

Kalp nakli alıcılarında allogreft vaskülopatinin bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi ile değerlendirilmesi

Evaluation of allograft vasculopathy by computed tomography coronary angiography in cardiac transplant recipients

Aslıhan Küçüker,¹ Kemal Arda,² Mehmet Ali Özatik,³ Şeref Alp Küçüker,⁴ Erol Şener¹

¹Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Ankara, Türkiye

²Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Kliniği, Ankara, Türkiye

³Acıbadem Üniversitesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Eskişehir, Türkiye

⁴Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Ankara, Türkiye

Amaç: Bu çalışmada kalp nakli yapılmış hastalarda bilgisayarlı tomografi (BT) koroner anjiyografinin allogreft vaskülopati tanısındaki etkinliği araştırıldı.

Çalışma planı: Kalp nakli sonrası iki yılını doldurmuş ve son üç ay içerisinde kontrol koroner anjiyografisi yapılmış 10 hasta (9 erkek, 1 kadın; ort. yaş 41±9.2 yıl; dağılım 17-59 yıl) çalışmaya alındı. Bu hastalara BT koroner anjiyografi yapıldı. Tüm hastaların standart anjiyografileri aynı araştırmacı tarafından değerlendirildi. Ardından BT koroner anjiyogramlar, bu değerlendirmelerden habersiz ikinci bir araştırmacı tarafından değerlendirildi. Her iki değerlendirme sonucu, üçüncü bir araştırmacı tarafından karşılaştırıldı.

Bulgular: Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografide sekiz hastada önemli bir patoloji gözlenmezken, iki hastada sol ön inen koroner arterde yaklaşık %50'lik darlık saptadı. Standart koroner anjiyografide de aynı hastalarda aynı yerleşimde ve benzer oranda sol ön inen koroner arter lezyonları saptandı. Tüm hastalarda standart koroner anjiyografi ve BT koroner anjiyografi sonuçları birbiriyle uyumluydu.

Sonuç: Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi daha az invaziv olup, hasta için daha az risk taşımaktadır. Uygulama kolaylığı ve etkin maliyet gibi bazı avantajlara da sahiptir. Hastaneye yatış gerektirmez. Kalp nakli alıcılarında koroner allogreft vaskülopatinin rutin takibinde BT koroner anjiyografi, standart koroner anjiyografiye alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar sözcükler: Allogreft vaskülopati; kalp nakli; bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi.

Background: This study aims to investigate the efficacy of computed tomography (CT) coronary angiography for the diagnosis of allograft vasculopathy.

Methods: Ten patients (9 males, 1 female; mean age 41±9.2 years; range 17 to 59 years) with a two-year follow-up after cardiac transplant who underwent control coronary angiography within the past three months were enrolled in this study. Computed tomography coronary angiography was performed on these patients. Standard angiographies of all patients were assessed by the same investigator. The BT coronary angiograms were assessed by another investigator who was blind to the previous assessment. Both assessment reports were compared by a third investigator.

Results: Eight patients had no major pathological findings with CT coronary angiography, whereas two patients had approximately 50% stenosis on the left anterior descending artery. Standard coronary angiography showed similar left anterior descending artery lesions at the same location in the same patients. The results of the standard coronary angiographies and the CT coronary angiographies were consistent for all patients.

Conclusion: Computed tomography angiography is less invasive and has lower risk for the patient. It has also some advantages including easy-to-use and cost-efficacy. Hospitalization is not required. Computed tomography coronary angiography may be an alternative to standard coronary angiography for the routine follow-up of allograft vasculopathy in cardiac transplant recipients.

Key words: Allograft vasculopathy; cardiac transplantation; computed tomography coronary angiography.



Günümüzde son dönem kalp yetmezliğinin tedavisinde medikal ve konvansiyonel cerrahi tedavi yaklaşımlarının başarısız olduğu durumlarda uygulanan en etkin tedavi yöntemi kalp naklidir. Nakil yapılan hastalarda, greft ve dolayısıyla hasta ömrünü sınırlayan en önemli faktör koroner allogreft vaskülopatidir. Koroner allogreft vaskülopatinin tespit edilmesi ve izlemi kalp nakli alıcıları için hayati öneme sahiptir. Bu patolojinin tanı ve tedavisi için farklı protokoller önerilmiştir. Hastalığın yaygın doğası ve klasik anjinal semptomların olmaması nedeniyle allogreft vaskülopatinin tanısı kolay değildir. Tanı için invaziv yöntemler tercih edilmektedir. Konvansiyonel noninvaziv testlerin tanıdaki faydası henüz çok tatmin edici değildir. Bu da koroner allogreft vaskülopati tanısını bir sorun haline getirmektedir. Birçok nakil merkezinde allogreft vaskülopatinin tanısı amacıyla rutin yıllık koroner anjiyografi yapılmaktadır. Tanıda altın standart konvansiyonel koroner anjiyografidir. Ancak daha az invaziv tanı yöntemlerinin kullanılması hasta konforu ve uygulama kolaylığı açısından önem taşımaktadır. Bilgisayarlı tomografi (BT) koroner anjiyografi bu hastalarda bir alternatif olabilir. Literatürde BT koroner anjiyografinin, koroner arter hastalığı tanısında konvansiyonel anjiyografiye yakın, hatta eşit sonuçlar verdiği bildirilmiştir.^[1-5] Biz de nakil hastalarında koroner allogreft vaskülopatinin tespiti ve takibi için BT koroner anjiyografinin güvenilirliğini klasik koroner anjiyografi ile karşılaştırarak araştırdık.

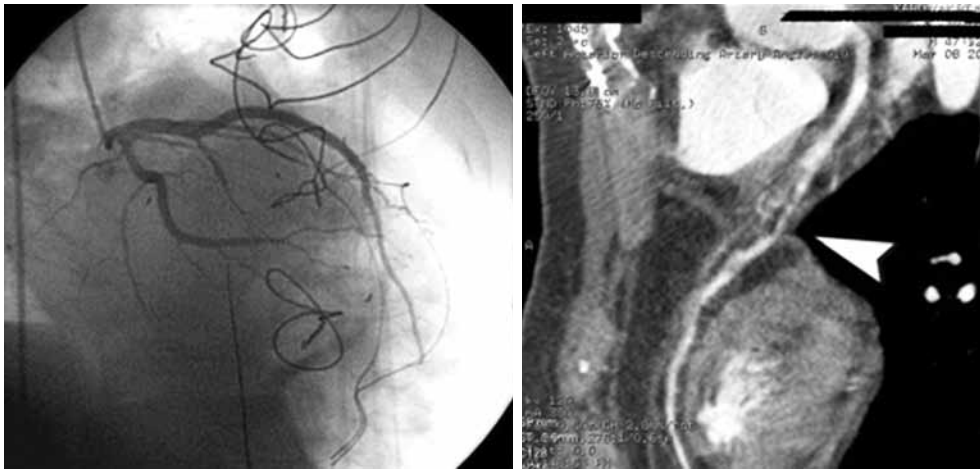
HASTALAR VE YÖNTEMLER

Ortotopik kalp nakli yapılmış, nakil sonrası iki yılını dolduran ve son üç ay içinde yıllık koroner anjiyografi kontrolü yapılan 10 hasta (9 erkek, 1 kadın; ort. yaş 41 ± 9.2 yıl; dağılım 17-59 yıl) çalışmaya dahil edildi. Çalışma için etik kurul onayı ve çalışmaya katılan tüm

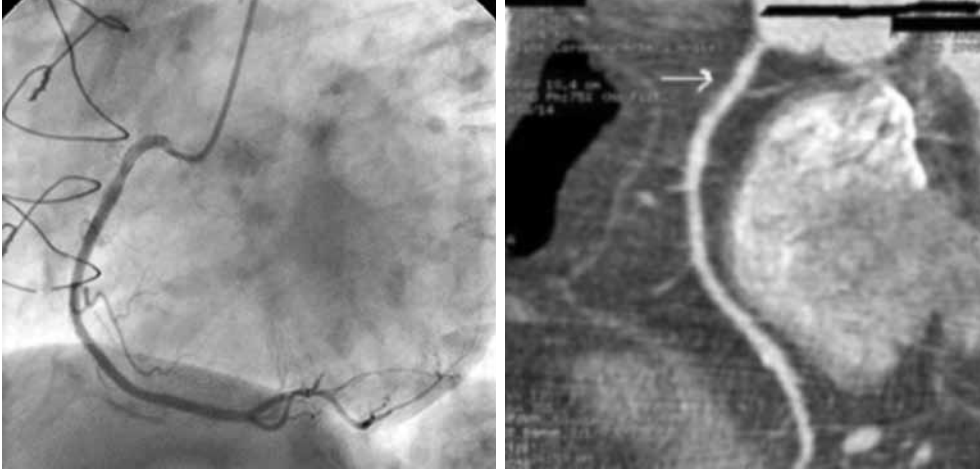
hastaların bilgilendirilmiş onamları alındı. Takip süresi iki yılı geçen kalp alıcılarına kliniğimizde rutin yıllık konvansiyonel koroner anjiyografi yapılmaktadır. Bu on hastanın tamamına BT koroner anjiyografi yapıldı. Altı hasta kalp nakli öncesi dilate, dört hasta ise iskemik kardiyomyopati tanısı almıştı. İki hastada diabetes mellitus öyküsü vardı. Dört hastada hipertansiyon, altı hastada hiperlipidemi vardı. Dört hasta kalp nakli öncesi majör kalp cerrahisi girişimi geçirmişti. Nakil sonrası dört hasta bir kez, iki hasta iki kez akut rejeksiyon atağı (International Society of Heart and Lung Transplantation; ISHLT evrelemesine göre endomiyo-kardiyal biyopside evre 2 ve üstü bulgu) geçirmişti.

Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi 16 kesitli multidedektör BT (General Electric LS16, ABD) cihazı ile uygulandı. Hastaların, antekübital periferik venlerine 18 gauge branül yerleştirilerek 2.5-3 ml/sn sabit hız sağlayacak bir pompa aracılığıyla kontrast madde (120 ml, noniyonik) verildi. Sekiz hastaya girişim esnasında intravenöz β -bloker uygulanarak hastaların kalp hızının 70/dk'nın altında olması sağlandı. İşlem sırasında hastalara nefeslerini tutmaları söylendi ve kesitler alındı. İşlem ortalama 40 saniyede tamamlandı. Kullandığımız BT cihazının kesit kalınlığı 0.625 mm, rotasyon zamanı 500 ms idi. Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi sonrası hiçbir hastada komplikasyon gelişmedi ve hastalar bu işlem için hastaneye yatırılmadı.

Konvansiyonel koroner anjiyografi, modifiye Judkins tekniği ve 6F kateterler kullanılarak, femoral girişim yolu ile yapıldı. İşlem sonrası hastalar bir gece hastanede yatırıldı. Bilgisayarlı tomografi anjiyografide alınan kesitler bu çalışmaya katılan deneyimli bir radyolog tarafından incelendi. Sol ana koroner, sol ön inen, sol sirkumfleks ve sağ koroner arterler tüm trasesleri boyunca lümenal daralma yapan kalsifikasyon ve



Şekil 1. Konvansiyonel koroner anjiyografide sol ön inen arter distalde %50 difüz daralma ve bilgisayarlı tomografi anjiyografide sol ön inen arterde uzun segment fibröz plak görüntüsü.



Şekil 2. Konvansiyonel koroner anjiyografide ve bilgisayarlı tomografide sağ koroner proksimalde anlamlı darlığa yol açmayan intimal hiperplazi.

plak oluşumu açısından değerlendirildi. Konvansiyonel koroner anjiyografiler, BT anjiyografileri izlemeyen başka bir araştırmacı tarafından incelendi ve raporlandı. Üçüncü bir araştırmacı her iki raporu, her hasta için tek tek karşılaştırıldı.

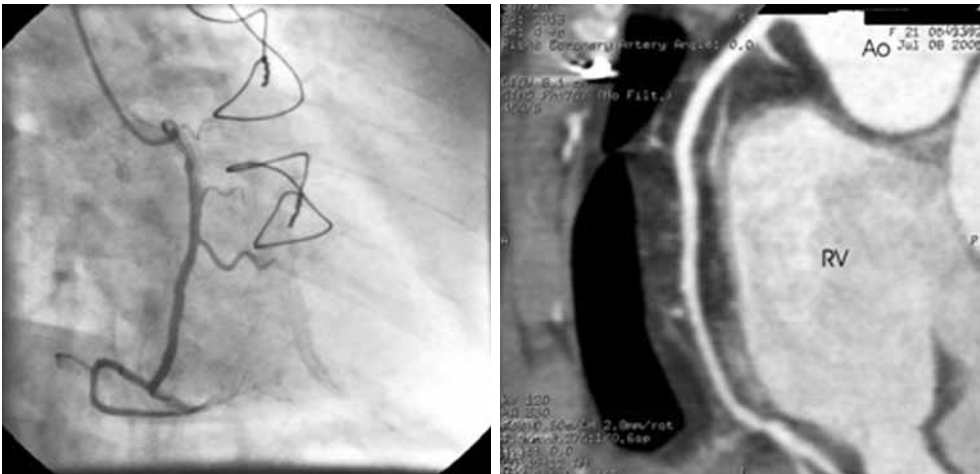
BULGULAR

On hastanın sekizinde, her iki inceleme yönteminde de kritik lezyon (%50'nin üzerinde darlık) saptanmadı. İki hastada LAD'de %50 civarındaki lezyonlar her iki teknikte aynı yerleşim yerinde görüntülendi ve rapor edildi (Şekil 1). Bir hastada sirkumfleks koroner arterde subkritik (%30-40) lezyon gözlemlendi. Bu lezyon her iki anjiyografik incelemede de benzer şekilde izlendi. Ancak koroner damarlardaki darlık yüzdeleri her iki yöntemde de subjektif değerlendirmeye dayandığı için bildirilen yüzdelerde önemsiz farklar vardı. İki hastanın BT koroner anjiyografisinde ise darlık oluşturmayan

ve koroner anjiyografide görülmeyen, damar duvarı düzensizliği oluşturan intimal hiperplazi gözlemlendi (Şekil 2). Beş hastada her iki teknikle bütün koroner arterler normal olarak gözlemlendi (Şekil 3). Hastaların bulguları Tablo 1'de verilmiştir.

TARTIŞMA

Son dönem konjestif kalp yetmezliğinin en etkili tedavisi kalp naklidir. Kalp nakli yapılan hastalarda uzun dönem yaşamı kısıtlayan en önemli patoloji kardiyak allogreft vaskülopatidir. Kardiyak allogreft vaskülopatisi, erken dönemde intimal proliferasyon ve geç dönemde epikardiyal dalların lümenal stenozu, küçük arterlerin oklüzyonu ve sonuçta miyokard enfarktüsü ile karakterize hızlı ilerleyen bir ateroskleroz tipidir.^[1] Kısaca, koroner arter hastalığının kalp nakli alıcılarında görülen hızlı bir formudur.^[2] Allogreft vaskülopatisi, naklin ilk yılından sonra en önemli ölüm nedeni olup



Şekil 3. Normal sağ koroner görüntüsü.

Tablo 1. Konvansiyonel ve bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi bulguları (n=10)

Olgu	LMCA		LAD		Cx		Sağ koroner	
	KAG	BTA	KAG	BTA	KAG	BTA	KAG	BTA
1	N	N	N	N	Başında %30 daralma yapan plak	Başında %30-40 daralma yapan plak	N	N
2	N	N	N	N	N	N	N	N
3	N	N	N	N	N	N	N	N
4	N	Çok kısa, erken dallanıyor	N	N	N	N	N	N
5	N	N	N	N	N	N	N	N
6	N	N	Distalde ~%50 daralma	Distalde %50-60 daralma	N	N	N	N
7	N	N	N	D1 altında darlık yapmayan plak	N	N	N	N
8	N	Çıkışta intimal hiperplazi, darlık yapmıyor	N	N	N	N	N	N
9	N	Kısa, intimal düzensizlik var	LAD distalde proksimale göre %50 varan difüz daralma	Orta kesimde %50, distalde %40 daralma	Distalde %30-40 difüz daralma	Orta kesimden itibaren %30 daralma	N	N
10	N	N	N	N	N	N	N	N

LMCA: Sol ana koroner arter; LAD: Sol ön inen arter; Cx: Sirkümler koroner arter; KAG: Konvansiyonel koroner anjiyografi; BTA: Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi; D: Diagonal arter; N: Normal

günümüzde tek kesin tedavi yöntemi tekrar nakildir.^[3,4] Hastalığın yaygın doğası ve semptomların olmaması nedeniyle tanısı kolay değildir. Tanı için invaziv yöntemler tercih edilmekle beraber noninvaziv testlerin tanısal etkinliği ilgi çeken bir araştırma konusudur. Bu amaçla kullanılan noninvaziv yöntemler transtorasik ekokardiyografi, multidedektör BT, Tek foton emisyon BT- miyokard perfüzyon görüntülemesi (SPECT-MPI) ve kardiyak manyetik rezonansı (MR) içermektedir. Çok kesitli BT, lümen ek olarak koroner duvarı da gösterebildiği için, ekokardiyografi, miyokard perfüzyon görüntülemesi ve MR'ye göre allogreft vaskülopatisini daha erken saptama potansiyeline sahiptir.^[5]

Kalp nakli yapılan hastaların bir yıllık yaşam oranı %80-90 arasında bildirilmiştir.^[6] Ancak uzun dönem yaşam oranları halen sıkıntılıdır. Beş ve on yıllık sağ kalım oranları sırasıyla %70 ve %50'dir.^[7] Uzun dönem yaşamın en önemli kısıtlayıcısı olan koroner allogreft vaskülopati, geç dönemde %20'den fazla hastada mortalitenin başlıca nedenidir.^[8] Allogreft vaskülopati gelişimini değerlendirmek için yıllık veya yılda iki kez koroner anjiyografi, Kalp ve Akciğer Transplantasyonu Derneği kılavuzunda sınıf 1 endikasyon (kanıt düzeyi C) olarak verilmiştir.^[9] Ancak, nakil sonrası koroner arter hastalığı, klasik aterosklerozdan farklı olarak, anjiyografik olarak da sessiz seyredildiği için, allogreft vaskülopatinin anjiyografik değerlendirilmesi güvenilir olmayabilir.^[10] Ayrıca yıllık anjiyografik değerlendirmenin rutinde uygulanması hasta ve hastane açısından

zorluk yaratabilen bir protokoldür. Daha masraflı, hastanede yatmayı gerektiren ve komplikasyon riski olan bir girişimdir. Kontrast ajanlara sekonder renal fonksiyon bozukluğu, enfeksiyon veya vasküler girişim bölgesinde lokal komplikasyonlar (pseudoanevrizma, hematoma) görülebilmektedir.

Normal nüfusta koroner arter hastalığının araştırılmasında BT anjiyografinin kullanılmasına yönelik birçok araştırma vardır. Koroner revaskülarizasyon gerekmeyen hastalarda BT koroner anjiyografinin invaziv anjiyografinin yerini almasını öneren yayınlar vardır.^[11] Atipik semptomları, nondiagnostik efor testi ve laboratuvar bulguları olan hastalarda veya etyolojisi bilinmeyen bir kardiyomiyopati araştırılırken BT anjiyografi ile koroner arterlerin değerlendirilmesi tercih edilebilir. Aterosklerotik kalp hastalığı tanısında güvenilir bilgiler sağlaması, bu yöntemin kardiyak allogreft vaskülopati tanısında da kullanılabileceğini kuvvetle düşündürmektedir.

Kalp alıcılarında BT anjiyografi ilk basamak tanı testi olarak kullanılabilir ve gerek görülen hastalarda konvansiyonel koroner anjiyografi yapılması mantıklı bir yaklaşım olabilir.^[12] Altmış dört kesitli BT koroner anjiyografinin etkinliğini araştırılan bir çalışmada, hastaların konvansiyonel koroner anjiyografi ve BT koroner anjiyografi sonuçları kalp cerrahları tarafından yorumlanmış ve 64 kesitli BT'nin önemli koroner arter darlığı için yüksek tanısal etkinliği olduğu sonucuna

varılmıştır (duyarlılığı %93, özgüllüğü %97, pozitif prediktif değeri %91 ve negatif prediktif değeri %98), BT anjiyografinin konvansiyonel koroner anjiyografiye tamamlayıcı bir görüntüleme yöntemi olarak kullanılması önerilmiştir.^[13] Yüksek özgüllüğü ve yüksek negatif prediktif değeri ile çok kesitli BT koroner anjiyografi, ciddi allogreft vaskülopatisini ekarte etmek için kullanılabilir böylece seçilmiş hasta grubunda koroner anjiyografi yapılır.^[14]

Koroner allogreft vaskülopati tanısında BT'nin etkinliğini koroner anjiyografi ile karşılaştıran bir çalışmada, BT koroner anjiyografinin duyarlılığı %83 ve özgüllüğü %95 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada nakil hastalarında koroner arter hastalığının araştırılması için BT kullanımı önerilmektedir.^[15] von Ziegler ve ark.^[16] bu yıl yayınlanan çalışmalarında 51 kalp nakli hastasında çift kaynaklı (dual source) BT anjiyografi ile konvansiyonel anjiyografiye karşılaştırmış ve bu yeni teknoloji ile invazif koroner anjiyografiye gerek kalmadan bu hastaların izlenebileceğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak kullandıkları BT teknolojisi henüz çok yaygın kullanımda olmayan oldukça pahalı bir teknolojidir. Ancak bulguları geleceğe ışık tutar niteliktedir.

Bilgisayarlı tomografi anjiyografinin kullanımında bazı zorluklar da vardır. En önemli dezavantajlarından biri, BT anjiyografinin düzenli ve yavaş bir kalp ritmi gerektirmesidir.^[17] Kalp nakli hastalarında taşikardi, farmakolojik ajanlarla kolaylıkla kırılmadığı için hastaların önemli bir kısmında kaliteli görüntü alınmayacağını öne sürülmüştür.^[18] Gerçekten de BT koroner anjiyografi sırasında ideal kalp hızı 65/dk'nın altında olmalıdır. Kalp nakli yapılan hastalarda kardiyak denerjasyon olduğu için kalp hızını beta blokerlerle bu seviyeye indirmek zor olabilir. Bizim çalışmamız sırasında da bir hasta üç kez tomografi odasına alınmış, ancak farmakolojik müdahaleye rağmen kalp hızı yavaşlatılmadığı için sonunda çalışmadan çıkartılmıştır. Bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin duyarlılığı, yorumlayan kişinin deneyimiyle de yakından ilgilidir ve bu durum da halen, bu incelemenin önemli bir dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine de yüksek negatif prediktif değere sahip olması BT anjiyografiye, kalp nakli alıcıları için bir ön inceleme rolü sağlamaktadır.^[18] Ayrıca kalpteki şekil değişikliklerini (ventriküler dilatasyon, duvar kalınlıkları gibi) açıkça gösterebildiği de vurgulanarak kalp nakli alıcıları için ideal noninvaziv takip yöntemi olabileceği belirtilmiştir.^[19]

Damar duvar yapısını ortaya koyan intravasküler ultrason (IVUS)'un nakil hastalarını takipte oldukça duyarlı bir yöntem olduğu yayınlarda belirtilmiştir. Ancak çok invaziv bir yöntem olması ve pahalı problemlere gereksinim duyması IVUS'un dezavantaj-

larıdır. Kalp nakli alıcılarında koroner arterlerin değerlendirilmesinde BT ve intravasküler ultrasonu karşılaştıran bir çalışmada, BT'nin koroner allogreft vaskülopatisini saptamada iyi görüntü kalitesi sağladığı ve yüksek tanılabilirliği olduğu sonucuna varılmıştır.^[20]

Koroner allogreft vaskülopati saptandıktan sonra tedavi seçenekleri sınırlıdır. Statinlerle agresif lipid düşürülmesi ve son yıllarda klinik kullanıma giren mTOR inhibitörleri de (everolimus, sirolimus) ilerlemiş vaskülopatiyi geri çevirememektedir. Ancak antiproliferatif özellikleri olan mTOR inhibitörlerinin nakil hastalarının tedavisi protokollerine eklenmesi ile allogreft vaskülopatinin oluşumunun azaldığı bildirilmiştir.^[11,10] Son yıllarda bu konuda literatürde çok sayıda yeni yayına rastlanmaktadır. Bu yayınların çoğunda oldukça invaziv bir yöntem olan IVUS tercih edildiği için çalışmaya alınan hasta sayıları oldukça sınırlıdır. Eğer BT koroner anjiyografinin intimal hiperplaziyi göstermedeki etkinliği ispatlanabilirse bu çalışmalar daha çok hasta ile yapılabilir ve nakil vaskülopatinin tedavisinde birçok yeni farmakolojik ajan denenebilir. Böylece koroner allogreft vaskülopatiyi BT anjiyografi ile erken tanı koyma ve uygun medikasyonla vaskülopatiyi durdurma ve belki de geriletme şansımız olabilir.

Bu çalışmada olgu sayısı kısıtlıdır. Yine darlık yüzdeleri bir skalayla değil araştırmacıların subjektif kararına göre raporlandı. Patolojik olgu sayısı yalnızca iki olduğu için istatistiksel bir çalışma yürütülmedi. Şu anda hastanemizdeki tomografi cihazı 64 kesitlidir. Çalışma sırasında hastanemizde mevcut olan cihaz 16 kesitli olduğundan çalışma bu cihazla yürütüldü. Bu kısıtlılıklarına rağmen araştırmamız, bu konuda ülkemizde yapılan öncü bir çalışmadır. Bilgisayarlı tomografi teknolojisindeki son gelişmeler göz önüne alındığında kalp nakli yapılan hastalarda allogreft vaskülopatiyi değerlendirirken öncelikle BT anjiyografi ile koroner inceleme yapılması, eğer şüphe varsa veya yeterli görüntü sağlanamaz ise konvansiyonel koroner anjiyografi uygulanması mantıklı bir yaklaşım gibi görünmektedir.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Valantine H. Cardiac allograft vasculopathy after heart transplantation: risk factors and management. *J Heart Lung Transplant* 2004;23:S187-93.
2. Ramzy D, Rao V, Brahm J, Miriuka S, Delgado D, Ross HJ. Cardiac allograft vasculopathy: a review. *Can J Surg* 2005;48:319-27.
3. Hosenpud JD, Shipley GD, Wagner CR. Cardiac allograft vasculopathy: current concepts, recent developments, and future directions. *J Heart Lung Transplant* 1992;11:9-23.
4. Hunt SA. Current status of cardiac transplantation. *JAMA* 1998;280:1692-8.
5. Estep JD, Shah DJ, Nagueh SF, Mahmorian JJ, Torre-Amione G, Zoghbi WA. The role of multimodality cardiac imaging in the transplanted heart. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2:1126-40. doi: 10.1016/j.jcmg.2009.06.006.
6. Bourge RC, Naftel DC, Costanzo-Nordin MR, Kirklin JK, Young JB, Kubo SH, et al. Pretransplantation risk factors for death after heart transplantation: a multiinstitutional study. The Transplant Cardiologists Research Database Group. *J Heart Lung Transplant* 1993;12:549-62.
7. Taylor DO, Edwards LB, Boucek MM, Trulock EP, Aurora P, Christie J, et al. Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: twenty-fourth official adult heart transplant report--2007. *J Heart Lung Transplant* 2007;26:769-81.
8. Hosenpud JD, Bennett LE, Keck BM, Fiol B, Boucek MM, Novick RJ. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: sixteenth official report--1999. *J Heart Lung Transplant* 1999;18:611-26.
9. Costanzo MR, Dipchand A, Starling R, Anderson A, Chan M, Desai S, et al. The International Society of Heart and Lung Transplantation Guidelines for the care of heart transplant recipients. *J Heart Lung Transplant* 2010;29:914-56. doi: 10.1016/j.healun.2010.05.034.
10. Mehra MR, Benza R, Deng MC, Russell S, Webber S. Surrogate markers for late cardiac allograft survival. *Am J Transplant* 2004;4:1184-91.
11. Achenbach S, Daniel WG. Computed tomography of the coronary arteries: more than meets the (angiographic) eye. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:155-7.
12. Gerber TC, Breen JF, Kuzo RS, Kantor B, Williamson EE, Safford RE, et al. Computed tomographic angiography of the coronary arteries: techniques and applications. *Semin Ultrasound CT MR* 2006;27:42-55.
13. Plass A, Grünenfelder J, Leschka S, Alkadhi H, Eberli FR, Wildermuth S, et al. Coronary artery imaging with 64-slice computed tomography from cardiac surgical perspective. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;30:109-16.
14. Pichler P, Loewe C, Roedler S, Syeda B, Stadler A, Aliabadi A, et al. Detection of high-grade stenoses with multislice computed tomography in heart transplant patients. *J Heart Lung Transplant* 2008;27:310-6. doi: 10.1016/j.healun.2007.11.577.
15. Romeo G, Houyel L, Angel CY, Brenot P, Riou JY, Paul JF. Coronary stenosis detection by 16-slice computed tomography in heart transplant patients: comparison with conventional angiography and impact on clinical management. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:1826-31.
16. von Ziegler F, Rümmler J, Kaczmarek I, Greif M, Schenzle J, Helbig S, et al. Detection of significant coronary artery stenosis with cardiac dual-source computed tomography angiography in heart transplant recipients. *Transpl Int* 2012;25:1065-71. doi: 10.1111/j.1432-2277.2012.01536.x.
17. Stein PD, Beemath A, Kayali F, Skaf E, Sanchez J, Olson RE. Multidetector computed tomography for the diagnosis of coronary artery disease: a systematic review. *Am J Med* 2006;119:203-16.
18. Ferencik M, Brady TJ, Hoffmann U. Computed tomography imaging of cardiac allograft vasculopathy. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2012;6:223-31. doi: 10.1016/j.jct.2011.11.007.
19. Shaoyin D, Yongmei Y, Tong S, Guoxiang C, Chongxian L. Follow-up examination of 12 heart transplant recipients with cardiac CT. *Clin Imaging* 2012;36:732-8. doi: 10.1016/j.clinimag.2012.02.004. Epub 2012.
20. Schepis T, Achenbach S, Weyand M, Raum P, Marwan M, Pflederer T, et al. Comparison of dual source computed tomography versus intravascular ultrasound for evaluation of coronary arteries at least one year after cardiac transplantation. *Am J Cardiol* 2009;104:1351-6. doi: 10.1016/j.amjcard.2009.06.060.