

# Retrograd Serebral Perfüzyon: Serebral Venöz Dağılımı Demonstre Eden Anatomik Çalışma

RETROGRADE CEREBRAL PERFUSIÓN: ANATOMIC STUDY DEMONSTRATING THE CEREBRAL VENOUS DISTRIBUTION

Bektaş BATTALOĞLU\*, H. Zafer İŞCAN\*\*, Ahmet AKGÜL\*\*, Babiir BİLİR\*\*\*, Oğuz TAŞDF.MİR\*\*, Kemal BEYAZIT\*

\* Dr., Güven Hastanesi, Kardiyovasküler Cerrahi Kliniği.

\*\* Dr., Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi, Kardiyovasküler Cerrahi Kliniği,

\*\*\* Arş.Gör.. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, ANKARA

## Özet

Aorik arkus cerrahisinde, Retrograd Serebral Perfüzyon (RSP) ile ilgili klinik sonuçlar alınca da, superior vena kavadan, inferior juguler ven valvüle edildiği halde enjekte edilen perfüzyonun, beyindeki gerçek dağılımı halen üzerinde çalışılan bir konudur. Sokak köpekleri üzerinde yaptığımız anatomik çalışımı ile RSP'da venöz perfüzyonun kavu'dü için en uygun yeri ve venöz dağılımı araştırdık.

RSP'da venöz perfüzyon kanülü için en uygun yeri saplamak amacıyla 12 adet sokak köpeği üzerinde çalışıldı. Materyal olarak serum fizyolojik (%0.9 Sodyum Klorür) ve sıvı boya ile renklendirilmiş lateks kullanıldı. İlk aşamada, vena kava kranialiste (VKK) verilen serum fizyolojinin, serebral arteriyel sistemden aortaya dönmediği görüldü. Serumun sağ atriya geri biriktiği izlendi. Bunun üzerine, aynı işlem eksternal juguler yenden denendi. Ancak, serumun tekrar sağ atriya geri biriktiği gözlemlendi. Intrakraniyal venöz drenajı sağlayan internal maksiller venü sonlanmasında ve kafatasına girişinde oldukça kompetan kapaklar tespit edildi. Bu kapakların retrograd serebral venöz dağılımı engellediği düşünülerek, kapaklar tahrip edilerek serum fizyolojik direki olarak internal maksiller venden perfüze edildi. Verilen serum yine sağ atriyumda birikmekle birlikte, bir kısmının da serebral arteriyel sistemden aortaya döndüğü gözlemlendi. Daha sonra aynı işlem, daha yoğun bir indikatör materyal olan yeşil kopiller seviyeden geçişi beklenmeyen sıvı boya ile renklendirilmiş lateks ile yapıldı. Bu işlemler esnasında, biteksin sağ atriya ulaştığı görüldü ve bu ulaşım yolları tespit edilmeye çalışıldı. Sağ atriyum perfüzyonun geri dolmasının venövenöz bağlantılar aracılığı ile olduğu düşünüldü. Bu dönüşü engellemek için vena kava kranialis ve vena kava kaudalis klempe edildi.

Sonuç olarak, venöz sistemdeki kapakların ve venövenöz bağlantıların RSP için problem teşkil ettiği. RSP'nun köpeklerde en uygun olarak, kapakları udırıp edilmiş internal maksiller ven aracılığı ile yapılması ve venövenöz bağlantılar aracılığı ile venöz sistemden geri dönüşün engellenmesi gerektiği düşünüldü.

Anahtar Kelimeler: Aortik arkus cerrahisi,  
Retrograd serebral perfüzyon

T Kim Kardiyoloji 1999, 12:93-99

Geliş Tarihi: 12.10.1998

**Yazışma Adresi:** Dr.Bektaş BATTALOĞLU  
Güven Hastanesi  
Paris cad. No.58 Aşağı Ayrancı, ANKARA

T Kim J Cardiol 1999, 12

## Summary

Although there has been good clinical results with Retrograde Cerebral Perfusion (RCP) in aortic arch surgery, there is still some controversies over the distribution of the perfusate which was injected from superior vena cava through the brain even if the valves of inferior jugular vein is destroyed.

In our anatomical study we evaluated the distribution of the perfusate through the brain which was given from vena cava craniialis (VCC) in mongrel dogs. We studied over twelve dogs in order to identify the optimum place for inflow perfusion canmil e for RCP.

0.9% Saline solution (SS) and coloured latex with liquid dye was used. In the first step, SS which was given from VCC did not return from aorta and was collected back in the right atrium. As a second step, the same procedure was performed from external jugular vein (EJV). The competent venous valves in the distal portion of the vein was destroyed, as these valves were thought to be an obstacle for perfusion. After the detection of the perfusate collected in the right atrium, the internal maxillar vein (IMV) was used. Later, the competent valves of IMV was destroyed and The injected SS was observed while returning from aorta. The same procedure was performed with coloured latex as well. The collection of the perfusate back in the right atrium was thought to be because of venovenous shunts.

Finally, the valves of the venous system and the venovenous shunts are the problems of RCP and in dogs the optimum place for inflow perfusion canmil e is the valvulated IMV.

Key Words: Aortic arch surgery,  
Retrograde cerebral perfusion

T Kim J Cardiol 1999, 12:93-99

Arkus aortanın cerrahi olarak onarımında önemli gelişmeler sağlanmış olmasına rağmen, hala yüksek morbidite ve mortalite ile birlikte. Bu durum teknik zorluklardan öle santral sinir sistemi-

nin bütünlüğünün korunması ile ilgilidir.

Arkus aorta cerrahisinde serebral fonksiyonların korunması açısından derin hipotermi ve total sirkülatuar arrest (TSA) en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Ancak bu yöntemde, serebral sirkülatuar arrest süresi sınırlıdır. Genel düşünce arrest süresinin 12-20°C'da 45-60 dakika ile sınırlı olduğudur (2-8). Bu emniyet süresinin uzatılabilmesi amacı ile serebral koruma yöntemi olarak son zamanlarda RSP tekniği geliştirilmiştir (9-16).

RSP ilk kez 1980 yılında Noel L. Mills tarafından kullanılmıştır (9). Günümüzde RSP, TSA'in emniyet periyodunu uzatabilecek bir yöntem olarak klinik uygulamaya girmiştir. Halen, iskemik serebral hasarı, hava ve partikül embolisini önleyebilecek yararlı bir yöntem olarak, geliştirilmeye çalışılmaktadır (9,12). RSP'nin yanısıra, selektif serebral perfüzyon ve serebropleji de hipotermi ve TSA'in emniyet periyodunu uzatabilmek amacıyla geliştirilmeye çalışılmaktadır (17-19).

RSP'un etkinliği ve perfüzyon için en uygun yerin lokalizasyonu amacıyla bu çalışmayı gerçekleştirdik.

### Materyel ve Metod

Araştırmaya dahil edilen tüm hayvanlara, "National Society for Medical Research" tarafından belirlenen "Principles of Laboratory Animal Care" ve "Institute of Laboratory Animal Resources" tarafından hazırlanıp, "National Institutes of Health" (NIH publication no. 86-23, revised 1985) tarafınca yayınlanan "Guide for the care and use of Laboratory Animals"a uygun olarak muamele edildi. Bu araştırma için Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi'nden etik onay alındı.

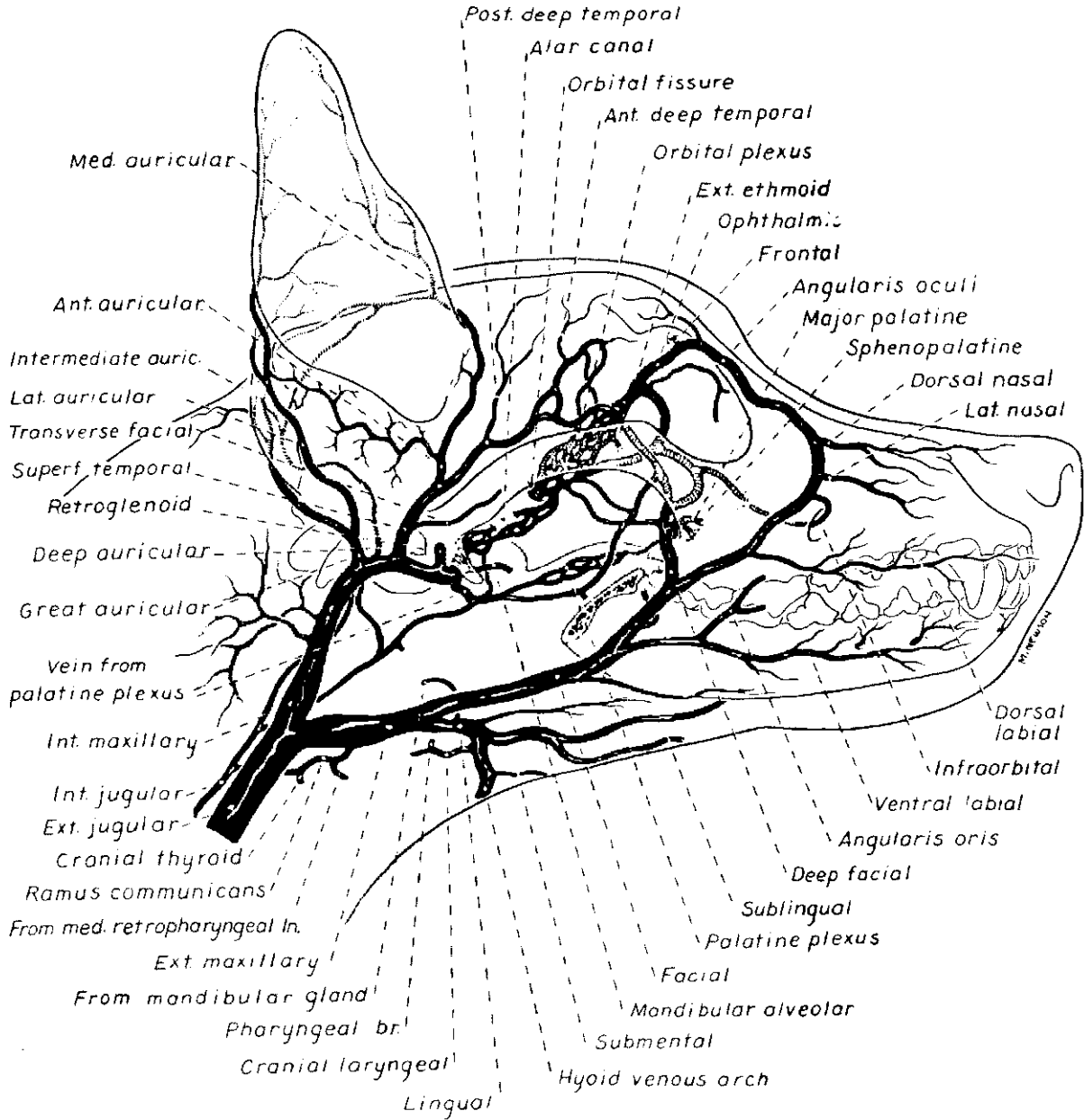
RSP'da venöz perfüzyon kanülü için en uygun yeri saptamak ve venöz dağılımı incelemek amacıyla, 12 sokak köpeği üzerinde anatomik analiz çalışması yapıldı. Materyel olarak, serum fizyolojik (%0.9 sodyum klorür) ve sıvı boya ile renklendirilmiş lateks (polikloropenin su içindeki alkalın dispersiyonu) kullanıldı.

12 adet sokak köpeği, Xylazin hidroklorid (Rompun) ile 2 mg /kg dozunda intramuskuler olarak premedike edildi. Ön ekstremiteden venöz yol girildi. 3mg/kg heparin puşe edildikten sonra, köpekler 15 nıg/kg pentobarbital sodyum ile uyut-

uldu ve solunum arresti yapıldı. 50 mEq potasyum klorür enjeksiyonu ile kardiyak arrest sağlandı ve 4.interkostal aralıktan sağ torakotomi ile toraksa girildi.

Öncelikle, beyin venöz sisteminin kandan arınması için, VKK'e yerleştirilen kateter aracılığıyla, serum fizyolojik ile yıkama yapıldı. Arteriyel karotid sistemden berrak sıvının gözlenmesine kadar planlanan yıkama işlemi, serum fizyolojinin serebral arteriyel sistemden aortaya dönmeyip, sağ atriuma geri dolması nedeniyle modifiye edildi. Boyun disseke edilerek eksternal juguler ven, internal maksiller ven prepare edildi. Bu işlemi takiben, serum fizyolojik daha üst seviyeden, bilateral olarak eksternal juguler vene konan kateterle tekrar uygulandı. Ancak, verilen serum fizyolojinin tekrar sağ atriuma dolduğu görüldü ve ayrıca Internal maksiller venin (İMV) sonlanmasında ve kafatasına girişinde oldukça kompetan kapaklar tespit edildi. Beynin intrakraniyal venöz drenajını sağlayan İMV'deki bu kompetan kapaklar tahrip edildikten sonra, serum fizyolojik perfüzyonu bilateral olarak İMV'den tekrarlandı. Verilen serum yine sağ atriyumda birikmekle birlikte, bir kısmının da serebral arteriyel sistemden aortaya döndüğü gözlemlendi. Aortaya dönen serumun berraklaşmasına dek perfüzyon işlemi sürdürüldü. Köpeklerde boyun venöz sistemi Şekil 1 ve 2'de gösterilmektedir.

Daha sonra aynı işlem, daha yoğun bir indikatör materyel olan ve kapiller seviyeden geçişi beklenmeyen sıvı boya ile renklendirilmiş lateks ile yapıldı. Tüm uygulamalar sonrasında, lateksin sağ atriyuma ulaştığı görüldü ve bu ulaşım yolları tespit edilmeye çalışıldı. Sağ atriuma perfüzyonun geri dolmasının venövenöz bağlantılar aracılığı ile olduğu düşünüldü. Venöz bağlantılar nedeniyle olan bu geri dönüşü önlemek amacıyla, VKK'e atrial bileşkeye yakın yerden klemp konuldu. Buna rağmen lateksin sağ atriuma geri döndüğü ve interkostal venlerin lateks ile dolduğu görüldü. Bunun vertebral ven ile vena kava kaudalis arasındaki bağlantılar sonucu olduğu düşünülerek (20), vena kava kaudalise de klemp konuldu. Tüm bu uygulamalar sonrasında, deneklere kraniotomi yapıldı. Serebral doku, hasar verilmeden enblok dışarıya çıkartılarak incelendi.



Şekil 1. Köpeklerde kafadaki yüzeysel venler (lateral)

### Bulgular

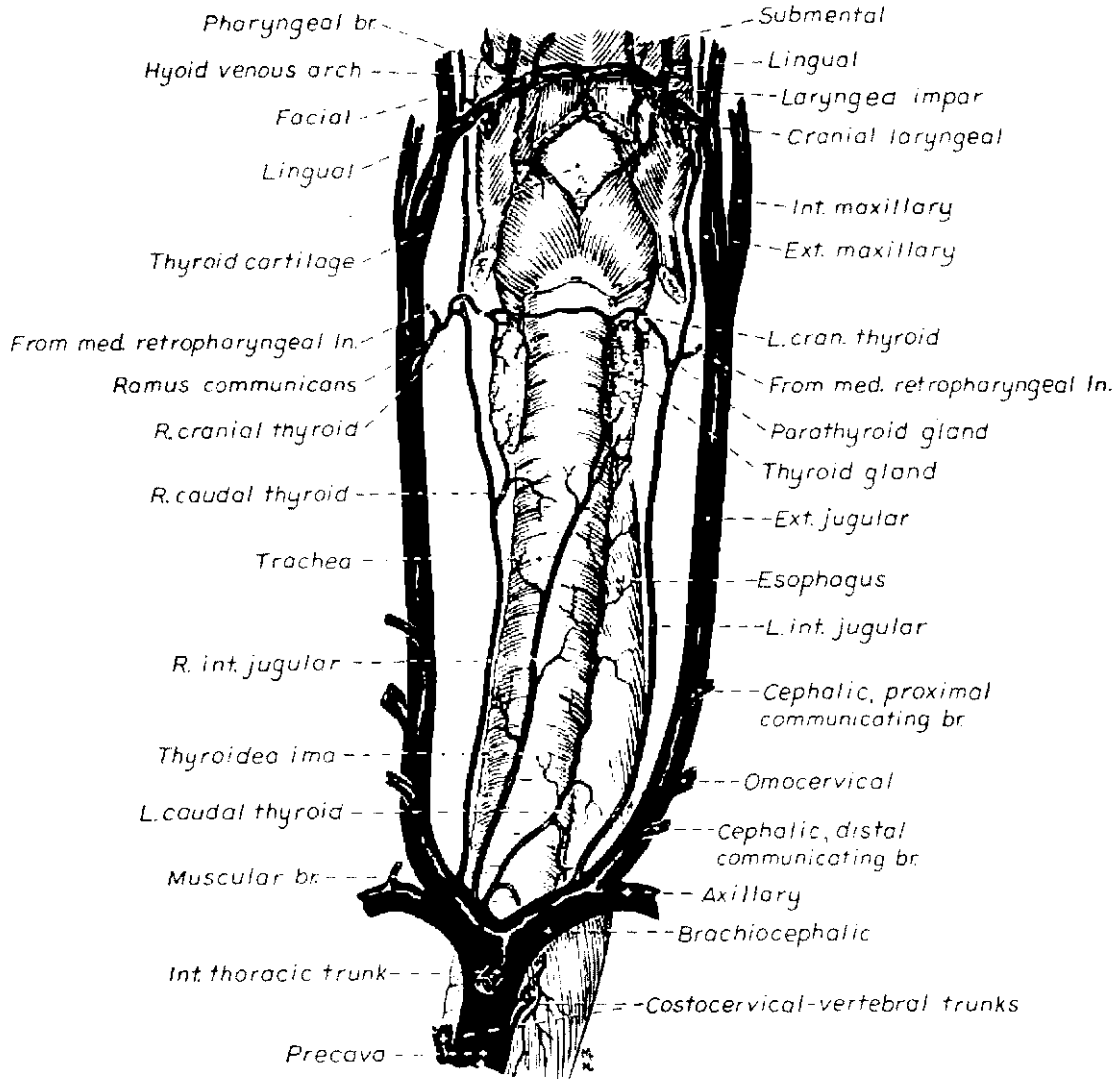
Yapılan anatomik çalışmanın sonucu olarak, köpeklerde RSP ve venöz perfüzyon kanülü için en uygun uygulama yerinin internal maksiller ven olduğu gözlenmiştir. Venöz sistemde bulunan kompetan kapakların ve venövenöz bağlantıların RSP için önemli bir sorun oluşturduğu tespit edilmiştir.

Kraniyotomi yapılarak incelemeye alınan beyin dokusunda yüzeysel venlerde lateksin yer aldığı görüldü (Resim 1).

### Tartışma

RSP ilk kez 1980 yılında Noel L. Mills tarafından kullanılmıştır (9). RSP, TSA'in emniyet periyodunu uzatabilecek, iskemik serebral hasarı azaltıp, hava ve partikül embolisini önleyebilecek yararlı bir yöntem olarak geliştirilmeye çalışılmaktadır (9-16,21)

Ueda ve ark.ları aortik arkus cerrahi tedavisi sonrasında hipotermik sirkulatuvar arrest emniyet süresini uzatmak amacıyla RSP uyguladılar ve 8



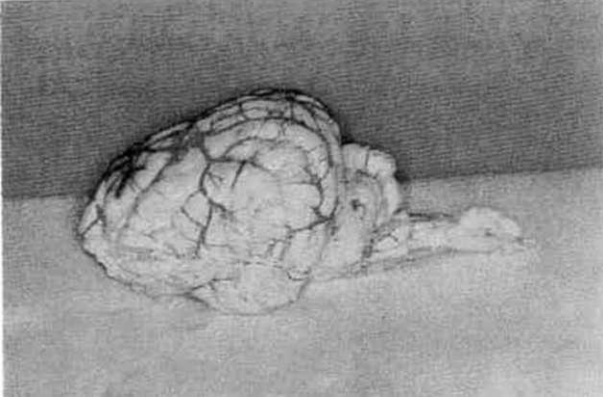
Şekil 2. Köpeklerde boyun venleri (ventral)

olguda başarılı sonuçlar aldıklarını rapor ettiler (10).

Usui ve ark.ları köpekler üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada Vena kava superior (VKS) aracılığı ile uygulanan RSP'nun normotermi ve hipotermide beyin kan akımının yarısını karşılayabildiğini gösterdiler. Aynı çalışmada VKS aracılığı ile RSP sonrasında verilen kanın %20'sinin aortadan geri döndüğünü ve geri kalan kanın

venövenöz şantiar aracılığı ile Vena Kava inferior-den geri döndüğünü gözlediler (12).

Yaptığımız bu çalışma sonucunda, boyun venlerindeki kompetan kapakların venöz yolla yapılan serebral perfüzyonu önemli ölçüde engellediği, etkin RSP için bu kapakların aşılmasının gerekli olduğu görüldü. İnsanlarda da, RSP için en önemli giriş yolu olan internal juguler vende kapak vardır (22). Bu kapaklar, insanların %10-20'sinde kom-



Resim 1. Kraniotomi sonrası beyin yüzeyel venlerinde lateksin gözlenmesi

petan olabileceği için RSP'nun etkinliğini azaltabilir. Bu engeli gidermek amacıyla Okamoto ve ark. selektif juguler ven kanütasyon yöntemini tarif ettiler (14).

Köpeklerde venöz sistem insanlarınkine benzese de, daha az gelişmiş ve daha az komplekstir. Maksiller ven tüm kafanın venöz drenajını sağlar (23). RSP'da internal- eksternal juguler venler, bu venler ile spinal kord venöz sistemi arasında, superfisiyel venöz sinüs ile eksternal juguler ven arasında ve diğer küçük pleksuslar arasındaki bağlantılar nedeniyle masif şant gözlenmiştir (24). İnsanlarda da, intrakraniyal venler emmiser ve diğer venler aracılığı ile bir çok noktada ekstrakraniyal venlerle bağlantı kurar. Vertebral ven, sigmoid sinüs ile bağlantı halindedir ve bu sayede kraniyal venlerle vücudun diğer venleri arasında bağlantı kurulur (22). Venövenöz bağlantıların varlığı, RSP'nun etkinliğini azaltan önemli bir faktördür. Çalışmamızda, perfüzyon materyalinin geri dönüşünü engellemek için V K K ve vena kava kaudalise klemp konulması, etkin RSP için gerekli bulundu. Ancak, yayınlanmamış başka bir çalışmamızda, V K K ve vena kava kaudalisi klempleyerek, bilateral internal maksiller ven aracılığı ile RSP uyguladığımız iki köpek modelinde işlem sonrası batın explore edildiğinde, batın organlarının ileri derecede ödemli olduğu görüldü. Dolayısıyla vena kava kaudalise konulacak klempin batın organlarında venöz göllenmeye neden olacağı düşünülürdü.

Aortik arkus cerrahisinde, Retrograd Serebral Perfüzyon (RSP) ile iyi klinik sonuçlar alınsa da, superior vena kavadan, internal juguler ven valvüle edildiği halde enjekte edilen perfüzatın, beyindeki gerçek dağılımı halen üzerinde çalışılan bir konudur (1). Çalışmamıza dayanarak, efektif retrograd sirkülasyonun, venöz kapakların aşılması ve gelişmiş venövenöz bağlantılardan akım kaçışının engellenmesi ile sağlanabileceği düşünülmüştür. Kan veya perfuzat aortadan drene olmalıdır ve hiçbir zaman sağ atriyum veya süperiyor vena kavadan gelmemelidir. Watanabe ve arklarının (25,26) yapmış olduğu çalışmada, bilateral internal maksiller venden yapılan anjiyogramda, intrakraniyal sinüs ve ekstrakraniyal venlerdeki yoğun ağ yapı, yani venövenöz bağlantılar gösterilmiştir. Bu bağlantılar, beyinden baş ve boyun venleri aracılığı ile vücuda kan geçişinde aracılık etmektedirler.

Literatürde, sağ atrium basıncının yükseltilmesi suretiyle pasif RSP tekniğinde başarılı sonuçlar bildirilse de (13), yapmış olduğumuz çalışma sonucunda, venövenöz bağlantılar nedeniyle, bu teknikte yeterli serebral perfüzyonun olamayacağı gözlemlendi.

Usui'nin çalışmasında RSP beyin koruması için tam çözüm olmayıp, emniyet periyodunu uzatacak bir prosedür olarak nitelendirilmiştir (27). Japonya'daki 49 enstitünün Retrograd Organ Perfüzyon Çalışma Grubu bünyesindeki bu ortak çalışmada 1990 yılından itibaren RSP kullanılarak gerçekleştirilen aortik arkus cerrahisi sonuçlarına göre toplam 228 hastada (ortalama yaş  $61.2 \pm 11.9$ ) %20.2 oranında (27 kalıcı, 19 geçici) nörolojik komplikasyon görülmüştür (koma, motor paralizisi, konvülsyon, afazi-disfazi, görme kaybı, vs...)(27). Hipotermik sirkulatuvar arrestte 45 dakika olarak verilen emniyetli süre, RSP'da 30 dakika altında hiç sorun olmazken, 60 dakika üzerinde multivaryant analizde belirgin kalıcı nörolojik hasar riski oluşturmakta imiş. Çalışmada operatif mortalite 31 hasta ile %13.6 bulunmuş olup, sirkulatuvar arrest ile yapılmış Ergin ve ark (6) (200 hastada operatif mortalite %15) ve Svensson ve ark çalışmasından (7) (656 hastada operatif mortalite %10) farklı değildir. Çalışmalarda operatif mortaliteye etkili faktörler, hemodinamik durum, nörolojik semptomlar ve kardiyak komplikasyonlar olarak bulun-

muştur (6,7,27). Serilen karşılaştırdığımızda RSP'un sirkulatuvar arreste nazaran erken uyanma gibi bazı avantajları olsa da, aortik arkus cerrahisindeki beyin koruma kapasitesi belirsizdir. RSP sirkulatuvar arrestin güvenli periyodunu uzatmaktadır, ancak beyin koruması için tam bir cevap değildir. RSP'un antegrad serebral perfüzyon (ASP) ve hipotermik sirkulatuvar arrest arasındaki yerini belirleyebilmek prospektif randomize çalışmaların yapılmasına bağlıdır (27).

Sakurada'nın serisinde (28), arkus cerrahisindeki mevcut teknikler karşılaştırılmış, selektif serebral perfüzyon ile üstün sonuçlar elde edilmiş, RSP'un preoperatif değerlere nazaran sadece %2 serebral kan akımı, %3 serebral oksijen metabolik hızı elde edilmiştir. Bu sonuçlarla da, RSP'un yeterli kan akımı sağlayamadığı ortaya konmuştur (28).

Ye ve ark domuzlar üzerinde yaptığı çalışmasında, Hint mürekkebi indikatör olarak kullanılmış ve antegrad-retrograd serebral perfüzyon olarak oluşturulan iki grup arasında tekniklerin etkinliği karşılaştırılmıştır (29). ASP'da beyinde tam dağılım olmuş, RSP'da ise indikatörün büyük bölümü İnferior Vena Kava'dan (İVK) geri dönmüş, az miktarda indikatör beyinden drene olup innominat arterde görülmüştür. Her iki gmpta da sagittal sinüs ve venöz sinüslerde masif mürekkep gözlense de, kapillerlerde RSP'da ASP'un %10'u kadar indikatör gözlenmiştir. Bu da venövenöz bağlantılara, düşük rezistanlı İVK yatağına bağlanmıştır. Literatürde de SVK'dan verilen kanın %1 ile %20'sine yakını innominat ve sol karotid arterden dönmektedir (29).

Boeckstaens ve ark maymunlar üzerinde yaptığı çalışmada, RSP'un nonhuman primatlarda beyini perfüze etmediği bildirilmiş, perfüzyonun venövenöz santiardan beyine ulaşmadan daha düşük basınçlara kaçtığı görülmüştür (24).

Sonuç olarak, yaptığımız bu çalışma ile gördük ki; etkin RSP için sağlanacak optimum şartlar arasında venövenöz bağlantıların iptali, venöz sistem kapaklarının tahrip edilmesi ve en uygun yerden perfüzyonun yapılması gereklidir; ve pasif RSP tekniği etkili bir yöntem değildir. RSP'un antegrad serebral perfüzyon ve hipotermik sirkulatuvar arrest arasındaki yerini belirleyebilmek için prospektif randomize çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Brux JL, Subayi JB, Pepis JD, Pillet J. Retrograde Cerebral Perfusion: Anatomic study of the distribution of blood to brain. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 1294-8.
2. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. Hypothermia and total circulatory arrest in cardiac surgery. 1st ed. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto Singapore, 1986: 30-43.
3. Treasure T, Naftel DC, Conger KA. The effect of hypothermic circulatory arrest time on cerebral function, morphology and biochemistry. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1983; 86: 761-70.
4. Greely WJ, Kern FH, Ungerleider RM, et al. The effect of hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral metabolism in neonates and children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991; 1912: 783-94.
5. Mezrow CK, Sadeghi AM, Gandsas A, et al. Cerebral effects of low-flow cardiopulmonary bypass and circulatory arrest. *Ann Thorac Surg* 1994; 57: 532-9.
6. Ergin MA, Galla JD, Lannan SL, et al. Hypothermic circulatory arrest in operations on the thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 788-99.
7. Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, et al. Deep hypothermia with circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 106: 19-31.
8. Michenfelder JD, Milde JH. The relationship among canine brain temperature, metabolism and function during hypothermia. *Anesthesiology* 1991; 75 : 130-6.
9. Mills NL, Ochsner JL. Massive air embolism during cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; 80:708-17.
10. Ueda Y, Miki S, Kusuhara K, et al. Surgical treatment of aneurysm or dissection involving the ascending aorta and arch, utilizing circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion. *J Cardiovasc Surg* 1990; 31: 553-8.
11. Yamashita C, Nakamura H, Nishikawa Y, et al. Retrograde cerebral perfusion with circulatory arrest in aortic arch aneurysms. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 566-8.
12. Usui A, Hotta T, Hiroura M, et al. Retrograde cerebral perfusion through a superior vena caval cannula protects the brain. *Ann Thorac Surg* 1992; 53: 47-53.
13. Takamoto S, Matsuda T, Harada M, et al. Simple hypothermic retrograde cerebral perfusion during aortic arch surgery. *J Cardiovasc Surg* 1992; 33: 560-7.
14. Okamoto H, Sato K, Matsuura A, et al. Selective jugular cannulation for safer retrograde cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg* 1993; 55: 538-40.
15. Usui A, Oohara K, Liu T. et al. Determination of optimum retrograde cerebral perfusion conditions. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 300-8.
16. Usui A, Oohara K, Liu T, et al. Comparative experimental study between retrograde cerebral perfusion and circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 1228-36.
17. 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.

18. Bachet J, Guilmet D, Goudot B, et al. Cold cerebroplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991; 102: 85-94.
19. Robbins RC, Balaban RS, Swain JA. Intermittant hypothermic asanguineous cerebral perfusion (cerebroplegia) protects the brain during prolonged circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 99: 878-84.
20. Getty R. The venous system in the anatomy of domestic animals. 5th ed. Philadelphia, London, Toronto: WB Saunders Co, 1975:389-429.
21. Deeb GM, Jenkins E, Boiling SF, et al. Retrograde cerebral perfusion during hypothermic circulatory arrest reduces neurologic morbidity. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995; 109: 259-68.
22. Williams PL, Warrick R. Cranial venous system, in Gray's anatomy, 36th ed. Edinburgh, London, Melbourne and New York: Churchill Livingstone, 1980: 738-51.
23. Miller ME, Christensen GC, Evans HE. Anatomy of the dog. Philadelphia: W.B. Saunders. 1964: 389-401.
24. Boeckxstaens CJ, Flameng WJ. Retrograde cerebral perfusion does not perfuse the brain in nonhuman primates. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 319-28.
25. Watanabe T, Saitou H, Zhang JW, Iijima Y, Kuraoka S, Shimazaki Y. What is cerebral metabolism during retrograde perfusion? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111: 490-2.
26. Watanabe T, Eji Y, Abe K, et al. Retrograde brain perfusion beyond the venous valves. Hemodynamics and intracellular pH mapping. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 109: 1173-81.
27. Usui A., Abe T. and Murase M. Early clinical results of RSP for Aortic arch operations in Japan. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 94-104.
28. Sakurada T, Kazui T, Tanaka H, and Komatsu S. Comparative experimental study of cerebral protection during aortic arch reconstruction. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1348-54.
29. Ye J, Yang L, Del Bigio MR, et al. Neuronal damage after hypothermic circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion in the pig. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1316-22.