



## CIRUGÍA CARDIOVASCULAR DEL ADULTO - TRABAJOS LIBRES

---

# Técnica de perfusión selectiva cerebral vía subclavia para la corrección de patologías del arco aórtico

## *Selective cerebral perfusion technique by subclavian approach for correction of aortic arch pathology*

Alejandro Escobar, MD.<sup>(1)</sup>; Sergio Franco, MD.<sup>(2)</sup>; Nelson Giraldo, MD.<sup>(2)</sup>; Juan S. Jaramillo, MD.<sup>(2)</sup>; Hernán Castro, MD.<sup>(2)</sup>

Manizales; Medellín, Colombia.

---

**OBJETIVO:** describir y evaluar la técnica de perfusión subclavia para protección cerebral selectiva con hipotermia moderada.

**MÉTODOS:** estudio descriptivo de 19 pacientes, a quienes se les practicó corrección de disección o aneurisma del arco aórtico mediante la utilización de esta técnica.

**RESULTADOS:** entre septiembre de 2002 y septiembre de 2005, se intervinieron 19 pacientes. El 68,4% eran hombres, con un promedio de edad de  $54,05 \pm 13,53$  años. La disección de aorta tipo A correspondió al 57,8%; el 42,2% restante tenía aneurismas en alguna porción de la aorta con compromiso del cayado. El 73,7% tenía insuficiencia valvular aórtica. El 47,3% se encontró en clase funcional I, el 31,5% en clase II y el 21% en clase III. El 36,8% requirió revascularización coronaria. El tiempo promedio de perfusión cerebral selectiva fue de  $28,95 \pm 8,73$  minutos; la perfusión sistémica fue de  $163,31 \pm 32,15$  minutos, el pinzamiento aórtico fue de  $135,36 \pm 34,48$  minutos y la temperatura promedio fue de  $27,66^\circ \pm 0,94^\circ$  centígrados. Hubo tres defunciones. No ocurrieron complicaciones neurológicas definitivas.

**CONCLUSIÓN:** esta técnica puede ser estandarizada para cirugías electivas o emergentes. Es una técnica simple, reproducible, que permite periodos de tiempo más prolongados para la reconstrucción del arco aórtico sin producir isquemia del tejido cerebral, tiempos de circulación extracorpórea más cortos, pocas complicaciones por sangrado, disminución del riesgo de embolización cerebral anterógrada y un excelente resultado neurológico final.

**PALABRAS CLAVE:** perfusión anterógrada, canulación subclavia, reconstrucción del arco aórtico.

---

**OBJECTIVE:** describe and evaluate the subclavian perfusion technique for selective cerebral protection with moderate hypothermia.

**METHODS:** descriptive study of 19 patients to whom correction of the dissection or aneurysm of the aortic arch through the utilization of this technique was practiced.

**RESULTS:** between September 2002 and September 2005, 19 patients were operated. 68.4% were men with mean age  $54.05 \pm 13.53$  years. 57.8% corresponded to aortic dissection type A; the remaining 42.2% had aneurysms in some portion of the aorta, with arch involvement. 73.7% had aortic valve insufficiency. 47.3% were in functional class I, 31.5% in class II and 21% in class III.

---

(1) Hospital Santa Sofía, Manizales, Colombia.

(2) Clínica Medellín, Medellín, Colombia.

Correspondencia: Alejandro Escobar U., MD. Clínica SOMER, Calle 38 No. 54A-35 4º piso, Rionegro, Antioquia. Correo electrónico: alejandroescobaru@une.net.co

Recibido: 03/04/06. Aprobado: 16/04/07.

36.8% required coronary revascularization. Mean time of selective cerebral perfusion was  $28.95 \pm 8.73$  minutes; systemic perfusion was  $163.31 \pm 32.15$  minutes; aortic clamping was  $135.36 \pm 34.48$  minutes and mean temperature was  $27.66^\circ \pm 0.94^\circ\text{C}$ . There were 3 deaths. No definitive neurological complications were found.

**CONCLUSION:** this technique may be standardized for elective or emergent surgeries. It is a simple reproducible technique that allows more prolonged periods of time for the reconstruction of the aortic arch without producing cerebral ischemia; the extracorporeal circulation times are shorter, there are few bleeding complications, there is a decrease of cerebral antegrade embolism, and an excellent neurological result.

**KEY WORDS:** antegrade perfusion, subclavian canula, reconstruction of aortic arch.

(Rev.Colomb.Cardiol. 2007; 14: 232-237)

## Introducción

Poco se conoce acerca de la incidencia de aneurismas de la aorta torácica. Es claro que éstos ocurren con mayor frecuencia en pacientes ancianos, con hipertensión arterial, fumadores y dislipidémicos. Se ha calculado que la incidencia de aneurismas de aorta torácica es de 5,9/100.000 pacientes/año distribuidos así: 51% localizados en la aorta ascendente, 11% en el arco aórtico y 38% con compromiso de la aorta descendente.

Durante las décadas pasadas, la hipotermia profunda con paro circulatorio total o la perfusión cerebral retrógrada, han sido las técnicas estándar para la protección cerebral en los casos de enfermedades de la aorta que comprometan el arco aórtico; sin embargo, estos procedimientos tienen importantes complicaciones. La necesidad de tiempos prolongados de circulación extracorpórea, la hipotermia y el posterior recalentamiento producen alteraciones significativas en el sistema de coagulación, lo cual produce resultados contradictorios con respecto a la seguridad y eficacia de los procedimientos (1-7).

Recientemente se han realizado trabajos de reconstrucción del arco aórtico con perfusión anterógrada mediante hipotermia moderada, buscando que el paciente tenga menores alteraciones en su sistema de coagulación y menor riesgo neurológico (7-11).

A continuación se presenta una serie de casos en los cuales se utilizó perfusión cerebral anterógrada vía subclavia derecha, mediante pinzamiento del tronco braquiocefálico derecho e hipotermia moderada.

Esta técnica quirúrgica se considera simple y reproducible, y pudiera ayudar a disminuir los eventos neurológicos

y las alteraciones en el sistema de la coagulación que se presentan en los pacientes sometidos a reconstrucción del cayado aórtico.

## Métodos

Se realizó un estudio de tipo prospectivo y descriptivo de una serie de casos consecutivos que ingresaron al servicio de cirugía cardiovascular durante el período comprendido entre septiembre de 2002 hasta septiembre de 2005.

Se incluyeron los pacientes sometidos a cirugía de aorta ascendente (aneurisma o disección) con compromiso del arco aórtico que requirieran la reimplantación de los vasos del cuello.

El trabajo fue evaluado y autorizado por el comité de ética de la institución.

La recolección de datos se realizó mediante un formulario diligenciado inmediatamente después de la intervención.

La fuente de información fue la base de datos de la institución (CarSis), y el procesamiento se llevó a cabo con el paquete estadístico SPSS 12,0. La descripción de las variables continuas se efectuó mediante el cálculo de la media y la desviación típica. En cuanto a las variables discretas, su descripción se realizó a través de la frecuencia y el porcentaje de ocurrencia.

## Técnica quirúrgica

Todos los pacientes incluidos en el estudio tuvieron monitorización previa inducción anestésica con línea arterial radial izquierda. Tras inducción con fentanil, midazolam y bromuro de pancuronio se procedió a

monitorización invasiva venosa central. El mantenimiento se llevo a cabo con una técnica balanceada con fentanil y halogenado. La temperatura central se monitorizó con termómetro en posición nasofaríngea. Todos recibieron bolo inicial de ácido tranexámico de 15 mg/kg con refuerzo durante el inicio de la circulación extracorpórea a razón de 5 mg/kg. Al terminar la perfusión, todos los pacientes recibieron hemoderivados de la siguiente manera: 5 unidades de plaquetas, 5 de plasma fresco congelado y 5 de glóbulos rojos empacados.

Para la disección de la arteria subclavia derecha, se realizó una incisión en el tercio externo de la región subclavicular derecha en el surco delto-pectoral; una vez identificada y separada del paquete vascular y nervioso, se reparó con hiladillas y torniquetes. Acto seguido, se procedió a realizar esternotomía media para la exposición del corazón y los grandes vasos. Se hizo disección del mediastino con identificación de los vasos del cuello y disección del cayado aórtico distal.

Se realizó anticoagulación sistémica con 3 mg/Kg de heparina. Se efectuó canulación directa de la subclavia con cánula angulada No. 18 F, y en uno de los pacientes que tenía subclavia muy pequeña y no fue posible la canulación directa, se hizo anastomosis de un tubo de dacrón de 8 mm a la arteria subclavia para realizar la perfusión a través de éste. Se canuló la aurícula derecha con la técnica clásica a través de la auriculilla derecha y se fijó con seda 2/0. Luego de realizar la canulación, se entró en circulación extracorpórea con disminución de la temperatura nasofaríngea hasta 28 grados centígrados; en ese momento se realizó el pinzamiento selectivo del tronco braquiocefálico derecho, se redujo el flujo sanguíneo arterial a razón de 10 mL/Kg/min y se incidió la aorta ascendente hasta el arco aórtico en forma longitudinal.

Para verificar la permeabilidad del polígono de Willis, se observó el flujo sanguíneo retrógrado a través de la arteria carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda, las cuales requirieron pinzamiento para disminuir el flujo sanguíneo en el campo operatorio. El corazón se drenó a través de la vena pulmonar superior derecha. Se procedió a infundir cardioplejía sanguínea normotérmica anterógrada en forma selectiva por los ostium coronarios con el fin de dar protección miocárdica.

Se inició la reconstrucción del cayado aórtico en bloque con injerto de dacrón, el cual se anastomosó a la pared de la aorta con prolene 3/0 mediante técnica de sánduche con felpas.

Concluida la anastomosis distal y la reimplantación de los vasos del cuello, se ubicó al paciente en posición de Trendelenburg; se liberó lentamente la pinza de la arteria subclavia izquierda, luego la carótida izquierda y finalmente la pinza del tronco braquiocefálico previo deaireamiento del injerto.

Luego se pinzó el injerto y se reestableció el flujo sistémico adecuado para la superficie corporal del paciente. Durante el calentamiento se realizó la reconstrucción de la porción proximal de la aorta ascendente.

## Resultados

Durante el tiempo del estudio, ingresaron 19 pacientes: 13 hombres (68,4%) y 6 mujeres (31,6%), con promedio de edad de  $54,06 \pm 13,53$  años (27-69 años). Los datos demográficos, factores de riesgo y diagnósticos se presentan en la tabla 1. En esta serie de pacientes se diagnosticaron: 13 (68,42%) disecciones de aorta tipo A, dos con compromiso hasta las arterias ilíacas; dos (10,5%) aneurismas de aorta ascendente con extensión al arco aórtico, un (5,5%) aneurisma exclusivo del arco aórtico, dos (11%) compromisos aneurismáticos de aorta ascendente, cayado aórtico y aorta descendente, un (5,5%) trauma por arma corto-punzante en el cayado aórtico, una (5,5%) disección crónica y una (5,5%) ectasia anulo-aórtica con compromiso del cayado. Trece (68,4%) de estos pacientes tenían compromiso de la válvula aórtica que requirió algún tipo de intervención. Nueve (47,3%) pacientes se encontraban en clase funcional I de la *New York Heart Association*, 6 (31,5%) en clase II y 4 (21%) en clase III. El 89,5% de los pacientes tenían antecedentes de hipertensión arterial. Seis (31,6%) pacientes presentaban enfermedad coronaria que requirió revascularización miocárdica en el momento del procedimiento. El promedio de vasos revascularizados fue de 1,3.

La cirugía que se realizó con mayor frecuencia fue el reemplazo de válvula y aorta ascendente con reimplante de coronarias por técnica de exclusión con reconstrucción del arco aórtico en 8 pacientes (42,1%) (Tabla 2).

El tiempo promedio de perfusión cerebral selectiva fue de  $28,95 \pm 8,73$  minutos (pinzamiento del tronco braquiocefálico), el promedio de tiempo de perfusión sistémica fue de  $163,31 \pm 32,15$  minutos y el tiempo promedio de pinzamiento aórtico fue de  $135,36 \pm 34,48$  minutos; la temperatura promedio fue de  $27,66 \pm 0,94$  grados centígrados (Tabla 2).

Hubo cinco casos de delirium en la unidad de cuidados intensivos y no se presentó ningún caso de secuela neurológica sensorial o motora temporal o definitiva en ninguno de los pacientes.

Los pacientes permanecieron en ventilación mecánica en promedio  $23,65 \pm 10,25$  horas. Las complicacio-

nes tempranas fueron: una encefalopatía temporal con insuficiencia renal aguda que requirió manejo con hemofiltración y quien se recuperó totalmente, dos infecciones de herida quirúrgica superficial, un bloqueo aurículo-ventricular completo que requirió implantación de marcapaso definitivo y una neumonía nosocomial.

Tabla 1  
DATOS DEMOGRÁFICOS Y CLÍNICOS

n	Edad	Género	EPOC	Enfermedad coronaria	HTA	Fumador	Diagnóstico	Lesión valvular
1	68	M	Si	No	Si	Si	Disección tipo A	Ins. Ao.
2	27	F	No	No	Si	No	Disección tipo A	Ins. Ao.
3	49	M	No	Si	Si	No	Disección tipo A	Ins. Ao.
4	42	M	No	Si	Si	No	Disección tipo A	No
5	69	F	No	No	Si	No	A. Ao Asc + Arc Ao	Doble Les. Ao.
6	46	M	No	Si	No	Si	Disección tipo A	Ins. Ao.
7	64	M	Si	Si	Si	Si	Aneurisma del arco aórtico	Ins. Ao.
8	54	M	Si	No	Si	Si	Disección tipo A	Ins. Ao.
9	67	M	Si	No	Si	No	A. Ao Asc.+ Arc Ao	No
10	43	M	Si	No	Si	Si	Disección tipo A	Ins. Ao.
11	46	F	No	No	Si	Si	Disección tipo A	Ins. Ao.
12	54	M	No	Si	Si	Si	Disección tipo A	Ins. Ao.
13	62	M	Si	No	Si	No	A. Ao. Asc. + Arc. Ao. + Ao. Des.	Ins. Ao.
14	65	F	Si	No	Si	Si	A. Ao. Asc. + Arc. Ao. + Ao. Des.	No
15	43	M	No	No	No	No	Disección tipo A – traumática	No
16	80	M	Si	No	Si	No	Disección tipo A	No
17	60	F	No	No	Si	Si	Disección crónica tipo A	Ins. Ao.
18	33	M	No	No	Si	No	Ectasia ánulo-aórtica + Arc. Ao.	Ins. Ao.
19	55	F	No	Si	Si	No	Disección tipo A	Ins. Ao.

Disección de aorta tipo A (Según clasificación Stanford)

A. Ao. Asc.: aneurisma del arco aórtico; Arc. Ao.: arco aórtico; Ao. Des.: aorta descendente.

Tabla 2  
TIPO DE CIRUGÍA, TIEMPOS DE PERFUSIÓN Y TEMPERATURA A LA CUAL SE REALIZÓ LA INTERVENCIÓN

Cirugía	Bomba	Pinza	PCS	Temp.
1. Bentall + Arc. Ao.	166	124	20	28
2. Bentall + Arc. Ao.	206	196	26	28
3. Bentall + Arc. Ao.+ Ao. Descen. + RM 3	217	205	45	28
4. R. Ao. Asc. supracoronario + Arc. Ao. + RM 1	129	89	22	27,6
5. Bentall + Arc. Ao.+ Cirugía de Maze	191	174	26	26
6. Bentall + Arc. Ao.+ RM 1	167	148	21	28
7. Bentall + Arc. Ao.+ RM 1	165	124	30	27
8. Bentall + Arc. Ao.	175	140	28	28
9. R. Ao. Asc. Supracoronario + Arc. Ao.	163	133	30	27
10. Bentall + Arc. Ao.	180	145	32	29
11. Bentall + Arc. Ao.	190	153	40	29
12. Bentall + Arc. Ao.+ RM 1	176	134	25	28
13. Bentall + Arc. Ao.+ R Ao. Desc.	175	147	40	27
14. R. Ao. Asc. Supracoronario + Arc. Ao. + Ao. Desc.	124	95	48	25
15. Rafia de aorta	100	82	16	28
16. Bentall + Arc. Ao.	130	96	22	28
17. Bentall + Arc. Ao.	103	94	30	28
18. Bentall + Arc. Ao.	176	158	25	28
19. Bentall + Arc. Ao.+ RM 1	170	135	27	28

Cirugía de Bentall: reemplazo de válvula aórtica con reemplazo de aorta ascendente y reimplantación de las arterias coronarias.

Cirugía de Maze: cirugía para fibrilación auricular con radiofrecuencia.

PCS: perfusión cerebral selectiva; RAA: reemplazo de aorta ascendente; RAD: reemplazo de aorta descendente; RM: revascularización miocárdica.

Se presentaron tres (15,8%) muertes tempranas distribuidas así:

1. Un paciente con muerte intraoperatoria por sangrado masivo por coagulopatía.
2. Un paciente con mediastinitis severa.
3. Un paciente con bajo gasto cardíaco post-quirúrgico.

Ocurrió una muerte (5,2%) tardía por ruptura de la aorta descendente a los 45 días en espera del segundo tiempo quirúrgico para corrección.

El promedio de días en la unidad de cuidados intensivos fue de  $2,42 \pm 1,46$  días (1 a 8 días) y el de hospitalización de  $10,4 \pm 4,8$  días (6–25) (Tabla 3).

## Discusión

Los mecanismos de protección cerebral durante la corrección de las enfermedades del arco aórtico más empleados son: paro circulatorio total en hipotermia profunda, perfusión retrógrada a través de un sistema en la vena cava superior o perfusión anterógrada que puede ser selectiva directamente en los ostium de los vasos del cuello o por medio de técnica indirecta con canulación subclavia.

La técnica de perfusión anterógrada ha sido considerada como la más fisiológica de las tres. Sin embargo, las complicaciones cerebrales reportadas por los autores varían ampliamente (12-18). Estas discrepancias se deben a las diferentes técnicas usadas para colocar la perfusión anterógrada tales como la canulación directa de los ostium de los vasos o por medio de injerto que se anastomosa a los vasos del arco aórtico.

Tanto la técnica de perfusión retrógrada a través de la vena cava superior o la canulación directa de los vasos, tienen sus ventajas y desventajas. Las dos técnicas requieren injertos y cánulas que pueden hacer que el campo operatorio sea más estrecho o que facilite la embolización de aire o detritos. La mayoría de los autores atribuyen todas las alteraciones neurológicas a eventos embólicos más que a estados de hipoperfusión. Es por eso que la técnica de canulación subclavia puede tener ventajas sobre otras técnicas.

Las arterias que forman el polígono de Willis tienen variaciones en el calibre; algunas veces son hipoplásicas o están totalmente ausentes. Cerca del 60% de los polígonos tienen variantes anatómicas; sin embargo, la anatomía clásica, describe que el 90% o más de los polígonos forman un canal completamente circular (19).

Tabla 3  
COMPLICACIONES TEMPRANAS Y TARDÍAS DE LA CIRUGÍA DEL ARCO AÓRTICO CON HIPOTERMIA MODERADA

n	Complicaciones	Eventos	Días en UCI	Días de hospitalización	Horas de intubación	Evolución
1	Encefalopatía + IRA temporal	Ninguno	8	14	48	Fallece por bajo gasto post-operatorio
2	Infección herida quirúrgica superficial	Ninguno	3	15	18	Buena evolución
3	Muerte intraoperatoria por sangrado					
4	Ninguna	Delirium	6	15	36	Mediastinitis - muerte 30 días post-operatorio
5	Ninguna	Ninguno	5	25	22	Buena evolución aún en FA
6	Ninguna	Ninguno	1	7	18	Buena evolución
7	Ninguna	Ninguno	2	7	16	Buena evolución
8	Ninguna	Delirium	2	9	22	Buena evolución
9	Ninguna	Ninguno	2	6	8	Buena evolución
10	Bloqueo AV temporal	Ninguno	5	9	32	Buena evolución
11	Infección herida quirúrgica superficial	Delirium	3	10	24	Buena evolución
12	Ninguna	Ninguno	3	11	24	Buena evolución
13	Neumonía post-operatoria	Ninguno	7	22	48	Buena evolución
14	Ninguna	Ninguno	3	14	24	Buena evolución
15	Ninguna	Ninguno	3	7	24	Buena evolución
16	Muerte intraoperatoria-falla ventricular					
17	Ninguna	Ninguno	2	6	24	Buena evolución
18	Ninguna	Delirium	3	10	48	Buena evolución
19	Ninguna	Ninguno	3	9	16	Buena evolución

UCI: unidad de cuidados intensivos.

Hipotéticamente, la ausencia de una de las tres arterias comunicantes no produce riesgo de hipoperfusión porque la sangre es conducida por la arteria carótida interna, la basilar y la vertebral. La única combinación que puede conducir a hipoperfusión contralateral, puede ser la ausencia del comunicante anterior simultáneamente con la posterior. Esta combinación no ha sido reportada en la literatura y se puede asumir que es una condición muy rara (19).

Estudios con resonancia magnética en población italiana, encontraron la ausencia de la arteria comunicante anterior en 3% de los pacientes e hipoplasia tanto de la arteria comunicante anterior como de la posterior, en cerca del 2% (20).

En nuestra experiencia inicial se midió la saturación venosa de oxígeno a nivel del bulbo yugular izquierdo como indicador de perfusión del hemisferio cerebral izquierdo. Posteriormente, nuestras observaciones y las de otros grupos acerca de la visualización de sangrado a nivel de la carótida y la subclavia izquierdas en el momento del pinzamiento del tronco braquiocefálico, aseguran una perfusión adecuada del hemisferio contralateral. Los resultados post-operatorios indican que es una técnica que asegura la disminución de los riesgos de tener eventos neurológicos en los pacientes sometidos a cirugía del arco aórtico, disminuyendo también las alteraciones en la coagulación secundaria a la utilización de hipotermia profunda con paro circulatorio total.

Se considera que esta técnica puede estandarizarse para operaciones electivas o emergentes, tanto para aneurismas ateroscleróticos como para degenerativos o disecciones. Es una técnica simple, reproducible, que genera muy buena exposición quirúrgica, permite períodos más largos de tiempo para realizar el reparo del arco aórtico sin producir isquemia del tejido cerebral, tiempos de circulación extracorpórea más cortos, pocas complicaciones por sangrado, menores riesgos de embolización cerebral y, por último, excelente resultado neurológico para los pacientes.

## Bibliografía

1. Kouchoudos NT. Adjuncts to reduce the incidence of embolic brain injury during operations on the aortic arch. *Ann Thorac Surg* 1994; 57: 243-5.
2. Ergin MA, Galla JD, Lansman SI, Quintana C, Bodian C, Griep RB. Hypothermic circulatory arrest in operation on the thoracic aorta: determinants of operative mortality and neurologic outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 788-99.
3. Coselli JS, Buker S, Crawford ES. Thoracic aortic aneurysm. In: Haimovici H, Ascer E, Hollier LH, Standness DE Jr, Towne JB, ed. *Haimovici vascular surgery*. 4th. ed. Cambridge, Mass: Blackwell Science; 1996. p. 759-85.
4. Ergin MA, Griep EB, Lansman SI, Galla JD, Levy M, Griep RB. Hypothermic circulatory arrest and other methods of cerebral protection during operations on the thoracic aorta. *J Card Surg* 1994; 9: 525-37.
5. Von Segesser LK, Killer I, Ziswiler M, et al. Dissection of the descending thoracic aorta extending into the ascending aorta: a therapeutic challenge. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 108: 755-61.
6. Kirklin JW, Kouchoukos NT. When and how to include arch repair in patients with acute dissections involving the ascending aorta. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 5: 27-32.
7. Coselli JS, Lemaire SA. Experience with retrograde cerebral perfusion during proximal aortic surgery in 290 patients. *J Cardiac Surg* 1997; 12 (Suppl): 322-25.
8. Westaby S, Katsunata T, Vaccari G. Arch and descending aortic aneurysm: influence of perfusion technique on neurological outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15: 180-5.
9. Usui A, Ohara K, Liu TL, et al. Comparative experimental study between retrograde cerebral perfusion and circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 1228-1236.
10. Boeckstaens CJ, Flarneng WJ. Retrograde cerebral perfusion does not perfuse the brain in nonhuman primates. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 319-28.
11. Ye J, Yang L, Del Bigio MR, et al. Retrograde cerebral perfusion provides limited distribution of blood to the brain a study in pigs. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114: 660-5.
12. Bacht J, Cuilmet D, Goudot B et al. Anterograde cerebral perfusion with cold blood: a 13 year experience. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1874-1878.
13. Kazui T, Washiyama N, Muhammed BAH, Tetada H, Yamashita K, Takinami M. Improve results of atherosclerotic arch aneurysm operation with a refined technique. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 121: 491-9.
14. Jacobs MJ, De Mol BA, Veldman DJ. Aortic arch and proximal supraaortic arterial repair under continuous antegrade cerebral perfusion and moderate hypothermia. *Cardiovasc Surg* 2001; 9: 396-402.
15. Hagl C, Ergin MA, Galla JD, et al. Neurologic outcomes after ascending aorta/aortic arch operations: effect of brain protection technique in high risk patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 121: 107-21.
16. Tasdemir O, Santas A, Kucuker S, Ozatik MA, Sener E. Aortic arch repair with right braquial artery perfusion. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 1837-42.
17. Higani T, Kozawa S, Asada T, et al. Retrograde cerebral perfusion versus selective cerebral perfusion as evaluated by cerebral oxygen saturation during aortic arch reconstruction. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 1091-6.
18. Ueda T, Shimizu H, Ito T, et al. Cerebral complications associated with selective perfusion of the arch vessels. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 1472-7.
19. Gabella G. Cardiovascular system. In: Williams PI, Bannister LH, Martín MB, et al, eds. *Gray's anatomy*. New York: Churchill Livingstone; 1995. p. 1451-626.
20. Macchi C, Catani C, Federico C, et al. Magnetic resonance angiographic evaluation of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): a morphological study in 100 human subjects. *Ital J Anat Embryol* 1996; 101: 115-23.