

Cardiología pediátrica

Dilatación transvenosa de válvula pulmonar. Resultados inmediatos y alejados con especial referencia a la técnica de doble balón

M. CAZZANIGA, R. GAMBOA, I. ZEBALLOS, B. DUQUE SOLORZANO,
Ing. R. ARMENTANO*, Téc. L. SZNAIDER**

Servicio de Cardiología Infantil, Fundación Favalaro, Hospital Privado Güemes, Buenos Aires

* Investigación y Docencia de Fundación Favalaro. ** Jefe de Servicio Técnico de Laboratorio de Hemodinamia Sanatorio Güemes

Trabajo recibido para su publicación: 2/87. Aceptado: 6/87

Dirección para separatas: Dr. Mario Cazzaniga, Jefe del Servicio de Cardiología Infantil,
Sanatorio Güemes, Hospital Privado, Av. Córdoba 3933, (1188) Buenos Aires, Argentina

La descompresión del ventrículo derecho mediante la dilatación transvenosa de válvula pulmonar cobra especial relevancia en la actualidad, ya que posterga indefinidamente la conducta quirúrgica. Presentamos los resultados inmediatos y tardíos logrados con esta técnica, la cual hemos practicado en 21 oportunidades sobre 20 enfermos con estenosis valvular pulmonar congénita. La edad promedio de los mismos fue de 7 ± 5 años y sólo uno de ellos tenía valvulotomía quirúrgica previa (Tabla 1). En las últimas siete dilataciones se utilizó catéter balón cuyo diámetro fue superior al 20% del correspondiente anillo pulmonar nativo. En dos enfermos la valvuloplastia se realizó con dos balones simultáneos. La presión sistólica de ventrículo derecho predilatación fue de 94 ± 33 y el gradiente transpulmonar de 70 ± 32 ; estos parámetros se redujeron a 45 ± 29 ($p < 0,01$) y 24 ± 24 ($p < 0,01$), respectivamente, en el período postinmediato. Diez enfermos de la serie se evaluaron alejadamente a once meses promedio, constatándose una presión ventricular derecha de 42 ± 18 y un gradiente de 20 ± 16 , valores que no fueron diferentes de los obtenidos en el postinmediato. La amplitud de la onda R del electrocardiograma en derivación V_1 disminuyó de 17 a 12 mm en los enfermos estudiados tardíamente. Estas observaciones avalan la conclusión de que el tratamiento de estenosis valvular pulmonar mediante catéter balón es la alternativa de elección, aconsejándose la utilización de dos balones simultáneos o único de gran tamaño para obtener los mejores resultados.

El amplio desarrollo de la terapéutica angioplástica con catéter balón practicada en el laboratorio de hemodinamia se transfirió a la población infantil,

de tal modo que numerosos son los centros pediátricos dedicados a la dilatación de válvulas cardíacas,¹⁻¹⁶ vasos de mediano y gran calibre,¹⁷⁻²⁷ o material protésico obstructivo.²⁸⁻³⁰

La estenosis valvular pulmonar aislada representa una de las patologías más beneficiadas con esta modalidad de tratamiento no quirúrgico. Semb, en 1979, obtuvo una reducción del gradiente transvalvular pulmonar en un enfermo mediante el desplazamiento energético de un balón inflado con bióxido de carbono, desde la arteria pulmonar al ventrículo derecho.³¹

Lock y colaboradores modificaron sustancialmente la técnica cuando demostraron la necesidad de practicar la angioplastia transvenosa con balones cuyo diámetro exceda en un 20% a 40% el diámetro anular pulmonar.^{9, 23, 32} Este aspecto cobra especial importancia, ya que hasta el presente los balones comercializados en el país tienen un máximo de 20 mm de diámetro, lo que obliga a utilizar dos balones simultáneamente en aquellos niños o adolescentes cuyo anillo pulmonar sea igual o mayor de 18 mm.

Actualmente, el método ha sido aceptado universalmente como seguro y efectivo y se incorporó como terapéutica electiva no quirúrgica en la estenosis valvular pulmonar.³³

En este artículo resumimos nuestra experiencia con la técnica, exponiendo los resultados inmediatos y tardíos, hacemos especial referencia a los aspectos metodológicos, a la utilización de doble balón, y al seguimiento evolutivo de la hipertrofia ventricular derecha.

MATERIAL Y METODO

Desde agosto de 1984 a diciembre de 1986 se prac-

ticaron 21 dilataciones transvenosas de válvula pulmonar con catéter balón (DTVP) en 20 enfermos cuyas edades oscilaron entre 1 y 20 años, con una edad promedio de 7 ± 5 años (Tabla 1).

Todos ellos tenían estenosis valvular pulmonar aislada no displásica (EVP) sin tratamiento alguno, a excepción de un niño, quien fuera sometido a valvulotomía quirúrgica cuatro años antes del procedimiento (Tabla 1, caso 11).

La DTVP se realizó en diferido (n: 6) y simultáneamente con el cateterismo cardíaco (n: 15), y se determinó el gradiente residual tardío entre 8 y 14 meses después (\bar{X} : 11 meses) en 10 enfermos no seleccionados. El estudio se realizó bajo anestesia general inhalatoria con fluothane $< 1,5\%$; dos de los mayores del grupo requirieron medicación adicional con prometazina y clorpromacina (casos 12 y 13). Se administró atropina en dos niños que presentaron bradicardia durante la obstrucción total del ventrículo derecho (VD). Todos recibieron heparinización entre 50 y 100 U/kg.

Se obtuvo electrocardiograma pre, post-DTVP inmediata, y post-DTVP tardía. Se evaluó la hi-

peretrofia de VD a través del voltaje de la onda R en V_1

Un enfermo (caso 12) fue referido a cirugía 24 horas después de una DTVP no exitosa con un cuadro de hipotensión sostenida. Otro paciente (caso 2), luego de una reducción inmediata del gradiente de 50 mmHg presentó una reacción infundibular intensa (contrastada angiográficamente), por lo que recibió propranolol oral (2 mg/kg/día) durante cuatro meses. La medicación se suspendió por un período similar y al cabo del mismo se repitió la DTVP con dos balones simultáneos.

En tres enfermos se infundió isoproterenol pre y postdilatación inmediata y se registró la magnitud del incremento de la presión sistólica (PS) de VD respecto del basal (Δ).

ASPECTOS TECNICOS

Por disección venosa femoral derecha (n: 16) o punción percutánea del mismo vaso (n: 5), y luego del diagnóstico hemodinámico-angiográfico, se avanzó un catéter multipropósito 7F u 8F hasta la rama pulmonar izquierda (n: 18) o derecha

Tabla 1

| Caso | Edad | AP | DB | PSVD | | | Gradiente | | |
|------------|-----------|------------|------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | | | | Pre | Post | Tardío | Pre | Post | Tardío |
| 1 | 4 | 17 | 18 | 150 | 60 | 33 | 130 | 40 | 15 |
| 2A | 11 | 20 | 20 | 140 | 90 | 90 | 110 | 60 | 65 |
| 2B* | — | — | 15 + 15 | 75 | 45 | — | 45 | 15 | — |
| 3 | 4 | 17 | 18 | 80 | 25 | 30 | 60 | 10 | 10 |
| 4 | 1 | 14 | 15 | 100 | 50 | 40 | 80 | 30 | 25 |
| 5 | 6 | 18 | 20 | 110 | 55 | — | 80 | 35 | — |
| 6 | 3 | 14 | 15 | 110 | 55 | 40 | 90 | 20 | 15 |
| 7 | 4 | 15 | 15 | 105 | 40 | 40 | 90 | 20 | 15 |
| 8 | 14 | 20 | 20 | 85 | 30 | 40 | 70 | 15 | 15 |
| 9 | 3 | 16 | 18 | 100 | 25 | 35 | 75 | 5 | 15 |
| 10 | 8 | 18 | 18 | 55 | 30 | 30 | 35 | 15 | 10 |
| 11** | 7 | 20 | 20 | 65 | 35 | — | 40 | 15 | — |
| 12*** | 20 | 20 | 20 | 180 | 140 | — | 150 | 120 | — |
| 13 | 19 | 19 | 20 | 65 | 35 | 30 | 45 | 15 | 10 |
| 14 | 5 | 13 | 18 | 85 | 40 | — | 55 | 20 | — |
| 15 | 7 | 16 | 20 | 70 | 40 | — | 40 | 20 | — |
| 16 | 2,5 | 14 | 20 | 100 | 30 | — | 70 | 15 | — |
| 17 | 6 | 18 | 20 | 90 | 25 | — | 65 | 10 | — |
| 18* | 9 | 19 | 15 + 15 | 110 | 45 | — | 85 | 25 | — |
| 19 | 4 | 15 | 20 | 50 | 30 | — | 30 | 8 | — |
| 20 | 6 | 17 | 20 | 55 | 30 | — | 30 | 3 | — |
| X \pm DS | 7 \pm 5 | 17 \pm 2 | 19 \pm 2 | 94 \pm 33 | 45 \pm 26 | 42 \pm 18 | 70 \pm 32 | 24 \pm 23 | 20 \pm 16 |
| | | | | p < 0,01 (NS) | | | p < 0,01 (NS) | | |

Abreviaturas: AP: anillo pulmonar (mm) DB: diámetro balón (mm) PSVDP: presión sistólica de ventrículo derecho. * Dos balones simultáneos. ** Gradiente residual postquirúrgico. *** Operado post-DTVP.

(n: 3) a través del cual se introdujo una guía metálica (GM) teflonada de 200 mm de longitud y 0,032 ó 0,038 pulgadas que se posicionó distalmente en aquélla. Una vez retirado el catéter se introdujo sobre la GM el catéter dilatador (CD) Meditech 8F o 9F con un diámetro de balón previamente elegido para cada paciente y cuya longitud fue siempre de 40 mm. La elección del mismo se basó en la medición anular pulmonar mediante angiografía y ecocardiografía (n: 10) o sólo mediante el último método (n: 10).

En las primeras 13 dilataciones el tamaño del balón fue igual o no excedió más de 2 mm el diámetro pulmonar estimado, mientras que en las restantes se superó en un 20% a 35%.

Una vez que el CD alcanzó la arteria pulmonar se procedió al inflado subtotal con una mezcla de sustancia de contraste y solución fisiológica con el objeto de determinar la localización de la impronta que la válvula estenótica produce sobre el balón (Fig. 1). Luego se dilató plenamente la válvula durante 10 a 15 segundos en cuatro o cinco ocasiones con una presión entre 4 y 6 atmósferas hasta observar la desaparición total de toda muesca sobre aquél.

Durante el transcurso de la DTVP se monitoreó la presión sistémica mediante punción arterial femoral contralateral, y sólo en 7 enfermos se introdujo catéter venoso adicional en VD para reconocer el comportamiento de la presión intraventricular. En cuatro oportunidades se produjo ruptura de balón, sin que ello generara alteración hemodinámica alguna. Finalmente, mediante toma de presiones y angiografía se evaluó el resultado del tratamiento.

El niño menor de la serie (caso 4) presentó un infundíbulo oblicuo que no permitió el avance del CD correspondiente, por lo que fue necesario introducir un CD curvo para angioplastia de arteria renal con el que se procedió a dilatar la válvula en dos oportunidades y luego concluir el procedimiento exitosamente con el CD elegido.

En dos enfermos se utilizó la técnica de doble balón simultáneamente introducidos por vía percutánea; para ello, una vez posicionada la primera GM se puncionó el vaso por el mismo orificio. Se colocó una segunda GM en cava inferior y se avanzó sobre ella el catéter multipropósito para repetir la misma operación descrita inicialmente, de tal modo que dos GM se sitúen distalmente en la rama pulmonar; sobre ellas, y secuencialmente, se introducen los CD elegidos.

Es de interés observar la morfología del balón al momento de la introducción venosa, ya que es imprescindible que otro operador aspire continuamente el mismo con el objeto de que repliegue sus paredes sobre sí mismo y de ese modo pueda "enroscarse helicoidalmente". Esto reduce el área y facilita la penetración, que debe practicarse con rotación y presión continuas para vencer la resistencia venosa. Similar metodología es necesaria para introducir el segundo balón.

Asimismo, el extremo distal del CD puede presentar una morfología cónica de unos 10 mm o trunca de unos 4 mm (Fig. 2); ello tiene interés, ya que en el primer caso la dilatación venosa es más efectiva durante la introducción, mientras que en el segundo es necesario hacer mayor presión sobre el vaso. Además, la textura del material es más homogénea en la forma trunca, lo que le con-



Fig. 1. Imagen angiográfica del (A) / los (B), balones inflados a nivel de la válvula pulmonar, obsérvese en A la muesca que la válvula estenótica produce sobre la periferia del balón.

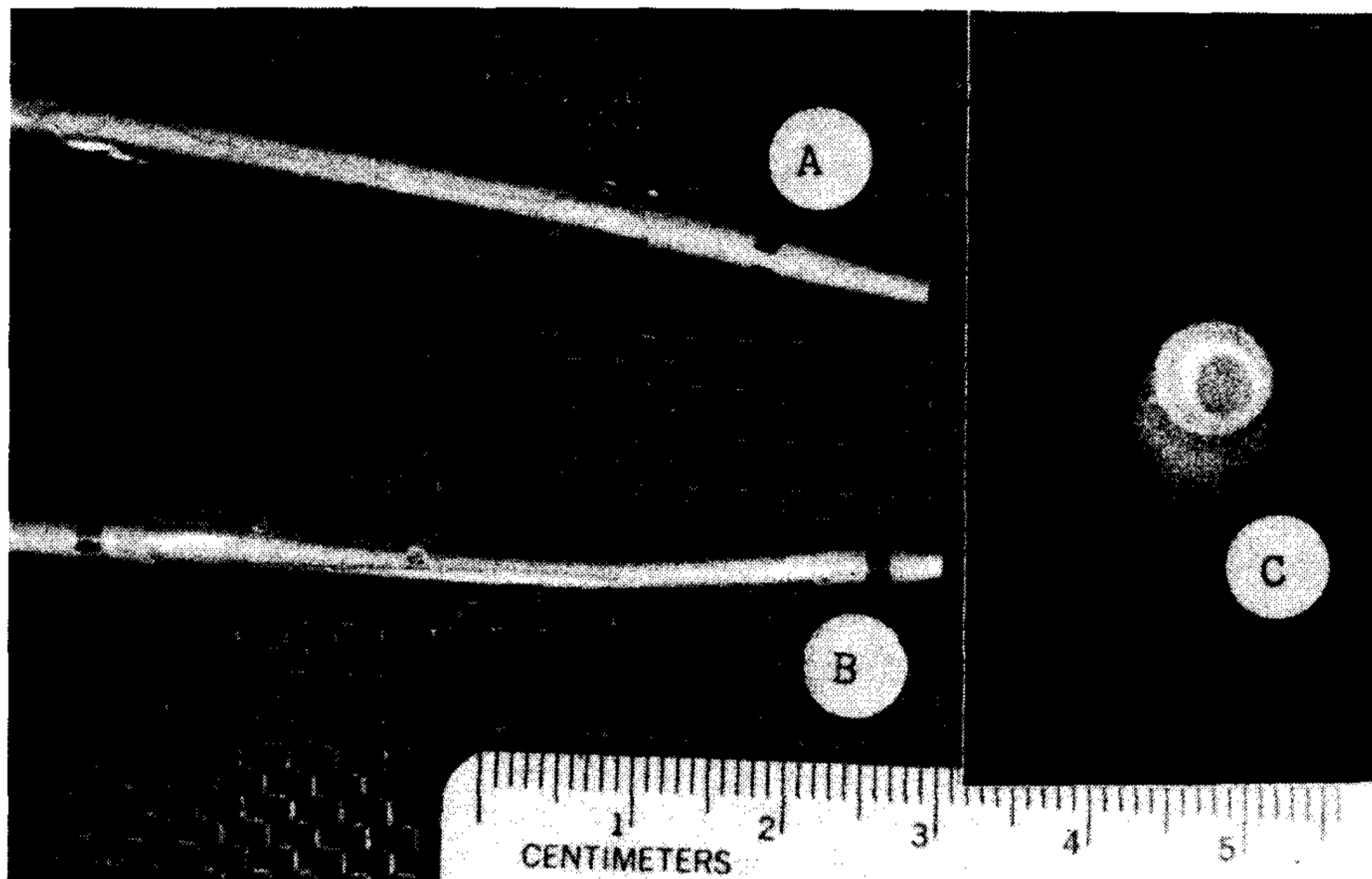


Fig. 2. Imagen fotográfica donde se pone en evidencia el extremo cónico (A), y el trunco (B), que se presentan los catéteres dilatadores. En C puede observarse la irregularidad del material a lo largo del perímetro del orificio del extremo terminal del catéter.

fiere mayor integridad a ese nivel en cada uso. Dicha cualidad no se advierte cuando el extremo es cónico, lo que implica fragilidad y riesgo potencial de lesionar infundíbulo o el propio endotelio pulmonar.

Se determinó la media y desviación estándar para cada variable. Las diferencias entre éstas en los períodos pre, post-DTVP inmediata y post-DTVP tardía se analizaron mediante el test t apareado, y se consideraron significativas cuando la posibilidad de error fue menor del 1% ($p < 0,01$).

Terminología: En el texto, las palabras dilatación, valvuloplastia y valvotomía son consideradas sinónimos.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se detallan las variables hemodinámicas pre, post-DTVP inmediata y post-DTVP tardía para cada caso. También se detallan el diámetro anular pulmonar y el de los balones utilizados.

En las Figuras 3 y 4 se grafican los cambios determinados en la PSVD y gradiente transvalvular con esta técnica. En las últimas siete DTVP practicadas se utilizó un diámetro de balón que representó un 31% (\bar{X}) más del correspondiente al anillo pulmonar estimado (21,5 mm *versus* 16,3 mm, respectivamente); mientras que en los procedimientos previos fue superior en sólo un 4% (18,2 mm *versus* 17,6 mm).

Este aspecto metodológico produjo diferentes resultados sobre el gradiente transpulmonar; efectivamente, en aquellos enfermos en quienes se utilizó un diámetro de balón que excedió al anular en más del 20%, la reducción porcentual del gra-

diente fue de 71% (gradiente pre-DTVP: 52 mmHg; post-DTVP inmediato: 15 mmHg; Δ : 37 mmHg); mientras que en los que aquella diferencia no fue mayor del 5% la reducción obtenida fue del 62% (gradiente pre-DTVP: 81 mmHg; post-DTVP inmediato: 31 mmHg; Δ : 50 mmHg).

La presión final diastólica del VD no presentó cambios significativos pre y post-DTVP inmediata (13 \pm 5 *versus* 11 \pm 4 mmHg, respectivamente), y disminuyó significativamente en los 10 enfermos estudiados alejadamente (post-DTVP inmediata: 11 \pm 4 *versus* post-DTVP tardía: 6 \pm 2 mmHg; $p < 0,01$).

En los tres enfermos en quienes se realizó el test de isoproterenol, el pico sistólico de la presión intraventricular derecha fue un 158% mayor en relación a la basal en el período postdilatación inmediata respecto de la misma relación en el pre-DTVP (65 a 35 mmHg *versus* 100 a 65 mmHg, respectivamente) (Fig. 5).

El valor medio del voltaje de onda R en derivación V_1 disminuyó su amplitud de 17 mm en período predilatación a 12 mm en el post-DTVP tardío ($p < 0,01$) (Fig. 6). En 4 enfermos se constató inversión de onda T desde V_1 a V_4 en el registro electrocardiográfico tomado en el post-DTVP inmediato que no estaba presente en el pre-DTVP; dicho trastorno desapareció 72 horas después del procedimiento.

El caso 2 presentó intensa reacción infundibular inmediata a la dilatación, y tras el tratamiento con propanolol redujo el componente obstructivo en 20 mmHg; posteriormente, una nueva dilatación con dos balones proporcionó una valvuloplastia

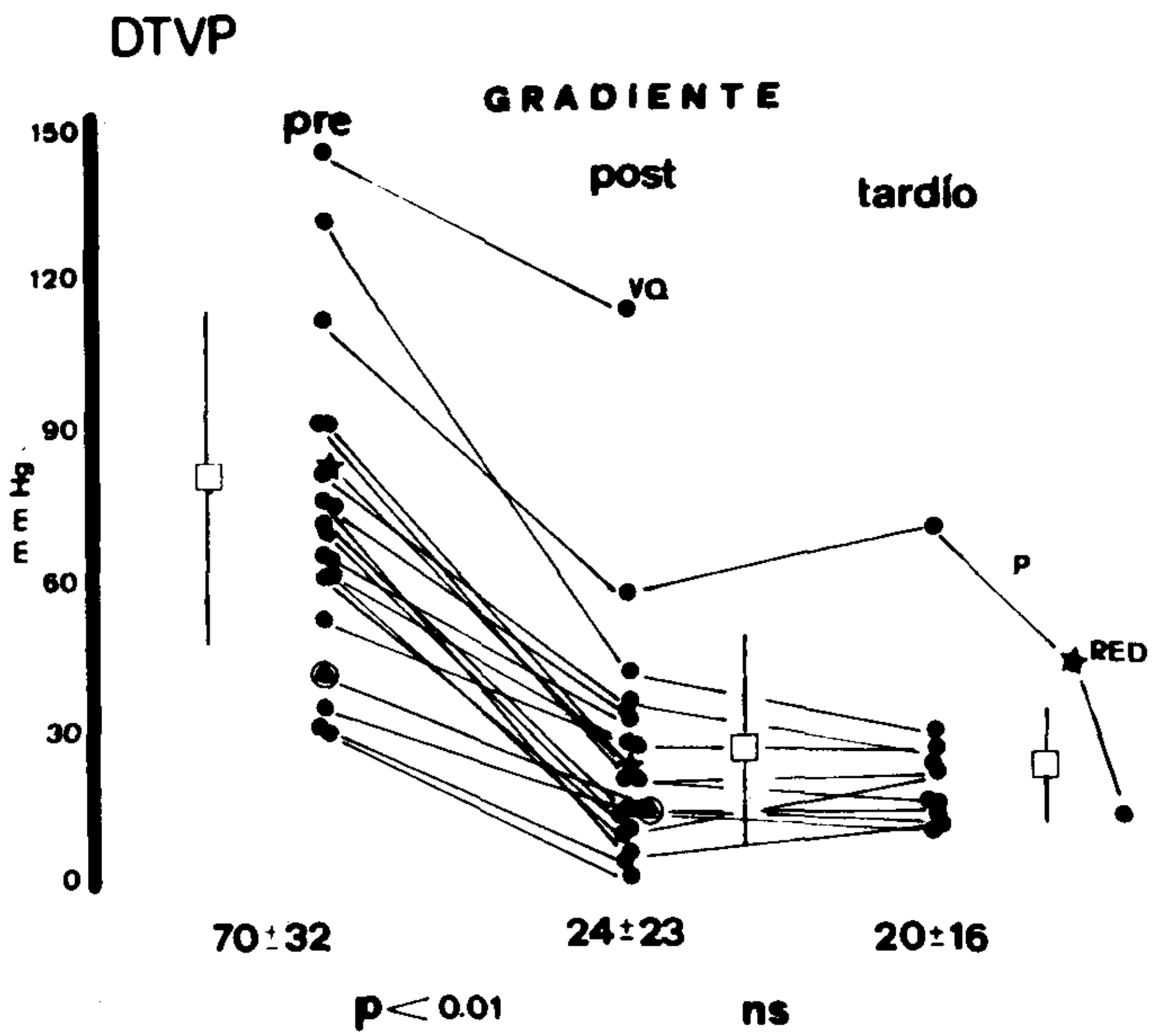


Fig. 3. Gráfica que representa los valores correspondientes al gradiente transvalvular pulmonar en los períodos pre, postdilatación inmediata y tardía (VQ: valvulotomía quirúrgica; P: propranolol; RED: redilatación; ●: valvulotomía quirúrgica previa; ★: doble balón).

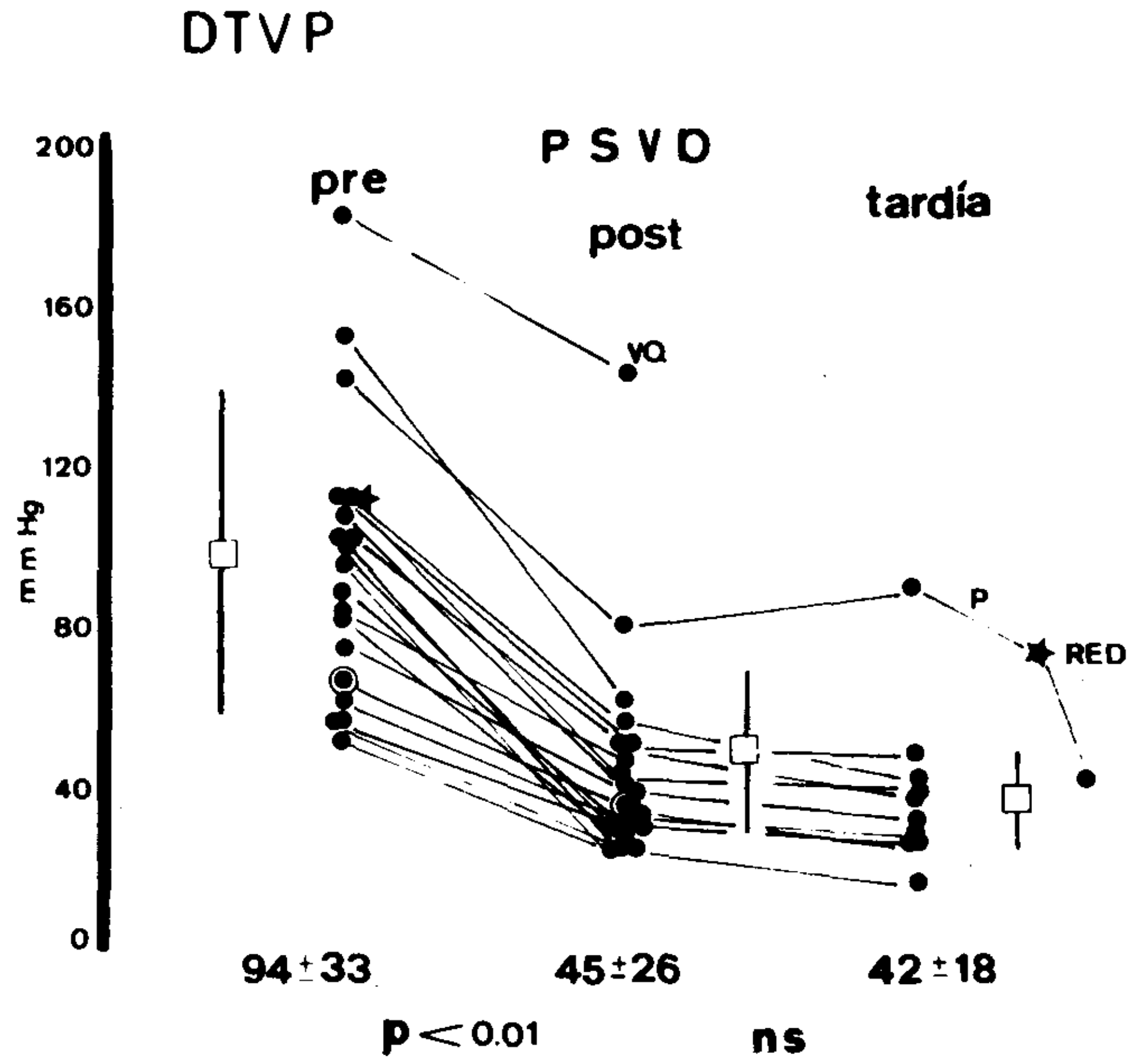


Fig. 4. En esta figura representamos los valores correspondientes a la presión sistólica de ventrículo derecho en los períodos pre, postdilatación inmediata y tardía (abreviaturas: ver Figura 3).

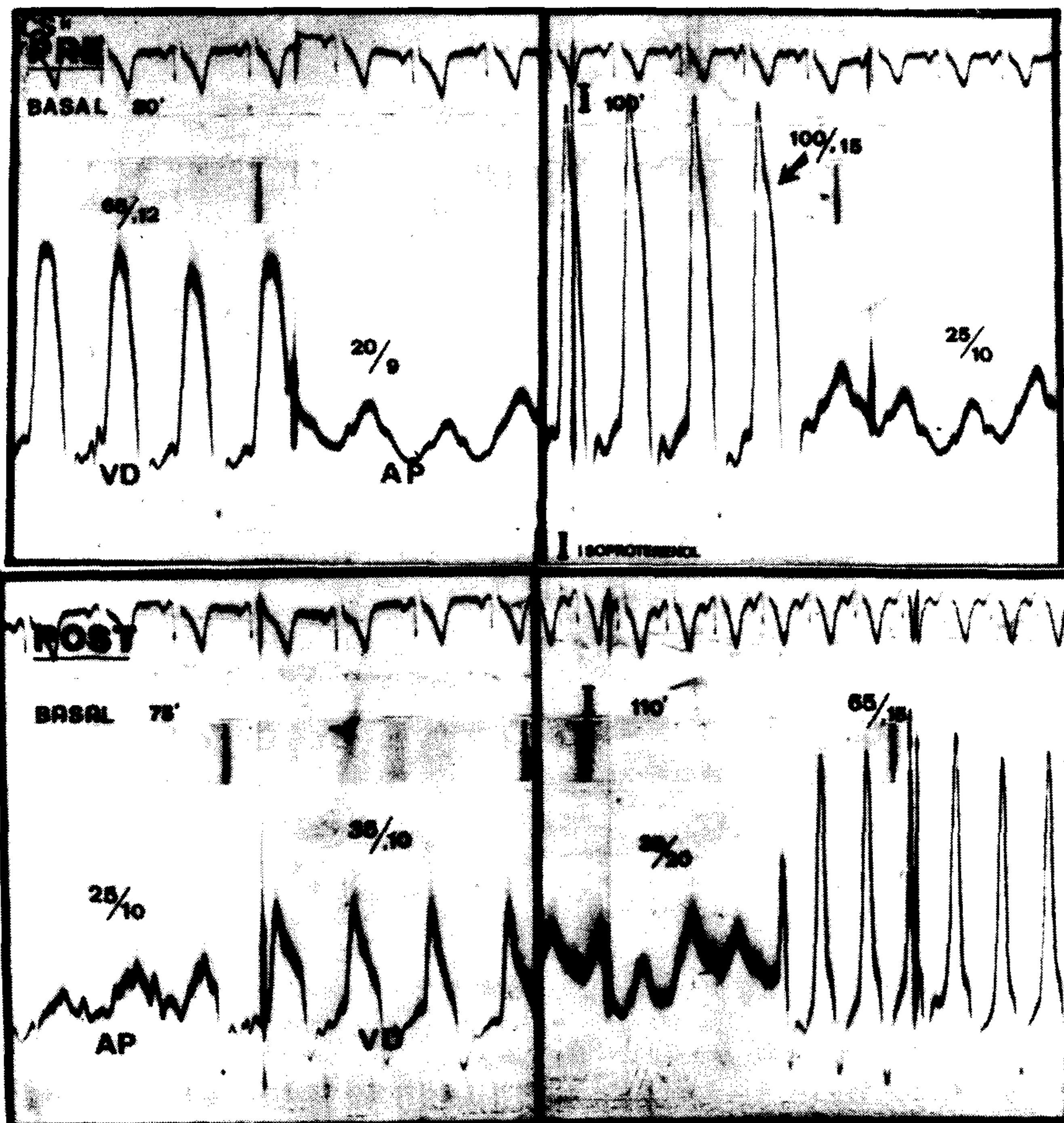


Fig. 5. Registros de presión en retirada desde arteria pulmonar a ventrículo derecho pre y postdilatación de válvula pulmonar (excepto arriba y derecha, que lo es desde ventrículo derecho a arteria pulmonar), en estado basal (arriba y abajo izquierda) y bajo los efectos de isoproterenol (I) (arriba y abajo derecha). Para más detalles ver texto.

exitosa (Tabla 1).

Luego de una inefectiva valvuloplastia, un enfermo (caso 12) fue referido a cirugía. En el acto quirúrgico se observó perforación del seno posterior, con rasgado comisural entre éste y el anteroizquierdo. El estrechamiento infundibular era intenso, lo que obligó a resección infundibular y ampliación del tracto de salida con parche, no obstante lo cual el enfermo salió de circulación extracorpórea con una presión sistólica ventricular derecha de 60 mmHg. El informe histológico del tejido infundibular resecaado demostró hipertrofia de fibras musculares, vacuolización perinuclear, focos de miocitosis aislada y fibrosis intersticial moderada. Este paciente no fue recateterizado hasta el presente.

DISCUSION

La comisurotomía quirúrgica fue hasta hace pocos

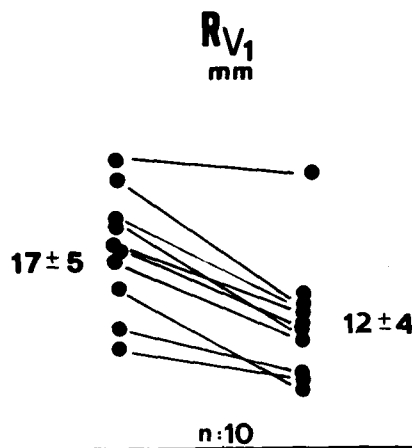


Fig. 6. Gráfica que representa los cambios en amplitud (expresados en milímetros) de la onda R del electrocardiograma en derivación V₁ antes de la dilatación valvular y alejadamente a 11 meses promedio de realizado el procedimiento.

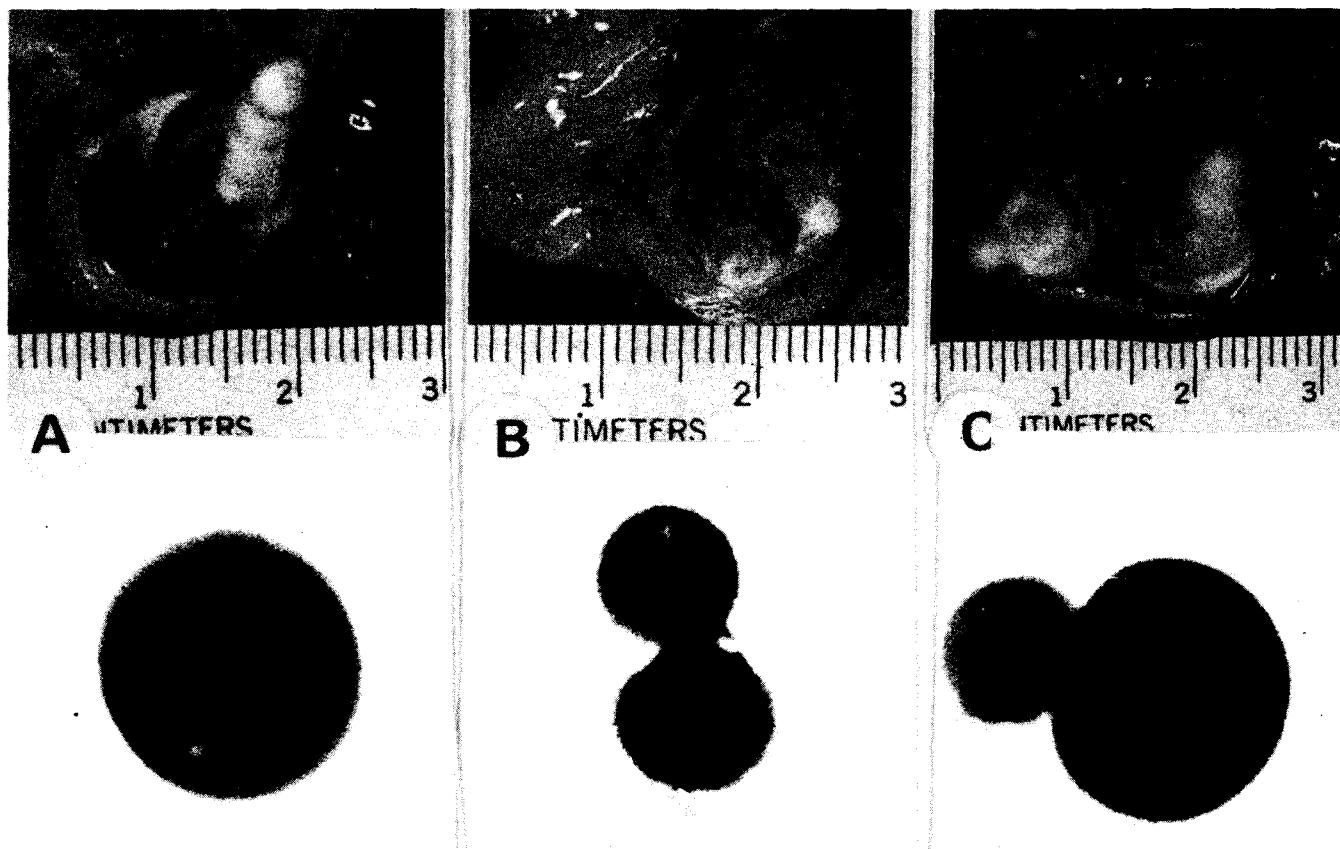


Fig. 7. Composición fotográfica que resume la geometría valvular con la utilización de uno o dos balones. Arriba: dilatación de una válvula pulmonar en una pieza anatómica estructuralmente normal que corresponde a un lactante fallecido por patología pulmonar. Observese la modificación que sufre el anillo valvular cuando se infla un balón (A), dos balones iguales (B), y dos balones desiguales (C). Abajo: la misma secuencia de izquierda a derecha correspondiente al mismo corazón pero obtenido mediante filmación con rayos X a 16 imágenes por segundo. Para detalles ver texto.

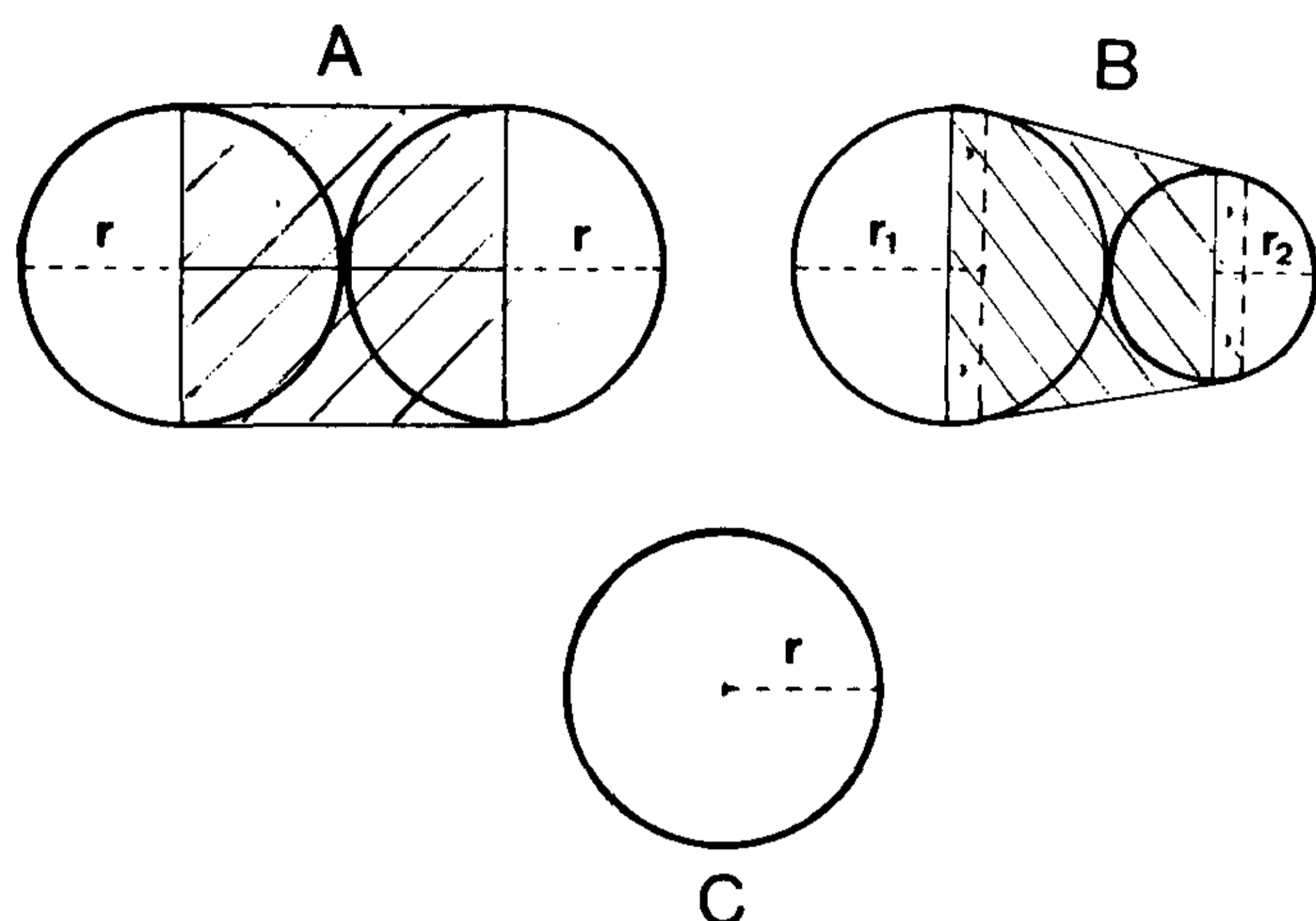


Fig. 8. Dibujo esquemático que representa las figuras geométricas observadas según se use un balón único (C), dos iguales (A) o dos desiguales (B) (r : radio; r_1 : radio mayor; r_2 : radio menor; área rayada de A: cuadrado; área rayada de B: trapecio). Para más detalles consultar texto.

años el tratamiento de elección para la estenosis valvular pulmonar.³⁴⁻³⁶

La creciente aceptación de la valvuloplastia transvenosa o valvotomía con catéter balón se basa en la efectiva descompresión del ventrículo derecho, lo que condiciona una inmediata reducción del gradiente transvalvular. Ello ha popularizado esta modalidad terapéutica como electiva, por cuanto es segura y de bajo costo social.^{3, 37, 38}

Los resultados obtenidos en esta serie no difieren de los referidos por otros autores. La disminución del gradiente transpulmonar y de la presión sistólica ventricular fue mayoritariamente significativa inmediatamente después de finalizado el procedimiento. Asimismo, todos los enfermos estudiados alejadamente mantuvieron e incluso mejoraron aquellos parámetros hemodinámicos, lo que confiere, a un año promedio de seguimiento, una base sustancial para aceptar esta técnica como definitivamente electiva en la estenosis valvular pulmonar congénita.

Aspectos hemodinámico-angiográficos

Las modificaciones hemodinámicas que acompañan a la oclusión valvular total aguda pueden resumirse de la siguiente manera: el inflado pleno del balón obstruye totalmente la vía de salida derecha, lo que implica súbito aumento de poscarga y suspensión transitoria de la eyección. La presión intraventricular asciende (hemos registrado en el caso 2 una presión sistólica superior a 200 mmHg, diastólica final de 35 mmHg y sistémica de 40 mmHg), condicionando aumento del stress parietal y probablemente alteración de la geometría

cameral con disturbio de la función tricuspídea y distorsión del tracto de salida por la "rectificación" que sufre el CD al inflado total del balón.

La hipertensión ventricular modifica la curvatura del tabique interventricular, que adopta una convexidad dirigida al ventrículo izquierdo. Este fenómeno incrementa su rigidez "extrínseca" por interferencia del llenado diastólico, mientras que desciende paulatinamente el correspondiente al ventrículo derecho en los ciclos cardíacos que se suceden durante la oclusión.^{39, 40}

Shuck⁴¹ demostró cortocircuito de derecha a izquierda a nivel del foramen oval en un enfermo durante la DTVP, circunstancia que contribuiría, según el autor, a sostener la presión sistémica a niveles cercanos a la normalidad por cuanto aumentaría la repleción diastólica del ventrículo izquierdo. Nosotros no compartimos esa aseveración ya que, excepto los dos enfermos en quienes se utilizó la técnica de doble balón, todos los demás presentaron hipotensión sistémica significativa.

En resumen, el VD se somete a incremento de pre y poscarga, mientras que el izquierdo altera su llenado diastólico. Esta situación hemodinámica incrementa transitoriamente el consumo miocárdico de oxígeno, que a su vez es inadecuado dada la disminución de la presión aórtica. Es probable que esta secuencia de acontecimientos explique razonablemente el inmediato descenso de la presión de VD, que requiere algunos latidos para que se sitúe en un nivel post-DTVP definitivo.¹⁵

Destacable interés tiene la disminución de la presión diastólica final del VD registrada alejadamente, ya que traduciría una importante mejoría de su comportamiento diastólico debida a la involución de la hipertrofia miocárdica.

Existe suficiente información acerca de una sostenida hipertensión ventricular derecha tras la comisurotomía quirúrgica o valvuloplastia con catéter balón. Ello ha sido atribuido a la denominada reacción infundibular, consecuencia de reflejos simpáticos y liberación súbita de poscarga.⁵ La hipertrofia severa de las bandas septal y parietal mantiene un estrechamiento del infundíbulo pulmonar aun cuando haya sido efectivo el tratamiento realizado.^{9, 35, 36, 42}

Tres de nuestros enfermos tuvieron este tipo de comportamiento; el caso 1 mantuvo un gradiente inmediato post-DTVP de 40 mmHg que se redujo espontáneamente a 15 mmHg en el seguimiento alejado. El caso 2 mostró tardíamente el mismo gradiente post-DTVP inmediato; angiográficamente la vía de salida de VD se presentaba estrecha y con opacificación no homogénea. Dicho gradiente disminuyó en 20 mmHg luego de un tratamiento de

cuatro meses con bloqueantes beta (resaltamos que el parámetro hemodinámico tardío fue registrado cuatro meses después de suspendido el fármaco, con lo que excluimos todo comportamiento inotrópico negativo), que fue significativamente mejorado con la valvuloplastia practicada con dos balones desiguales simultáneos.

Estas observaciones ejemplifican la reversibilidad total o parcial que ha de esperarse con esta peculiar modalidad de reacción infundibular.⁴³

Merece especial comentario el enfermo referido a cirugía 24 horas después del procedimiento. El informe quirúrgico nos permite deducir que los efectos propios de la dilatación sobre la válvula pulmonar fueron logrados largamente. Aún así fue necesaria una resección generosa de ambas bandas musculares y ampliación de salida con parche para solucionar el estrechamiento infundibular.

Los hallazgos histológicos destacan la fibrosis moderada y las alteraciones nucleares y líticas de las células, que pueden interpretarse como secundarias al elevado stress parietal sistólico. El carácter fijo del estrechamiento de la vía de salida explica la hipertensión ventricular sostenida y podría razonablemente justificarse por la fibrosis histológica. No hemos encontrado detalles hemodinámicos ni angiográficos para predecir la modalidad de comportamiento infundibular.

No creemos en la utilidad del test de isoproterenol en la evaluación de los resultados, ya que paradójicamente el porcentaje de cambio o incremento de la presión ventricular bajo los efectos de este fármaco fue mayor en el post-DTVP inmediato que en el período predilatación respecto de los valores basales.

Estos hallazgos pueden explicarse por un efecto sinérgico del fármaco con los referidos "reflejos neurovegetativos liberados", acentuándose entonces una "hipercontractilidad" y dinámica obstrucción infundibular; aun cuando no hemos instituido este test en el seguimiento alejado, especulativamente parece más oportuno realizarlo en ese período.

Aspectos clínicos

Todos los enfermos modificaron sustancialmente las características acústicas del soplo eyectivo en área pulmonar. Este disminuyó su intensidad y se desplazó su acné a la sístole inicial o media. En algunos de ellos apareció un componente pulmonar del segundo ruido móvil y normofonético al finalizar el procedimiento.

En el 40% de los casos fue audible un soplo diastólico corto continuando al segundo ruido pulmonar correspondiente a incompetencia valvu-

lar que en ningún caso se la consideró significativa.

El aspecto más destacable está relacionado con el descenso de la amplitud de la onda R en derivación V₁ registrada en el 80% de los enfermos evaluados a largo plazo, como consecuencia de la involución definida del grado de hipertrofia ventricular derecha.

Todos los enfermos dejaron el centro hospitalario entre 24 y 48 horas después del tratamiento (a excepción del intervenido quirúrgicamente) con un excelente estado clínico y sin manifestaciones adversas.

Aspectos técnicos

Suficiente demostración experimental en animales avala la mayor efectividad de una dilatación cuando el diámetro anular pulmonar nativo o "verdadero" se sobredistinge circunferencialmente entre un 20% a 40% (el diámetro deseado se denomina también "efectivo"). Esta conducta fue transferida y practicada en enfermos, demostrándose una reducción porcentual del gradiente superior a la obtenida cuando el balón es igual, ligeramente mayor, o menor del diámetro verdadero, sin que por ello se incremente el riesgo del método.^{38, 44}

Nuestros resultados ratifican el valor de esta modificación técnica por cuanto el porcentaje de cambio inmediato conseguido fue de 71% (\bar{X}), cercano al 74% obtenido por Radtke.^{9, 38}

Sin embargo parece oportuno hacer algunas reflexiones en cuanto a la elección del balón. Cuando se utiliza éste, seleccionado por su diámetro "efectivo" en relación a un anillo verdadero dado, la sobredistensión lograda es homogénea a todo lo largo del perímetro anular, conservándose la figura circular una vez desaparecida la muesca inicial.

El enfoque difiere cuando el diámetro verdadero pretende sobredistenderse en la misma proporción con el simultáneo inflado de dos balones; en este caso ha de considerarse que la figura geométrica obtenida es la sumatoria de dos figuras diferentes.⁴⁵

Cuando los balones a utilizar son de radios iguales se obtiene una imagen cuyos extremos contienen dos semicírculos similares con un cuadrado central, lo que implica que el anillo distendido tiene un incremento de diámetro en un sentido a expensas de la disminución del mismo en el otro.

La situación es todavía más compleja si los balones elegidos son de diferentes radios, ya que la figura que resulta del inflado simultáneo contiene un área subtendida por una envolvente que pasa por los dos círculos, de tal modo que descompone exactamente a aquélla en un trapecio central y dos

semicírculos distales desiguales (Figs. 7 y 8).

De lo mencionado se deduce que la técnica de doble balón obliga a expresarse en términos de área "efectiva" y no de diámetro "efectivo" para la selección de los balones, ya que la relación área/diámetro no es lineal. Distender un anillo en un 30% más de su valor inicial implica que el área final conseguida es un 70% mayor que la original.

Hemos comprobado la eficacia y viabilidad de la valvotomía que se consiguen con dos balones simultáneos: no aumenta el riesgo del procedimiento, el ventrículo derecho se descomprime a través de los espacios donde los balones no contactan (destacamos que los enfermos de esta serie en quienes se utilizó la técnica no modificaron sustancialmente la presión sistémica), ambos CD pueden introducirse por el mismo orificio venoso con un área de penetración "actual" menor, y aun reconociendo que la tensión generada durante la dilatación no es homogénea nos parece una excelente alternativa frente al uso de balón único en adolescentes o en anillos > 18-20 mm, incluso ante la inminente aparición de balones con 25 mm de diámetro.

CONCLUSION

Nuestro estudio demuestra la eficacia de la dilatación transvenosa de la válvula pulmonar no sólo en el período inmediato sino fundamentalmente el seguimiento alejado; los resultados son equiparables a los obtenidos mediante cirugía.

No tiene riesgo significativo y se reducen los costos materiales y psicológicos que conlleva una intervención quirúrgica.

La técnica de doble balón o balones únicos de "gran volumen" provee los mejores resultados y entendemos que esta modalidad de tratamiento es de elección en la estenosis pulmonar valvular aislada no displásica de carácter congénito.

APENDICE

La determinación de área efectiva y la elección de dos balones requiere una formulación matemática con la que se elaboró una Tabla de Selección pre-fijando que el diámetro efectivo deseado es un 30% superior al verdadero.

Para dos balones iguales:⁴⁵

$$\text{Area} = R^2 (\pi + 4)$$

donde R: radio: π : 3,14.

Para dos balones desiguales:³⁸

$$\text{Area} = \pi R^2 - \alpha (R^2 - r^2) + 2 (R + r) \cdot \sqrt{R \cdot r}$$

donde R: radio mayor; r: radio menor; coseno α : $\frac{R - R}{R + r}$

Tabla de selección resumida

| Balones iguales | Area efectiva | Diámetro efectivo | Diámetro verdadero | Balones desiguales |
|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 8+8 | 114,2 | 12,1 | 9,2 | 10+7 15+5 |
| 12+12 | 257 | 18,1 | 14 | 15+8 15+10 |
| 15+15 | 401 | 22,6 | 17,4 | 15+12 18+12 |
| 18+18 | 578 | 27 | 20,8 | 20+15 18+15 |
| 20+20 | 714 | 30,2 | 23 | 20+18 25+12 |

Todos los valores se representan en milímetros, excepto para el área, que lo es en mm².

SUMMARY

Right ventricle decompression by pulmonary valve transvenous dilatation stands for the outstanding technique; thus, surgical treatments can be indefinitely postponed. Twenty one studies were performed on 20 patients with congenital pulmonary valve stenosis. Early and late follow up data are herein depicted. Mean age was 7±5 years. Only one out of 20 patients had a previous pulmonary commirurotomy (Table 1). A balloon catheter being its diameter 20% larger than the original pulmonary rings was employed in the former 7 studies. In two patients valvuloplasty was carried out with 2 balloons catheter simultaneously. Right systolic ventricular pressure, prior dilatation was 94±33 and gradient through pulmonary valve was 70±32. These parameters decrease to 45±29 (p<0.01) at the immediate postoperative. Ten patients were studied eleven months later. At this time right ventricular pressure was 42±18; and gradient 20±16; those figures were equal to those at the immediate postoperative. R wave amplitude in the ECG in VI diminished from 21 to 17 mm in the patients in the late follow up. These results show balloon catheter in pulmonary valve stenosis treatment being the first alternative. The usage of two balloons catheter at same time or one of a larger size sill lead to better esults.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración del Sr. M. Di Iorio, del Laboratorio de Hemodinamia del Sanatorio Güemes; del Sr. M. Rosenman y de los Dres. R. Pichel y E. Cabrera, de

Investigación y Docencia de la Fundación Favalaro, sin cuya ayuda valiosa no habría concluido este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Kan J, White R, Mitchell S, Gardner T: Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary valve stenosis. *New Engl J Med* 307: 540, 1982.
2. Pepine C, Gessner I, Feldman R: Percutaneous balloon valvuloplasty for pulmonic stenosis in the adult. *Am J Cardiol* 50: 1442, 1982.
3. Walls J, Lababidi Z, Curtis J, Silver D: Assessment of percutaneous balloon pulmonary and aortic valvuloplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg* 88: 352, 1984.
4. Lababidi Z, Wu J, Walls J: Percutaneous balloon aortic valvuloplasty. *Am J Cardiol* 53: 194, 1984.
5. Ubago J, Figueroa A, Colman T et al: Valvuloplastia pulmonar percutánea con catéter balón. *Rev Esp Cardiol* 37: 354, 1984.
6. Rocchini A, Kveselis D: The use of balloon angioplasty in pediatric patient. *Pediatr Clin North Am* 31: 1293, 1984.
7. Granja M, Sadi R, Flores J, Kreutzer E: Valvuloplastia pulmonar con catéter balón. *Rev Lat de Cardiol Inf* 1: 81, 1985.
8. McKay R, Safian R, Lock J et al: Balloon dilatation of calcific aortic stenosis in elderly patients: postmortem, intraoperative, and percutaneous valvuloplasty studies. *Circulation* 74: 119, 1986.
9. Radtke W, Keane J, Fellows K, Lang P, Lock J: Balloon valvuloplasty for pulmonary stenosis using oversized balloons. *J Am Coll Cardiol* 7: 118A, 1986.
10. Lock J, Khalilullah M, Shrivastava S, Bahl V, Keane J: Percutaneous catheter commissurotomy in rheumatic mitral stenosis. *N Engl J Med* 313: 1515, 1985.
11. Inoue K, Owaki T, Nakamura F, Miyamoto N: Clinical application of transvenous mitral commissurotomy by a new balloon catheter. *J Thorac Cardiovasc Surg* 87: 394, 1984.
12. Kveselis D, Rocchini A, Beekman R et al: Balloon angioplasty for congenital and rheumatic mitral stenosis. *Am J Cardiol* 57: 348, 1986.
13. Tynan M, Jones O, Joseph M, Deverall P, Yates A: Relief of pulmonary valve stenosis in first week of life by percutaneous balloon valvuloplasty (letter). *Lancet* 1: 273, 1984.
14. Rickards A, Somerville J: Successful balloon aortic valvotomy in a child with pulmonary hypertension duct and aortic valve stenosis. *Br Heart J* 56: 185, 1986.
15. Cazzaniga M, Rodríguez A, Bordonava A et al: Radiología intervencionista en niños y adolescentes. *Corde* (en prensa).
16. Choy M, Beekman R, Crowley D, Rocchini A: Balloon dilatation in infants and children with valvar aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 7: 117A, 1986.
17. Singer M, Rowen M, Dorsey T: Transluminal aortic balloon angioplasty for coarctation of the aorta in newborn. *Am Heart J* 103: 131, 1982.
18. Finley J, Beaulieu R, Nanton M, Roy D: Balloon catheter dilatation of the aorta in young infants and children. *Br Heart J* 50: 411, 1983.
19. Lock J, Bass J, Amplatz K, Fuhrman B, Castaneda Zuñiga W: Balloon dilatation angioplasty in infants and children. *Circulation* 68: 109, 1983.
20. Sperling D, Dorsey T, Rowen M, Cazzaniga A: Percutaneous transluminal angioplasty of congenital coarctation of the aorta. *Am J Cardiol* 51: 562, 1983.
21. Lock J, Castaneda Zuñiga W, Bass J, Foker J, Amplatz K, Anderson R: Balloon dilatation of excised aortic coarctation. *Radiology* 143: 689, 1982.
22. Castaneda Zuñiga W, Lock J, Vloader Z et al: Transluminal dilatation of coarctation of the abdominal aorta. *Radiology* 143: 693, 1982.
23. Lock J, Castaneda Zuñiga W, Fuhrman B, Bass J: Balloon dilatation angioplasty of hypoplastic and stenotic pulmonary arteries. *Circulation* 67: 962, 1983.
24. Cazzaniga M, Rodríguez A, Dietl C et al: Dilatación transluminal angioplástica en neonatos y adolescentes con coartación de aorta (abstract). Primer Congreso Argentino de Cardiología Pediátrica, Córdoba, 1984.
25. Driscoil D, Hesslein P, Mullins Ch: Congenital stenosis of individual pulmonary veins: clinical spectrum and unsuccessful treatment by transvenous balloon dilatation. *Am J Cardiol* 49: 1762, 1982.
26. Tegtemeyer C, Dyer R, Teater C et al: Percutaneous transluminal dilatation of the renal arteries. *Radiology* 135: 589, 1980.
27. Spence R, Freiman D, Catenby R et al: Long term results of transluminal angioplasty of the iliac and femoral arteries. *Arch Surg* 116: 1377, 1981.
28. Waldman J, Waldman JD, Jones M: Failure of balloon dilatation in obstruction of the systemic venous atrium after Mustard operation. *Pediatr Cardiol* 4: 151, 1983.
29. Feit F, Stecy P, Nachamie M: Percutaneous balloon valvuloplasty for stenosis of a porcine bioprosthesis in the tricuspid position. *Am J Cardiol* 58: 363, 1986.
30. Lock J, Bass J, Castaneda Zuñiga W, Fuhrman B, Rashkind W, Lucas R: Dilatation angioplasty of congenital or operative narrowings of venous channels. *Circulation* 70: 457, 1984.
31. Semb B, Tjömbneland S, Stake G, Aubyholm G: Balloon valvulotomy of congenital pulmonic stenosis with tricuspid valve insufficiency. *Cardiovasc Radiol* 2: 239, 1979.
32. Lock J: Estado actual de la terapéutica intervencionista en cardiología infantil. Conferencia. II Congreso Argentino de Cardiología Pediátrica. Buenos Aires, 1986.
33. Tynan M, Baker E, Rohmer J et al: Percutaneous balloon pulmonary valvuloplasty. *Br Heart J* 53: 520, 1985.
34. Brock R: Pulmonary valvulotomy for relief of congenital stenosis. *Br Med J* 1: 1121, 1948.
35. Blount S, McCord M, Mueller H, Swan H: Isolated valvular pulmonic stenosis. Clinical and physiologic response to open valvuloplasty. *Circulation* 10: 161, 1954.
36. Griffith B, Hardestey R, Siewers R et al: Pulmonary valvulotomy alone for pulmonary stenosis: results in children with and without muscular in fundibular hypertrophy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 83: 577, 1982.
37. Ali Khan M, Saad Al Yousef, Mullins Ch: Percutaneous transluminal balloon pulmonary valvuloplasty for the relief of pulmonary valve stenosis with special reference to double-balloon technique. *Am Heart J* 112: 158, 1986.
38. Radtke W, Keane J, Fellows K, Lang P, Lock J: Percutaneous balloon valvotomy of congenital pulmonary stenosis using oversized balloons. *J Am Coll Cardiol* 8: 909, 1986.
39. Visner M, Arentzen C, Ring S, Anderson R: Left ventricular dynamic geometry and diastolic mechanism in a model of chronic cyanosis and right ventricular pressure overload. *J Thorac Cardiovasc Surg* 81: 347, 1981.
40. Cazzaniga M, Quero Jiménez M, Martín de Dios R, Herraiz I, Pey J: Diastolic function in infants with complete transposition of the great arteries. In: *Computers in Cardiology*, p 297. Elsevier Science Pub, North Holland, 1984.
41. Shuck J, McCormick D, Cohen I et al: Percutaneous balloon valvuloplasty of the pulmonary valve: Role of right to left shunt at atrial level. *J Am Coll Cardiol* 4: 132, 1984.
42. Engel M, Holswade G, Goldberg H, Lucas D, Glenn F: Regression after open valvulotomy accompanying severe valvular pulmonic stenosis. *Circulation* 17: 863, 1958.
43. Moulart D, Buissem T, Gledof W, Rohmer J: The postvalvulotomy propranolol test to determinate reversibility in pulmonic stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 71: 856, 1976.
44. Ring J, Kulik T, Burke B, Lock J: Morphologic changes induced by dilatation of the pulmonary valve anulus with overlarge balloons in normal newborns lambs. *Am J Cardiol* 55: 210, 1985.
45. Butto F, Amplatz K, Bass J: Geometry of the proximal pulmonary trunk during dilatation with two balloons. *Am J Cardiol* 58: 380, 1986.