

# Trattamento transcateretere del dotto arterioso pervio

Massimo Chessa, Bamoshmoosh Mohamed\*, Sandra Giusti\*, Gianfranco Butera, Roberta Margherita Bini, Nicola Carano\*\*, Aldo Agnetti\*\*, Umberto Squarcia\*\*, Giovanna Di Gregorio, Mario Carminati

Cardiologia Pediatrica, Istituto Policlinico San Donato, San Donato Milanese (MI), \*Cardiologia Pediatrica CREAS-CNR, Ospedale G. Pasquinucci, Massa, \*\*Cardiologia Pediatrica, Università degli Studi, Parma

Key words:  
Interventional  
cardiology; Patent  
ductus arteriosus.

Isolated patent ductus arteriosus accounts for 10 to 18% of all cardiovascular malformations. Transcatheter closure of the patent ductus arteriosus has now become established practice with a high success rate and a low incidence of complications. Many devices have been proposed during the last 20 years. The use of some of these devices has largely been abandoned for different reasons: high costs, the need of large transvenous sheaths and the high incidence of late residual shunts.

The devices currently available (Amplatzer duct occluder, buttoned device, DuctOcclud coil, Gianturco-Grifka vascular occlusion device, detachable coils) render the embolization of a patent ductus arteriosus relatively easy, with a short hospital stay. We feel that this is the treatment of choice for the majority of patients with a patent ductus arteriosus.

The aim of this article was to review our experience and report the state-of-the-art in transcatheter patent ductus arteriosus therapy.

(Ital Heart J Suppl 2002; 3 (11): 1092-1097)

© 2002 CEPI Srl

Ricevuto il 15 maggio 2001; nuova stesura il 9 settembre 2002; accettato il 12 settembre 2002.

Per la corrispondenza:

Dr. Massimo Chessa

Cardiologia Pediatrica  
Istituto Policlinico  
San Donato  
Via Morandi, 30  
20097 San Donato  
Milanese (MI)  
E-mail: massimo.chessa@  
lycos.com

Il dotto arterioso pervio (DAP) isolato rappresenta dal 10 al 18% di tutte le malformazioni cardiovascolari<sup>1,2</sup>. L'orientamento terapeutico nell'ultimo decennio è stato di chiudere il DAP per il sovraccarico di volume secondario allo shunt sinistro-destro e per il rischio di endocardite<sup>3</sup>. I dispositivi attualmente in uso sono diversi.

## Dispositivi, tecniche, risultati e complicanze

**Dispositivi a disco.** La prima descrizione dell'occlusione transcateretere del dotto fu pubblicata nel 1967<sup>4</sup>, 28 anni dopo la prima legatura chirurgica del dotto effettuata con successo da parte di Gross e Hubbard<sup>5</sup>.

Porstmann et al.<sup>4</sup> descrissero l'uso dell'"Ivalon Plug" che, a causa della grandezza dell'introduttore necessario per inserirlo, non ebbe successo.

Nel 1979, Rashkind et al.<sup>6</sup> descrissero un piccolo dispositivo ad ombrello. Per migliorare le percentuali di rilascio ed occlusione tale dispositivo venne modificato con un doppio disco senza gancio (Rashkind PDA Occluder, USCI, Billerica, MA, USA). Questo device era costituito da due dischi di poliuretano montati su tre bracci opposti con un aspetto simile a due ombrel-

li. I bracci erano fissati ad un meccanismo a molla centrale creando così una tensione opposta tra i due ombrelli. Le misure disponibili erano di 12 e 17 mm. Dopo il rilascio il dispositivo si apriva perpendicolarmente al corpo del catetere, mettendosi a cavallo della lesione da embolizzare. Questo dispositivo è stato usato largamente nel mondo per diversi anni, ma ha risentito del principale svantaggio del costo e dell'incidenza di shunt residuo del 10-20%<sup>7-10</sup>. Questo dispositivo non è più disponibile in commercio.

Dal 1989 il dispositivo di Rashkind (RD) è stato modificato con l'estensione dei bracci e l'aggiunta di un "gomito" al centro di ogni braccio al fine di produrre il Clamshell Septal Occluder (Nitinol Medical Technical Incorporated, Boston, MA, USA), un dispositivo a doppio ombrello di seconda generazione che rappresenta lo sviluppo del Clamshell<sup>11</sup>. Il CardioSeal è costituito da una struttura metallica ricoperta ad ombrello da un tessuto di poliestere a maglia. Il dispositivo è disponibile in 5 misure diverse, di 17, 23, 28, 33 e 40 mm rispettivamente, che può essere rilasciato attraverso un introduttore da 10F ed è stato creato per la chiusura dei difetti interatriali.

Infine sono in corso trial clinici internazionali (anche negli Stati Uniti) per valuta-

re il “buttoned device” (Custom Medical Devices, Atene, Grecia; Amarillo, TX, USA). Questo dispositivo è costituito da tre componenti: un otturatore spesso 1/16”, una schiuma di poliuretano di forma quadrata montata a forma di X e un contro-otturatore, con uno scheletro guida di acciaio inossidabile, rivestito di teflon con un sistema di rilascio. L’otturatore avvolto può essere introdotto attraverso un introduttore da 7F. Dispositivi da 15 e 20 mm sono stati prodotti; nel tentativo di ridurre la misura dell’introduttore di rilascio (da 7 a 6F), è stato concepito un dispositivo pediatrico.

**Tecnica.** La chiusura del dotto utilizzando il CardioSeal viene eseguita con una tecnica simile a quella utilizzata per anni per il RD attualmente non più in uso. Al paziente sedato ed in anestesia locale viene incannulata sia la vena sia l’arteria femorale. Dopo un cateterismo standard per valutare il rapporto tra il flusso polmonare e quello sistemico, si sonda il dotto utilizzando un Judkins destro da 5F. Una guida da scambio viene quindi stabilizzata in aorta discendente. Il catetere viene scambiato con un “long sheath” da 11F attraverso il quale si introduce il sistema di rilascio precedentemente montato con il device della misura stimata sufficiente. Il rilascio del device inizia con l’apertura del disco sul versante aortico e dopo delle angiografie di controllo in proiezione latero-laterale, si procede al rilascio del disco sul versante polmonare e quindi al distacco del device.

**Risultati.** Musewe et al.<sup>12</sup> hanno descritto per i pazienti trattati con il RD, uno shunt residuo del 38% a 24 ore che si riduce al 19.7% al follow-up di 1 anno. La percentuale di shunt residuo si riduceva del 5% nei casi in cui un secondo RD fosse stato usato<sup>10</sup>. Esami ecocardiografici seriati hanno mostrato che l’occlusione spontanea dello shunt residuo può verificarsi anche 2 anni dopo il posizionamento del RD<sup>8</sup>.

I nostri risultati (Tab. I) sono paragonabili con quelli riportati da altri autori. Ottantuno pazienti (25 maschi, 56 femmine) sono stati trattati con il RD all’età media di  $10.7 \pm 12.1$  anni (range 0.5-59 anni), ed il peso medio di  $31.8 \pm 24.4$  kg (range 5-64 kg). Un RD da 12 mm è stato impiantato in 38 pazienti, da 17 mm in 43 pazienti. L’embolizzazione del dispositivo (12 mm) si è verificata in 2 pazienti (2.5%); questi sono stati recuperati con successo ed è stato posizionato un dispositivo da 17 mm. All’ultimo follow-up ( $39.6 \pm 19.1$  mesi) 19 pazienti (20%) avevano uno shunt residuo: 2 pazienti sono stati sottoposti all’impianto di un secondo RD, 2 pazienti a chirurgia e 5 ebbero impiantata una spirale. Negli ultimi 10 pazienti lo shunt residuo fu giudicato non emodinamicamente significativo e fu prescritta solo la profilassi dell’endocardite batterica.

In 9 pazienti ( $37.8 \pm 23.9$  anni,  $52.4 \pm 19.6$  kg) è stato impiantato un dispositivo CardioSeal ASD da 18 mm. Questo sistema è stato scelto a causa della forma fenestrata del dotto che non poteva essere chiuso con altri dispositivi allora in uso. Nessuno shunt angiografico residuo immediato è stato evidenziato e la chiusura completa è stata registrata al color Doppler 24 ore dopo la dimissione ospedaliera. Nessuna ostruzione polmonare o aortica è stata registrata al follow-up.

Non abbiamo un’esperienza personale di chiusura del DAP con il “buttoned device”. Recentemente Sideris et al.<sup>13</sup> hanno riportato i risultati di un’esperienza di 6 anni. Sono stati sottoposti ad impianto di device 280 pazienti; la completa occlusione è stata riscontrata in 167 pazienti (60%). Shunt residui insignificanti o piccoli erano presenti in 113 pazienti. Durante un follow-up medio di 24 mesi (range 1-60 mesi) 4 pazienti furono sottoposti a legatura chirurgica del DAP per shunt residui con o senza emolisi. Tre pazienti furono trattati con l’inserimento di spirali.

**Tabella I.** Caratteristiche e risultati dei pazienti da noi trattati con quattro diversi dispositivi di chiusura del dotto arterioso pervio.

Tipo di protesi	N. pazienti	MMID (mm)	Qp/Qs	TF media (range) (min)	SR (%)			CCA	PLC	Commenti
					24 ore	6 mesi	12 mesi			
RD	81	$2.6 \pm 1$	$1.9 \pm 0.9$	25 (8-153)	25	15	14	2 DIV, 1 SSSVAo, 1 minima IAo	2	3 pazienti con sindrome di Down
CS	9	Fenestrato	$2.3 \pm 1.1$	16 (10-46)	10	0	0	No	No	Nessuna ostruzione aortica o polmonare
DC	144	$2.3 \pm 1$	$1.8 \pm 0.7$	12.5 (3-153)	18	5.5	4	4 DIV, 1 Ao-P coll, 1 SSSVAo	3	6 spirali impiantate su RD
ADO	44	$3.8 \pm 1.1$	$2.4 \pm 0.8$	14 (6-46)	29	0	-	No	No	2 embolizzazioni e successiva chiusura chirurgica

ADO = Amplatzer duct occluder; Ao-P coll = collaterali aorto-polmonari; CCA = cardiopatie congenite associate; CS = CardioSeal; DC = spirale a distacco controllato; DIV = difetto interventricolare; IAo = insufficienza aortica; MMID = diametro medio minimo interno del dotto; PLC = precedente legatura chirurgica; Qp/Qs = rapporto flusso polmonare/flusso sistemico; RD = dispositivo di Rashkind; SR = shunt residuo; SSSVAo = stenosi sottovalvolare aortica; TF = tempo di fluoroscopia.

**Spirali.** La spirale di acciaio inossidabile di Gianturco et al.<sup>14</sup> è stata utilizzata per almeno due decenni. L'embolizzazione con la spirale è stata usata nel trattamento delle fistole artero-venose, delle malformazioni cardiovascolari e collaterali sistemico-polmonari. Nel 1994 Moore et al.<sup>15</sup> hanno descritto la chiusura di piccoli DAP utilizzando le spirali. Da allora diversi autori<sup>16-18</sup> hanno descritto l'uso di questa tecnica con risultati soddisfacenti. Hijazi e Geggel<sup>19</sup> hanno descritto la chiusura del DAP utilizzando più spirali di Gianturco contemporaneamente. Le spirali a rilascio controllato sono, tra quelle ora in uso, le preferite<sup>20,21</sup> (Fig. 1).

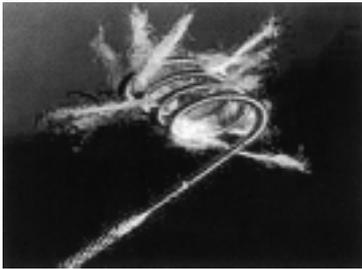


Figura 1. Spirale a distacco controllato.

**Tecnica.** Al paziente sedato viene incannulata un'arteria femorale con un introduttore da 4 o 5F. Dopo eparizzazione routinaria vengono registrati i dati emodinamici del cuore sinistro. L'anatomia del DAP è delineata con un'aortografia in proiezione latero-laterale. Il catetere pigtail utilizzato per l'angiografia viene quindi scambiato con un catetere per spirali (Microvena Corporation, White Bear Lake, MN, USA) che viene fatto avanzare per via retrograda nell'arteria polmonare attraverso il DAP. La spirale è fatta avanzare all'interno del catetere finché un'ansa della spirale fuoriesce dalla punta del catetere dopo che il mandrino che la tiene rigida viene sfilato. Il catetere è quindi ritirato finché l'ansa della spirale raggiunge l'orifizio polmonare del dotto. La porzione terminale della spirale viene posizionata lungo il dotto e rilasciata a livello dell'ampulla duttale aortica. Una volta che la spirale è fuoriuscita dal catetere la procedura è irreversibile e può verificarsi l'embolizzazione se la misura del dotto è sottostimata. Il miglioramento più significativo di questa tecnica è il sistema a rilascio controllato che non è disponibile negli Stati Uniti<sup>22</sup>. La spirale è connessa alla guida di rilascio tramite un meccanismo ad avvitanimento che permette all'operatore di distaccare la spirale solo quando è inserita nella posizione corretta e senza rischio di embolizzazione. L'aortografia è ripetuta dopo 10 min per documentare il risultato dell'occlusione.

La selezione della spirale è basata principalmente su due parametri: diametro interno della spirale e numero di spire. Il diametro della spirale dovrebbe essere almeno il doppio del diametro minimo misurato del dotto per

ridurre il rischio di embolizzazione della spirale. Le spirali multiple hanno bisogno di una modifica di questa tecnica. Hijazi e Geggel<sup>19</sup> suggeriscono un approccio anterogrado attraverso introduttori venosi posizionati in entrambe le vene femorali. Anche la spirale DuctOcclud (pfm-AG, Colonia, Germania) a forma biconale è disponibile eccetto che negli Stati Uniti<sup>22</sup>.

**Risultati.** I risultati dell'embolizzazione con la spirale sono stati incoraggianti. La maggior parte dei dati pubblicati descrivono i risultati della tecnica originale, di occlusione con la spirale per via retrograda. L'occlusione completa immediata (meno di 24 ore dopo l'impianto della spirale), varia dal 58%<sup>23,24</sup> al 91%<sup>19</sup>. Nel Registro Europeo sono stati arruolati 1291 pazienti<sup>25</sup>; l'occlusione completa immediata si è avuta nel 59% con un incremento del 95% ad 1 anno. La persistenza di shunt residuo è stata dimostrata dipendente dalla grandezza del dotto<sup>23,26</sup>.

Noi abbiamo trattato 144 pazienti (50 maschi, 94 femmine) (Tab. I). L'età media era di  $9.3 \pm 11.8$  anni, il peso medio di  $26.8 \pm 17.1$  kg. Nessuno dei 144 pazienti aveva ipertensione polmonare. L'impianto della spirale è stato eseguito in tutti i pazienti. Una singola spirale è stata impiantata nell'81%, 2 spirali nel 15%, 3 spirali nel 3% e 4 spirali in un solo paziente. Il tempo medio di scopia è stato di  $12.5 \pm 17$  min. Tre pazienti sono stati sottoposti all'impianto di una seconda spirale per uno shunt residuo ottenendo un'occlusione completa. Ad 1 paziente (3 anni, 11.6 kg), sono state impiantate 2 spirali su un RD, ma a causa di uno shunt residuo importante è stata posta l'indicazione alla chirurgia. L'embolizzazione si è verificata nel 6.2% (9/144 pazienti). In 8 pazienti la spirale fu recuperata attraverso uno "snare catheter" da 4F. In 1 paziente la spirale fu lasciata in un ramo polmonare periferico senza alcuna evidenza di ostruzione al flusso. Nessun paziente ha mostrato un aumento della velocità di flusso al Doppler nell'aorta discendente.

Non abbiamo un'esperienza personale con la spirale DuctOcclud.

**Plugs. Dispositivo di Amplatzer.** Recentemente Masura et al.<sup>24</sup> hanno descritto l'uso di un nuovo sistema autoespandibile: l'Amplatzer duct occluder (ADO, AGA Medical Corporation, Golden Valley, MN, USA) (Fig. 2). L'ADO è un sistema a forma di "fungo" lungo 7 mm costituito da una maglia guida in nitinolo da 0.004" al cui estremo vi è un disco, di 2 mm più ampio del "waist", che assicura un fissaggio del device sul versante aortico. Le protesi sono attualmente disponibili in misure da 6-4 a 14-12 mm con incrementi di 2 mm, ed una più piccola da 5-3 mm. La misura più grande indica il diametro del disco sul lato aortico. Il device è attaccato tramite un sistema a vite, ad un cavo di rilascio di 0.038" fatto di acciaio inossidabile. Il device viene rilasciato attraverso un introduttore di 5 o 6F.

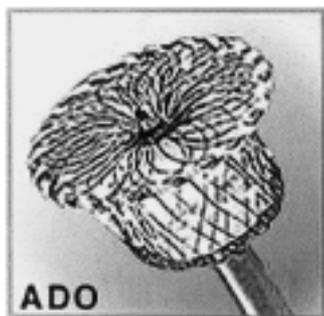


Figura 2. Dispositivo di Amplatzer (Amplatzer duct occluder-ADO).

**Tecnica.** Dopo puntura percutanea dell'arteria e vena femorale, viene eseguita una valutazione emodinamica completa con misurazioni di pressione e di saturazione in tutte le camere cardiache. Viene eseguita un'aortografia in proiezione laterale al fine di definire l'anatomia e la misura del dotto. Di seguito, un catetere multilumino da 4 o 5F viene avanzato dal lato venoso attraverso il DAP nell'aorta discendente. Usando una guida a scambio di 260 cm e 0.035" viene scambiato il catetere con un Mullins da 5 o 6F avanzato direttamente attraverso la vena femorale e posizionato nell'aorta prossimale. La protesi scelta, di diametro uguale al diametro minimo del dotto, viene quindi avvitata al cavo di rilascio, compressa nel caricatore ed introdotta nel Mullins. Sotto guida fluoroscopica, l'ADO viene fatto avanzare nell'aorta discendente, dove il disco di ritenzione è aperto. Una volta in posizione, il disco è tirato delicatamente contro l'orifizio aortico del DAP, il che può essere avvertito come una sensazione ritmica di "tira e molla" sincrona con il ciclo cardiaco. La posizione corretta è confermata da un'iniezione manuale di mezzo di contrasto attraverso il catetere aortico nell'aorta discendente. Attraverso una leggera tensione sul cavo di rilascio, l'introduttore viene quindi tirato indietro per fare aprire la parte cilindrica del sistema dentro il dotto. Una volta che la posizione ottimale viene confermata, l'ADO viene rilasciato con una rotazione antioraria del cavo di rilascio. Un'angiografia viene eseguita per controllare l'eventuale presenza di shunt residui. La profilassi con terapia antibiotica viene eseguita durante la procedura. Tutti i pazienti sono di solito dimessi 24 ore dopo la procedura senza farmaci. La profilassi dell'endocardite viene interrotta al sesto mese di follow-up.

Un altro dispositivo tipo "plug" è il dispositivo di occlusione vascolare Gianturco-Grifka (GGVOD) (Cook Inc., Bloomington, IN, USA). Questo è costituito da due componenti principali: un sacco di nylon flessibile ed una guida occludente. Il sacco è costituito da due pezzi circolari di nylon strettamente intrecciato. Il sacco è attaccato ad un catetere di 4.5F con un orifizio distale svasato; il tutto è posizionato all'interno di un catetere di rilascio a orifizio distale di 5.5F, che è 2 cm più corto del catetere a sacco. Il sistema così com-

posto viene rilasciato attraverso un introduttore transthoracico modificato di 8F. Prima del rilascio del sacco, viene eseguita l'angiografia per valutare la posizione del sistema e l'occlusione del vaso. Il sacco può essere rimosso e reinserito molte volte, finché viene ottenuta la posizione ottimale del sacco. Il GGVOD è prodotto in 4 misure: 3, 5, 7 e 9 mm; tutte le misure sono rilasciate attraverso un introduttore lungo 8F<sup>27</sup>.

**Risultati.** Thanopoulos et al.<sup>28</sup> hanno descritto 43 pazienti sottoposti ad occlusione del DAP con l'ADO; la percentuale di chiusura completa è stata del 93% a 24 ore ad una valutazione color Doppler. Nessuna complicanza è stata descritta.

Bilkis et al.<sup>29</sup> hanno descritto una percentuale del 44% di occlusione completa ed immediata in un gruppo di 209 pazienti; con valutazione color Doppler il tasso di chiusura ad 1 mese dopo l'impianto fu del 97%. L'ADO ha embolizzato in 3 pazienti; in tutti il sistema fu rimosso al momento della legatura chirurgica.

I dati riportati da entrambi gli autori concordano con il registro internazionale della chiusura transcaterete del DAP utilizzando l'ADO<sup>30</sup>. Il tasso di occlusione completa era del 100% all'ecocardiografia color Doppler. La complicanza maggiore descritta fu l'embolizzazione del sistema e la conseguente morte; altre 14 complicanze minori sono state descritte.

Noi abbiamo trattato 44 pazienti con impianto di ADO. L'età media era di 8.9 anni (range 2-62.7 anni); 23 pazienti avevano meno di 15 anni. Il peso medio era di 59 kg (range 6.3-100 kg). Nessun paziente aveva associata ipertensione polmonare. Due pazienti sono andati incontro ad embolizzazione della protesi; in tutti e due i casi la protesi è stata rimossa al momento dell'intervento chirurgico. Il diametro della protesi è stato di 6/4 mm in 28, 8/6 mm in 10, e 10/8 mm in 6 pazienti. Tutti i pazienti hanno completato il follow-up clinico a 6 mesi con un tasso di occlusione completo del 100% all'ecocardiografia color Doppler transtoracica.

### Attuali raccomandazioni

La chiusura transcaterete del DAP rappresenta oggi la tecnica elettiva, con bassa morbilità. Diversi dispositivi sono stati utilizzati negli ultimi 20 anni. Alcuni dei sistemi usati, il doppio ombrello di Rashkind<sup>12,13</sup>, il sistema "a bottone" di Sideris<sup>31,32</sup>, ed il GGVOD<sup>27</sup>, sono rilasciati attraverso introduttori da 7 a 11F, che rendono la loro applicazione difficile nei bambini. Le spirali possono essere rilasciate attraverso un introduttore da 4F; l'ADO può essere rilasciato attraverso introduttore da 5 a 6F<sup>24,26</sup>. Le spirali a rilascio controllato, rappresentano il trattamento di scelta in molti centri. Si tratta di un dispositivo relativamente semplice da posizionare con un ottimo tasso di successo e pochi rischi. I limiti dell'embolizzazione con la spirale includono dotto di misura ampia (> 4 mm), e dotti di tipo fene-

strato. L'ADO è stato disegnato per migliorare il tasso di chiusura del DAP di diametro da moderato a largo indipendentemente dalla configurazione anatomica. Un importante vantaggio dell'ADO è che può essere facilmente ritirato nell'introduttore di rilascio e riaperto diverse volte; questo riduce il rischio di embolizzazione e il tempo di scopia. Noi non abbiamo alcuna esperienza dell'uso di sistemi come quello "a bottone" o il GGVOOD e non possiamo fornire indicazioni relative al loro utilizzo.

La nostra politica corrente è: 1) DAP < 2.5 mm → spirali a distacco controllato; 2) DAP 2.5-4 mm → spirali multiple o ADO; 3) DAP > 4 mm → ADO.

Tali indicazioni concordano con quanto recentemente riportato da Hijazi<sup>33</sup> in un suo editoriale relativo alla chiusura del DAP negli adolescenti e negli adulti.

Raccomandiamo la profilassi antibiotica dell'endocardite per 6 mesi. Il dotto deve essere gestito con cura durante la procedura perché può verificarsi una chiusura funzionale intermittente<sup>34</sup>.

Nella nostra esperienza la complicità maggiore con la spirale e l'ADO è stata l'embolizzazione involontaria nell'arteria polmonare. Riteniamo che l'errore risieda nella scelta di un device troppo piccolo. È necessario scegliere un diametro della spirale almeno il doppio rispetto al diametro minimo misurato del dotto ed un ADO almeno 2 mm più largo del diametro più piccolo del DAP.

Dalla nostra esperienza e dai dati pubblicati concludiamo che l'occlusione del dotto transcatetere è un metodo sicuro ed efficace. È associato a risultati a lungo termine eccellenti e con poche complicanze.

## Riassunto

Il dotto arterioso pervio rappresenta dal 10 al 18% di tutte le malformazioni cardiache. La chiusura transcatetere, è diventata una tecnica con un'alta percentuale di successo ed una bassa incidenza di complicanze. Numerosi dispositivi sono stati introdotti in commercio negli ultimi 20 anni. L'uso di alcuni di questi dispositivi è stato abbandonato per diverse ragioni: alti costi, necessità di utilizzare introduttori di largo calibro, elevata incidenza di shunt residuo. I dispositivi attualmente principalmente usati (Amplatz duct occluder, buttoned device, DuctOcclud coil, Gianturco-Grifka vascular occlusion device, detachable coils), hanno reso la tecnica di chiusura transcatetere relativamente semplice, riducendo i tempi di ricovero. Noi riteniamo che questo sia il trattamento di scelta per la maggioranza dei pazienti con dotto arterioso pervio.

Scopo di questo lavoro è rivisitare la nostra casistica e fare il punto sullo stato dell'arte.

**Parole chiave:** Cardiologia interventistica; Dotto arterioso pervio.

## Bibliografia

1. Gasul BM, Arcilla RA, Lev M. Heart disease in children. Philadelphia, PA: Lippincott, 1966: 75-9.
2. Warkany J. Congenital malformations. Chicago, IL: Year Book Medical Publishers, 1971: 154.
3. Campbell M. Natural history of persistent ductus arteriosus. Br Heart J 1968; 30: 4-13.
4. Porstmann W, Wierny L, Warnke H. Der Verschluss des ductus arteriosus persistens ohne Thorakotomie. Thoraxchirurgie 1967; 9: 168-9.
5. Gross RE, Hubbard JP. Landmark article Feb 25, 1939: Surgical ligation of a patent ductus arteriosus. Report of first successful case. JAMA 1984; 251: 1201-2.
6. Rashkind WJ, Cuaso CC. Transcatheter closure of a patent ductus arteriosus: successful use in a 3.5 kg infant. Pediatr Cardiol 1979; 1: 3-7.
7. Rashkind WJ, Mullins CE, Hellenbrand WE, Tait MA. Non-surgical closure of patent ductus arteriosus: clinical application of the Rashkind PDA Occluder System. Circulation 1987; 75: 583-92.
8. Hosking MCK, Benson LN, Musewe N, Dyck JD, Freedom RM. Transcatheter occlusion of the persistently patent ductus arteriosus: forty-month follow-up and prevalence of residual shunting. Circulation 1991; 84: 2313-7.
9. Transcatheter occlusion of persistent arterial duct. Report of the European Registry. Lancet 1992; 340: 1062-6.
10. Huggon IC, Tabatabaei AH, Qureshi SA, Baker EJ, Tynan M. Use of a second transcatheter Rashkind arterial duct occluder for persistent flow after implantation of the first device: indications and results. Br Heart J 1993; 69: 544-50.
11. Carminati M, Giusti S, Hausdorf S, et al. A European multicentric experience using the CardioSeal and Starflex double umbrella devices to close interatrial communications holes within the oval fossa. Cardiol Young 2000; 10: 519-26.
12. Musewe NN, Benson LN, Smallhorn JF, Freedom RM. Two-dimensional echocardiographic and color flow Doppler evaluation of ductal occlusion with the Rashkind prosthesis. Circulation 1989; 80: 1706-10.
13. Sideris EB, Rao PS, Zamora R. The Sideris buttoned devices for transcatheter closure of patent ductus arteriosus. J Interv Cardiol 2001; 14: 239-46.
14. Gianturco C, Anderson JH, Wallace S. Mechanical devices for arterial occlusion. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1975; 124: 428-35.
15. Moore JW, George L, Kirkpatrick SE, et al. Percutaneous closure of the small patent ductus arteriosus using occluding spring coils. J Am Coll Cardiol 1994; 23: 759-65.
16. Lloyd TR, Fedderly R, Mendelsohn AM, Sandhu SK, Beckman RH III. Transcatheter occlusion of patent ductus arteriosus with Gianturco coils. Circulation 1993; 88 (Part 1): 1412-20.
17. Rosenthal E, Qureshi SA, Reidy J, Baker EJ, Tynan M. Evolving use of embolisation coils for occlusion of the arterial duct. Heart 1996; 76: 525-30.
18. Rao PS. Coil occlusion of patent ductus arteriosus. J Invasive Cardiol 2001; 13: 303-5.
19. Hijazi ZM, Geggel RL. Transcatheter closure of large patent ductus arteriosus (> or = 4 mm) with multiple Gianturco coils: immediate and mid-term results. Heart 1996; 76: 536-40.
20. Uzun O, Hancock S, Parsons JM, Dickinson DF, Gibbs JL. Transcatheter occlusion of the arterial duct with Cook detachable coils: early experience. Heart 1996; 76: 269-73.
21. Tometzki AJ, Arnold R, Peart I, et al. Transcatheter occlusion of the patent ductus arteriosus with Cook detachable coils. Heart 1996; 76: 531-5.

22. Oho S, Ishizawa A, Koike K, et al. Transcatheter occlusion of patent ductus arteriosus with a new detachable coil system (DuctOcclud): a multicenter clinical trial. *Jpn Circ J* 1998; 62: 489-93.
23. Shim D, Fedderly RT, Beekman RH, et al. Follow-up of coil occlusion of patent ductus arteriosus. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 207-11.
24. Masura J, Walsh KP, Thanopoulous B, et al. Catheter closure of moderate- to large-sized patent ductus arteriosus using the new Amplatzer duct occluder: immediate and short-term results. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 878-82.
25. Magee AG, Huggon IC, Seed PT, Qureshi SA, Tynan M. Transcatheter coil occlusion of the arterial duct. Results of the European Registry. *Eur Heart J* 2001; 22: 1817-21.
26. Akagi T, Hashino K, Sugimura T, Ishii M, Eto G, Kato H. Coil occlusion of patent ductus arteriosus with detachable coils. *Am Heart J* 1997; 134: 538-43.
27. Grifka RG. Transcatheter PDA closure using the Gianturco-Grifka vascular occlusion device. *Curr Interv Cardiol Rep* 2001; 3: 174-82.
28. Thanopoulos BV, Hakim FA, Hiari A, et al. Further experience with transcatheter closure of the patent ductus arteriosus using the Amplatzer duct occluder. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 1016-21.
29. Bilkis AA, Alwi M, Hasri S, et al. The Amplatzer duct occluder: experience in 209 patients. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 259-61.
30. Faella HJ, Hijazi ZM. Closure of patent ductus arteriosus with the Amplatzer PDA device: immediate results of the international clinical trial. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 51: 50-4.
31. Rao PS, Sideris EB, Haddad J, et al. Transcatheter occlusion of patent ductus arteriosus with adjustable buttoned device: initial clinical experience. *Circulation* 1993; 88: 1119-26.
32. Rao PS, Kim SH, Choj JY, et al. Follow-up results of transvenous occlusion of patent ductus arteriosus with the buttoned device. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 820-6.
33. Hijazi ZM. Catheter closure of ductus arteriosus in adolescents and adults: what to use? (editorial) *Catheter Cardiovasc Interv* 2002; 55: 519-20.
34. Chessa M, Vettukattil JJ, Stumper O. Intermittent complete closure of the arterial duct. *Cardiol Young* 2000; 10: 156-7.