

# Implantacja układu stymulującego

Techniczne postępy dotyczące stałej stymulacji serca pozwoliły na przeniesienie głównego ciężaru leczenia tą techniką z rąk kardiochirurgów w ręce przeszkolonych i doświadczonych kardiologów [1–5]. O zapotrzebowaniu na aktualny stan wiedzy w tej dziedzinie świadczy coroczne wydawanie podręczników [1–7].

O skuteczności i maksymalnej redukcji liczby powikłań leczenia stymulacją decydują: miejsce zabiegu, zespół, wiedza i doświadczenie osoby operującej, wyposażenie sali operacyjnej i ośrodka oraz możliwości szybkiego kontaktu ze specjalistami.

## Miejsce zabiegu

Sala operacyjna lub pracownia badań inwazyjnych układu krążenia (badań elektrofizjologicznych lub cewnikowania serca) [1, 3, 5].

Chirurgiczna sala operacyjna wraz z jej stałym personelem (bardzo ważne przy implantacji ciała obcego na stałe) zapewnia przestrzeganie reżimu aseptycznego, zwykle lepszy dostęp do pacjenta, stół operacyjny z możliwością zmiany jego nachylenia, dobre oświetlenie pola operacyjnego, możliwość szybkiej pomocy ze strony anestezjologa, a w razie potrzeby — również kardiochirurga [3, 5].

Pracownia do badań inwazyjnych układu krążenia wyposażona jest zwykle w sprzęt radiologiczny o zwiększonych możliwościach technicznych (np. skopia wielopłaszczyznowa) oraz rozbudowany zestaw sprzętu do monitorowania czynności elektrycznej serca [1, 3, 5]. Zgodnie z zaleceniami *Intersociety Commission for Heart Disease Resources* [1, 4] (niezmienionymi od 1983 r.) implantacje układów stymulujących mogą odbywać się w obu typach sal, przy zachowaniu wszelkich ogólnie przyjętych wymogów aseptyki, zapewnieniu niezbędnego minimum instrumentarium chirurgicznego, odpowiedniego oświetlenia pola operacyjnego, wyposażenia w aparaturę do monitorowania EKG, utlenowania i ciśnienia krwi (metodą nieinwazyjną), aparaturę RTG pozwalającą na skopię w dwóch płaszczyznach. Niezbędne i obowiązujące wyposażenie sali stanowi sprzęt resuscytacyjny: defibrylator, zestaw do intubacji i wentylacji, zestaw potrzebnych leków [1–4].

## Personel

Współczesne zalecenia [1, 3] (ze względu na nadal funkcjonujące różne modele organizacyjne w różnych ośrodkach na całym świecie) dopuszczają wykonywanie zabiegów przez:

- tylko odpowiednio przeszkolonego chirurgicznie i doświadczonego w elektrofizjologii kardiologa,
- tylko przez doświadczonego w tym zakresie chirurga, któremu towarzyszy kardiolog niebiorący bezpośredniego udziału w zabiegu (jego rola ogranicza się do opieki nad pacjentem, akceptacji położenia końcówek elektrod i kontroli wykonania połączeń),
- chirurga (uzyskanie dostępu do żyły, wykonanie loży stymulatora, zamknięcie ran) i kardiologa (fiksacja elektrod w sercu i podjęcie decyzji o ich optymalnym położeniu),
- tylko kardiochirurga — w sytuacjach dziś wyjątkowo rzadkich, jak implantacja układu z elektrodami nasierdziowymi podczas zabiegu kardiochirurgicznego.

Od lekarza zajmującego się implantacją układów stymulujących wymagana jest znajomość zaburzeń rytmu serca, podstawowych zagadnień elektrofizjologii, umiejętność programowania wszystkich funkcji stymulatora, umiejętność wczesnego rozpoznawania i leczenia powikłań tej metody terapeutycznej. Powinien on dobrze opanować technikę preparowania żyły odpromieniowej w bruzdzie naramiennie-piersiowej, bocznie i samej żyły szyjnej zewnętrznej, posiadać umiejętność i wprawę w nakłuwaniu żyły podobojczykowej oraz żyły szyjnej wewnętrznej (wraz z umiejętnością tunelizacji proksymalnego odcinka elektrody nad i pod obojczykiem do loży stymulatora). Zakres podstawowych umiejętności obejmuje implantację klasycznych jedno- i dwujamowych układów stymulujących, wymiany stymulatorów oraz usuwanie uszkodzeń elektrod [3, 5]. Niektórzy uważają, że lekarz zajmujący się implantacją układów stymulujących powinien wykonać co najmniej 15 zabiegów na rok. Jednakże większość sądzi, że liczba tych implantacji powinna przekraczać 30 [3, 5].

Poza lekarzem w skład zespołu wchodzi: instrumentariuszka bądź przeszkolony technik medyczny oraz pielęgniarka podająca sprzęt, wykonująca iniekcje, dokonująca rejestracji i pomiarów potencjałów sygnałów wewnątrzsercowych oraz parametrów stymulacji przy pomocy wielofunkcyjnego analizatora. Pożądaną, lecz nie niezbędną osobą w zespole, jest też technik radiologiczny obsługujący urządzenie rentgenowskie [5].

### **Sprzęt i wyposażenie**

Wyposażenie pomieszczenia, w którym dokonuje się implantacji stymulatorów, powinno obejmować: stół ruchomy (z możliwością zmiany jego wysokości i nachylenia) oraz urządzenie RTG do skopii posiadające możliwość zmiany jej płaszczyzny (projekcja tylnoprzodna to niezbędne minimum), a także — bardzo pożądane — licznik realnego czasu skopii [3]. Sprzęt do monitorowania EKG podczas zabiegu powinien odpowiadać współczesnym standardom światowym (bezpieczeństwo, przewody elektryczne niekontrastujące w obrazie rentgenowskim). Wielokanałowy monitor EKG (umożliwiający monitorowanie również odprowadzeń wewnątrzsercowych), stanowiący wyposażenie pracowni do badań elektrofizjologicznych, nie jest niezbędny. Konieczna jest możliwość nieinwazyjnego monitorowania ciśnienia i utlenowania krwi [5]. Podstawowe wyposażenie stanowi wieloczynnościowe urządzenie pomiarowe (*pacing system analyser*, PSA) pozwalające na pomiar i rejestrację potencjałów wewnątrzsercowych, progu stymulacji i impedancji. Kolejny niezbędny element wyposażenia stanowi mały zestaw narzędzi chirurgicznych, nieco większy niż typowy zestaw do wenesekcji [5].

Elektrokoagulator używany ostrożnie i rozsądnie (bezwzględne unikanie przypadkowego dotknięcia do metalowej części proksymalnej końcówki elektrody bądź obudowy stymulatora, na tyle krótkie włączenia, aby ewentualne czasowe zablokowanie stymulatora nie wywierało znaczącego efektu hemodynamicznego) może stanowić cenne uzupełnienie wyposażenia. Elektrokoagulacja zmniejsza istotnie ryzyko przypadkowego uszkodzenia osłonki elektrody [5].

Lekarz implantujący (reimplantujący) stymulator powinien mieć możliwość szybkiego wykonania badania echokardiograficznego (możliwość dwuwymiarowej oceny serca) [3] oraz wezwania zespołu anestezjologicznego i ewentualnie pomocy przeszkolonej osoby wyposażonej w zestaw do perikardiocentezy.

### **Przygotowanie chorego do implantacji układu stymulującego**

Wykonanie szczepienia przeciwko chorobom zakaźnym (np. przeciwko wirusowemu zapaleniu wątroby typu B) jest zalecane, jednak nie może przedłużyć stanu zagrożenia życia chorego.

Implantacja stymulatora jest głównie zabiegiem chirurgicznym i stąd ogólne przygotowanie nie odbiega tu od typowego postępowania w chirurgii [3, 5]. Obowiązuje zakaz przyjmowania posiłków przez 6 godzin przed zabiegiem i założenie dostępu do obwodowego układu żylnego. W dniu zabiegu dopuszcza się przyjęcie stale przyjmowanych leków z małą ilością wody. Dawka antykoagulantów wymaga redukcji INR poniżej 1,75 [5]; inne wyjście stanowi leczenie heparyną odstawianą na 6 godzin przed zabiegiem i ponownie włączaną 8–12 godzin po nim [3]. Przygotowanie pacjenta kończy wygolenie i wstępne wyjałowienie okolicy planowanego pola operacyjnego (koniecznie poza salą, w której ma odbyć się zabieg). Podanie łagodnego środka uspokajającego jest jedynie zalecanym sposobem postępowania [3, 5]. Na sali operacyjnej (zabiegowej) dalsze postępowanie przygotowawcze jest typowe: ułożenie chorego, podłączenie aparatury do monitorowania EKG, utlenowania krwi, automatycznego nieinwazyjnego pomiaru ciśnienia tętniczego oraz przygotowanie pola operacyjnego [5].

### **Procedura implantacji układu stymulującego**

#### **Wybór strony klatki piersiowej**

Decyzja powinna uwzględniać zawód, tryb życia i zainteresowania chorego, rodzaj uprawianej sportu itp.; trzeba brać również pod uwagę medyczną przeszłość pacjenta — złamania obojczyka, przebyte operacje i naświetlania okolicy podobojczykowej oraz nieprawidłowości anatomiczne. Jeżeli nie ma przeciwwskazań medycznych, wybór strony klatki piersiowej można pozostawić choremu [3, 5].

#### **Znieczulenie miejscowe**

Większość układów stymulujących jest implantowana przy użyciu znieczulenia miejscowego. W praktyce używane są obecnie: prokaina (Novocain), bupiwakaina (Bupivacaine) i lidokaina (Xylocaine). W Polsce przy implantacji stymulatorów najczęściej używa się 1% roztworu lidokainy; pamiętać należy, że jej maksymalna dawka dla dorosłej osoby wynosi około 300 mg (tj. 4 mg/kg masy ciała) [5].

## Uzyskanie dostępu do układu żylnego

W większości przypadków stałą stymulację serca prowadzi się poprzez elektrody umieszczone wewnątrz serca. Do wprowadzania elektrod do jam serca wykorzystywane są żyły górnej połowy klatki piersiowej i szyi [1–7], jakkolwiek w wyjątkowych przypadkach można wykorzystać żyłę udową (np. u chorych z zespołem żyły głównej górnej) [2, 7].

Nie ma zaleceń dotyczących preferowanej drogi i sposobu dotarcia elektrodą do układu żylnego; wypreparowanie żyły odpromieniowej w bruzdzie naramiennie-piersiowej traktowane jest jako równorzędne z nakłuciem żyły podobojczykowej [1–5]. Gdy zawiodą te dwie główne drogi, zalecane jest wykorzystanie powierzchownego układu żylnego szyi — bocznic żyły szyjnej zewnętrznej (żyła tarczowa dolna lub żyła poprzeczna szyi), samej żyły szyjnej zewnętrznej, a w ostateczności nakłuwanej bądź odpreparowanej żyły szyjnej wewnętrznej (ostatni, najtrudniejszy dostęp wymaga pomocy drugiej osoby doświadczonej w chirurgii szyi) [1, 4, 7]. Proksymalny koniec elektrody musi zostać przeprowadzony nad lub pod obojczykiem do łoża stymulatora zlokalizowanej na mięśniu piersiowym lub pod nim; według zaleceń amerykańskich obie techniki traktowane są jako równorzędne [1, 4, 5, 7]. Łatwiejsze przejście ponad obojczykiem wymaga obecności dobrze rozwiniętej tkanki podskórnej; trudniejsze przejście pod obojczykiem preferowane jest u osób młodych i szczupłych. Niezależnie od drogi wprowadzenia elektrody nie należy wiązać nierozpuszczalnych podwiązek fiksujących bezpośrednio na elektrodzie, ale wykorzystać specjalne osłonki, znajdujące się w opakowaniu z elektrodą [3–5].

## Implantacja elektrody komorowej

W wypadku implantacji układu dwujamowego w zasadzie jako pierwsza powinna być implantowana elektroda komorowa; wstępnie umocowana i pozostawiona z częściowo wysuniętym mandrynem może być wykorzystana do stymulacji czasowej w wypadku utraty stabilności rytmu kardiotopowego. Z dwóch technik przejścia przez zastawkę trójdzielną polecane jest wejście „pętla” („na miękko”, tzn. z częściowo wysuniętym mandrynem, np. 10 cm) do światła prawej komory i do drogi jej odpływu. Poprzez pociąganie elektrody i dopychanie prostego mandryna sprowadza się jej końcówkę do okolicy wierzchołka prawej komory. Inna (równie dobra) technika polega na przejściu przez zastawkę trójdzielną w kierunku drogi odpływu prawej komory za pomocą zakrzywionego mandryna; wymiana mandry-

na na prosty i manewry jak w poprzedniej technice pozwalają osiągnąć końcówce elektrody położenie w wierzchołku prawej komory [1, 3–5].

Lokalizacja końcówki elektrody w drodze odpływu zalecana jest w wypadku trudności ze stymulacją okolicy koniuszkowej.

## Implantacja elektrody przedsionkowej

Typowym miejscem lokalizacji elektrody przedsionkowej jest uszko prawego przedsionka [1, 3–5]. Inne nietypowe miejsca stymulacji (zwłaszcza jego ściana boczna) nie są zalecane do rutynowego wykorzystania ze względu na efekty proarytmiczne. Wszystkie produkowane obecnie elektrody przeznaczone do stałej stymulacji uszka prawego przedsionka mają krzywiznę typu „J” lub do prostych elektrod dołączone są specjalnie ukształtowane mandryny (też typu „J”). Elektrode prostą (lub typu „J” wyprostowaną prostym mandrynem) wprowadza się nad zastawkę trójdzielną, nadaje się jej kształt „J” (przez wprowadzenie zakrzywionego mandryna) i podciąga się pod kontrolą obrazu RTG aż do uzyskania bardzo typowych wychyleń bocznych, którym towarzyszy swobodne opadanie części zstępującej pętli elektrody. Potwierdzeniem dobrej fiksacji końcówki w uszku prawego przedsionka jest obraz RTG w projekcji bocznej (łuk i końcówka elektrody skierowane prosto do przodu) [1, 3–5]. Na dobre zaklinowanie elektrody przedsionkowej (podobnie jak komorowej) wskazuje dyskretne, maksymalnie 2 mV, uniesienie odcinka AV w odprowadzeniu wewnątrzsercowym. Zalecane jest jej cofnięcie i ponowna fiksacja końcówki, jeżeli fala docisku przekracza 0,2 mV (wskaźnik zagrożenia perforacją ściany przedsionka).

W wypadku trudności z fiksacją elektrody w zmienionym anatomicznie uszku po operacjach kardiokirurgicznych, proponuje się wkręcenie elektrody o aktywnej fiksacji w górną przednią część przegrody międzyprzedsionkowej (bezpieczeństwo, dobry efekt antyarytmiczny, ale i konieczność jednoczesnej skopii dwupłaszczyznowej lub ciągłej rejestracji echokardiograficznej z sondy przelykowej) [1, 13]. Dopuszczalne jest też pozostawienie elektrody przedsionkowej w zatoce wieńcowej, jednak eksperci zgodnie podkreślają trudności techniczne tej procedury oraz możliwe problemy ze stabilnym położeniem elektrody (zwiększone ryzyko wysokiego progu stymulacji i dyslokacji) [1, 4, 11, 16].

Obok prawidłowej fiksacji elektrody należy uzyskać właściwe parametry sterowania i stymulacji i znaleźć taką pozycję elektrody, aby spełnione były warunki umieszczone w tabeli 1 [1, 3, 4].

Przy wymianie stymulatora próg stymulacji na poprzednio implantowanej elektrodzie powinien wynosić  $< 2,5 \text{ V}/0,5 \text{ ms}$ . Jeśli wartość ta jest wyższa, należy rozważyć wymianę elektrody. Ze szczególną uwagą należy wykonać pomiar impedancji elektrody podczas zabiegu wymiany stymulatora: zarówno niski opór, jak i zbyt wysoki może świadczyć o uszkodzeniu elektrody.

### Łoża (łóże, kieszeń) stymulatora

Wykonuje się ją zwykle kilka centymetrów poniżej obojczyka i przyśrodkowo w stosunku do bruzdy naramiennie-piersiowej. O głębokości jej wykonania decydują względy anatomiczne (grubość skóry i tkanki podskórnej) oraz estetyczne. Niewielkie wymiary współczesnych stymulatorów pozwalają uzyskać zadowalający efekt u większości osób przy wykonaniu kieszeni na mięśniu piersiowym; u osób bardzo szczupłych, ze słabo rozwiniętą tkanką podskórną, stymulator należy implantować pod mięsień piersiowy. W ostatnim przypadku, zwłaszcza gdy kieszeń wykonana została między mięśniami piersiowym mniejszym i większym, istnieje ryzyko interferencji stymulacji z czynnością mięśnia piersiowego — polecane jest wówczas użycie układu stymulującego z elektrodami dwubiegunowymi [5].

Pętle nadmiaru elektrody umieścić można w osobno wykonanej „kieszonce” bądź pod stymu-

latorem (gdy znajduje się on na mięśniu) lub nad stymulatorem (gdy umieszczony jest pod mięśniami piersiowymi).

### Zabieg kosmetyczny u młodych kobiet

Od 1983 roku u młodych kobiet zaleca się wykonywanie łoża stymulatora z „ukrytego” cięcia wykonanego pod piersią [8, 9, 14, 15]. Mniej popularne jest wykonanie łoża stymulatora z cięcia w okolicy dołu pachowego [10].

### Powikłania stałej stymulacji serca

Lekarza implantującego obowiązuje znajomość umiejętności wczesnego rozpoznawania i leczenia wszystkich wczesnych i późnych powikłań stałej stymulacji serca. Organizacja i wyposażenie sali operacyjnej (zestaw reanimacyjny, możliwość wykonania echokardiografii dwuwymiarowej), zorganizowana współpraca z lekarzami innych specjalności (anestezjolog, kardiochirurg), monitorowanie parametrów krążenia i oddychania w czasie zabiegu (i jeżeli jest to wskazane również po nim) oraz obowiązkowe badania kontrolne po zabiegu mają na celu jak najwcześniejsze rozpoznanie i leczenie powikłań. Do takich, rzadkich na szczęście, powikłań należy m.in. odma opłucnowa, zator powietrzny, perforacja dużych żył lub serca, dyslokacja elektrody, infekcja i odległa okolicy łoża stymulatora [1, 3, 4, 6].

Tabela 1

Pomiary parametrów sterowania i stymulacji w czasie zabiegu

Parametr	Wartość oczekiwana	Minimalna akceptowana wartość	Wartość nieakceptowana
Amplituda potencjału komorowego (fali R)	$> 8 \text{ mV}$	$> 4 \text{ mV}$	$\leq 4 \text{ mV}$
Szybkość narastania potencjału komorowego (fali R)	$> 1,0 \text{ V/s}$	$\geq 0,5 \text{ V/s}$	$< 0,5 \text{ V/s}$
Amplituda potencjału przedsionkowego (fali A)	$> 4 \text{ mV}$	$> 2 \text{ mV}$ (dla VDD-SL* $> 1 \text{ mV}$ )	$\leq 2 \text{ mV}$ ( $\leq 1 \text{ mV}$ dla VDD-SL*)
Szybkość narastania potencjału przedsionkowego (fali A)	$> 0,3 \text{ V/s}$	$\geq 0,2 \text{ V/s}$	$< 0,2 \text{ V/s}$
Próg stymulacji	$< 0,8 \text{ V}/0,5 \text{ ms}$	$< 1,0 \text{ V}/0,5 \text{ ms}$	$> 1,5 \text{ V}/0,5 \text{ ms}$

VDD-SL — system VDD z pojedynczą elektrodą przedsionkowo-komorową

## Piśmiennictwo

1. Holmes D.R., Hayes D.L. Pacemaker implantation techniques. W: Saksena S., Goldschlager N. red. Electrical therapy for cardiac arrhythmias. W.B. Saunders Company, Filadelfia 1990, 173–190.
2. Bellott P.H., Byrt C.L. Recent developments in pacemaker implantation and lead retrieval. W: Barold S.S., Mugica J. red. New perspectives in cardiac pacing 2. Futura Publishing Company, Inc. Mount Kisco, Nowy Jork 1991, 105–131.
3. Midei M., Brinker J. Pacemaker implantation. W: Ellenbogen K.A. red. Cardiac pacing. Blackwell Scientific Publications, Boston 1992, 211–262.
4. Hayes D.L., Holmes D.R., Furman S. Permanent pacemaker implantation. W: Furman S., Hayes D.L., Holmes D.R. red. A practice of cardiac pacing. Futura Publishing Company, Inc. Mount Kisco, Nowy Jork 1993, 261–307.
5. Bellot P.H., Reynolds D.W. Permanent pacemaker implantation. W: Ellenbogen K.A., Neal Kay B., Wilkoff B.L. red. Clinical cardiac pacing. W.B. Saunders Company, Filadelfia 1995, 447–490.
6. Byrd C.L. Management of implant complications. W: Ellenbogen K.A., Neal Kay B., Wilkoff B.L. red. Clinical cardiac pacing. W.B. Saunders Company, Filadelfia 1995, 491–522.
7. Bellot P.H. Unusual access sites for permanent cardiac pacing. W: Barold S.S. red. Recent advances in cardiac pacing. Futura Publishing Company, Inc. Armonk, Nowy Jork 1998, 137–180.
8. Bellot P.H., Bucko D. Inframammary pulse generator placement for maximizing optimal cosmetic effect. PACE 1983; 6: 1241–1244.
9. Roelke M., Jackson G., Harthorne J.W. Submammary pacemaker implantation. PACE 1994; 17: 1793–1796.
10. Shefer A., Levis S.B., Gang E.S. The retropectoral transaxillary permanent pacemaker: discription of a technique for percutaneous implantation of an invisible device. PACE 1996; 16: 1646–1649.
11. Gras D., Mabo P., Daubert C. Left atrial pacing: technical and clinical considerations. W: Barold S.S. red. Recent advances in cardiac pacing. Futura Publishing Company, Inc. Armonk, Nowy Jork 1998, 181–202.
12. Kusumoto F.M., Golhschlager N. Unusual complications of cardiac pacing. W: Barold S.S. red. Recent advances in cardiac pacing. Futura Publishing Company, Inc. Armonk, Nowy Jork 1998, 237–279.
13. Spencer W.H.III, Zhu D.W.X., Markowitz T., Zoghbi W.A. Atrial septal pacing: a method of pacing the atria simultaneously. PACE 1997; 20: 1600.
14. Kutarski A., Dubejko A., Kudlicki J. Kosmetyczna implantacja stymulatora u młodych kobiet. V Ogólnopolskie Sympozjum Stymulacji Serca. Nieborów 27–28.04 1980.
15. Kutarski A., Dubejko A. Kosmetyczna implantacja stymulatora u młodych kobiet. ESS 1995; 3: 151 (streszczenie).
16. Daubert C., Laclercq C., Le Breton H., Gras D., Pavin D., Pouvreau Y., Van Verooi P., Bakels N., Mabo P. Permanent left atrial pacing with a specifically designed coronary sinus lead. PACE 1997; 20: 2755–2764.