

Karotis ve vertebral arterlerin Doppler ultrasonografi ile görüntülenmesi

Doppler ultrasound imaging of the carotid and vertebral arteries

Dr. Selen Yurdakul, Dr. Saide Aytekin[#]

Şişli Florence Nightingale Hastanesi Kardiyoloji Bölümü; [#]İstanbul Bilim Üniversitesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Özet – Karotis arter hastalığının sıklığı yaş ve kardiyovasküler risk faktörlerine bağlı olarak artmaktadır. Belirgin karotis arter darlığı, inme ve diğer serebrovasküler olayların gelişimi ile yakından ilişkilidir. Doppler ultrasonografi, karotis ve vertebral arterlerin incelenmesinde kullanılan güvenilir, invaziv olmayan bir görüntüleme yöntemidir. Karotis arter sisteminin doğru bir şekilde değerlendirilmesi yeterli teknik bilgi ve deneyimi gerektirmektedir. Bu derlemede, karotis arter sisteminin Doppler ultrasonografi ile doğru bir şekilde nasıl değerlendirilmesi gerektiği hakkında bilgi verilmesi amaçlandı.

Summary – The prevalence of carotid artery diseases increases with age and exposure to cardiovascular risk factors. Significant carotid artery stenosis is closely associated with the development of stroke and cerebrovascular events. Doppler ultrasound imaging is a noninvasive and useful modality for the examination of carotid and vertebral arteries. However, proper investigation of the carotid artery system requires sufficient technical knowledge and experience. This review gives information about the techniques of appropriate examination of the carotid artery system.

Karotis arter hastalığının sıklığı ve serebrovasküler olaylar ile ilişkisi

Karotis arter hastalığına bağlı serebrovasküler olay, gelişmiş ülkelerde kalp hastalıkları ve kanserden sonra gelen en sık ölüm nedenidir.^[1] Framingham Kalp Çalışması'ndan elde edilen sonuçlar, %50 ve üzerinde karotis arter darlığı görülme sıklığının 66-93 yaşlar arasındaki kadınlarda %7, aynı yaş aralığındaki erkeklerde ise %9 olduğunu göstermektedir.^[2]

Karotis arter hastalığının sıklığı, ileri yaş ve kardiyovasküler risk faktörlerinin varlığı ile artmaktadır. Karotis arter darlığına bağlı gelişen yıllık iskemik SVO riski, darlığın ciddiyetine, plağın büyüklüğüne, morfolojisine ve semptomların bulunmasına bağlıdır; bunların yanında, karşı taraf karotis arterlerde darlık varlığı, kolateral damarların durumu, aterosklerotik risk faktörlerinin varlığı, eski iskemik SVO öyküsü ve geçici iskemik atak geçirmiş olmak bu riski artıran diğer faktörlerdir. NASCET çalışmasının (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) verilerine göre, birinci yılda iskemik SVO ge-

çirme riski %70-79 karotis arter darlığında %11 iken, %90 ve üzerinde darlık olduğunda bu risk %35'e varmaktadır.^[3,4] 2011 yılında yayımlanan kılavuzda, karotis arter Doppler ultrasonografinin önerildiği durumlar belirlenmiştir (Tablo 1, 2).^[5,6]

Kısaltmalar:

AKA	Ana karotis arter
EDV	Diastolik akım hızı
EKA	Eksternal karotis arter
İKA	İnternal karotis arter
İMK	İntima-media kalınlığı
PSV	Zirve sistolik akım hızı
SVO	Serebrovasküler olay
USG	Ultrasonografi

Karotis arter sisteminin anatomisi

Brakiyosefalik arterin, aortik arkus ile olan ilişkisine göre değişik anatomik varyasyonlar söz konusudur. Tip I, brakiyosefalik arter, sol ana karotis arter ve sol subklavyen arterin aortik arkustan ayrı ayrı çıktığı durumdur. Tip II'de, brakiyosefalik arter ve sol AKA aortik arkus üzerinde ortak bir bölgeden çıkarlar. Tip III'te, sol AKA brakiyosefalik gövdeden çıkmaktadır. Tip IV'de ise, her iki subklavyen arter ve her iki AKA, aortik arkus üzerinde bulunan tek bir brakiyosefalik gövdeden çıkarlar. Brakiyosefalik arterin en üst kısmı Doppler USG ile değerlendirilebilir.

Geliş tarihi: 14.03.2011 Kabul tarihi: 23.08.2011

Yazışma adresi: Dr. Saide Aytekin. İstanbul Bilim Üniversitesi, Florence Nightingale Hastanesi Kardiyoloji Kliniği, Abide-i Hürriyet Cad., No: 290, Çağlayan, 34381 Şişli, İstanbul. Tel: 0212 - 224 49 50 e-posta: saytekin@gmail.com

Tablo 1. Karotis arter hastalığı olduğu bilinen veya şüphesi olan asemptomatik kişilerde karotis arter Doppler ultrasonografisi yapılması için öneriler^[5]

Endikasyon	Sınıf	Kanıt düzeyi
Karotis arter hastalığı olduğu bilinen veya şüphesi olan asemptomatik kişilerde, ilk tanı testi olarak, deneyimli kişiler tarafından ve bu konuda sertifikası olan merkezlerde yapılması önerilir.	I	C
Fizik muayenede karotis arterlerde üfürüm duyulan, asemptomatik kişilerde yapılması önerilir.	IIA	C
Daha önceden karotis arter Doppler ultrasonografi ile belirlenmiş, %50 ve üzerinde darlığı olan kişilerde, karotis arter hastalığının prognozunu ve tedaviye yanıtı belirlemek amacıyla, deneyimli kişiler tarafından ve sertifikalı merkezlerde yılda bir kez tekrarlanması önerilir. Belirli bir zaman sonra, hastalığın stabilitesinin sağlanması üzerine, daha uzun aralıklar ile işlemin tekrarlanması önerilmektedir.	IIA	C
Semptomatik periferik arter hastalığı, koroner arter hastalığı veya aort anevrizması olan asemptomatik kişilerde yapılması düşünülebilir.	IIB	C
Koroner arter hastalığının klinik belirteci bulunmayan, fakat aşağıda belirtilen risk faktörlerinden en az iki tanesini taşıyan asemptomatik kişilerde yapılması düşünülebilir. Bu risk faktörleri, hipertansiyon, hiperlipidemi, sigara içiyor olmak, birinci derece akrabalarında 60 yaşından önce koroner arter hastalığı tanısının bulunması ve ailede iskemik serebrovasküler olay bulunmasıdır.	IIB	C
Klinik olarak ateroskleroz göstergesi veya kardiyovasküler risk faktörü olmayan, asemptomatik kişilerde rutin olarak yapılması önerilmez.	III	C
Serebral iskemiyeye bağlı olmadığı düşünülen nörolojik ve psikiyatrik bozukluklarda (beyin tümörleri, ailesel veya dejeneratif serebral veya motor nöron bozuklukları, enfeksiyöz veya enflamatuvar bozukluklar, epilepsi) rutin olarak yapılması önerilmez.	III	C
Aterosklerotik karotis arter hastalığına yol açabilecek herhangi bir risk faktörü taşımayan kişilerde rutin olarak yapılması önerilmez.	III	C

Ana karotis arter, boyunda platizma kasının ve sternokleidomastoid kasın derininde seyredir. Juguler venin proksimalinde ve oldukça yakınındadır. Ana karotis arterin boyu 6-8 mm'dir. Boynun 2/3 orta ve distal bölümlerinin birleşme noktasında, tiroit kıkırdığının hizasında, bulbus denilen, arterin genişlediği bir bölüm vardır. Bulbustan itibaren AKA, internal karotis arter ve eksternal karotis arter dallarına ayrılır.

İnternal karotis arter, arka ve dış yanda bulunurken, EKA daha önde ve iç yandadır; nadir olarak bu yerleşim ters olabilir. İnternal karotis arter %35 oranında ve genellikle yaşlılarda kıvrımlı bir şekilde seyretmektedir. İnternal karotis arter boyunda herhangi bir dal vermez iken, EKA'nın birçok dalı vardır. Bu dallar, çıkan farengeal, superior tiroit, lingual, eksternal maksiller, oksipital, fasiyal, post-aeroküler, inter-

nal maksiller, transvers fasiyal ve süperfasiyal temporal arterlerdir. Eksternal karotis arterin normal şartlarda beynin kanlanmasına bir katkısı olmamasına karşın, İKA veya vertebral arterlerde tıkanma durumunda, EKA'nın yan dalları önem kazanır.

Doppler ultrasonografi

Doppler USG, vasküler yapıları ses dalgaları ile inceleme yöntemidir. Karotis ve vertebral arterler hakkında hemodinamik bilgi sağlar. Duyarlılığı %92.6, özgüllüğü %97 olmasına karşın, anjiyografi altın standart olarak kabul edilmektedir.

Doppler USG ile karotis arterlerin görüntülenmesine boynun en alt bölgesinden, klavikulanın hemen üzerinden başlanır, karotis çatallanmasının 4-6 cm

Tablo 2. Karotis arter hastalığı bulguları veya semptomları olan kişilerde karotis arter Doppler ultrasonografisi yapılması için öneriler^[6]

Endikasyon	Sınıf	Kanıt düzeyi
İskemik kaynaklı olduğu düşünülen geçici retinal veya hemisferik nörolojik atak ile başvuran hastaların ilk değerlendirmesinde yapılmalıdır.	I	C
Sağ veya sol internal karotis arterin beslediği serebral alanları ilgilendiren fokal nörolojik semptomları olan kişilerde yapılmalıdır.	I	C

Tablo 3. Eksternal ve internal karotis arterlerin özellikleri

Özellik	Eksternal	İnternal
Boyutu	Küçük	Büyük
Dallar	Var	Yok
Yerleşim	Önde	Arkada
Doppler akım özelliği	Yüksek dirençli	Düşük dirençli

üzerindeki bölgeye kadar devam edilir. Boyun, görüntülenmekte olan tarafın karşıt yönüne doğru 45 derece kadar döndürülmelidir. Transdüser, sternokleidomastoid kasın ön tarafına veya arka ve dış yan tarafına yerleştirilir. Transdüserin yönü ile damar duvarının yönü birbirlerine paralel olmalıdır. Longitudinal ve transvers planda inceleme yapılabilir. Longitudinal incelemenin sağlıklı yapılabilmesi için birtakım prensiplere uyulmalıdır. Öncelikle karotis arter çatallanması görüntülenmelidir; bu görüntü transdüserin posterolateralde veya anterolateralde olduğu iki pozisyonda da elde edilebilir. Ardından AKA akımı görüntülenmelidir. Transdüser özellikle posterolateral konumda iken, nadir olarak AKA, İKA ve EKA aynı anda görülebilir. Çoğunlukla, transdüseri iç yana ve dış yana doğru yönelterek İKA ve EKA ayrı ayrı görüntülenebilir (Tablo 3). Daha sonra, AKA, İKA ve EKA'daki darlıklar, plak özellikleri, intimal yüzeyleri ve akım özellikleri görüntülenmelidir. Posterolateral incelemeden sonra, karotis çatallanma bölgesini daha net görüntülemek amacıyla anterolateral pozisyonda son kez görüntü tekrarlanmalıdır. Uzak posterolateral longitudinal inceleme, transdüserin sternokleidomastoid kasın arka tarafına yerleştirilerek görüntüleme tekniğidir; bu incelemede İKA oldukça net görüntülenmektedir (Şekil 1). Transdüser transvers planda tutularak da görüntü alınabilir. Bu plan, daha çok anatomisi karmaşık karotis arterler varlığında, İKA ve EKA'yı

**Şekil 1.** Karotis arter Doppler ultrasonografi incelemesini gösteren örnek resim.

ayırt etmek için kullanılır; ayrıca, plak kalınlığının kesin olarak belirlenmesi ve lümendeki daralmanın derecesine net olarak karar verilmesi bu yöntemle olmaktadır. Tranvers planda görüntüleme için boyun posterolateral pozisyona getirilmelidir. Transdüser transvers konumda iken klavikulanın hemen üzerinden başlanarak boynun yukarı bölümüne doğru çıkılmalıdır; önce AKA, hemen üstünde İKA ve EKA ayrı ayrı görüntülenebilir. Transvers incelemenin de tamamlanması ile karotis arterlerin Doppler USG ile görüntülenmesi sona ermiştir.

Karotis arterlerin gri skalada incelenmesi (B-mod inceleme)

Karotis arterlerin öncelikle gri skalada incelenmesi tamamlanmalıdır. Bu incelemede intima-media kalınlığı, karotis arter sistemindeki plaklar ve darlıklar değerlendirilmektedir.

İntima-media kalınlığı

Karotis arter duvarında intima ve adventisya tabakalarından oluşan iki katman görülmektedir. Bu iki katman arasındaki hipoekoik bölge media tabakasını temsil etmektedir. Karotis İMK'nin B-mod USG ile ölçümü, kardiyovasküler risk belirlemede kullanılan, hassas ve invaziv olmayan bir yöntemdir. 2000 yılındaki AHA konferansında (American Heart Association Prevention Conference V) kardiyovasküler riski belirlemek amacıyla yapılacak karotis İMK ölçümünün bu konuda deneyimli kişiler tarafından yapılması gerektiği bildirilmiştir.^[7] Artmış İMK, yaş, diabetes mellitus, hiperkolesterolemi, sigara gibi birçok kardiyovasküler risk faktörü ile ilişkilidir. Ayrıca, angina pectoris, miyokart enfarktüsü, aort anevrizması ve periferik arter hastalığı ile de anlamlı ilişkisi vardır.^[8] ARIC çalışmasında (Atherosclerosis Risk In Communities Study), 45-65 yaş arasındaki kişilerde, yaş, ırk, diyabet, hiperkolesterolemi, hipertansiyon ve sigara gibi risk faktörleri dışlandıktan sonra dahi, akut miyokart enfarktüsü geçirme riski ile karotis İMK arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır.^[9] Lorenz ve ark.nın^[10] yapmış oldukları meta-analizde, İMK'deki her 0.1 mm'lik artış ile miyokart enfarktüsü geçirme riski %10'dan %15'e, iskemik SVO geçirme riski ise %13'ten %18'e yükselmektedir. Benzer şekilde, CHS (Cardiovascular Health Study),^[11] KIHHD (Kuopio Ischemic Heart Disease Study),^[12] Yao City^[13] ve Rotterdam^[6] çalışmalarının hepsinde, karotis İMK ölçümü ile miyokart enfarktüsü ve inme geçirme riski ve kardiyovasküler nedenli ölüm arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır.

Karotis İMK değerlendirmesinin bazı durumlarda özellikle yapılması önerilmektedir.^[14] Bu durumlar şunlardır: Metabolik sendromlu kişilerde kardiyovasküler riskin belirlenmesi; ailesinde erken yaşta koroner arter hastalığı öyküsü olan, kardiyovasküler açıdan orta derecede risk taşıyan kişilerin taranması; Framingham risk skoru %6-%20 arasında olan, beraberinde koroner arter hastalığı, periferik arter hastalığı, serebrovasküler hastalık, diyabet, abdominal aort anevrizması olmayan ve koroner arter kalsiyum skoru 0 olan kişilerde koroner arter hastalığı riskinin belirlenmesi. Bu endikasyonlar dışında, bazı durumlarda da karotis İMK ölçümü ve plak değerlendirmesi yapılması önerilebilir. İlişkili durumlar, birinci derece akrabalarda erken yaşta kardiyovasküler hastalık öyküsü (erkeklerde <55 yaş, kadınlarda <65 yaş), 60 yaşın altında tek risk faktörü açısından ciddi anormallik (örneğin genetik dislipidemi), 60 yaş altı kadınlarda en az iki risk faktörü bulunmasıdır.

Karotis İMK ölçüm tekniğini standardize etmek amacıyla Amerikan Ekokardiyografi Derneği tarafından bir protokol yayımlanmıştır.^[15] Karotis arterlerin ikiboyutlu görüntülenmesinde, damarın transdüser yakın olan anterior duvarı, lümen ve transdüser uzak olan posterior duvarı ayırt edilebilir. Uygulama için kullanılması önerilen transdüser lineer ve frekansı en az 7 MHz olmalıdır. Karotis İMK değerlendirmesi için önerilen bölge, AKA'nın 1 cm'lik distal bölümü ve arka AKA duvarıdır. Ancak, özellikle karotis plaklarının net olarak değerlendirilmesi ve gözden kaçmaması için, AKA ve İKA'nın ön ve arka duvarları taranmalıdır. Karotis arter plakları öncelikle, bulbus ve İKA segmentlerinde oluşmaktadır. B-mod inceleme



Şekil 2. İntima-media kalınlığının ölçümü.

sırasında artefaktların oldukça yanıltıcı olabileceği akla getirilmeli ve arter lümeninin doluşunu net görebilmek için renkli Doppler görüntümeden faydalanılmalıdır. En uygun ölçüm için, öncelikle AKA'nın ön ve arka duvarlarının lümen-intima ve media-adventisya sınırları, her iki duvarda çift çizgi olacak şekilde görüntülenmelidir. Her iki AKA'dan yapılacak, arka duvara ait karotis İMK değerlerinin ortalaması alınmalıdır (Şekil 2). Karotis arterlerden yapılan İMK değerlendirmesi sırasında olabilecek bazı hatalar ve bu hataları gidermek için önerilen ipuçları Tablo 4'te belirtilmiştir.

Karotis İMK ölçümü için birçok çalışmada, birbirinden bir miktar farklılık gösteren değerler belirlenmiştir. Bu çalışmalarda, her hasta için sağ ve sol AKA arka duvarından yapılan ölçümlerin ortalamasının

Tablo 4. Karotis intima-media kalınlığı ölçümü için öneriler

Sorun	Öneri
Arter duvarında çift çizgi görüntüsünün olmaması	Ekranında arter horizontal düzlemde net görüntülenmeli, transdüser damara dik olmalı.
Kıvrımlı damar yapısı	Boyun hafifçe döndürülmeli ve kıvrımlı segment açılmalı.
Görüntünün derin olması	Bir miktar jel eklenmesi ile beraber sternokleidomastoid kasın üzerine bastırarak ve ardından yavaşça basıncı azaltarak çift kontür görüntü elde edilmeli.
Görüntünün sığ olması ve damar duvarının olduğundan daha kalın görünmesi	Jel ilavesi ile beraber daha hafif bastırılmalı.
Kazancın (gain) düşük olması	Cihazı uygun şekilde ayarlayarak kazanç artırılmalı.
Kazancın yüksek olması ve olması gerekenden daha kalın arter duvarı görünümü	Cihazı uygun şekilde ayarlayarak kazanç azaltılmalı.
Pulsatil juguler venden kaynaklanan artefakt	İnspiryum sonunda hastaya soluğu tutturularak görüntü sabitlenmeli.

alınması ve normal kişilerden elde edilen değerler ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılması önerilmektedir.

Karotis arter plakları

Karotis arterlerdeki aterosklerotik plak, arter duvarında ekojenik bir görüntü olarak karşımıza çıkar. Mannheim Karotis İntima Media Kalınlığı Konsensus Raporu, karotis arterdeki plağı, etrafındaki İMK değerinin %50'sinden fazla veya arter lümenini en az 0.5 mm içe doğru daraltan fokal oluşum olarak tanımlamaktadır. Bir diğer açıklama, 1.5 mm veya daha kalın İMK'dir.^[16] Karotis plaklarının yüzey özelliklerinin klinik önemi vardır. Erken lezyonların düzgün bir yüzeyi vardır; endotel hasarlı değildir; intimada lipit depozitleri ve düz kas hücre proliferasyonu vardır. Bu lezyonlar büyüdükçe plak içinde hemorajiler olmaktadır ve plak kararsız hale gelmekte, bu sürecin sonunda plak yırtılmaktadır. Yüzeyi son derece düzensiz olan bu plakları Doppler USG ile tanımak zor olabilmektedir. Karotis arter sistemindeki plaklar Doppler USG'deki görünümüne göre sınıflandırılmaktadır.

Tip I: İnce ekojenik kapsülü olan ekolüsen plak.

Tip II: Küçük ekojenik alanlar içeren ekolüsen plak.

Tip III: Küçük ekolüsen alanlar içeren ekojenik plak.

Tip IV: Tümüyle ekojenik plak.

Ekojenitesi düşük ekolüsen plakların diğer bir adı da fibröz-yağlı plaklardır; bol miktarda lipit içerirler; ekojeniteleri oldukça düşük olduğu için Doppler USG ile görüntülenmelerinde zaman zaman zorluklar yaşanabilmektedir. Ekojenitesi orta derecede olan bir plağın ekojenitesi sternokleidomastoid kasa göre daha fazla, adventisya tabakasına göre daha azdır. Fibröz plak üzerinde izlenen hipoekojenik alanlar fokal trombus veya lipit birikimlerinin bir göstergesidir. Ekojenitesi fazla olan plakta ise hemoraji ve nekroz bölgelerinde distrofik kalsifikasyonlar ve bunların yarattığı yansımalar ve akustik gölgelenmeler bulunmaktadır. Bu plaklardaki kalsifikasyon varlığı ile semptomlar arasında bir ilişki söz konusu değildir. Doppler USG bu kalsifikasyonların tanısı için oldukça hassas olmakla beraber, akustik gölgelenmeler yanıltıcı olarak lümeninde darlık görüntüsü verebilir.

Aterosklerotik plakların karakteristik özellikleri, iskemik SVO için riski belirlemede ve medikal veya cerrahi tedaviye karar aşamasında önemlidir. Ancak, iskemik SVO için en yüksek risk, plaktaki homojenitenin kaybolmasıdır. Homojenite yokluğu, fokal veya difüz olabilir; fokal olduğu zaman plakiçi hemorajinin

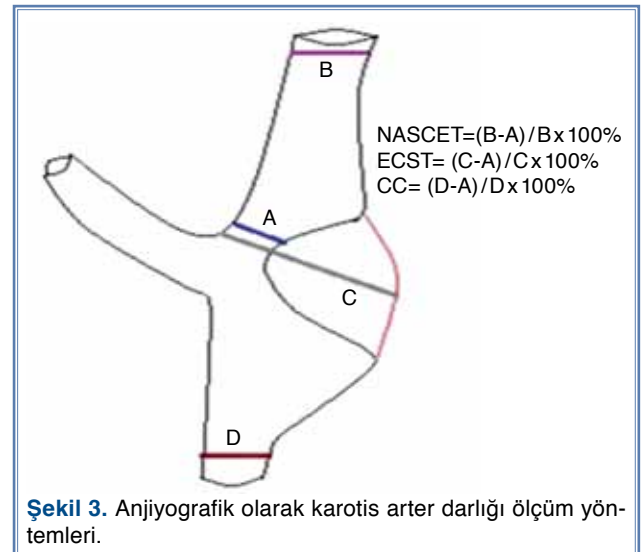
sonucunda oluşmuş trombus varlığı ön planda düşünülmelidir. Plakiçi hemoraji, plaktaki hızlı ilerlemeye ve sonuçta lümen daralmasında artışa neden olmaktadır. Semptomatik kişilerde plakiçi hemorajilerine daha sık rastlanmaktadır.^[17] Plakiçi hemorajilerin saptanmasında Doppler USG %95 oranında duyarlı, %77 oranında özgüldür.^[18]

Aterosklerotik plak yüzeyinin bir tabaka halinde kalkması veya ülserasyonu emboli kaynağı olması açısından önem taşımaktadır.^[19] Doppler USG bu konuda her zaman güvenilir olmasa da, kesin değerlendirme için bazı ipuçları sağlar. Doppler USG'de görüntü kalitesi mükemmel ise ve plak yüzeyinin düzgün olduğu net görülüyorsa, büyük bir ülserasyonun olmadığı düşünülebilir. Söz konusu görüntüde, plak içinde keskin kenarlı ve kan akımı içeren krater görüntüsü net ise ve bu görüntü longitudinal ve transvers planlarda doğrulanmışsa plak ülserasyonu düşünülmelidir.

Lümeniçi trombusün Doppler USG ile kesin tanısı tartışmalıdır; çünkü, akut trombusün ekojenitesi oldukça zayıftır. Fibröz dokuya dönüştükçe ve organize oldukça trombusün ekojenitesi artmaktadır.

Karotis arter darlık miktarının ölçümü

Konvansiyonel dijital anjiyografi, diğer tüm yöntemler ile karşılaştırıldığında, karotis arter darlıklarının net olarak ölçümünde altın standart sayılmaktadır. Karotis arter sistemindeki darlıkların miktarının ölçümünde kullanılan yöntemler, ECST (European Carotid Surgery Trial), NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) ve CC (Common Carotid) yöntemleridir. Söz konusu teknikler ile ilgili ölçüm şekilleri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Anjiyografik olarak karotis arter darlığı ölçüm yöntemleri.

Karotis arter darlıklarının Doppler USG ile incelenmesi

Renkli Doppler ile inceleme

Karotis arterde %60'ın altında bir darlık durumunda Doppler akımında hafif değişiklik olmaktadır. Bu nedenle, bu düzeydeki darlıklarda en hassas yöntem renkli Doppler incelemesidir. Karotis arterlerin değerlendirilmesi sırasında her iki AKA akımı mutlaka dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Doppler USG ile inceleme sırasında karotis arterde arteryel pulsasyonların olmadığı dikkat çekiyorsa, arteryel lümenin ekojenik materyal ile dolu olduğu görülüyor ise ve normalin altında damar çapı var ise bu durum kronik tıkanıklığın bir göstergesidir.^[20,21]

Sadece karotis arter pulsasyonları incelenerek yapılan değerlendirmeler birçok açıdan yanıltıcı olabilmekte, özellikle %80 ve altındaki darlıklarda çok net bilgi verememektedir. Düşük görüntü kalitesi, akustik gölgelenme veya Doppler akım sinyalinin zayıflığı nedeniyle bazen yanlış pozitif sonuçlar oluşabilir. Karotis arterde ciddi darlık ile tam tıkanıklığın net ayırımının yapılabilmesinin en iyi yolu, çok düşük akım hızlarını da algılayabilen bir renkli Doppler USG uygulamasıdır.

Karotis arterde diseksiyon, nadir olarak kendiliğinden oluşan, sıklıkla travma ve arter duvarının zayıflığı sonucu (örnek Marfan sendromu) gelişebilen bir durumdur.^[22] Çoğunlukla intima tabakası media tabakasından ayrılmakta ve yalancı lümen olarak adlandırılan ikinci bir lümen oluşmaktadır. Bazen de arkus aortadaki diseksiyonun karotis arterlere uzanması şeklinde de görüntü olabilir. Kafatasının tabanında başlayan bir İKA diseksiyonunun etyolojisinde çoğunlukla travma yatmaktadır.

Karotis arter darlıklarının nabız dalgalı Doppler ile incelenmesi

Damarları ses dalgaları ile incelemede kullanılan ve invaziv olmayan bu yöntem, hem anatomik hem de hemodinamik bilgi sağlamaktadır. Duyarlılığı %92.6, özgüllüğü %97'dir; ancak, anjiyografi bu konuda altın standarttır. Yüzde 60 ve daha az lümen daralmasına neden olan karotis arter darlıklarında Doppler akım hızlarında belirgin değişiklikler olmadığı için mutlaka renkli Doppler uygulaması ile doğrulama gerekir.^[23]

Doppler USG incelemede AKA, İKA ve EKA'nın akım şekilleri tipiktir. Her üç arterde de ileri akım vardır, ters akım durumunda öncelikle aort yetersizli-

ği, aritmi ve karotis arterlere uzanan aort diseksiyonu düşünülmelidir.

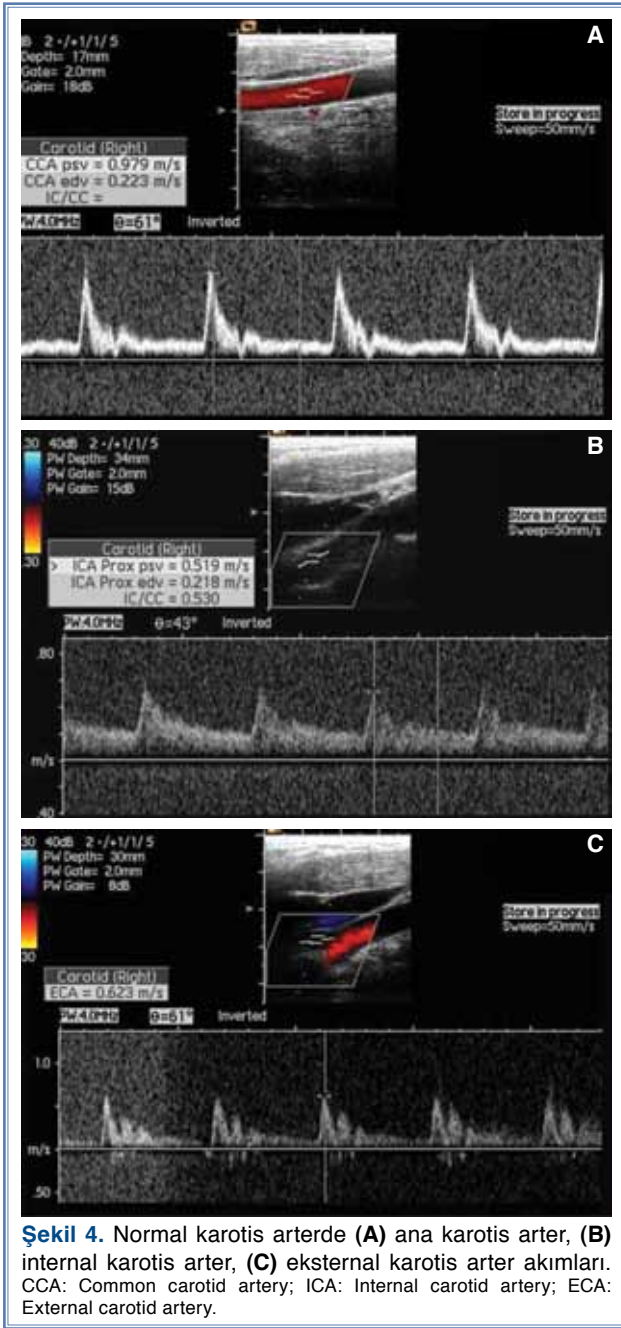
Renkli Doppler USG uygulamasında öncelikle AKA akımı incelenmelidir (Şekil 4a).^[24] Ana karotis arter distalinde veya İKA proksimalindeki ciddi bir darlıkta, darlığın proksimalindeki AKA akım hızının yüksek olduğu görülür. Brakiyosefalik arter veya klavikulanın proksimalindeki AKA'da ciddi bir darlık durumunda, AKA'da genliği oldukça düşük bir akım saptanır.^[25] İnceleme sırasında her iki AKA'nın karşılaştırılması önemlidir; sağlıklı kişilerde her iki AKA'nın akım şekli simetrikdir. Tek taraflı diyastolik akım yokluğu ise, bu taraftaki AKA'nın veya İKA'nın ciddi darlığını düşündürmelidir.

Karotis arterlerdeki darlık bölgesindeki akım hızının uygun değerlendirilmesi için transdüser yönü ve kan akımının yönü arasındaki açı 30 dereceden fazla ve 60 dereceden az tutulmalıdır. Doppler USG incelenmesi sırasında İKA ve EKA akımlarının net olarak ayırt edilebilmesi önemlidir. Temporal arterin kulak önü bölgeden perküsyonu sırasında, özellikle proksimal EKA darlığı durumunda, EKA akımında genliği artmış osilasyonlar fark edilir. Bu manevra, EKA darlığının İKA darlığından ayırt edilemediği durumlarda kullanılmalıdır.

Karotis arter sistemindeki darlıklarda, ileri derecede darlık durumu dışında, temel kural olarak darlık bölgesindeki akım hızının arttığı bilinmelidir ve darlık derecesini net olarak belirleyebilmek için dört temel ölçüm yapılmalıdır. Bu ölçümler zirve sistolik akım hızı, diyastolik akım hızı, sistolik akım hız oranı ve diyastolik akım hız oranıdır.

İnternal karotis arterde, intraserebral dallardaki düşük vasküler direnç nedeniyle, güçlü sistolik ve diyastolik akımın var olduğu monofazik akım şekli görülür (Şekil 4b). Genç insanlarda İKA'da PSV 80-100 cm/sn iken, yaşlı kişilerde bu değer 60-80 cm/sn'dir. Eksternal karotis arterin akımı İKA'ya göre daha pulsatildir; bu durum boyun ve yüze verdiği dallardaki artmış vasküler direncin yansımalarıdır, akımın diyastolik bileşeni ise daha düşüktür (Şekil 4c). Ana karotis arterin akım şekli ise İKA ve EKA'nın bir kombinasyonu olarak düşünülebilir; EKA'nın pulsatil özelliğinin yanında, İKA'nın güçlü diyastolik akımını bulundurmaktadır. Karotis endarterektomi sonrasında İKA akımı EKA akımına benzer bir hal almaktadır. Ciddi tıkaçıcı lezyonların karotis arter sisteminde en çok İKA'nın başlangıç bölümünde geliştiği görülmektedir.

Renkli Doppler ile darlıktan şüphe edilen alan nabız dalgalı Doppler ile incelenir; bu şekilde lezyonun



içinden ve proksimalinden elde edilen değerler ile sistolik akım hızının oranı hesaplanabilir. Darlığın içinde ve hemen distalindeki dalga formu değişiklikleri, laminar akımda bozulma, pulsatilitede azalma ve geri akım bileşeninin kaybolması olarak tanımlanabilir; ayrıca, zirve akım hızı artmıştır. Laminar akım bozuklukları, spektral genişleme, türbülans ve ciddi darlıklarda eşzamanlı ileri-geri akım ve spektral sınırdaki belirsizleşme olarak izlenebilir. Anormal dalga şekli lezyonun varlığını gösterir; ancak, lezyonun yerini net olarak belirleyemez. Hemodinamik olarak belirgin

lezyonun distalinde dalga formu düşük dirençli olarak izlenir. Lezyon distalindeki dalga formu gecikmiş sistolik akım ve PSV'de azalma ile karakterizedir ve bazen "parvus ve tardus" dalga formu olarak adlandırılır.

Zirve sistolik akım hızı karotis arter darlıklarının belirlenmesinde en güvenilir parametredir. Darlık bölgesindeki PSV, lümen daralmasının ciddiyeti ile uyumludur; fakat PSV'deki en yüksek değerler %70 civarı darlıkları karşılamaktadır.^[26] Beş milimetre çapındaki İKA'da en yüksek PSV değerlerine karşılık gelen lümen çapı yaklaşık 1-1.5 mm'dir.

Diyastolik akım hızı İKA'daki %50'nin altındaki darlıklarda değişmez; fakat, daha fazla darlık durumunda EDV değerlerinde artış görülür.

Zirve sistolik akım hızı ve EDV ölçümlerinin de bazı kısıtlılıkları vardır.^[27] Kan basıncı, kalp hızı, kardiyak debi, periferik vasküler direnç ve arteriyel kompliyans gibi hemodinamik parametrelerden etkilenmektedir. Çocuklarda, ergenlik çağına, hipertiroidizmde ve fiziksel egzersizin hemen sonrasında karotis arterlerde akım hızlarının artmış olduğu görülür. Aritmi durumunda, ektopik vurulara ait akım hızları düşük bulunurken, ektopik vuru sonrasında akım hızı yüksek bulunur.

Hipertansif bir hastada akım hızları yüksek saptanırken, ejeksiyon fraksiyonu düşük bir hastada akım hızları düşük saptanmaktadır.

Zirve sistolik akım hızı ve EDV değerlerini etkileyen başka bir faktör de karşı taraf karotis arter veya vertebral arter darlığıdır. Tek taraflı ciddi AKA ve İKA darlıklarında karşı taraf karotis arter sistemindeki tüm akım hızları artmış olarak bulunur.

Sistolik akım hızı oranı, İKA darlık bölgesindeki PSV'nin AKA'da darlık olmayan bölgedeki PSV'ye oranıdır.

Diyastolik akım hızı oranı, İKA darlık bölgesindeki EDV'nin AKA'da darlık olmayan bölgedeki EDV'ye oranıdır.

Hız ve spektral özellikler

İnternal karotis arter darlığının değişik derecelerindeki akım hızı özellikleri Tablo 5'te belirtilmiştir.

Doppler USG ile görüntüleme sırasında, görüntülenen arterin çapının büyüklüğü akım hızının düşük saptanmasına neden olmaktadır; örneğin, AKA bulbus bölgesinden alınan akım hızları diğer bölgelerden daha düşük bulunur.

Tablo 5. İnternal karotis arter darlıklarının derecelerine göre akım hızları

Darlık derecesi	İKA PSV	Plak	İKA/AKA PSV	İKA EDV
Normal	<125 cm/sn	Yok	<2	<40 cm/sn
<%50	<125 cm/sn	<%50 çap azalması	<2	<40 cm/sn
%50-69	125-230 cm/sn	≥%50 çap azalması	2-4	40-100 cm/sn
≥%70	>230 cm/sn	≥%50 çap azalması	>4	>100 cm/sn
Subtotal darlık	Düşük veya saptanamaz	Görünür	Azalabilir	Azalabilir
Tam darlık	Saptanamaz	Görünür fakat lümen görünmez	Değerlendirilemez	Değerlendirilemez

İKA: İnternal karotis arter; AKA: Ana karotis arter; PSV: Zirve sistolik akım hızı; EDV: Diyastolik akım hızı.

Vertebral arterlerin görüntülenmesi

Vertebral arterler, boynun her iki tarafında, her iki subklavyen arterin ilk dalı olarak, tiroservikal kütüğün hemen öncesinde çıkarlar; servikal 1 ve servikal 7 omurları arasındaki nöral delikte seyrettikten sonra kafatasının tabanında baziler arteri oluşturmak üzere birleşirler. Olguların %6'sında sol vertebral arter, aorttan direkt olarak çıkmaktadır. Olguların %73'ünde iki vertebral arter asimimetrik^[28] ve asimimetrik olduğu durumda %80 oranında sol vertebral arter baskındır.^[29] Doppler USG ile vertebral arterlerin köken aldıkları bölgenin görüntülenmesinde güçlük olmaktadır; bunun nedeni bu bölgenin oldukça kıvrımlı olmasıdır. Aynı zamanda, sol vertebral arterin çıkış noktası sol klavikulanın derininde yer almaktadır; bu durum da

incelemede zorluk yaratabilmektedir. Her iki vertebral arterin kafatası içine girişine kadar seyrettiği bölüm C₁₋₇ omurları arası olduğundan, görüntülenebilen bölge burası ile sınırlıdır. Vertebral arterlerin kafatası içindeki bölümleri darlığın görülme olasılığının olduğu ikinci önemli bölümdür; ancak bu bölge sadece transkraniyal Doppler USG ile görüntülenebilmektedir. Beynin içindeki Willis poligonu sayesinde karotis ve vertebral arter sistemi arasında birçok kolateral oluşmuştur; bu nedenle, karotis arter sistemindeki darlık durumunda vertebral arterlerde akım artmaktadır (Şekil 5).

Vertebral arterlerin görüntülenmesi, karotis arterlerin görüntülenmesine benzer şekilde, longitudinal planda, baş incelemenin yapıldığı tarafın karşı tarafına 45 derece döndürülerek yapılır. Vertebral arterler görüntüledikten sonra sistolik ve diyastolik akım hızları, ardından vertebral arter çapı ve hemen sonrasında da volüm değerleri değerlendirilir. Ortalama vertebral arter çapı 4 mm olarak düşünülebilir; ancak, bu değer oldukça değişkendir.^[30]

Vertebral arterin akım şekli İKA'ya benzer; akım direnci düşüktür. Her iki vertebral arterdeki akım şeklinin simetrik olması beklenen bir durum olmasına karşın, asimimetrik oldukları durumda sistolik ve diyastolik akımlar farklı olabilir. Normal bir vertebral arterde PSV 20-40 cm/sn'dir.^[31] Akım hızı için 10 cm/sn'nin altındaki değerler patolojik kabul edilmelidir. Normal boyutundan küçük bir vertebral arterde PSV 40 cm/sn'nin üzerinde olabilir; tüm vertebral arter seyri boyunca akım şekli benzer ise bu patolojik bir durum sayılmamalıdır; ancak, darlık durumunda akım hızı değişiklikleri belirli bir bölgededir. Vertebral arterde akım alınamaması darlık lehine bir bulgu olarak kabul edilmelidir. Vertebral arterde %50 ve üzeri darlık durumunda, belirli bir bölgede akım hızı 40 cm/sn'nin üzerine çıkar; fakat, karotis arter



Şekil 5. Normal bir vertebral arter görüntüsü.

sisteminde olduğu gibi darlık derecesi ile akım hızı değişiklikleri arasında belirlenmiş bir ilişki yoktur.^[32] Vertebral arterde ciddi bir darlık durumunda ise, akım hızı oldukça düşük bulunur. Ejeksiyon fraksiyonu düşük kişilerde her iki vertebral arterde akım hızları düşük olarak izlenir.

Görüntü kalitesinin iyi olduğu bir incelemede vertebral arterin görüntülenememesi tıkalı olduğuna işaret edebilir. Vertebral arterlerin çaplarının değişkenlik gösterebilmesine karşın, 2 mm'den düşük çaplı bir vertebral arterde darlık olma olasılığı yüksektir; bu durum mutlaka karşı vertebral arterin boyutu ile birlikte değerlendirilmelidir. Her iki vertebral arterdeki toplam volüm değeri 200 ml/dk değerini aşmalıdır; bu değer altındaki ölçümlerde vertebrobaziler yetmezlik düşünülmelidir. Normal akım yönü aşağıdan yukarıya doğrudur; fakat, aynı taraf subklavyen arterin aynı taraf vertebral arterin proksimalindeki bir bölgede tam tıkalı veya ciddi dar olduğu durumda, kolateral akım karşı taraf vertebral arterden baziler artere doğru, oradan da tıkalı taraftaki subklavyen artere doğru yönlenecek şekilde ters hale gelir, bu duruma subklavyen çalma sendromu denir. Bu sendrom %85 sıklıkta sol tarafta görülmektedir.^[33,34] Subklavyen arterdeki darlık derecesi arttıkça vertebral arterdeki akım şekli de değişmektedir; hafif darlık durumunda vertebral arterde sistolde akım hala devam etmekte iken, diyastolde akımın ters döndüğü görülmektedir. Subklavyen arterdeki darlık derecesi arttıkça, vertebral arterdeki akım şeklinin tamamen ters olduğu dikkat çekmektedir.

Karotis ve vertebral arter sisteminin karmaşık sayılabilecek anatomik yapısından dolayı, Doppler USG ile darlıkların değerlendirilmesi mükemmel bir görüntü kalitesi, yeterli teknik bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Bu değerlendirmede altın standart arteriyografi olmasına karşın, Doppler USG tekniğinin arteriyografiye üstünlüğü invaziv olmaması, hemodinamik bilgi verebilmesi ve karotis İMK'nın değerlendirilebilmesidir.

Yazar(lar) ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir ilgi çakışması (conflict of interest) yoktur.

Kaynaklar

- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Prevalence of disabilities and associated health conditions among adults-United States, 1999. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2001;50:120-5.
- Fine-Edelstein JS, Wolf PA, O'Leary DH, Poehlman H, Belanger AJ, Kase CS, et al. Precursors of extracranial carotid atherosclerosis in the Framingham Study. Neurology 1994;44:1046-50.
- Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. N Engl J Med 1991;325:445-53.
- Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, Fox AJ, Ferguson GG, Haynes RB, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. N Engl J Med 1998;339:1415-25.
- Brott TG, Halperin JL, Abbara S, Bacharach JM, Barr JD, Bush RL, et al. 2011 ASA/ACCF/AHA/AANN/AANS/ACR/ASNR/CNS/SAIP/SCAI/SIR/SNIS/SVM/SVS Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery Disease: Executive Summary A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American Stroke Association, American Association of Neuroscience Nurses, American Association of Neurological Surgeons, American College of Radiology, American Society of Neuroradiology, Congress of Neurological Surgeons, Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention, Society of Interventional Radiology, Society of NeuroInterventional Surgery, Society for Vascular Medicine, and Society for Vascular Surgery Developed in Collaboration With the American Academy of Neurology and Society of Cardiovascular Computed Tomography. J Am Coll Cardiol 2011;57:1002-44.
- van der Meer IM, Bots ML, Hofman A, del Sol AI, van der Kuip DA, Witteman JC. Predictive value of noninvasive measures of atherosclerosis for incident myocardial infarction: the Rotterdam Study. Circulation 2004;109:1089-94.
- Greenland P, Abrams J, Aurigemma GP, Bond MG, Clark LT, Criqui MH, et al. Prevention Conference V: Beyond secondary prevention: identifying the high-risk patient for primary prevention: noninvasive tests of atherosclerotic burden: Writing Group III. Circulation 2000;101:E16-22.
- Grobbee DE, Bots ML. Carotid artery intima-media thickness as an indicator of generalized atherosclerosis. J Intern Med 1994;236:567-73.
- Nambi V, Chambless L, Folsom AR, He M, Hu Y, Mosley T, et al. Carotid intima-media thickness and presence or absence of plaque improves prediction of coronary heart disease risk: the ARIC (Atherosclerosis Risk In Communities) study. J Am Coll Cardiol 2010;55:1600-7.
- Lorenz MW, Markus HS, Bots ML, Rosvall M, Sitzer M. Prediction of clinical cardiovascular events with carotid intima-media thickness: a systematic review and meta-analysis. Circulation 2007;115:459-67.
- O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA, Manolio TA, Burke GL, Wolfson SK Jr. Carotid-artery intima and media thickness as a risk factor for myocardial infarction and stroke

- in older adults. Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. *N Engl J Med* 1999;340:14-22.
12. Salonen JT, Salonen R. Ultrasound B-mode imaging in observational studies of atherosclerotic progression. *Circulation* 1993;87(3 Suppl):II56-65.
 13. Kitamura A, Iso H, Imano H, Ohira T, Okada T, Sato S, et al. Carotid intima-media thickness and plaque characteristics as a risk factor for stroke in Japanese elderly men. *Stroke* 2004;35:2788-94.
 14. Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention Developed in collaboration with the International Atherosclerosis Society. Appropriate use criteria for carotid intima media thickness testing. *Atherosclerosis* 2011; 214:43-6.
 15. Stein JH, Korcarz CE, Hurst RT, Lonn E, Kendall CB, Mohler ER, et al. Use of carotid ultrasound to identify sub-clinical vascular disease and evaluate cardiovascular disease risk: a consensus statement from the American Society of Echocardiography Carotid Intima-Media Thickness Task Force. Endorsed by the Society for Vascular Medicine. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:93-111;189-90.
 16. Touboul PJ, Hennerici MG, Meairs S, Adams H, Amarenco P, Desvarieux M, et al. Mannheim intima-media thickness consensus. *Cerebrovasc Dis* 2004;18:346-9.
 17. Weinberger J, Marks SJ, Gaul JJ, Goldman B, Schanzer H, Jacobson J, et al. Atherosclerotic plaque at the carotid artery bifurcation. Correlation of ultrasonographic imaging with morphology. *J Ultrasound Med* 1987;6:363-6.
 18. Bluth EI, Kay D, Merritt CR, Sullivan M, Farr G, Mills NL, et al. Sonographic characterization of carotid plaque: detection of hemorrhage. *AJR Am J Roentgenol* 1986;146:1061-5.
 19. Johnson JM. Angiography and ultrasound in diagnosis of carotid artery disease: a comparison. *Contemp Surg* 1981;70:79-93.
 20. Middleton WD, Foley WD, Lawson TL. Color-flow Doppler imaging of carotid artery abnormalities. *AJR Am J Roentgenol* 1988;150:419-25.
 21. Erickson SJ, Mewissen MW, Foley WD, Lawson TL, Middleton WD, Lipchik EO, et al. Color Doppler evaluation of arterial stenoses and occlusions involving the neck and thoracic inlet. *Radiographics* 1989;9:389-406.
 22. Petro GR, Witwer GA, Cacayorin ED, Hodge CJ, Bredenberg CE, Jastremski MS, et al. Spontaneous dissection of the cervical internal carotid artery: correlation of arteriography, CT, and pathology. *AJR Am J Roentgenol* 1987;148:393-8.
 23. Bluth EI, Stavros AT, Marich KW, Wetzner SM, Aufrichtig D, Baker JD. Carotid duplex sonography: a multicenter recommendation for standardized imaging and Doppler criteria. *Radiographics* 1988;8:487-506.
 24. Zwiebel WJ, Knighton R. Duplex examination of the carotid arteries. *Semin Ultrasound CT MR* 1990;11:97-135.
 25. Brunhölzl C, von Reutern GM. Hemodynamic effects of innominate artery occlusive disease. Evaluation by Doppler ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1989;15:201-4.
 26. Spencer MP. Techniques of Doppler examination. In: Spencer MP, Reid JM, Brockenbrough EC, editors. *Cerebrovascular evaluation with Doppler ultrasound*. The Hague: M. Nijhoff Publishers; 1981. p. 77-80.
 27. Kohler T, Langlois Y, Roederer GO, Phillips DJ, Beach KW, Primozich J, et al. Sources of variability in carotid duplex examination: a prospective study. *Ultrasound Med Biol* 1985; 11:571-6.
 28. Meyer JS, Lobe C. *Strokes due to vertebrobasilar disease*. Springfield; Charles C Thomas; 1965.
 29. Ackerstaff RG, Grosveld WJ, Eikelboom BC, Ludwig JW. Ultrasonic duplex scanning of the prevertebral segment of the vertebral artery in patients with cerebral atherosclerosis. *Eur J Vasc Surg* 1988;2:387-93.
 30. Touboul PJ, Bousser MG, LaPlane D, Castaigne P. Duplex scanning of normal vertebral arteries. *Stroke* 1986;17:921-3.
 31. Bendick PJ, Glover JL. Hemodynamic evaluation of vertebral arteries by duplex ultrasound. *Surg Clin North Am* 1990;70:235-44.
 32. Bendick PJ, Jackson VP. Evaluation of the vertebral arteries with duplex sonography. *J Vasc Surg* 1986;3:523-30.
 33. Bornstein NM, Norris JW. Subclavian steal: a harmless haemodynamic phenomenon? *Lancet* 1986;2:303-5.
 34. Visonà A, Lusiani L, Castellani V, Ronsisvalle G, Bonanome A, Pagnan A. The echo-Doppler (duplex) system for the detection of vertebral artery occlusive disease: comparison with angiography. *J Ultrasound Med* 1986;5:247-50.
-
- Anahtar sözcükler:** Karotis arterleri/patoloji/ultrasonografi; karotis arter hastalığı/ ultrasonografi; karotis darlığı/ultrasonografi; ultrasonografi, Doppler; vertebral arter/ultrasonografi.
- Key words:** Carotid arteries/pathology/ultrasonography; carotid artery diseases/ultrasonography; carotid stenosis/ultrasonography; ultrasonography, Doppler; vertebral artery/ultrasonography.