

## KARDİOVASKÜLER CERRAHİ GİRİŞİMLERDE SPİNAL İSKEMİ

Türkan TANSEL ELMACI\*

Son yıllarda desandan torasik ve torakoabdominal aortaya yönelik rekonstrüktif cerrahi girişimlerde peroperatif tekniklerdeki gelişmelere paralel olarak azalan mortaliteye rağmen, spinal kord iskemisi ya da postiske-mik reperfüzyon hasarına sekonder gelişen parapleji olgusu irreverzibl, major bir komplikasyon olarak yerini korumaktadır <sup>(1)</sup>. Desandan torasik ve torakoabdominal aorta proksimalinin klampajını gerektiren operasyonlarda, replase edilen aortanın ve klampaj süresinin uzunluğuna bağlı olarak, değişik oranlarda spinal kord iskemisi gelişebilir. Çocuklardaki koarktasyon operasyonlarından sonra ve proksimal desandan aortaya yönelik cerrahi girişimlerde düşük insidansa (%1.5 ve %3-5) karşın spinal kord iskemisi travmatik aort rüptürlerinde oldukça yüksektir (%25); disekan aort anevrizmalarında ise %38 gibi çok yüksek oranlara çıkabilmektedir <sup>(2-3)</sup>.

Bu yazıda kardiyovasküler cerrahide sıklıkla uygulanmakta olan torasik ve torakoabdominal aorta yönelik çeşitli prosedürlerde değişik oranlarda karşımıza çıkan spinal iskemi üzerine kısa bir bilgi sunulacaktır. Her prosedür kendi içinde farklı etyoloji ve cerrahi mekanizma varlığı ve yaklaşım gerektirdiğinden konu ana başlıklara bölünerek gözden geçirilmiştir.

### *Torasik Aort Anevrizması ve Spinal İskemi*

İnsanda spinal kordun kan akımı tek bir anterior spinal arter ve bir çift posterior spinal arterle sağlanır. Anterior spinal arter spinal kordun 2/3 anterior kısmını besler. Servikal spinal kord subklavyan arter ve vertebral ar-

terden çıkan dallarla beslenir ve iskemik hasara karşı daha iyi korunmuştur. Bu dallar anterior spinal arteri oluşturur ve C3-C4 düzeyine kadar spinal kordun beslenmesinin sağlarlar. Bu düzeyin altındaki servikal spinal kord çok sayıda spinal arterle kanlanır. Buradaki en önemli arter servikal ve superior interkostal arterlerden çıkan kollaterallerle beslenen C4 düzeyindeki radiküler arterdir. İlk 7 torasik segmente karşılık gelen spinal kordun orta bölümü ise kan akımının en zayıf olduğu bölgedir ve beslenmesi genellikle T7 yada T8-T9 interkostal arterden çıkan tek bir radiküler artere bağlıdır. Spinal kordun lomber bölümü T8'den konus terminalise kadar olan bölgeyi kapsar ve temel kan akımı büyük radiküler arter- Adamkiewicz arteri- ile sağlanır. Adamkiewicz arteri genellikle tektir; %80 oranında sol taraftan menşee alır; %85 oranında spinal kordun T9-L2 düzeyine karşılık gelir; %15 vakada ise T5-T8 düzeyindedir.

Spinal kord hasarı torakoabdominal aortik anevrizma cerrahisi yapılan hastalarda karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Rastlanma olasılığı %16-40 civarındadır <sup>(4)</sup>. Spinal kord iskemisine neden olan birçok faktör bildirilmektedir: aortun klampajının 30 dk'dan fazla olması, peroperatif ve postoperatif hipotansiyon nedeniyle spinal kord kan akımının azalması, aort klampajının proksimalinde ciddi hipertansiyon, hemodinamik değişiklikler ve sodyum nitroprussid etkisiyle serebrospinal sıvı basıncının artışı gibi <sup>(1-4)</sup>. Uzamış aort klampajı ve distal perfüzyonun bozulması spinal iskemi oluşumunda bilinen en önemli faktördür. Aortun 30 dk'dan daha fazla klampajının %71 oranında parapleji ile

birlikte olması ve iskemi zamanı 1 saati aş-tığında %100 oranında spinal iskemi gelişme-si bunun en açık göstergesidir (2).

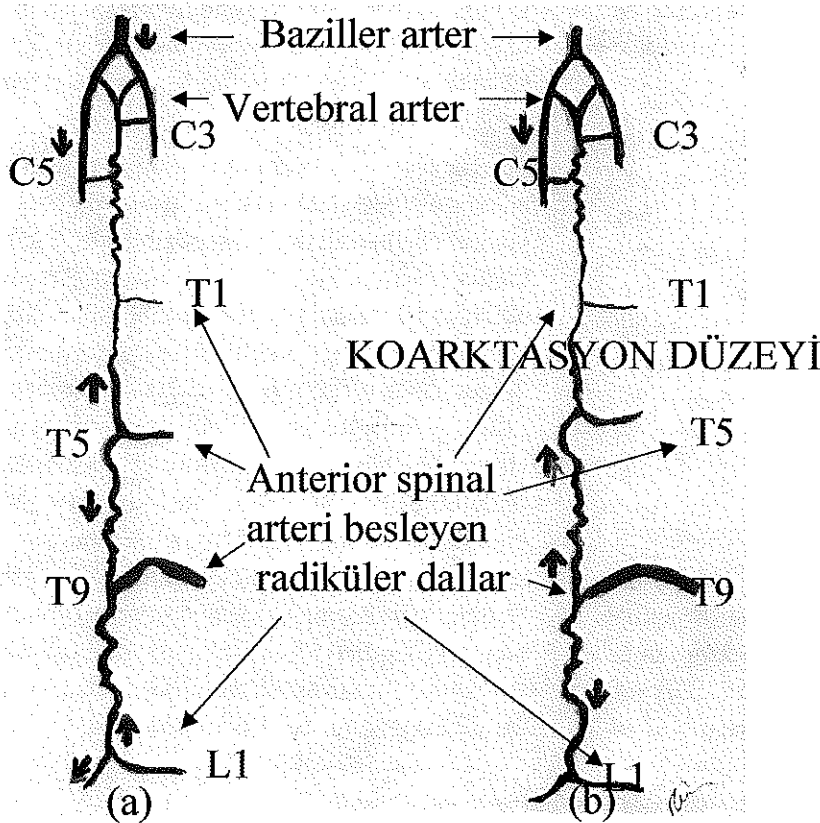
Son yıllarda experimental ve klinik olarak yapılan çalışmalarda, spinal kordu iskemi-den korumak için aortik klampaj sırasında önerilen çeşitli yöntemler şunlardır: distal aortik perfüzyonun pulsatil-nonpulsatil shuntlar yada by-pass teknikleriyle sağlan-ması, aort klampaj süresinin kısa tutulması, kritik interkostal arterlerin hızlı tanımlana-rak reimplante edilmesi, spinal kord perfüzyon basıncının serebrospinal sıvı drenajı ile artırılması, sistemik ve/veya lokal hipotermi ile metabolik ihtiyacın azaltılması, perfloro-karbonlar, süperoksit dizmutaz, Ca kanal blokerleri, allopurinol ve steroid gibi farma-kolojik ajanların sistemik verilerek spinal kord hasarının önlenmesi ya da etkilerinin azaltılması ve yine aynı amaçla intratekal papaverin verilmesi (5-9).

Anevrizma rezeksiyonu sırasında interkostal arterlerden gelen back-flow'un, anterior spi-nal arterin yüksek rezistanslı kollaterallerin-den kan çalıp spinal kord perfüzyon basıncı-nı azalttığı iddia edilmektedir ve bu amaçla anevrizma rezeksiyonu sırasında interkostal arterlerin oklüzyonu önerilmektedir (10). Di-ğər önemli faktör ise spinal kordu besleyen interkostal yada lomber arterlerin identifiye edilememesi ve reanastomozunun gerçekleştirelememesidir (2). Adamkiewicz arterinin orijininin değişkenliği gözönüne alındığında spinal kordu iskemiden korumak için dikkat edilmesi gereken en önemli noktanın kritik interkostal ve lomber arterleri içeren aort du-varının adacık şeklinde reimplantasyonu ol-duğu açıktır.

Bazı araştırmacılar aortanın klempelenmesi sı-rasında aortadan verilen soğuk solüsyonların postoperatif nörolojik hasar üzerinde pozitif etkileri olduğunu göstermişlerdir (11). Yine

bir diğər çalışmada epidural hipotermi ile torasik ve torakoabdo-minal aortik anevriz-maların rezeksiyonu-nun güvenli yapılabile-ceği bildirilmiştir (12). Kardiyoplejiden esin-lenerek torakal aorta-dan verilen koruyucu solüsyonla yapılan bir başka çalışmada pozitif sonuçlar alınmış olma-sına rağmen spinal vaskülaritedeki varyas-yonlar gözönüne alın-dığında nöral dokunun selektif olarak korun-masının daha anlamlı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir (11). Hipotermi, iskemi sı-ra-sında oksijen tüketimi-ni ve metabolik gerek-

Resim 1. Spinal arterin (a) klasik ve (b) aort koarktasyonundaki kan akımı



sinimleri azalttığı için beyin ve spinal kord korunmasında geniş kullanım alanı bulmaktadır. Derin hipotermi ve kardiyopulmoner by-pass, bu tür operasyonlarda kalp cerrahisinde olduğu gibi iskemiye toleransı artırarak uzun operasyon süresini güvenli kılabilmektedir. Fakat kardiyopulmoner bypass'a bağlı oluşan koagulopati, kardiyak ve pulmoner komplikasyonlar bu yöntemle karşı kuşkular oluşmasına ve regional yaklaşımlarla ilgili arayışlara yol açmıştır.

Spinal kordun iskemik hasarını azaltmak için çeşitli koruyucu tekniklerin tanımlanması yanında, aortun klempenmesi sırasında iskemik spinal kordun disfonksiyonun belirlenmesi amacıyla, spinal kordun direkt stimülasyonu ile elde edilen evoked spinal kord potansiyelleri monitorize edilmektedir (2). Bu teknikle interkostal ve lomber arterler prepare edilip, somatosensory evoked potential sinyalleri izlenerek kademeli "staged" klempaj ile proksimalden distale doğru oklüde edilir. Somatosensory evoked potential sinyallerinin kaybı kritik interkostal arterin oklüzyonu ile spinal kord iskemisi geliştiğini işaret eder. Anevrizma rezeksiyonu sırasında kritik interkostal arterlerin geçici oklüzyonu, aynı zamanda steal fenomeni önler ve distal aortik anastomozdan önce bu arterler grefte reanastomoz edilerek spinal kordun perfüzyonu hızla sağlanır.

### **Koarktasyon ve Spinal İskemi**

Cerrahi girişim uygulanmamış aort koarktasyonu vakalarında spontan parapleji gelişmesi çok nadirdir. Paraplejiye neden olarak interkostal arter anevrizmasının anterior spinal artere basısı ya da anevrizmanın vertebral kanala rüptürü sorumlu tutulmaktadır ve bu olguların bazılarında operasyon sonrası paraplejinin düzeldiği görülmüştür (13).

Literatürde koarktasyon vakalarında, peroperatif gelişen hipertermi ve postoperatif anemi ile birlikte görülen parapleji vakaları bildirilmiştir (13-15). Fakat bu vakalarda etken

multifaktöryeldir. Peroperatif hipertermi nedeniyle aortun klempajı sırasında nöral dokunun metabolik ihtiyacının artışına karşın oksijen sunumundaki azalma ile doku hasarı oluşması yanında, uzun kross-klemp süresi, interkostal arterlerin oklüde edilmesi, geniş rezeksiyon sırasında arteriyel kollaterallerin azalması, ek kardiyak anomali olarak ventriküler septal defekt (VSD) varlığında, aortun klempajı sırasında artan VSD shunt'ı nedeniyle sistemik kan akımının azalması bu nedenler arasındadır. Ayrıca aortanın koarkte segmentin proksimal ve distalinden klempajı sonrasında spinal kord dahil olmak üzere vücudun alt yarısının beslenmesi için yeterli kollateral olmalıdır. Spinal kord hasarı oluşumunda önemli sayılan diğer etkenler, infantil aorta, kritik kollateralleri oluşturan interkostal arterlerin klempajı, ileri yaş ve interkostal anevrizmalardır.

Aort koarktasyonlarında interkostal arterlerdeki kan akımı normalin aksine aortadan interkostal arterlere doğru değil, interkostal arterlerden aortaya doğrudur. Koarktasyon etrafında gelişen kollateral arterler zamanla genişler, hatta "berry" anevrizmaları denen çapı 1cm'ye varan anevrizmatik genişlemelere neden olur. Bu nedenle interkostal arterlerin ligasyonu iddia edildiği gibi spinal kordun kan akımının azalmasından çok, tersine akımı önleyerek artışına neden olur. İnterkostal arterlerin postoperatif oklüzyonundan ziyade peroperatif oklüzyonu ve süresi önem taşır. Çünkü peroperatif olarak subklavyan arter, proksimal aorta ve major interkostal arterlerin oklüzyonu distal aortadaki basıncın düşmesine neden olur. Burada özellikle major kollateral arterleri oluşturan gelişmiş interkostal arterlerin oklüzyonu önemlidir. Peroperatif distal aortada hipotansiyon oluşması özellikle major interkostal arterlerin oklüzyonu sonrasında gelişir. Bu nedenle aortun klempaj süresi önem kazanmaktadır ve genel olarak aort klempajı için güvenli sürenin 20 dakika olduğu gösterilmiştir (14).

Literatürde aortun klempajının 20 dk'dan daha az olduğu ve parapleji oluşan tek bir koarktasyon vakası mevcuttur <sup>(1)</sup>. Bunlara ek olarak parapleji riskini azaltmak amacıyla distal aort basıncının yüksek (40-50 mmHg üzerinde) tutulması için proksimal aort basıncının 170mmHg üzerine çıkarılması önerilmektedir <sup>(16)</sup>. Bu yaklaşımın dezavantajı ise intrakraniyal anevrizma varlığında rüptür riskinin olması yanında, sol ventrikülün iş yükünün artışıdır. Koruma yöntemlerinden bir diğeri ise distal aortik basıncın 60mmHg'nin altında olduğu vakalarda Gott shunt'ı yada femorofemoral by-pass uygulanmasıdır.

Aortun klempenmesi sonrasında beyin omurilik sıvısı (BOS) basıncının arttığı ve artan basınç nedeniyle spinal kordun perfüzyon basıncında düşme sonucu iskemi geliştiği iddia edilmektedir <sup>(11)</sup>. BOS drenajının parapleji insidansını azalttığı yönünde pozitif sonuçlar az sayıda olmakla birlikte farmakolojik ajanlarla kombine edildiğinde etkili olduğu gösterilmiştir <sup>(17)</sup>. Bunlara ek olarak Crawford ve ark. <sup>(14)</sup> koarktasyon tamiri sırasında vücut ısısının düşürülmesinin oksijen tüketiminin azaltılması ile faydalı olabileceğini göstermişlerdir. Hipotermi, infant ve çocuklarda genellikle soğuk ameliyat salonu, toraksın açık olması ve küçük vücut yüzeyi-geç yaş nedeniyle herhangi bir ek uygulama yapılmadan (34-35°C) spontan olarak oluşmaktadır.

#### **Abdominal Aort Rekonstrüksiyonları ve Spinal İskemi**

Abdominal aorta operasyonlarından sonra spinal kord hasarı %0.25 oranında görülür <sup>(18-19)</sup>. Etiyoloji multifaktöryeldir; oluşumdaki etkenler arasında Adamkiewicz arterinin akımının kesilmesi, aortik oklüzyonun uzaması, intraoperatif hipotansiyon, ateromatöz embolizasyon ve internal iliak arter sirkülasyonunun bozulması sayılabilir <sup>(19)</sup>.

Spinal kordun torakolomber kısmı interkostal ve lomber arterlerden köken alan dallarla beslenirken, kaudal kısmının ise hipogastrik sirkülasyonun lateral sakral arterleri, ilio-lomber ve lomber arterlerin dallarıyla kanlanır. Spinal kordun normal kan akımı bozulduğunda spinal kord kan akımı çeşitli kollateral yollarla sağlanır. En önemli kollateraller interkostal ve lomber arterler arasındaki anastomozlardır ve diğer bir kollateral ise distal spinal kordu besleyen internal iliak arter ya da middle sakral arterin dallarından oluşur.

Abdominal aort cerrahisi gerektiren aortik oklüzyonun, renal arterlerin hemen distalinde olduğu durumlarda, kollateral yol superior mezenterik arterden middle kolik arter yoluyla sol kolik artere ve inferior mezenterik artere, buradan internal iliak ve eksternal iliak artere doğru gelişir. Diğer önemli kollateral yol, interkostal ve internal mammarian arter arası anastomozlarla inferior epigastrik arter yoluyla external iliak arter arasındadır. Yapılan son çalışmalarda pelvik sirkülasyondaki kan akımının azalması yada kesilmesinin, Adamkiewicz arterinin patent olduğu durumlarda bile spinal kord hasarına neden olabileceği gösterilmiştir <sup>(19)</sup>. Yine bir başka çalışmada Kieffer <sup>(20)</sup>, oklüde interkostal ve lomber arterler nedeniyle Adamkiewicz arterinin kanlanmasıyla kollateral arterlerden sağlandığı vakalarda spinal iskeminin daha sık oluştuğunu bildirmiştir.

Bu tür vakalarda; 1. internal iliak arter mutlaka revaskülarize edilmelidir, 2. peroperatif hipotansiyondan korunmalıdır, 3. rekonstrüksiyon sırasında aortadan ve iliak arterlerden peroperatif masif embolizasyon olmasına dikkat edilmelidir.

#### **Koroner Bypass Cerrahisi ve Spinal İskemi**

Koroner bypass cerrahisi sonrası spinal kord hasarı son derece nadir bir komplikasyondur ve genellikle postoperatif gelişen düşük kar-

diak debi nedeniyle intraaortik balon pumping uygulaması sonrasında görülmektedir. Bu vakalarda spinal kord hasarının nedeni tam anlaşılacakla birlikte aortanın ileri aterosklerozu nedeniyle aortada diseksiyon gelişmesi yanında, kateter yerleştirilmesi ya da intraaortik balon pumping uygulaması esnasında aortadan ayrılan ateromatöz materyalin spinal kordu besleyen arterleri oklüde etmesi ya da subintimal-adventisyal hematoma oluşması olarak açıklanmaktadır (21-22). Literatürde bugüne değin sadece 20 civarında vaka bildirilmiştir. Bu vakalardan çoğu intraaortik balon ya da kateter uygulanması sırasında parapleji gelişen vakalardır. Bu vakalar dışında literatürde bildirilen, aortokoronar bypass cerrahisi sonrası gelişen 2 parapleji vakası, beraberinde aortoiliak tıkanıklığı olan ve bypass grefti olarak sol torasik internal arterin kullanıldığı vakalardır. Bu vakalarda parapleji nedeni, torasik internal arterin çıkarılmasıyla, inferior epigastrik arter yoluyla pelvik sirkülasyona ve alt ekstremitelere gelen kollateral kan akımının azalması ve sonuçta spinal kord perfüzyon basıncının düşerek spinal kord iskemisi gelişmesi olarak açıklanmaktadır (23-24).

## KAYNAKLAR

- Adams HD, Van Geertruyden HH: Neurologic complication of aortic surgery. *Ann Surg* 144:574 (1956).
- Dapunt OE, Midulla PS, Sadeghi AM, et al: Pathogenesis of spinal cord injury during simulated aneurysm repair in a chronic animal model. *Ann Thorac Surg* 58:689 (1994).
- Crawford ES, Crawford JL, Safi HJ: Thoracoabdominal aortic aneurysms: Preoperative and intraoperative factors determining immediate and long-term results of operations in 605 patients. *J Vasc Surg* 3:389 (1986).
- Svenson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ: Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg* 17:357 (1993).
- Laschinger JC, Izumoto H, Kouchoukos NT: Evolving concepts in prevention of spinal cord injury during operations on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Ann Thorac Surg* 44:667 (1987).
- Safi HJ, Bartoli S, Hess KR, et al: Neurologic deficit in patients at high risk with thoracoabdominal aortic aneurysms: the role of cerebral spinal fluid drainage and distal aortic perfusion. *J Vasc Surg* 20:434 (1994).
- Granke K, Hollier LH, Zdrahal P, Moore W: Longitudinal study of cerebral spinal fluid drainage in polyethylene glycol-conjugated superoxide dismutase in paraplegia associated with thoracic aortic cross-clamping. *J Vasc Surg* 13:615 (1991).
- De Mol B, Hamerlijck R, Janssen T, Jageneau A: Infra-renal aortic occlusion in the rabbit to assess the effect of flunarizine in the prevention of ischemic spinal cord injury. *Thorac Cardiovasc Surg* 39:36 (1991).
- Laschinger JC, Cunningham JN Jr, Cooper MM, Krieger K, Nathan IM, Spencer FC: Prevention of ischemic spinal cord injury following aortic cross-clamping. Use of corticosteroids. *Ann Thorac Surg* 38:500 (1984).
- Waduoh F, Arndt CF, Oppermann E, et al: The mechanism of spinal cord injury after simple and double aortic cross-clamping. *J Thorac Cardiovasc Surg* 92:121 (1986).
- Ueno T, Furukawa K, Katayama Y, Suda H, Itoh T: Spinal cord protection: Development of a paraplegia-preventive solution. *Ann Thorac Surg* 58:116 (1994).
- Davison JK, Cambria RP, Vierra DJ, Columbia MA, Kontas G: Epidural cooling for regional spinal cord hypothermia during thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg* 20:304 (1994).
- Brewer LA, Forsbrug RG, Mulder GA, Verska JJ: Spinal cord complications following surgery for coarctation of the aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 64:368 (1972).
- Crawford FA, Sade RM: Spinal cord injury associated with hyperthermia during aortic coarctation repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 87:616 (1984).
- Amitay M, Welch RW, Byrne PJ, Robertson MA, Penkoske PA: Neonatal spinal cord syndrome associated with hypoplastic aortic arch and anemia. *Ann Thorac Surg* 56:568 (1993).
- Krieger KH, Spencer FC: Is paraplegia after repair of coarctation of the aorta due principally to distal hypotension during aortic cross-clamping. *Surgery* 97:2 (1985).
- Svensson LG, Hess KR, D'Agostino RS, et al: Reduction of neurologic injury after high-risk thoracoabdominal aortic surgery. *Ann Thorac Surg* 66:132 (1998).
- Rosenthal D: Spinal cord ischemia after abdominal aortic operation: Is it preventable? *J Vasc Surg* 30:391 (1999).
- Szilágyi DE, Hageman JH, Smith RF, Elliott JP: Spinal cord damage in surgery of the abdominal aorta. *Surgery* 83:38 (1978).
- Kieffer E, Richard T, Chiras J, Godet G, Cormier E: Preoperative spinal cord arteriography in aneurysmal disease of the descending thoracic and thoracoabdominal aorta: preliminary results in 45 patients. *Ann Vasc Surg* 3:34 (1989).
- Stavridis GT, O'Riordan JB: Paraplegia as a result of intra-aortic balloon counterpulsation. *J Cardiovasc Surg* 36:177 (1995).
- Tyras DH, Willman VL: Paraplegia following intraaortic balloon assistance. *Ann Thorac Surg* 1978, 25:164 (1978).
- Thomas NJ, Harvey AT: Paraplegia after coronary bypass operations. Relationship to severe hypertension and vascular disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 117:834 (1999).
- Tansel Elmacı T, Onursal E, Özcan M, Demirel Ş: Ischemic spinal cord injury after aortocoronary bypass operation: a case report. *J Cardiovasc Surg* 41: (Baskıda) (2000).