

Nomograma para determinar el tipo y el tamaño mínimo de prótesis valvular que previene el *mismatch* aórtico

RAÚL A. BORRACCI, MIGUEL RUBIO, MARÍA L. BOZZONE BOTELLI

RESUMEN

Objetivos

El propósito de este trabajo fue desarrollar una serie de nomogramas basados en el área del orificio efectivo (AOE) indexada que permita seleccionar el tipo y el tamaño valvular más adecuado, capaz de prevenir el *mismatch* después de un reemplazo valvular aórtico.

Material y métodos

Se realizó una búsqueda bibliográfica computarizada en Medline y Pubmed, complementada manualmente, de trabajos que incluían una evaluación del AOE por Doppler de diferentes modelos de bioprótesis y válvulas mecánicas. La búsqueda abarcó las publicaciones entre 1988 y 2004 y se completó con la revisión de los informes técnicos y manuales que acompañan la comercialización de las prótesis. Luego se confeccionaron los nomogramas correspondientes relacionando la superficie corporal (SC) esperada del paciente con el AOE indexada (AOE de cada tamaño de prótesis en cm^2 / SC en m^2).

Resultados

La comparación de los gráficos de AOE indexada de las válvulas mecánicas bivalvas y de las bioprótesis revela un desempeño mejor de las primeras cuando se analizan en conjunto. Así, para una SC media de $1,85 \text{ m}^2$, por ejemplo, la mayoría de las bioprótesis ofrecen un AOE indexada por debajo del límite de $0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, mientras que en el caso de las bivalvas mecánicas en general sólo los números más pequeños (#19 y algunas #21) no superan dicho valor. Por su parte, el desempeño promedio de las bioprótesis *stentless* parece encontrarse entre el de las bivalvas mecánicas y las bioprótesis con soporte.

Conclusiones

El desarrollo de nomogramas basados en el AOE indexada permite seleccionar el tipo y el tamaño protésico valvular más adecuado, capaz de prevenir el *mismatch* después de un reemplazo valvular aórtico. El análisis conjunto de los modelos y los tamaños estudiados facilita la comparación del desempeño hemodinámico de los distintos tipos de válvulas.

REV ARGENT CARDIOL 2005;73:96-101.

Recibido: 28/12/2004

Aceptado: 25/1/2005

Dirección para separatas:

R. A. Borracci

La Pampa 3030 - 1° B

(1428) Buenos Aires, Argentina

e-mail: borracci@universia.com.ar

Palabras clave

> Válvula aórtica/cirugía - Bioprótesis - Nomograma - Prótesis valvulares cardíacas

INTRODUCCIÓN

La elección de la prótesis adecuada para realizar un reemplazo valvular aórtico depende, entre otras cosas, de la superficie corporal (SC) del paciente y del área del orificio efectivo (AOE) que debería tener dicha válvula protésica para evitar el *mismatch*. Este último fenómeno se genera cuando el AOE de la prótesis implantada es inadecuada para el tamaño del receptor. Una de las medidas más estudiadas para prevenir dicho *mismatch* es el cociente AOE / SC conocido como AOE indexada y que exige una relación crítica mínima $> 0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ para proveer un flujo transvalvular adecuado a las necesidades del paciente. (1-3) La gran cantidad de modelos y tamaños de prótesis valvulares, y

en muchos casos la falta de estandarización de sus medidas entre los fabricantes, obliga a usar un parámetro comparativo común para evaluar sus desempeños. A modo de ejemplo, el diámetro interno o externo de una válvula de "19 mm" puede variar en 4 mm con dependencia del fabricante. (4) Así, una válvula pericárdica Carpentier-Edwards® número 19 equivale a una bioprótesis Hancock II® etiquetada como 21; (5) y la misma relación existe entre una prótesis mecánica On-X® 19 y una St Jude® o CarboMedics® 23. (6)

El propósito de este trabajo fue desarrollar una serie de nomogramas basados en el AOE indexada, que permita seleccionar el tipo y el tamaño valvular más adecuado, capaz de prevenir el *mismatch* después de un reemplazo valvular aórtico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica computarizada en Medline y Pubmed, complementada manualmente, de trabajos que incluían una evaluación del AOE por Doppler de diferentes modelos de bioprótesis y válvulas mecánicas. La búsqueda abarcó las publicaciones entre 1988 y 2004 y se completó con la revisión de los informes técnicos y manuales que acompañan a la comercialización de las prótesis. Se identificaron las AOE promedio y los diámetros del anillo de sutura de los distintos modelos y tamaños de prótesis. Cuando los resultados de AOE diferían entre las publicaciones, se prefirieron aquellos trabajos que parecían no presentar conflicto de intereses con respecto a las marcas de las prótesis evaluadas. Luego se confeccionaron los nomogramas correspondientes relacionando la SC esperada del paciente con la fórmula de Dubois (7) *versus* el AOE indexada (AOE de cada tamaño de prótesis en cm^2 / SC en m^2).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los valores de AOE aórticos medidas en cm^2 con Doppler para los diferentes modelos y tamaños de válvulas mecánicas bivalvas, monodiscos y bioprótesis. (2, 5, 6, 8-24) Se excluyeron de este estudio las prótesis valvulares Bicarbon Overline®, ATS Open Pivot® y St Jude Medical Biocor® por no hallarse suficiente información bibliográfica sobre las AOE respectivas.

En los nomogramas de las Figuras 1, 2 y 3 pueden observarse los gráficos de los diferentes modelos y tamaños de prótesis. Para un paciente dado, el tipo de prótesis y el tamaño valvular mínimo que supera un AOE indexada de $0,85 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ se puede estimar pro-

ABREVIATURAS

AOE Área del orificio efectivo
SC Superficie corporal

yectando el valor de la SC hasta interceptar las distintas líneas de AOE indexadas. Por razones de espacio, las prótesis monodisco y las bioprótesis *stentless* se incluyeron en el mismo nomograma (Figura 3).

Adicionalmente, y dada la falta de estandarización de los diámetros externos de los distintos modelos valvulares, en la Tabla 2 se transcriben los diámetros del anillo de sutura de un grupo representativo de estas prótesis. (14, 25, 26) De esta forma se demuestra que la mejora en el AOE de algunas válvulas estaría relacionada con un diámetro externo mayor.

DISCUSIÓN

Los nomogramas desarrollados en este trabajo permiten determinar el tipo y el tamaño mínimo de prótesis valvular aórtica que podría prevenir el *mismatch* de acuerdo con la estimación hemodinámica que ofrece el AOE indexada. Este último parámetro es considerado por muchos autores el mejor índice de evaluación del *mismatch* aórtico, y a la vez se ha relacionado ampliamente con los resultados inmediatos y alejados del reemplazo valvular. (5, 27)

La comparación de los gráficos de AOE indexada de las válvulas mecánicas bivalvas y de las bioprótesis

TABLA 1
Áreas de orificios efectivos (AOE) aórticos medidas en cm^2 con Doppler en los diferentes modelos y tamaños de válvulas

	#19	#21	#23	#25
Prótesis mecánicas bivalvas:				
St. Jude Medical	1,04	1,73	2,13	2,3
St. Jude Medical HP	1,30	2,01	-	-
CarboMedics (St, R y Top Hat)	1,11	1,52	1,80	2,10
Sorin Bicarbon	0,79	1,08	1,55	2,42
On-X	1,5	1,7	2,0	2,4
Edwards MIRA	1,2	1,6	1,6	1,9
Prótesis mecánicas monodisco:				
Hall-Medtronic	1,19	1,34	1,53	1,90
Sorin Carbocast	0,70	0,99	1,12	1,60
Ominicarbon	0,83	1,13	1,39	2,16
Bioprótesis:				
Carpentier-Edwards St	1,0	1,1	1,3	1,5
Carpentier-Edwards porcina	1,0	1,4	1,5	1,6
Carpentier-Edwards pericárdica	1,3	1,5	1,8	2,0
Medtronic Intact	0,85	1,02	1,27	1,40
Medtronic Mosaic	-	1,22	1,38	1,65
Hancock II	-	1,18	1,33	1,46
Bioprótesis <i>stentless</i> :				
Medtronic Freestyle	1,22	1,40	1,53	2,17
St Jude Toronto SPV	-	1,30	1,50	1,80
Prima Edwards	0,80	1,10	1,50	1,80

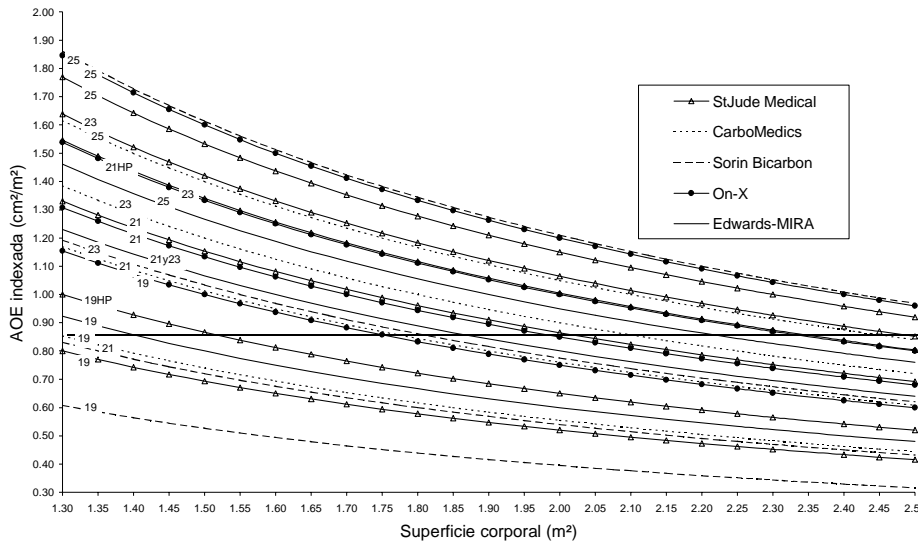


Fig. 1. Área de orificio efectivo (AOE) aórtico indexada para diferentes tamaños de válvulas mecánicas bivalvas.

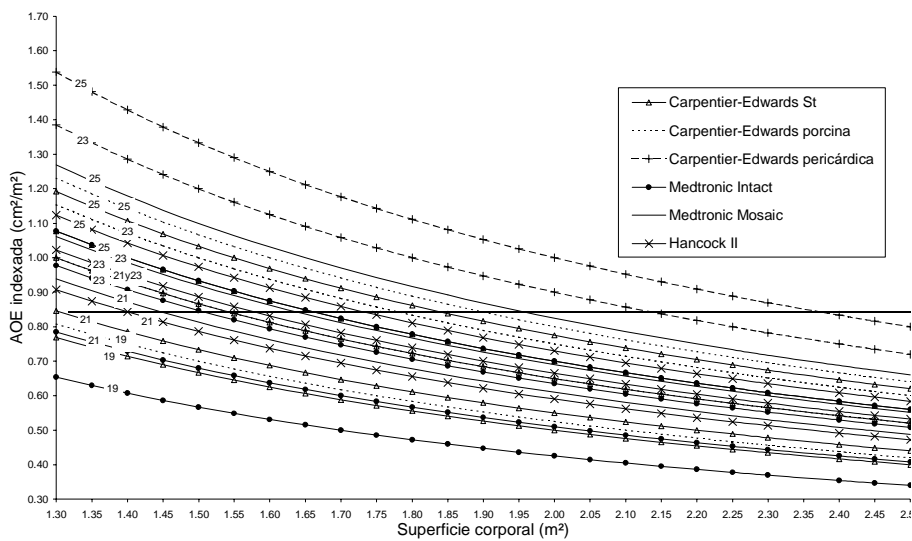


Fig. 2. Área de orificio efectivo (AOE) aórtico indexada para diferentes tamaños de bioprótesis.

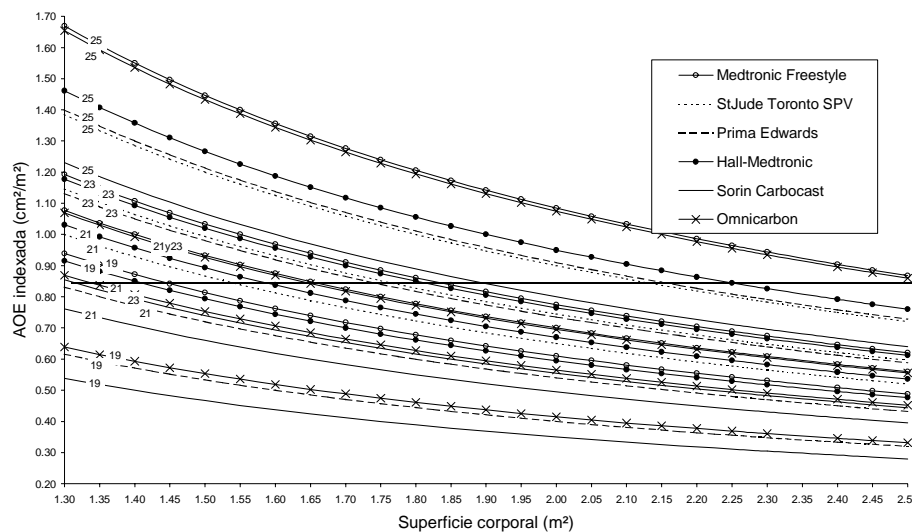


Fig. 3. Área de orificio efectivo (AOE) aórtico indexada para distintos tamaños de bioprótesis y válvulas mecánicas monodisco.

TABLA 2
Diámetro externo del anillo de sutura en mm en los diferentes modelos y tamaños de válvulas

	#19	#21	#23	#25
St. Jude Medical	19	21	23	25
St. Jude Medical HP	19	21	-	-
CarboMedics	19,8	21,8	23,8	25,8
CarboMedics R	18,8	20,8	22,6	25,0
Sorin Bicarbon	24	27	29	32
On-X	23,6	26,0	28,4	31,4
Edwards MIRA	26,6	28,8	31,0	33,2
Carpentier-Edwards pericárdica	26	28	31	32
Hall-Medtronic	20	21	23	25

revela un desempeño mejor de las primeras cuando se analizan en conjunto. Así, para una SC media de 1,85 m², por ejemplo, la mayoría de las bioprótesis ofrecen un AOE indexada por debajo del límite de 0,85 cm²/m², mientras que en el caso de las bivalvas mecánicas en general sólo los números más pequeños (#19 y algunas #21) no superan dicho valor. Por su parte, el desempeño promedio de las bioprótesis *stentless* en cuanto al AOE indexada parece encontrarse entre las bivalvas mecánicas y las bioprótesis con soporte.

Aunque la mayoría de las válvulas monodisco han caído en desuso, su inclusión en este trabajo se debe al gran número de implantes ya existentes y a la amplia experiencia clínica con estos modelos. Además, algunas prótesis, como la Hall-Medtronic®, se siguen usando con cierta frecuencia, ya que su desempeño hemodinámico en los números más grandes (#23 y #25) es similar al de las bivalvas.

Como se muestra en la Tabla 2, los diámetros externos del anillo de sutura pueden variar significativamente no sólo dentro de las prótesis mecánicas sino también entre éstas y las bioprótesis. El mayor diámetro promedio de estas últimas necesita, en general, un anillo aórtico nativo más grande o elástico que cuando se implanta una prótesis mecánica. Así, la mayoría de las prótesis valvulares comercializadas en la actualidad se implantan en forma intraanular, es decir que el diámetro externo de la prótesis debe coincidir con el del anillo aórtico nativo, lo cual en todo caso podría requerir la dilatación o la ampliación quirúrgica de éste. (28, 29) En el caso de los diseños de implante supraanular (St Jude HP®, On-X®, Edwards MIRA®, CarboMedics Top Hat® y Carpentier-Edwards porcina®), en general es posible colocar una prótesis de mayor diámetro externo por encima del anillo aórtico, pero en esta situación la permeabilidad de los *ostia* coronarios podría comprometerse si el diámetro aórtico a nivel de los senos coronarios no fuera el adecuado o la salida de las arterias coronarias fuera demasiado baja.

Existen múltiples condiciones y razones para la selección de una prótesis valvular cardíaca, a saber: la edad del paciente, su condición clínica, la presencia de

infección, la tolerancia a la anticoagulación, la preferencia del paciente y del cirujano, la tasa de tromboembolia o daño estructural de la prótesis, la experiencia clínica con el modelo valvular, el costo y el desempeño hemodinámico. En este trabajo se ha considerado solamente el desempeño hemodinámico en base al AOE indexada, lo cual puede constituir una de las limitaciones del estudio. Asimismo, no se ha podido incluir un número mayor de modelos comerciales dada la falta de información bibliográfica en cuanto al AOE de otras prótesis.

Si bien existen numerosos trabajos que evalúan el desempeño hemodinámico de las distintas prótesis valvulares, la determinación por eco-Doppler del AOE de cada modelo y tamaño no está exenta de errores. Así, aunque en este estudio se consideraron sólo las AOE promedio de los diferentes trabajos publicados, se debe destacar que los coeficientes de variación de estas mismas determinaciones oscilaron entre 8,7% y 28,6% para algunas válvulas, lo cual en este último caso podría depreciar la validez del método de cálculo del AOE.

Por último, la utilidad del AOE indexada ha sido puesta en duda por algunos autores, quienes no pudieron demostrar en un seguimiento a 10 años efectos negativos del *mismatch* en pacientes portadores de una bioprótesis (Medtronic®), (30) o que no han podido relacionar el AOE indexada y la regresión de la hipertrofia ventricular con el uso de válvulas mecánicas bivalvas (CarboMedics®). (31) Tampoco Hanayama y colaboradores (32) hallaron diferencias en el índice de masa ventricular izquierda ni en la clase funcional en el seguimiento a 7 años, al comparar 1.129 pacientes con *mismatch* y sin él. Algunas críticas han limitado la validez de estos trabajos argumentando un tamaño de muestra inadecuado y la falta de consideración de los complejos mecanismos genéticos relacionados con la regresión de la hipertrofia.

En conclusión, el desarrollo de nomogramas basados en el AOE indexada permite seleccionar el tipo y el tamaño protésico valvular más adecuado, capaz de prevenir el *mismatch* después de un reemplazo valvular aórtico. El análisis conjunto de los modelos

y los tamaños estudiados facilita la comparación del desempeño hemodinámico de los distintos tipos de válvulas.

SUMMARY

Nomogram to determine type and minimal prosthesis size to avoid patient-prosthesis aortic mismatch

Study objective

The aim of this work was to develop a cluster of indexed effective orifice area (EOA)-based nomograms, useful to select suitable valvular type and size in order to prevent patient-prosthesis mismatch after aortic valve replacement.

Research design and methods

A computerized literature search of Medline and Pubmed including Doppler echocardiography evaluation of different aortic bioprostheses and mechanical valves was performed up to 2004. Manufacturers' information and technical reports for each prosthesis were also added to bibliographic review. Nomograms were done by relating patient's body surface area (BSA) to indexed EOA (EOA for each prosthesis in cm^2/BSA in m^2).

Results

Comparison of indexed EOA - based nomograms between bi-leaflet mechanical prostheses and bioprostheses showed a better performance for mechanical valves. For instance, in a patient with a BSA equal to 1.85m^2 most of bioprostheses will provide an indexed EOA below $0.85\text{cm}^2/\text{m}^2$, while only smaller bi-leaflet mechanical valves (#19 and #21) do not exceed that level. Additionally, average performance of stentless bioprostheses would be found between that of bi-leaflet mechanical and stented bioprostheses.

Conclusions

Development of indexed EOA-based nomograms are useful to select type and minimal prosthesis size to avoid patient-prosthesis mismatch after aortic valve replacement. In addition, hemodynamic performance of each prosthesis can be easily compared as shown in nomograms.

Key words: Aortic valve/surgery - Heart valve prosthesis - Bioprosthesis - Nomograms

BIBLIOGRAFÍA

- Dumesnil JG, Honos GN, Lemieux M, Beauchemin J. Validation and applications of indexed aortic prosthesis valve areas calculated by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:637-43.
- Pibarot P, Dumesnil JG. Hemodynamic and clinical impact of prosthesis-patient mismatch in the aortic valve position and its prevention. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:1131-41.
- Pibarot P, Dumesnil JG, Cartier PC, Metras J, Lemieux MD. Patient-prosthesis mismatch can be predicted at the time of operation. *Ann Thorac Surg* 2001;71:S265-8.
- Christakis GT, Buth KJ, Goldman BS, Frenes SE, Rao V, Cohen G, et al. Inaccurate and misleading valve sizing: a proposed standard for valve size nomenclature. *Ann Thorac Surg* 1998;66:1198-203.
- Rao V, Jamieson WR, Ivanov J, Armstrong S, David TE. Prosthesis-patient mismatch affects survival after aortic valve replacement. *Circulation* 2000;102:III5-9.
- Chambers J, Ely JL. Early postoperative echocardiographic hemodynamic performance of the On-X prosthetic heart valve: a multicenter study. *J Heart Valve Dis* 1998;7:569-73.
- Dubois EF. *Metabolism in Health and Disease*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1936.
- De Paulis R, Sommariva L, De Matteis GM, Polisca P, Tomai F, Bassano C, et al. Hemodynamic performances of small diameter carbomedics and St. Jude valves. *J Heart Valve Dis* 1996;5:S339-43.
- Raisaro A, Caizzi V, Roda G, Minzioni G, Bargiggia G, Bertucci C, et al. Valutazione Doppler delle protesi Sorin e Medtronic-Hall in posizione aortica. *G Ital Cardiol* 1988;18:206-12.
- De Paulis R, Sommariva L, Russo F, Tomai F, Tondo A, Pagliaricci C, et al. Doppler echocardiography evaluation of the carbomedics valve in patients with small aortic anulus and valve prosthesis-body surface area mismatch. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;108:57-62.
- Flameng W, Vandeplas A, Narine K, Daenen W, Herijgers P, Herregods MC, et al. Postoperative hemodynamics of two bileaflet heart valves in the aortic position. *J Heart Valve Dis* 1997;6:269-73.
- Beck-Hanssen O, Caidahl K, Wallentin I, Ask P, Wranne B. Assessment of effective orifice area of prosthetic aortic valves with Doppler echocardiography: an in vivo and in vitro study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:287-95.
- Chafizadeh ER, Zoghbi WA. Doppler echocardiographic assessment of the St. Jude Medical prosthetic valve in the aortic position using the continuity equation. *Circulation* 1991;83:213-23.
- Carrel T, Zingg U, Jenni R, Aeschbacher B, Turina MI. Early in vivo experience with the Hemodynamic Plus St Jude Medical heart valves in patients with narrowed aortic annulus. *Ann Thorac Surg* 1996;61:1418-22.
- Zingg U, Aeschbacher B, Seiler C, Althaus U, Carrel T. Early experience with the new Masters series of St. Jude Medical heart valve: in vivo hemodynamic and clinical results in patients with narrowed aortic annulus. *J Heart Valve Dis* 1997;6:535-41.
- Vitale N, Cadarera I, Muneretto C, Sinatra R, Scafuri A, Di Rosa E, et al. Clinical evaluation of St Jude Medical Hemodynamic Plus versus standard aortic valve prostheses: The Italian multicenter, prospective, randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:691-8.
- Bernal JM, Martin-Duran R, Rabasa JM, Revuelta JM. The CarboMedics 'Top-Hat' supraannular prosthesis. *Ann Thorac Surg* 1999;67:1299-303.
- Pibarot P, Dumesnil JG, Lemieux M, Cartier P, Metras J, Durand LG. Impact of prosthesis-patient mismatch on hemodynamic and symptomatic status, morbidity after aortic valve replacement with a bioprosthetic heart valve. *J Heart Valve Dis* 1998;7:211-8.
- Deligen G, David TE, Raanani E, Armstrong S, Ivanov J, Rakowski H. Late hemodynamic and clinical outcomes of aortic valve replacement with the Carpentier-Edwards Perimount Pericardial Bioprosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;124:146-54.
- Banbury MK, Cosgrove DM 3rd, Thomas JD, Blackstone EH, Rajeswaran J, Okies JE, et al. Hemodynamic stability during 17 years of the Carpentier-Edwards Aortic Pericardial Bioprosthesis. *Ann Thorac Surg* 2002;73:1460-5.
- Del Rizzo DF, Goldman BS, Christakis GT, David TE. Hemodynamic benefits of the Toronto stentless valve. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112:1431-46.
- Dossche K, Vanermen H, Daenen W, Pillai R, Konertz W. Hemodynamic performance of the PRIMA Edwards stentless aortic xenograft: early results of a multicenter clinical trial. *Thorac Cardiovasc Surg* 1996;44:11-4.
- Dumesnil JG, LeBlanc MH, Cartier P, Metras J, Desaulniers D, Doyle DP, et al. Hemodynamic features of the freestyle aortic bioprosthesis compared with stented bioprosthesis. *Ann Thorac Surg* 1998;66:S130-3.
- Yun KL, Sintek CF, Fletcher AD, Pfeffer TA, Kochamba GS, Hyde MR, et al. Aortic valve replacement with the Freestyle stentless bioprosthesis: five-year experience. *Circulation* 1999;100:III17-23.
- De Carlo M, Milano A, Musumeci G, Tartarini G, Biadi O, Benedetti M, et al. Cardiopulmonary exercise testing in patients with 21 mm St. Jude Medical aortic prosthesis. *J Heart Valve Dis* 1999;8:522-9.
- Medalion B, Blackstone EH, Lytle BW, White J, Arnold JH,

- Cosgrove DM. Aortic valve replacement: is valve size important? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119:963-74.
27. Blais C, Dumesnil JG, Baillot R, Simard S, Doyle D, Pibarot P. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on short-term mortality after aortic valve replacement. *Circulation* 2003;108:983-8.
28. Bartels C, Sievers HH. Successful dilatation of the small aortic root for implantation of a larger prosthesis. *J Heart Valve Dis* 1999;8:507-8.
29. Sommers KE, David TE. Aortic valve replacement with patch enlargement of the aortic annulus. *Ann Thorac Surg* 1997;63:1608-12.
30. Frapier JM, Rouviere P, Razcka F, Aymard T, Albat B, Chaptal PA. Influence of patient-prosthesis mismatch on long-term results after aortic valve replacement with a stented prosthesis. *Heart Valve Dis* 2002;11:543-51.
31. Knez I, Rienmuller R, Maier R, Rehak P, Schrottner B, Machler H, et al. Left ventricular architecture after valve replacement due to critical aortic stenosis: an approach to dis-/qualify the myth of valve prosthesis-patient mismatch? *Eur J Cardio-thorac Surg* 2001;19:797-805.
32. Hanayama N, Christakis GT, Mallidi HR, Joyner CD, Femes SE, Morgan CD et al. Patient prosthesis mismatch is rare after aortic valve replacement: valve size may be irrelevant. *Ann Thorac Surg* 2002;73:1822-9.