

# Ocena czynności stymulatora serca w badaniu EKG metodą Holtera

Romuald Ochotny

I Klinika Kardiologii Instytutu Kardiologii w Poznaniu

Badanie w systemie holterowskim EKG chorego ze stymulatorem wymaga aparatury pozwalającej na rejestrację i ujawnienie impulsów rozrusznika. Sygnał rozrusznika przybiera w zapisie — wobec bardzo krótkiego czasu trwania — postać iglicy. Charakteryzuje się też, szczególnie w przypadku układów dwubiegunowych, niską amplitudą. Rzadkie próbkowanie sygnału w starszych, klasycznych systemach powodowało, że impulsy nie były rozpoznawane. Analizę umożliwiło wprowadzenie urządzeń identyfikujących sygnał stymulatora z jego prezentacją w postaci znacznika w jednym z kanałów EKG. W najstarszych aparatach oznaczało to zapis EKG w jednym kanale, podczas gdy w drugim pojawiały się pionowe piki sygnalizujące występowanie impulsu ze stymulatora, bez rozróżnienia czasu jego trwania, amplitudy, miejsca wytworzenia (przedsionek czy komora) oraz biegunowości. Na podstawie żmudnej analizy wzajemnej relacji między zespołami QRS i znacznikami, pokonując kłopoty związane z jakością techniczną zapisu, określano rytm własny pacjenta, okresy rytmu stymulowanego, pobudzenia zsumowane, zaburzenia stymulacji i hamowania czynności stymulatora. Pierwszego udokumentowanego opisu blokowania stymulatora potencjałami mięśniowymi dokonali w 1973 roku Mymin i wsp. [1]. Dwa lata wcześniej przedstawiono dokumentację uszkodzenia rozrusznika [2]. W 1974 roku Bleifer i wsp. [3] zaproponowali rutynowe wykonywanie badania holterowskiego u chorych po implantacji, przed wypisem ze szpitala.

Wydawało się, że wprowadzenie nowszych rozwiązań technologicznych do rejestracji i analizy oraz opracowania EKG ze stymulatorem zdecydowanie uprości badanie. Jednocześnie nastąpił znacznie szybszy rozwój techniczny stymulatorów. Zastosowanie

rozruszników jednojamowych stymulujących przedsionki, dwujamowych zmieniających częstość stymulacji (*rate responsive*) skomplikowało ocenę EKG. Pojawiły się kłopoty z analizą wzajemnych relacji pomiędzy rytmem własnym chorego a stymulatorem oraz problemy wynikające ze zmiennych, dających się programować, relacji czasowych między funkcjami odbiorczymi i stymulacyjnymi rozrusznika. Długotrwałą analizę „krok po kroku” krzywej EKG zastąpiła równie pracochłonna i wymagająca znacznie większej wiedzy z zakresu stymulacji, skomplikowana analiza odstępów czasowych, mająca odpowiedzieć na pytanie, dlaczego stymulator tak się zachował?

Do poprawnej analizy holterowskiej EKG ze stymulatorem są niezbędne, poza klinicznymi, dane dotyczące układu stymulującego (tab. 1). Szczególnie ważne są informacje o cyklach czasowych pracy rozrusznika, takich jak cykl podstawowy, histereza, czas opóźnienia przedsionkowo-komorowego,

**Tabela 1.** Skierowanie do badania EKG metodą Holtera chorego z rozrusznikiem serca

**Table 1.** Pacemaker data necessary for 24 h ECG analysis

1. Dane osobowe pacjenta
2. Rozpoznanie kliniczne
3. Wskazania do wszczęcia układu stymulującego:
  - wskazania kliniczne i elektrokardiograficzne
  - stopień zależności chorego od stymulatora
4. Dane stymulatora:
  - typ rozrusznika, tryb stymulacji
  - biegunowość układu
  - parametry stymulatora
  - cykle czasowe pracy stymulatora: cykl podstawowy, histereza, opóźnienie przedsionkowo-komorowe, okresy refrakcji, górne częstotliwości stymulacji, sposób reakcji na częstoskurcz

Adres do korespondencji: Prof. dr hab. med. Romuald Ochotny  
I Klinika Kardiologii IK AM im. K. Marcinkowskiego  
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań

okresy refrakcji, zakresy częstotliwości stymulacji. Do skierowania na badanie zawierającego podstawowe rozpoznanie kliniczne powinien być dołączony wydruk z kontroli elektronicznej wykonany za pomocą programatora. Zapis ten zawiera aktualne nastawy i, co bardzo ważne, pełne dane. Podobnie jak w „klasycznym” badaniu holterowskim potrzebny jest „dzienniczek pacjenta”, który pozwala ocenić związek ewentualnych dolegliwości chorego z zaburzeniami stymulacji.

Badanie powinno wykazać, czy stymulacja (przedsionków i komór) jest skuteczna, czy rozrusznik prawidłowo odczytuje i reaguje na własne i wystymulowane pobudzenia, a oprócz tego, czy występują zależne lub niezależne od stymulatora zaburzenia rytmu.

Pierwszym etapem oceny holterowskiej EKG chorego ze stymulatorem serca jest wczytanie zarejestrowanego zapisu do jednostki centralnej i dokonanie (w większości systemów) analizy automatycznej przy dobrze zdefiniowanych czasowych wartościach granicznych. Następnie konieczna jest weryfikacja zliczeń, z możliwością zmiany wzorców, a w końcu interpretacja wyniku w formie komentarza i prezentacja zdarzeń. W niektórych systemach możliwa jest analiza typu prospektywnego — „uczenie” systemu klasyfikacji morfologii w czasie analizy oraz bieżąca weryfikacja zaburzeń stymulacji lub sterowania.

Niezależnie od skomplikowania systemu holterowskiego do badania chorego z rozrusznikiem, analiza zapisu polega przede wszystkim na badaniu relacji czasowych pomiędzy impulsami stymulatora (iglica, pik) i załawkami R rytmu własnego osoby badanej. W niektórych systemach możliwa jest ocena relacji zespołów QRS o różnej morfologii (pobudzenia własne, wystymulowane). Wobec braku dobrej analizy załawka P możliwa jest tylko pośrednia ocena skuteczności stymulacji przedsionkowej. Cztery podstawowe sekwencje czasowe załawków R własnego rytmu pacjenta oraz impulsów rozrusznika określają działanie stymulatora (stymulacja i sterowanie):

1. R–R (bez iglic) — odstęp między załawkami R rytmu własnego, bez stymulacji. Przy prawidłowo działającym rozrusznikiem maksymalny odstęp R–R nie powinien być dłuższy od zaprogramowanej częstotliwości stymulacji (*basic rate interval*), jedynie w przypadku włączonej histerezy stymulatora może być dłuższy o wartość z niej wynikającą.
2. R–iglica — czas pomiędzy własnym załawkami R a reakcją stymulatora. Wartość zaprogramowana w systemie analizy holterowskiej nie po-

winna być dłuższa niż *basic rate interval* (z wydłużeniem o ewentualną histerezę) ani krótsza niż 305 ms.

3. Iglica–R — odstęp pomiędzy impulsem stymulatora a załawkami R — do analizy rozruszników VVI zwykle programowana na poziomie 297 ms.
4. Iglica–iglica — czas odpowiadający w stymulatorach jednojamowych wartości wynikającej z zaprogramowanej częstotliwości stymulacji. W stymulatorach dwujamowych czas ten może być miarą opóźnienia przedsionkowo-komorowego.

Na podstawie powyższych relacji czasowych możliwe jest sklasyfikowanie praktycznie wszystkich zaburzeń funkcji rozrusznika na następujące kategorie: nieskuteczna stymulacja (FTC, *failure to capture*), nieprawidłowe odczytywanie pobudzeń własnych (zbyt niska czułość — FTS, *failure to sense* — lub zbyt wysoka czułość), nieprawidłowe blokowanie (FTP, *failure to pace*) (tab. 2) [4, 5]. Niekiedy FTP określane jest jako *failure to output*.

Wynik analizy przedstawiany jest w formie typowego dla badania holterowskiego statystycznego opisu wartości liczbowych, trendów i histogramów. Częstość rytmu serca, wartości bezwzględne i procentowe pobudzeń własnych, pobudzeń wystymulowanych oraz zsumowanych, dane liczbowe arytmii niezwiązanych ze stymulacją przedstawia się najczęściej w formie tabeli. Analiza zaburzeń stymulacji zawarta jest w tabeli z podziałem na wspomniane wyżej klasy i w postaci histogramów co najmniej 4 relacji czasowych między własnymi załawkami R i pikami stymulatora (ryc. 1). Oś czasu histogramu podzielona jest na odcinki (np. 8-ms) odpowiadające długości trwania odstępów. Na osi rzędnych (półlogarytmicznej) przedstawia się liczbę „zdarzeń” (odstępów R–R, R–iglica, iglica–R, iglica–iglica) o danym czasie trwania. Sprawdzenie poprawności analizy automatycznej prowadzi się z poziomu histogramu (odtworzenie fragmentów zapisu we wskazanym przez operatora za pomocą kursora fragmencie histogramu) lub z tabeli zliczeń zaburzeń stymulacji. Ocenę najlepiej rozpoczynać od sprawdzenia wszystkich wyników skrajnych. Ważne jest wydzielenie pobudzeń kompetycyjnych z grupy FTS i FTC (histogram R–iglica, iglica–R). Stwierdzenie zaburzeń pracy stymulatora jednego rodzaju — szczególnie powtarzających się i dyskredytujących jego działanie — wymaga skoncentrowania się nad możliwością występowania innych defektów. Jest to szczególnie ważne, bowiem większość zaburzeń może być ze sobą związana i daje się usunąć przez zmianę parametrów pracy stymulatora. Najczęstsze kłopoty analizy wynikają z jakości zapisu i obecności artefaktów, szczególnie czę-

**Tabela 2.** Klasyfikacja zaburzeń funkcji rozrusznika**Table 2.** The classification of the pacemaker malfunction**Nieskuteczna stymulacja (FTC, *failure to capture*)**

Ocena skuteczności stymulacji AAI/VVI (w AAI ocena przybliżona)

Ocena sekwencji: iglica–R

Przyczyny:

- przemieszczenie elektrod w przedsionku lub w komorze
- zmniejszenie energii impulsu poniżej progu pobudliwości
- wzrost progu pobudliwości (blok wyjścia)

**Nieprawidłowe sterowanie**

Nieprawidłowe odczytywanie pobudzeń własnych (załamków P lub zespołów QRS)

Zbyt niska czułość (*undersensing* — FTS, *failure to sense*)

Ocena sekwencji: R–iglica

Przyczyny:

- przemieszczenie elektrod w przedsionku lub w komorze
- zbyt niska czułość rozrusznika
- blok wejścia

**Zbyt wysoka czułość (*oversensing*)** — odczytywanie i blokowanie innymi potencjałami

Brak iglicy i R

Przyczyny:

- potencjały mięśniowe
- fale elektromagnetyczne i pole magnetyczne

**nieprawidłowe blokowanie (FTP, *failure to pace*)**

Opóźnione wysyłanie impulsów

Ocena: R–R, R–iglica, iglica–iglica (łącznie z FTC)

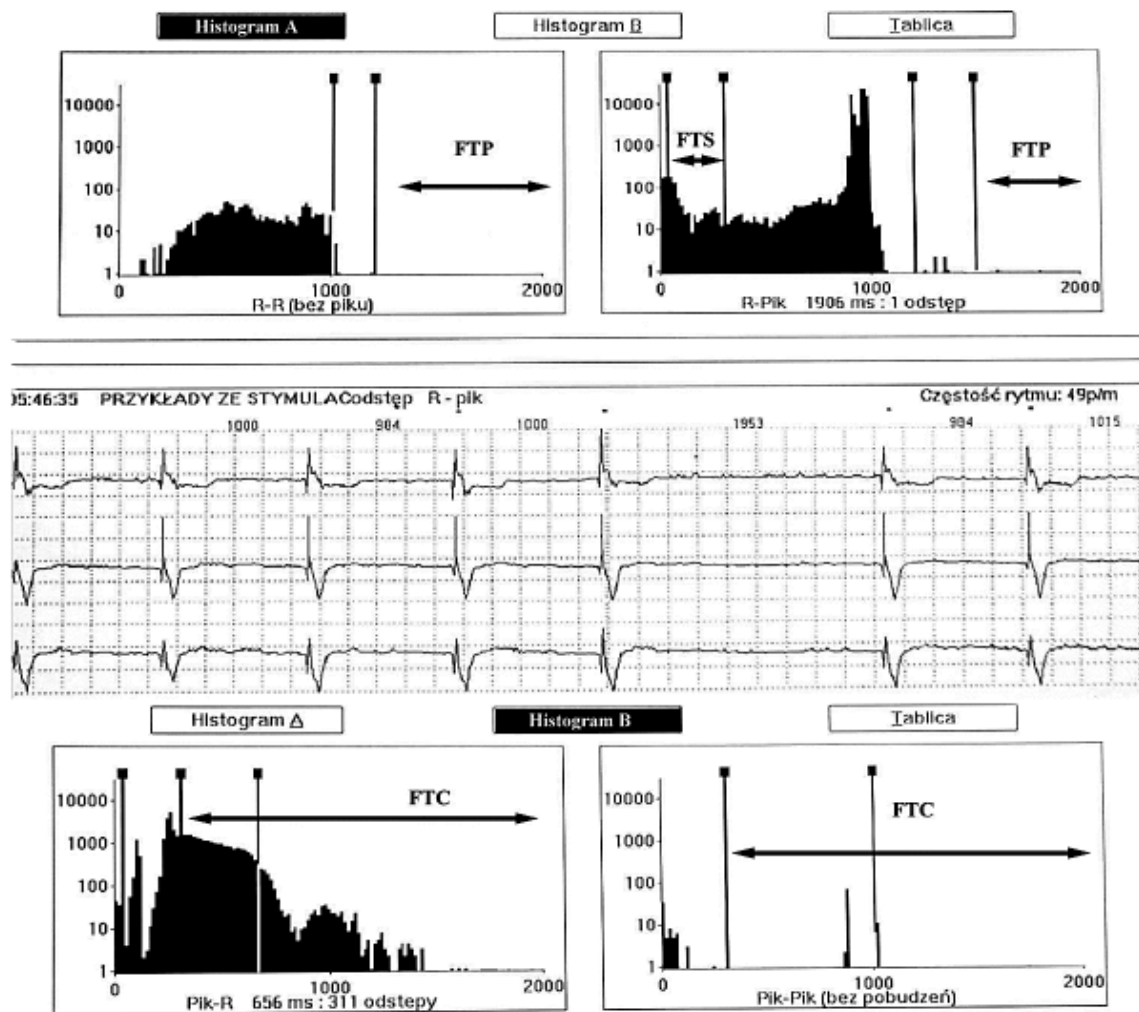
Przyczyny:

- przemieszczenie elektrod
- uszkodzenie elektrod lub stymulatora, wyczerpanie stymulatora
- zbyt wysoka czułość (*oversensing*) — odczytywanie załamka T jako R, w stymulatorach AAI odczytywanie R jako P przy bloku A-V I°

stych w okresie nieprawidłowego blokowania potencjałami mięśni szkieletowych (zakłócenia związane z silnymi potencjałami mięśniowymi i ruchami ciała). Wysoki odsetek *oversensingu* w torze przedsionkowym stymulatorów DDD z układem unipolarnym programowanym ze zwykle stosowaną czułością dodatkowo może utrudniać ocenę stymulacji przedsionkowej [6]. Na szczęście dość rzadko (< 10%) chorzy z tymi zaburzeniami wykazują objawy kliniczne i wymagają interwencji (przeprogramowania lub jeszcze rzadziej wymiany na układ dwubiegowy).

Badanie holterowskie stosuje się — poza samą oceną poprawności stymulacji — w poszukiwaniu dowodów na występowanie samoistnych arytmii niezależnych od stymulacji, jak i pośredniczonych przez układ stymulujący (częstoskurcze „zamkniętej pętli”). Najczęstszą przyczyną częstoskurczów „zamkniętej pętli” jest obecność wstecznego przewodzenia komorowo-predsionkowego, a mechanizmem wyzwalamym m.in. pobudzenia dodatkowe

komorowe, nieprawidłowe blokowanie lub nieskuteczna stymulacja przedsionkowa. W celu uzyskania, poza stymulacją elektryczną, korzyści hemodynamicznych ze stałej stymulacji należy prawidłowo ustawić funkcję *rate response* (w rozrusznikach zawierających taką funkcję). Zaprogramowanie stopnia i szybkości przyspieszenia rytmu w warunkach codziennej aktywności chorego jest możliwe po ocenie częstości rytmu własnego, odsetka rytmu stymulowanego i zachowania się odpowiedzi chronotropowej. Dodatkowych ważnych informacji pozwalających na ustawienie czujnika aktywności w stymulatorze dostarcza test wysiłkowy; możliwe jest także wykorzystanie krótkiego testu marszu, ale tylko ambulatoryjna rejestracja całodobowa dokumentuje rzeczywiste zachowanie się częstotliwości serca. Niewątpliwie badanie holterowskie jest przydatne, w połączeniu z równoczesnym monitorowaniem ciśnienia tętniczego, w diagnostyce zespołu stymulatorowego.



Ryc. 1. Przykład histogramów i zapisu EKG — fragment wyniku 24-godzinne EKG u pacjenta ze stymulatorem.

Fig. 1. An example of histograms and ECG — data from Holter report.

Stwierdzenie zaburzeń pracy stymulatora w standardowym EKG jest wystarczającym dowodem dysfunkcji i nie wymaga potwierdzenia w (znacznie droższym) badaniu holterowskim.

Należy też wspomnieć o rozbudowanych funkcjach holterowskich współczesnych rozruszników i zadać pytanie, na ile zastępują one klasyczne badanie holterowskie? Pamięć stymulatora pozwala na zliczanie potencjałów własnych i stymulowanych, zarówno przedsionkowych jak i komorowych, i klasyfikowanie na tej podstawie — poza rozkładem częstotliwości i odsetka rytmu stymulowanego — arytmii komorowych. Niestety przechowywanie w pamięci stymulatora rzeczywistych zapisów jest niemożliwe, skoro zaś o wystąpieniu komorowych pobudzeń możemy wnioskować pośrednio w przy-

padku zwiększenia liczby zliczeń, rozstrzygające jest badanie holterowskie.

Kliniczne zastosowanie i użyteczność badania holterowskiego do oceny chorego z rozrusznikiem było pośrednio lub bezpośrednio przedmiotem zainteresowania wielu autorów. Dane pochodzące z piśmiennictwa dotyczące wykrywanych w badaniu holterowskim dysfunkcji stymulatora są bardzo rozbieżne, a różnice wynikają z różnego doboru proporcji urządzeń jedno- i dwujamowych, systemów jedno- lub dwubiegunowych, badania chorych objawowych lub bezobjawowych, wreszcie warunków i okresu badania (badanie rutynowe kolejnych chorych, ze wskazań, przed lub po programowaniu na podstawie oceny elektronicznej, we wczesnym lub późnym okresie po implantacji). Trudno jest zatem

wyciągać jednoznaczne wnioski na temat rzeczywistej przydatności diagnostycznej badania. Auriti i wsp. [9] zaobserwowali omdlenia u 20% chorych spośród 219 badanych ze stałą stymulacją serca. U 36% z nich przyczyną było blokowanie stymulatora przez potencjały mięśniowe, u 11% ustalono tło neurokardiogenne. Tylko u 8% powodem objawów było uszkodzenie stymulacji, a aż u 36% pacjentów przyczyny omdleń nie wyjaśniono. Podobnie wysoki odsetek niepowodzeń w ustaleniu przyczyny zasłabnięć u chorych ze stałą elektrostymulacją VVI zanotował Pavlovic i wsp. [10]. Wcześniej Hoher i wsp. [11] stwierdzili w 24-godzinny EKG zaburzenia stymulacji u 60% niewyselekcjonowanych chorych (119 ze stymulacją VVI, 13 — DDD, 5 — AAI, 5 — DVI, 14 — VVIR, 1 — VAT). U 19% było to zaburzenie o typie FTC. Nie znaleziono zależności pomiędzy wykładnikami zaburzeń działania stymulatora a objawami klinicznymi. Większość zaburzeń była klinicznie nieistotna. U 10–20% chorych z objawami można wykluczyć tło sercowe tych dolegliwości, gdy wynik 24-godzinnego badania EKG jest prawidłowy [1, 12–14]. Rzeczywista wartość diagnostyczna badania EKG metodą Holtera u pacjentów objawowych wzrasta, gdy objawy występują w czasie rejestracji [15].

Rozwój technologiczny układów stymulujących pozwala przypuszczać, że zmniejszy się częstość zaburzeń wynikających z niedoskonałości samego urządzenia. Jednak złożona relacja pomiędzy rozrusznikiem a własną czynnością elektryczną serca nie wyeliminuje do końca zaburzeń czynności rozrusznika i wykonanie badania EKG metodą Holtera będzie konieczne [16].

### Podsumowanie

Współczesne systemy holterowskie posiadają możliwości techniczne rejestracji i analizy elektrokardiogramu u chorego z rozrusznikiem serca. Ocena zapisu polega na ocenie relacji czasowych pomiędzy załamkami R własnego rytmu badanego lub znacznikami impulsu stymulatora. Na tej podstawie jest możliwe znalezienie zaburzeń stymulacji i sterowania rozrusznika: brak lub nieprawidłowe pojawianie się impulsów. Niedoskonałość analizy załamka P pozwala tylko na pośrednie wnioskowanie o stymulacji przedsionkowej (w stymulatorach przedsionkowych lub dwujamowych). Poprawna analiza zapisu wymaga bardzo dobrej znajomości funkcji stymulatora. Dobranie indywidualnych wartości granicznych dla analizy pozwala na wiarygodną i w miarę mało pracochłonną ocenę.

### Piśmiennictwo

1. Mymin D., Cuddy T.E., Sinha S.D. Inhibition of demand pacemakers by skeletal muscle potentials. *JAMA* 1973; 223: 527–529.
2. Iyengar R., Castellanos A., Spence M. Continuous monitoring of ambulatory patients with coronary disease. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 1971; 13: 392–404.
3. Bleifer S.B., Bleifer D.J., Hansmann D.R. Diagnosis of occult arrhythmias by Holter electrocardiography. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 1974; 16: 569–599.
4. Barold S.S. Usefulness of Holter recordings in the evaluation of pacemaker function: standard techniques and intracardiac recordings. *ANE* 1998; 3: 4.
5. Standardy postępowania dotyczące wybranych zagadnień elektrokardiologii nieinwazyjnej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Cz. III. Badanie holterowskie — analizy uzupełniające. Ocena funkcji stymulatora w badaniu holterowskim. *ESS* 1998; 5 (supl. II): 36.
6. Gross J.N., Platt S., Ritacco R. The clinical relevance of electromyopotential oversensing in current unipolar devices. *PACE* 1992; 15: 2023–2027.
7. Gillis A.M., Hillier K.R., Rotshild J.M. Ambulatory electrocardiography for the detection of pacemaker lead failure. *PACE* 1997; 20: 1274.
8. Janosik D.L., Redd R.M., Buckingham T.A. Utility of ambulatory electrocardiography in detecting pacemaker dysfunction in the early postimplantation period. *Am. J. Cardiol.* 1987; 60: 1030.
9. Auriti A., Ansalone G., Magris B. Recurrence of syncope in paced patients. *PACE* 1995; 18: 1211.
10. Pavlovic S.U., Kocovic D., Djordjevic M. The etiology of syncope in pacemaker patients. *PACE* 1991; 14: 2086–2091.
11. Hoher M., Winter U.J., Behrenbeck D.W. Pacemaker Holter ECG: Value and limitations in follow-up of pacemaker patients. W: Behrenbeck D.W., Sowton E., Fontaine G. red. *Cardiac Pacemakers*. Springer-Verlag, New York 1985; 68–77.
12. Hoffman A., Jost M., Pfisterer M. Persisting symptoms despite permanent pacing: Incidence, causes, and follow-up. *Chest* 1984; 85: 207–210.
13. Djordjevic M., Jelic V., Velimirovic D. The usefulness of Holter monitoring in pacemaker patients. *PACE* 1985; 8: A23.
14. Strathmore N.F., Mond H.G. Noninvasive monitoring and testing of pacemaker function. *PACE* 1987; 10: 1359–1370.
15. Kennedy H.L. Ambulatory (Holter) electrocardiography technology. *Cardiol. Clin.* 1992; 10: 341–359.
16. ACC/AHA guidelines for ambulatory electrocardiography. *JACC* 1999; 34: 3.

