

INTERVENCIJSKA PEDIJATRIJSKA KARDIOLOGIJA

VLADIMIR AHEL¹, NEVEN ČAČE¹, DAVORKA ŽAGAR², SANDRO DESSARDO¹

Opisane su današnje mogućnosti interventne kardiologije u dječjoj dobi, kao i vlastiti rezultati u periodu od 1978. - 2008. godine. Predstavljene su novije metode kojima se izbjegava operativni zahvat, a omogućava trajno izlječenje prirođenih srčanih grešaka kao što su zatvaranje defekta septuma artija sustavom kišobrana, zatvaranje otvorenog arterijskog kanala spiralom ili čepom, balon dilatacije koarktacije aorte i drugih suženja na velikim krvnim žilama. Usavršavanjem tehnologije u budućnosti se otvaraju nove mogućnosti i perspektive liječenja transkateterskom tehnikom prirođenih srčanih grešaka u djece i odraslih.

Deskriptori: INTERVENTNA KARDIOLOGIJA, DIJETE, TRANSKATETERSKO ZATVARANJE DEFEKATA

UVOD

Pedijatrijska interventna kardiologija u današnje vrijeme predstavlja jedan od temelja strategije liječenja prirodnih srčanih grešaka. Transkateterske tehnike djelomične ili potpune korekcije određenih prirodnih i stečenih grešaka kardiovaskularnog sustava u posljednjih dvadesetak godina bilježe izvanredne rezultate. Prva iskustva vezana su uz godinu 1953. kada su Rubio i Alvarez učinili valvulotomiju plućnoga zaliska transkateterskom tehnikom (1). Desetak godina poslije Dotter i Judkins opisali su dilatacijsku tehniku proširenja sužene periferne arterije. Godine 1966. Rashkind i Miller opisuju za to doba najvažniji napredak u intervencijskoj kardiologiji odnosno balon atrioseptostomije (2). Taj je zahvat u potpunosti zamijenio kiruršku atrijsku septostomiju i omogućio je preživljenje novorođenčeta s transpozicijom velikih krvnih žila do definitivne kirurške korekcije. Zahvat je do današnjih

dana ostao nepromijenjen i prijeko potreban u sve djece s transpozicijom velikih krvnih žila. Izuzetak čine samo djeca rođena blizu kardiokirurških centara u kojima je definitivno rješavanje greške moguće učiniti prvih dana života.

King i Mills godine 1976. prvi su put izveli transkatetersko zatvaranje defekta interatrijskog septuma nakon početnih eksperimenata sa psima (1, 3). Taj je zahvat izveden sa okluzijskim sustavom sastavljenim od dvostrukog diska koji se kroz venu safenu postavljao s obje strane interatrijskog septuma. Izrazito široka uvodnica (23 Fr) te komplicirani način otvaranja i otpuštanja kišobrana prekinuli su daljnji razvoj tog sustava (1). Daljnji je napredak postignut istraživanjima Rashkinda, koji je osmislio dvostruki kišobran kojim je uspio zatvoriti defekt interatrijskog septuma u trinaestero djece. Modificirajući Rashkindov okluder, Lock je usavršio novi instrument koji je nazvao *Clam Shell* i koji je za postavljanje trebao uvodnicu veličine 11 Fr. Njegovim je usavršavanjem nastao Cardio-seal-Starflex okluder, do prije nekoliko godina najčešće upotrebljavani sustav za zatvaranje defekta interatrijskog septuma (1, 3). Sredinom devedesetih godina 20. stoljeća na tržištu se pojavio novi Amplatzer sustav za zatvaranje defekata interatrijskog septuma (4). Tim se sustavom omogućuje zatvaranje defekata ve-

ličine do 40 mm koje dotadašnji okluderi nisu mogli zatvoriti. Brojni sustavi usavršavani tijekom posljednjih petnaestak godina (Sideris, ASDOS, Angel Wings) nisu našli mjesto u široj upotrebi tako da se danas najčešće upotrebljavaju Cardio-seal-Starflex i Amplatzer sustav (5, 6). Novo stvoreni sustav Helex za sada se nije uspio nametnuti kao sredstvo izbora za zatvaranje defekata interatrijskog septuma (7, 8).

Nakon tih prvih saznanja o neoperacijskim mogućnostima, razvijen je cijeli niz okluzijskih sustava u Sjedinjenim Američkim Državama i Europi (9). Godine 1967. Porstmann je zatvorio duktus Botalli transkateterskim putem (10). Njegov rad su nastavili Rashkind i Causo i 1977. godine primijenili su vlastiti okluzijski sustav s metalnim kukicama i poliuretanskim čepom (11). Balon dilatacijska tehnika u liječenju prirodnih suženja velikih krvnih žila primijenjena je prvi puta u djece 1982. godine. Kahn i sur. izveli su dilataciju suženja plućne arterije (12). U isto vrijeme i nešto kasnije Singer i sur, Lock i sur. i Lababidi i sur. opisali su postupak dilatacije koarktacije aorte i dilataciju suženog aortalnog zaliska (13-15). Između 1988. - 1992. godine opisani su zahvati transkateterskog umetanja endovaskularnih potpornih umetaka (stent) i zatvaranja muskularnih septalnih defekata posebnim okluderima (16-19).

¹Klinika za dječje bolesti
Klinički bolnički centar Rijeka
²Klinika za internu medicinu
Klinički bolnički centar Rijeka

Adresa za dopisivanje:
Prof. dr. sc. Vladimir Ahel, dr. med.
Klinika za dječje bolesti, KBC Rijeka
51000 Rijeka, Istarska 43
E-mail: vladimir.ahel@ri.t-com.hr
pedijatrija@kbc-rijeka.hr

INDIKACIJE INTERVENTNE KARDIOLOGIJE

U odnosu na raniji period, u današnje vrijeme do 70% kateterizacija srca u djece čine intervencijske kateterizacije. Za postizanje optimalnih rezultata neophodan je rad iskusnog tima stručnjaka uz vrlo blisku suradnju s kardijalnom kirurgijom. Laboratorij za interventnu kardiologiju u dječjoj dobi u našoj Republici osim u KBC Rijeka djeluje i u KBC Rebro Zagreb (20-24). Indikacije intervencijske kardiologije u dječjoj dobi su prikazane u Tablicama 1-5. Određeni broj prirodnih srčanih grešaka koje su navedene otkrivaju se tek u odrasloj dobi i također predstavljaju indikaciju za primjenu transkateterske tehnike liječenja. Navedene intervencijske zahvate najčešće izvode pedijatri kardiolozi (20).

Tablica 1.
Intervencijska kardiologija u djece

Table 1
Interventional cardiology in children

Dilatacija valvularnih lezija
Dilatacija vaskularnih suženja
Otvaranje komunikacija na nivou atrija
Zatvaranje ekstra i intrakardijalnih spojeva

Tablica 2.
Intervencijska kardiologija u djece
Dilatacija valvularnih lezija

Table 2
Interventional cardiology in children
Baloon valvuloplasty

Pulmonalna balon valvuloplastika
- Izolirano suženje plućne arterije
- Suženje plućne arterije u T. Fallot
Aortalna balon valvuloplastika
Valvuloplastika mitralne valvule
Dilatacija bioprotetskih valvula

Tablica 3.
Intervencijska kardiologija u djece
Dilatacija vaskularnih suženja

Table 3
Interventional cardiology in children
Baloon angioplasty

Dilatacija koarktacije aorte
- Nativna
- Rekoarktacija
Dilatacija suženja plućne arterije

Tablica 4.
Intervencijska kardiologija u djece
Otvaranje komunikacije na nivou atrija

Table 4
Interventional cardiology in children
Baloon atrioseptostomy

Balon atrijska septostomija (BAS)
Atrioseptostomija nožićem

Tablica 5.
Intervencijska kardiologija u djece
Zatvaranje ekstra i intrakardijalnih spojeva

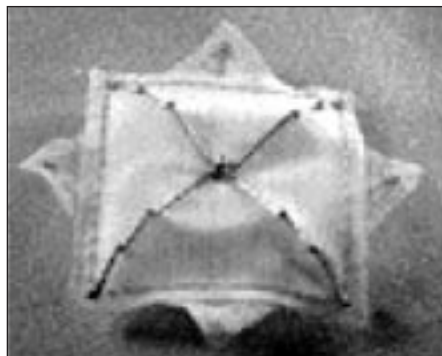
Table 5
Interventional cardiology in children
Extra and intracardiac communication closing

Otvoreni arterijski kanal (DAP)
Defekt interatrijalnog septuma (ASD)
Defekt interventrikularnog septuma (VSD)

NAJČEŠĆE IZVOĐENE TRANSKATETERSKE INTERVENCIJE

TRANSKATETERSKO ZATVARANJE DEFEKTA INTERATRIJSKOG SEPTUMA (ASD)

U današnje vrijeme na raspolaganju nam stoje različiti sustavi za okluziju postojećeg defekta. Samocentrirajući sustav Cardioseal-Starflex sastoji se od dvaju kišobrana s četirima nožicama vezanim u središtu (Slika 1). Oblik može biti kvadratan ili heksagonalni. Kišobrani su prekriveni tkanim dakronom i imaju relativno niski profil. Dobro se rezultate postiže kod defekata veličine do 20 mm. Primjena sustava Cardioseal-Star-



Slika 1.
Sustav Cardioseal kvadratnog oblika
Figure 1
Cardioseal device (double umbrella)

flex relativno je lagana, no u slučaju nezadovoljavajućeg postavljanja kišobrana, vraćanje sustava u uvodnicu nerijetko je problem (3).

Sustav Amplatzer, iako se također sastoji od dvaju kišobrana, odnosno diska, konceptom je različit od dosadašnjih sustava. Kišobrani su izrađeni od mreže nitinolskih niti s poliesterskim tkanjem koji se nakon izlaska iz uvodnice sami oblikuju u dva diska (Slika 2). Diskovi su različite veličine tako da disk u lijevom atriju prelazi rubove defekta za 6-8 mm, a u desnom atriju za 4-5 mm. Povezani su relativno širokim strukom koji samom veličinom zatvori defekt interatrijskog septuma. Spomenuti Amplatzer sustav karakterizira izrazito laka tehnika postavljanja te mogućnost izvlačenja u svakom trenutku prije definitivnog otpuštanja (5). Diskovi su relativno visokog profila, a i relativno velika količina nitinola, odnosno nikla mogući su nedostaci ovog sustava. Dosadašnja su ispitivanja pokazala minimalno povećanje razine nikla u serumu, koja se normalizira unutar prve godine nakon njihova postavljanja (25, 26).

Najnoviji sustav Helex, razvijen posljednjih godina, nije za sada u širokoj uporabi, iako se kao njegova prednost ističe visoka biokompatibilnost (7, 8). Sustavi Cardioseal-Starflex i Amplatzer u uporabi su u brojnim svjetskim centrima. Ipak Amplatzer, zbog jednostavnosti postavljanja, mogućnosti zatvaranja velikih defekata (do 40 mm), izrazito niskoga broja komplikacija te velike



Slika 2.
Amplatzer sustav. Distalni disk za lijevi atrij
širega promjera od proksimalnog
Figure 2
Amplatzer device (double umbrella)

uspješnosti preuzima primat u najvećem broju centara (5, 6, 20). Jedine prednosti sustava Cardioseal-Starflex mogle bi biti pri zatvaranju fenestriranih defekata te defekata s pridruženom aneurizmom *fose ovalis* (5, 6, 25).

POSTUPAK ZATVARANJA DEFEKTA INTERATRIJSKOGA SEPTUMA (ASD)

Uspješnost zatvaranja defekta interatrijskog septuma u prvom se redu temelji na dobrom odabiru pacijenata. Zbog jasnih anatomskih razloga za transkatetersko zatvaranje ASD-a nisu pogodni defekti tipa *primum*, *sinus venosus* ili *sinus coronarius*. Za sam postupak zatvaranja prikladni su samo defekti tipa *secundum* ili otvoreni foramen ovale s dovoljno širokim i čvrstim rubovima atrijskoga septuma (Slika 3) (27). Udaljenost defekta od tih struktura mora biti veća od 5 mm da bi se izbjegao utjecaj samog diska na protok krvi, odnosno na funkciju valvule. Poneki autori izvješćuju o mogućnosti postavljanja sustava Amplatzer i kod rubova manjih od 5 mm (28, 29). Defekti interatrijskoga septuma imaju tendenciju povećavanja razmjerno s rastom tijela tako da su u odraslih veći nego u djece. Iako neki predlažu zatvaranje defekta interatrijskoga septuma čim se pojave znakovi prepunjenosti desnoga srca neovisno o dobi, najčešći je kriterij da se, ako je ikako moguće, počeka do pete godine života ili kada dijete dostigne težinu od 20 kg (5, 6, 25, 26).

Za procjenu veličine i položaja defekta interatrijskog septuma primjenju-



Slika 3.
Transezofagijski prikaz defekta interatrijskoga septuma s dovoljno velikim i čvrstim rubovima defekta (strelice). LA-lijevi atrij, DA-desni atrij

Figure 3
Transesophageal view of interatrial septal defect secundum type

je se transtorakalna i transezofagealna ehokardiografija. Transtorakalnom ehokardiografijom defekt je manji za dva-



Slika 4.
Radiološki prikaz balona za mjerenje rastegnutog promjera (SBD)

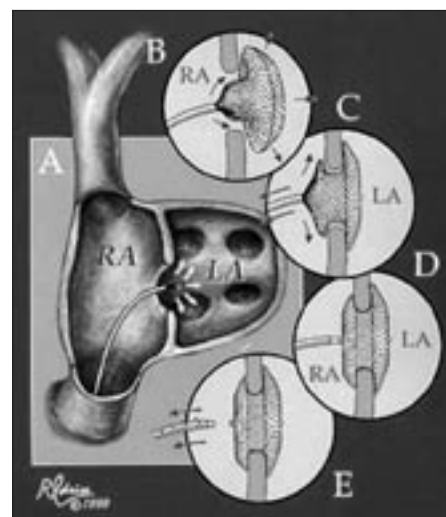
Figure 4
X-ray view of the stretch balloon diameter (SBD)

desetak, a transezofagealnom ehokardiografijom za desetak posto u odnosu prema mjerenju posebnim balonom (tzv. *stretched balloon diameter* - SBD). Mjerenje promjera balonom postojećeg defekta potrebno je da se nedovoljno čvrsti rubovi defekta izmjere kao stvarni otvor na interatrijskom septumu, (Slika 4 i 5) (27, 30). Na osnovu navedenog se određuje veličina sustava potrebnog za zatvaranje defekta. Preko žice vodilice uvodi se šira uvodnica do lijevog atrija. Posebnim se nastavkom sustav postavlja u uvodnicu i postupno dovede do njezina vrha. Tada je izrazito važno biti siguran da je vrh uvodnice slobodan u šupljini lijevog atri-



Slika 5.
Transezofagijski prikaz balona za mjerenje rastegnutoga promjera defekta (SBD). LA-lijevi atrij, DA-desni atrij

Figure 5
Transesophageal view of stretch balloon diameter (SBD)



Slika 6.
Shematski prikaz transkateterske tehnike zatvaranja interatrijskoga septalnog defekta: A-uvodnica u lijevom atriju, B-otvaranje i postavljanje diska u lijevom atriju, C-otvaranje diska u desnom atriju, D-provjera položaja, E-otpuštanje sustava

Figure 6
Schematic view of transcatheter closure technique of interatrial septal defect

ja kako pri otvaranju diska ne bi došlo do doticanja stijenke lijevog atrija. Postupnim guranjem sustava oblikuje se disk u lijevom atriju. Kad je disk u potpunosti otvoren, laganim povlačenjem, prislanjamo ga na interatrijski septum. Tada se uvodnica zajedno sa žicom na koju je pričvršćen sustav polagano izvlači van da bi se formirao drugi disk u desnom atriju (Slika 6).

Transezofagijskom se ehokardiografijom provjerava jesu li oba diska u potpunosti formirana, priliježu li na interatrijski septum te postoji li *shunt* na razini defekta (Slika 7). Obično neposredno nakon postavljanja sustava postoji mali protok boje u središtu diskova koji nestaje kroz nekoliko dana. Cijeli se postupak također prati radiološki (Slika 8). Ako nismo zadovoljni položajem sustava jednostavnim povlačenjem žice, vraćamo kompletni sustav unutar uvodnice i postupak otvaranja i postavljanja diskova počinjemo ponovno. Oslobođanje sustava postiže se jednostavnim odvijanjem žice na koju je pričvršćen sustav (4, 27). Uobičajeno je da svi bolesnici tijekom zahvata dobivaju heparin i profilaktičnu antibiotsku zaštitu, a tijekom slijedećih šest mjeseci aspirin, dok ne dođe do po-

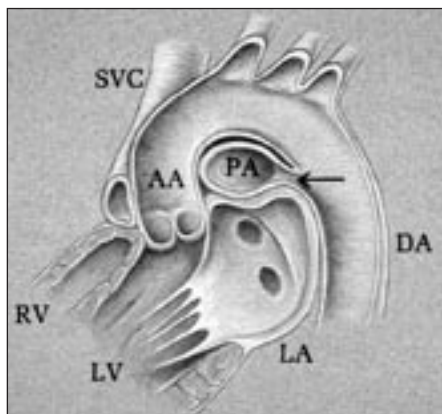


Slika 7.
Transezofoagijski prikaz dobro postavljenog sustava Amplatzer (strelica) neposredno prije otpuštanja. LA-lijevi atrij, DA-desni atrij

Figure 7
Transoesophageal view of good positioned Amplatzer device

tpuna prekrivanja sustava endotelom. Rutinski se radi i transtorakalna ehokardiografija sljedećeg dana i već dan poslije dijete može biti otpušteno iz bolnice. Daljnje praćenje djeteta najčešće je potrebno nakon 1, 6 i 12 mjeseci od postavljanja sustava (4, 27).

Današnja kardiokirurška tehnika zatvaranja defekata interatrijskih septuma daje izvrsne rezultate i relativno mali broj komplikacija, iako aritmije mogu biti problem za neke bolesnike srednje dobi. Primjena izvantjelesne cirkulacije, perioperativni morbiditet i produljeni oporavak upućuju na sve češće transkatetersko zatvaranje defekata interatrijskoga septuma. Uspješnost je zatvaranja defekata kirurškom i transkateterskom tehnikom podjednaka i iznosi od 97 do 100%. Dužina boravka u bolnici, odnosno bolesni-



AA - ascendentna aorta
PA - pulmonana arterija
→ - otvoreni arterijski kanal (DAP)

Slika 9.
Otvoreni arterijski kanal

Figure 9
Patent ductus arteriosus

kov oporavak kraći su u djece u koje je defekt interatrijskoga septuma zatvoren transkateterski (5, 31-33). Odnos učestalosti komplikacija kod kirurške korekcije iznosi od 8 do 17% u odnosu na 1% kod primjene transkateterske tehnike zatvaranja defekta interatrijskoga septuma. Najčešće komplikacije transkateterskog zatvaranja defekta koje se zapažaju jesu prolazni poremećaji ritma. Pri uporabi sustava starije tehnologije nešto su učestalije njihove embolizacije, koje su se morale kirurški rješavati. U literaturi se spominju pojedinačni slučajevi endokarditisa, A-V blok II. stupnja, perforacije miokarda, retroperitonealno krvarenje i aortatrijska fistula, (5, 31-38).

Za uspješno transkatetersko zatvaranje defekata interatrijskoga septuma izrazito je bitan dobar odabir oboljelih. Za sada se transkateterski mogu zatvoriti samo defekti tipa *secundum* s dovoljno širokim rubovima defekta ili otvoreni foramen ovale (5, 25). U tim uvjetima daje se apsolutna prednost transkateterskoj tehnici liječenja. Razvojem novih materijala, tehnike, dijagnostičkih metoda i stjecanjem iskustva može se očekivati daljnji napredak u intervencijskoj kardiologiji.

TRANSKATETERSKO ZATVARANJE OTVORENOG ARTERIJSKOG KANALA (DAP)

Sustav za zatvaranje DAP-a razvio se na osnovi Gianturco spirale koje se koriste pri intervencijama odnosno vaskularnim embolizacijama (39, 40). Obično se koriste za zatvaranje duktusa pristupom kroz aortu tzv. aortalni pristup. Nakon potiskivanja, oslobađa se 1-1,5 navoja spiralne petlje na pulmonalnom kraju, a preostali navoji se ulažu u duktusnu ampulu na aortalnom kraju. Duž spirale postavljene su tanke dakronske niti koje djeluju trombogeno, dok spiralni oblik potpomaže mehaničkom zatvaranju duktusa (Slika 9-11). Učinak se vidi već nakon desetak minuta po postavljanju. Spirale su najpogodnije za zatvaranje užeg duktusa (do 2,5-3 mm širine), koji ima na aortalnom kraju izraženu ampulu, a nije kratak. U tom slučaju obično je dovoljno postaviti jednu spiralu, dok je kod kanala šireg od 3 mm potrebno postaviti dvije ili više njih, jer se obično nalazi rezidu-



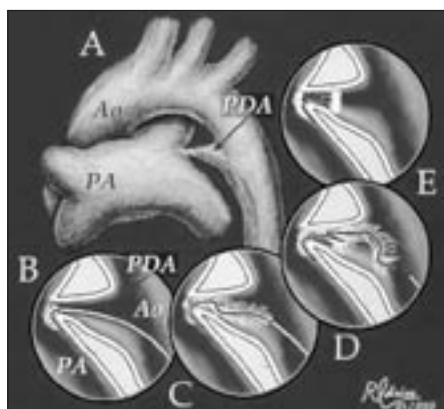
Slika 8.
Radiološki prikaz dobro postavljenog sustava Amplatzer neposredno nakon odvajanja od žice

Figure 8
X-ray view of after delivery the Amplatzer device



Slika 10.
Spirala i čep za zatvaranje arterijskog kanala

Figure 10
Coil and plug for patent ductus arteriosus closure



Ao-aorta
PA-arterija pulmonalis
PDA-otvoreni arterijski kanal

Slika 11.
Shema zatvaranja otvorenog arterijskog kanala aortalnim pristupom uz spiralu (A, B, C, D i E)

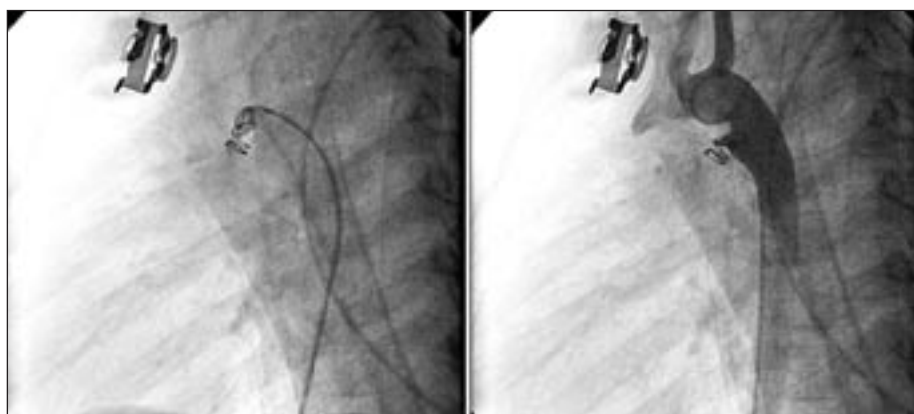
Figure 11
Scheme of patent ductus arteriosus closure with coil through aortic way

alni značajan šant. Razvijeni su sustavi za kontrolirano postavljanje spirale, koji dopuštaju podešavanje položaja ili čak njeno odstranjenje (5, 40, 41).

Drugi sustav koji služi za zatvaranje duktusa Botalli širih od 4 mm u upotrebi je posljednjih nekoliko godina (5, 43-45). Sastoji se od posebnog čepa u obliku pehara, tzv. Amplatzer sustav, koji ima samošireće svojstvo, a građen je od nitinolne mreže. Uvodi se kateterski s pulmonalne strane, a na svom distalnom kraju ima retencijski disk koji služi za učvršćenje u ampuli duktusa na aortalnoj strani (Slika 12). Metoda je uspješna i razmjerno jednostavna za upotrebu, a može se već sada reći da predstavlja metodu izbora za zatvaranje DAP-a i A-V fistula (5).

TRANSCATETERSKO ZATVARANJE DEFEKTA SEPTUMA VENTRIKULA

Ova tehnika se u pravilu rjeđe rabi a indicirana je kod miokardnih VSD-a, rjeđe kod rezidualnih VSD-a nakon kirurških zahvata, kao i kod defekata nakon infarkta miokarda što je slučaj u odraslih. Zatvaranje najčešćih membranoznih VSD za sada je napuštena zbog vrlo visokog postotka (80%) kasne pojave kompletnog A-V bloka i iznenadne smrti (5).



Slika 12.
Radiološki prikaz okluzije otvorenog arterijskog kanala spiralom

Figure 12
X-ray view of DAP closure with coil

POSTAVLJANJE STENTA

Najčešća indikacija za postavljanje stenta u pedijatriji je stenoza grane pulmonalne arterije, gdje su rezultati bolji nego se postižu balonskom dilatacijom. Stent se postavlja kod porasta tlaka u desnom ventrikulu iznad 50% vrijednosti sistemnog tlaka, zatim ako je tlak u kontralateralnoj pulmonalnoj arteriji povišen te ako je perfuzija istog plućnog krila manja od 20%. Druga indikacija po učestalosti je opstrukcija spoja ili homografa koji povezuje desni ventrikul s pulmonalnom arterijom. To je u suvremenoj kirurgiji prirodnih srčanih grešaka poznat problem koji se javlja nakon operacije po Rastelliju (46-48).

Spomenuti umjetni spojevi su skloni suženju zbog različitih razloga: vanjskog pritiska, proliferacije intime, presavinuća, skvrčavanja, kalcifikacije ili zbog rasta djeteta. Rjeđa indikacija u ovoj

podskupini je implantacija stenta kod opstrukcije nakon Fontanove operacije. Treću skupinu indikacija za postavljanje stenta predstavljaju koarktacija aorte, nativna ili rekoarktacija, te stenoze kod sistemnih arteriopatiya u bolesti Takayasu i Williams sindromu (46-48).

REZULTATI

Godine 1978. uvedena je interventna kardiologija u djece na Klinici za dječje bolesti KBC Rijeka. Na Tablici 6 prikazani su rezultati tridesetogodišnjeg rada. Posebno mjesto zbog zahtjevnosti postupka ima zatvaranje defekta septuma atrija i otvorenog arterijskog kanala. Navedene postupke, kao i prije spomenute provodimo sustavno i samostalno u našoj ustanovi, uz dobro organiziran timski rad čime se postižu optimalni rezultati. Od komplikacija smo najčešće zapazili prolazne poremećaje ritma, u jednog bolesnika

Tablica 6.
Intervencijska kardiologija Klinike za dječje bolesti, KBC Rijeka (1978.-2008.)

Table 6
Interventional cardiology in Pediatric Clinic Rijeka (1978-2008)

Zahvat	Broj bolesnika
Atrioseptostomija	168
Zatvaranje ASD	92
Zatvaranje DAP-a	41
Pulmonalna balon dilatacija	35
Dilatacija koarktacije aorte	15
UKUPNO	351

embolizaciju spirale u periferiju arterije pulmonalis, bez naknadnih posljedica. Na osnovu iznesenog može se zaključiti da interventna pedijatrijska kardiologija proširuje i otvara nove mogućnosti i perspektive u budućem liječenju prirođenih srčanih grešaka u djece i odraslih.

LITERATURA

- Rao PS. Historical aspects of therapeutic catheterisation. In: Rao PS (ed). Transcatheter therapy in pediatric cardiology. New York Wiley-Liss 1993; 1-6.
- Rashkind WJ, Miller WW. Creation of an atrial septal defect without thoracotomy: palliative approach to complete transposition of the great arteries. JAMA 1966; 196: 991-2.
- Latson LA. Transcatheter closure of atrial septal defects. In: Rao PS (ed). Transcatheter therapy in pediatric cardiology. New York Wiley-Liss 1993; 335-48.
- Masura J, Gavora P, Formanek A, Hijazi ZM. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects using new self-centering Amplatzer septal occluder: initial human experience. Cathet Cardiovasc Intervent 1997; 42: 388-93.
- Atiq M, Khan SA, Tipu FA, Amin Z. Combined treatment for multiple cardiac defects with interventional techniques. Pediatr Cardiol 2008; 29: 890-3.
- Numan M, El Sisi A, Ofeig M, Gendi S, Tohami T, El-Sain HG. Cribriform Amplatzer device closure of fenestrated atrial septal defects: Feasibility and technical aspects. Pediatr Cardiol 2008; 29: 530-5.
- Zahn EM, Wilson N, Cutrigh W, Latson LA. Development and testing of the Helex septal occluder, a new expanded polytetrafluoroethylene atrial septal defect occlusion system. Circulation 2001; 104: 711-6.
- Latson LA, Zahn EM, Wilson N. Helex septal occluder for closure of atrial septal defects. Current Interventional Cardiology Reports 2000; 2: 268-73.
- Latson LA. Per-catheter ASD closure. Pediatr Cardiol 1998; 19: 86-93.
- Porstmann W, Vierny L, Warnke H. Der Verschluss des DAP ohne Thoracotomie (I. Mitteilung). Thoraxchirurgie 1967; 15: 199-203.
- Rashkind WJ, Causo CC. Transcatheter closure of atrial septal defects in children. Proc Assoc Europ Pediatr Cardiol 1977; 13-49.
- Kan JS, White RI Jr, Mitchell SE, Gardner TJ. Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary valve stenosis. N Engl J Med 1982; 307: 540-2.
- Singer MI, Rowen M, Dorsey TJ. Transluminal aortic balloon angioplasty for coarctation of the aorta in the newborn. Am Heart J 1981; 103: 131-2.
- Lock JE, Bass JL, Amplatz K, Fuhrman BP, Castaneda-Zuniga W. Balloon dilatation angioplasty of aortic coarctation in infants and children. Circulation 1983; 68: 109-16.
- Lababidi Z, Wu JR, Walls TJ. Percutaneous balloon aortic valvuloplasty results in 23 patients. Am J Cardiol 1984; 53: 194-7.
- Mullins CE, O'Laughlin MP, Vick III GW et al. Implantation of balloon expandable intravascular grafts by catheterization in pulmonary arteries and systemic veins. Circulation 1988; 77: 188.
- O'Laughlin MP, Perry SB, Lock JE, Mullins CE. Use of endovascular stents in congenital heart disease. Circulation 1991; 83: 1923-39.
- Lock JE, Block PC, McKay RG et al. Transcatheter closure of ventricular septal defects. Circulation 1988; 78: 361-8.
- Bridges ND, Lock JE. Transcatheter closure of ventricular septal defects. Prog Pediatr Cardiol 1992; 1: 72-7.
- Ahel V, Čače N, Dessardo S, Žagar D, Rožmanić V. Transkatetersko zatvaranje defekta interatrijskog septuma. U: Pedijatrijska kardiologija - odabrana poglavlja 2. dio Ur. Ivan Malčić i sur. Medicinska naklada Zagreb 2003; 227-33.
- Ahel V, Bosnar B, Šepić A, Beleznaý O, Rožmanić V. Transposition of the great arteries. The importance of early diagnosis and palliative treatment. Jug Pedijatr 1985; 28: 129-32.
- Ahel V, Palčevski G, Šepić A, Rožmanić V. The congenital pulmonary artery stenosis treated with transluminal balloon dilatation in childhood. Radiol Oncol 1992; 26: 1-3.
- Palčevski G. Uloga balonske atrioseptostomije u liječenju cijanotičnih prirođenih srčanih grešaka u Klinici za dječje bolesti Kantrida od 1980. do 1993. Magistarski rad, Rijeka 1994.
- Marinović B, Malčić I, Gjergja Z, Šarić D. Stanje i perspektive pedijatrijske intervencijske kardiologije u Republici Hrvatskoj. Paediatr Croat 2003; 47 (Supl 1): 9-15.
- Fischer G, Kramer HH, Stich J, Harding P, Jung O. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects with the new self-centering Amplatzer septal occluder. Eur Heart J 1999; 20: 541-9.
- Wilkinson JL. (ed). Can transcatheter closure of atrial septal defect be regarded as "standard" procedure? Cardiol Young 1999; 9: 458-61.
- Reis MW et al. Nickel release after implantation of the Amplatzer occluder. Am Heart J 2003; 145 (4): 737-41.
- Harper RW, Mottram PM, McGraw DJ. Closure of secundum atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder device: Technique and problems. Cathet Cardiovasc Intervent 2002; 57: 508-24.
- Du ZD, Koenig P, Vao DL, Waight D, Heitschmidt M, Hijazi ZM. Comparison of transcatheter closure of secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occluder associated with deficient versus sufficient rims. Am J Radiol 2002; 90 (8): 865-9.
- Berger F et al. Transcatheter closure as standard treatment for most interatrial defects: experience in 200 patients treated with Amplatzer septal occluder. Cardiol Young 1999; 9: 468-73.
- Magni G et al. Two and three-dimensional transesophageal echocardiography in patient selection and assessment of atrial septal defect closure by the new DAS-Angel Wings device: initial clinical experience. Circulation 1997; 96: 1722-8.
- Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, Silverman NH, Larnitz K. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults - Results of multicenter nonrandomized trial. J AM Coll Cardiol 2002; 39 (11): 1836-44.
- Durongpisitkul K et al. Comparison of atrial septal defect closure using Amplatzer septal occluder with surgery. Pediatr Cardiol 2002; 23 (1): 36-40.
- Beger F, Vogel M, Alexi-Meskishvili V, Lange PE. Comparison of results and complications of surgical and Amplatzer device closure of atrial septal defects. J Thorac Cardiovasc Surg 1999; 118: 674-80.
- Chessa M et al. Early and late complications associated with transcatheter occlusion of secundum atrial septal defect. J AM Coll Cardiol 2002; 39 (6): 1061-5.
- Cowley CG et al. Comparison of results of closure of secundum atrial septal defect by surgery versus Amplatzer septal occluder. Am J Cardiol 2001; 88 (5): 589-92.
- Hessling G, Hycs S, Brockmeier K, Ulmer HE. Cardiac dysrhythmias in pediatric patients before and 1 year after transcatheter closure of atrial septal defects using Amplatzer septal occluder. Pediatr Cardiol 2003; 24: 259-62.
- Treples T et al. Cardiac perforation following transcatheter PFO closure. Cathet Cardiovasc Intervent, (Abstract), 2003; 58: 111-3.
- Chun DS, Turrentine MW, Moustapha A, Hoyer MH. Development of aorta-to-tight atrial fistula following closure of secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occluder. Cathet Cardiovasc Intervent 2003; 58 (2): 246-51.

40. Cambier PA, Kirby WC, Wortham DC, Moore WJ. Percutaneous closure of the small (less than 2.5 mm) patent ductus arteriosus using coil embolization. *Am J Cardiol* 1992; 69: 815-6.
41. Ahel V, Kilvain S, Rožmanić V, Carminati M. Mogućnost zatvaranja perzistirajućeg duktusa arteriozusa botalli tijekom invazivne dijagnostike. *Pediatr Croat* 1999; 43: 145-7.
42. Al-Hamash S, Nasir IV. Novel procedure for treatment of aortic obstruction caused by Amplatzer occluder of patent ductus arteriosus. *Pediatr Cardiol* 2008; 29: 782-5.
43. Masura J, Walsh KP, Thanopoulos BV et al. Catheter closure of moderate to large-sized patent ductus arteriosus using the new Amplatzer Duct Occluder: immediate and short-term results. *JACC* 1998; 31: 878-82.
44. Sandhu SK, King TD, Troutman WB et al. Transcatheter closure of patent ductus arteriosus with the Amplatzer Duct Occluder: short-term follow-up. *J Invas Cardiol* 2001; 13: 298-302.
45. Rao SP. Transcatheter occlusion of moderate to large patent ductus arteriosus. *J Invas Cardiol* 2001; 303-5.
46. Ashwath R, Gruensterin D, Siwik E. Percutaneous stent placement in children weighing less than 10 kilograms. *Pediatr Cardiol* 2008; 29: 562-7.
47. Dragulescu A, Sidibe N, Aubert F, Fraisse A. Successful use of covered stent to treat superior systemic baffle obstruction and leak after atrial switch procedure. *Pediatr Cardiol* 2008; 29: 954-6.
48. Rothman A, Mayman GA, Evans WN, Berthoty D. Overlapping covered stents to exclude a postcoarctation stenting aortic aneurysm. *Pediatr Cardiol* 2008; 29: 962-5.

Summary

INTERVENTIONAL CARDIOLOGY IN CHILDREN

V. Ahel, N. Čače, D. Žagar, S. Dessardo

The actual possibilities of interventional cardiology in childhood are presented here, as well as our own results in the period between 1978 and 2008. Also, there are descriptions of new methods for successful treatment for some congenital heart defects like ASD closure with umbrella device, PDA closure with coil or plug occluder, stenting of coarctation of aorta and other lesions avoiding surgical treatment. By improving the technology and knowledge new perspectives and possibilities in transcatheter treatment of congenital heart defects in children and adults will be opened.

Descriptors: INTERVENTIONAL CARDIOLOGY, CHILD, TRANSCATHETER CLOSURE OF CONGENITAL HEART DEFECTS