

Aortik ark tamirinde beyin korumasına güncel bir bakış

A current insight into cerebral protection in aortic arch repair

Bilgin Emreca, Levent Yılık, Ali Gürbüz

İzmir Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, İzmir

Aortik ark cerrahisinin en önemli konularından biri en uygun beyin koruma yönteminin belirlenmesidir. Beyin koruması için önerilen teknikler antegrad serebral perfüzyon, derin hipotermik sirkülatuar arrest ve retrograd serebral perfüzyondur. Ancak, hangi yöntemin en iyi olduğu halen tartışmalıdır. Hipoterminin kullanılması ile aortik ark cerrahisi daha güvenli yapılar hale gelmiş ve zaman içinde retrograd serebral perfüzyon ve en son olarak da antegrad serebral perfüzyon ile ileri bir düzeye ulaşmıştır. Bu yazıda, aortik ark cerrahisinde beyin koruma yöntemleri tek tek ele alınarak, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları gözden geçirildi.

Anahtar sözcükler: Aort, torasik/cerrahi; beyin/kan desteği; serebrovasküler dolaşım; perfüzyon/yöntem.

Aortik ark cerrahisinde cerrahlar arasında halen bazı konularda kesin bir görüş birliği sağlanamamıştır. Bunların en önemlilerinden biri de beyin koruma yöntemidir. Beyin korumasında önerilmiş olan antegrad serebral perfüzyon (ASP), derin hipotermik sirkülatuar arrest (DHSA) ve retrograd serebral perfüzyon (RSP) gibi tekniklerden hangisinin en iyi beyin koruma yöntemi olduğu halen tartışma konusu olmaya devam etmektedir.

Hipotermik sirkülatuar arrest ve retrograd serebral perfüzyon

Arkus cerrahisinde temel ilke, anastomoz süresince beyin bazal metabolik gereksinimlerini karşılayacak önemleri almaktır. Griep ve ark.nın^[1] DHSA'yı kullanmalarından bu yana aortik ark cerrahisinde birçok yeni teknik ve gelişmeler olmuştur. Svensson ve ark.^[2] güvenli DHSA süresini 40 dakika olarak belirtmişlerdir. Ergin ve ark.^[3] ise bu süreyi 30 dakika olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise güvenli DHSA süresi 15 °C üzerinde 30 dakika, 10 °C'nin altında ise 40 dakika olarak bildirilmiştir.^[4]

Michenfelder ve Milde^[5] serebral dolaşımın 18 °C'de durdurulmasının 30 dakikanın altında herhangi

One of the most challenging issues concerning aortic arch surgery is to determine the most appropriate method for cerebral protection. These techniques include antegrade cerebral perfusion, deep hypothermic circulatory arrest, and retrograde cerebral perfusion. However, controversy remains as to which method is the best for cerebral protection. With the use of hypothermia, aortic arch operations have become safer and reached an improved level initially with retrograde and finally with antegrade cerebral perfusion methods. In this review, cerebral protection methods in aortic arch surgery were evaluated together with the advantages and disadvantages of each method.

Key words: Aorta, thoracic/surgery; brain/blood supply; cerebrovascular circulation; perfusion/methods.

bir kalıcı nörolojik hasar bırakmayacağını göstermişler, hatta 60 dakikaya kadar da güvenli olabileceğine dair veriler elde etmişlerdir. Nöropsikolojik testlerde, 25 dakikadan uzun DHSA sürelerinin ve ileri yaşın hafıza ve ince motor fonksiyonlar üzerinde belirgin olumsuz etkileri olduğu gösterilmiştir.^[6]

Ueda ve ark.^[7,8] DHSA altında iken vena kava süperiorından bir kanül yardımıyla RSP'yi tanımlamışlardır. Retrograd serebral perfüzyonun beyin korumasındaki etkilerinin serebral dolaşımdan embolik materyalleri temizlemesi,^[9] serebral metabolizmayı destekleyecek akım sağlaması^[10] ve serebral hipoterminin sürdürülmesi^[11] olduğu düşünülmektedir. Ancak, RSP'nin her ne kadar hava embolisini temizlediği ileri sürülmüş olsa da, şimdiki veriler ışığında bu etkiyi gösteren basınçlarda beyin ödemi olduğu bilinmektedir.^[12] Diğer bir nokta ise, retrograd perfüzyon kanülünden verilen kan miktarının sadece %5 kadarının aortik arka geri döndüğüdür. Antegrad serebral perfüzyonun en iyi serebral koruma sağladığı; RSP'nin ise DHSA'ya göre daha iyi koruma sağladığı bildirilmiştir.^[13]

Retrograd serebral perfüzyonun özellikle yüksek basınçlarda hava embolisinin temizlenmesine katkısı oldu-

ğunun bildirilmesine rağmen, aynı zamanda serebral hasar da oluşturduğu gösterilmiştir.^[14] Ayrıca, RSP inme sıklığını da azaltabilmiş değildir.^[15] Yakın zaman içinde RSP, güvenli DHSA süresini yeterli miktarda uzatamadığından popülaritesini kaybetmiştir. Altmış dakikanın altındaki RSP sürelerinin az da olsa serebral komplikasyon oluşturduğu, bu bakımdan ancak bunun altındaki sürelerde tolere edilebileceği bildirilmiştir.^[16] Aynı zamanda DHSA'nın RSP ile beraber 45 dakikanın altında kullanılmasının mükemmel koruma sağladığı da bildirilmiştir.^[17]

Antegrad serebral perfüzyon

Derin hipotermik sirkülatuar arrestin özellikle uzun işlem süresi gerektiren durumlarda sınırlamalarının bulunması yeni bir teknik gereksinimini ortaya koymuştur. İşte bu durumda, hipoterminin sirkülatuar arrest ile kullanımına bir de selektif ASP eklenmiş; böylece, tüm bu tekniklerin faydalarından yararlanmak mümkün olmuştur. Bu kombinasyon ile, tek başına DHSA veya DHSA/RSP kombinasyonlarına oranla çok daha düşük akımlarla daha iyi bir serebral koruma sağlanmıştır.^[18,19]

Sabik ve ark.^[20] 1995 yılında kompleks kalp ameliyatlarında sağ subklavyan/aksiller arteri inflow arteri olarak kullanma tekniğini geliştirerek beyin korumasında önemli bir gelişme sağlamışlardır. Sağ aksiller arterden yapılan ASP hem güvenilir hem de oldukça etkili beyin koruması sağlamıştır. Bunu izleyen dönemde aksiller arter daha geniş alanlarda kullanılmış ve en çok tercih edilen kanülasyon yeri olmuştur. Antegrad serebral perfüzyon total aortik ark replasmanında cerrahiye oldukça kolaylaştırmış ve işlem sonrasındaki mortalite ve morbiditeyi belirgin derecede azaltmıştır.^[21]

Kazui ve ark.^[22] hem brakiosefalik arter hem de sağ ana karotis arteri 22 °C'de 10 ml/kg/dak akım ile perfüze etmişler ve bunun fizyolojik değerlerin %50'sine denk geldiğini; aynı zamanda, selektif serebral perfüzyonun sonuçları olumsuz etkilemediğini bildirmişlerdir.

Ergin ve ark.^[3] ASP'yi derin hipotermi altında uygularken, Taşdemir ve ark.^[23] bu tekniği orta derecede (26 °C) hipotermi altında gerçekleştirmişlerdir. Jacobs ve ark.^[24] selektif ASP'yi orta dereceli hipotermi (28-30 °C) altında uygulamışlar ve geçici nörolojik disfonksiyon sıklığını %4 olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada uzun ASP süresi ile nörolojik hasar arasında ilişki bulunmadığı bildirilmiştir.^[24]

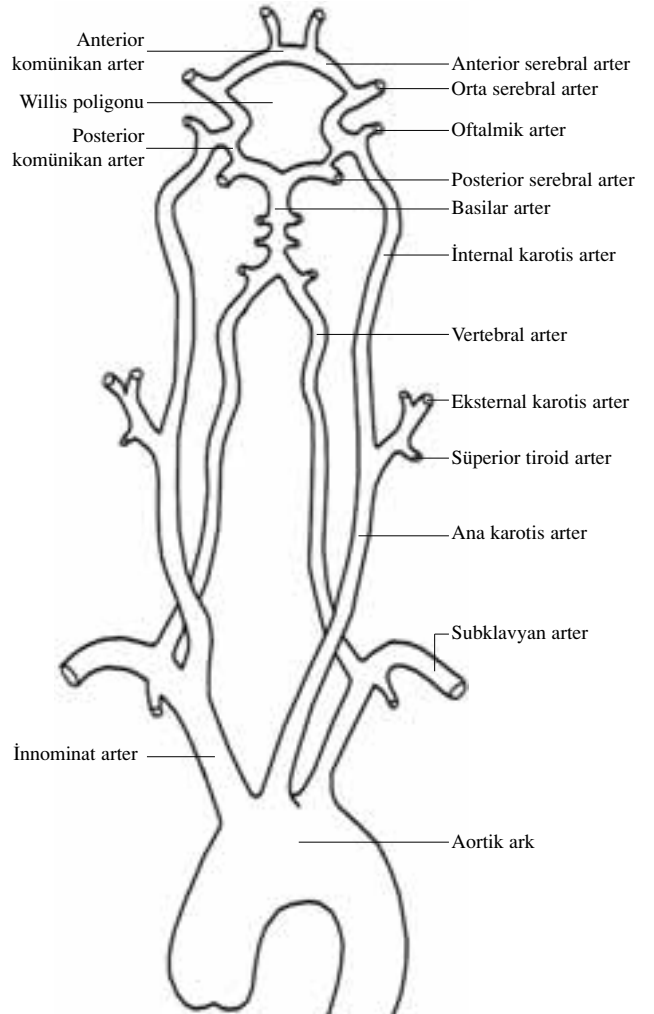
Diğer beyin koruma yöntemlerinin tatmin edici oranda beyin koruması sağlamadığı ve derin hipotermi'nin olumsuz etkilerinin iyi bilinmesinden dolayı, ASP son yıllarda beyin korumasında en çok tercih edilen teknik olmuştur.^[25-28] Antegrad serebral perfüzyon, beyin Willis poligonu aracılığıyla bihemisferik perfüzyonu ilkesine dayanır. Beyin iki adet internal karotis arter, iki adet de vertebral arter ile beslenmektedir. Bu dört arter

beynin inferior yüzeyinde anastomoz yaparak Willis poligonunu oluşturmaktadır (Şekil 1). Dolayısıyla, bunlardan birinin veya birkaçının perfüze edilmesi beyin perfüze edilmesini sağlayacaktır.

Diğer taraftan, derin hipotermi ile kıyaslandığında orta dereceli hipotermi ile uygulanan ASP vücut dolaşımının durmasından ötürü karaciğer gibi viseral organların yetersiz korunması sorununu gündeme getirmektedir.^[29] Bu sorunun çözümlenmesi için, sağ aksiller arter veya sağ brakiyel arterden yapılacak ASP'ye femoral arterden konulan bir perfüzyon kanülü yardımıyla ve inen aort proksimal oklüzyonu yapılarak inen aort perfüzyonunun eklenmesi önerilmiştir.^[30,31]

Beyin koruma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları

Son yayınlarda aortik ark cerrahisinde uygulanan beyin koruma yöntemleri avantaj ve dezavantajlarıyla ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu yöntemler içerisinde ASP iyi cerrahi sonuçlarından dolayı son yıllarda



Şekil 1. Willis poligonu (Circle of Willis).

yaygınlık kazanarak ön plana çıkmıştır. Svensson ve ark.^[32] RSP ile beynin ancak inkomplet olarak perfüze edilebildiğini bildirmişlerdir. Antegrad serebral perfüzyon ile kıyaslandığında, geçici nörolojik disfonksiyon gelişme oranları RSP’de belirgin derecede fazla çıkmıştır.^[33] Hagl ve ark.^[15] beyin koruma yöntemlerinin inme oluşumuna etkisinin olmadığını bildirmişler, bunun yanında ASP’nin geçici nörolojik disfonksiyon gelişimini belirgin oranda azalttığını kaydetmişlerdir. Birçok çalışmada ASP, cerraha zaman kazandırması ve komplike aortik ark anevrizması tamirine olanak sağlaması nedeniyle, özellikle daha uzun süreli beyin koruması gereken hastalarda önerilmektedir. Bununla birlikte, ASP’nin serebral arterlerin manipülasyonundan kaynaklanan aterosklerotik kalıntıların hareketlenmesi gibi potansiyel risklerinin olduğu da bildirilmektedir.^[34]

Aortik ark tamirleri cerrahi zorlukları olan ve zaman gerektiren ameliyatlardır. Özellikle tip A diseksiyonlarda cerrahi daha sorunlu hale gelebilmektedir. Bu nedenle, birçok cerrah selektif ASP yöntemini uygulamaya başlamıştır. Küçükler ve ark.^[31] sağ brakiyal arter yoluyla 26 °C’de orta dereceli hipotermi altında uyguladıkları tektarafli ASP ile hastalarda mükemmele yakın nörolojik sonuçlar almışlardır. Tektarafli perfüzyonun etkilerini göstermek amacıyla yapılan bir çalışmada da, hem sağ hem de sol hemisferin nörokognitif fonksiyonlarının ameliyattan bir hafta ve iki ay sonra ameliyat öncesine göre farklı olmadığı gösterilmiş; ayrıca, her iki orta serebral arterin transkranial Doppler incelemesinde düşük akımlı ASP öncesince, ASP süresince ve ASP sonrasında sol hemisferde akımın azaldığı bildirilmiştir.^[35] Transkranial Doppler ile yapılan başka bir çalışmada, kan akımının hiçbir zaman kesilmediği ve azalmış kan akımının bile nörolojik sonuçlar açısından sol hemisferin metabolizmasının sağlanmasında yeterli olduğu bildirilmiştir.^[36] Antegrad serebral perfüzyonun beyin korumada beynin ihtiyacını karşılamada yeterli olduğu ve güvenli sirkülatuar arrest zamanı korkusu olmadan aortik ark tamirinin yapılmasına olanak sağladığı bildirilmektedir.^[34]

Çoğu çalışmada özellikle serebral perfüzyon üzerinde durulmaktadır. Aortik ark replasmanında en uygun

beyin koruma yönteminin hipotermik ASP olduğu bildirilmiştir.^[37] Bazı cerrahlar serebral perfüzyon sırasında orta derecede hipotermiyi tercih etmektedir.^[31] Ancak, bu durumda orta derecede hipoterminin viseral organlara olan etkisi sorun olarak karşımıza çıkabilmektedir. Özellikle uzun sürebilecek aortik ark tamirlerinde viseral ve alt ekstremiteler malperfüzyonunu önlemek açısından ilave bir femoral arter kanülasyonu önerilmiştir.^[30,31] Selektif ASP süresince daha ileri bir iskemiye önlemek açısından, femoral arter kanülasyonu yoluyla inen aort proksimal kısmının da oklüzyonuyla inen aortun perfüzyonu mümkün olabilmektedir. Novitzky ve ark.^[30] tip A diseksiyonlu bir olguda bu tekniği uygulamışlardır. Ancak, bu konuda prospektif ve randomize bir çalışma henüz yoktur. İleri kalsifikasyon veya ektazi varlığında inen aortun tam olarak oklüzyonu mümkün olmayabilmektedir. Aortik tıkaçıcı inen aortta distale yerleştirilmemeli ve aort duvarında hasara yol açmayacak şekilde şişirilmelidir. Bu sayede spinal intra-aortik tıkaçıcı uygun pozisyonda kalacak, işlem sırasında yer değiştirmeyecek ve viseral perfüzyon bozulmayacaktır. Femoral arter kanülasyonu da bazı komplikasyonlara yol açabilmektedir. Bunu önlemek açısından da inen aort proksimalinden bir perfüzyon kanülü yerleştirilebilir. Bu aynı zamanda ateroskleroz varlığında aortun retrograd perfüzyonunu ve dolayısıyla da ateroemboliyi önleyebilecektir.

Shimazaki ve ark.^[38] 28 °C altında distal aort perfüzyonunun ortalama 50 dakika süresince kesilmesi durumunda %2.5 oranında hafif böbrek disfonksiyonu, %2.5 oranında da karaciğer disfonksiyonu bildirmişlerdir. Küçükler ve ark.^[31] ise ameliyat sonrasında böbrek ve karaciğer fonksiyonlarında ameliyat öncesine göre belirgin değişimler saptamışlar; ancak, bunları rutin kalp ameliyatlarında olabilecek sınırlar içerisinde bulmuşlardır. Bununla birlikte, yazarlar daha uzun süreli işlemlerde bu konuda dikkatli olunmasını önermişlerdir.^[31] Takagi ve ark.^[39] aortik ark tamirinde vücudun alt kısmını korumak için 25 °C altında, içinde perfüzyon lümeni bulunan bir aortik balon tıkaçıcı kullanmışlardır. Klodell ve ark.^[40] ise aortik ark tamiri sırasında 18 °C mesane ısısında ilave distal perfüzyon da yapmışlar,

Tablo 1. Beyin koruma yöntemleriyle ilgili çalışmalarda bildirilen geçici nörolojik hasar oranları

	Derin hipotermik sirkülatuar arrest		Antegrad serebral perfüzyon		Retrograd serebral perfüzyon		p
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	
Matalanis ve ark. (2003) ^[33]	1/14	7.1	4/25	16.0	0/23	–	0.13
Okita ve ark. (2001) ^[32]			4/30	13.3	10/30	33.3	0.05
Shimazaki ve ark. (2004) ^[37]			2/39	5			
Özatic ve ark. (2004) ^[34]			0/22	–			
Kazui ve ark. (1992) ^[22]			0/32	–			
Kliniğimizizin sonuçları (2006) ^[41]			0/12	–			

bu tekniğin hem beyin koruması hem de distal aort, spinal kord, viseral organ ve ekstremiteler perfüzyonu sağladığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise distal aort perfüzyonunun yapılması ile derin hipotermi ihtiyacının ortadan kalktığı bildirilmiştir.^[41] Kliniğimizde Mart 2003 ile Kasım 2005 tarihleri arasında 12 hastada sağ aksiller arter yan greft kanülasyonu ile sağ femoral arter kanülasyonu birlikte uygulanmış ve orta dereceli (28 °C) hipotermide tüm vücut perfüzyonu altında aortik ark replasmanı yapılmıştır.^[42] Bir olgunun kaybedildiği bu uygulamalarımızda ameliyat sonrası böbrek ve karaciğer fonksiyonlarında kabul edilebilir sınırlarda değişimler gözlenmiş, serebral perfüzyon bozukluğunu gösterir geçici serebral disfonksiyon gelişmemiştir. Bu uygulamalarımızda aortik ark replasmanı sırasında tüm vücuda yeterli perfüzyonu sağladığımızı düşünüyoruz. Beyin ve viseral organların hepsinin aynı anda korunmasına olanak tanıyan aksiller arter ve femoral arter kanülasyonlarının birlikte kullanılması cerraha zaman kazandırmakta ve yeterli korumayı sağlamaktadır. Bu özellikler, özellikle yeni başlayan cerrahların öğrenim eğrisinde önem taşımaktadır.^[42] Aortik ark cerrahisinde kullanılan beyin koruma yöntemlerinin geçici nörolojik hasar oluşturmaları ile ilgili bazı çalışmaların sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Sonuç

Antegrad serebral perfüzyon beyin korumasında etkin koruma sağladığı kanıtlanmış ve daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmış bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Antegrad serebral perfüzyon açık distal anastomoz süresince beynin perfüzyonuna olanak sağlamakta, bu nedenle de beyin korumasında derin hipotermiye gerek kalmamaktadır. Orta dereceli hipotermi ile ASP, derin hipotermiden kaynaklanan koagülasyon sistemi ve sistemik komplikasyonları azaltmaktadır. Antegrad serebral perfüzyon daha rahat ve daha güvenli bir anastomozla olanak sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Griep RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, Buehler D. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975;70:1051-63.
- Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Raskin S, Shenaq SA, et al. Deep hypothermia with circulatory arrest. Determinants of stroke and early mortality in 656 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993;106:19-28.
- Ergin MA, Galla JD, Lansman L, Quintana C, Bodian C, Griep RB. Hypothermic circulatory arrest in operations on the thoracic aorta. Determinants of operative mortality and neurologic outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:788-97.
- McCullough JN, Zhang N, Reich DL, Juvonen TS, Klein JJ, Spielvogel D, et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *Ann Thorac Surg* 1999;67:1895-9.

- Michenfelder JD, Milde JH. The relationship among canine brain temperature, metabolism, and function during hypothermia. *Anesthesiology* 1991;75:130-6.
- Ergin MA, Uysal S, Reich DL, Apaydin A, Lansman SL, McCullough JN, et al. Temporary neurological dysfunction after deep hypothermic circulatory arrest: a clinical marker of long-term functional deficit. *Ann Thorac Surg* 1999;67:1887-90.
- Ueda Y, Miki S, Kusuhara K, Okita Y, Tahata T, Yamanaka K. Deep hypothermic systemic circulatory arrest and continuous retrograde cerebral perfusion for surgery of aortic arch aneurysm. *Eur J Cardiothorac Surg* 1992;6:36-41.
- Ueda Y, Miki S, Kusuhara K, Okita Y, Tahata T, Yamanaka K. Surgical treatment of aneurysm or dissection involving the ascending aorta and aortic arch, utilizing circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion. *J Cardiovasc Surg* 1990;31:553-8.
- Juvonen T, Weisz DJ, Wolfe D, Zhang N, Bodian CA, McCullough JN, et al. Can retrograde perfusion mitigate cerebral injury after particulate embolization? A study in a chronic porcine model. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;115:1142-59.
- Usui A, Hotta T, Hiroura M, Murase M, Maeda M, Koyama T, et al. Retrograde cerebral perfusion through a superior vena caval cannula protects the brain. *Ann Thorac Surg* 1992;53:47-53.
- Anttila V, Pokela M, Kiviluoma K, Makiranta M, Hirvonen J, Juvonen T. Is maintained cranial hypothermia the only factor leading to improved outcome after retrograde cerebral perfusion? An experimental study with a chronic porcine model. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119:1021-9.
- Yerlioglu ME, Wolfe D, Mezrow CK, Weisz DJ, Midulla PS, Zhang N, et al. The effect of retrograde cerebral perfusion after particulate embolization to the brain. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:1470-84.
- Midulla PS, Gandsas A, Sadeghi AM, Mezrow CK, Yerlioglu ME, Wang W, et al. Comparison of retrograde cerebral perfusion to antegrade cerebral perfusion and hypothermic circulatory arrest in a chronic porcine model. *J Card Surg* 1994;9:560-74.
- Juvonen T, Zhang N, Wolfe D, Weisz DJ, Bodian CA, Shiang HH, et al. Retrograde cerebral perfusion enhances cerebral protection during prolonged hypothermic circulatory arrest: a study in a chronic porcine model. *Ann Thorac Surg* 1998;66:38-50.
- Hagl C, Ergin MA, Galla JD, Lansman SL, McCullough JN, Spielvogel D, et al. Neurologic outcome after ascending aorta-aortic arch operations: effect of brain protection technique in high-risk patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;121:1107-21.
- Usui A, Abe T, Murase M. Early clinical results of retrograde cerebral perfusion for aortic arch operations in Japan. *Ann Thorac Surg* 1996;62:94-103.
- Appoo JJ, Augoustides JG, Pochettino A, Savino JS, McGarvey ML, Cowie DC, et al. Perioperative outcome in adults undergoing elective deep hypothermic circulatory arrest with retrograde cerebral perfusion in proximal aortic arch repair: evaluation of protocol-based care. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2006;20:3-7.
- Frist WH, Baldwin JC, Starnes VA, Stinson EB, Oyer PE, Miller DC, et al. A reconsideration of cerebral perfusion in aortic arch replacement. *Ann Thorac Surg* 1986;42:273-81.

19. Filgueiras CL, Winsborrow B, Ye J, Scott J, Aronov A, Kozlowski P, et al. A 31p-magnetic resonance study of antegrade and retrograde cerebral perfusion during aortic arch surgery in pigs. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:55-62.
20. Sabik JF, Lytle BW, McCarthy PM, Cosgrove DM. Axillary artery: an alternative site of arterial cannulation for patients with extensive aortic and peripheral vascular disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;109:885-90.
21. Kazui T, Washiyama N, Muhammad BA, Terada H, Yamashita K, Takinami M, et al. Total arch replacement using aortic arch branched grafts with the aid of antegrade selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg* 2000;70:3-8.
22. Kazui T, Inoue N, Yamada O, Komatsu S. Selective cerebral perfusion during operation for aneurysms of the aortic arch: a reassessment. *Ann Thorac Surg* 1992;53:109-14.
23. Tasdemir O, Saritas A, Kucuker S, Ozatik MA, Sener E. Aortic arch repair with right brachial artery perfusion. *Ann Thorac Surg* 2002;73:1837-42.
24. 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.
25. Westaby S, Katsumata T, Vaccari G. Arch and descending aortic aneurysms: influence of perfusion technique on neurological outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;15:180-5.
26. Boeckxstaens CJ, Flameng WJ. Retrograde cerebral perfusion does not perfuse the brain in nonhuman primates. *Ann Thorac Surg* 1995;60:319-27.
27. Ye J, Yang L, Del Bigio MR, Summers R, Jackson D, Somorjai RL, 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.
28. Coselli JS, LeMaire SA. Experience with retrograde cerebral perfusion during proximal aortic surgery in 290 patients. *J Card Surg* 1997;12:322-5.
29. Svensson LG. Antegrade perfusion during suspended animation? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;124:1068-70.
30. Novitzky D, Izzo EG, Alkire MJ, Brock JC. Repair of acute ascending aorta-arch dissection with continuous body perfusion: a case report. *Heart Surg Forum* 2002;6:43-6.
31. Kucuker SA, Ozatik MA, Saritas A, Tasdemir O. Arch repair with unilateral antegrade cerebral perfusion. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;27:638-43.
32. Svensson LG, Nadolny EM, Penney DL, Jacobson J, Kimmel WA, Entrup MH, et al. Prospective randomized neurocognitive and S-100 study of hypothermic circulatory arrest, retrograde brain perfusion, and antegrade brain perfusion for aortic arch operations. *Ann Thorac Surg* 2001; 71:1905-12.
33. Okita Y, Minatoya K, Tagusari O, Ando M, Nagatsuka K, Kitamura S. Prospective comparative study of brain protection in total aortic arch replacement: deep hypothermic circulatory arrest with retrograde cerebral perfusion or selective antegrade cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg* 2001;72:72-9.
34. Matalanis G, Hata M, Buxton BF. A retrospective comparative study of deep hypothermic circulatory arrest, retrograde, and antegrade cerebral perfusion in aortic arch surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2003;9:174-9.
35. Ozatik MA, Kucuker SA, Tuluçe H, Sartias A, Sener E, Karakas S, et al. Neurocognitive functions after aortic arch repair with right brachial artery perfusion. *Ann Thorac Surg* 2004;78:591-5.
36. Karadeniz U, Erdemli O, Ozatik MA, Yamak B, Demirci A, Kucuker SA, et al. Assessment of cerebral blood flow with transcranial Doppler in right brachial artery perfusion patients. *Ann Thorac Surg* 2005;79:139-46.
37. Spielvogel D, Halstead JC, Meier M, Kadir I, Lansman SL, Shahani R, et al. Aortic arch replacement using a trifurcated graft: simple, versatile, and safe. *Ann Thorac Surg* 2005; 80:90-5.
38. Shimazaki Y, Watanabe T, Takahashi T, Minowa T, Inui K, Uchida T, et al. Minimized mortality and neurological complications in surgery for chronic arch aneurysm: axillary artery cannulation, selective cerebral perfusion, and replacement of the ascending and total arch aorta. *J Card Surg* 2004; 19:338-42.
39. Takagi H, Mori Y, Iwata H, Umeda Y, Matsuno Y, Hirose H. Aortic balloon occlusion catheter with perfusion lumen for protection of lower body during distal anastomosis in aortic arch repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;123:1006-8.
40. Klodell CT, Hess PJ, Beaver TM, Clark D, Martin TD. Distal aortic perfusion during aortic arch reconstruction: another tool for the aortic surgeon. *Ann Thorac Surg* 2004;78:2196-8.
41. Takagi H, Matsuno Y. Distal aortic perfusion during aortic arch repair. *Ann Thorac Surg* 2005;80:1159.
42. Emreçan B, Yilik L, Tulukoglu E, Kestelli M, Ozsoyler I, Lafci B, et al. Whole-body perfusion under moderate-degree hypothermia during aortic arch repair. *Heart Surg Forum* 2006;9:E686-9.