

Koroner arter bypass cerrahisinde tek klemp tekniğinin inme riski üzerine etkisi

The effect of single-clamp technique on stroke risk in coronary artery bypass surgery

Gökçen Orhan,¹ Onur Sokullu,¹ Yeşim Biçer,² Şahin Şenay,¹ Okan Yücel,¹
Batuhan Özyay,¹ Murat Sargin,¹ Fuat Bilgen,¹ Serap Aykut Aka¹

Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
¹Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, ²Anesteziyoloji Kliniği, İstanbul

Amaç: Bu çalışmada tek klemp tekniği veya parsiyel klemp tekniği kullanılarak koroner arter bypass ameliyatı uygulanan hastalar arasında inme sıklığı açısından fark olup olmadığı araştırıldı.

Çalışma planı: Kardiyopulmoner bypass kullanılarak izole koroner arter bypass cerrahisi uygulanan 534 hasta iki grupta değerlendirildi. Bir grupta, proksimal anastomozları aynı cerrahi ekip tarafından tek kros klemp altında tamamlanan 254 hasta (ort. yaş 63±8); diğer grupta, hastanenin başka bir ekibi tarafından proksimal anastomozları parsiyel klemp kullanılarak tamamlanan 280 hasta (ort. yaş 62±8) vardı. İki grup inme gelişimi açısından karşılaştırıldı.

Bulgular: Kros klemp ve kardiyopulmoner bypass süreleri tek kros klemp tekniğinde anlamlı derecede daha uzundu ($p<0.01$). Ancak, toplam ameliyat süresi gruplar arasında anlamlı fark göstermedi. Ameliyat sonrası komplikasyonlar, inotropik destek, cerrahi drenaj miktarı ve cerrahi yoğun bakım ünitesinde kalış süresi açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı. Tek klemp tekniğinde perioperatif miyokard infarktüsü (%2 ve %2.9), inme (%1.6 ve %2.1) ve hastane mortalitesi (%2.4 ve %2.5) oranları biraz daha düşük olmasına karşın bu farklar anlamlı değildi. İnme gelişen 10 hasta değerlendirildiğinde, bu komplikasyonun dört hastada ameliyat sonrası birinci günde, altı hastada ameliyat sonrası üçüncü günden sonra geliştiği görüldü. Korelasyon analizi, inmenin diyabet, hiperkolesterolemi, bozulmuş ventrikül fonksiyonu (EF <%40), atriyal fibrilasyon, periferik arter hastalığı, aortun kalsifik olması ve perioperatif miyokard infarktüsü ile ileri derecede ilişkili olduğunu gösterdi.

Sonuç: İnme gelişimini önlemede ve miyokardın korunması açısından aortik klemp teknikleri arasında anlamlı fark saptanmadı. Cerrahi ekibin tekniğini inme açısından riskli hastalarda değiştirmesinin anlamlı olmadığı sonucuna varıldı.

Anahtar sözcükler: Serebrovasküler olay; koroner arter bypass/yöntem/yan etki.

Background: This study sought to determine whether the incidence of postoperative stroke would differ between patients who underwent coronary artery bypass surgery with the single-clamp technique or two-clamp technique.

Methods: A total of 534 consecutive patients who underwent isolated coronary artery bypass surgery were evaluated in two groups depending on whether the single-clamp technique (254 patients; mean age 63±8 years) or the two-clamp technique (280 patients; mean age 62±8 years) were used by two surgical teams, respectively. The two techniques were compared with respect to the incidence of postoperative stroke.

Results: Although aortic cross-clamp and cardiopulmonary bypass times were significantly longer in the single-clamp group ($p<0.01$), total operation times were similar. The incidence of postoperative complications, the need for inotropic support, the amount of surgical drainage, and the length of intensive care unit stay did not differ significantly. The incidences of perioperative myocardial infarction (2% vs 2.9%), stroke (1.6% vs 2.1%), and in-hospital mortality (2.4% vs 2.5%) were lower with the single-clamp use, but these did not reach significance. Stroke developed in 10 patients, occurring on the postoperative first day in four, and after the third day in the remaining patients. Correlation analyses showed that the development of stroke was significantly associated with diabetes, hypercholesterolemia, impaired ventricular function (ejection fraction <40%), atrial fibrillation, peripheral artery disease, aortic calcification, and perioperative myocardial infarction.

Conclusion: Single-clamp and side-biting clamp techniques do not differ in terms of myocardial protection and postoperative stroke rates. Therefore, there is no need for alteration in the operation technique in patients presenting a high risk for stroke.

Key words: Cerebrovascular accident; coronary artery bypass/methods/adverse effects.

Geliş tarihi: 1 Aralık 2005 Kabul tarihi: 3 Şubat 2006

Yazışma adresi: Dr. Gökçen Orhan, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, 34668 Haydarpaşa, İstanbul. Tel: 0216 - 565 72 97 e-posta: gokcenorhan@hotmail.com

Koroner bypass cerrahisi sonrası nörolojik komplikasyon görülme sıklığı %3-5 arasındadır.^[1,2] Bu oran 75 yaş üzerinde %9'a kadar çıkmaktadır.^[3] Nörolojik hasarın birçok nedeni vardır. Serebral hipoperfüzyon, hava ve partikül embolisi, kanama, ekstrakraniyal karotis hastalığı ve metabolik nedenler etyolojide önemlidir.

Koroner bypass sonrasında hastaların %3.1'inde önemli nörolojik hasar görülür ve bu komplikasyon mortalitenin %21'inden sorumludur. Nörolojik komplikasyon gelişen hastaların hastanede kalış süreleri anlamlı derecede uzamakta, bu da önemli bir maliyet artışına neden olmaktadır.^[4]

Bu çalışmada, proksimal anastomozlarda tek aortik klemp tekniğinin, parsiyel klemp uygulamasına göre inme geçirme açısından üstün olup olmadığı araştırıldı.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Kliniğimizde Eylül 2000 - Haziran 2002 tarihleri arasında kardiyopulmoner bypass kullanılarak izole koroner arter bypass cerrahisi uygulanan 534 hasta çalışmaya alındı. Beraberinde mitral ve aort kapak, aort cerrahisi, ventriküler anevrizma rezeksiyonu veya karotis endarterektomisi yapılan olgular çalışmaya alınmadı. Hastalar iki grupta değerlendirildi. Bir grupta, proksimal anastomozları aynı cerrahi ekip tarafından tek kros klemp altında tamamlanan 254 hasta (ort. yaş 63±8); diğer grupta, hastanenin başka bir ekibi tarafından aortik kros klemp açılıp kalp atmaya başladıktan sonra, proksimal anastomozları parsiyel klemp kullanılarak tamamlanan 280 hasta (ort. yaş 62±8) vardı.

Hastaların ameliyat öncesi, ameliyat ve ameliyat sonrası değerleri geriye dönük olarak derlendi. Yaş, cinsiyet, diyabet, hipertansiyon, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, NYHA (New York Heart Association) sınıflamasına göre fonksiyonel sınıfları, eşlik eden periferik arter hastalığı, renal yetmezlik (kreatinin >2 mg/dl, kan üre >50 mg/dl), bozulmuş ventrikül fonksiyonu (EF <%40) ve geçirilmiş serebrovasküler hastalık ameliyat öncesi veriler olarak değerlendirildi. Geçirilmiş inme veya geçici iskemik atak öyküsü olan ve fizik muayenelerinde karotis arter üzerinde sistolik üfürüm saptanan olgulara rutin olarak karotis Doppler ultrasonografi yapılarak karotis arter lezyon dereceleri belirlendi. Kritik karotis arter darlığı nedeniyle aynı seansta karotis endarterektomi yapılan hastalar çalışma dışı bırakılırken, karotis endarterektominin ayrı bir seansta uygulandığı hastalar çalışmaya dahil edildi.

Ameliyatta, kardiyopulmoner bypass öncesi kanülasyon sırasında elle muayenede fark edilen aortik kalifikasyonlar; kros klemp, kardiyopulmoner bypass ve ameliyat süreleri ve bypass yapılan koroner arter sayısı, sol internal mammaryan arter kullanımı (LİMA), kullanılan greft sayıları kaydedildi.

Ameliyat sonrası inotropik ajan desteği, intraaortik balon kullanımı, perioperatif miyokard infarktüsü, entübasyon süresi, drenaj miktarı, yoğun bakımda kalış süresi, hastanede kalış döneminde ortaya çıkan inme, yeni oluşan jeneralize ve fokal nörolojik defisitler ve hastane mortalitesi değerlendirildi. Nörolojik defisit gelişen hastalar nöroloji kliniği ile birlikte değerlendirildi. Bu hastaların tümünde serebral tomografi veya manyetik rezonans görüntüleme ile lezyonların hemorajik, embolik ya da iskemik olup olmadığı araştırıldı.

Proksimal anastomozları tek veya çift klemp kullanılarak yapılan iki grup inme gelişimi açısından karşılaştırıldı.

Cerrahi teknik. Genel anestezi altında median sternotomiye takiben LİMA, seçilmiş hastalarda radyal arter ve safen ven greftleri hazırlandı. Çıkan aorttan arteriyel ve tek "two stage" venöz kanül ile hastalar kanüle edildi. Hastaların tümünde membran oksijenatör ve santrifugal pompa kullanıldı. Kardiyak arrest 28-32 °C sistemik hipotermi (orta), lokal soğuk ve her iki grupta antegrad soğuk kan kardiyoplejisi kullanılarak sağlandı. Distal anastomozlar kros klemp altında tamamlandıktan sonra, proksimal anastomozlar birinci grupta kros klemp altında, ikinci grupta ise aortik kros klemp açıldıktan sonra ve çalışan kalpte çıkan aorta parsiyel klemp konarak yapıldı.

İstatistik değerlendirme. İstatistik analizler Windows için SPSS 10 programı kullanılarak yapıldı. Parametrik değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edildi. Parametrik olmayan değerler ki-kare ve Fisher exact testleri, parametrik değerler bağımsız t-testi ile analiz edildi. P<0.05 değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. İnme üzerine etkili risk faktörleri Pearson korelasyon ve ikili lojistik regresyon analizleriyle değerlendirildi.

BULGULAR

İki grup arasında yaş, cinsiyet, sigara kullanımı, diyabet, hipertansiyon, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, hiperkolesterolemi, renal yetmezlik, NYHA sınıflamasına göre fonksiyonel kapasite, sol ventrikül fonksiyonları, ameliyat öncesi ritim, periferik ve karotis arter hastalığı açısından anlamlı fark yoktu (Tablo 1). Tek klemp tekniği kullanılan hastalarda %70 üzerinde karotis arter darlığına %6.3 oranında rastlanırken, çift klemp tekniği kullanılan hastalarda bu oran %3.6 bulundu. Ancak, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0.16).

Kros klemp ve kardiyopulmoner bypass süreleri tek kros klemp tekniğinde anlamlı derecede daha uzundu. Ancak, toplam ameliyat süreleri karşılaştırıldığında gruplar arasında fark olmadığı gözlemlendi. Distal anasto-

Tablo 1. Olguların ameliyat öncesi özellikleri

	Tek klemp (n=254)		Çift klemp (n=280)		p
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	
Kadın	52	20.5	72	25.7	0.18
Sigara	161	63.4	182	65.0	0.71
Diyabet	74	29.1	82	29.3	1.0
Hipertansiyon	164	64.6	167	59.6	0.24
Kronik obstrüktif akciğer hastalığı	26	10.2	25	8.9	0.65
Hiperkolesterolemi	48	18.9	52	18.6	1.0
Renal yetmezlik	13	5.1	14	5.0	1.0
New York Heart Association sınıf 3-4	51	20.1	46	16.4	0.31
Ejeksiyon fraksiyonu <%40	23	9.1	18	6.4	0.26
Atriyal fibrilasyon	26	10.2	31	11.1	0.78
Periferik arter hastalığı	33	13.0	30	10.7	0.42
Serebrovasküler hastalık	11	4.3	12	4.3	1.0
Karotis arter darlığı (>%70)	16	6.3	10	3.6	0.16

mozlar ve LİMA kullanımı açısından da iki grup arasında anlamlı fark bulunmadı (Tablo 2).

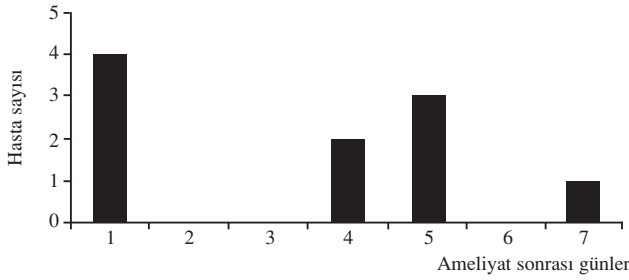
Ameliyat sonrası gelişen komplikasyonlar, inotropik destek ihtiyacı, cerrahi drenaj miktarı ve cerrahi yoğun bakım ünitesinde kalış süresi açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı. Perioperatif miyokard infarktüsü oranı tek klemp tekniğinde %2, çift klemp tekniğinde %2.9; inme oranları tek klemp kullanılan grupta %1.6, çift klemp kullanılan grupta %2.1; hastane mortalitesi ise tek klemp grubunda %2.4, çift klemp grubunda %2.5 bulundu. Ancak, bunlar istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşturmadı (Tablo 2). İnme gelişen 10 hasta değerlendirildiğinde, bu komplikasyonun dört hastada ameliyat sonrası birinci günde, altı hastada

(%60) ameliyat sonrası üçüncü günden sonra geliştiği görüldü (Şekil 1).

Korelasyon analizi, inmenin diyabet, hiperkolesterolemi, bozulmuş ventrikül fonksiyonu (EF <%40), atriyal fibrilasyon, periferik arter hastalığı, aortun kalsifik olması ve perioperatif miyokard infarktüsü ile ileri derecede (p<0.01) ilişkili olduğunu gösterdi (Tablo 3). İkili lojistik regresyon analizinde, inme geçiren hasta sayısının azlığı nedeniyle inme ile risk faktörleri arasında ilişki kurulamadı; ancak, inme geçirmeyen hasta grubu değerlendirildiğinde, genç, sigara öyküsü olmayan, diyabet, hipertansiyon ve hiperkolesteroleminin eşlik etmediği, ventrikül fonksiyonları korunmuş, aort kalsifikasyonu bulunmayan hastalarda inme görülmediği gözlemlendi.

Tablo 2. Grupların ameliyat sırasındaki ve sonrasındaki verileri

	Tek klemp (n=254)			Çift klemp (n=280)			p
	Sayı	Yüzde	Ort.±SS	Sayı	Yüzde	Ort.±SS	
Ameliyat verileri							
Kros klemp süresi (dk)			76.4±27			47.6±18	<0.01
Kardiyopulmoner bypass süresi (dk)			103±38			88±33	<0.01
Ameliyat süresi (saat)			4.5±0.9			4.5±0.9	0.52
Koroner arter anastomozu			2.5±1.0			2.6±1.0	0.36
Kalsifik aort (%)	41	16.1		36	12.9		0.32
Sol internal mammaryan arter kullanımı (%)	225	88.6		246	87.9		0.89
Ameliyat sonrası veriler							
Entübasyon süresi (saat)			14.1±6.8			14.0±6.6	0.97
Drenaj (ml)			832±426			850±589	0.88
İntraaortik balon pompası (%)	6	2.3		5	1.9		0.81
İnotropik ajan desteği (%)	72	28.4		75	26.8		0.69
Yoğun bakım süresi (saat)			26.2±13.7			27.5±16.6	0.30
Perioperatif miyokard infarktüsü (%)	5	2.0		8	2.9		0.58
İnme (%)	4	1.6		6	2.1		0.75
Hastanede kalış (gün)			7.5±2.6			8.0±3.2	0.44
Mortalite (%)	6	2.4		7	2.5		1.0



Şekil 1. İnme gelişiminin ameliyat sonrası günlere göre dağılımı.

TARTIŞMA

Kardiyak cerrahisi geçiren hastaların son on yılda değişen demografik özellikleri ile birlikte, majör nörolojik komplikasyonlar yaşlı hastalar için ciddi bir morbidite nedeni olmaktadır. Bu komplikasyonlar hastaların %3.1'inde oluşur ve bypass sonrası ölümlerin %21'inden sorumludur.^[1] Minör nörolojik komplikasyonlar ve nöropsikiyatrik bozukluklar ameliyat sonrası birinci haftada hastaların yaklaşık %60'ında oluşur; bunların hastaların 1/3'ünde altı ay sonra da devam ettiği saptanmıştır.^[4] Hastalarımızda inme daha sıklıkla birinci, dördüncü ve beşinci günlerde meydana gelmiştir.

Koroner bypass ameliyatlarında proksimal ve distal anastomozların tek aortik klemp altında yapılması, aortik manipülasyonları azaltacağı için serebrovasküler komplikasyonların daha az görüleceğine dair görüşleri desteklemektedir.^[5] Bu yüzden tek klemp tekniği, proksimal anastomozların parsiyel klemp ile gerçekleştirildiği tekniğe bir seçenek olarak görülmüştür. Nörolojik hasar yönünden tek klemp tekniğinin parsiyel klemp tekniğinden üstün olacağı düşünülse de, çalışmamızda iki yöntem arasında anlamlı bir fark saptanmadı.

DeneySEL çalışmalarda, klemp uygulaması sırasında meydana gelen aort yaralanmaları açısından tek klemp tekniğinin daha üstün olduğu bildirilmiştir.^[6] Ayrıca, Doppler ultrasonografi çalışmaları ile aortik klemp konulması ve kaldırılması sırasında serebral embolilerin oluştuğu gösterilmiştir.^[7,8] Bazı klinik çalışmalar da tek klemp tekniğinin ameliyat sonrası

Tablo 3. İnme ile ilişkili değişkenler (Pearson)

	r	p
Diyabet	0.215	0.000
Hiperkolesterolemi	0.146	0.000
Ejeksiyon fraksiyonu <%40	0.116	0.000
Atriyal fibrilasyon	0.131	0.007
Periferik arter hastalığı	0.121	0.002
Kalsifik aort	0.337	0.005
Perioperatif miyokard infarktüsü	0.337	0.000

morbiditeyi azalttığı görüşünü desteklemektedir. Aranki ve ark.^[5] 310 hasta ile yaptıkları bir çalışmada, tek klemp tekniği ile serebral hasar yanında hastane morbiditesinin de azaltılabileceğini savunmuşlardır. Loop ve ark.^[9] tek klemp tekniği ile yapılan koroner bypass ameliyatlarında nörolojik komplikasyonlarla daha az karşılaşıldığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise, tek klemp tekniğinin parsiyel klemp kullanılarak yapılan ameliyatlara göre nörolojik hasar görülme sıklığı açısından üstünlüğü gösterilemedi.

Koroner bypass cerrahisi sonrası görülen inmelerin birçok nedeni olabilir. Fakat, en önemli nedenlerden biri serebral embolizasyondur.^[10] Ameliyat sırasındaki aortik manipülasyonlar da en önemli serebral embolizasyon nedenlerindedir.^[11]

Çalışmamızda, diyabet, hiperkolesterolemi, bozulmuş ventrikül fonksiyonu (EF <%40), atriyal fibrilasyon, periferik arter hastalığı, aortun kalsifik olması ve perioperatif miyokard infarktüsünün inme açısından birer risk faktörü olduğu saptandı. Tek veya çift klemp teknikleri ise bir risk faktörü olarak bulunmadı.

Koroner bypass ameliyatlarından sonra görülen nörolojik hasarlar birçok faktöre bağlı olarak geliştiğinden, bu hasarın sıklığını azaltmak sadece tek klemp tekniğine bağlı değildir. Embolik materyal, lateral klemp uygulaması yanı sıra total aortik kros konulup kaldırılması, aortik kanülasyon yapılması veya aortik 'punch' uygulaması sırasında da oluşabilir. Ayrıca, aortun elle palpe edilmesi sırasında dahi embolizasyon meydana gelebilir.^[12,13] Önceden atriyal fibrilasyonu olan hastalarda ise sol atriyum kaynaklı emboliler olabilir. Bu etyo-

Tablo 4. Tek klemp tekniğinin kardiyak ve serebrovasküler etkisi üzerine yapılan çalışmalar

Çalışma	Çalışma şekli	Hasta sayısı	Kardiyak avantaj	Serebrovasküler avantaj
Yamaguchi ve ark. ^[14]	Retrospektif	26	Yok	-
Aranki ve ark. ^[5]	Retrospektif	310	±	Yok
Rajalin ve ark. ^[15]	Randomize, prospektif	60	Yok	-
Bertolini ve ark. ^[16]	Randomize, prospektif	100	Var	±
Hammon ve ark. ^[10]	Prospektif	395	-	Yok
Musumeci ve ark. ^[17]	Randomize, prospektif	91	Yok	Yok
Bu çalışma	Retrospektif	534	Yok	Yok

(-) Çalışmada araştırılmamış; (±) Çalışmada araştırılmış, ancak olumlu ya da olumsuz etkisi belirlenmemiş.

lojilerin her biri, parsiyel klemp uygulamasından bağımsız olarak inme oluşmasına neden olabilir.

Grocott ve ark.nın^[7] çalışmasında, koroner bypass ameliyatlarında serebral hasarın göstergesi olan S100β proteininin serum düzeylerinin aortik kanülasyon sırasında en üst düzeye ulaştığı, aortik kros klemp konulması veya alınması sırasında düzeylerin daha düşük kaldığı saptanmıştır. Bu çalışmadan yola çıkarak, parsiyel klemp tekniği ile transkranyal Doppler çalışmalarında serebral bulgularda artış olmasına rağmen beyin hasarında artma olmayabileceği ileri sürülebilir.

Her ne kadar tek klemp tekniği çalışmamızda ve birçok çalışmada olduğu gibi inme açısından bir koruyuculuk sağlamasa da (Tablo 4),^[5,10,14-17] özellikle çıkan aortta yoğun ateroskerozu olan yüksek riskli hasta grubunda bu tekniğin uygulanabileceğini düşünüyoruz. Emboli kaynaklı inmeleri önlemede tek klemp dışında uygulanan diğer yöntemlerin daha başarılı olduğu şüphelidir. Bu yöntemler arasında “no touch” tekniği ile revaskülarizasyon ve “off-pump” koroner bypass ameliyatları sayılabilir. Mills’in tarif ettiği “no touch” tekniğinde, çıkan aortta kanülasyon veya klemp olmaksızın, düşük akım ile kardiyak fibrilatuvar arrest oluşturulur ve tüm proksimal ven anastomozları LİMA’ya yapılır.^[18,19] Yüksek riskli 16 hasta yazarlar tarafından bu teknikle ameliyat edilmiş ve hiçbirinde serebral komplikasyon gelişmemiştir. “Off-pump” koroner bypass tekniğinin serebral komplikasyonlar açısından yararları yeni yeni ortaya çıkmaktadır.^[20] Diğer stratejiler ise Kouchoukos ve ark.^[21] tarafından önerilen direkt aortik replasman ve intraaortik mekanik filtrelerdir.^[22]

Sonuç olarak, her iki tekniğin teorik avantajları olsa da, klinik sonuçlar açısından inmeleri önlemede anlamlı üstünlükleri olmadığı görülmüştür. Cerrahi ekipler alışık oldukları teknikle daha hızlı ve güvenli çalışmaktadırlar. Bu nedenle, her iki yöntemin de rutin koroner bypass ameliyatlarında güvenle uygulanabileceğini, inme açısından riskli hastalarda cerrahi ekibin tekniğini değiştirmesinin anlamlı olmadığını düşünüyoruz.

KAYNAKLAR

1. Edmunds LH Jr. Postoperative care of cardiac surgical patients. In: Cohn LH, Edmunds LH Jr, editors. Cardiac surgery in the adult. New York: McGraw-Hill; 1997. p. 458-9.
2. Breuer AC, Furlan AJ, Hanson MR, Lederman RJ, Loop FD, Cosgrove DM, et al. Central nervous system complications of coronary artery bypass graft surgery: prospective analysis of 421 patients. Stroke 1983;14:682-7.
3. Peterson ED, Cowper PA, Jollis JG, Bechuk JD, DeLong ER, Muhlbaier LH, et al. Outcomes of coronary artery bypass graft surgery in 24,461 patients aged 80 years or older. Circulation 1995;92(9 Suppl):II85-91.
4. Roach GW, Kanchuger M, Mangano CM, Newman M, Nussmeier N, Wolman R, et al. Adverse cerebral outcomes after coronary bypass surgery. Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research Group and the Ischemia Research and Education Foundation Investigators. N Engl J Med 1996;335:1857-63.
5. Aranki SF, Rizzo RJ, Adams DH, Couper GS, Kinchla NM, Gildea JS, et al. Single-clamp technique: an important adjunct to myocardial and cerebral protection in coronary operations. Ann Thorac Surg 1994;58:296-302.
6. Stefaniszyn HJ, Novick RJ, Sheldon H, Sniderman AD, Salerno TA. Anatomical observations in cadavers during application of a partial exclusion clamp to the ascending aorta. Curr Surg 1984;41:184-7.
7. Grocott HP, Croughwell ND, Amory DW, White WD, Kirchner JL, Newman MF. Cerebral emboli and serum S100beta during cardiac operations. Ann Thorac Surg 1998; 65:1645-9.
8. Barbut D, Hinton RB, Szatrowski TP, Hartman GS, Bruefach M, Williams-Russo P, et al. Cerebral emboli detected during bypass surgery are associated with clamp removal. Stroke 1994;25:2398-402.
9. Loop FD, Higgins TL, Panda R, Pearce G, Estafanous FG. Myocardial protection during cardiac operations. Decreased morbidity and lower cost with blood cardioplegia and coronary sinus perfusion. J Thorac Cardiovasc Surg 1992;104: 608-18.
10. Hammon JW Jr, Stump DA, Kon ND, Cordell AR, Hudspeth AS, Oaks TE, et al. Risk factors and solutions for the development of neurobehavioral changes after coronary artery bypass grafting. Ann Thorac Surg 1997;63:1613-8.
11. Blauth CI. Macroemboli and microemboli during cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 1995;59:1300-3.
12. Braekken SK, Russell D, Brucher R, Abdelnoor M, Svennevig JL. Cerebral microembolic signals during cardiopulmonary bypass surgery. Frequency, time of occurrence, and association with patient and surgical characteristics. Stroke 1997;28:1988-92.
13. Barzilai B, Marshall WG Jr, Saffitz JE, Kouchoukos N. Avoidance of embolic complications by ultrasonic characterization of the ascending aorta. Circulation 1989;80(3 Pt 1): 1275-9.
14. Yamaguchi A, Kitamura N, Kawashima M, Miki T, Tamura H. Clinical preeminence of single aortic cross-clamping for proximal anastomoses in coronary artery bypass surgery. Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi 1993;41:1194-8. [Abstract]
15. Rajalin A, Kutila K, Niinikoski J, Savunen T, Vanttinen E, Heikkilä H, et al. Myocardial reperfusion after coronary bypass surgery. Suture of only distal or all anastomoses with the aorta cross-clamped? Scand J Thorac Cardiovasc Surg 1995;29:175-80.
16. Bertolini P, Santini F, Montalbano G, Pessotto R, Mazzucco A. Single aortic cross-clamp technique in coronary surgery: a prospective randomized study. Eur J Cardiothorac Surg 1997;12:413-8.
17. Musumeci F, Feccia M, MacCarthy PA, Ellis GR, Mammana L, Brinn F, et al. Prospective randomized trial of single clamp technique versus intermittent ischaemic arrest: myocardial and neurological outcome. Eur J Cardiothorac Surg 1998; 13:702-9.
18. Mills NL, Everson CT. Atherosclerosis of the ascending aorta and coronary artery bypass. Pathology, clinical corre-

- lates, and operative management. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;102:546-53.
19. Dietl CA, Madigan NP, Laubach CA, Chapman JH, Bering JP, Holcomb PH, et al. Myocardial revascularization using the “no-touch” technique, with mild systemic hypothermia, in patients with a calcified ascending aorta. *J Cardiovasc Surg* 1995;36:39-44.
 20. BhaskerRao B, VanHimbergen D, Edmonds HL Jr, Jaber S, Ali AT, Pagni S, et al. Evidence for improved cerebral function after minimally invasive bypass surgery. *J Card Surg* 1998;13:27-31.
 21. Kouchoukos NT, Wareing TH, Daily BB, Murphy SF. Management of the severely atherosclerotic aorta during cardiac operations. *J Card Surg* 1994;9:490-4.
 22. Harringer W. Capture of particulate emboli during cardiac procedures in which aortic cross-clamp is used. International Council of Emboli Management Study Group. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1119-23.