia chorego. Reje-

strowane dane można podzielić na następujące grupy:

- związane ze stymulacją,
- monitorujące rytm własny chorego (zwłaszcza zaburzenia rytmu serca),
- oceniające aktywność fizyczną i stopień niewydolności serca.

Praktycznie każdy ICD/CRT (podobnie jak stymulator) zapisuje odsetek pobudzeń wystymulowanych i kardioto-powych w danej jamie serca. Dane te są szczególnie ważne u chorych ze wszczepionym CRT, gdyż zmniejszenie odsetka pobudzeń wystymulowanych może być przyczyną pogorszenia niewydolności serca. Z drugiej strony, u chorych ze wszczepionymi jedno- lub dwujamowymi ICD nie jest wskazany nadmierny udział zbędnej stymulacji prawokomorowej.

Diagnostyka rytmu własnego i jego zaburzeń zawiera zazwyczaj informacje dotyczące (Rycina 1.):

- tachyarytmii przedsionkowych – liczby napadów, czasu trwania, częstotliwości rytmu komór,
- tachyarytmii komorowych – liczby i częstości występowania (w tym również nieutralizowanych częstoskurczów komorowych lub dodatkowych pobudzeń komorowych),
- średniej częstotliwości pracy serca w ciągu dnia, w nocy lub w spoczynku.

Znaczenie kliniczne tych danych jest ogromne. Możliwe jest: wykrycie niemych klinicznie napadów migotania przedsionków, wdrożenie leczenia przeciwzakrzepowego,

Patient monitoring / Overview / Reports: Tach35-LVT-1 / Trend report

**Trend report** ? Help

Patient 1 (Lumax 300 HF-T SN: 10000000) 11-Okt-2006, 02:00 AM

Status 
  Implant settings 
  Holter

Summary 
  Implant 
  Lead 
  Bradycardia/CRT 
  Atrial arrhythmia 
  Ven. arrhythmia 
  HF Monitor

CRT		Daily statistics 11-Okt-2006 01:59 AM	Since follow-up 15-Aug-2006 08:15 AM Mean values, * Max values
CRT pacing (total) [%]		83	98
<b>HEART RATE</b>			
Mean atrial heart rate [ppm]		60	60
Mean ventricular heart rate [ppm]		60	60
Mean ventricular heart rate at rest [ppm]		54	55
<b>HEART RATE VARIABILITY</b>			
PP variability [ms]		312	---
<b>ACTIVITY</b>			
Patient activity [% of day]		38	35
<b>ARRHYTHMIAS</b>			
Atrial burden [% of day]		0	0
Mean ven. heart rate during atr. burden [ppm]		---	---
Max. ven. heart rate during atr. burden [ppm]		---	---*
Mean VES / h		61	10

**Rycina 1.** Przesłane systemem monitorowania domowego dane kardiowertera-defibrylatora Lumax 300 HF-T (Biotronik) dotyczące wybranych parametrów rytmu serca. Na karcie zbiorczej przedstawiona jest średnia wartość z ostatniej doby oraz średnia od poprzedniej wizyty. Każdy z wybranych parametrów może być przedstawiony graficznie

Opublikowane dzięki uprzejmości i za zgodą firmy Biotronik, Polska

prawidłowa kontrola częstotliwości rytmu, wdrożenie leczenia antyarytmicznego lub rozważenie zastosowania metod niefarmakologicznych (abłacja) [9]. Niekorzystne prognostycznie występowanie tachykardii zatokowej, szczególnie w godzinach nocnych, u chorych z niewydolnością serca jest dobrze udokumentowane [6]. Powyższe dane mają szczególne znaczenie u chorych ze wszczepionym układem resynchronizującym, gdyż zarówno tachyarytmie przedsionkowe z przyspieszoną częstotliwością rytmu komór, jak i tachykardia zatokowa lub komorowe zaburzenia rytmu powodują zmniejszenie odsetka pobudzeń wystymulowanych i mogą być przyczyną dekompensacji wydolności serca [10]. Część CRT samodzielnie analizuje powyższe dane i sugeruje odpowiednie zmiany programu urządzenia (np. Ovatio CRT, Sorin Group, Mediolan, Włochy). Zaletą danych otrzymanych z ICD/CRT jest długi czas rejestracji umożliwiającą bardzo wnikliwą analizę stanu wydolności chorego i efektów leczenia. Dodatkowo możliwa jest częściowa weryfikacja danych za pomocą elektrogramów wewnątrzsercowych (IEGM) zapisanych w pamięci urządzenia.

### Monitorowanie niewydolności serca

Wiele z wymienionych powyżej parametrów znajduje zastosowanie w monitorowaniu leczenia niewydolności serca. Część ICD/CRT ma jednak możliwość bardziej wnikliwej analizy niewydolności serca, nie tylko za pomocą parametrów opartych na analizie rytmu serca. Monitorowany parametr powinien spełniać następujące kryteria: 1) mieć odpowiednią specyficzność i swoistość, 2) jego pomiar nie powinien być związany z koniecznością wykonania dodatkowej interwencji (np. implantacji dodatkowej elektrody), 3) zmiany wartości badanego parametru powinny wyprzedzać wystąpienie klinicznych objawów niewydolności serca. Do tej pory do monitorowania niewydolności serca za pomocą ICD/CRT wykorzystano klinicznie trzy parametry: pomiary ciśnienia w drodze odpływu prawej komory (PK) i saturacji krwi, zmienność rytmu serca (ang. *heart rate variability*, HRV) oraz pomiar impedancji śródklatkowej.

#### Pomiar ciśnienia w drodze odpływu prawej komory

Pomimo wielu teoretycznych zalet, system ten ma szereg ograniczeń. Przede wszystkim wymaga on umieszczenia specjalnej elektrody w drodze odpływu PK oraz noszenia przez chorego aparatu mierzącego zmiany ciśnienia atmosferycznego i obliczającego ciśnienie w prawej komorze. Do tej pory pomiar ciśnienia w PK zastosowano jedynie z jednojamowymi ICD (Chronicle, Medtronic), bowiem dodatkowa (trzecia lub czwarta) elektroda u chorych z układem dwujamowym lub resynchronizującym może być źródłem problemów. Co więcej, badanie COMPASS-HF (*Chronicle Offers Management to Patients with Advanced Signs and Symptoms of Heart Failure*) nie wykazało korzyści z zastosowania tego typu monitorowania. Jedną z przy-

czyn może być krótki odstęp pomiędzy podwyższeniem wartości ciśnienia a pojawieniem się objawów klinicznych ( $4 \pm 2$  dni) [11].

#### Zmienność rytmu serca

Zmienność rytmu serca opiera się na analizie standardowego odchylenia odstępów A-A ocenianych w 5-minutowych oknach (SDAAM) [6]. Jest więc możliwa w układach z elektrodą przedsionkową. Wykazano, że implantacja CRT zwiększa wartości SDAAM, co świadczy o zmniejszeniu aktywności współczulnej i zwiększeniu przywspółczulnej [5, 12]. Stwierdzono, że wartości SDAAM poniżej 50 ms wiążą się ze znamienym zwiększeniem śmiertelności. W badaniu obejmującym 288 chorych ze wszczepionym CRT stwierdzono, że w grupie wymagającej hospitalizacji z powodu dekompensacji niewydolności serca SDAAM wynosił średnio  $74 \pm 22$  ms, natomiast w grupie chorych stabilnych hemodynamicznie wynosił on  $90 \pm 22$  ms. Co ważniejsze, zmiany SDAAM wykrywano 3 tygodnie przed kliniczną dekompensacją [13, 14]. Nie przeprowadzono do tej pory badań wykazujących skuteczność kliniczną interwencji terapeutycznych opartych na SDAAM. Warunkiem przeprowadzenia analizy SDAAM jest występowanie rytmu zatokowego przez ponad 20% doby. U chorych z dominującymi tachyarytmiami przedsionkowymi lub stymulacją przedsionkową metoda ta nie ma więc zastosowania [5].

#### Impedancja śródklatkowa

Impedancja śródklatkowa wydaje się najciekawszą metodą monitorowania niewydolności serca za pomocą ICD/CRT [6]. Impedancja tkanki płucnej zależy od zawartości w niej wody, która przewodzi prąd lepiej niż powietrze, więc im większa jest zawartość wody, tym impedancja jest mniejsza. Zależność ta jest nieliniowa, gdyż na wielkość impedancji wpływa szereg czynników, jednak najważniejszym jest akumulacja płynu w tkance płucnej w przebiegu niewydolności serca. Należy pamiętać, że oprócz niewydolności serca przyczyną zmniejszenia impedancji może być wysięk, przesiek w jamie opłucnej, zastój żylny, powiększenie jam serca, a także obrzęk lub krwiak łoża ICD. Pomiar wielkości impedancji odbywa się pomiędzy elektrodą defibrylującą znajdującą się w prawej komorze (*RV coil*) i odbudową urządzenia, nie są więc potrzebne dodatkowe elektrody lub przetworniki [6, 10]. Uśredniony wynik (impedancja dobową) jest porównywany z wartością referencyjną i powstaje wskaźnik – *Optivol Fluid Index*. Gdy przekroczy on wartość progową (*Optivol Threshold*), uruchamiany jest sygnał alarmowy (jeśli ta opcja jest włączona). Godzina i dźwięk alarmu są programowalne. Możliwe jest również przestanie informacji za pomocą telemetrii. Zmiany impedancji wyprzedzają wystąpienie objawów klinicznych o ok. 18 dni. Pomiary impedancji śródklatkowej możliwe są w części ICD/CRT firmy Medtronic (Rycina 2.). Również firma Biotronik prowadzi badania nad ich wprowadzeniem.

ICD Model: InSync Sentry 7298  
Serial Number: PRK621992S

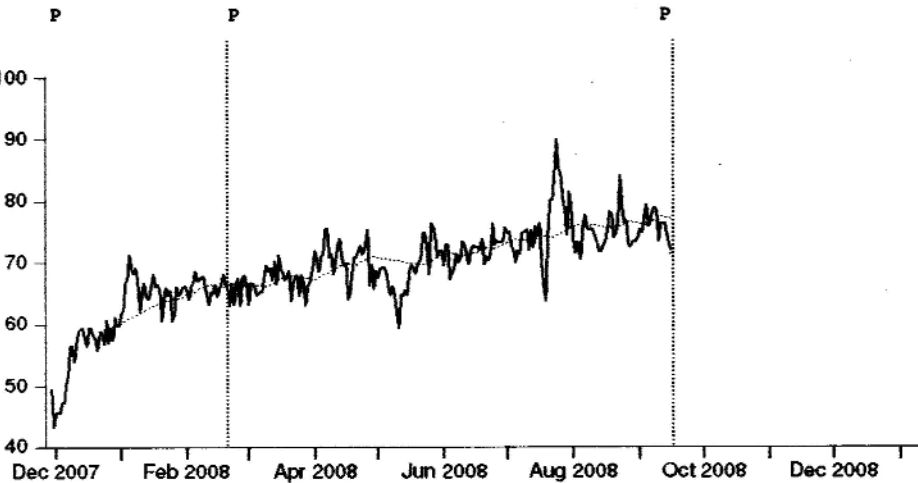
Sep 17, 2008 11:47:00  
9998 Software Version 2.2  
Copyright Medtronic, Inc. 2004

### Heart Failure Management Report

Page 3

P = Program  
I = Interrogate

Thoracic impedance >100  
(ohms)  
— Daily  
--- Reference



### Heart Failure Management Report

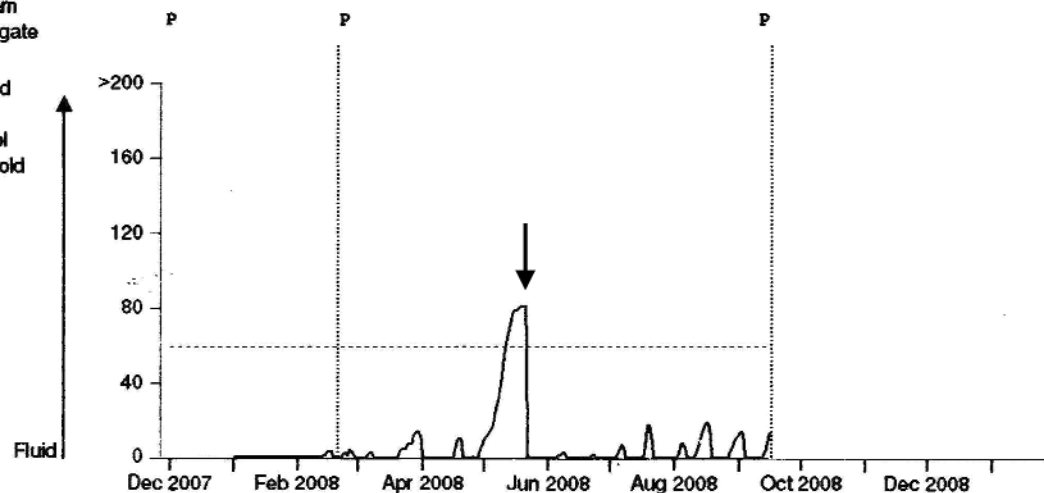
Page 2

#### OptiVol Fluid Trends (Nov 2007 to Sep 2008)

OptiVol fluid index is an accumulation of the difference between the daily and reference impedance.

P = Program  
I = Interrogate

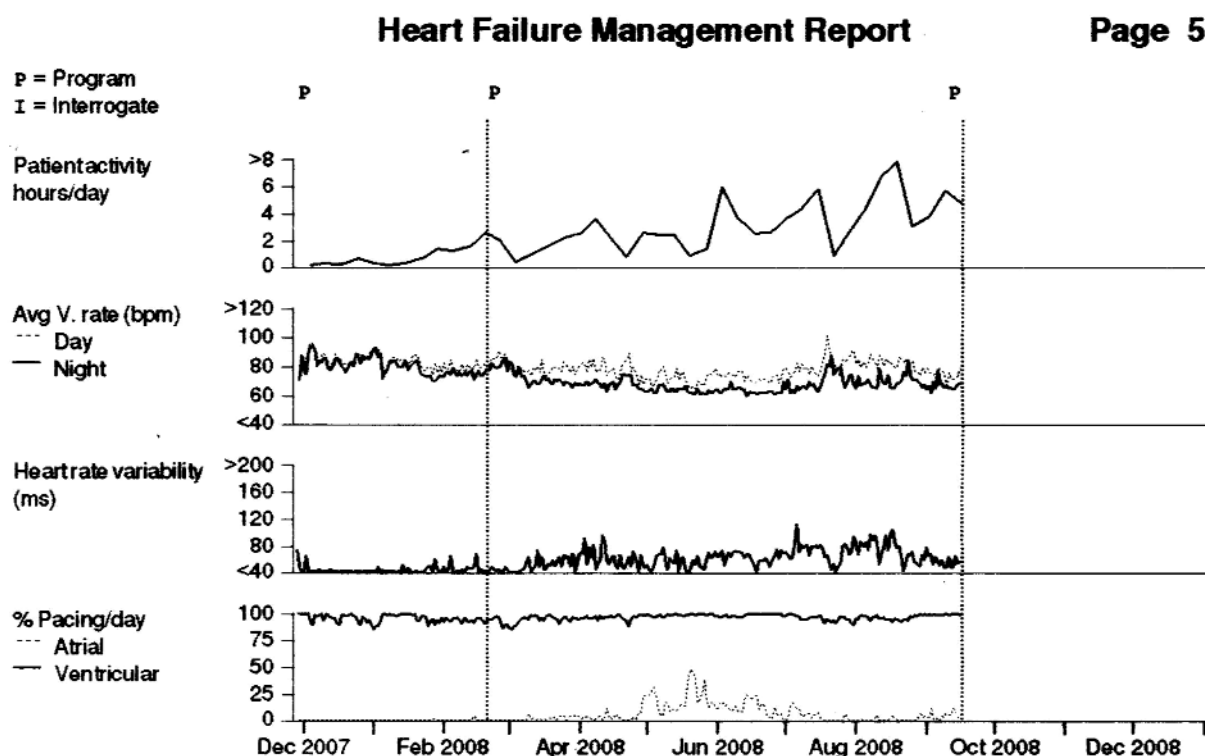
OptiVol fluid index >200  
--- OptiVol threshold



Rycina 2. Monitorowanie impedancji śródplucowej. Zapis z kardiowertera-defibrylatora z opcją terapii resynchronizującej In Sync Sentry (Medtronic). Górny wykres przedstawia krzywą dobowych impedancji, na dolnym przedstawiony jest wskaźnik impedancji. Strzałką oznaczono wzrost wartości powyżej progu alarmowego. O takim zdarzeniu chory może być poinformowany sygnałem dźwiękowym lub może on dotrzeć dzięki teledetrii do jednostek służby zdrowia. W tym przypadku rejestracja obejmuje okres ok. 10 miesięcy

Interpretując wyniki pomiarów impedancji, należy wziąć pod uwagę wszelkie dane zapisane w pamięci ICD/CRT. Zmiany impedancji i dekompensacja niewydolności serca mogą być związane z innymi nieprawidłowościami zapisanymi przez urządzenie, np. utratą stymulacji

lewokomorowej czy tachyarytmiami przedsionkowymi z szybką czynnością komór. Należy zauważyć, że dane dotyczące niewydolności serca zapisywane są w ułatwiających interpretację raportach zbiorczych (np. *Cardiac Compass*, Medtronic) (Rycina 3.).



**Rycina 3.** Fragment raportu danych związanych z niewydolnością serca (In Sync Sentry, Medtronic). Od góry graficznie przedstawione są zmiany aktywności chorego, częstotliwości pracy serca w dzień i w nocy, HRV oraz odsetek pobudzeń wystymulowanych. Raport ten uzupełniony jest wykresami impedancji śródkratkowej (Rycina 2.) oraz danymi dotyczącymi typu i liczby arytmii komorowych i nadkomorowych

Pierwsze badania kliniczne przeprowadzone na niewielkich grupach chorych (33 i 47 osób) wykazały czułość metody przekraczającą 70%, liczba fałszywych alarmów wynosiła 0,9–1,5 na chorego w ciągu roku. Wykazano, że spadek impedancji śródkratkowej występował ok. 18 dni przed hospitalizacją spowodowaną dekompenzacją niewydolności serca. Zmiany impedancji korelowały z inwazyjnie oznaczanym ciśnieniem zaklinowania. Zaobserwowano również wzrost impedancji po modyfikacji leczenia i poprawie stanu klinicznego [6, 15]. W 2007 r. opublikowano wyniki badania *European InSync Sentry Observational Study*, w którym obserwowano 373 chorych [16]. Średni okres obserwacji wynosił 4,2 miesiąca. W tym okresie wystąpiły 53 epizody pogorszenia wydolności serca i 53 razy uruchomił się alarm indeksu *Optivol*. Czulość alarmów wynosiła 60% (95% CI 46–73), co więcej – w 11 z 20 przypadków nasilenia niewydolności serca, którym nie towarzyszyła aktywacja alarmu, zaobserwowano zwiększenie wskaźnika *Optivol*, lecz nie przekroczył on progu aktywacji alarmu.

Obecnie prowadzone są międzynarodowe, wieloośrodkowe badania z randomizacją DOT-HF (*Diagnostic Outcome Trial in Heart Failure*) (prowadzone również w Polsce) i PRECEDE-HF (*Clinical Trial to Evaluate Ability of Cardiac Trend Data to Prevent Heart Failure Hospitalisations*), któ-

re mają wykazać zmniejszenie liczby hospitalizacji spowodowanych dekompenzacją niewydolności serca dzięki monitorowaniu impedancji śródkratkowej [17].

#### Analiza odcinka ST

Kardiowertery-defibrylatory AnalyST i AnalyST Accel (St. Jude Medical) mają możliwość analizy niedokrwienia na podstawie zmian odcinka ST elektrogramów wewnątrzsercowych w stosunku do zapisu referencyjnego. Możliwe jest zaprogramowanie różnych zapisów referencyjnych w zależności od częstotliwości rytmu serca. Nie ma danych klinicznych na temat zastosowania tej metody. Urządzenia te mają wejść na rynek w najbliższej przyszłości.

#### Monitorowanie telemetryczne

Zastosowanie monitorowania domowego ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa chorego, a jednocześnie zmniejszenie liczby wizyt kontrolnych. Są one istotnym problemem dla osób starszych, mniej zamożnych czy mieszkających daleko od ośrodków wszczepiających ICD/CRT. System monitorowania telemetrycznego polega na transmisji danych z ICD/CRT do nadajnika, skąd siecią telefonii komórkowej lub łączami internetowymi przekazywane są do serwera producenta. Personel medyczny ma dostęp do strony internetowej z dowolnego komputera

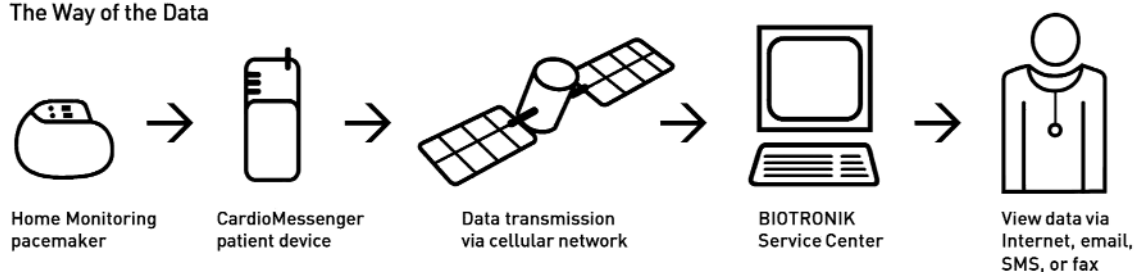
wyposażonego w łącze internetowe. Transmisja odbywa się automatycznie raz na dobę lub jest uruchamiana przez chorego. Możliwa jest transmisja wszystkich omówionych powyżej danych. O wykrytych nieprawidłowościach personel służby zdrowia informowany jest pocztą elektroniczną, SMS-em lub faksem. System działa w jedną stronę, tzn. nie ma możliwości zdalnego przeprogramowania urządzenia. Jedynym systemem działającym obecnie w Polsce jest Home Monitoring firmy Biotronik (Rycina 4.). Jest to system automatyczny, działający poprzez sieć telefonii komórkowej. Transmisja danych odbywa się raz na dobę w godzinach nocnych. W najnowszej generacji systemu możliwa jest transmisja IEGM, co daje możliwość oceny

prawidłowości rozpoznania i leczenia arytmii, a w CRT – oceny skuteczności stymulacji lewo- i prawokomorowej (Rycina 5.).

Wyniki kliniczne monitorowania domowego są zachęcające. Wykazano możliwość wczesnego wykrycia uszkodzeń elektrod, arytmii nadkomorowych i informacji o arytmiach komorowych przerwanych przez ICD [18–20]. W grupie 260 chorych obserwowanych przez  $10 \pm 5$  miesięcy powiadomienia o istotnych zdarzeniach miały miejsce u 42% chorych. W większości przypadków były one spowodowane arytmia [19]. Praca ta dotyczyła starszych typów ICD, bez możliwości monitorowania parametrów niewydolności serca. W badaniu włoskim obejmującym

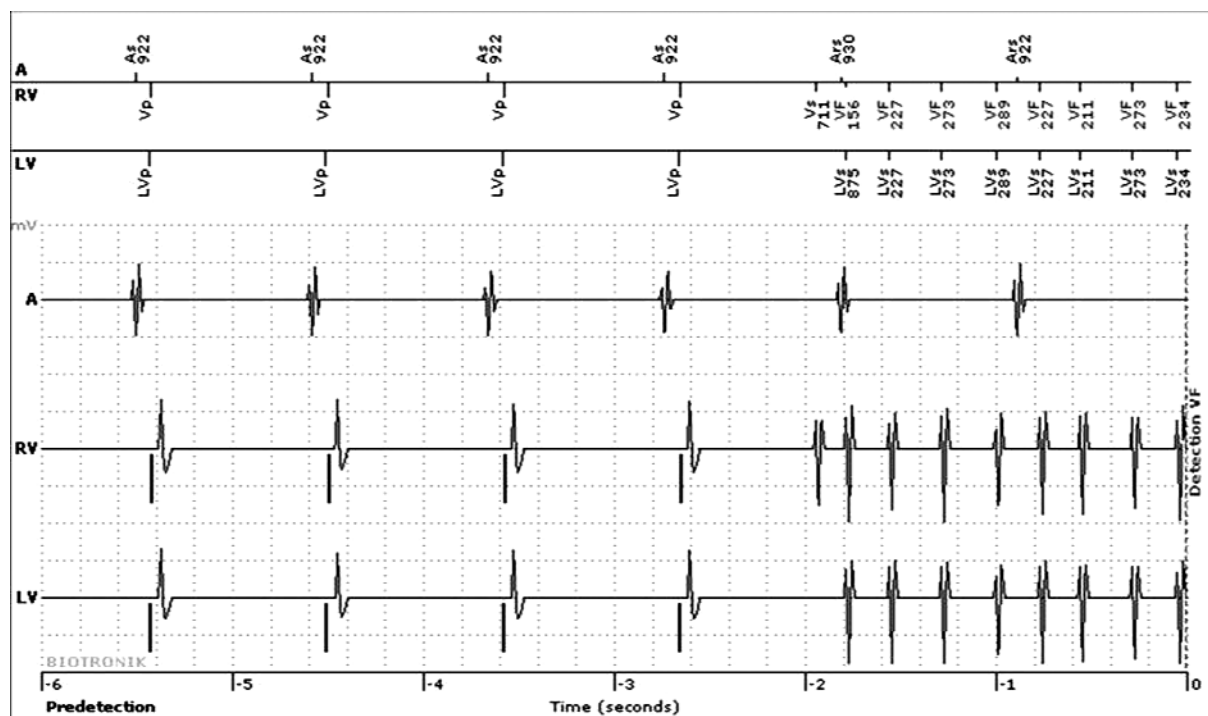
### BIOTRONIK Home Monitoring®

The Way of the Data



Rycina 4. Schemat systemu monitorowania domowego firmy Biotronik

Opublikowane dzięki uprzejmości i za zgodą firmy Biotronik, Polska



Rycina 5. Zapis IEGM przedstawiający początek częstoskurczu komorowego u chorego ze wszczepionym CRT-D. Od góry: kanał przedsionkowy, prawokomorowy, na dole zapis lewokomorowy

Opublikowane dzięki uprzejmości i za zgodą firmy Biotronik, Polska

117 chorych obserwowanych przez  $227 \pm 128$  dni alarmy spowodowane parametrami niewydolności stanowiły 10% spośród 133 zdarzeń. Ciekawą informacją jest czas pracy personelu medycznego związany z monitorowaniem domowym: tygodniowo wyniósł on 55 min pracy pielęgniarki i 12 min pracy lekarza (tygodniowo!) [20]. Trwa obecnie badanie TRUST (*The Lumos-T Reduces Routine Office Device Follow-Up Study*), którego celem jest ocena roli monitorowania domowego w redukcji liczby wizyt kontrolnych [21]. Również we wspomnianym badaniu PRECEDE-HF oceniany jest system monitorowania domowego CareLink (Medtronic) w leczeniu niewydolności serca.

## Podsumowanie

Współczesne ICD/CRT, obok swoich podstawowych funkcji, mają szereg możliwości diagnostycznych, których celem jest poprawa jakości opieki nad chorym. Korzystanie z tych funkcji umożliwia bardziej racjonalną terapię zaburzeń rytmu i niewydolności serca, jednak konieczna jest tu ścisła współpraca lekarza prowadzącego i osoby kontrolującej wszczępione urządzenie.

## Piśmiennictwo

- Wytyczne ACC/AHA/ESC 2006. Wytyczne dotyczące postępowania u chorych z komorowymi zaburzeniami rytmu serca i zapobiegania nagłemu zgonowi sercowemu – wersja skrócona. *Kardiologia Polska* 2006; 64: 1373-415.
- ACC/AHA/HRS 2008. Guidelines for Device-Based Therapy of Cardiac Rhythm Abnormalities: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (developed in collaboration with the American Association for Thoracic Surgery and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: e1-62.
- Wilkoff BL, Auricchio A, Brugada J, et al. HRS/EHRA expert consensus on the monitoring of cardiovascular implantable electronic devices (CIEDs): description of techniques, indications, personnel, frequency and ethical considerations. *Heart Rhythm* 2008; 5: 907-25.
- Przybylski A, Sterliński M. Implantowane kardiowertery-defibrylatory. *Wydawnictwo A i M*, Warszawa 2006.
- Adamson PB. Continuous heart rate variability from a cardiac resynchronization device-prognostic value and clinical application. In: Yu CM, Hayes DL, Auricchio A (eds.). *Cardiac Resynchronization Therapy*. Malden, USA, *Blackwell Futura* 2006, 303-9.
- Fung WJ, Yu CM. Device-based monitoring of heart failure by intrathoracic impedance. In: Yu MC, Hayes DL, Auricchio A (eds.). *Cardiac Resynchronization Therapy*. Malden, USA, *Blackwell Futura* 2006, 291-302.
- Vollmann D, Erdogan A, Himmrich E, et al. Patient Alert to detect ICD lead failure: efficacy, limitations, and implications for future algorithms. *Europace* 2006; 8: 371-6.
- Becker R, Ruf-Richter J, Senges-Becker JC, et al. Patient alert in implantable cardioverter defibrillators: toy or tool? *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 95-8.
- Chudzik M, Wranicz JK, Cygankiewicz I, et al. Pacemaker memory data compared to twenty-four-hour holter monitoring in patients with VVI pacemakers and chronic atrial fibrillation. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2005; 10: 348-55.
- Przybylski A. Kliniczna wartość monitorowania impedancji śródklatkowej. *W dobrym rytmie* 2008; 3: 2-5.
- Bourge RC, Abraham WT, Adamson PB, et al. COMPASS-HF Study Group. Randomized controlled trial of an implantable continuous hemodynamic monitor in patients with advanced heart failure: the COMPASS-HF study. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 1073-9.
- Kleckner KJ, Van Hout WL, et al. Cardiac resynchronization therapy improves heart rate variability in patients with symptomatic heart failure. *Circulation* 2003; 108: 266-9.
- Adamson PB, Smith AL, Abraham WT, et al. InSync III Model 8042 and Attain OTW Lead Model 4193 Clinical Trial Investigators. Continuous autonomic assessment in patients with symptomatic heart failure: prognostic value of heart rate variability measured by an implanted cardiac resynchronization device. *Circulation* 2004; 110: 2389-94.
- Fantoni C, Raffa S, Regoli F, et al. Cardiac resynchronization therapy improves heart rate profile and heart rate variability of patients with moderate to severe heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 1875-82.
- Adamson PB, Wang L, Wang L, et al. Intrathoracic impedance monitoring in patients with heart failure: correlation with fluid status and feasibility of early warning preceding hospitalization. *Circulation* 2005; 112: 841-8.
- Vollmann D, Nägele H, Schauer P, et al. European InSync Sentry Observational Study Investigators. Clinical utility of intrathoracic impedance monitoring to alert patients with an implanted device of deteriorating chronic heart failure. *Eur Heart J* 2007; 28: 1835-40.
- Braunschweig F, Ford I, Conraads V, et al. on behalf of the DOT-HF steering committee and investigators. Can monitoring of intrathoracic impedance reduce morbidity and mortality in patients with chronic heart failure? Rationale and design of the Diagnostic Outcome Trial in Heart Failure (DOT-HF). *Eur J Heart Fail* 2008; 10: 907-16.
- Neuzil P, Taborsky M, Holy F, et al. Early automatic remote detection of combined lead insulation defect and ICD damage. *Europace* 2008; 10: 556-7.
- Nielsen JC, Kottkamp H, Zabel M, et al. Automatic home monitoring of implantable cardioverter defibrillators. *Europace* 2008; 10: 729-35.
- Ricci RP, Morichelli L, Santini M. Home monitoring remote control of pacemaker and implantable cardioverter defibrillator patients in clinical practice: impact on medical management and health-care resource utilization. *Europace* 2008; 10: 164-70.
- Varma N. Rationale and design of a prospective study of the efficacy of a remote monitoring system used in implantable cardioverter defibrillator follow-up: the Lumos-T Reduces Routine Office Device Follow-Up Study (TRUST) study. *Am Heart J* 2007; 154: 1029-34.