

Zaburzenia stymulacji w codziennej praktyce pracowni 24 h monitorowania EKG — ocena częstości, przykłady zapisów EKG

Rafał Baranowski¹, Roman Kępski², Magdalena Kumor², Łukasz Szumowski²
i Franciszek Walczak²

¹Samodzielna Pracownia 24 h Monitorowania EKG Instytutu Kardiologii w Warszawie

²Samodzielna Pracownia Elektrofizjologii Klinicznej Instytutu Kardiologii w Warszawie

Liczba pacjentów z wszczepionymi stymulatorami stale rośnie, wzrasta też potrzeba wykonywania kontrolnych badań EKG metodą Holtera. Całodobowe monitorowanie EKG jest stosowane od około 30 lat w celu wykrywania zaburzeń stymulacji i sterowania [1, 3]. Początkowo była to ocena zapisu 24-godzinne EKG wykonywana za pomocą standardowego oprogramowania arytmii, co znacznie utrudniało analizę, jak również obniżało jej jakość. Sytuacja uległa istotnej poprawie po wprowadzeniu do praktyki specjalnych rejestratorów zapisu sygnału EKG, w których na jednym kanale rejestrowano aktywność stymulatora [2]. Powstały również specjalne programy analizy zapisu. Pomimo tych wszystkich ulepszeń analiza 24-godzinne EKG u pacjenta z rozrusznikiem pozostaje najtrudniejszym działem diagnostyki holterowskiej. W niniejszej pracy opisano częstość zaburzeń stymulacji i sterowania stwierdzaną w 24-godzinnym EKG oraz przedstawiono wybrane przykłady zapisów EKG.

Material i metody

Częstość zaburzeń stymulacji i sterowania oceniano w 24-godzinnych zapisach EKG wykonanych w okresie od 01.01.1999 do 30.10.2000 roku. Dane opracowano na podstawie wyników badań zgromadzonych w bazie danych Pracowni 24 h Monitorowania EKG IK w Warszawie (Kardio ver. 1.1). W tym okresie wykonano 8830 rejestracji 24-godzinne EKG, z tego 1086 u pacjentów ze stymulatorem, co stanowi ponad 13% badań. Wskazaniami do wykonania rejestracji były: kontrola po wszczę-

niu stymulatora, weryfikacja objawów pacjenta, kontrola bezpieczeństwa stosowanego leczenia antyarytmicznego, podejrzenie zaburzeń stymulacji lub sterowania, kontrola po zmianie parametrów u pacjenta z wcześniej wykrytymi zaburzeniami stymulacji lub sterowania. Nie wykonywano zapisów 24-godzinnego EKG w celu potwierdzenia zaburzeń stymulacji lub sterowania obserwowanych w spoczynkowym zapisie EKG lub podczas kontroli stymulatora.

Zapisów 24-godzinnego EKG dokonywano za pomocą rejestratorów taśmowych i cyfrowych firmy Del-Mar Medical, umożliwiających śledzenie aktywności stymulatora na jednym z kanałów zapisu. W sporadycznych przypadkach zapisy wykonywano na rejestratorach cyfrowych bez opcji stymulatorowej. Stosowano układ odprowadzeń zalecany przez producenta.

Zapisy analizowano za pomocą systemów Del-Mar Medical (DS-90 i 563 Strata Scan), korzystano ze specjalnej opcji oprogramowania do analizy EKG u pacjenta ze stymulatorem. Analizę prowadzono w sposób interaktywny i prospektywny, co oznacza bieżącą weryfikację klasyfikacji zespołów QRS, arytmii, zaburzeń stymulacji i sterowania. W ten sposób uzyskiwano najwyższy poziom rzetelności analizy i nie opierano się na ocenie automatycznej bądź tylko na interaktywnej weryfikacji raportu analizy automatycznej. Zaburzenia stymulacji lub sterowania klasyfikowano jako *failure to output* (brak impulsu stymulatora w ustawionym czasie), *failure to sense* (zaburzenia sterowania), *failure to capture* (brak reakcji miokardium na prawidłowy impuls stymulatora). Średni czas trwania analizy przy tak wybranym sposobie oceny 24-godzinnego EKG wynosi 20–30 min (jest on o około 50% dłuższy niż u pacjentów bez stymulatora). Nie wykonywano analizy zapisu, jeżeli do skierowania nie

Adres do korespondencji: Dr hab. med. Rafał Baranowski
Samodzielna Pracownia 24 h Monitorowania EKG IK
ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa

była dołączona kopia aktualnego programu stymulatora. W przypadku 9 badań dostarczona kopia programu nie odpowiadała aktualnym parametrom.

Z bazy danych uzyskano informacje dotyczące rodzaju stymulacji oraz komentarze opisujące funkcjonowanie stymulatora. W Pracowni 24 h Monitorowania EKG IK w Warszawie do opisu wyniku u pacjenta ze stymulatorem stosuje się standardowe wzorce (do wyboru z menu). W przypadku prawidłowego funkcjonowania układu pisze się „bez zaburzeń stymulacji i sterowania”. Jeżeli zaburzenia występują sporadycznie, umieszcza się opis „sporadyczne zaburzenia stymulacji lub sterowania” albo „zaburzenia stymulacji lub sterowania, patrz przykłady”. Przy większym nasileniu zaburzeń komentarz rozpoczyna się od słów „liczne zaburzenia”. Poza komentarzami rutynowymi opisuje się dodatkowo stwierdzone nieprawidłowości, takie jak przewodzenie wsteczne, arytmie wyzwalane przez stymulator, objawy pacjenta zgłaszane podczas rejestracji i inne.

W tabeli 1 przedstawiono częstość zaburzeń stymulacji lub sterowania w 1086 rejestracjach EKG w zależności od rodzaju stymulacji.

Omówienie

Jak przedstawiono w tabeli 1, w 2/3 badań występował „fizjologiczny” tryb stymulacji, tj. AAI, VDD, DDD, w 1/3 — stymulacja VVI.

Zaburzenia stymulacji lub sterowania rejestrowano najrzadziej w przypadku stymulacji VVI, jednak w 26% rejestracji obserwowano sporadyczne zaburzenia stymulacji, a w 4% — liczne. Trzeba pamiętać, że stwierdzenie: „sporadyczne” nie przesądza o małej randze problemu. Występowanie nawet nielicznych zaburzeń sterowania, takich jak przedstawione na rycinie 1, wymaga natychmiastowej kontroli stymulatora i zmiany jego parametrów czuwania. Często wśród zaburzeń sterowania są rejestrowane zaburzenia spowodowane potencjałami mięśniowymi, które stanowią przyczynę występowania patologicznych zwolnień rytmu (ryc. 2). Zaburzenia typu *failure to capture* (ryc. 3 i 4) występowały rzadziej.

Problemem, na który należy zwracać uwagę, a który nie jest rozpoznawany automatycznie przez zaden z programów analizy zapisu, to przewodzenie wsteczne — widoczne na zapisie na rycinie 2 i 5.

Tabela 1. Częstość zaburzeń stymulacji lub sterowania w 1086 badaniach 24-godzinne EKG

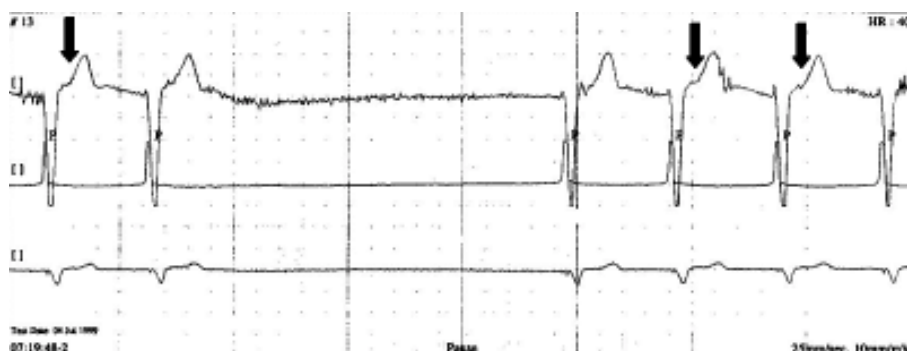
Table 1. The prevalence of pacemaker malfunction in 1086 ECG recordings

	Cała grupa	Rodzaj stymulacji				
		AAI	VVI	VDD	DDD	INNE
N	1086	148 (14%)	386 (35%)	78 (7%)	441 (41%)	33 (3%)
Bez zaburzeń	669 (61%)	89 (60%)	267 (69%)	45 (58%)	252 (57%)	16 (48%)
Zaburzenia sporadyczne	349 (32%)	44 (30%)	104 (27%)	25 (32%)	163 (37%)	14 (42%)
Liczne zaburzenia	67 (6%)	14 (10%)	15 (4%)	8 (10%)	26 (6%)	3 (10%)



Ryc. 1. Pacjent ze stymulatorem VVI z częstością wynoszącą 50/min. Rytm zatokowy — 75/min, blok przedsionkowo-komorowy I°. Zaburzenia czuwania (strzałka) widoczne po przedwczesnym pobudzeniu komorowym (widoczna zmiana morfologii QRS, zwłaszcza na 3. kanale). Kolejne pobudzenie wystymulowane zgodnie z programem, następne pobudzenia własne rytmu zatokowego.

Fig. 1. Failure to sense in VVI pacemaker.



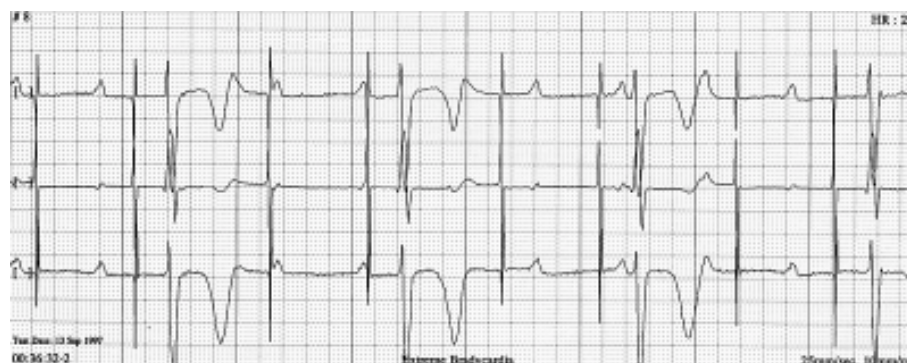
Ryc. 2. Stymulator VVI z elektrodą jednobiegunową, częstość podstawowa — 65/min. Pauza 3,5-s spowodowana zaburzeniami czuwania wynikającymi z obecności potencjałów mięśniowych. W ewolucjach wystymulowanych widoczne przewodzenie wsteczne (strzałki).

Fig. 2. Oversensing in VVI pacemaker.



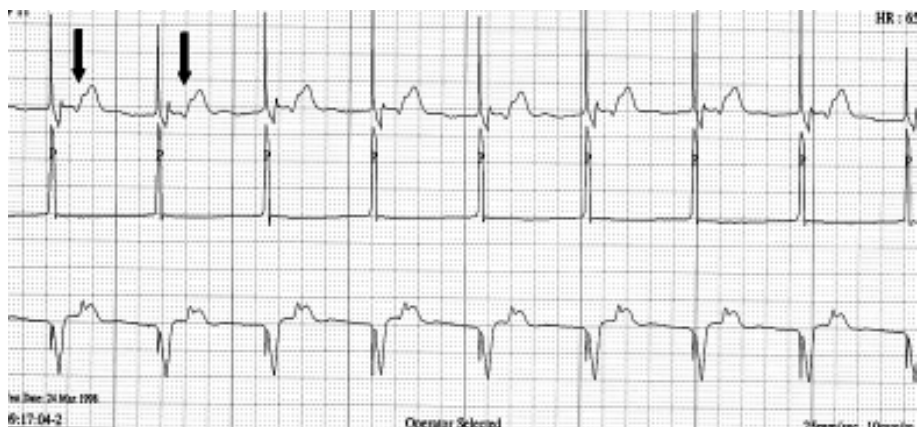
Ryc. 3. Stymulator VVI o częstości 72/min. Okresowe zaburzenia stymulacji — nieskuteczna stymulacja. W 3., 4., 6. i 7. ewolucji widoczny brak odpowiedzi na impulsy stymulatora. Widoczne 2 pobudzenia własne (gwiazdka) rytmu zastępczego z „wąskimi” zespołami QRS o częstości < 30/min. Prawidłowe czuwanie elektrody — widoczne po ewolucjach rytmu zastępczego.

Fig. 3. Failure to capture in VVI pacemaker.



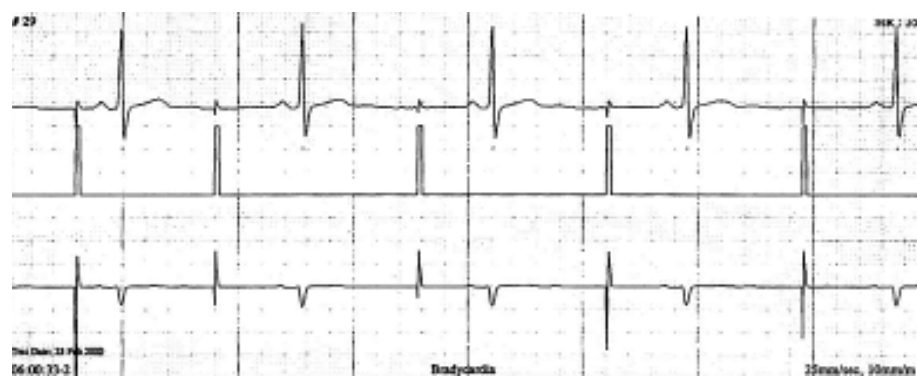
Ryc. 4. Stymulator VVI (65/min). Nieskuteczna stymulacja — zupełny brak odpowiedzi na impulsy stymulatora (sterowanie zachowane, widoczne po pobudzeniach rytmu zastępczego) u chorego z blokiem całkowitym. Na zapisie widoczne 3 rytmy: rytm zatokowy — około 75/min, „rytm stymulatora” — 65/min oraz rytm zastępczy — około 30/min. Zwraca uwagę wydłużenie odstępu QT do 640 ms. Niemiarowe impulsy stymulacji są wynikiem zachowania prawidłowego czuwania.

Fig. 4. Failure to capture in VVI pacemaker.



Ryc. 5. Stymulator VVI. Widoczne przewodzenie wsteczne w każdej ewolucji (strzałki). Jest to przykład, kiedy nie należy stosować stymulacji VVI.

Fig. 5. Retrograde conduction in VVI pacemaker.



Ryc. 6. Stymulator AAI (50/min). Nieskuteczna stymulacja przy zachowanym czuwaniu.

Fig. 6. Failure to capture in AAI pacemaker.

Nie występuje on na szczęście często — wśród 388 badań zauważono go w kilkunastu przypadkach.

W przypadku stymulatorów AAI zaburzenia stymulacji lub sterowania obserwowano częściej — w 29% badań sporadycznie, a w 9% badań często. Najistotniejsze to zaburzenia stymulacji i związane z nimi zwolnienia rytmu (ryc. 6) bądź wystymulowane pobudzenia „przedwczesne” lub nawet częstoskurcze nadkomorowe (ryc. 7) spowodowane zaburzeniami sterowania. Trzeba pamiętać, że w przypadku stymulacji AAI można obserwować zwolnienia rytmu komór poniżej częstości podstawowej stymulatora, które nie są spowodowane zaburzeniami stymulacji lub sterowania. Jedną z takich sytuacji jest blok przewodzenia przedsionkowo-komorowy II° (ryc. 8). Inna jest związana z obecnością zablokowanych przedwczesnych pobudzeń przedsionkowych (ryc. 9). Należy również pamiętać, że wyładowanie stymulatora w przedwczesne pobudzenie komorowe nie jest ob-

jawem zaburzeń sterowania (ryc. 10) — czuwanie dotyczy przecież tylko przedsionka. Może się również zdarzyć, że zablokowanie impulsu stymulatora jest spowodowane wstecznym pobudzeniem przedsionka po ekstrasystolii komorowej (ryc. 10).

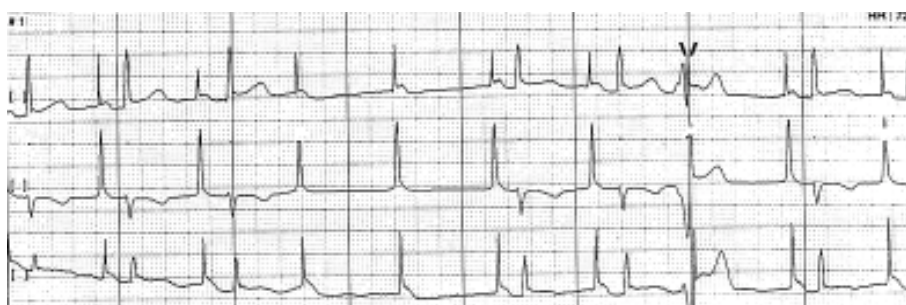
W przypadku stymulacji VDD ocena zaburzeń sterowania jest trudna i praktycznie rzetelność analizy zależy w bardzo dużym stopniu od doświadczenia osoby oceniającej zapis. Chodzi o podstawowy problem, jakim są zaburzenia sterowania przedsionkowego (ryc. 11). Żaden z obecnie dostępnych programów analizy nie zlicza tego typu zaburzeń w sposób automatyczny. W przypadku stymulacji VDD można obserwować również typowe zaburzenia sterowania i stymulacji (ryc. 12, 13).

Dosyć często obserwujemy zaburzenia stymulacji lub sterowania u pacjentów ze stymulatorami typu DDD — w 36% badań sporadycznie, w 6% często. Do najczęstszych należą wcześniej już opisy-



Ryc. 7. Fragment zapisu 24-godzinnego EKG u pacjenta ze stymulatorem AAI (60/min) oraz wywiadem kołatań. Brak sterowania ze skuteczną stymulacją prowadzi do rozkojarzenia rytmu zatokowego i rytmu stymulatora. Impuls przewodzony do przedsionków (strzałka) wyzwała częstoskurcz nadkomorowy. Gwiazdką zaznaczono „pseudekstrystolię” nadkomorową — wystymulowane pobudzenie przedwcześnie.

Fig. 7. AAI pacemaker (60/min). Malfunction of the sensing triggers pseudo atrial premature beats and SVT.



Ryc. 8. Stymulator AAI (65/min). Prawidłowa praca rozrusznika. Widoczne wydłużenie odstępu PQ (w 3. ewolucji); 4. i 5. pik stymulatora — stymulacja skuteczna (widoczne załamki P), brak zespołu QRS z powodu bloku przedsionkowo-komorowego II°. Pojedyncze pobudzenie przedwcześnie komorowe (VE) nieznacznie wyprzedza pik stymulatora. Nie jest to zaburzenie pracy stymulatora — w rozrusznikach AAI czuwanie dotyczy tylko przedsionka (ewentualne pobudzenie wsteczne zablokuje rozrusznik na 1 cykl).

Fig. 8. Normal AAI pacemaker function. Second degree A-V block.



Ryc. 9. Stymulator AAI (60/min). Na tym fragmencie częstość rytmu — okresowo około 35/min. Bradykardia nie jest spowodowana zaburzeniami stymulacji, ale brakiem przewodzenia do komór pobudzeń przedwcześnie impulsów przedsionkowych (strzałki). Przy prawidłowym czuwaniu stymulatora przedwcześnie pobudzenia przedsionkowe blokują rozrusznik, kolejne impulsy pojawiają się w zaprogramowanym odcinku czasowym po pobudzeniu przedsionkowym (strzałka pozioma). W ostatniej ewolucji pobudzenie przewodzone do komór z blokiem przedsionkowo-komorowym I°.

Fig. 9. AAI pacemaker (60/min). Bradycardia 35/min due to blocked premature atrial beats. Normal AAI pacemaker function.



Ryc. 10. Stymulator AAI (70/min). Dodatkowo występują komorowe pobudzenia przedwczesne układające się w pary. Widoczny impuls stymulatora w okresie pierwszej ewolucji komorowej — brak hamowania stymulatora aktywnością przedsionka (prawidłowe działanie stymulatora). Kolejny impuls stymulatora jest blokowany przez wsteczne pobudzenie przedsionków widoczne po drugim pobudzeniu komorowym (strzałka). Kolejne pobudzenia wystymulowane zgodnie z programem. Mimo że przerwy w rytmie są dłuższe od zaprogramowanej częstości stymulatora, nie są wynikiem zaburzeń stymulacji, ale wyrazem prawidłowej funkcji stymulatora.

Fig. 10. Vetricular arrhythmias in patient with AAI pacemaker.



Ryc.11. Stymulator VDD. Częstość podstawowa — 50/min, bez histerezy, opóźnienie A-V — 200 ms, maks. częstość — 100/min. Widoczne okresowe zaburzenia stymulacji - brak sterowania własnymi pobudzeniami zatokowymi (strzałki). W tym okresie stymulacja VVI z częstością podstawową. Okresowo prawidłowa stymulacja VDD.

Fig. 11. Failure to sense in VDD pacemaker.



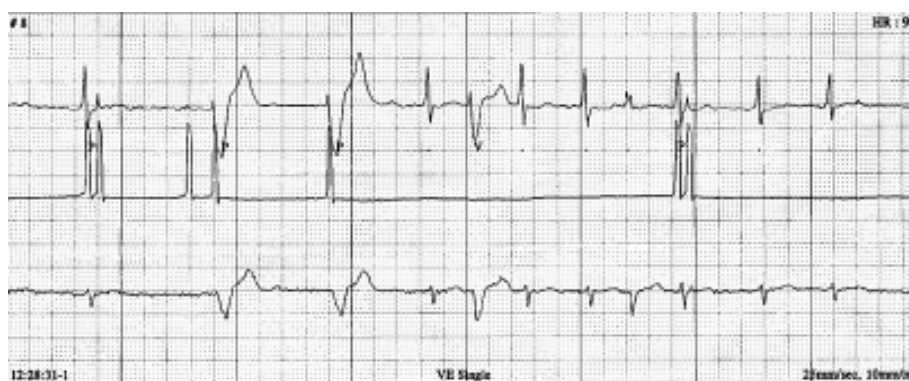
Ryc. 12. Stymulator VDD (60/min, bez histerezy, A-V — 200 ms, maks. częstość stymulacji — 140/min). Widoczny rytm zatokowy 80/min. W większości ewolucji prawidłowa stymulacja VDD. Przerwa w rytmie (2 ewolucje rytmu zatokowego bez stymulacji) spowodowana zaburzeniami sterowania (prawdopodobnie z powodu potencjałów mięśniowych).

Fig. 12. Oversensing in VDD pacemaker.



Ryc. 13. Stymulator VDD (65/min, bez histerezy, A-V — 200 ms, maks. częstość stymulacji — 120/min). Widoczny rytm zatokowy wynoszący około 80/min. Prawidłowe sterowanie, zaburzenia stymulacji w 3., 5., 7. i 9. ewolucji (nieskuteczna stymulacja).

Fig. 13. Failure to capture in VDD pacemaker.



Ryc. 14. Stymulator DDD (65/min). W czasie rejestracji 24-godzinnej EKG napad migotania przedsionków. Nadal stymulacja DDD. W 1. ewolucji widoczne *safety A-V delay*, w 2. — „próba” stymulacji dwujamowej, w 3. — stymulacja komory, w 9. — *safety A-V delay*.

Fig. 14. The normal function of DDD pacemaker during paroxysmal atrial fibrillation.

wane zaburzenia sterowania spowodowane potencjałami mięśniowymi. Do zaburzeń stymulacji lub sterowania nie zaliczamy zaburzeń pracy stymulatorów AAI, VDD i DDD w okresie napadu migotania przedsionków (ryc. 14).

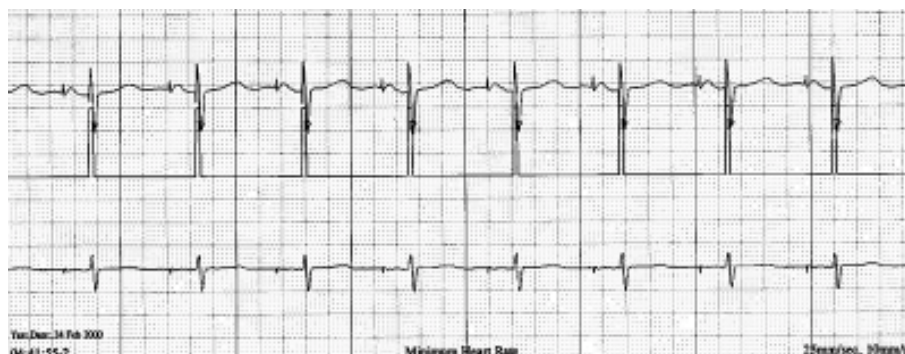
Najczęstsze problemy związane z analizą zapisów stymulatorowych to:

- „skrzywienie” kanałów (ryc. 5 w pracy R. Kępskiego i R. Baranowskiego: Wybrane funkcje stymulatorów na przykładach zapisów EKG) — utrudnia analizę, możliwa jest korekcja za pomocą specjalnej opcji programu. Ten problem może dotyczyć tylko badań wykonanych za pomocą rejestratorów taśmowych;
- zbyt „wysokie” impulsy stymulatora (ryc. 15)
- problem dotyczy badań u pacjentów z wszczepionymi elektrodami jednobiegunowymi, wysoka amplituda impulsów utrudnia analizę szczególnie w przypadku zapisów stymulatorów AAI i DDD (impuls przedsionkowy może być interpretowany jako zespół QRS);
- okresowy brak widocznych impulsów stymulatora na kanale stymulatorowym u pacjentów z wszczepionymi elektrodami dwubiegunowymi (ryc. 16) — jedyne wyjście to „morfologiczne” programowanie ewolucji według wcześniejszego wzorca ewolucji wystymulowanej;



Ryc. 15. Stymulator DDD. Widoczna bardzo wysoka amplituda impulsów stymulatora (zwłaszcza elektrody przedsionkowej), co znacznie utrudnia ocenę 24-godzinnego EKG.

Fig. 15. The normal DDD pacemaker function. The high amplitude of the pacemaker spikes.



Ryc. 16. Stymulator DDD. Na zapisie widoczna prawidłowa stymulacja dwujamowa. Na kanale rejestrującym aktywność stymulatora widoczne tylko piki elektrody komorowej. (Stymulacja dwubiegunowa przedsionkowa i komorowa.) U chorego z zachowanym przewodzeniem przedsionkowo-komorowym pobudzenie mięśnia komór odbywa się przez fizjologiczne szlaki (zespół QRS ma prawidłową szerokość i kształt). Wskazana zmiana parametru opóźnienia przedsionkowo-komorowego.

Fig. 16. The normal DDD pacemaker function. Lack of atrial spikes on pacemaker channel (bipolar atrial and ventricular stimulation).

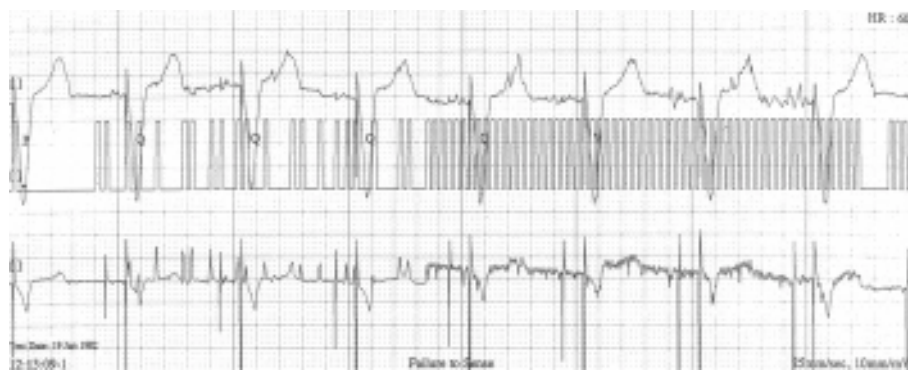
— zakłócenia zapisu (w postaci „pseudoimpulsów” stymulatora) spowodowane czynnikami zewnętrznymi, np. korzystaniem z telefonu komórkowego (ryc. 17) [4] — należy jednak zaznaczyć, że artefakty spowodowane działaniem telefonu komórkowego, choć znacznie zakłócające zapis, praktycznie nie wpływają na czynność stymulatora.

W piśmiennictwie przedstawiano również inne problemy techniczne, jak fałszywe nakładanie impulsów stymulatora na część środkową lub końcową zespołów QRS, co było spowodowane uszkodze-

niem głowicy systemu analizującego 24-godzinne EKG [5], „pseudoimpulsy” imitujące zaburzenia sterowania i inne [3, 6].

Zaburzenia stymulacji były tematem prac klinicznych [7–10] lub opracowań dotyczących większych grup badanych [1, 3, 11]. Ich częstość wynosi 18–42%. Zaburzenia stymulacji lub sterowania są również przyczyną występowania zaburzeń świadomości u pacjentów z wszczepionym stymulatorem [12].

W niniejszej pracy nie omówiono wszystkich rodzajów zaburzeń stymulacji i sterowania, przedstawiono te najczęściej obserwowane. Nie poruszo-



Ryc. 17. Zakłócenia zapisu — „pseudoimpulsy” stymulatora rejestrowane w czasie korzystania z telefonu komórkowego.

Fig. 17. The artifacts of Holter ECG (pseudo spikes) registered during mobile phone conversation.

no m.in. zagadnienia częstoskurczów stymulatorowych — jest to problem wymagający oddzielnego omówienia.

Praca ma charakter informacyjny — przedstawia zaburzenia stymulacji lub sterowania obserwowane w codziennej praktyce diagnostyki holterowskiej. Nie zawiera wszystkich informacji, które na pewno interesują elektrofizjologów (dokładne parametry elektrod i stymulatorów), ponieważ ich uwzględnienie nie było możliwe w ramach niniejszego opracowania.

Podziękowania

Przedstawione wyniki zawdzięczamy pracy całego zespołu Pracowni 24 h Monitorowania EKG IK w Warszawie. Serdecznie dziękujemy za cierpliwość oraz czas włożony w analizę i archiwizację badań — Dr Wandzie Popławskiej oraz naszym Technikom — Marii Banaszak, Joannie Gwilkowskiej i Grażynie Kowalskiej. Składamy również podziękowania Panu inż. Aleksandrowi Podlaskiemu — wykonawcy bazy Karido.

Piśmiennictwo

1. Bleifer S.B., Bleifer D.J., Hansmann D.R., Sheppard J.J., Karpman H.L. Diagnosis of occult arrhythmias by Holter electrocardiography. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 1974; 16: 569–599.
2. Tranesjo J., Fahraeus T., Nygard M. i wsp. Automatic detection of pacemaker pulses in ambulatory ECG recording. *PACE* 1982; 5: 120–123.
3. Barold S. Evaluation of pacemaker function by holter recordings. W: Moss A.J., Stern S. red. *Noninvasive Electrocardiology Clinical aspects of Holter monitoring*. Saunders Company, Londyn 1995; 107–153.
4. Kumor M., Baranowski R., Rydlewska-Sadowska W. Wpływ korzystania z telefonu komórkowego na zapis EKG rejestrowany metodą Holtera. *Folia Cardiol.* 2000; 7: 321–326.
5. Van Gelder, Bracke F., Gamal M. Fusion or confusion on holter recording. *PACE* 1991; 14: 760–763.
6. Lesh M., Langberg J., Griffin J. i wsp. Pacemaker generator pseudomalfunctor: an artifact of holter monitoring. *PACE* 1991; 14: 854–856.
7. Van Gelder, Gamal M. i wsp. Undersensing in VVI-pacemakers detected by holter monitoring. *PACE* 1988; 11: 1507–1510.
8. Famularo M., Kennedy H. Ambulatory electrocardiography in the assessment of pacemaker function. *Am. Heart J.* 1982; 5: 1086–1094.
9. Janosik D., Redd R., Kennedy H. i wsp. Crosstalk inhibition of dual-chamber pacemaker diagnosed by ambulatory electrocardiography. *Am. Heart J.* 1990; 2: 435–438.
10. Jacobs L., Kerzner J., Diamond M. i wsp. Pacemaker inhibition by myopotentials detected by holter monitoring. *PACE* 1982; 5: 30–33.
11. Janosik D., Redd R., Buckingham T. i wsp. Utility of ambulatory electrocardiography in detecting pacemaker dysfunction in the early postimplantation period. *Am. J. Cardiol.* 1987; 60: 1030–1035.
12. Hoffman A., Jost M., Pfisterer M. i wsp. Persisting symptoms despite permanent pacing. *Chest* 1984; 2: 207–210.