

ARTYKUŁ POGLĄDOWY/REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 16.02.2011 • Poprawiono/Corrected: 12.04.2011 • Zaakceptowano/Accepted: 20.04.2011

© Akademia Medycyny

Szanowni Państwo,

Poniższa publikacja rozpoczyna serię artykułów podejmujących tematykę badania elektrofizjologicznego (EPS) i ablacji zaburzeń rytmu serca. W pierwszym artykule opisano podstawowe pojęcia i metody pozyskiwania oraz interpretacji zapisów z elektrod wprowadzanych do serca metodą przezskórną, a także ogólne wskazania do wykonania EPS. W kolejnych częściach serii zostaną przedstawione podstawowe techniki stymulacji programowanej i najczęstsze arytmie wraz ze swoistymi metodami diagnostyki oraz leczenia inwazyjnego metodą ablacji.

Dr hab. n. med. Przemysław Guzik

Podstawy elektrofizjologii serca – Badanie Elektrofizjologiczne (EPS) *Basics of cardiac electrophysiology – Electrophysiological Study (EPS)*

Bartosz Żuchowski, Przemysław Guzik

Katedra i Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej i Chorób
Wewnętrznych, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego
w Poznaniu



Bartosz Żuchowski



Przemysław Guzik

Streszczenie

Do zrozumienia powierzchniowych zapisów EKG przyczyniło się wprowadzenie w latach sześćdziesiątych XX wieku elektrod umożliwiających indukowanie i rejestrowanie potencjałów elektrycznych we wnętrzu serca. Dzięki rozwinięciu technik inwazyjnego badania elektrofizjologicznego (Electrophysiology/Electrophysiological Study - EPS) i ablacji jesteśmy w stanie określić podłoże różnych zaburzeń rytmu serca, znajdować i usuwać nieprawidłowe połączenia elektryczne, przerywać przewodzenie w krytycznych dla arytmii miejscach, a także wspomagać pracę układu bódźoprzewodzącego serca poprzez odpowiednio synchronizowaną stymulację wewnątrzsercową. Elektrody wewnątrzsercowe, poprzez rejestrację miejscowej aktywności elektrycznej, pozwoliły zauważyć niskopotencjałowe sygnały (jak np. potencjał pęczka Hisa), które w standardowym EKG pozostawały ukryte w zapisie innych wysokopotencjałowych zjawisk. *Anestezjologia i Ratownictwo 2011; 5: 118-123.*

Słowa kluczowe: badanie elektrofizjologiczne, ablacja, arytmia, EPS

Summary

The introduction of catheter electrodes, which allows inducing and recording electrical potentials inside the heart, has contributed to the understanding the surface ECG. Due to the development of invasive electrophysiological study (EPS) and ablation techniques we are able to determine the substrate of various cardiac arrhythmias, find and remove incorrect electrical connections, disrupt conduction in the areas responsible for arrhythmias as well as support the heart electrical activity with synchronized internal stimulation. Intracardiac electrodes, by registering local electrical activity, allow to identify low-voltage signals (such as the His bundle potential), which are hidden in other high-voltage phenomena, in the standard ECG. *Anestezjologia i Ratownictwo 2011; 5: 118-123.*

Keywords: electrophysiological study, catheter ablation, arrhythmia, EPS

Wstęp

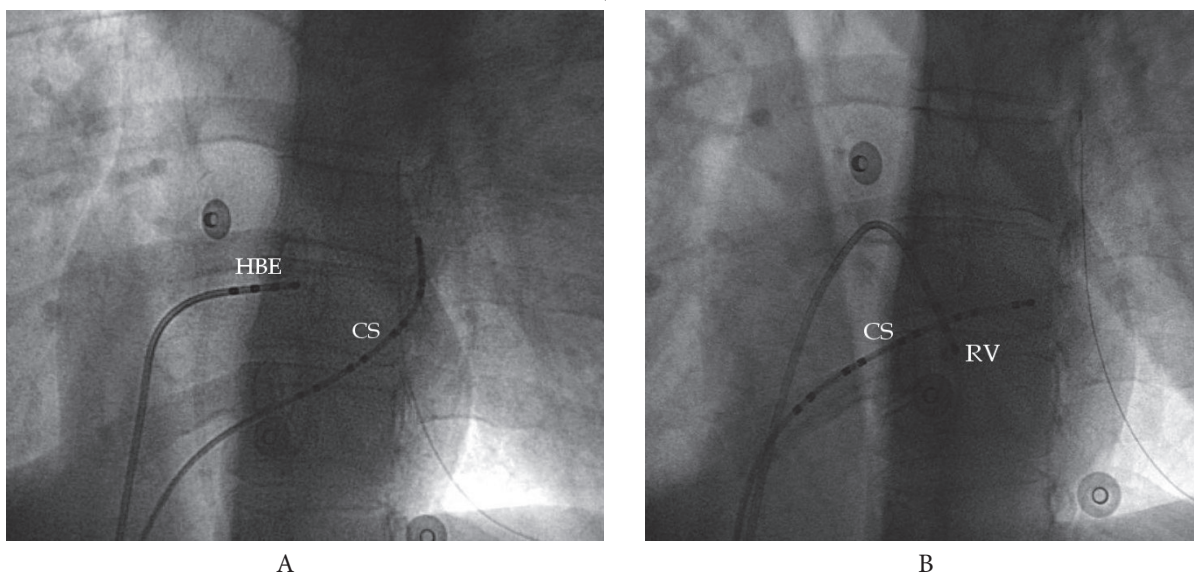
W przysłym roku minie sto lat od dnia, kiedy Willem Einthoven opublikował swoją koncepcję trójkąta równobocznego, definiując tym samym pierwsze standardowe odprowadzenia kończynowe EKG – I, II i III [1]. Przez lata naukowcy rozwijali metodę rejestracji czynności elektrycznej mięśnia sercowego na powierzchni klatki piersiowej określając kolejne odprowadzenia i wiążąc uzyskane na ich podstawie zapisy z konkretnymi zjawiskami fizjologicznymi. Współczesne, standardowe zapisy 12-odprowadzeniowe stosowane są od ponad 60 lat i wciąż pozostają obiektem wnikliwych analiz. Do zrozumienia powierzchniowych zapisów EKG przyczyniło się wprowadzenie w latach sześćdziesiątych XX wieku elektrod umożliwiających indukowanie i rejestrowanie potencjałów elektrycznych we wnętrzu serca. Dzięki rozwinięciu technik inwazyjnego badania elektrofizjologicznego (Electrophysiology/Electrophysiological Study - EPS) i ablacji jesteśmy w stanie określić podłoże różnych zaburzeń rytmu serca, znajdować i usuwać nieprawidłowe połączenia elektryczne, przerywać przewodzenie w krytycznych dla arytmii miejscach, a także wspomagać pracę układu bódźoprzewodzącego serca poprzez odpowiednio synchronizowaną stymulację wewnątrzsercową. Elektrody wewnątrzsercowe, poprzez rejestrację miejscowej aktywności elektrycznej, pozwoliły zauważyć niskopotencjałowe sygnały (jak np. potencjał pęczka Hisa), które w standardowym EKG pozostawały ukryte w zapisie innych wysokopotencjałowych zjawisk.

Podstawowe pojęcia

Wykonanie EPS i ablacji zaburzeń rytmu serca rozpoczyna się od wprowadzenia do serca *cewników elektrofizjologicznych (elektrod)* metodą przezskórną. We współczesnej elektrofizjologii wybór odpowiednich elektrod zależy od celu badania i podejrzewanego podłoża arytmii. Elektrofizjologiczne cewniki diagnostyczne umożliwiają zarówno *rejestrację potencjału elektrycznego pomiędzy dwoma biegunami elektrody*, jak i miejscową *stymulację prądem elektrycznym*. Z kolei *elektrody ablacyjne* cechuje dodatkowa funkcja niszczenia fragmentów mięśnia sercowego zazwyczaj poprzez *uszkodzenie termiczne* przylegającej tkanki (*ogrzewanie – ablacja prądem częstotliwości radiowej, zamrażanie – krioablacja*). Możliwe jest także

rejestrowanie sygnału jednobiegunowego odpowiadającego lokalnej aktywności elektrycznej mięśniówki serca w miejscu kontaktu z elektrodą. Większość elektrod diagnostycznych wprowadza się do *prawej części serca poprzez żyłę udową*, czasami stosuje się także dojście przez *żyłę szyjną lub podobojczykową*. Jeśli istnieje konieczność wprowadzenia elektrody do *lewej części serca*, stosuje się *dojście transaortalne* poprzez *tętnicę udową* lub *transseptalne* - nakłuwając *przegrodę międzyprzedsionkową* od strony prawego przedsionka, względnie przechodząc przez *drożny otwór owalny* [2]. Dostępny naczyńniowe uzyskiwane są zmodyfikowaną *metodą Seldingera* przy użyciu różnych rozmiarów koszulek naczyńniowych [3,4]. Metoda ta polega na nakłuciu naczynia kaniulą, przez światło której wprowadza się elastyczny przewodnik. Następnie, po wyjęciu kaniuli i poszerzeniu nakłucia skalpelem, po przewodniku wsuwa się do naczynia koszulkę. W ostatnim kroku należy wyjąć przewodnik i przepłukać koszulkę, przez którą będą wprowadzane cewniki. Pod kontrolą *skopii rentgenowskiej* i *zapisów z elektrod*, cewniki elektrofizjologiczne umieszczane są w pobliżu istotnych elektrycznie struktur serca. Podczas rutynowego badania elektrofizjologicznego wykorzystuje się następujące lokalizacje elektrod [2-5] (Ryciny: 1 i 2).

1. *HRA (High Right Atrium)* - wyprofilowana elektroda 4-biegunowa umieszczana na *bocznej ścianie prawego przedsionka w pobliżu ujścia żyły głównej górnej*. W tej lokalizacji końcówka elektrody znajduje się w bezpośrednim *ścisłości* węzła zatokowego (SN) i w warunkach fizjologicznych rejestruje pojedynczy sygnał wczesnej aktywacji przedsionka w przybliżeniu odpowiadający początkowi załamka P w EKG powierzchniowym (Rycina 3).
2. *HBE/HIS (His Bundle Electrode)* – wyprofilowana elektroda 4-biegunowa umieszczana w pobliżu *węzła przedsionkowo-komorowego (AVN)* - nieco powyżej górnego brzegu pierścienia trójdzielnego w projekcji PA (tylno-przednia) lub LAO 45° (przednia lewo-skośna). Prawidłowy zapis z elektrody HBE to trzy kolejne załamki (Rycina 3):
 - A - rejestrujący *moment dotarcia sygnału z przedsionka do AVN*
 - H - rejestrujący *sygnał wychodzący z AVN*
 - V - rejestrujący *sygnał aktywacji komór*.
3. *RV (Right Ventricle)/RVA (Right Ventricular Apex)/RVOT (Right Ventricular Outflow Tract)* –

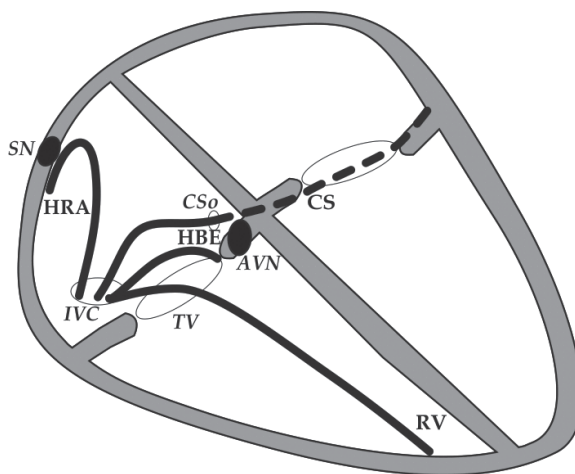


Rycina 1. Umiejscowienie elektrod w czasie badania elektrofizjologicznego. A) po lewej – czterobiegunowa elektroda założona w pozycji HBE oraz 10-biegunowa elektroda w zatoce wieńcowej (CS); B) po prawej – czterobiegunowa elektroda w prawej komorze (RV) oraz 10-biegunowa elektroda założona płytko do zatoki wieńcowej (CS); bieguny widoczne jako ciemne punkty w linii ciągłości poszczególnych elektrod

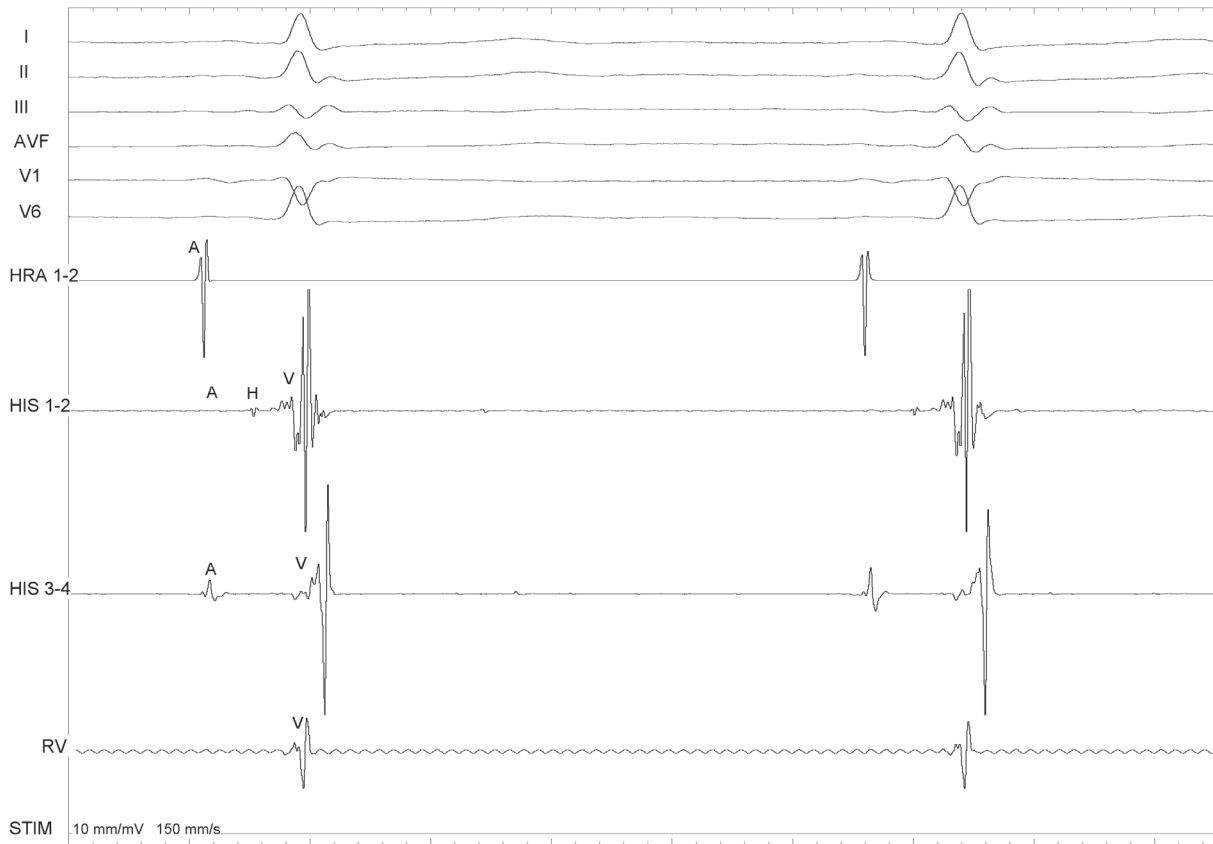
elektroda 4-biegunowa umieszczana w *koniuszku prawej komory serca (RVA)* lub w *drodze odpływu prawej komory (RVOT)*. RV rejestruje pojedynczy sygnał odpowiadający aktywacji prawej komory serca (Rycina 3).

4. CS (*Coronary Sinus*) – zazwyczaj 10- lub 20-biegunowa elektroda zakładana do zatoki wieńcowej poprzez ujście prawoprzedionkowe tak, by biegun proksymalny zbierał sygnały z okolicy wejścia do zatoki. Elektroda ta umożliwia rejestrację sygnałów z lewej komory i lewego przedsionka bez konieczności nakłuwania tętnicy i przegrody międzyprzedsionkowej. Prawidłowy zapis z elektrody CS to dwa sygnały A i V rejestrujące odpowiednio aktywację przedsionka i komory serca. Poprzez śledzenie kolejności pojawiania się sygnałów na biegunach elektrody można wyznaczyć kierunek depolaryzacji.

W trakcie badania elektrofizjologicznego ocenia się sekwencję sygnałów z elektrod powierzchniowych i wewnątrzsercowych podczas rytmu zatokowego, w czasie stymulacji z wybranych okolic, a także w trakcie trwania arytmii (wyzwolonej samoczynnie lub drogą stymulacji).



Rycina 2. Schematyczne ustawienie elektrod diagnostycznych wprowadzanych poprzez dostęp z żyły głównej dolnej IVC – żyła główna dolna, TV – zastawka trójdzielna, CS₀ – ujście zatoki wieńcowej; HRA, HBE, CS, RV – elektrody; SN – węzeł zatokowy; AVN – węzeł przedsionkowo-komorowy



Rycina 3. Zapis z prędkością 150 mm/s w trakcie rytmu zatokowego. I, II, III, aVF, V1, V6 – powierzchniowe odprowadzenia EKG
 HRA 1-2 – z elektrody wewnątrzsercowej w „High Right Atrium” – widoczny pojedynczy sygnał A;
 HIS 1-2 i HIS 3-4 – z elektrody wewnątrzsercowej w HBE (His Bundle Electrode)
 W zapisie z biegunów dystalnych (HIS 1-2) wyraźnie widoczne załamki H i V, natomiast z biegunów proksymalnych (HIS 3-4) wyraźnie widoczne załamki A i V. RV – elektroda w prawej komorze – widoczny pojedynczy sygnał V.

Tabela 1. Podstawowe odstępy używane w EPS. SN – węzeł zatokowy; AVN – węzeł przedsionkowo-komorowy; QTc – skorygowany odstęp QT [2,6]

Odstęp	Znaczenie	Sposób wyznaczania	Norma (ms)
PA	Czas przewodzenia przez przedsionki (od SN do AVN)	Od początku najwcześniejszego załamka P w EKG powierzchniowym lub sygnału A z elektrody HRA do sygnału A z elektrody HBE	25-55 [6]
AH	Czas przewodzenia przez AVN	Od sygnału A do H z elektrody HBE	55-125 [6]
HV	Czas przewodzenia przez włókna Hisa-Purkiniego	Od sygnału H z elektrody HBE do najwcześniejszego sygnału komorowego (początku QRS w EKG powierzchniowym lub sygnału V z elektrody RV)	35-55 [2,6]
QRS	Czas depolaryzacji komór	Czas trwania zespołu QRS w EKG powierzchniowym	< 120 [2]
QTc	Czas depolaryzacji i repolaryzacji komór	Ze wzoru Bazetta ($QTc = QT/\sqrt{RR}$), gdzie QT i RR to odstępy mierzone z EKG powierzchniowego	♀ < 460 [6] ♂ < 440 [6]

EPS w trakcie rytmu zatokowego

Badanie elektrofizjologii serca prowadzone w trakcie rytmu zatokowego opiera się na ocenie automatyzmu i przewodzenia przez poszczególne struktury elektryczne. Czasy przewodzenia są opisywane poprzez odstępy pomiędzy poszczególnymi sygnałami i zostały przedstawione w tabeli 1 [2,6]. Na ich podstawie można m.in. zlokalizować poziom zwolnienia lub bloku przewodzenia sygnału elektrycznego w sercu.

Wskazania do badania elektrofizjologicznego

Wskazania ACC/AHA (American College of Cardiology/American Heart Association) do wykonania EPS zawarte zostały w tabeli [7] (Tabela 2). W chwili obecnej nie istnieją wskazania do wykonywania badania elektrofizjologicznego u chorych bez objawów klinicznych, z przedwczesnymi pobudzeniami komorowymi (PVC) i nieutralnymi częstoskurczami komorowymi (nsVT). Wytyczne ACC/AHA uwzględniają możliwość wykonania EPS u chorych z czynnikami ryzyka wystąpienia groźnych zaburzeń rytmu (np. niska frakcja wyrzutowa lewej komory) oraz w przypadku pacjentów zgłaszających objawy (uciążliwe kołatania serca, spadek tolerancji wysiłku, stany przedomdleniowe) związane z licznymi, jednoogniskowymi pobudzeniami pochodzenia komorowego, parami pobudzeń lub nieutralnymi częstoskurczami komorowymi, u których rozważa się wykonanie ablacji. W przypadku omdleń o niewyjaśnionej przyczynie wskazaniem do wykonania EPS objęci są pacjenci z podejrzeniem strukturalnej choroby serca. U chorych bez strukturalnej choroby serca preferuje się wykonanie badania elektrofizjologicznego jedynie w przypadku nawracających epizo-

dów omdleń i ujemnego wyniku testu pochyleniowego. Przebyte zatrzymanie krążenia jest wskazaniem do wykonania EPS z wyłączeniem zatrzymania krążenia we wczesnej fazie zawału (pierwsze 48 godzin). Nie należy wykonywać EPS u chorych po zatrzymaniu krążenia w przebiegu innej, rozpoznanej choroby (odwracalnego niedokrwienia, choroby zastawki aortalnej, nabytego zespołu wydłużonego QT) oraz u chorych w okresie okołozawałowym z objawami nawracającego niedokrwienia.

Tabela 2. Wskazania AHA/ACC wykonania EPS [7]

• Przebyte zatrzymanie krążenia
• Omdlenie o niewyjaśnionej przyczynie
• Kołatania serca o niewyjaśnionej przyczynie
• Badanie czynności węzła zatokowego (SN)
• Nabyty blok przedsionkowo-komorowy
• Przewlekłe zaburzenia przewodnictwa śródkomorowego
• Częstoskurcze z wąskimi zespołami QRS
• Częstoskurcze z szerokimi zespołami QRS
• Zespół Wolffa-Parkinsona-White'a* (WPW)
• Dodatkowe pobudzenia komorowe, pary pobudzeń i nieutralne częstoskurcze komorowe
• Optymalizacja leczenia farmakologicznego zaburzeń rytmu serca
• Ocena wskazań do wszczęcia oraz ocena działania implantowanych kardiowerterów-defibrylatorów
• Przygotowanie do ablacji rozpoznanych zaburzeń rytmu serca

* Zespół WPW – obecność w EKG preekscytacji ze skróceniem PQ < 120 ms, poszerzeniem QRS, falą delta na ramieniu wstępującym QRS z towarzyszącymi objawami klinicznymi – napadowymi kołataniem serca, omdleniami.

Kołatania serca o nieustalonej przyczynie powinny być w pierwszej kolejności diagnozowane badaniem elektrokardiograficznym (24-godzinne

Tabela 3. Podstawowe pojęcia elektrofizjologiczne

Badanie elektrofizjologiczne (EPS)	Inwazyjne badanie układu bódźcprzewodzącego serca stosowane w celu diagnostyki zaburzeń rytmu serca.
Ablacja RF (Radio-Frequency)	Ablacja zaburzeń rytmu prądem częstotliwości radiowej – najczęściej stosowany typ ablacji, gdzie źródłem energii jest prąd o wysokiej częstotliwości, który rozgrzewa końcówkę elektrody ablacyjnej do około 60° Celsjusza.
Cewnik elektrofizjologiczny/elektroda	Cewnik wprowadzany metodą przeszskórną przez naczynia do serca. Wyróżniamy cewniki diagnostyczne i ablacyjne.
Programowana stymulacja serca	Stymulacja określonych obszarów serca prądem o niskim natężeniu stosowana w celu oceny przewodzenia oraz wyzwolenia artymii.
Droga dodatkowa	Dodatkowe połączenie przedsionkowo-komorowe znajdujące się poza węzłem AV.

monitorowanie EKG metodą Holtera). Badanie elektrofizjologiczne wskazane jest u tych chorych, u których oprócz kołatania serca wystąpił epizod omdlenia lub gdy przyspieszony rytm serca został potwierdzony przez personel medyczny, lecz nie udało się w tym czasie wykonać zapisu EKG (np. na bloku operacyjnym) [8]. EPS stanowi jednocześnie integralną część każdego zabiegu ablacji zaburzeń rytmu serca bez względu na wcześniejsze zdiagnozowanie arytmii metodami nieinwazyjnymi.

Podziękowania

Serdecznie dziękujemy Panu Doktorowi Pawłowi Ptaszyńskiemu i Panu Doktorowi Krzysztofowi Kaczmarkowi za współpracę podczas uzyskiwania zapisów wewnątrzsercowych oraz obrazów umiejscowienia elektrod.

Adres do korespondencji:

Przemysław Guzik

Katedra i Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej i Chorób Wewnętrznych, Uniwersytet Medyczny

im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

ul. Przybyszewskiego 49; 60-355 Poznań

☎ (+48) 61 869 13 91

✉ pguzik@ptkardio.pl

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

Piśmiennictwo

1. Einthoven W. The different forms of the human electrocardiogram and their signification. *Lancet* 1912;1:853-61.
2. Błaszcyk K. Zasady badania elektrofizjologicznego serca. W: Lubiński A, Trusz-Gluza M, Walczak F. Podręcznik elektrofizjologii klinicznej. Gdańsk: Via Medica; 2007.
3. Ching CK, Burkhardt JD, Dresing T, Natale A. Venous and arterial access, EP catheters, positioning of catheters. W: Natale A, Wazini O. *Handbook of Cardiac Electrophysiology*. London: Taylor&Francis; 2007.
4. Zrenner B, Kolb C, Luik A, Ndrepepa G. Basic principles. W: Schmitt C, Deisenhofer I, Zrenner B. *Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias. A Practical Approach*. Springer Verlag Inc; 2006.
5. The Electrophysiology Laboratory. In: Murgatroyd F, Krahn A, Klein G, Yee R, Skanes A. *Handbook of Cardiac Electrophysiology: A Practical Guide to Invasive EP Studies and Catheter Ablation*. London: ReMedica; 2002.
6. Basic Intervals. W: Murgatroyd F, Krahn A, Klein G, Yee R, Skanes A. *Handbook of Cardiac Electrophysiology: A Practical Guide to Invasive EP Studies and Catheter Ablation*. London: ReMedica; 2002.
7. Zipes DP, DiMarco JP, Gillette PC, Jackman WM, Myerburg RJ, Rahimtoola SH i wsp. Guidelines for clinical intracardiac electrophysiological and catheter ablation procedures. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Clinical Intracardiac Electrophysiological and Catheter Ablation Procedures), developed in collaboration with the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:555-73.
8. Lee TH. Guidelines: Ambulatory Electrocardiography and Electrophysiological Testing. W: Zipes DP, Libby P, Bonow RO, Braunwald E. *Braunwald's Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine 7th Edition*. Philadelphia: PA, Elsevier Saunders; 2005.