

Ograniczenie górnej częstości synchronizacji przedsionkowo-komorowej u chorej ze stymulatorem DDD spowodowane rejestracją potencjałów komorowych przez tor przedsionkowy

Krystian Stanek, Marek Grygier, Przemysław Mitkowski, Marek Prech, Franciszek Zerbe, Andrzej Cieśliński

I Klinika Kardiologii Instytutu Kardiologii Akademii Medycznej w Poznaniu

Limitation of upper tracking rate in a patient with DDD pacemaker caused by sensing of far field QRS complexes in the atrial channel

We present a case of a patient with DDD pacemaker (Biotronik Actros D) in whom an unexpected decrease of the upper tracking rate was observed after switching the dual demand function on. This unintended behaviour of the pacemaker was caused by sensing of far field QRS complexes in the atrial channel. (Folia Cardiol. 1999; 6: 392–398)

dual chamber pacemaker, upper tracking rate

Opis przypadku

Chora (21-letnia), w styczniu 1989 roku przebyła operację wszczepienia protezy zastawki aortalnej. Po operacji wystąpił blok p-k III° i z tego powodu wszczepiono układ stymulujący serce typu VVIR (elektroda: Medtronic 4011, stymulator: Medtronic Activitrax 8403). Włączono funkcję *rate response*, częstość podstawową stymulacji zaprogramowano na 60/min, a częstość maksymalną — 125/min. W trakcie kolejnych wizyt kontrolnych nie obserwowano zaburzeń pracy układu. W styczniu 1998 roku stwierdzono samoczynną zmianę trybu stymulacji z VVIR na VVI z częstością stymulacji 65/min, co dla tego modelu stymulatora stanowi wskazanie do wymiany. Mając na uwadze młody wiek chorej i spodziewając się korzystnych efektów hemodyna-

micznych stymulacji dwujamowej, podjęto decyzję o równoczesnym z wymianą rozrusznika wszczepieniu elektrody przedsionkowej i zmianie trybu stymulacji na DDD.

Z nakłucia żyły podobojczykowej lewej wprowadzono elektrodę Biotronik TIJ 53-BP do prawego przedsionka, uzyskując następujące parametry: amplituda załamka A równa 2,5–3,5 mV (pomiar bipolarny), próg stymulacji — 1,0 V (przy szerokości impulsu 0,5 ms), mierzony w układzie unipolarnym. Elektrodę komorową skrócono i założono łącznik Biotronik A1-N, uzyskując następujące parametry: amplituda załamka V — 16 mV, próg stymulacji — 1,0 V (0,5 ms). Elektrody połączono ze stymulatorem Biotronik Actros D.

Pacjentkę wypisano w piątej dobie po zabiegu. Parametry elektrody przedsionkowej, zmierzone w trakcie kontroli przeprowadzonej w dniu wypisu, były następujące: amplituda załamka A — 1,1–1,9 mV (pomiar bipolarny), próg stymulacji przedsionka — 1,9 V (0,4 ms). Stymulator zaprogramowano następująco: częstość podstawowa stymulacji (*basic rate*) w ciągu dnia — 65/min,

Adres do korespondencji: mgr inż. Krystian Stanek
I Klinika Kardiologii AM w Poznaniu
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań
Nadesłano: 18.05.1999 r. Przyjęto do druku: 13.10.1999 r.

w nocy (23:50–8:00) — 55/min, sterowanie sygnałem przedsionkowym — bipolarne, czułość toru przedsionkowego — 0,5 mV, amplituda impulsu komorowego — 2,4 V, czułość toru komorowego — 4,0 mV, dla pozostałych parametrów pozostawiono wartości fabryczne.

Pacjentka zgłosiła się do kontroli stymulatora dopiero w sierpniu 1998 roku, to jest po upływie ponad 6 miesięcy (I kontrola poszpitalna). Zmierzono wówczas następujące parametry elektrody przedsionkowej: amplituda załamka A — 3,7–4,6 mV, próg stymulacji — 0,7 V (0,3 ms). Wykres przedstawiający uśrednioną w odcinkach 16-minutowych wartość częstości rytmu przedsionków w ciągu ostatniej doby (*heart rate trend 24 h roll*) był prawidłowy, a średnia częstość dochodziła do 101/min. Zmniejszono amplitudę impulsu przedsionkowego do 2,4 V, szerokość — do 0,3 ms. Ponieważ chora zgłosiła, że dwukrotnie w ciągu ostatnich tygodni miała uczucie szybkiego bicia serca, włączono funkcję *dual demand*. Ostateczne wartości parametrów stymulatora po tej kontroli przedstawia wydruk z progra-

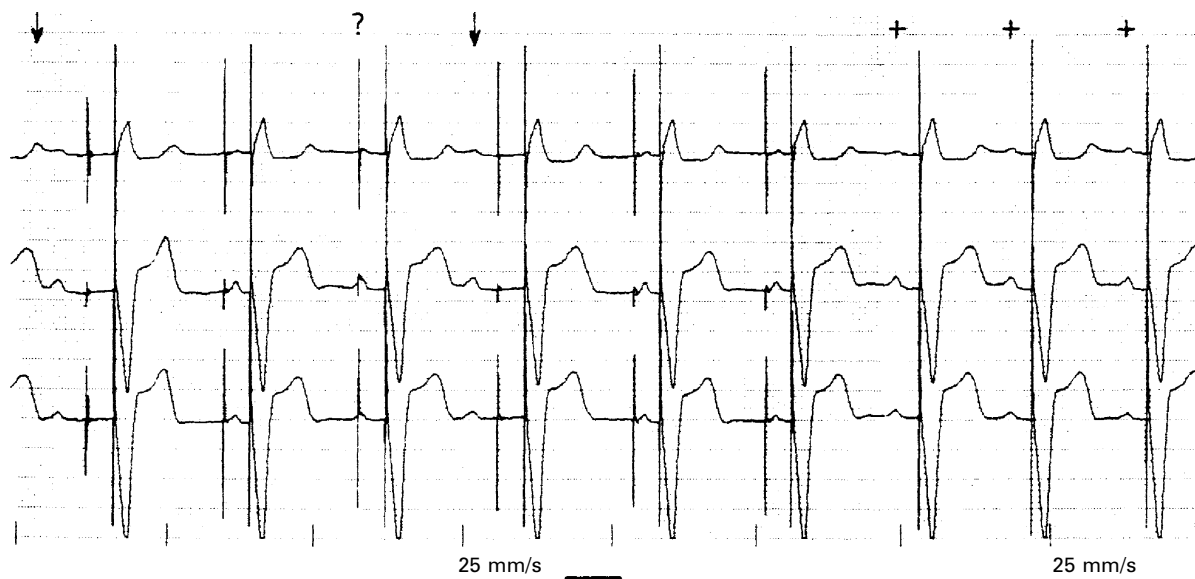
matora (ryc. 1). Termin kolejnej rutynowej kontroli stymulatora wyznaczono za pół roku.

Chora przybyła ponownie do poradni już po trzech tygodniach (II kontrola poszpitalna), skarżąc się na znaczne pogorszenie samopoczucia od czasu ostatniej wizyty i uczucie zmęczenia już przy niewielkich wysiłkach. Za pomocą programatora Biotronik PMS 1000 zarejestrowano EKG (ryc. 2). Załamki P oznaczone strzałkami nie powodują wyzwolenia impulsu depolaryzacji komór (*undersensing?*) natomiast oznaczone „+” wyzwalają, po okresie opóźnienia przedsionkowo-komorowego, impuls stymulujący komorę. Widoczne są także trzy wystymulowane załamki P. W dalszym dłuższym zapisie reakcja układu na wszystkie załamki P była prawidłowa. Powtórzono pomiar amplitudy załamka A. W trakcie testu, dwukrotnie przeprowadzonego za pomocą programatora, wszystkie załamki A zostały prawidłowo odebrane przez rozrusznik, a ich amplituda wynosiła 2,7–4,0 mV. Podejrzewając, że zaburzenia odbioru załamka A mają związek z niepełną pozycją elektrody przedsionkowej, po wyko-

Permanent Program				
	PREV.	NEW	after Sense:	
Mode		DDD	< 70 ppm	180 ms
Basic Rate		65 ppm	70 to 90 ppm	160 ms
Hysteresis		OFF ppm	91 to 110 ppm	140 ms
Scan		...	111 to 130 ppm	120 ms
Repetitive		...	> 130 ppm	100 ms
Night Program		55 ppm		
Night begins		23:50	Sense Compensation	0 ms
Night ends		08:00	Safety AVD	100 ms
Tachymode		2:1		
Max. Sync. Rate		*141 ppm	ATRIUM	
Upper Rate		160 ppm		
Mode Conver.	OFF	ON	Pulse Ampl.	3.6 2.4 V
ARP Ext.		50 ms	Pulse Width	0.40 0.30 ms
Ven. Blank. Rp		24 ms	Sensitivity	0.5 mV
			Refractory P.	425 ms
			Polar. Pace	UNIP
			Polar. Sense	BIPL
AV DELAYS				
Dynamic AVD		180/100 ms	VENTRICLE	
			Pulse Ampl.	2.4 V
			Pulse Width	0.40 ms
			Sensitivity	4.0 mV
			Refractory P.	300 ms
			Polar. Pace	UNIP
			Polar. Sense	UNIP
			< 70 ppm	180 ms
			70 to 90 ppm	160 ms
			91 to 110 ppm	140 ms
			111 to 130 ppm	120 ms
			> 130 ppm	100 ms

Ryc. 1. Parametry stymulatora po I kontroli poszpitalnej. Wydruk z programatora — ostateczne wartości parametrów są podane w prawej kolumnie.

Fig. 1. Pacemaker settings after the 1st follow-up visit. Printing from the programmer — the final values are presented in the right column.



Ryc. 2. Zapis EKG, odprowadzenia I, II, III, wykonany po 3 tygodniach od włączenia funkcji *dual demand* (II kontrola poszpitalna). Po niektórych załamkach P brak impulsów komorowych. Oznaczenia: + poprawnie odebrane pobudzenie przedsionkowe, strzałka — pobudzenie nieodebrane (*undersensing?*)

Fig. 2. ECG leads I, II, III recorded 3 weeks after turning on the dual demand function (2nd follow-up visit). Some P waves are not committed by ventricular pulses. Symbols: + correctly sensed atrial wave, arrow — atrial undersensing?

naniu kilku głębokich wdechów, w trakcie których nie zaobserwowano zaburzeń sterowania, polecono pacjentce wykonać kilka przysiadów. Wówczas w zapisie EKG powtórzyła się sytuacja zarejestrowana na rycinie 2, to znaczy początkowo były widoczne zaburzenia odbioru załamków A, które następnie zupełnie ustąpiły. Dopiero zarejestrowanie za pośrednictwem programatora jednoczesnego zapisu II odprowadzenia kończynowego, elektrogramu przedsionkowego i komorowego oraz znaczników zdarzeń (po wykonaniu kolejnych przysiadów) wyjaśniło sytuację (ryc. 3). W elektrogramie przedsionkowym, po każdym wystymulowanym pobudzeniu komorowym, pojawiają się potencjały oznaczone symbolem *ArsQRS* o amplitudzie mniejszej niż pobudzenie z węzła zatokowego. Jest to rejestrowana przez elektrodę przedsionkową fala depolaryzacji komór. W stymulatorze Actros D po impulsie komorowym występuje okres bezwzględnej refrakcji toru przedsionkowego, wynoszący 56 ms. Sygnał depolaryzacji komór zainicjowany przez impuls komorowy występuje po upływie tego okresu i jest w tym przypadku regularnie odbierany przez tor przedsionkowy w 140 ms po impulsie komorowym. Dla elektrody przedsionkowej komora stanowi źródło odległe, stąd też amplituda tego

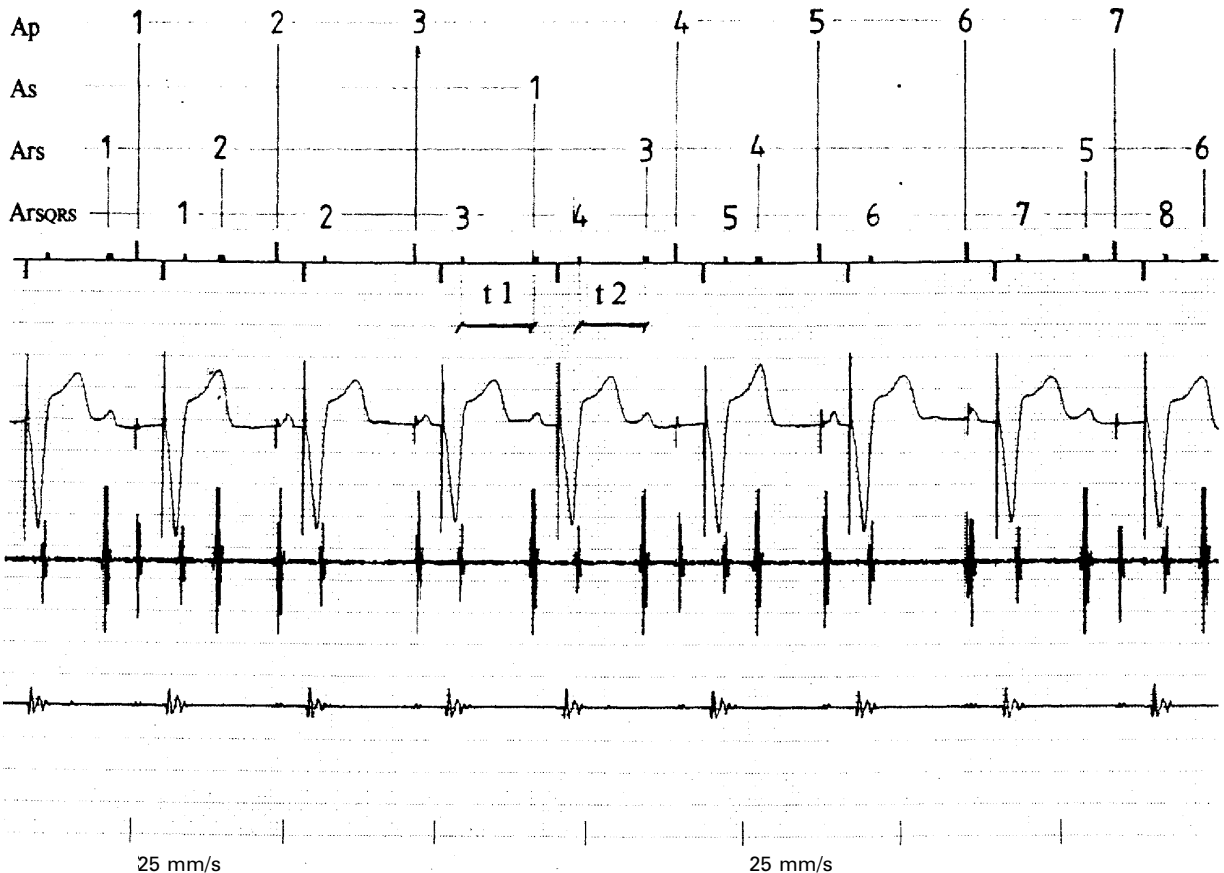
sygnału jest silnie stłumiona i u chorej wyraźnie mniejsza aniżeli amplituda pobudzeń przedsionkowych, lecz większa niż zaprogramowany próg czułości toru przedsionkowego. Sygnał ten występuje przed upływem czasu refrakcji toru przedsionkowego (*ARP*, *atrial refractory period*), który wynosi 425 ms, a ponieważ funkcja *dual demand* jest włączona, zerowany jest licznik czasu refrakcji toru przedsionkowego [1]. Kolejne pobudzenie przedsionkowe może zostać odebrane i może uruchomić licznik opóźnienia AV dopiero po upływie pełnego okresu refrakcji (tak jak *As1*). Jeżeli pobudzenie przedsionkowe występuje wcześniej, licznik czasu refrakcji toru przedsionkowego jest ponownie zerowany (*Ars1–Ars6*), impuls komorowy nie jest generowany, a po upływie interwału częstości podstawowej cykl kończy impuls stymulujący przedsionek (*Ap1–Ap7*) oraz impuls komorowy. Pobudzenia przedsionkowe pochodzące z węzła zatokowego są regularnie odbierane i wyzwalają impulsy komorowe tylko pod warunkiem, że odstęp *As–As* będzie dłuższy niż:

$$(As-As) > (As-Vp) + (Vp-ArsQRS) + ARP$$

$$(As-As) > 160 \text{ ms} + 140 \text{ ms} + 425 \text{ ms} = 725 \text{ ms}$$

co odpowiada częstości f:

$$f = 60 / 0,725 = 82 / \text{min}$$



Ryc. 3. Zapis z programatora. Od dołu: elektrogram z elektrody komorowej, elektrogram z elektrody przedsionkowej, II odprowadzenie kończynowe, znaczniki zdarzeń. Oznaczenia: Ap — impuls przedsionkowy, As — spontaniczne pobudzenie przedsionków odebrane po zakończeniu okresu refrakcji toru przedsionkowego, Ars — spontaniczne pobudzenie przedsionków odebrane przed zakończeniem okresu refrakcji toru przedsionkowego (*refractory sensed*), ArsQRS — odebrana przez tor przedsionkowy fala depolaryzacji komór. W torze komorowym jako zdarzenia występują tylko impulsy komorowe. Odstęp t_1 jest dłuższy, a t_2 krótszy niż czas refrakcji toru przedsionkowego, który wynosi 425 ms.

Fig 3. Printing from the programmer. From the bottom: ventricular IEGM, atrial IEGM, ECG-lead II, event markers. Symbols: Ap — atrial pace, As — atrial sense event outside the refractory period, Ars — atrial sense event during the refractory period, ArsQRS — atrial sense event of ventricular depolarization. Ventricular pulses are the only one events in ventricular channel. The t_1 interval is longer, and t_2 shorter than atrial refractory period (425 ms).

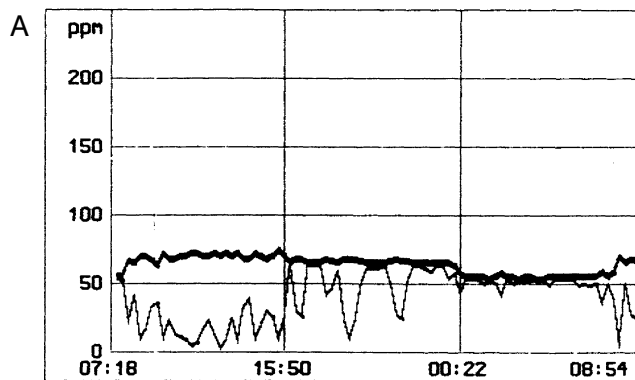
W obliczeniach przyjęto $As-Vp = 160$ ms; czyli opóźnienia AV dla częstości 70–90/min. Przekroczenie tej częstości powoduje utratę synchronizacji przedsionkowo-komorowej. Na rycinie 2 rytm przedsionków stopniowo zwalnia, częstość spada poniżej 80/min i przywrócona zostaje poprawna synchronizacja przedsionkowo-komorowa (3 ostatnie pobudzenia).

W trakcie tej kontroli stymulatora wydrukowano również wykres 24-godzinny trendu częstości rytmu przedsionków (ryc. 4a). Częstość ta nie przekraczała wartości ok. 70/min. Wartość maksymalna uśrednionego rytmu przedsionków (*rate attained*), podana osobno obok wykresu, wynosiła 75/min.

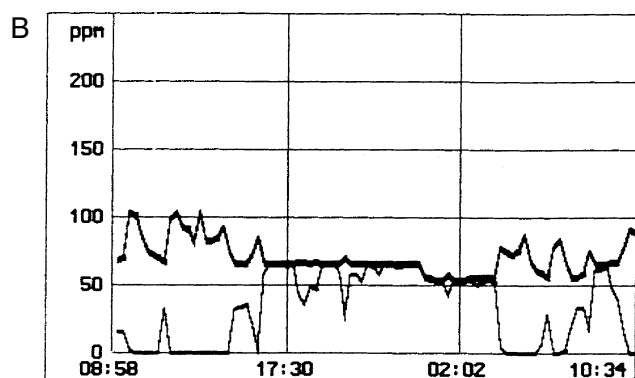
Tłumaczy to objawy, które wystąpiły u pacjentki. Dochodziło nie tylko do zaburzeń chronotropizmu

(maksymalna częstość stymulacji komór 82/min), ale także do utraty synchronizacji przedsionkowo-komorowej. Oba te mechanizmy znacznie upośledzały przyrost rzutu minutowego w czasie wzrostu zapotrzebowania tlenowego związanego z wysiłkiem.

Aby ocenić amplitudę sygnału depolaryzacji komór odbieranego bipolarnie poprzez elektrodę przedsionkową, zwiększano stopniowo wartość czułości toru przedsionkowego (Actros umożliwia ustawianie czułości z dokładnością co 0,1 mV) do chwili, gdy sygnał depolaryzacji komór nie był już rejestrowany w torze przedsionkowym. Następnie powtórzono pomiar dla odbioru unipolarnego. Amplituda sygnału depolaryzacji komór mierzona bipolarnie wynosiła 0,8 mV, a unipolarnie — 1,1 mV.



Heart Rate Trend (24 h roll.) Atr.		
Start	09.09.1998	07:18:32
Duration		25:36:00
Rate Attained		75 ppm
220 - Age		189 ppm
Basic Rate		65 ppm
Hysteresis		OFF
Max. Synch. Rate		141 ppm
Upper Rate		160 ppm
<ul style="list-style-type: none"> — Heart Rate — Limited AV Synchrony — Stimulation Rate 		



Heart Rate Trend (24 h roll.) Atr.		
Start	14.10.1998	08:58:44
Duration		25:36:00
Rate Attained		105 ppm
220 - Age		189 ppm
Basic Rate		65 ppm
Hysteresis		OFF
Max. Synch. Rate		141 ppm
Upper Rate		160 ppm
<ul style="list-style-type: none"> — Heart Rate — Limited AV Synchrony — Stimulation Rate 		

Ryc. 4. Zapis 24-godzinnego trendu częstości rytmu przedsionków (wartość uśredniona w 16-minutowych odcinkach czasu). Gruba linia oznacza rytm przedsionków; odstęp pomiędzy osią czasu i cienką linią oznacza odsetek pobudeń, stymulowanych, a odstęp pomiędzy cienką a grubą linią — odsetek pobudeń odebranych. Osiągnięta wartość częstości — *rate attained* — to największa wartość tak wyznaczonej średniej w ciągu doby. A. dane zarejestrowane podczas II kontroli poszpitalnej. B. dane zarejestrowane podczas III kontroli poszpitalnej.

Fig. 4. 24-hours atrial rate trend (the duration of averaging interval is 16 minutes). The thick line — atrial rhythm; the difference between the time axis and thin line indicates the percentage of atrial pacing events, and the difference between the thick and the thin line — the percentage of atrial sense events. Maximum heart rate attained is the highest value of so averaged atrial rate trend during 24 hours. A. data from the 2nd follow-up visit. B. data from the 3rd follow-up visit.

Stymulator przeprogramowano, zmieniając jedynie czułość toru przedsionkowego na 1,0 mV (odbior bipolarny) i ustalono termin kolejnej kontroli za dwa tygodnie.

Podczas tej kontroli (III kontrola poszpitalna) pacjentka stwierdziła, że jej samopoczucie powróciło do stanu, jaki był przed I kontrolą poszpitalną. Zarejestrowany wówczas wykres częstości przedsionków przedstawiono na rycinie 4b. Uśredniona w ciągu 16 minut częstość osiągała 105/min.

Omówienie

W stymulatorach Actros D firmy Biotronik, podobnie jak w wielu innych modelach stymulatorów

dwujamowych tej firmy, o górnej częstości synchronizacji przedsionkowo-komorowej decydują dwa niezależnie programowane parametry: górna częstość graniczna (*upper tracking rate*) oraz czas refrakcji toru przedsionkowego. Sposób reakcji stymulatora na przekroczenie górnej częstości jest nieprogramowany i w zależności od wartości obu tych parametrów może być typu bloku przedsionkowo-komorowego 2:1 lub periodyki Wenckebacha [1]. Gdy górna częstość synchronizacji jest większa niż częstość wynikająca z refrakcji toru przedsionkowego, to po przekroczeniu przez rytm przedsionków częstości wynikającej z refrakcji bezpośrednio dochodzi do bloku 2:1. Natomiast gdy górna częstość synchronizacji jest mniejsza niż częstość wynikająca z refrakcji, to po

przekroczeniu przez rytm przedsionków górnej częstości synchronizacji, opóźnienie AV stopniowo się wydłuża i zachowanie stymulatora imituje periodykę Wenckebacha, a dopiero po przekroczeniu częstości wynikającej z refrakcji toru przedsionkowego występuje blok 2:1 [1, 2].

Funkcja *dual demand*, która w nastawach fabrycznych jest wyłączona, poprzez automatyczną zmianę trybu stymulacji (AMS, *automatic mode switching*), ma za zadanie ograniczenie częstości stymulacji komór w przypadku wystąpienia szybkich rytmów nadkomorowych. Gdy częstość rytmu nadkomorowego przekracza częstość wynikającą z ARP, stymulator zmienia tryb stymulacji z DDD na DVI lub z VDD na VVI. Warunkiem prawidłowego działania tej funkcji jest pewne wykrywanie wszystkich potencjałów szybkiego rytmu przedsionków. Decydując się na włączenie tej funkcji, często nie posiadamy informacji o wewnątrzsercowej amplitudzie potencjałów trzepotania lub częstoskurczu, a ich amplituda jest na ogół mniejsza niż potencjałów rytmu zatokowego, dlatego też programujemy małe wartości progu czułości toru przedsionkowego. W przypadku migotania przedsionków funkcja ta z uwagi na dużą zmienność amplitudy odbieranych potencjałów, mimo niskich nastaw czułości, często spełnia swoje zadanie jedynie w ograniczonym stopniu.

W przedstawionym przez nas przypadku doszło do nieprzewidzianego przez nas konfliktu wymagań co do czułości toru przedsionkowego. Z jednej strony typowa dla elektrod przedsionkowych zmienność amplitudy odbieranych pobudzeń przedsionkowych [3, 4] oraz poprawna realizacja funkcji *dual demand* skłaniają do wyboru jak najmniejszej wartości czułości, z drugiej — zbyt mała wartość progu czułości

może prowadzić do odbioru w torze przedsionkowym sygnałów spoza przedsionka, w tym przypadku sygnału depolaryzacji komór (pomimo bipolarnego sterowania), czego nie uwzględniliśmy podczas I kontroli poszpitalnej [5, 6]. Funkcję *dual demand* należy włączać jedynie w uzasadnionych przypadkach. Przed jej aktywacją należy sprawdzić, czy w torze przedsionkowym, także w okresie refrakcji, nie są odbierane niepożądane sygnały.

Również algorytmy AMS stosowane w innych modelach stymulatorów, np. kryterium X z 8 (Biotronik Logos, Inos² DR), będą przełączać tryb stymulacji przy znacznie niższej częstości rytmu niż zamierzona, jeżeli w torze przedsionkowym będzie odbierany sygnał depolaryzacji komór.

Wykonanie próby wysiłkowej lub badania holterowskiego z pewnością ujawniłoby utratę odbioru pobudzeń przedsionkowych wraz ze wzrostem częstości rytmu i pozwoliło na wcześniejszą korektę programu stymulatora [7]. Kontrola stymulatora wykonywana u pacjenta siedzącego lub leżącego trwająca najwyżej kilkanaście minut nie zawsze ujawnia wszystkie zaburzenia w pracy stymulatora. Tym niemniej wykorzystanie narzędzi, w które wyposażony jest Actros D (transmisja elektrogramów wewnątrzsercowych, histogramy), pozwoliło w tym przypadku na rozpoznanie problemu bez potrzeby sięgania do innych badań.

Wniosek

Przed włączeniem funkcji automatycznej zmiany trybu stymulacji należy sprawdzić, czy tor przedsionkowy nie odbiera niepożądanych sygnałów spoza przedsionka.

Streszczenie

Ograniczenie górnej częstości synchronizacji przedsionkowo-komorowej

Przedstawiono przypadek chorej z wszczepionym stymulatorem DDD (Biotronik Actros D), u której po włączeniu funkcji dual demand nastąpiło nieoczekiwane obniżenie górnej częstości synchronizacji przedsionkowo-komorowej. To niekorzystne zachowanie stymulatora zostało spowodowane odbiorem przez tor przedsionkowy sygnału depolaryzacji komór (sensing of far field QRS complex). (Folia Cardiologica. 1999; 6: 392–398)

stymulator DDD, górna częstość synchronizacji

Piśmiennictwo

1. Barold S.S., Falkoff M.D., Ong L.S., Heinle R.A. Upper rate response of DDD pacemakers. W: Barold S.S., Mugica J. red. New perspectives in cardiac pacing. Futura Publishing Company, Mount Kisco NY 1988; 121–172.
2. Technical Manual. Actros DDDR, VDDR, SSIR, DDD, SSI pacemaker. Biotronik GmbH., Berlin 1997.
3. Boute W., Albers B.A., Giele V. Avoiding atrial undersensing by assessment of P wave amplitude histogram data. PACE 1994; 17: 1878–1882.
4. Brandt J., Attewell R., Fahraeus T., Schuller H. Acute atrial endocardial P wave amplitude and chronic pacemaker sensitivity requirements: relation to patient age and presence of sinus node disease. PACE 1990; 13: 417–424.
5. Brandt J., Fahraeus T., Schuller H. Far-field QRS complex sensing via the atrial pacemaker lead. I. Mechanism, consequences, differential diagnosis and countermeasures in AAI and VDD/DDD pacing. PACE 1988; 11: 1432–1438.
6. Shandling A.H., Castellanet M.J., Thomas L., Rylaarsdam A., Valikai K., Messenger J.C., Ellestad M.H. Impaired activity rate responsiveness of an atrial activity-triggered pacemaker: the role of differential atrial sensing in its prevention. PACE 1989; 12: 1927–1937.
7. Kübler G., Moszczyńska-Stulin J., Pławiak T., Kübler A. Badanie holterowskie w ocenie zaburzeń sterowania stymulatorów serca typu AAI. Opis dwóch przypadków. Kardiolog. Pol. 1998; 48: 418–422.