

Estudio de la perfusión pulmonar mediante centellografía en el by-pass total o parcial del ventrículo derecho

EDUARDO A. KREUTZER***, ALBERTO H. QUILINDRO*, BEATRIZ ZARLENGA***, NELDA BATISTA**, MARIA I. ROMAN***, DANIEL SCHERE***, CECILIA HOFFMAN****, ANDRES SCHLICHTER***, GUILLERMO O. KREUTZER***

* Departamento Cardiovascular, Hospitales de Niños "Gutiérrez" y "Elizalde". ** Centro Cardiovascular Infantil, Clínica Bazterrica. *** Medicina Nuclear, Hospital de Niños "Dr. R. Gutiérrez", **** Medicina Nuclear, Clínica Bazterrica, Buenos Aires

Trabajo recibido para su publicación: 5/93. Aceptado: 7/93

Dirección para separatas: Callao 626, Buenos Aires, Argentina

Antecedentes

Desde la introducción del bypass parcial del ventrículo derecho en 1958 y del total en 1971, en cardiopatías congénitas complejas con hipoflujo pulmonar no pasibles de corrección, se han desarrollado diferentes variantes técnicas. La dinámica del flujo pulmonar en estos pacientes se ha estudiado con ecocardiograma bidimensional y Doppler, pero la distribución pulmonar del retorno venoso se cuantifica mejor mediante centellografía pulmonar.

Material y método

En el período 1990-1993 se estudiaron 65 pacientes con edades comprendidas entre 1 y 38 años (X: 8,5 años) mediante centellografía de perfusión pulmonar en posición acostada, con el radioisótopo Tc99mMAA. Los estudios de centellografía pulmonar fueron efectuados dentro del año del posoperatorio de cardiopatías congénitas complejas con hipoflujo pulmonar: conexión auriculoventricular univentricular en 36, cardiopatías congénitas con hipoplasia de ventrículo derecho o izquierdo en 25, y 4 no pasibles de corrección biventricular. La restricción al flujo pulmonar era secundaria a estenosis o atresia pulmonar en 54, 4 eran Ebstein con ventrículo derecho hipoplásico y a 7 se les había efectuado un cerclaje pulmonar.

Resultados

Los 23 pacientes con by-pass total se dividieron en: a) atriopulmonar (13 casos); b) cavopulmonar total (4 pacientes); c) cavoatriopulmonar: cavopulmonar bidireccional y atriopulmonar en 4 individuos; d) técnica de Kawashima en 2 pacientes. By-pass parcial se efectuó en 42 casos que se dividieron en: a) anastomosis cavopulmonar bidireccional en 29 pacientes (23 pulsátil o hiperpulsátil); b) Glenn clásico en 3 sujetos; c) biventricular parcial en 10 casos.

Conclusiones

La centellografía pulmonar por vía venosa superior demuestra que en las anastomosis cavopulmonares bidireccionales y totales la perfusión pulmonar es dominante del lado donde fue efectuada la corrección, a diferencia de las anastomosis atriopulmonares, en que la distribución es homogénea. Esto sugiere que, al existir una cámara de mezcla auricular del retorno venoso sistémico, las anastomosis atriopulmonares serían más fisiológicas, por mantener un flujo similar en ambos pulmones. Rev Arg Cardiol 1994; 62 (2): 151-163.

Palabras clave Perfusión pulmonar - Centellografía - By-pass total - By-pass parcial - Cardiopatía congénita - Hipoflujo pulmonar

Desde la introducción terapéutica exitosa en el año 1958 de by-pass parcial del ventrículo derecho (anastomosis cavopulmonar u operación de Glenn¹ y del by-pass total del ventrículo

derecho en el año 1971 (operación de Fontán, anastomosis atriopulmonar o Fontán-Kreutzer^{2,3} en cardiopatías congénitas complejas con hipoflujo pulmonar no pasible de trata-

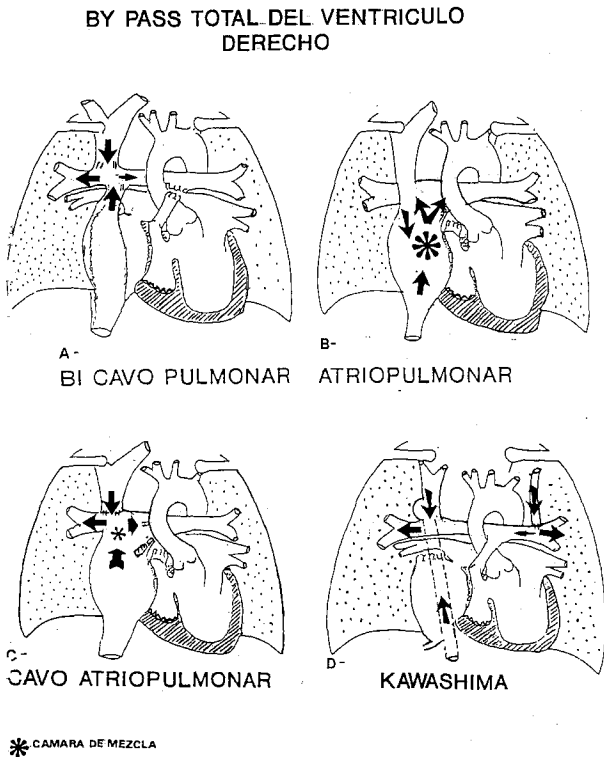


Fig. 1. Cirugía de by-pass total del ventrículo derecho. A) Anastomosis cavopulmonar total: anastomosis terminolateral de la vena cava superior transeccionada con la cara superior de la rama derecha de la arteria pulmonar. La vena cava inferior es tunelizada con un parche intraauricular hacia el cabo proximal de la vena cava superior y está anastomosada terminolateral con la cara inferior de la rama derecha de la arteria pulmonar. B) Anastomosis atriopulmonar: se efectúa entre la orejuela de la aurícula derecha y el tronco de la arteria pulmonar, previamente seccionado. C) Anastomosis cavoatriopulmonar: anastomosis efectuada entre la vena cava superior y la arteria pulmonar, rama derecha (CP2-D), y aurícula derecha al tronco de arteria pulmonar (AP).

miento quirúrgico corrector, sucesivas variantes técnicas se han desarrollado: cavopulmonar bidireccional⁴ y cavopulmonar pulsátil⁵ en el by-pass parcial y cavoatriopulmonar⁴, cavopulmonar total^{6,7} o fenestrado inicialmente^{8,9} en el by-pass total de alto riesgo del ventrículo derecho.

La dinámica del flujo pulmonar ha sido estudiada mediante ecografía 2-D Doppler¹⁰⁻¹³ pero la distribución pulmonar del retorno venoso sistémico ha sido mejor cuantificada mediante la centellografía pulmonar en el Glenn y la anastomosis atriopulmonar¹⁴⁻¹⁷ con inyección del indicador por vía venosa superior y/o inferior, aunque aún no han sido relatados los resultados en la anastomosis cavopulmonar total y la anastomosis cavopulmonar bidireccional, dife-

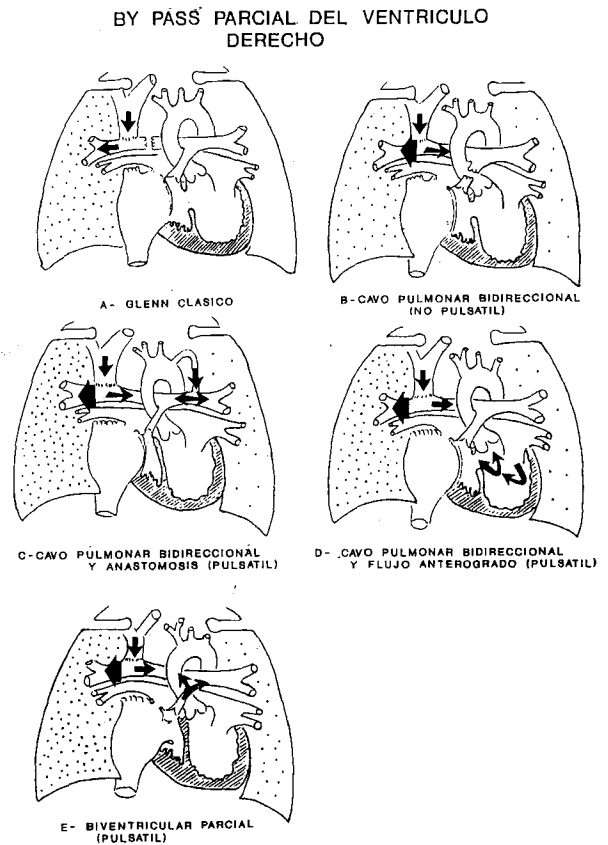


Fig. 2. Cirugía de by-pass parcial del ventrículo derecho. A) Glenn clásico: anastomosis terminolateral (funciona como terminoterminal al desconectar la rama derecha de la arteria pulmonar) de la vena cava superior transeccionada con la rama derecha distal de la arteria pulmonar. B) Glenn bidireccional no pulsátil similar al Glenn clásico, pero dejando permeable la rama derecha de la arteria pulmonar. C) Glenn bidireccional pulsátil por anastomosis subclaviopulmonar izquierda. D) Glenn bidireccional pulsátil, por flujo anterógrado ventricular. E) Corrección biventricular parcial: con septum interventricular cerrado e hipoplasia del ventrículo derecho; se efectúa un Glenn bidireccional pulsátil con flujo anterógrado ventricular derecho.

renciando la anastomosis pulsátil de la no pulsátil, motivo de este trabajo.

MATERIAL Y METODO

Pacientes

Se estudiaron 65 pacientes en el período 1990-1993, con edades comprendidas entre 1 y 38 años (media 8,5 años) con cardiopatías congénitas cianóticas con hipoflujo pulmonar (cuadros 1 y 2); 24 pacientes con conexión auriculoventricular univentricular (la atresia tricuspídea fue caracterizada según la clasificación de Burchell-Edwards), 10 pacientes con atresia pulmonar y septum interventricular cerrado y

BY PASS PARCIAL DEL VENTRICULO DERECHO

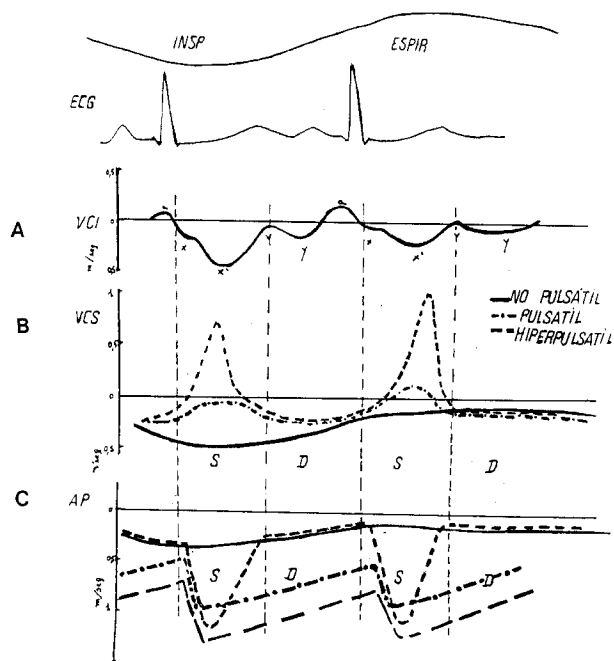


Fig. 3. Ecocardiografía 2-D Doppler en el by-pass parcial del ventrículo derecho, en cavopulmonar 2-D no pulsátil o Glenn clásico en cavopulmonar 2-D pulsátil. A) Vena cava inferior: flujo normal anterógrado sistólico y diastólico de baja velocidad y presistólico retrógrado. B) Vena cava superior.: flujo anterógrado continuo, de baja velocidad y fásico inspiratorio, en la anastomosis cavopulmonar 2-D no pulsátil y en Glenn clásico. ----: anastomosis cavopulmonar 2-D hiperpulsátil, con flujo retrógrado sistólico. -.-.-: anastomosis cavopulmonar 2-D pulsátil, con interrupción del flujo anterógrado en sístole. C) Arteria pulmonar.: flujo anterógrado, de baja velocidad, continuo y fásico inspiratorio, en la anastomosis cavopulmonar 2-D no pulsátil y Glenn clásico. ----: flujo anterógrado, de mediana velocidad, en anastomosis cavopulmonar 2-D hiperpulsátil, por anastomosis sistémico-pulmonar (continuo) o flujo anterógrado ventricular (sistólico). -.-.-: flujo anterógrado, en anastomosis cavopulmonar 2-D pulsátil, de menos velocidad que la anastomosis hiperpulsátil.

15 con cardiopatías congénitas complejas no pasibles de corrección biventricular con hipoplasia del ventrículo derecho o izquierdo. La restricción al flujo pulmonar era secundaria a: estenosis o atresia pulmonar (54 pacientes), Ebstein con ventrículo derecho hipoplásico (4 sujetos) o cerclaje de la arteria pulmonar (7 individuos).

Cirugía de by-pass de ventrículo derecho

Los 65 pacientes tenían cirugía de by-pass del ventrículo derecho: by-pass total (BPT) 23, mediante (fig. 1, cuadro 1): 13 anastomosis

BY PASS TOTAL DE VENTRICULO DERECHO

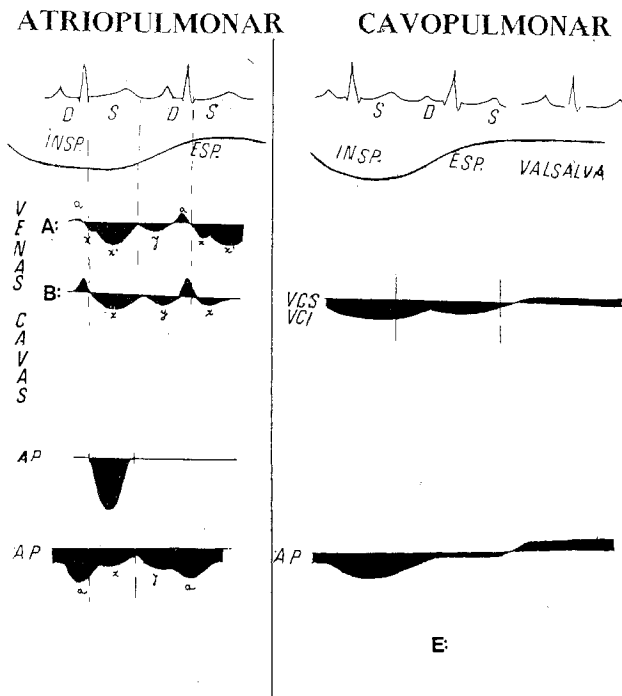


Fig. 4. Ecocardiografía 2-D Doppler en el by-pass total del ventrículo derecho en la anastomosis atriopulmonar y cavopulmonar total. A) Flujo en vena cava superior normal. B) Flujo en vena cava superior en atriopulmonar, con mayor velocidad presistólica retrógrada. C) Flujo en arteria pulmonar normal: anterógrado sistólico, de mediana velocidad. D) Flujo en arteria pulmonar en atriopulmonar: bifásico anterógrado, sistólico y diastólico, a predominio presistólico de baja velocidad. E) En anastomosis cavopulmonar total: flujo en venas cavas y arteria pulmonar igual: continuo de baja velocidad, fásico inspiratorio.

atriopulmonar (AP) con técnica posterior,¹⁸ 4 con cavopulmonar total (CPT)⁷ y 4 con cavotriopulmonar (CAP), o sea con cavopulmonar bidireccional (CP2-D) y AP y 2 con técnica de Kawashima,⁶ o sea CP2-D en interrupción de vena cava inferior y continuación por vena ácigos a vena cava superior en 1 paciente y efectuada bilateralmente por doble vena cava superior sin vena innominada en el otro. Tenían by-pass parcial (BPP) 42 pacientes (fig. 2, cuadro 2): 24 con CP2-D pulsátil (flujo anterógrado ventricular y/o anastomosis subclaviopulmonar) o no pulsátil (5 pacientes), operados con o sin circulación extracorpórea, 3 con Glenn clásico y 10 con corrección biventricular parcial, o sea el flujo correspondiente a la vena cava inferior sigue el recorrido normal hacia arteria pulmonar, mientras que el flujo de la vena cava superior es derivado a la arteria pulmonar mediante CP2-D pulsátil.

Cuadro 1
By-pass total de ventrículo derecho

Paciente	Edad	Diagnóstico y cirugía previa	Cirugía actual	Centellograma PD/PI
1) L.V.	9 años	AT IB + ASPI	Atriopulmonar	MS: 60/40
2) E.G.	8 años	AT IB + ASPI	Atriopulmonar	MS: 60/40
3) F.E.	13 años	TGA + Hipop. VD + CIV + EP + ASPI	Atriopulmonar + cierre de tricúspide	MS: 40/60
4) P.A.	14 años	TGA + EP + Hipop. VD + CIV + ASPD	Atriopulmonar + 3Cierre de tricúspide	MS: 42/58
5) H.A.	6 años	AT IC + Cerclaje AP	Atriopulmonar + Cavopulmonar lat. lateral	MS: 58/42 MI: 55/45
6) V.V.	3 años	AT IB + ASPI	Atriopulmonar	MS: 50/50
7) V.M.	7 años	V. único + EP	Atriopulmonar + Anast. VCSI c/APR + Cierre tricúspide	MS: 50/50
8) P.S.	9 años	AT IB	Atriopulmonar	MS: 56/44
9) A.R.	15 años	V. único + EP + Dextroversión	Atriopulmonar + Cierre de tricúspide	MS: 64/36
10) B.N.	4 años	AT IB + ASPI	Atriopulmonar	MS: 57/43
11) S.R.	3 años	AT IB	Atriopulmonar	MS: 46/54
12) S.A.	18 años	V. único + EP + Waterston + B. Hanlon	Atriopulmonar + Cierre de tricúspide	MS: 50/50
13) M.W.	5 años	AT IB + ASPI	Atriopulmonar	MS: 49/51 MI: 51/49
14) A.C.	16 años	V. único + AVC + TGA + A. única + EP + ASPD + Válv. Auricular única	Cavoatriopulmonar + Sep. atrial compleja + Cierre ASPD	MS: 67/33
15) D.F.	5 años	AT IB + ASPI	Cavoatriopulmonar	MS: 75/25
16) R.R.	2 años	AT IB + ASPI	Cavoatriopulmonar	MS: 75/25
17) M.P.	9 años	AtP + ASPI + CP 2-D + Resecc. tricúspide + Angiop. APR I	Cavoatriopulmonar	MS: 54/46 MI: 68/32
18) C.C.	9 años	DSVD + TGA + EP + AM + B. Hanlon	Cavo pulmonar total	MS: 81/19 MI: 80/20
19) G.A.	8 años	AVC dom + TGA + EP + ASPI	Cavopulmonar total	MS: 80/20
20) P.A.	5 años	TGA + CIV + EP + Ausencia conexión AV	Cavopulmonar total	MS: 100/0 MI: 73/27
21) S.M.	12 años	V. único + TGA + EP	Cavopulmonar total	MS: 62/38 MI: 66/84 (*)
22) C.A.	11 años	V. único + EP + ASPD + ASPI Int. VCI y cont. hemiacigos + VCSI + Situs inversus	Kawashima izquierdo	MSI: 10/90
23) T.A.	9 años	Poliesplenia + Inter. VCI-Az-VCSD AVC dom + AtP + VCSI + ASPD + ASPI + Estenosis APR I	Kawashima bilateral	MSD: 100/0 MSI: 0/100 MI: 100/0

(*) Paresia diafragmática derecha. *Abreviaturas de by-pass total y parcial:* AM: atresia mitral. Amp: ampliación. Angiop: angioplastia. Anast: anastomosis. AP: arteria pulmonar. APRD/I: arteria pulmonar rama derecha/izquierda. ASP: anastomosis subclaviopulmonar. ASPD: anastomosis subclaviopulmonar derecha/izquierda. AT IB: atresia tricuspídea IB. AtP: atresia pulmonar. Au: auricular. AVC: canal auriculoventricular. Az: ácidos. B. Hanlon: Blalock Hanlon. Catet: cateterismo. Cabalg AV: cabalgamiento auriculoventricular. CIA: comunicación interauricular. Circ: circulación. CIV: comunicación interventricular. Colat: colateral. CP2-D: cavopulmonar bidireccional. Cont: continuación. D: derecha/o. Dom: dominante. Dilat: dilatación. DSVD: doble salida ventricular derecha. EP: estenosis pulmonar. EPRD/I: estenosis pulmonar rama derecha/izquierda. Est: estenosis. Hipop: hipoplasia. Int: interrupción. L-TGA: L-transposición de grandes arterias. Lat: lateral. FBV: foramen bulbo ventricular. MI: miembro inferior. MS: miembro superior. MS I/D: miembro superior izquierdo/derecho. Op: operado. PD/PI: perfusión pulmonar derecha/izquierda en %. Resecc: resección. S: situs. Sep: septación. SI: septum intacto. TGA: transposición de grandes arterias. Tricuspid: tricúspide. TSVD: tracto de salida de ventrículo derecho. V: ventrículo. Válv: válvula. VCI/S: vena cava inferior/superior. VCSI: vena cava superior izquierda. VD/I: ventrículo derecho/izquierdo. * Paresia diafragmática derecha previa.

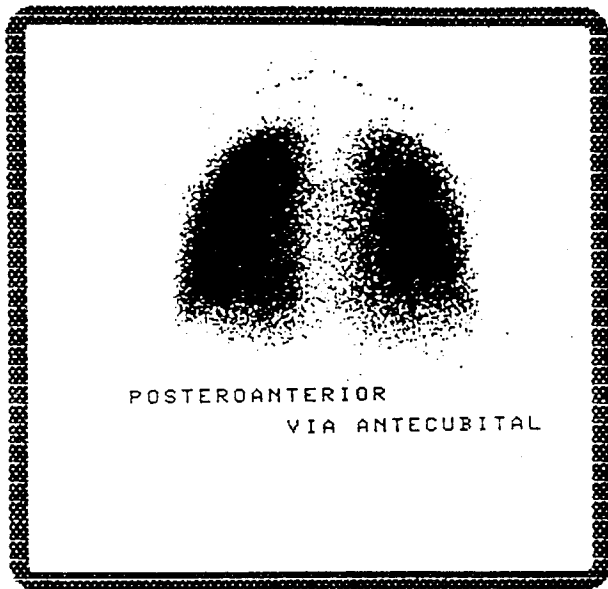


Fig. 5. Centellograma pulmonar en anastomosis atriopulmonar, perfusión homogénea y similar en ambos pulmones (56/44) por vía superior, vista posteroanterior (n: 8, cuadro 1).

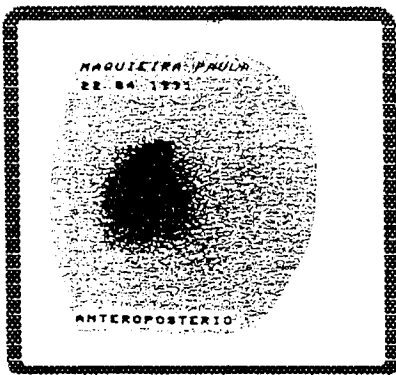
Eco 2-D Doppler

Los 65 pacientes tenían evaluado el flujo de la vena cava superior, vena cava inferior o suprahepática y de la arteria pulmonar.^{19,20} En el BPP (fig. 3) la pulsatilidad se detectaba en la arteria pulmonar por la aparición de un flujo sistólico o continuo de mediana velocidad (0,5-1,2 m/seg).

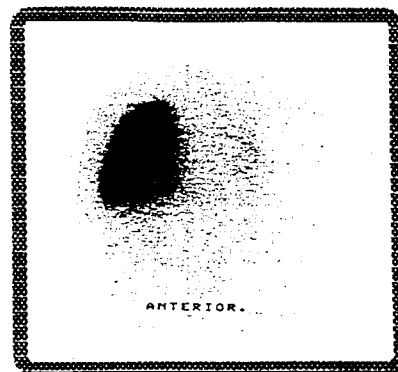
Se designaba **hipopulsátil** cuando no modificaba el flujo continuo anterógrado de baja velocidad (menos de 0,5 m/seg) en vena cava superior; **pulsátil** cuando desaparecía en sístole el flujo anterógrado en dicha vena; **hiperpulsátil** por la aparición de un flujo retrógrado sistólico en vena cava superior.

En el BPT (fig. 4) el flujo en la arteria pulmonar era anterógrado y continuo de baja velocidad en la CPT y con técnica de Kawashima, y en la arteria pulmonar el flujo era bifásico anterógrado, sistólico y diastólico de baja velocidad con aumento presistólico (sístole aurícula venosa).

A



B



C

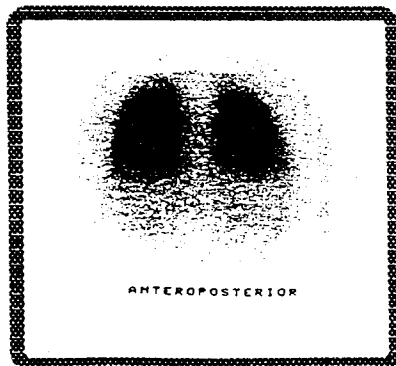


Fig. 6. Centellograma de pulmón en vista anteroposterior en anastomosis cavopulmonar 2-D, hiperpulsátil, con estenosis de la rama izquierda de la arteria pulmonar. A: por vía superior, perfusión casi exclusiva del pulmón derecho (95/5). B: posangioplastia con catéter de la rama izquierda de la arteria pulmonar. Por vía superior persiste el predominio derecho (93/7). C: posanastomosis atriopulmonar la perfusión es similar en ambos pulmones por vía superior (54/46) (n: 17, cuadro 1).

Cuadro 2
By-pass parcial de ventrículo derecho. Cavopulmonar bidireccional (CP2-D)

Apellido	Edad	Diagnóstico y cirugía previa	Cirugía actual	Centellograma PD/PI
1) P.C.	13 años	V. único + TGA + Cerclaje AP	CP2-D + Cerclaje de APRD (hiperpulsátil)	MS: 75/25
2) R.V.	5 años	AtP + ASPI	CP2-D + CIA + Ligadura de ASPI. Resección de tricúspide + Ligadura de sinusoides + Catéter embolización circ. colat. (no pulsátil)	MS: 90/10 MI: 90/10
3) V.S.	6 años	DSVD + EP + Est. mitral (op.) + CIA + ASPI	CP2-D (hiperpulsátil). Caret. terapéutico: Cierre TSVD y ASPI (no pulsátil)	MS: 26/74 MI: 23/77 Hipocaptación (*)
4) L.L.	8 años	TGA + CIV + Cerclaje AP	CP2-D + Cerclaje (pulsátil)	MS: 80/20 MI: 26/74
5) A.J.	4 años	TGV + CIV + Anastomosis central + Cerclaje AP	CP2-D + Recerclaje + Ligadura anastomosis (hipopulsátil)	MS: 70/30 MI: 65/35 Hipocaptación
6) M.P.	9 años	AtP + ASPI	CP2-D + Resección tricúspide + Angiop. APRI (hiperpulsátil)	MS: 93/7 MI: 42/58
7) S.T.	4 años	TGV + AP + CIV + ASPI + Estenosis APRI distal + Hipoplasia tricuspídea	CP2-D + Resección de tricúspide (hiperpulsátil)	MS: 100/60 MI: 72/28
8) S.A.	7 años	AT IB + ASPD + ASPI + EPRI	CP2-D + Plástica APRI Ligadura APSD (pulsátil)	MS: 100/0 MI: 36/64
9) G.A.	6 años	AT IB + ASPI	CP2-D (pulsátil)	MS: 84/16 MI: 22/78
10) H.C.	9 años	V. único + EP + ASPI	CP2-D + Cerclaje AP (hiperpulsátil)	MS: 88/12 MI: 45/55
11) B.V.	2 años	AtP + ASPI	CP2-D + Resección tricúspide (pulsátil)	MS: 90/10 MI: 38/62
12) C.D.	11 años	V. único + Interrupción VCI + Continuación por ácidos + ASPI + ASPD (tapada)	CP2-D (pulsátil)	MS: 95/5
13) A.M.	1 año	AtP + ASPI + Estenosis APRI distal	CP2-D + Resección de tricúspide (pulsátil)	MS: 100/0 MI: 65/35
14) R.C.	9 años	AT IB + ASPI + ASPD	CP2-D + Ligadura ASPD (hiperpulsátil)	MS: 100/0 MI: 40/60
15) M.M.	5 años	AP + ASPI + AtP	CP2-D + Ligadura ASPI (no pulsátil)	MS: 74/26 MI: 40/60
16) T.J.	12 años	S. inversus + V. único der. EP + ASPD + ASPI	CP2-D + Ligadura ASPD (pulsátil)	MS: 20/80 MI: 45/55
17) S.P.	6 años	V. único + TGA + EP	CP2-D + Resección FBV (pulsátil)	MS: 80/20
18) S.S.	16 años	AT IB + ASPI + ASPD Shunt central + EPRD	CP2-D + Cierre shunt central + Plástica APRD (pulsátil)	MS: 45/55
19) B.C.	6 años	AVC dominante + DSVD + EP + ASP + EPRI	CP2-D bilateral + Ligadura de AP (pulsátil)	MSD: 100/0 MSI: 66/34
20) P.H.	5 años	V. único + AT + EP + ASPI	CP2-D (pulsátil)	MS: 100/0
21) R.	7 años	AVC + TGA + EP + ASPI	CP2-D + Ligadura de ASPI (pulsátil)	MS: 75/25

(*) Paresia diafrágmatica derecha previa.

(Continúa en la página siguiente)

Cuadro 2 (continuación)

Apellido	Edad	Diagnóstico y cirugía previa	Cirugía actual	Centellograma PD/PI
22) O.N.	5 años	AtP III +ASPI	CP2-D (pulsátil)	MS: 92/8 MI: 40/60
23) K.P.	4 años	V. único +L-TGA +EP +ASPI	CP2-D +Resección de FBV (hiperpulsátil)	MS: 99/1 MI: 64/36
24) S.W.	3 años	V. único +Hipoplasia mitral + Cerclaje AP	CP2-D (pulsátil)	MS: 68/32 MI: 61/39
25) B.J.	3 años	AtP c/SI +ASPI	CP2-D +Cierre de ASPI (no pulsátil)	MS: 100/0
26) O.N.	1 año	AT IB +CIA +CIV	CP2-D (pulsátil)	MS: 72/28
27) A.S.	7 años	AtP + AT + ASPD	CP2-D (pulsátil)	MS: 95/5 MI: 90/10
28) R.N.	2 años	AT IC +Cerclaje de AP	CP2-D +Recerclaje de AP (hiperpulsátil)	MS: 71/29 MI: 63/37
29) K.J.	13 años	V. único +EP +ASPI +VCSI	CP2-D bilateral +Ligadura AP (pulsátil)	MSD: 98/2 MSI: 64/36 MI: 72/28
GLENN CLASICO				
30) D.G.	17 años	AT IB +ASPI +Anastomosis central	Glenn +Ligadura ASPD (permeable)	MS: 100/0
31) P.	6 años	TGA +AtP +ASPI	Glenn	MS: 100/0 MI: 10/90
32) G.M.	30 años	AT IB +ASPI	Glenn +Atriopulmonar	MS: 100/0 MI: 47/53
CORRECCION BIVENTRICULAR PARCIAL				
33) G.A.	6 años	AtP +ASPI +Estenosis de APRI	CP2-D +Ligadura de ASPI +Reconexión VD-AP +Cerclaje de APRD +Angiop. de APRI (pulsátil)	MS: 100/0 MI: 59/41
34) J.C.	5 años	Ebstein	CP2-D +Reemplazo tricúspide (pulsátil)	MS: 82/18 MI: 59/41
35) M.C.	10 años	AtP +ASPI	CP2-D +Reconexión VD-AP +Cerclaje APRD + Dilat. APRI por cateterismo (hiperpulsátil)	MS: 82/18 MI: 69/31
36) D.E.	23 años	Ebstein +Reemplazo tricúspide	CP2-D (pulsátil)	MS: 90/10
37) M.F.	13 años	AtP +ASPI +Reconexión de VD-AP	CP2-D +Cerclaje APRD + Amp. TSVD +Cierre CIA +Ligadura de ASPI (pulsátil)	MS: 87/13 MI: 63/37
38) B.E.	5 años	Hipoplasia VD y tricúspide +CIA + CIV +Cerclaje AP	CP2-D +Cierre de CIV y CIA +Descerclaje AP (pulsátil)	MS: 90/10 MI: 40/60
39) C.M.	4 años	AtP IB +ASPI +Reconexión VD-AP	CP2-D +Cerclaje APRD	MS: 81/19 MI: 63/37
40) M.C.	38 años	Ebstein	CP2-D +Reemplazo de tricúspide (pulsátil)	MS: 100/0 MI: 67/33
41) P.M.	16 años	Ebstein	CP2-D +Reemplazo de tricúspide (hiperpulsátil)	MS: 55/45 (*)
42) M.H.	16 años	TGA +Hipoplasia de VD +Estenosis subpulmonar ASPD +ASPI	CP2-D +Ligadura ASPD +Cerclaje AP (pulsátil)	MS: 85/15

(*) Paresia diafragmática derecha previa. Abreviaturas igual que cuadro 1.



Fig. 7. Centellograma de pulmón en anastomosis cavopulmonar total, vista anteroposterior (n: 18, cuadro 1). A: por vía superior, perfusión dominante del pulmón derecho (81/19). B: por vía inferior, perfusión dominante del pulmón derecho (80/20).

Centellografía de perfusión pulmonar

Fueron efectuados centellogramas de perfusión pulmonar en los 65 pacientes, en posición acostada, utilizando Tc-99m MAA (macroagregado de albúmina) como radioisótopo, en dosis totales de 200-300 microcurie/kg, inyectado por una vena del brazo (vía superior) en 65 pacientes y por una vena de la pierna (vía inferior) en 35, utilizando una cámara gamma Ohio Sigma 400 y un procesador de imágenes IM 512, con vistas anteroposterior, posteroanterior y oblicua posterior; los porcentajes fueron calculados sobre la proyección posteroanterior, expresado el resultado en porcentaje pulmón derecho/pulmón izquierdo.

Fue considerada perfusión **dominante** de un pulmón a los valores $> 70\%$; **ligeramente dominante** $> 60\%$; **homogénea** entre 40-60% y **exclusiva** cuando el 100% de la perfusión se localizó en un pulmón.

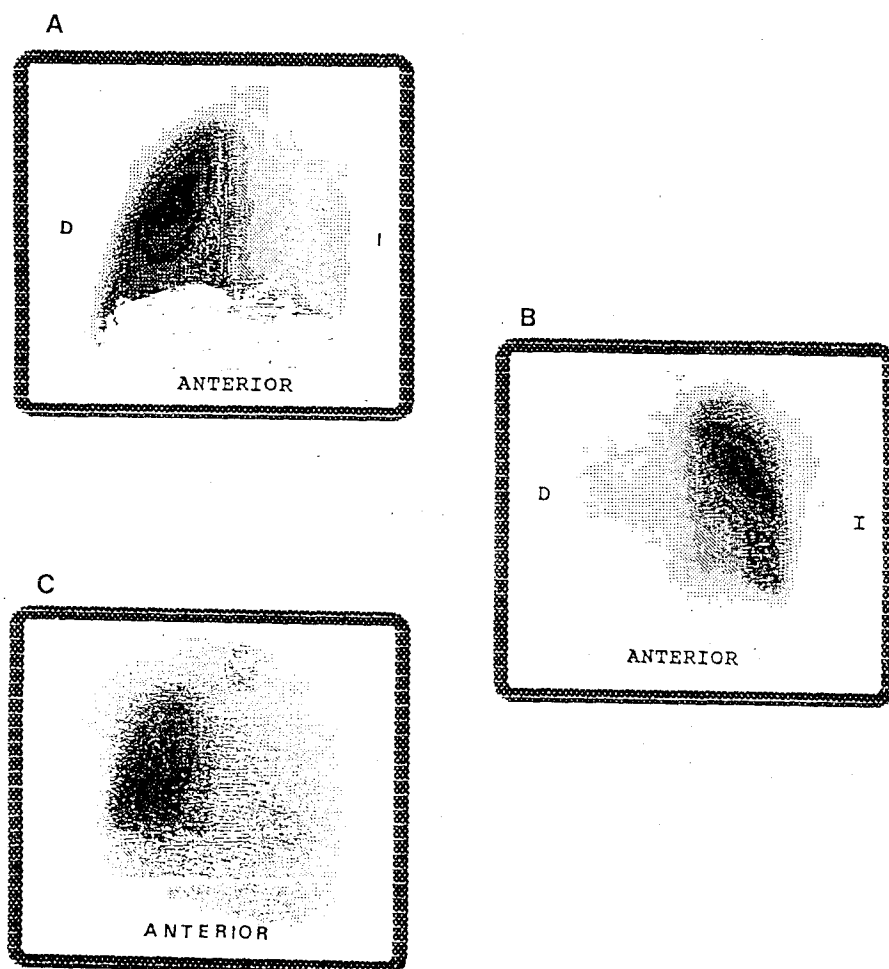


Fig. 8. Centellograma de perfusión pulmonar en anastomosis cavopulmonar "total" con técnica de Kawashima en vista anteroposterior (n: 23, cuadro 1). A: por vía superior derecha, perfusión exclusiva derecha. B: por vía superior izquierda, perfusión exclusiva de pulmón izquierdo. C: por vía inferior, perfusión exclusiva de pulmón derecho.

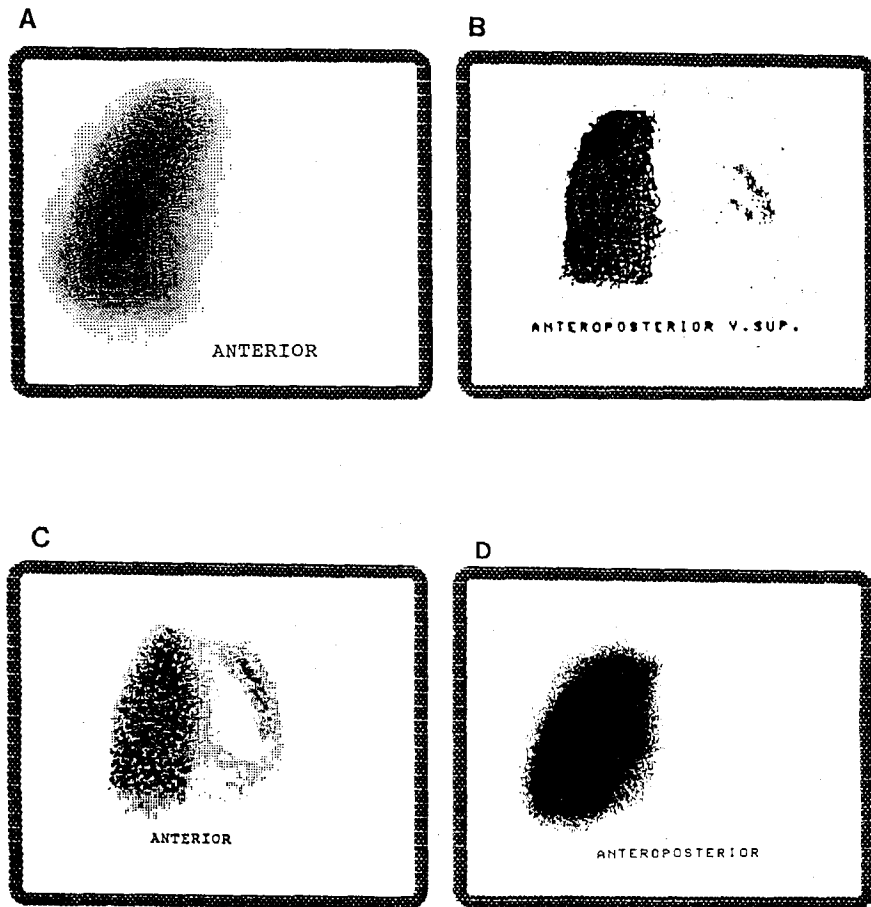


Fig. 9. Centellograma de perfusión pulmonar en anastomosis cavopulmonar (Glenn clásico), cavopulmonar bidireccional (CP2-D) no pulsátil y biventricular parcial, efectuado por vía superior, vista anteroposterior. A: Glenn clásico; perfusión exclusiva de pulmón derecho; B: cavopulmonar bidireccional no pulsátil, perfusión dominante en pulmón derecho; C: cavopulmonar bidireccional pulsátil, perfusión dominante en pulmón derecho; D: biventricular parcial, perfusión dominante pulmón derecho.

RESULTADOS

BPT de ventrículo derecho

(23 pacientes: cuadro 1)

a) **Anastomosis AP.** La perfusión es homogénea y similar en ambos pulmones en 12/13 pacientes por vía superior (fig. 5). En 1 individuo (cuadro 1, caso 9) con dextroversión cardíaca, la perfusión pulmonar era dominante derecha. La media porcentual de los 13 pacientes era 51/49.

b) **Anastomosis CPT.** La perfusión pulmonar (fig. 7) era dominante o exclusiva del pulmón derecho por vía superior en los 4 pacientes (media 81/19) y también dominante derecha por vía inferior (media: 73/27).

c) **Anastomosis CAP.** La perfusión pulmonar era ligeramente dominante derecha por vía superior (media: 67/33) en los 4 pacientes. Un sujeto (cuadro 2, caso 6) con CP2-D hiperpulsátil a pesar de la angioplastia quirúrgica de la rama izquierda de la arteria pulmonar, queda con estenosis pulmonar residual. El centellograma (fig. 6) era dominante derecho, tanto por vía superior (95/5) como por vía inferior (74/26).

Se efectúa angioplastia efectiva con catéter de la rama izquierda pulmonar, persistiendo la perfusión dominante (fig. 6) en pulmón derecho por vía superior (93/7) pero desaparece el predominio derecho por vía inferior (42/58). Luego de la anastomosis AP (cuadro 1, caso 17) se normaliza la perfusión (fig. 6) por vía superior (54/46).

d) **Técnica de Kawashima** (2 pacientes). La perfusión pulmonar fue exclusiva o dominante del pulmón donde fue efectuada la CP2-D por vías superior derecha e inferior derecha (fig. 8).

BPP de ventrículo derecho (42 pacientes)

a) **CP2-D** (cuadro 2, 29 pacientes). Por vía superior, la perfusión pulmonar fue dominante o exclusiva del pulmón derecho en 26/29 pacientes (fig. 9).

En 2 individuos la perfusión pulmonar fue dominante izquierda: 1 por parálisis diafragmática derecha (26/74) (cuadro 2, caso 3) y otro con *situs inversus* y CP2-D izquierda (20/80) (cuadro 2, caso 15) y en un paciente fue homogénea por estenosis de la rama derecha de la arteria pulmonar (45/55).

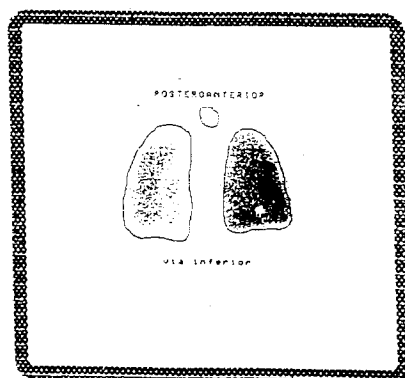
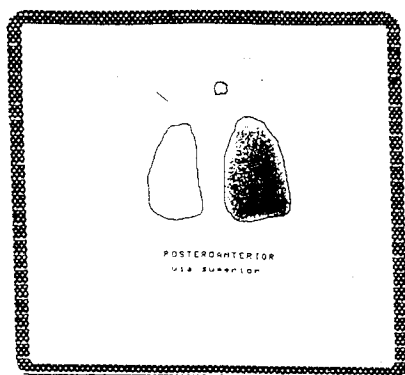


Fig. 10. Centellograma de pulmón en CP2-D bilateral en vista posteroanterior (n: 29, cuadro 2). La perfusión pulmonar es dominante del pulmón derecho por vía superior derecha e inferior; en cambio es ligeramente dominante derecha por vía superior izquierda (64/36), correspondiente al CP2-D izquierdo efectuado en el tronco de la arteria pulmonar.

El promedio porcentual de los 29 pacientes (invirtiendo el orden en el sujeto con *situs inversus*) fue en los 24 individuos CP2-D pulsátiles o hiperpulsátiles (media: 90/10), en los 5 CP2-D no pulsátiles o hipopulsátil, media: 83/17. En un paciente con CP2-D bilateral hiperpulsátil por flujo anterógrado ventricular, efectuado con la rama derecha de la AP la anastomosis derecha y con el tronco de la AP la anastomosis izquierda, el flujo fue dominante derecho (98/2) por vía superior derecha y ligeramente dominante derecho por vía superior izquierda (cuadro 2, caso 29).

Por vía inferior, en los CP2-D pulsátiles la perfusión pulmonar fue variable: dominante del pulmón izquierdo, homogénea o dominante derecha.

En las CP2-D no pulsátiles o hipopulsátiles por vía inferior la perfusión pulmonar es por circulación colateral aortopulmonar y el centellograma de pulmón muestra hipoperfusión bilateral.

b) Glenn clásico (3 pacientes). Por vía superior, la perfusión pulmonar fue exclusiva del

pulmón derecho.

c) Corrección biventricular parcial (10 pacientes). Por vía superior en 9/10 sujetos con CP2-D pulsátil la perfusión pulmonar (fig. 9) fue dominante o exclusiva del pulmón derecho (media: 88/12). En un paciente por vía superior la perfusión pulmonar fue homogénea (55/45) por parálisis diafrágica derecha.

DISCUSION

En la evolución de las especies, hace 165 millones de años²¹ aparece la septación ventricular y el ventrículo derecho en el desarrollo de los reptiles y aves, a fin de adaptarse dichas especies al esfuerzo en la vida terrestre y el vuelo.

La función primordial del ventrículo derecho consiste en posibilitar el aumento del volumen minuto pulmonar con el esfuerzo,²² sin aumento de la presión venosa sistémica y de la presión diastólica ventricular derecha.

El centellograma de perfusión pulmonar es un método reconocido para el estudio de la distribución regional del flujo pulmonar,²³ siendo la captación de los macroagregados radioactivos

en los dos pulmones directamente proporcional a la división del flujo en la arteria pulmonar.

La dinámica y/o distribución del flujo pulmonar en el by-pass parcial y/o by-pass total del ventrículo derecho ha sido estudiada por centellografía por perfusión pulmonar,¹⁴⁻¹⁷ ecocardiografía 2-D Doppler¹⁰⁻¹³ y por mapeo de velocidad por resonancia magnética nuclear.²⁴

Dentro de las complicaciones alejadas del by-pass de ventrículo derecho, las fístulas arteriovenosas del pulmón han sido atribuidas a la distribución anormal del flujo pulmonar¹⁵ y a la falta permanente y prolongada del flujo pulmonar²⁵ y aparecen en el 11-21% de los pacientes con Glenn clásico^{15,26} así como también han sido descritas en la anastomosis cavopulmonar bidireccional⁵ y en la anastomosis cavopulmonar total,²⁷ pero no así en la anastomosis atriopulmonar (salvo con Glenn clásico previo u operación de Fontán²⁸), sugiriendo que la pulsatilidad por la actividad auricular²⁹ podría prevenir dicha complicación.^{5,27}

El auge progresivo del by-pass parcial o cavopulmonar bidireccional pulsátil^{5,30} o no pulsátil,³¹ cuando existen factores de riesgo aumentado para el by-pass total del ventrículo derecho,^{32,33} es debido a que con bajo riesgo permite la disminución de la precarga ventricular⁵ y la mejoría de la hipoxia.

Nuestros resultados por centellografía de la perfusión pulmonar en el by-pass total del ventrículo derecho, mediante anastomosis atriopulmonar con técnica posterior, han sido similares a los de estudios anteriores¹⁵⁻¹⁷ en cuanto a la distribución homogénea y semejante en ambos pulmones del flujo pulmonar; en cambio, en la anastomosis cavopulmonar total, tanto por vía superior como inferior, el predominio de la perfusión en el pulmón derecho ha sido la regla, al igual que por vía superior en la anastomosis cavopulmonar bidireccional pulsátil o no pulsátil, incluyendo las correcciones biventriculares parciales. La causa de esta perfusión pulmonar dominante unilateral en estos modelos anatómicos diferentes, seguramente obedece a razones técnicas por ser la anastomosis de la vena cava superior efectuada directamente con la rama derecha de la arteria pulmonar, tanto en la anastomosis cavopulmonar bidireccional^{4,31} como en la anastomosis cavopulmonar total,⁷ dado que en esta última la tunelización de la vena cava inferior intraauricular con el cabo proximal de la vena cava superior se anastomosa también directamente con la rama derecha de la arteria pulmonar.⁷

Reafirma lo anterior la distribución similar del

flujo pulmonar al efectuarse la CP2-D con el tronco de la arteria pulmonar (cuadro 2, caso 29).

En cambio, en la anastomosis atriopulmonar existe una cámara auricular pulsátil de mezcla del retorno venoso sistémico, previa a la distribución del flujo pulmonar, que al conservar pulsatilidad le permite aumentar el flujo pulmonar y disminuir la resistencia pulmonar.²⁹

Por ecocardiografía 2-D Doppler¹⁰⁻¹¹ se demuestra que en la anastomosis atriopulmonar el flujo pulmonar es pulsátil, aunque de baja velocidad, bifásico anterógrado como el flujo venoso normal, a mayor velocidad presistólica por la sístole auricular.^{11,20}

Todo ello determina que el flujo pulmonar en la anastomosis atriopulmonar sea distribuido en forma homogénea y similar en ambos pulmones.

Diferente es la dinámica del flujo pulmonar estudiada por ecografía 2-D Doppler^{19,20,34} en la anastomosis cavopulmonar total y cavopulmonar bidireccional no pulsátil, con patrón continuo y fásico inspiratorio, por ser más dependiente el flujo pulmonar de la bomba abdominotorácica,³⁵ al haber sido excluida en forma completa la función de la aurícula y ventrículo derecho. Ello explica el mayor efecto deletéreo en el posoperatorio inmediato de la asistencia respiratoria con los habituales respiradores a presión inspiratoria positiva,³⁶ así como también el efecto beneficioso de los respiradores de alta frecuencia,³⁷ a presión negativa inspiratoria,³⁶ o de la posición sentada por el efecto gravitacional.¹⁴

En el presente trabajo se demuestra, mediante la centellografía de perfusión pulmonar, que con las técnicas quirúrgicas actuales, tanto en la anastomosis cavopulmonar total como en la cavopulmonar bidireccional pulsátil y no pulsátil, así como también cuando esta última forma parte de una corrección biventricular parcial, el flujo del retorno venoso sistémico es derivado en forma dominante hacia la rama pulmonar donde fue efectuada la anastomosis, salvo patología pulmonar asociada.

Asimismo, se confirma que dicha perfusión pulmonar desigual no ocurre en la anastomosis atriopulmonar e inclusive que esta anastomosis permite casi normalizar la perfusión pulmonar dominante de una anastomosis cavopulmonar bidireccional previa, lo que nos inclina a considerar a esta técnica combinada (cavoatriopulmonar) o a la anastomosis atriopulmonar aislada, el más fisiológico by-pass total del ventrículo derecho, dado que a las ventajas de la distribución homogénea y similar del flujo

pulmonar en forma bilateral se añade la pulsatilidad del sistema,³⁸ previniendo las fístulas arteriovenosas de pulmón.^{5, 27}

Asimismo, la técnica combinada de anastomosis cavopulmonar con anastomosis atriopulmonar, al disminuir la precarga de la aurícula derecha, eventualmente permitiría prevenir las taquiarritmias alejadas.^{4, 39}

En apoyo de estas conclusiones y de la indicación de la anastomosis cavopulmonar pulsátil como paso intermedio del by-pass total, Kawashima⁴⁰ no encontró fístulas arteriovenosas pulmonares en dicho by-pass, pero sí en cambio en la anastomosis cavopulmonar bidireccional no pulsátil, y ya fue descrita en la anastomosis cavopulmonar total,²⁷ así como también se ha demostrado⁴¹ la disminución del tamaño de las arterias pulmonares en la evolución de la anastomosis cavopulmonar no pulsátil, que podría evitarse con la anastomosis cavopulmonar bidireccional pulsátil.

SUMMARY

PULMONARY PERFUSION SCENTELLOGRAPHY IN TOTAL OR PARTIAL RIGHT VENTRICULAR BY-PASS

Background

Since the introduction of the partial right ventricular by-pass in 1958, and of the total by-pass in 1971 to treat complex congenital heart disease with diminished pulmonary flow not subject to other techniques of correction, different technical approaches have been developed. The dynamics of pulmonary flow in these patients has been studied by means of bidimensional echocardiogram and Doppler. However, the venous pulmonary inflow is better quantitated by means of pulmonary scintellography.

Material and method

From 1990 through 1993, 65 patients with age range from 1 to 38 years (mean 8.5 years) have been studied with pulmonary perfusion scintellography with Tc99mMAA in supine position. The studies were performed within the first postoperative year after surgical treatment of complex congenital heart disease with diminished pulmonary flow: atrioventricular connection in 36, congenital cardiopathy with hypoplasia of the right or left ventricle in 25 and 4 not subject to biventricular correction. The restriction to pulmonary flow was secondary to stenosis or pulmonary atresia in 54, Ebstein's anomaly with hypoplasia of the right ventricle in 4 and binding of the pulmonary artery in 7.

Results

Twenty-three patients with total by-pass were classified

into: a) atriopulmonary by-pass (13 cases); b) total cavopulmonary by-pass (4 patients); c) cavoatriopulmonary by-pass: directional cavopulmonary and atriopulmonary by-pass in 4 patients; d) Kawashima's technique in 2 patients. Partial by-pass was performed in 42 patients falling into the following classification: a) bidirectional cavopulmonary anastomosis in 29 patients (23 pulsatile or hyperpulsatile); b) classical Glenn in 3 patients; c) partial biventricular by-pass in 10 patients.

Conclusions

Pulmonary scintellography via superior vein shows that in bidirectional and total cavopulmonary anastomosis, pulmonary perfusion dominates the side where the correction was performed, unlike the atriopulmonary anastomosis in which distribution prove to be homogeneous. This suggests that in the presence of an atrial mix chamber of the systemic venous pulmonary inflow, atriopulmonary anastomosis would be more physiological because a similar flow is maintained in both lungs.

BIBLIOGRAFIA

1. Glenn WWL. Circulatory by pass of the rightside of the right heart. II. Shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery: report of a clinical application. *N Engl J Med* 1958; 259: 117.
2. Fontán F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax* 1971; 26: 240-248.
3. Kreuzer G, Galíndez E, Bono H, de Palma C, Laura JP. An operation for the correction of the tricuspid atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973; 66: 613-621.
4. Hopkins RA, Armstrong BE, Serwer GA, Peterson RJ, Oldham HN. Physiological rationale for a bidirectional cavopulmonary shunt. A versatile complement to the Fontán principle. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 90: 391-398.
5. Kobayashi J, Matsuda H, Nakano S, Shimasaki Y, Ikawa S, Mitsuno M et al. Hemodynamic effects of bidirectional cavopulmonary shunt with pulsatile pulmonary flow. *Circulation* 1991; 84 (Suppl III): III-219-III-225.
6. Kawashima Y, Kitamura S, Matsuda H, Shimasaki Y, Nakano S, Hirose H. Total cavopulmonary shunt operation in complex cardiac anomalies. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; 87: 74-81.
7. De Leval MR, Kiner P, Gewilling M, Bull C. Total cavopulmonary connection. A logical alternative to atriopulmonary, for complex Fontán operation. *S Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 3: 91-96.
8. Billingsley AM, Lacks H, Boyce SW, George B, Santulli T, Williams RG. Definitive repair in patients with pulmonary atresia and intact ventricular septum. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 97: 746-754.
9. Bridges ND, Lock JE, Castaneda A. Baffle fenestration with subsequent transcatheter closure: Modification of the Fontán operation for patients at increased risk. *Circulation* 1990; 82: 1681-1689.
10. Nakasawa M, Nakanishi T, Okuda H et al. Dynamic of right heart flow in patients after Fontán procedure. *Circulation* 1984; 69: 306-312.
11. Frommeit P, Snider R, Melnes J, Vermilin R. Doppler assessment of pulmonary artery flow patterns and ventricular function after the Fontán operation. *Am J Cardiol* 1991; 68: 1211-1215.
12. Redington A, Penny, Shinetown E. Pulmonary flow after total cavopulmonary shunt. *Br Heart J* 1991; 65: 213-217.

13. Muster A, Zales V, Ilbawi M, Backer C, Duffy C, Marvoudis C. Biventricular repair of hypoplastic right ventricle assisted by pulsatile bidirectional cavopulmonary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; *108*: 112-119.
14. Samanek M, Oppelt A, Kasalicky S, Voriskova M. Distribution of pulmonary blood flow after cavopulmonary anastomosis (Glenn operation). *Br Heart J* 1969; *31*: 511.
15. Cloutier A, Ask J, Smallhorn J, Williams W, Trusler G, Rowe R, Rabinovitch M. At normal distribution of pulmonary blood flow after the Glenn shunt or Fontán procedure: risk of development of arteriovenous fistulae. *Circulation* 1985; *72*: 471-479.
16. Del Torso S, Milaneis O, Bui F, Benettit E, Stellin G, Mazzucco A et al. Radionucleotide evaluation of lung reperfusion after the Fontán procedure. *Internat J Cardiol* 1988; *20*: 107-116.
17. Matsushita T, Matsuda H, Ogawa M, Ohno K, Arisawa J, Kozuka T et al. Assessment of the intrapulmonary ventilation-perfusion distribution after the Fontán procedure for complex cardiac anomalies: Relation to pulmonary hemodynamics. *J Am Coll Cardiol* 1990; *15*: 842-848.
18. Kreutzer G, Vargas F, Schlichter A, Laura J, Suárez J, Rodríguez Coronel A, Kreutzer E. Atriopulmonary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982; *83*: 427.
19. Vázquez H, De Dios A, Flores E, Fischman E, Román M, Schlichter A et al. Dinámica de los flujos sanguíneos por Eco 2-D Doppler en el by pass parcial del ventrículo derecho (Glenn clásico o cavopulmonar bidireccional) pulsátil o no pulsátil (abstract). *Rev Fed Arg Cardiol* 1992; *21*: 397.
20. De Dios A, Román M, Vázquez H, Flores E, Fischman E, Zarlenga B et al. Dinámica de los flujos sanguíneos por Eco 2-D Doppler en el by pass total del ventrículo derecho (atriopulmonar y cavopulmonar total) (abstract). *Rev Fed Arg Cardiol* 1992; *21*: 397.
21. Colbert EH. El libro de los dinosaurios. Eudeba, Buenos Aires, 1979, p 35.
22. Furey S, Zieske H, Levy M. The essential function of the right ventricle. *Am Heart J* 1984; *107*: 404-410.
23. Tow DE, Wagner HL, López-Majani U et al. Validity of measuring regional pulmonary arterial flow with macroaggregates of human serum albumin. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1966; *99*: 664-676.
24. Rebergen S, Ottenkamp J, Doornbos J, Wall E, Chin J, Ross A. Post-operative pulmonary flow dynamic after Fontán surgery: Assessment with nuclear magnetic resonance velocity mapping. *J Am Coll Cardiol* 1993; *21*: 123-131.
25. Mc Faul R, Tajik A, Mair D, Danielson G, Seward J. Development of pulmonary arteriovenous shunt after superior vena cava-right pulmonary artery (Glenn) anastomosis. *Circulation* 1977; *55*: 212-216.
26. Koff GH, Laks H, Stansel H, Hellenbrand W, Kleinman Ch, Talner N. Thirty-year follow-up of superior vena cava-pulmonary artery (Glenn) shunt. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; *100*: 662-671.
27. Moore J, Kirby W, Madden W, Gaither N. Development of pulmonary arteriovenous malformation after modified Fontán operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; *98*: 1045-1050.
28. Von Scheidt W, Von Arnim Th, Schneider B, Erdman E. Balloon embolization of a pulmonary arteriovenous fistula after cavopulmonary anastomosis in tricuspid atresia. *Am Heart J* 1988; *116*: 182-184.
29. Furuse A, Brawley R, Gott V. Pulsatile cavo-pulmonary artery shunt. Surgical technique and hemodynamic characteristics. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972; *63*: 495-500.
30. Muster A, Zales U, Ilbawi M, Becker C, Slise Duffy C, Mauroudis C. Biventricular repair of hypoplastic right ventricle assisted by pulsatile bidirectional cavopulmonary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; *105*: 112-119.
31. Bridges N, Jonas R, Mayer J, Flanagan M, Keane J, Castañeda A. Bidirectional cavopulmonary anastomosis as interim palliation for high-risk Fontán candidates. *Circulation* 1990; *82* (5) (Suppl IV): 170-176.
32. Castañeda A. From Glenn to Fontán. A continuing evolution. *Circulation* 1992; *86* (5) (Suppl II): 80-84.
33. Culbertson C, George B, Day R, Laks H, Williams R. Factors influencing survival of patients with heterotaxy syndrome undergoing the Fontán procedure. *J Am Coll Cardiol* 1992; *20*: 678-684.
34. Redington A, Denny D, Shinetourne E. Pulmonary flow after total cavopulmonary shunt. *Br Heart J* 1991; *65*: 213-217.
35. Ruschmer R. Cardiovascular Dynamics (second edition). WB Saunders, 1961, p 179.
36. Penny D, Hayek Z, Redington A. The effects of positive and negative extrathoracic pressure ventilation on pulmonary flow after the total cavopulmonary shunt procedure. *Internat J Cardiol* 1991; *30*: 128-130.
37. Melines J, Bove E, Dekeon M, Custer J, Moler F, Callow L et al. High-frequency set ventilation improves cardiac function after the Fontán procedure. *Circulation* 1991; *84* (5) (Suppl III): 364-368.
38. Qureshi S, Richhemer R, Mc Kay R, Arnold R. Doppler echocardiographic evaluation of pulmonary artery flow after modified Fontán operation: importance of the atrial contraction. *Br Heart J* 1991; *64*: 272-276.
39. Peter N, Somerville J. Arrhythmias after the Fontán procedure. *Br Heart J* 1992; *68*: 199-204.
40. Vemura H, Yagihara T, Yamamoto F, Nishigaki K, Matsuki O, Kawashima Y. Forward flow from ventricle suppresses. Development of collateral circulation after cavo-pulmonary shunt (abstract). *J Am Coll Cardiol* 1993; *21* (2): 82A.
41. Mendelsohn A, Bove E, Lufinetti F, Crowley D, Beekman R. Pulmonary artery growth patterns following the bidirectional Glenn procedure (abstract). *J Am Coll Cardiol* 1993; *21* (2): 324A.