

## ARTYKUŁ POGLĄDOWY/REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 03.08.2011 • Poprawiono/Corrected: 29.11.2011 • Zaakceptowano/Accepted: 01.12.2011

© Akademia Medycyny

### Echokardiografia dla anestezjologów

## Podstawowe wskazania i techniki echokardiograficzne

### *Principal indications for echocardiography and basic techniques of the method*

**Dagmara Przymuszała-Staszak, Przemysław Guzik**

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



## Streszczenie

Echokardiografia znacznie poprawiła możliwości diagnostyczne w kardiologii wpływając również na algorytmy postępowania w różnych sytuacjach klinicznych. Dzięki echokardiografii część procedur inwazyjnych została ograniczona (np. wentrykulografia, pomiar ciśnienia w prawej komorze), a bezpieczeństwo innych (np. zamknięcie ubytku w przegrodzie międzyprzedsionkowej) istotnie wzrosło. Możliwość obrazowania struktur serca i dużych naczyń, jednoczesna ocena czynności układu krążenia wraz z pomiarem wielu parametrów hemodynamicznych sprawiają, że echokardiografia staje się przydatnym, a często niezbędnym narzędziem pracy w oddziałach ratunkowych, intensywnej terapii lub na bloku operacyjnym. Wyniki badania echokardiograficznego mogą mieć decydujące znaczenie w wielu sytuacjach związanych z zagrożeniem życia, np. tamponada osierdza, ostra niedomykalność zastawki mitralnej, zatorowość płucna czy rozwarstwienie aorty piersiowej. *Anestezjologia i Ratownictwo 2011; 5: 462-467.*

*Słowa kluczowe: echokardiografia, intensywna terapia, stany zagrożenia życia, funkcja układu krążenia, parametry hemodynamiczne*

## Abstract

Echocardiography has significantly improved the diagnostic possibilities in cardiology and it has also influenced the treatment algorithms of various cardiac clinical conditions. With the advent of echocardiography, the need for some of invasive procedures (e.g. ventriculography or measurement of pressure in the right ventricle) has been limited whereas the safety of number of other invasive methods (e.g. closure of atrial septal defect) has significantly increased. Imaging of the structures of the whole heart and main vessels with simultaneous evaluation of the cardiovascular function, and measurement of a several haemodynamic parameters makes the echocardiography a very multipurposetechnique. It became an essential diagnostic tool at emergency rooms, intensive care units or operating theatres. Echocardiography results may be crucial in many life emergencies like cardiac tamponade, acute mitral regurgitation, pulmonary embolism or dissecting aneurysm of thoracic aorta. *Anestezjologia i Ratownictwo 2011; 5: 462-467.*

*Keywords: echocardiography, intensive care, life emergencies, cardiovascular function, haemodynamic parameters*

## Wstęp

Zmniejszenie kosztów wysokospecjalistycznych aparatów ultrasonograficznych, poprawa ich mobilności i miniaturyzacja sprawiają, że badanie echokardiograficzne staje się coraz powszechniejsze. Badanie takie może być obecnie wykonywane nie tylko w pracowni do tego przystosowanej, ale też m.in. przy łóżku chorego, w tym na oddziałach intensywnej terapii, w trakcie zabiegów operacyjnych, w Izbie Przyjęć, w karetce pogotowia ratunkowego, czyli praktycznie w dowolnym miejscu. Echokardiografia dostarcza informacji o strukturze elementów serca i funkcji serca w czasie rzeczywistym. Jest badaniem, które może być powtarzane wielokrotnie, nawet w ciągu tego samego dnia bez narażania życia i zdrowia chorego. Łatwiejszy dostęp do echokardiografii i ogromna przydatność kliniczna sprawiają, że zrozumienie wyników takiego badania staje się obowiązkiem każdego lekarza. Znaczenie badania echokardiograficznego zostało docenione m.in. w wytycznych European Resuscitation Council czy też American Heart Association z 2010 roku, które rekomendują prowadzenie resuscytacji krążeniowo-oddechowej z wykorzystaniem technik echokardiograficznych [1,2]. Obecnie echokardiografia staje się podstawowym narzędziem diagnostycznym wykorzystywanym przez anestezjologów. Przedstawiana praca otwiera cykl artykułów poświęconych echokardiografii przezklatkowej. Przybliża podstawowe informacje dotyczące tej metody, możliwości wykorzystywania jej technik zarówno w procesie

diagnostycznym jak i terapeutycznym. Przedstawione zostaną również najczęstsze stany zagrożenia życia, w których w echokardiografia jest przydatna.

Istnieje szereg różnych wskazań do wykonania badania echokardiograficznego w codziennej pracy klinicznej. W tabeli 1. i 2. wyszczególniono podstawowe wskazania do przezklatkowego i przezprzełykowego badania echokardiograficznego na oddziale intensywnej terapii (OIT).

Badanie echokardiograficzne pozwala na zobrazowanie struktur serca, ich ocenę anatomiczną, morfologiczną i czynnościową. W ten sposób niejednokrotnie pozwala określić przyczynę aktualnego stanu pacjenta (np. zaburzenia kurczliwości, skrzeplina, płyn w worku osierdziowym itp.) i podejmować odpowiednie decyzje terapeutyczne. Dynamiczny rozwój technik echokardiograficznych umożliwia uzyskiwanie coraz większej liczby parametrów pozwalających w sposób pośredni ocenić układ sercowo-naczyniowy. W zależności od określonych jednostek chorobowych zakres tych parametrów znacznie się zmienia. W sytuacjach zagrożenia życia, np. na oddziale intensywnej terapii istotne są przede wszystkim dane dotyczące interakcji serce-płuca, ogólna ocena hemodynamiczna oraz najważniejsze informacje z zakresu istotnych chorób kardiologicznych, które mogą wymagać natychmiastowych interwencji kardiologicznych (tamponada, zerwana głowa mięśnia brodawkowego lub pęknięcie nici ścięgnistej, ostra dysfunkcja zastawki natywnej lub sztucznej, skrzepliny wewnątrzsercowe, zatorowość płucna, rozwarstwienie aorty, hipowolemia wraz

Tabela 1. Wskazania do przezklatkowego badania echokardiograficznego na OIT (za [3])

Table 1. Indications for performance of the transthoracic echocardiography in the intensive care unit

PODEJRZENIE LUB OCENA ZAAWANSOWANIA OKREŚLONYCH STANÓW TAKICH JAK:
- niewydolność lewej komory – ostra i przewlekła
- niewydolność prawej komory
- zatorowość płucna
- hipowolemia
- tamponada serca
- ostra dysfunkcja zastawki – natywnej/protezy
- hipoksemia
- powikłania kardiologiczne lub torakologiczne (bardziej wskazane TEE - częstokroć uzyskanie dobrego obrazu jest dość ograniczone (powietrze, dreny)
- powikłania urazu klatki piersiowej
- poszukiwanie potencjalnych zatorów w krążeniu płucnym
- infekcyjne zapalenie wsierdzia
- rozwarstwienie aorty, tętniak rozwarstwiający
- resuscytacja krążeniowo-oddechowa

Tabela 2. Wskazania do przezprzełykowego badania echokardiograficznego na OIT, generalnie rzecz biorąc, każda sytuacja kliniczna cechująca się niestabilnością hemodynamiczną jest wskazaniem do badania przezprzełykowego (patrz zalecenia ASE/ACC/SCA) (za: [3])

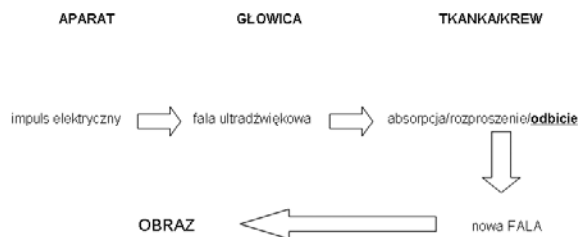
Table 2. Indications for performance of the transesophageal echocardiography in the intensive care unit

DIAGNOSTYKA STANÓW, W KTÓRYCH ISTOTNA JEST JAKOŚĆ OBRAZÓW
- rozwarstwienie aorty - infekcyjne zapalenie wsierdza (szczególnie zastawka mitralna) - skrzepliny wewnętrzsercowe
WIZUALIZACJA STRUKTUR NIEWYSTARCZAJĄCO WIDOCZNYCH W BADANIU TTE
- aorta piersiowa - uszko lewego przedsionka - protezy zastawkowe
OBRAZY W TTE NIEDIAGNOSTYCZNE ZE WZGLĘDU NA OKREŚLONE CHOROBY/STANY:
- rozedma/POCHP - otyłość - wentylacja mechaniczna z wysokim dodatnim ciśnieniem końcowowdechowym - obecność ran, opatrunków, drenów zwłaszcza w okolicach tzw. okien echokardiograficznych

z towarzyszącym dynamicznym zawężeniem drogi odpływu lewej komory). Powyższe zagadnienia zostaną omówione w kolejnych częściach opracowania. Poprzedzi je krótkie omówienie podstaw i najważniejszych informacji dotyczących echokardiografii.

## ABC echokardiografii

Echokardiografia jest nieinwazyjną metodą badania serca i naczyń krwionośnych. Wykorzystuje zjawisko odbicia fal ultradźwiękowych od ośrodków różniących się impedancją akustyczną (np. tkanka-krew). Przetwornikiem elektryczno-ultradźwiękowym jest głowica aparatu zawierająca kryształ piezoelektryczny.



Rycina 1. Uproszczony schemat powstawania obrazu w aparacie ultrasonograficznym – opis w tekście

Figure 1. A simplified diagram of image generation by ultrasound

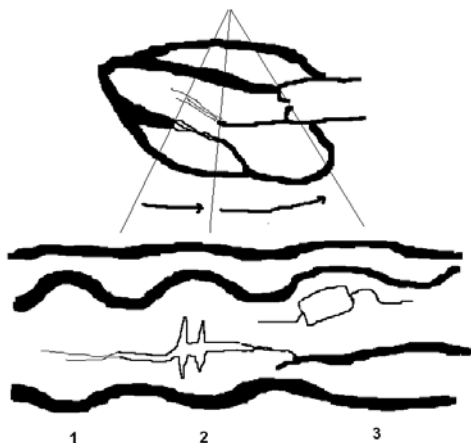
Dzięki zjawisku piezoelektrycznemu następuje zamiana impulsu elektrycznego na falę ultradźwiękową, która po „modyfikacji” (na granicy ośrodków różniących się akustycznie ulega absorpcji, rozproszeniu bądź odbiciu) – powraca do przetwornika. Następuje analiza zmienionej fali, jej czasu przebiegu (odległość punktu odbicia od głowicy) i amplitudy (jasność punktu). W zależności od drogi przebytej przez falę i od zmiany jej długości uzyskujemy (po przetworzeniu na sygnały elektryczne) punkty świetlne o różnym stopniu szarości (rycina 1).

## TYPY OBRAZOWANIA:

### *Echokardiografia jednowymiarowa M-mode (Movement) (rycina 2)*

Uzyskujemy dynamiczny przekrój serca w jednej, wybranej płaszczyźnie względem czasu. Jest to technika przydatna w diagnostyce szybko poruszających się struktur (np. zastawek, skrzeplin, guzów, vegetacji), która pozwala też na zmierzenie grubości poszczególnych ścian serca, wymiarów jam, dużych naczyń (aorty, tętnicy płucnej, żyły głównej górnej i dolnej) i innych przestrzeni. Umożliwia również ocenę kurczliwości i asynchronii skurczu komór serca.

Funkcję tę na aparacie uruchamiamy poprzez przycisk najczęściej oznaczony literą M. Linia reprezentującą płaszczyznę przekroju (kursorem) wybieramy interesujący nas obszar.



Rycina 2. Schemat obrazów uzyskiwanych w zależności od ustawienia kursora w trybie M-mode

Figure 2. Scheme of images obtained at different positions of the echocardiographic beam in M-mode

Projekcja przymostkowa długa: 1 - widoczne od góry: wolna ściana prawej komory, jama prawej komory (głównie RVOT), środkowa część przegrody międzykomorowej, jama lewej komory z widocznymi w jej obrębie nićmi ścięgnistymi/fragmentem mięśnia brodawkowatego, dolno-boczna ściana lewej komory; 2 - widoczne: wolna ściana prawej komory, jama prawej komory, górna część przegrody międzykomorowej, jama lewej komory z widocznymi w jej obrębie płatkami zastawki mitralnej, których ruch w czasie daje charakterystyczny obraz liter M i W, dolno-boczna ściana lewej komory; 3 - widoczne: wolna ściana prawej komory, jama prawej komory, opuszka aorty z widocznymi w jej obrębie płatkami zastawki aortalnej, lewy przedsionek.

### Echokardiografia dwuwymiarowa 2D (two-dimensional)

Przy pomocy tej techniki uzyskujemy obraz serca w dwóch płaszczyznach. Na aparacie uzyskiwana jest przez przycisk oznaczony najczęściej 2D (jest to zwykle wyjściowe ustawienie aparatu). W zależności od miejsca przyłożenia głowicy oraz kierunku wiązki ultradźwięków możliwe jest zobrazowanie poszczególnych przekrojów zarówno w osi podłużnej, jak i poprzecznej serca. W ten sposób uzyskujemy poszczególne projekcje, które zostaną omówione dalej.

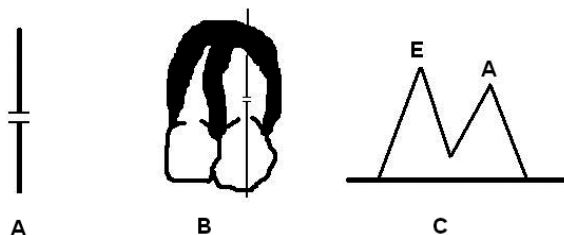
### Echokardiografia dopplerowska

Zjawisko doplera opisuje zmianę częstotliwości fali wysyłanej przez źródło i zarejestrowanej przez obserwatora, który porusza się względem źródła fali.

W echokardiografii zjawisko to wykorzystuje się

dla pomiarów prędkości krwi. Stosuje się trzy metody obrazowania dopplerowskiego:

1. Metoda fali pulsacyjnej PW (pulsed wave) - oznaczana na aparacie jako PW lub P (rycina 3).



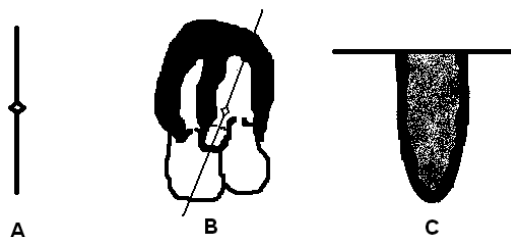
Rycina 3. Tryb doplera pulsacyjnego

Figure 3. The Pulsed wave Doppler (PW) mode

Projekcja koniuszkowa 4-jamowa. A. Bramka doplera pulsacyjnego - ukazuje się w miejscu kursora po uruchomieniu funkcji PW/P. B. Projekcja koniuszkowa 4-jamowa; bramka doplera pulsacyjnego umieszczona nad końcem płatków zastawki mitralnej. C. Wykres ruchu płatków zastawki mitralnej uzyskany za pomocą funkcji doplera pulsacyjnego (fala wczesnorozkurczowa 'E' oraz fala skurczu przedsionków 'A'). Pole pod krzywą niemal jasne - pomiar dotyczy konkretnego miejsca, gdzie umieszczona jest bramka. Wyrażone jest ono konturem krzywej.

Wiązka ultradźwięków wysyłana jest impulsowo. Następna wiązka wysyłana jest po powrocie pierwszej i jej analizie. Pozwala na pomiar prędkości w określonym miejscu, gdzie została umieszczona bramka rejestrująca. Technika ta umożliwiła zmierzenie prędkości nie przekraczających 1,5 m/s. Przy większych prędkościach przekroczone zostaje kryterium Nyquista (określa ono częstotliwość wysyłania impulsów, przy której sygnały odtwarzane będą bez zniekształceń) i dochodzi do paradoksalnego odwrócenia przepływu krwi (jest to tzw. aliasing - zniekształcenie sygnału w procesie próbkowania) widocznego na obrazie. Metodę PW wykorzystuje się do pomiarów prędkości przepływu krwi przez prawidłowe zastawki przedsionkowo-komorowe. (z wyjątkiem zastawki aortalnej i płucnej) (tam w warunkach prawidłowych prędkości są wyższe) oraz do pewnych wyliczeń pośrednich (np. przy pomiarach Qp:Qs - omówione zostaną w kolejnych częściach).

2. Metoda fali ciągłej CW (continous wave) - oznaczana na aparacie najczęściej jako CW (rycina 4).



Rycina 4. Tryb doplera ciągłego

Figure 4. The continuous wave Doppler mode

Projekcja koniuszkowa 4-jamowa. A. Bramka doplera ciągłego – ukazuje się w miejscu kursora po uruchomieniu funkcji CW. B. Projekcja koniuszkowa 4-jamowa; bramka doplera ciągłego umieszczona wzdłuż linii przepływu krwi przez zastawkę aortalną. C. Wykres przepływu krwi przez zastawkę aortalną uzyskany metodą CW (pole wewnątrz krzywej zacieniowane – zebrane wartości prędkości pośrednich).

Wiązka ultradźwięków jest wysyłana i rejestrowana w sposób ciągły. Metodę tą stosuje się dla oceny dużych prędkości krwi. Chociaż nie pozwala określić miejsca (głębokości) badania, to bardzo dokładnie mierzy maksymalną szybkość przepływu krwi wzdłuż wiązki, która „zbiera” wszystkie informacje dotyczące prędkości przemieszczającej się krwi, jakie znajdują się na całej linii pomiaru. Metoda ta wykorzystywana jest dla oceny przepływów przez zastawkę aortalną i płucną oraz przez pozostałe zastawki przy istniejącej patologii – zwężeniu bądź niedomykalności, które powodują wzrost prędkości przepływu.

3. Metoda znakowania kolorem przepływu krwi – dopler kolorowy – oznaczany na aparacie najczęściej jako litera C. Opiera się na zasadzie doplera pulsacyjnego z uwzględnieniem pomiarów w wielu punktach jednocześnie.

Kierunek i prędkości kodowane są kolorem według ustalonej skali. Najczęściej zakodowanie koloru oznacza:

- na czerwono - kierunek do głowicy,
- na niebiesko - kierunek od głowicy.

Nasylenie koloru stanowi również pośrednią informację o prędkości (ciemnoczerwony – niskie prędkości, jasnoczerwony/pomarańcz – coraz wyższe prędkości itp.). Turbulencje (zawirowania) krwi kodowane są jako mozaika kolorów (jasno-żółty, jasno-zielony).

### Dopler tkankowy (TDI)

Badanie dopplerowskie wykorzystywane jest również w nowszej technice obrazowania, jakim jest dopler tkankowy (TDI – tissue doppler imaging lub TDE – tissue doppler echocardiography). Coraz więcej aparatów ultrasonograficznych jest dziś wyposażonych w moduł TDI, dzięki któremu możliwe jest uruchomienie tej funkcji. Metoda ta pozwala na pomiar prędkości ruchu ścian mięśnia sercowego z wyeliminowaniem prędkości przepływu krwi. Wykorzystując bramkę doplera pulsacyjnego (PW lub P) wraz z funkcją TDI otrzymujemy podstawowy wykres ruchu miokardium w danym miejscu, w którym umieszczona została bramka. Jest to tzw. dopler tkankowy spektralny. Podobnie jak w przypadku przepływu krwi, ruch mięśnia sercowego również może zostać zakodowany kolorem. W zależności od podstawowego trybu obrazowania, jaki zastosujemy otrzymamy wówczas dopler tkankowy kolorowy M-mode lub dopler tkankowy kolorowy 2D.

Metoda doplera tkankowego jest niezwykle przydatna w ocenie funkcji rozkurczowej prawej i lewej komory oraz w ocenie ilościowej funkcji lewej komory. Umożliwia też szacowanie żywotności mięśnia lewej komory i wykrycie asynchronii poszczególnych jej segmentów.

W następnym części omówione zostaną podstawowe projekcje badania echokardiograficznego z uwzględnieniem szczególnie przydatnych na oddziałach intensywnej terapii.

Poniższa praca powstała w ramach projektu „Predicting adverse clinical outcomes in patients with implanted defibrillating devices” realizowanego ze środków programu TEAM Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej oraz Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Adres do korespondencji:

Przemysław Guzik

Katedra i Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej i Chorób Wewnętrznych

Uniwersytet Medyczny w Poznaniu

ul. Przybyszewskiego 49; 60-355 Poznań

☎ (+48 61)8691391

✉ pguzik@ptkardio.pl

**Konflikt interesów / Conflict of interest**

Brak/None

## Piśmiennictwo

1. Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2010;81:1219-76.
2. Neumar RW, Otto CW, Link MS, Kronick SL, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122 (Suppl 3): S729-67.
3. Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU. *Chest* 2005;128:881-95.
4. Price S, Nicol E, Gibson DG, Evans TW. Echocardiography in the critically ill: current and potential roles. *Intensive Care Med* 2006;32:48-59.
5. Vieillard-Baron A, Slama M, Cholley B, Janvier G, Vignon P. Echocardiography in the intensive care unit: from evolution to revolution? *Intensive Care Med* 2008;34:243-9.
6. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Echokardiografia. Warszawa: Medipage; 2006.
7. Klisiewicz A, Szymański P, Hoffman P (red.). Ostry dyżur echokardiograficzny. Warszawa: Medipage; 2009.
8. Hoffman P, Kasprzak JD (red.). Echokardiografia. Gdańsk: Via Medica; 2004.
9. Podolec P, Tracz W, Hoffman P (red.). Echokardiografia praktyczna t. I-III. Kraków: Medycyna Praktyczna; 2004.