



REDAKTOR DZIAŁU  
dr n. med.  
Przemysław  
Mitkowski  
I Klinika Kardiologii  
Katedry Kardiologii  
Uniwersytet  
Medyczny im. Karola  
Marcinkowskiego  
w Poznaniu

# Podstawy elektrostymulacji serca – część 6. Okresy refrakcji, mowa skrzyżowana, potencjały odległe, skurcze stymulatorowe

*Przemysław Mitkowski*

**Adres:**

I Klinika Kardiologii, Katedra Kardiologii  
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego  
w Poznaniu

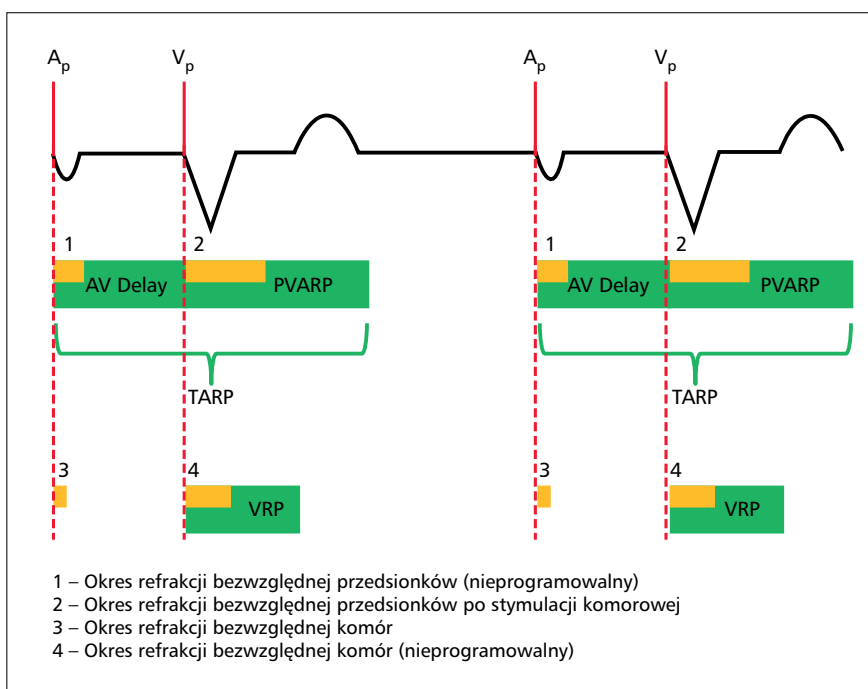
**W** stymulatorach serca znajdziemy algorytmy zabezpieczające system przed interpretowaniem zakłóceń jako aktywności własnej oraz przed wpływem na sterowanie układu załamek (lub impulsów stymulujących) o nieprawidłowo wysokiej amplitudzie, które w tym sterowaniu nie powinny uczestniczyć (załamki T, załamki R odbierane w torze przedsionkowym). Właściwe zaprogramowanie tych algorytmów zapewnia prawidłową pracę układu, pomimo niekorzystnych cech elektrofizjologicznych sygnałów wewnątrzsercowych i zakłóceń pozasercowych, odbieranych przez elektrody.

## Okresy refrakcji

Od chwili, kiedy stymulator serca przestał być jedynie prostym generatorem impulsów i pojawił się w nim procesor analizujący sygnały odebrane przez układ, implementowano w nim algorytmy pozwalające naśladować cechy elektrofizjologiczne struktur serca, a przede wszystkim czasowego zniesienia pobudliwości po poprzednim pobudzeniu – okresy refrakcji. W stymulatorach, podobnie jak w charakterystyce pobudliwości komórek struktur serca, możemy wyodrębnić okres refrakcji bezwzględnej (blanking period) i względnej (refractory period, refractory time).

W okresie refrakcji bezwzględnej (blanking period) funkcja detekcji sygnałów w układzie stałej stymulacji serca jest całkowicie zablokowana. Stymulator nie odbiera i nie interpretuje żadnych sygnałów – jest całkowicie „ślepy”. Czas trwania tego okresu jest bardzo krótki i wynosi zwykle 50-100 ms, rzadko przekraczając tę wyższą wartość. W stymulatorach wielojamowych, w zależności od producenta i modelu, stymulacja w jednej z jam rozpoczyna okres refrakcji bezwzględnej (blanking) w drugiej jamie bądź jakiegokolwiek zdarzenie (zarówno detekcja załamka, jak i stymulacja) w danym torze stymulatora rozpoczyna okres refrakcji bezwzględnej w tym samym torze, w którym zaszło to zdarzenie, ale również jakiegokolwiek zdarzenie w torze komorowym rozpoczyna okres refrakcji w torze przedsionkowym oraz stymulacja w torze przedsionkowym rozpoczyna okres refrakcji w torze komorowym (ryc. 1). Zapobiega to powstaniu zjawisk mowy skrzyżowanej (cross talk) lub detekcji potencjałów odległych (far field) (patrz niżej). Niektóre urządzenia pozwalają programować okres refrakcji bezwzględnej w torze komorowym

**RYCINA 1** Okresy refrakcji względnej i bezwzględnej.



po stymulacji przedsionkowej (ventricular blanking, VB) i w torze przedsionkowym po stymulacji komorowej (post ventricular atrial blanking).

Okres refrakcji względnej (refractory period, ryc. 1) rozpoczyna się wraz z wystąpieniem zdarzenia (stymulacja lub detekcja) w danym torze układu stymulacji serca (przedsionkowym lub komorowym) i dotyczy danego toru. Ponadto zdarzenie komorowe rozpoczyna okres refrakcji w torze przedsionkowym (tzw. okres refrakcji przedsionków po zdarzeniu komorowym; post ventricular atrial refractory period, PVARP). Detekcja sygnału w torze, który pozostaje w okresie refrakcji, jest rejestrowana przez system i może być wykorzystywana do uruchamiania algorytmów zabezpieczających przed szybką stymulacją komór w przypadku wystąpienia napadu tachyarytmii nadkomorowej (mode switch, mode conversion) lub algorytmów ochrony przed zakłóceniami (noise reversion), nie ma jednak wpływu na sterowanie stymulatora, a więc:

- nie uruchamia licznika czasu podstawowej częstotliwości stymulacji,
- nie uruchamia licznika czasu częstotliwości stymulacji sterowanej przez funkcję rate responsive,
- nie wyzwala stymulacji komór sterowanej przedsionkami (detekcja w torze przedsionkowym w okresie refrakcji).

Okres refrakcji komór (ventricular refractory period, VRP), którego wartość jest ustawiona fabrycznie na około 300 ms, u większości chorych nie wymaga (choć istnieje taka możliwość) zmian w trakcie wizyt kontrolnych. Zmiana wartości zaprogramowanej tego parametru może być konieczna u osób ze znacznie poszerzonymi zespołami QRS (zjawisko podwójnego zliczania – double counting – szczególnie istotne u chorych z wszczepionym kardiowerterem-defibrylatorem) oraz w przypadku nie-

prawidłowej detekcji załamków T w torze komorowym (szczególnie u chorych z zespołem wydłużonego QT). Ten ostatni przypadek zaczyna tracić na znaczeniu ze względu na powszechnie stosowane filtry częstotliwościowe w układach wejścia, które dosyć skutecznie eliminują detekcję załamków T na podstawie widma częstotliwości różniące się od widma załamków R.

Znacznie istotniejsze jest właściwe zaprogramowanie okresu refrakcji przedsionków. Całkowity okres refrakcji przedsionków (total atrial refractory period, TARP; atrial refractory period, ARP) w stymulatorach dwujamowych i resynchronizujących składa się z czasu opóźnienia przedsionkowo-komorowego (AV Delay) oraz z czasu refrakcji po zdarzeniu komorowym (post ventricular atrial refractory period, PVARP). Odpowiednio długi czas PVARP ma chronić pacjenta przed częstokurczem niekończącej się pętli (endless loop tachycardia, ELT), powstającej w następujących sekwencjach zjawisk:

1. Zaburzenie sterowania w torze przedsionkowym pod postacią niedoczulności (undersensing P), stymulacja w torze przedsionkowym w okresie refrakcji komórek przedsionka, stymulacja komór, detekcja w torze przedsionkowym (poza okresem PVARP) wstecznego załamka P, stymulacja komór sterowana wstecznym załamkiem P.

2. Nieskuteczna stymulacja w torze przedsionkowym (przy względnie długim AV Delay, np. w funkcji poszukiwania własnego przewodzenia AV), stymulacja komór, detekcja w torze przedsionkowym (poza okresem PVARP) wstecznego załamka P, stymulacja komór sterowana wstecznym załamkiem P.

3. Pobudzenie dodatkowe komorowe, detekcja w torze przedsionkowym (poza okresem PVARP) wstecznego załamka P, stymulacja komór sterowana wstecznym załamkiem P.

Wymienione wyżej zjawiska są stosunkowo rzadkie, chociaż możliwe szczególnie u chorych z zespołem chore-

go węzła zatokowego i powodują znaczny dyskomfort. Wsteczne załamki P zwykle pojawiają się w okresie 100-200 ms od początku zespołu QRS, rzadko później niż po 300 ms. Wydawałoby się zatem, że ustawienie PVARP na 350 ms powinno rozwiązać problem. Tak zapewne by było, ale należy pamiętać, że wartość:  $TARP = AV \text{ Delay} + PVARP$  ogranicza maksymalną częstotliwość stymulacji sterowaną przedsionkami. I tak ustawienie na stałe opóźnienia przedsionkowo-komorowego na 200 ms i PVARP na 300 ms powoduje, że wartość TARP wynosi 500 ms. W takim przypadku stymulacja komór sterowana przedsionkami będzie możliwa jedynie do częstotliwości 120/min – powyżej tej wartości pojawi się stymulacja komór sterowana co drugim załamkiem P (zachowanie 2:1). Może to spowodować gwałtowny spadek rzutu i zasłabnięcie lub omdlenie w czasie narastającego wysiłku. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie algorytmu skracania czasu opóźnienia przedsionkowo-komorowego wraz ze zwiększaniem częstotliwości przedsionków (dynamic AV delay). Zaprogramowanie parametru skracania do wartości 100 ms pozwala już na stymulację komór sterowaną przedsionkami do częstotliwości 150/min ( $TARP = 400$  ms). Inną opcją jest skrócenie PVARP i zapewnienie ochrony przed ELT dzięki uruchomieniu innych algorytmów (np. PMT Intervention).

## Mowa skrzyżowana, potencjały odległe

Mowa skrzyżowana (cross talk) jest spowodowana odebraniem w jednym kanale sygnału powstałego w wyniku pojawienia się impulsu stymulacji w drugim kanale. Dotyczy to przede wszystkim odbioru w torze komorowym (poza okresem refrakcji bezwzględnej) sygnału stymulacji w torze przedsionkowym. Może to spowodować zablokowanie (inhibition) stymulacji w torze komorowym i asystolię. Rozwiązaniem tego problemu jest algorytm komorowej stymulacji bezpieczeństwa (ventricular safety pacing, VSP). Algorytm ten powoduje, że detekcja w torze komorowym po zakończeniu okresu bezwzględnej refrakcji w tym torze, który został rozpoczęty po stymulacji przedsionka powoduje stymulację komór po okresie opóźnienia przedsionkowo-komorowego wynoszącego 100 ms. Tak dobrany czas opóźnienia przedsionkowo-komorowego z jednej strony zapewni skuteczną stymulację komorową w przypadku wystąpienia zjawiska mowy skrzyżowanej, z drugiej zaś jest on na tyle krótki, że gdyby odebrany potencjał w torze komorowym był rzeczywiście załamkiem R, to stymulacja w torze komorowym nastąpiłaby w okresie bezwzględnej refrakcji komórek mięśnia komór serca, tak że nie doszłoby do stymulacji w strefie ranliwej załamka T. Bardzo ważne jest przy tym, aby czas trwania okresu bezwzględnej refrakcji w torze komorowym po stymulacji przedsionkowej był krótki (nawet poniżej 40 ms).

Potencjały odległe (far field) to detekcja w jednym z torów stymulatora zjawisk elektrycznych powstających

w innym torze (jamie serca), które powodują zaburzenia sterowania. Sytuacja dotyczy zwykle odbierania w torze przedsionkowym załamka R. Jest to możliwe jedynie w przypadku, kiedy detekcja załamka R w torze przedsionkowym następuje przed jego detekcją w torze komorowym. W takiej sytuacji może dojść do nieprawidłowego włączenia algorytmów zmiany trybu stymulacji w czasie napadu tachyarytmii nadkomorowej lub do zmniejszenia częstotliwości stymulacji. Rozwiązanie tego problemu może być bardzo trudne i polega zwykle na zmniejszeniu czułości w torze przedsionkowym. Zmiana ta jednak może doprowadzić do zaburzeń sterowania w torze przedsionkowym (undersensing) zarówno załamków P, jak i znacznie częściej – fali migotania przedsionków. Skutkiem tego ostatniego może być szybka stymulacja komór sterowana falą migotania przedsionków.

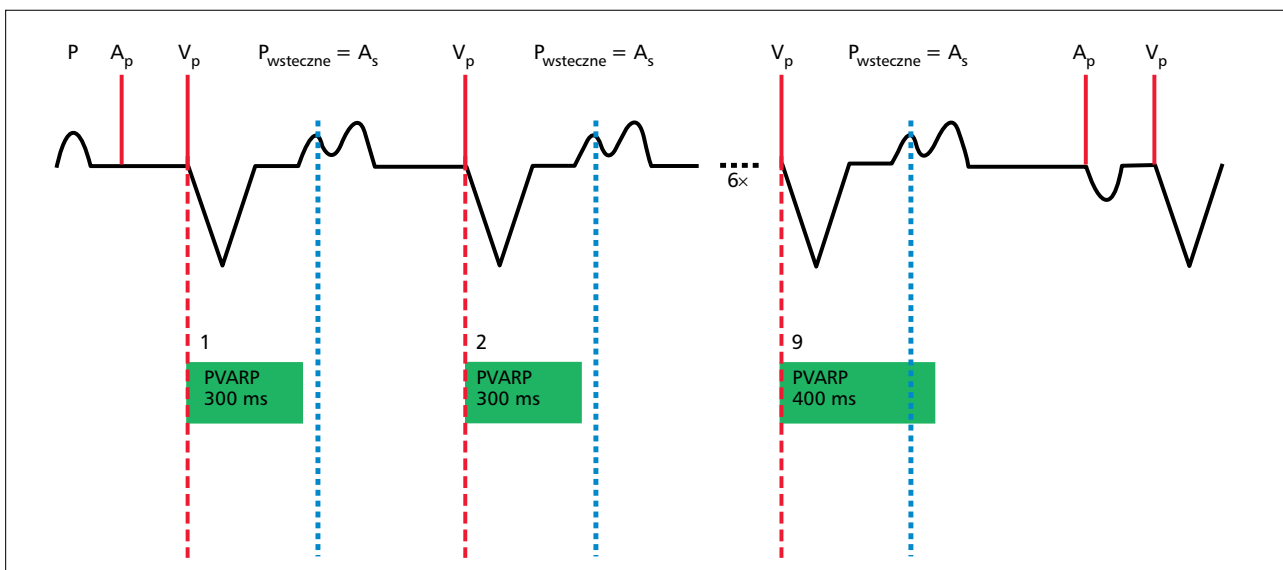
## Częstoskurcze stymulatorowe

Dla opisanego nieprawidłowej lub niezamierzonej szybkiej stymulacji komór sterowanej przedsionkami używa się dwóch terminów: częstoskurcz niekończącej się pętli (endless loop tachycardia, ELT, ryc. 2) oraz częstoskurcz, w którym pośredniczy stymulator (pacemaker mediated tachycardia, PMT).

Pojęcia te, mimo że opisują dwie zupełnie inne sytuacje, są powszechnie mylone lub niewłaściwie używane.

Częstoskurcz niekończącej się pętli to sytuacja, w której wstecznie przewidziany załamek P (po spontanicznym lub wystymulowanym zespole QRS) jest odbierany w torze przedsionkowym poza okresem refrakcji (PVARP) i wyzwala stymulację komór, sterowaną wstecznie przewidzianym załamkiem P. Wystymulowany zespół QRS indukuje pojawienie się wstecznie przewidzianego załamka P i sytuacja powtarza się. Przypomina to w swoim patomechanizmie antydromowy częstoskurcz przedsionkowo-komorowy (AVRT) u chorych z dodatkową drogą przewodzenia (którą w tym przypadku tworzy nie pęczek Kenta, a stymulator oraz elektrody przedsionkowa i komorowa). Rozwiązaniem tego problemu może być:

- skrócenie opóźnienia przedsionkowo-komorowego (np. dzięki algorytmowi Dynamic AV Delay), co doprowadzi do tego, że zdążająca od strony komór ku przedsionkom fala depolaryzacji trafi na pozostający w okresie repolaryzacji węzeł przedsionkowo-komorowy,
- włączenie odpowiedniego algorytmu (PMT Protection/PMT Intervention), który spowoduje wydłużenie czasu PVARP lub TARP. W przypadku algorytmu PMT Protection po dziewiątej sekwencji stymulacji komór sterowanej przedsionkami, w której czas od  $V_p$  do  $A_s$  wynosi mniej niż 400 ms, algorytm ten spowoduje wydłużenie PVARP do 400 ms i w przypadku ELT przerwanie pętli, gdyż wsteczny załamek P trafi w okres wydłużonego PVARP (ryc. 2). W przypadku szybkiego rytmu przedsionków jeden załamek P nie spowoduje wyzwolenia stymulacji komór. Doraźnie ELT można przerwać, przykładając magnes nad stymulator.



**RYCINA 2** Mechanizm powstawania częstoskurczu niekończącej się pętli i działanie algorytmu PMT Intervention.

Częstoskurcz za pośrednictwem stymulatora to sytuacja, w której szybki rytm nadkomorowy trwa bez udziału stymulatora (np. częstoskurcz nadkomorowy, trzepotanie i migotanie przedsionków). Rolą stymulatora w tym przypadku jest wyzwalanie szybkiej stymulacji komór sterowanej szybkim rytmem nadkomorowym. Najlepszym rozwiązaniem w takim przypadku jest włączenie funkcji automatycznej zmiany trybu stymulacji w przypadku napadu tachyarytmii nadkomorowej (mode switch, mode conversion).

A zatem ELT nie pojawi się u chorego bez stymulatora, a PMT występuje bez związku ze stymulatorem.

Mam nadzieję, że to krótkie, podstawowe omówienie zagadnień związanych z okresami refrakcji w stymulatorze zachęci do głębszego poznania przedstawianego tematu i pozwoli na skorzystanie z dostępnych algorytmów i ustawień w stymulatorze, a także ułatwi dostosowanie układu stałej stymulacji serca do indywidualnych potrzeb pacjenta.