

\*BOŻENA WERNER

# Zabiegi kardiologii interwencyjnej u noworodków

Interventional cardiology procedures in neonates

Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego i Pediatrii Ogólnej, Warszawski Uniwersytet Medyczny  
Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Bożena Werner

## Summary

In the last 30 years, a great progress has been made in the treatment of congenital heart defects by interventional cardiology procedures. Cardiac catheter interventions are implemented in fetuses with critical aortic stenosis and pulmonary atresia with intact ventricular septum to promote the growth and improve function of the left or right ventricle. In a case of aortic stenosis it could prevent the evolution to hypoplastic left heart syndrome. Balloon atrial septostomy or stent placement is a lifesaving procedure in fetuses with hypoplastic left heart syndrome and highly restrictive or intact atrial septum. The majority of cardiac catheter interventional procedures in neonates are palliative and lifesaving. They include: balloon atrial septostomy or static balloon dilation or cutting balloon septostomy or stenting of the atrial septum in congenital heart defects with duct-dependent blood mixing, balloon valvuloplasty in neonates with critical aortic valve stenosis, stent implantation into the right ventricular outflow tract or arterial duct in cyanotic neonates with duct-dependent pulmonary circulations, angioplasty for stenotic vessels. The therapeutic cardiac interventions in neonatal period are: pulmonary valvuloplasty in patients with critical pulmonary stenosis and challenging transcatheter ductus arteriosus closure in preterm and extremely low birth weight infants.

## Keywords

interventional cardiology, neonates

W ostatnich 30 latach dokonał się burzliwy rozwój leczenia wrodzonych wad serca metodami kardiologii interwencyjnej. Zabiegi kardiologii interwencyjnej są wykonywane już w okresie prenatalnym. Dotyczą one płodów z krytycznym zwężeniem zastawki aortalnej lub z zarośnięciem zastawki płucnej z ciągłą przegrodą międzykomorową, u których wykonuje się zabiegi walwuloplastyki balonowej zwężonej zastawki aortalnej/walwuloplastyki zastawki płucnej, aby poprawić funkcję i stymulować rozwój komory. U płodów ze zwężeniem zastawki aorty zabiegi walwuloplastyki balonowej mają na celu zapobieganie progresji wady do zespołu niedorozwoju lewego serca. U płodów

z zespołem hipoplazji lewego serca z zamkniętym lub restrykcyjnym otworem owalnym wykonuje się ratujące życie zabiegi atrioseptomii balonowej lub implantacji stentu do przegrody międzyprzedsionkowej (1, 2).

Więcej możliwości stwarza kardiologia interwencyjna w okresie noworodkowym. Zabiegi kardiologii interwencyjnej u noworodka w większości są zabiegami paliatywnymi, ratującymi życie.

Historycznie rozwój kardiologii interwencyjnej rozpoczął się w 1966 roku. W tym roku po raz pierwszy Rashkind i Miller w Szpitalu Dziecięcym w Filadelfii wykonali zabieg atrioseptomii balonowej u noworodka z przełożeniem wielkich pni

tętnicznych. Zabieg ten obecnie, nazwany zabiegiem Rashkinda, wykonywany jest u noworodków, u których konieczne jest zapewnienie mieszania krwi na poziomie przedsionków lub odpływu krwi z prawego lub lewego przedsionka.

Wskazania do wykonania zabiegu Rashkinda obejmują:

- przełożenie wielkich pni tętnicznych,
- zarośnięcie zastawki trójdzielnej,
- zarośnięcie zastawki dwudzielnej,
- zarośnięcie zastawki płucnej z ciągłą przegrodą międzykomorową,
- całkowity nieprawidłowy spływ żył płucnych,
- zespół niedorozwoju lewego serca.

Pierwszoplanowym wskazaniem do wykonania zabiegu Rashkinda jest przełożenie wielkich pni tętnicznych. Wada ta skutkuje wytworzeniem dwóch rozdzielnych systemów krążenia krwi. Krew utlenowana spływa żyłami płucnymi do lewego przedsionka, a następnie lewej komory serca, skąd drogą tętnicy płucnej wraca do łożyska płucnego. Natomiast odtlenowana krew z krążenia systemowego wraca poprzez żyłę główną górną i dolną do prawego przedsionka, a następnie przepływa do prawej komory serca, skąd odprowadzana jest przez aortę z powrotem do krążenia systemowego. Jeśli nie ma połączeń pomiędzy tymi dwoma systemami, dziecko umiera. Mieszanie się krwi systemowej (odtlenowanej) i krwi zaopatrzonej w tlen z łożyska płucnego zapewniają drożny przewód tętniczy (konieczne podawanie ciągłego wlewu prostaglandyny E1 dla utrzymania drożności przewodu) oraz przeciek międzyprzedsionkowy przez otwór owalny. U noworodków z restrykcyjnym otworem owalnym zabieg Rashkinda konieczny jest w ciągu 24 godzin po urodzeniu (3). Prenatalna diagnostyka restrykcyjnego otworu owalnego jest trudnym zadaniem dla diagnosty. Słodki i wsp. (4) uważają, że spłaszczenie zastawki otworu owalnego wraz ze wzrostem prędkości przepływu w żyłach płucnych, niezależnie od wielkości otworu owalnego, wskazują na jego restrykcję. U noworodka restrykcję przepływu międzyprzedsionkowego rozpoznaje się, gdy wymiar otworu owalnego jest  $< 3$  mm, prędkość przepływu przez przegrodę międzyprzedsionkową  $> 1,2$  m/s, a gradient ciśnienia pomiędzy przedsionkami  $> 5$  mmHg. Zabieg Rashkinda wykonywany jest na sali cewnikowań pod kontrolą fluoroskopii i echokardiografii lub na oddziałach intensywnej terapii z monitorowaniem wyłącznie za pomocą echokardiografii z projekcji podżebrowej czterojamowej lub bikawalnej (obrazującej obie żyły główne).

W przypadku nieskutecznego klasycznego zabiegu Rashkinda, dla wytworzenia komunikacji międzyprzedsionkowej stosuje się nowe techniki przeznaczyniowe, takie jak statyczna atrioseptostomia, atrioseptostomia z użyciem balonów tnących (ang. *cutting balloons*) albo stentowanie przegrody międzyprzedsionkowej (5).

W okresie noworodkowym wykonywane są następujące zabiegi kardiologii interwencyjnej:

- atrioseptostomia,
- walwuloplastyka zastawki aortalnej,
- walwuloplastyka zastawki płucnej,
- implantacja stentu do drogi odpływu prawej komory serca,
- implantacja stentu do przewodu tętniczego,

- zamykanie przewodu tętniczego u noworodków przedwcześnie urodzonych,
- angioplastyka balonowa (6-10).

Zabiegi walwuloplastyki balonowej u noworodków z krytycznym zwężeniem zastawki aortalnej w wielu ośrodkach są procedurą z wyboru, ratującą życie noworodka i pozwalającą na odroczenie leczenia kardiologicznego. Krytyczna stenoza aortalna jest wadą z przewodozależnym przepływem systemowym. W wadzie tej dochodzi do upośledzenia funkcji lewej komory i niewydolności serca. Postępowanie terapeutyczne polega na utrzymaniu drożności przewodu tętniczego (ciągły wlew prostaglandyny E1) oraz przezskórnej walwuloplastyce zastawki. Zabiegi walwuloplastyki aortalnej odbywają się pod kontrolą fluoroskopii, w niektórych ośrodkach także pod kontrolą echokardiografii. Patel i wsp. (11) opisali swoje doświadczenie w zabiegach walwuloplastyki aortalnej, wykonywanej przyłożkowo, wyłącznie pod kontrolą echokardiografii przezprzełykowej. Wyniki zabiegów walwuloplastyki aortalnej u noworodków zależą w dużym stopniu od morfologii zastawki, wielkości zastosowanego balonu, a dążenie do optymalnego poszerzenia zastawki może prowadzić do znacznej niedomykalności aortalnej, która ma charakter progresywny w miarę upływu czasu i w konsekwencji konieczna jest kardiologiczna wymiana zastawki.

Walwuloplastyka zwężonej zastawki płucnej jest leczeniem z wyboru wrodzonego zwężenia zastawki pnia płucnego. W okresie noworodkowym zabieg wykonuje się w przypadkach ciężkiego zwężenia zastawki i jest zabiegiem terapeutycznym. Wyniki leczenia tą metodą są bardzo dobre, bardzo rzadko konieczna jest reinterwencja. Jedynie w przypadkach dysplastycznej zastawki płucnej leczenie tą metodą bywa niezadowolające lub nawet nieskuteczne. Walwuloplastyka zastawki płucnej poprzedzona punkcją zarośniętej zastawki wykonywana jest u noworodków z atrezią płucną i ciągłą przegrodą międzyprzedsionkową, ale w tej grupie pacjentów liczba reinterwencji jest wysoka.

Walwuloplastyka zastawki płucnej wykonywana jest też u pacjentów z zespołem Fallota, ale u tych chorych jest zabiegiem paliatywnym alternatywnym do stentowania przewodu tętniczego lub kardiologicznego zespolenia systemowo-płucnego.

Innym zabiegiem paliatywnym u noworodków z zespołem Fallota jest stentowanie drogi odpływu prawej komory serca. Zabieg ten u objawowych noworodków jest alternatywą do leczenia kardiologicznego poprawiającym napływ krwi do łożyska płucnego i pozwalającym na rozwój tętnic płucnych. Metoda ta ma jednak niekorzystne konsekwencje, utrudniając korekcję kardiologiczną, a także często powoduje konieczność zastosowania łąty przepierścieniowej, co skutkuje przewlekłą niedomykalnością zastawki płucnej.

Stentowanie przewodu tętniczego (PDA) jest alternatywną procedurą do kardiologicznych zabiegów zespolenia systemowo-płucnych u noworodków z wrodzonymi wadami serca z przewodozależnym przepływem płucnym. Różne techniki implantacji stentów są stosowane ze względu na różnorodną morfologię, a czasem również duże rozmiary PDA (12). Stentowanie przewodu tętniczego u noworodków z wrodzonymi

wadami serca z przewodozależnym przepływem płucnym pozwala na znaczący i zrównoważony rozwój hypoplastycznych tętnic płucnych.

Stentowanie przewodu tętniczego stosowane jest także w połączeniu z leczeniem kardiochirurgicznym (zabiegi hybrydowe) u noworodków z zespołem hipoplazji lewego serca, u których jest wysokie ryzyko operacji Norwooda. Jako pierwszy etap leczenia wykonuje się u nich obustronne bandingi tętnic płucnych w połączeniu ze stentowaniem przewodu tętniczego.

Do zabiegów wykonywalnych w okresie noworodkowym należą też zabiegi angioplastyki balonowej zwężonych naczyń. Poszerza się za ich pomocą np. zwężone tętnice płucne. W wyjątkowych przypadkach metoda znajduje zastosowanie u noworodków z krytyczną koarktacją aorty (metodą z wyboru w tym wieku jest leczenie kardiochirurgiczne) (9).

Zamykanie drożnego przewodu tętniczego u donoszonych noworodków najczęściej odracza się do uzyskania przez nich masy ciała 5-6 kg, co jest zgodne z zaleceniem fabrycznym powszechnie używanych okluderów w przezskórnym leczeniu wady.

Natomiast wyzwaniem są zabiegi interwencyjne w leczeniu przetrwałego przewodu tętniczego u przedwześnie urodzonych noworodków (13-15). W tej grupie pacjentów przeciek lewo-prawy przez przewód tętniczy prowadzi do niewydolności oddechowo-kръżeniowej z koniecznością zastosowania oddechu zastępczego, powikłań w postaci dysplazji oskrzelowo-płucnej, krwotoków płucnych, martwiczego zapalenia jelit, krwawień do komór mózgu z następową leukomalacją. Próba zamknięcia farmakologicznego PDA za pomocą inhibitorów cyklooksygenazy jest metodą z wyboru w tej grupie pacjentów. Jednakże leczenie farmakologiczne

nie zawsze jest skuteczne i nie u wszystkich przedwześnie urodzonych noworodków może być zastosowane, ze względu na przeciwwskazania i możliwość powikłań, takich jak: upośledzenie funkcji nerek, perforacje jelitowe czy zaburzenia krążenia mózgowego. W takich przypadkach stosowane jest kardiochirurgiczne podwiązanie przewodu tętniczego lub alternatywnie leczenie interwencyjne.

W literaturze opublikowano wyniki leczenia przezskórnego u przedwześnie urodzonych noworodków o skrajnie niskiej masie ciała (średnia 1,25 kg). Procedury te wymagają użycia specjalnych okluderów oraz monitorowania echokardiograficznego ze względu na ryzyko zwężenia lewej tętnicy płucnej przez implant. Nie znaleziono w piśmiennictwie pracy porównującej wyniki leczenia przetrwałego przewodu tętniczego u wcześniaków metodą interwencyjną i kardiochirurgiczną.

Zabiegi kardiologii interwencyjnej w okresie noworodkowym wiążą się z większym ryzykiem powikłań w stosunku do zabiegów interwencyjnych wykonywanych w późniejszym okresie życia. Najczęstsze są powikłania w miejscu wkłucia, takie jak krwiaki i krwawienia oraz powikłania naczyniowe: zakrzepy żyłne i tętnicze. Do rzadziej obserwowanych powikłań należą zaburzenia rytmu serca. Sporadycznie opisano perforacje struktur serca.

## PODSUMOWANIE

Zabiegi interwencyjne w okresie noworodkowym są przede wszystkim zabiegami paliatywnymi, ratującymi życie. Leczeniem definitywnym w tym okresie życia jest walwuloplastyka zastawki płucnej u pacjentów z izolowanym zwężeniem oraz przeznaczeniowe zamknięcie przewodu tętniczego u przedwześnie urodzonych noworodków.

### Konflikt interesów Conflict of interest

Brak konfliktu interesów  
None

### Adres do korespondencji

\*Bożena Werner  
Klinika Kardiologii Wieku Dziecięcego  
i Pediatrii Ogólnej  
Warszawski Uniwersytet Medyczny  
ul. Żwirki i Wigury 63A, 02-091 Warszawa  
tel.: +48 (22) 317-95-88  
bozena.werner@wum.edu.pl

### Piśmiennictwo

1. Moon-Grady AJ, Morris SA, Belfort M: International Fetal Cardiac Intervention Registry A Worldwide Collaborative Description and Preliminary Outcomes. *J Am Coll Cardiol* 2015; 66(4): 388-399.
2. Donofrio MT, Moon-Grady AJ, Hornberger LK et al.: Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2014; 129(21): 2183-2242.
3. Soongswang J, Adatia I, Newman C et al.: Mortality in potential arterial switch candidates with transposition of the great arteries. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32(3): 753-757.
4. Słodki M, Axt-Flidner R, Zych-Krekora K et al.: New method to predict need for Rashkind procedure in fetuses with dextro-transposition of the great arteries. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2018; 51: 531-536.
5. Cinteza E, Carminati M: Balloon atrial septostomy – almost half a century after. *Maedica (Buchar)* 2013; 8(3): 280-284.
6. Feltes TF, Bacha E, Beekman RH et al.; American Heart Association Congenital Cardiac Defects Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular Radiology and Intervention; American Heart Association: Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011; 123: 2607-2652.
7. Bergersen L, Gauvreau K, Foerster SR et al.: Catheterization for Congenital Heart Disease Adjustment for Risk Method (CHARM). *JACC Cardiovasc Interv* 2011; 4: 1037-1046.

8. Nykanen DG, Forbes TJ, Du W et al.; Congenital Cardiac Interventional Study Consortium (CCISC): CRISP: Catheterization RiSk score for Pediatrics: a report from the Congenital Cardiac Interventional Study Consortium (CCISC). *Catheter Cardiovasc Interv* 2016; 87: 302-309.
9. Melekoglu AN, Baspinar O: Transcatheter cardiac interventions in neonates with congenital heart disease: A single centre experience. *J Int Med Res* 2019; 47(2): 615-625.
10. Khalil M, Jux C, Rueblinger L et al.: Acute therapy of newborns with critical congenital heart disease. *Transl Pediatr* 2019; 8(2): 114-126.
11. Patel S, Saini AP, Nair A, Weber HS: Transcarotid balloon valvuloplasty in neonates and small infants with critical aortic valve stenosis utilizing continuous transesophageal echocardiographic guidance: A 22 year single center experience from the cath lab to the bedside. *Catheter Cardiovasc Interv* 2015; 86(5): 821-827.
12. Haas NA, Fernandez-Rodriguez S, Dalla Pozza R et al.: Microcatheter-assisted -stenting of the tortuous vertical ductus arteriosus via femoral access in a duct-dependent pulmonary circulation. *Int J Cardiol* 2019; 285: 103-107.
13. Zahn EM, Peck D, Phillips A et al.: Transcatheter closure of patent ductus arteriosus in extremely premature newborns: early results and midterm follow-up. *JACC Cardiovasc Interv* 2016; 9: 2429-2437.
14. Benitz WE: Committee on fetus and newborn, American Academy of Pediatrics. Patent ductus arteriosus in preterm infants. *Pediatrics* 2016; 137: 1-6.
15. Backes CH, Cua C, Kreutzer J et al.: Low weight as an independent risk factor for adverse events during cardiac catheterization of infants. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013; 82: 786-794.

nadesłano: 13.01.2020

zaakceptowano do druku: 3.02.2020