

ANTEGRAD VE ANTEGRAD + RETROGRAD KAN KARDİOPLEJİSİ UYGULAMASININ KARŞILAŞTIRILMASI

Ümit Özyurda*

ÖZET

Açık kalp cerrahisi uygulamalarının yaygınlaşmasına bağlı olarak kalp koruma yöntemleri konusundaki çalışmalar sürmektedir.

Son yıllarda antegrade kan kardiopleji uygulamaları yanında retrograde ve antegrade + retrograde kombine kan kardiopleji uygulamaları da yaygınlaşmaktadır. Hepsinin bazı avantajları yanında bazı dezavantajları da vardır.

Biz çalışmamızda antegrade ve antegrade + retrograde kan kardiopleji uygulamalarını değerlendirdik ve sonuç olarak her ikisinin de yeterli miyokardial koruma sağladığını, ancak antegrade kan kardiopleji uygulamasında hemodinamiyi etkilemeyecek derecede miyokardial hasarlanma geliştiğini tesbit ettik. Bu nedenle özellikle deprese ventriküllü hastalarda homojen dağılım için antegrade + retrograde kan kardiopleji uygulamalarını savunmaktayız.

Anahtar kelimeler: Açık kalp cerrahisi, kardiopleji

SUMMARY

The Comparison of Antegrade Versus Antegrade + Retrograde Blood Cardioplegic Techniques

Studies for development of myocardial protection methods are continuing.

Recently, Retrograde and combined antegrade + retrograde blood cardioplegic techniques are being implemented with antegrade blood cardioplegic methods. All methods have some advantages and disadvantages.

We evaluated the antegrade and combined antegrade + retrograde cardioplegic practices in our study. We concluded that both of the methods were successful in myocardial protection, but antegrade cardioplegic practices produced myocardial injury without any hemodynamic disturbances. We believe that for the homogenous distribution of cardioplegic solution, combined antegrade + retrograde cardioplegic practices must be used especially for patients with depressed ventricular function.

Key words: Open Heart Surgery, Cardioplegia

Retrograd kardiopleji uygulamaları son yıllarda giderek yaygınlaşmıştır. Bu şekilde antegrad kardiopleji uygulaması sırasında ortaya çıkabilecek bazı problemler ortadan kaldırılabilir. Retrograd kardiopleji uygulamasıyla obstruktif koroner arter lezyonlarının distaline kardioplejinin daha homojen bir şekilde dağılması sağlanmakta, ve daha önce ven grefti uygulanmış vakalarda distal emboli riski ortadan kaldırılmaktadır. (1).

Ancak bu olumlu yönleri yanında retrograd kardiopleji uygulamaları ile ilgili bir takım sorunlar vardır. Sağ ventrikülün tam olarak korunamaması, yavaş verilen retrograd kardiopleji ile kalbin daha geç olarak durması en önemli problemlerdir. Bu nedenle antegrad-retrograd kombine kullanım gittikçe daha fazla taraftar bulmaktadır. (2).

Çalışmamızda antegrad kanlı kardioplejik uygulaması ile antegrad + retrograd kan kardioplejik uygulamasını klinik ve hemodinamik sonuçlar açısından inceledik.

MATERYEL ve METOD

A.Ü.T.F. Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalında Aorta koroner bypass operasyonu uygulanan 50 hasta çalışmamıza dahil edilmiştir. 25 hastaya sadece antegrad kan kardioplejik uygulanırken, yaş, cinsiyet ve kardiyak durum açısından bu grup ile benzer olan diğer 25 hastaya başlangıçta antegrad kan kardiopleji ile kalp durdurulduktan sonra, sürekli olarak retrograd kan kardioplejisi uygulanmıştır.

* Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp-Damar Cerrahisi Anabilim Dalı

Tablo I: Hastaların klinik özellikleri

Özellik	Antegrad Grubu	Antegrad + Retrograd Grubu	P Değeri
Hasta Sayısı	25	25	—
Yaş Ortalaması	51.42 ± 12.47	50.30 ± 11.90	P>0.05
Erkek / Kadın	17 / 8	15 / 10	
Geçirilmiş MI	10 (% 40)	9 (% 36)	P>0.05
EF (%)	53.70 ± 13.6	55.30 ± 14.9	P>0.05
DM	4 (% 16)	4 (% 16)	P>0.05

Değerler Aritmetik Ortalama ± Standart Sapma şeklinde verilmiştir.

Hastaların klinik özellikleri Tablo 1'de ve operatif verileri ise Tablo 2'de özetlenmiştir. Yapılan istatistikî çalışmalar sonucunda iki grubun klinik özellikleri ve operatif verileri bakımından benzer oldukları tespit edilmiştir. Her iki gruptaki hastalara standart anestezi tekniğimiz uygulanmıştır.

Operasyonda non-pulsatil flow, membran oksijenatör, orta derecede hipotermi yöntemi kullanılmıştır. Extrakorporeal sistem, 1500 cc Ringer Laktat, 70 ml Bikarbonat, 200 ml % 20 Mannitol ile doldurulmuştur.

Aralıklı olarak bakılan kan gazı sonuçlarına göre arteriyel kan gazı pH'sı 7.35-7.45 olacak şekilde bikarbonat eksiği tamamlanmıştır. Ortalama pompa debisi 2.2-2.4 litre/m-dak. olacak şekilde ayarlanmış, pompa sırasında arteriyel kan basıncının 60 mm Hg olması sağlanmıştır. Kan sıcaklığı sabit 28°C olacak şekilde hasta soğutulmuş, rektal sıcaklık 28°C-32°C arasında tutulmuştur. Kross klemp konulduktan sonra her iki grupta da antegrad kan kardioleji ile kalp durdurulmuştur. Retrograd kardi-

Tablo II: Hastaların operatif verileri

Özellik	Antegrad Grubu	Antegrad + Retrograd Grubu	P Değeri
Kross Klemp Süresi	61.25 ± 20.70	62.00 ± 18.23	P>0.05
Bypass Süresi	103.50 ± 28.56	106.85 ± 21.83	P>0.05
Hasta Başına Greft Sayısı	3.4	3.6	P>0.05
Lima Kullanımı	24 (% 96)	23 (% 92)	P>0.05

Değerler Aritmetik Ortalama ± Standart Sapma şeklinde verilmiştir.

opleji grubunda ise başlangıçta antegrad kan kardioleji ile kalp durdurulduktan sonra, sürekli olarak retrograd kan kardioleji uygulanmıştır. Antegrad kardioleji grubundaki hastalara kan kardioleji her distal anastomoz sonrasında tekrar edilmiştir.

Priming solusyonuna pompaya girildiği anda bir ünite kan eklenmiş, kan sıcaklığı sabit 28°C de kalacak şekilde hasta soğutulmuştur. Kanlı kardiolejinin hazırlanması için CDS (Cardioplegia Delivery System) kullanılmıştır. Kanlı kardioleji operasyonunun dönemine göre 4 ayrı şekilde hazırlanmıştır. Bunlar başlangıç, birinci, ikinci ve 3. karışım şeklinde adlandırılmıştır. (Tablo 3).

Başlangıç kanlı kardioleji için Kardioleji delivery sistemine 250 cc Plegisol eklenmiş ve bunun üzerine oksijenatörden 750 cc kan alınmıştır. Bu karışıma 20 mEq Bikarbonat ve 15 mEq potasyum eklenmiştir. Başlangıç kan kardioleji 22°C ye kadar soğutulmuş Antegrad olarak aort köküne konulan bir kanül vasıtası ile 300 cc/dak. hızında yaklaşık 600 cc verilmiştir. Antegrad olarak devam edildiği durumda her distal anastomoz bittiğinde kan kardioleji verilmiştir.

Retrograd kanlı kardioleji uygulaması sırasında ise 100-150 cc/dak. olacak şekilde kardioleji verilmiş ve koroner sinus basıncının 15-30 mm Hg arasında kalması sağlanmıştır.

Muhtemel bir hiperpotasemiye engel olmak amacıyla özellikle retrograd kanlı kardioleji uygulaması sırasında K düzeyleri sürekli takip edilerek kardiolejik K konsantrasyonu 10 mEq/lt. olacak şekilde kanlı kardiolejiye potasyum eklenmiştir.

Operasyon tamamlandıktan sonra sistemin havasının alınmasını takiben, kross klemp kaldırılmış, kalbin spontan olarak çalışmadığı durumda, kalp DC akım ile çalıştırılmıştır. Yeterli hemodinami sağlandıktan ve hasta ısındıktan sonra pompadan çıkılmıştır.

Hastalar yoğun bakıma vardıklarında EKG alınmış ve daha sonra hastaneden taburcu edilene kadar EKG takibine devam edilmiştir. Operasyon öncesi

Tablo III: Uygulanan kardioleji karışımları.

	Başlangıç	Birinci Karışım	İkinci Karışım	Üçüncü Karışım
Plegisol(cc)	250	250	-	-
Kan(cc)	750	750	1000	1000
Potasyum (mEq)	15	10	10	5
Bikarbonat (mEq)	20	10	10	10

her hastaya Swan-Ganz termodilasyon kateteri yerleştirilmiş ve aortik kross klempin kaldırılmasından sonraki 4, 8, 12. saatlerde kardiyak output ölçülmüş, kardiyak output komputeri vasıtası ile LVSWI, aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$LVSWI = (MAP - PCWP) \times (SI) \times (1,36/100)$$

LVSWI : Sol ventriküler Atım İş İndeksi
 MAP : Ortalama Aortik Basınç
 PCWP : Pulmoner Kapiller Wedge Basıncı
 SI : Atım İndeksi

Operasyon öncesinde ve kross klemp kaldırıldıktan sonraki 4, 8, 12. saatlerde hastalardan kan örnekleri alınarak Creatine kinase Myokardial isoenzim (CK-MB) düzeyleri bakılmıştır.

Retrograd koroner sinus kanülasyonu için Arom ve arkadaşlarının önerdikleri yöntem uygulanmıştır.(3)

Retrograd koroner sinus kanülasyonu uygulanacak durumlarda da single stage venöz kanülasyon kullanılmıştır. Kardiyopulmoner bypassa girilmiş ve bu şekilde oluşabilecek hemodinamik oynamalar ve aritmi nedeniyle ortaya çıkabilecek problemler ortadan kaldırılmıştır. Sağ atriumdaki venöz kanülasyon yapılan bölgenin 1 cm distaline bir purse-dikiş konulmuştur. Bu durumda 1. asistan venöz kanülü hastanın sol omuzuna doğru çekerken, pompaya venöz tutması söylenerek sağ atriumun şişmesi sağlanmıştır. Kalp halen çalışırken konulan purse dikişin ortası bistüri ile delinmiş. Cerrah sol eli ile retrograd koroner sinus kateterini sağ atriuma yerleştirmiştir. Bu aşamadan sonra cerrah sağ elini kalbin diafragmatik yüzüne koymuş, işaret parmağını atrioventriküler bileşkede vena cava inferiorun olduğu bölgede tutarak kateterin ucunu koroner sinus ve kardiyak vene yerleştirmiştir. Kateter sol atrial apendajın 1-2 cm yakınına kadar ilerletilmiştir.

Çalışmamızda Arom ve arkadaşlarının önerdiği yöntemle koroner sinus kanüle edilmiştir. Reoperasyonlarda ise özellikle Bohn'ın önerdiği yöntem ile retrograd kardiyopleji uygulaması tavsiye edilmektedir. (4)

İstatistiksel analiz için, verilerin özelliklerine göre "iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi", "iki eş arasındaki farkın önemlilik testi", "Ki-kare testi veya Fisher Kesin Ki-kare testi" uygulanmıştır.

BULGULAR

Her iki gruptaki hastaların postoperatif dönem klinik durumları Tablo 4'de gösterilmiştir. Hastaların Tablo 4'de gösterilen klinik incelemelerinde hastane mortalitesi, aritmi, inotropik destek yönünden istatistiki olarak fark olmadığı tespit edilmiştir.

LVSWI 3., 6., 12. saatlerde bakılmış ve sonuçlar Tablo 5'de gösterilmiştir. LVSWI değerleri antegrad ve sonrasında sürekli olarak retrograd kanlı kardiyopleji uygulanan gruba göre bir miktar yüksek tespit edilmekle birlikte, aradaki fark istatistiki olarak önemsizdir.

Hastaların CK-MB değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir. Tablo 6'dan da anlaşılacağı gibi Antegrad kanlı kardiyopleji uygulanan gruptaki CK-MB değerleri Antegrad + Retrograd kan kardiyopleji uygulanan gruba göre yüksek olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak antegrad kan kardiyoplejisi uygulanan grup ile, antegrad + retrograd devamlı kan kardiyoplejisi uygulanan grup arasında, postoperatif dönemde klinik özellikler ve hemodinamik parametreler bakımından önemli bir fark olmadığı tespit edil-

Tablo IV: Hastaların postoperatif klinik durumları

Özellik	Antegrad Grubu	Antegrad + Retrograd Grubu	P Değeri
Hastane Mortalitesi	0 (% 0)	0 (%0)	P>0.05
Postoperatif MI	2 (% 8)	1 (% 4)	P>0.05
Atrial Aritmi	4 (% 16)	3 (% 12)	P>0.05
Supraventriküler Aritmi	5 (% 20)	3 (% 12)	P>0.05
Ventriküler Aritmi	3 (% 12)	3 (% 12)	P>0.05
İnotropik Destek	10 (% 40)	9 (% 36)	P>0.05

Tablo V: Antegrad ve Antegrad + Retrograd devamlı kan kardiyoplejisi uygulanan hastaların LVSWI değerleri

Özellik	Antegrad Grubu	Antegrad + Retrograd Grubu	P Değeri
LVSWI (gr.m/m)			
4. Saat	29.10 ± 1.53	30.12 ± 1.88	P>0.05
8. Saat	29.80 ± 1.36	32.25 ± 1.43	P>0.05
12. Saat	30.60 ± 1.34	31.66 ± 1.40	P>0.05

LVSWI: Sol ventrikül atım iş indeksi

Değerler Aritmetik ortalama ± Standart hata şeklinde verilmiştir

Tablo VI: Hastaların Creatine Kinase Myokardial İsoenzim (CK-MB) düzeyleri

Dönem	Antegrad Grubu	Antegrad + Retrograd Grubu	P Değeri
Operasyon Öncesi	9.87 ± 0.42	10.20 ± 0.87	P>0.05
4. Saat	60.85 ± 4.66	32.47 ± 2.80	P<0.01
8. Saat	55.90 ± 4.51	37.50 ± 2.82	P<0.01
12. Saat	48.84 ± 5.82	34.40 ± 3.27	P<0.01

Değerler Aritmetik ortalama ± Standart hata şeklinde verilmiştir

miştir. Ancak Creatine Kinase Myokardial İsoenzim (CK-MB) düzeyleri antegrad + retrograd devamlı kan kardioplejisi uygulanan grupta, sadece antegrad kanlı kardiopleji uygulanan gruba göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Bütün kardiak operasyonlarda kansız ve hareketsiz bir ortamın hazırlanması için aortik klemp gereklidir ve bu dönemde kalbin iskemik hasarlanmaya karşı korunması gerekmektedir. Bigelow, Lindsay, Greenwood 1950'lerde ve Shumway, Lower 1959 da myokardial korumada hipoterminin önemini ortaya koymuşlardır.(5)

Aortik klemping sırasında oluşan iskemik myokardial hasarlanmaya engel olmak amacı ile kardioplejik solusyonlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Kardioplejik solusyonların altı önemli özelliği olmalıdır:

1) Enerji ihtiyacını azaltmak için iskemik dönemde ani elektromekanik arrest sağlanmalıdır. Bu özellikle oksijenize olmayan kardioplejikler için önemlidir. Kalp genelde hiperpotasemik solusyon ile durdurulmaktadır.

2) Myokardial sıcaklık metabolik ihtiyaçları azaltmak için düşürülmelidir. Kristaloit ve kan kardioplejisinin verilmiş sıcaklığı hakkında tartışmalar halen sürmektedir.

3) Kardiak arrest sırasında verilen kardioplejinin türüne göre enerji substratları verilmelidir. Kristaloit kardioplejide glukoz, kanlı kardioplejide ise glukoz ve oksijen aerobik veya anaerobik şekilde ATP oluşmasını sağlamaktadır. Bu dönemde kullanılan Krebs siklusu ara elemanları (glotamate / aspartate) da enerji üretiminde faydalı olmaktadır.

4) Hipotermi sırasında metabolizma için uygun şartların sağlanması için optimum pH gerçekleştirilmelidir. Bu amaçla Bikarbonat, THAM, phosphate kullanılmaktadır.

5) Hücre membran stabilizasyonu sağlanmalıdır. Steroid ve procain'in etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte bu amaç için kullanılmaktadır. Bununla birlikte iskemi ve reperfüzyon sırasında ortaya çıkan serbest oksijen radikallerinin ortamdan uzaklaştırılması amacı ile superoxide dismutase, coenzyme Q 10 kullanılabilmektedir. İskemi ve sonrasında oluşan intraselüler hiperkalsemiye engel olmak amacı ile kalsiyum kanal blokerleri kardioplejik solusyonlara eklenebilmektedir.

6) İskemik hasarlanma ile birlikte myokardial ödemlenme oluşmaktadır. Buna engel olmak amacı ile osmolarite ve kolloid osmotik basınç ayarlanmalıdır.

Deneyel ve klinik çalışmaların bir kısmı oksijenize kardioplejik kullanımının üstünlüğünü göstermekle birlikte bu konuda tartışmalar halen sürmektedir. (6)

Kan kardioplejisi ilk defa 1955 yılında Melrose ve arkadaşları tarafından kullanılmış, 1977 lerde ise tekrar kullanılmaya başlanmıştır.(7)

Kan kardioplejisi kullanmanın mantığı basittir.

1) Oksijenize bir ortamda hızlı kardiak arrest sağlanmaktadır;

2) Kardioplejik solusyon ile aralıklı olarak reoksijenizasyon sağlanmaktadır;

3) Aralıklı olarak oksijenlendirme glukoz, insulin gibi anaerobik substratları gereksiz kılmaktadır.

4) Kan ile gerekli olan onkotik ortam kolaylıkla sağlanmaktadır.(7)

Kan kardioplejisi kullanımı sırasında, dokulara oksijen verilmesi bakımından hipoterminin önemi büyüktür. 20 °C kanlı kardiopleji oksijen kontentinin % 50'sini dokulara verirken, 10°C de ancak % 37'sini dokulara verebilmektedir. İşte bu nedenle çalışmada kanlı kardiopleji 22°C de antegrad ve retrograd olarak verilmiştir. Magovern ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda kanlı kardioplejinin etkili olduğu sıcaklığın 20°C de olduğu ortaya konulmuştur. Yine aynı çalışmada 10°C nin altında kanlı kardioplejinin, kristaloit kardioplejiye bir üstünlüğü olmadığı tespit edilirken, 4°C nin altında ise kanlı kardiopleji, kristaloit kardioplejiye göre daha başarısız olarak bulunmuştur.(7)

Aortik kross klemp sırasındaki myokardial hasarlanma, enerjinin temini ile harcanması arasındaki dengesizlikten kaynaklanmaktadır. Myokardın

enerji kullanımı kardiyak arrest ve hipotermi ile azaltılmaktadır. Kalpde tam bir elektromekanik durma sağlanıp, kalp dekomprese edildiğinde en düşük enerji kullanımı sağlanmaktadır. Normotermik arrest sırasında enerji kullanımı çalışan kalbin % 10' na düşmektedir. Myokardın 22°C ye düşürülmesi ise bu değeri % 3'üne düşürmektedir. Dolayısı ile myokardial sıcaklığı 22°C nin altına düşürmenin fizyolojik bir temeli yoktur.(5)

İşte bu nedenle çalışmamızda hem myokarda maksimum oksijenin verilebilmesi, hem de myokardın en ideal şartlarda korunabilmesi için kanlı kardioplejiyi 22°C de verdik. Retrograd koroner sinüs perfüzyonu ile myokardial koruma ilk kez 1898 de Pratt tarafından uygulanmıştır. (1,8) Koroner venöz sistem başlıca iki sistemden oluşmaktadır:

- a) Greater kardiyak venöz sistem;
- b) Lesser kardiyak venöz sistem.

Kalbin koroner venöz dönüşünün %75'i greater kardiyak venöz sistem ve koroner sinüsden oluşmaktadır. Greater kardiyak venöz sistem subepicardial venöz plexus ile bağlantılı bir şekilde, transmural venöz sistem ile bağlantılıdır. Bu şekilde retrograd olarak sunulan kardiopleji koroner arteriel sistemdeki tıkanıklıklardan bağımsız olarak myokardial koruma sağlamaktadır.

Retrograd kardiopleji uygulamaları ile sağ ventrikülün korunması tartışmalıdır. Partington sağ ventriküldeki soğumanın retrograd teknik ile iyi olmadığını göstermiş ve bunu sağ ventrikülün serbest duvarının ve septumun bir kısmının vena drenajının koroner sinüse olmasına bağlamıştır.(9) Ancak bu çalışmalar köpeklerde yapılmıştır ve köpeklerin

Koroner venöz sistem drenajları insanlardan farklıdır. Eichhorn ve arkadaşları ise antegrad ve retrograd kardiopleji uygulamalarından sonra sağ ventrikül fonksiyonlarını radyonüklid ventrikülografi ile incelemişlerdir.

Her iki grupta sağ ventriküler diastolik performanslarında bir değişiklik olmadığını tespit etmişlerdir.(10) Douville ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda ise termodilüsyon yöntemi ile antegrad ve retrograd kardiopleji uygulamalarından sonra sağ

ventrikül fonksiyonları incelenmiştir. Hem antegrad hem de retrograd uygulamalardan sonra sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun azaldığı ve sağ ventrikül end diastolik völümünün arttığı tespit edilmiştir. Yani antegrad kardiopleji uygulamasının, retrograd uygulamaya göre sağ ventrikül korunması bakımından üstün olmadığı tespit edilmiştir.

Günümüzde kullanılan myokardial koruma yöntemleri genelde yeterlidir. Bu nedenle myokardial koruma yöntemleri karşılaştırılırken; hastaların hemodinamik parametrelerinde yöntemler arasında belirgin farklılıklar tespit edilememektedir. Zaten hemodinamik parametreler myokardial korumanın direkt göstergesi olamaz, çünkü hemodinamik parametreler kardiyak kontraktilete dışında birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Çalışmamızda CK-MB düzeyleri antegrad + retrograd sürekli kanlı kardiopleji uygulanan grupta daha düşük olarak tespit edilmiştir. Yani bu şekildeki bir myokardial koruma ile myokardın daha az haraplandığı tespit edilmiştir. Ancak bu fark hemodinamik parametrelere yansımamıştır. Ancak birçok yayında belirtildiği gibi bu farkın özellikle yüksek riskli grupta ve preoperatif ventrikül fonksiyonu deprese olan hastalarda hemodinamik parametrelere etkili olacağı düşünülmektedir. Çünkü bu grupta oluşan myokardial hasarlanma hemodinamiyi etkileyecek kadar fazla olmaktadır.(11)

Sonuç olarak gerek sadece aort kökünden uygulanan antegrad kanlı kardiopleji yöntemi, gerekse antegrad + retrograd sürekli kanlı kardiopleji uygulaması yeterli myokardial korumayı sağlamaktadır. Ancak özellikle ventrikülü ileri derecede deprese olan vakalarda proksimal lezyon nedeni ile koroner arter distallerinin iyi dolmadığı vakalarda, daha homojen bir kardiopleji dağılımı için antegrad kardiopleji ile kalp durdurulduktan sonra sürekli olarak retrograd kardiopleji uygulamasının daha iyi sonuçlar vereceği inancındayız. Tek başına retrograd kardiopleji uygulamasının ise daha geç myokardial arrest sağladığı ve sağ ventrikülü yeterince koruyamadığı için tercih etmemekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Arom KV, Emery RW. Coronary Sinus Cardioplegia: Clinical Trial with only Retrograde Approach. Ann Thorac Surg 1992; 53: 965-71.
2. Partington MT, Acar C, Buckberg GD, et al. Studies of retrograde cardioplegia. Advantages of antegrade / retrograde cardioplegia in jeopardized myocardium. J. Thorac Cardiovasc Surg 1989; 97: 605-612.
3. Arom KV, Emery RW. Retrograde Cardioplegia: Detail for Coronary Sinus Cannulation Technique. Ann Thorac Surg 1992; 53: 714-15.
4. Bahn CH. Simplified Placement of Retrograde Cardioplegic Catheter. Ann Thorac Surg 1991; 52: 879-80.

5. Buckberg GD. Myocardial temperature management during aortic clamping for cardiac surgery. *J. Thorac. Cardiovasc Surg.* 1991;102: 895-903.
6. Buckberg GD. Strategies and logic of cardioplegic delivery to prevent, avoid, and again reverse ischemic and reperfusion damage. *J. Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 93: 127-39.
7. Barner H. Blood Cardioplegia. A Review and Comparison with Crystalloid Cardioplegia. *Ann Thorac Surg* 1991; 52: 1354-67.
8. Douville EC, Kratz JM, Spinak FG, Crawford FA, Alpert CC, Pearce A. Retrograde versus Antegrade Cardioplegia: Impact on Right Ventricular Function. *Ann Thorac. Surg* 1992; 54: 56-61.
9. Partington MT, Acar C, Buckberg GD. Studies of Retrograde Cardioplegia. II. Advantages of Antegrade / Retrograde Cardioplegia to optimize distribution in jeopardized myocardium. *J. Thorac. Cardiovasc Surg.* 1989; 97: 613-22.
10. Eichhorn EJ, Diehl JT, Konstom MA, Pagne DD, Solem DN, Cleveland RJ. Protective effects of Retrograde compared with Antegrade Cardioplegia on Right Ventricular systolic and diastolic function during coronary bypass surgery. *Circulation* 1989; 79: 1271-81.
11. Ray C, Chiu J. Cardioplegia; From the Bedside to the Laboratory and back again. *Ann Thorac Surg* 1991; 52: 1209.