

ASEMPTOMATİK, %60-99 KAROTİS ARTER STENOZU TANISINDA RENKLİ DOPPLER ULTRASONOGRAFİ

Muharrem Tola* ❖ Mehmet Yurdakul** ❖ Nilgün Işıksalan Özbülbül*
Ensar Özdemir** ❖ Berat Acu*** ❖ Sarper Ökten**** ❖ Tülay Ölçer*****

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) ile asemptomatik %60-99 internal karotis arter(ICA) stenozunda tarama testi olarak ve anjiyografiye gerek kalmadan karotis endarterektomiye(CEA) karar verdirici bir test olarak kullanıma uygun RDUS kriterleri oluşturmaktır.

Gereç ve Yöntem: CEA yapılması düşünülen 95 hastaya RDUS ve dijital substraksiyon anjiyografi (DSA) incelemesi yapıldı. İnceleme sonuçları karşılaştırılarak %60-99 ICA stenozunu en doğru belirleyen RDUS parametresini bulmak için ROC(Receiver Operating Characteristic) eğrisi analizi yapıldı. Bulunan bu parametre üzerinden %60-99 ICA stenozunda tarama testi olarak kullanımı için yüksek sensitivite ve negatif prediktif değer (NPD), kesin karar verdirici test olarak kullanımı için ise yüksek pozitif prediktif değer (PPD) ve spesifisiteli RDUS kriterleri belirlendi. Bu kriterlerle anjiyografi gereksinimini azaltacak algoritim şeması oluşturuldu.

Bulgular: Asemptomatik %60-99 ICA stenozunu belirlemede pik sistolik hız(PSH) ve pik sistolik hız oranı ($PSH_{ica/ccca}$) ICA stenozunu belirlemede daha yüksek test performansına sahipti. PSH,DSH, $PSH_{ica/ccca}$ için ROC eğrisi altındaki alan sırası ile 0,980, 0,955 ve 0,979 olarak bulundu. $PSH_{ica/ccca}$ ile tarama ve kesin karar verdirici test olarak kullanımı için optimum kriter olarak sırası ile 2,6 ve 4 değerleri bulundu. 2,6 değeri için sensitivite %96, spesifisite %90, PPD %78, NPD %98 ve doğruluk %91 idi. 4 değeri için sensitivite %67, spesifisite %99, PPD %97, NPD %88 ve doğruluk %90 idi

Sonuç: RDUS un bu kriterleri, %60-99 ICA stenozunun taramasında faydalı olmakta, hem de gereksiz girişimleri azaltarak profilaktik CEA dan strok azaltıcı faydanın artmasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Internal Karotik Arter, Karotis Darlığı, Dupleks Doppler Ultrasonografi, Dijital Substraksiyon Anjiyografisi

SUMMARY

Diagnosis of 60-99% Carotid Artery Stenosis by Color Doppler Ultrasonography

Aim: The aim of this study was to determine duplex criteria using color Doppler ultrasonography (CDU) as a screening and definitive diagnostic tool in asymptomatic 60-99% internal carotid artery (ICA) stenosis

Materials and Methods: 95 consecutive patients considered for carotid endarterectomy were studied with CDU and digital subtraction angiography. Results of two tests were blindly compared. CDU measurements were subjected to receiver operating characteristic curve analysis to determine the most accurate parameter predicting 60-99% ICA stenosis. Using the most accurate parameter determined, CDU criteria were determined with a high sensitivity and negative predictive value for screening, and a high positive predictive value and specificity for identifying patients for CEA without angiography.

Results: Peak systolic velocity(PSV) and ratio of the internal carotid artery to common carotid artery($PSV_{ica/ccca}$) had high test performance in determining for ICA stenosis. Optimal criteria for using as a screening and definitive tests were $PSV_{ica/ccca}$ of 2,6 and 4, respectively. A $PSV_{ica/ccca}$ of 2,6 had a sensitivity rate of 96%, specificity rate of 90%, positive predictive value(PPV) rate of 78%, negative predictive value(NPV) rate of 98%, accuracy rate of 91%. A $PSV_{ica/ccca}$ of 4 had a sensitivity rate of 67%, specificity rate of 99%, PPV rate of 97%, NPV rate of 88%, accuracy rate of 90%.

Conclusion: This criteria of CDUS will be beneficial both in screening of 60-99% stenosis and also increase the benefit of minimizing the stroke resulting from prophylactic CEA by decreasing unnecessary interventions.

Key Words: Internal Carotid Artery, Carotid Stenosis, Duplex Doppler Ultrasonography, Digital Subtraction Angiography.

* Başasistan ,Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi Radyoloji Bölümü

** Şef Muavini,Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi Radyoloji Bölümü

*** Asistan,Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi Radyoloji Bölümü

**** Uzman,Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi Radyoloji Bölümü

***** Klinik Şefi,Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi Radyoloji Bölümü

Karotis arter endarterektomisi ile ilgili yapılan iki büyük çalışma olan NASCET (North American Sympomatic Carotid Endarterectomy Trial) ve ECST (European Carotid Surgery Trial) semptomatik %70 in üzerinde karotis stenozlu hastaların medikal tedaviye göre cerrahi girişimden anlamlı derecede faydalandıklarını göstermiştir(1,2). Diğer bir çalışma olan ACAS(The Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study) ise asemptomatik %60'ın üzerindeki karotis arter stenozlu hastaların cerrahi tedaviden faydalandıklarını göstermiştir(3). Asemptomatik %60 in üzerindeki karotis arter stenozlu hastalar cerrahi tedaviden semptomatik %70 in üzerindeki stenozlu hastalara göre daha az olarak faydalanmaktadır. Bu nedenle cerrahi tedavi düşünülen bu hastalarda bütün iyatrojenik strok nedenlerini mümkün olduğu kadar azaltılmasının büyük önemi vardır. Bu bakımdan karotis arter görüntüleme konusu çok önemli olmaktadır. Çünkü karotis arter stenozunu belirlemede standart referans olarak kullanılan dijital substraksiyon anjiyografinin (DSA) %0,4-4 geçici iskemik atak veya minör strok, %0,5-1 majör strok ve hatta %1 den daha az ölüm riski mevcuttur(4-7). Buna ek olarak DSA dan sonra açık nörolojik komplikasyon gelişmeyen hastalarda da mikroembolizasyondan dolayı minör asemptomatik infarktlar geliştiği gösterilmiştir(8). Bundan dolayı noninvaziv yöntemler özellikle renkli Doppler ultrasonografi(RDUS) giderek daha da önem kazanmıştır. Çünkü RDUS noninvazif, komplikasyonsuz olduğu kadar doğruluk oranı yüksek bir görüntüleme yöntemidir.

Bu çalışmanın amacı %60-99 karotis arter stenozunu belirlemede tarama testi olarak ve anjiyografi ihtiyacını azaltacak karotis cerrahisine karar vermede son test olarak kullanıma uygun RDUS kriterleri oluşturmaktır.

Gereç ve Yöntem

Koroner arter cerrahisi yapılmadan önce, karotis arter stenozu şüphesiyle DSA incelemesine gönderilen 95 hasta DSA dan önce RDUS ile incelendi. Hastaların 67 si erkek 28 i kadındı. Hastaların yaşı 46 ile 85 arasında değişmekte olup ortalama yaş 66' idi. İncelenen hastaların tamamı asemptomatikti.

RDUS incelemesi GE Logiq 700(General Electric Company, Milwaukee,Wisconsin) ile 5-10 Mhz lineer prob kullanılarak yapıldı. Karotis arterlerin RDUS incelemesi renk modunda başlıca longitudinal planda yapıldı. İnceleme gerektiğinde trans-

vers planda da yapıldı. Ana karotis arterde(CCA) spektral dalga formu bifurkasyonun yaklaşık olarak 2cm proksimalinden ve damarın merkezinden elde edildi. İnternal karotis arterde(ICA) dalga formu örneği bulbus genişlemesinin hemen distalinden alındı. Renk modu incelemesinde heterojen renk paterni,jet akım veya luminal daralmanın saptandığı anormal akım durumlarında dalga formu örneği bu anormal bölgede, örnek aralığı(sample volume) en yüksek akım hızını elde etmek için proksimalden distale doğru yavaş yavaş hareket ettirildi. Akım hızları standart 60 derece açı ile ölçüldü. ICA ve CCA daki pik sistolik hız(PSH) ve diastol sonu hız (DSH) kaydedildi. Bu değerler üzerinden pik sistolik hız oranı ($PSH_{ica/cca}$) hesaplandı.

DSA incelemesi Polytron V1000 (Siemens,Almanya) cihazı ile yapıldı. Femoral artere 5F sheath yerleştirildikten sonra aortik arkusa 5 F pigtail kateter (Cordis, Amersfoort, Hollanda). yerleştirildi. Aortik arkus ve supraaortik damarlar sol anterior oblik pozisyonda görüntüledi. Pigtail kateter, 5F Siemons Sidewinder(Cordis, Amersfoort, Hollanda) kateterle değiştirilip CCA lar selektif olarak kateterize edildi. En az iki projeksiyonda olmak üzere intrakranial arterleri de gösterecek şekilde görüntüler alındı. Aortik arkus görüntülenmesinde 30ml, her bir selektif karotis arter projeksiyonunda 8ml kontrast madde(lodixanol(Nycomed Amersham, Oslo, Norveç) 320mg iyot/ml) enjeksiyonu yapıldı. DSA incelemesinde karotis arter stenozu, NASCET çalışması metodolojisi kullanılarak maksimum stenoz bölgesi ile daha distaldeki normal ICA çapı karşılaştırılarak belirlendi (% stenoz = $[1 - (\text{minimal rezidüel lümen çapı/distal normal lümen çapı}) \times 100]$).En fazla darlık gösteren projeksiyondan hesaplanan değer stenoz derecesi olarak kabul edildi. Anjiyogramları değerlendiren radyolog RDUS incelemesi sonuçlarından habersizdi.

DSA standart referans kabul edilerek RDUS incelemesinden elde edilen PSH, DSH ve $PSH_{ica/cca}$ ölçümleri %60-99 ICA stenozları için seçilmiş eşik değerlerde 2x2 tabloları kullanılarak sensitivite, spesifisite, pozitif prediktif değer(PPD), negatif prediktif değer(NPD) ve doğruluk oranları hesaplandı. Her bir eşik değerinin sensitivite ve spesifisitesinden ROC(Receiver Operating Characteristic) eğrisi oluşturuldu. %60-99 ICA stenozunu en doğru olarak tahmin eden dupleks parametresini belirlemek için oluşturulmuş ROC eğrisi altındaki

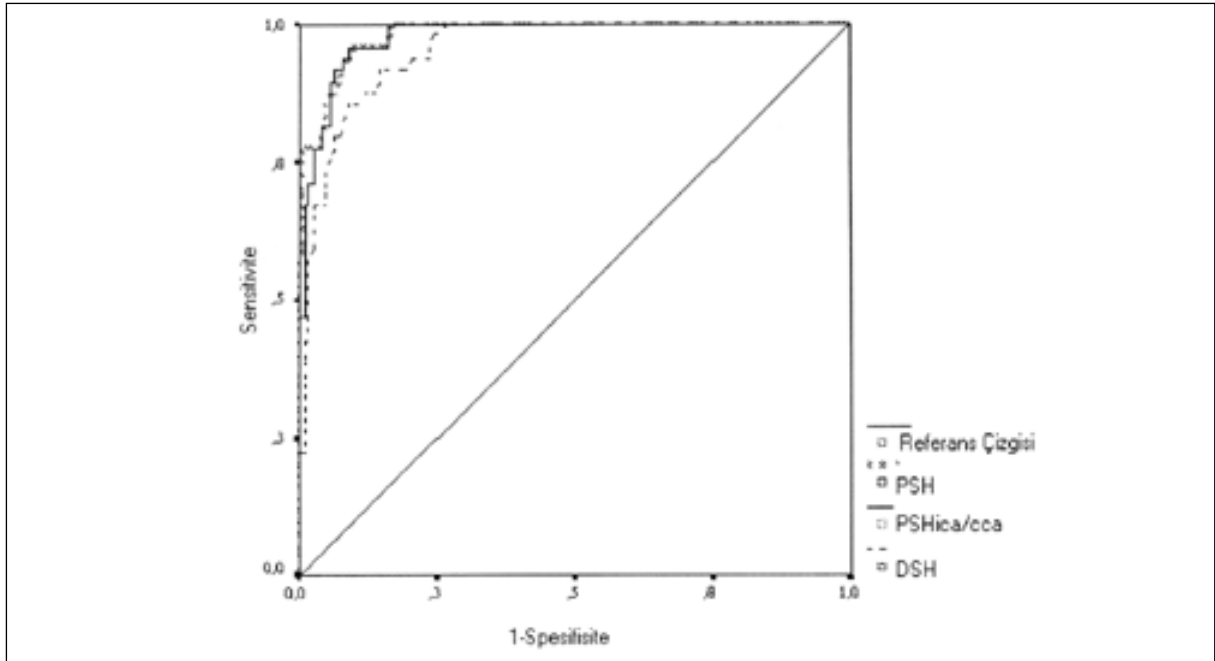
alanlar (AUC=Area Under Curve) hesaplandı ve karşılaştırma yapıldı. En yüksek AUC değerine sahip parametre ile %60-99 ICA stenozunun tarama testi amaçlı belirlenmesinde doğruluğun da yüksek olduğu sensitivite ve NPD nin en yüksek olduğu değer seçildi. Operasyona uygun hasta seçimi için ise PPD ve spesifisitenin yüksek olduğu değer belirlendi. %60-99 ICA stenozu için oluşturulan bu kriterlerle anjiyografi gereksinimini azaltacak algoritim şeması oluşturuldu.

Bulgular

İnceleme yapılan 190 karotis arterin DSA sını-
de, 131(%69) ICA da %0-59, 50(%26) ICA da
%60-99 NASCET ölçüm yöntemine göre stenozları
vardı. 9(%5) karotis arterde ise total oklüzyon
saptandı. İnceleme grubunda 2 karotis artere en-

dararektomi(CEA) yapılmış olduğu için, 1 karotis
arterde ise anjiyografi teknik olarak yetersiz olduğu
için ve 9 karotis arterde Doppler sinyali alınmadı-
ğından(oklüzyon), 1 karotis arterde ise yüksek di-
rençli, düşük hızlı Doppler sinyali ve minimal re-
zidüel lümen saptandığından(preoklüziv stenoz),
4 karotis arterde stenoz seviyesinde ultrason sin-
yali almaya engel olan yoğun kalsifikasyon oldu-
ğundan çalışma kapsamından çıkarıldı. Kalan 173
karotis arter istatistiksel değerlendirmeye alındı.

%60-99 ICA stenozu için PSH, DSH ve
PSH_{ica/cca} ölçümleri ile DSA sonuçları karşılaştı-
rarak ROC eğrileri yapıldı ve AUC ler hesaplandı
(Resim 1, Tablo 1). PSH ve PSH_{ica/cca} ölçümleri
için AUC değerleri daha yüksekti. Biz bu çalışmada
ICA stenozunu saptamada dupleks parametresi



Şekil 1: Pik sistolik hız(PSH), Pik sistolik hız oranı (PSH_{ica/cca}), Diastol sonu hız (DSH) için ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrileri

Tablo 1: %60-99 internal karotis arter stenozunda dupleks parametrelerinin ROC analizi

Dupleks Parametresi	AUC(%95 GA)
PSH	0,980 (0,965-0,996)
DSH	0,955 (0,928-0,983)
PSH _{ica/cca}	0,979 (0,962-0,995)

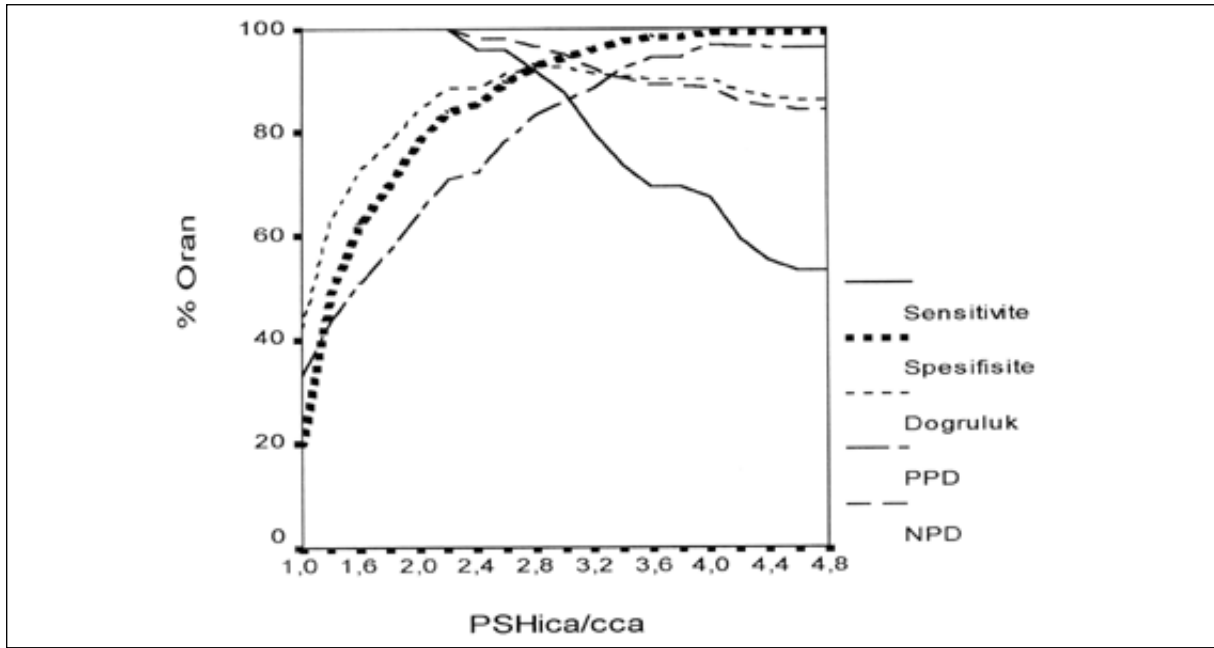
ROC:Receiver Operating Characteristic, AUC:Area Under Curve(Eğri altındaki alan),

GA: Güven aralığı,PSH: Pik sistolik hız, DSH: Diastol sonu hız, PSH_{ica/cca} : Pik sistolik hız oranı

olarak $PSH_{ica/ccca}$ oranını kullandık. Çünkü bu parametre ile hastadan hastaya değişen fizyolojik farklılıklar telafi edilebilmektedir(7).

%60-99 ICA stenoz değerleri için ROC eğrisi grafiklerinden $PSH_{ica/ccca}$ oranları için değişik eşik değerler üzerinden doğruluk oranları hesaplandı ve grafiği çizildi(Tablo2, Resim2). ROC eğrisi analizi ile %60-99 ICA stenozunu saptamak için doğruluğun da yüksek olduğu en yüksek sensitivite ve NPD ye sahip değer 2,6 olarak belirlendi. Bu

değerin sensitivitesi %96, spesifisitesi %90, PPD %78, NPD %98 ve doğruluğu %91 di. Anjiografi incelemesi yapmadan operasyona uygun hasta seçimi için ise $PSH_{ica/ccca}$ 4 eşik değer olarak belirlendi. Bu değerlerin sensitivitesi %67, spesifisitesi %99, PPD %97, NPD %98 ve doğruluğu %90 dı. Bu kriterleri kullanarak operasyon için hasta seçiminde RDUS nin optimal kullanımı ile anjiografi gereksinimini azaltacak algoritim şeması oluşturuldu(Resim 3).

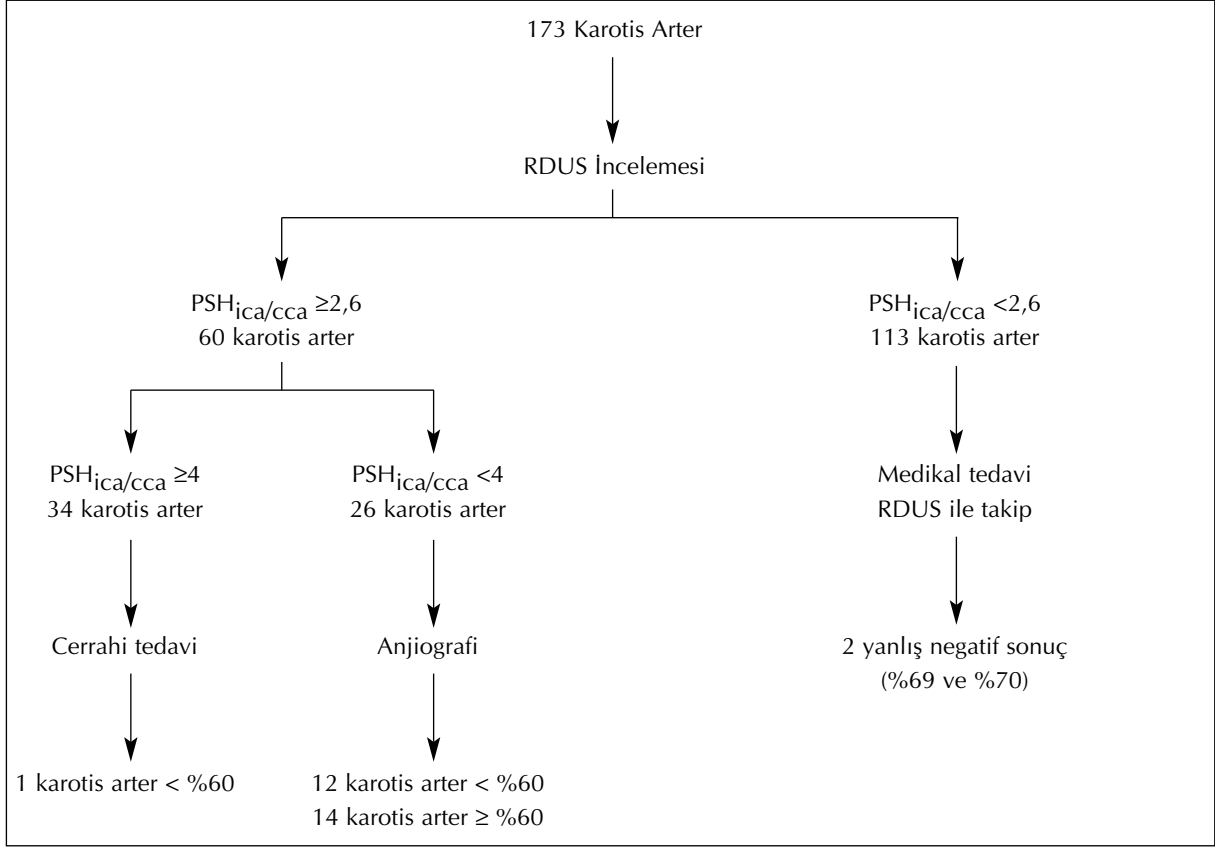


Şekil 2: % 60-99 internal karotis stenozunda Pik sistolik hız oranı ($PSH_{ica/ccca}$) için sensitivite, spesifisite, pozitif prediktif değer (PPD), negatif prediktif değer (NPD) ve doğruluk oranları grafiği

Tablo 2: %60-99 internal karotis arter stenozunda $PSH_{ica/ccca}$ oranı için doğruluk oranları

$PSH_{ica/ccca}$	Sensitivite	Spesifisite	PPD	NPD	Doğruluk
2	1	0,78	0,65	1	0,84
2,2	1	0,84	0,71	1	0,88
2,4	0,96	0,86	0,72	0,98	0,88
2,6	0,96	0,90	0,78	0,98	0,91
2,8	0,92	0,93	0,83	0,97	0,93
3	0,88	0,94	0,86	0,95	0,93
3,2	0,80	0,96	0,89	0,92	0,91
3,4	0,74	0,98	0,92	0,90	0,91
3,6	0,69	0,98	0,94	0,89	0,90
3,8	0,69	0,98	0,94	0,89	0,90
4	0,67	0,99	0,97	0,88	0,90
4,2	0,59	0,99	0,97	0,86	0,88
4,4	0,55	0,99	0,96	0,85	0,87
4,6	0,53	0,99	0,96	0,84	0,86
4,8	0,53	0,99	0,96	0,84	0,86

$PSH_{ica/ccca}$: Pik sistolik hız oranı, PPD: Pozitif prediktif değer, NPD: Negatif prediktif değer



Şekil 3: %60-99 internal karotis arter stenozu tanısında pik sistolik hız oranı kullanılarak oluşturulan algoritim şeması

Tartışma

İlk önceleri tarama testi olarak kullanılan RDUS noninvazif olması ve yüksek doğruluğu sebebiyle karar verdirici son test olarak kullanımı giderek kabul görmektedir(10-16). Bu çalışmada RDUS nin noninvazif ICA stenozunu belirlemede anjiyografinin daha selektif kullanılmasına olanak sağlayacak kriterler oluşturduk. Bu amaçla tarama testi ve kesin karar verdirici test olarak iki kriter oluşturduk.

Çalışmamızda elde ettiğimiz $PSH_{ica/cca}$ 2,6 eşik değeri, yüksek doğruluk(%91) ve sensitivite(%96) ve NPD(%98) ye sahiptir. Bu kriter tarama testi için yeterli geçerlilik oranlarını sağlamaktadır. RDUS kesin tanı koydurucu bir test olarak kullanıldığında en önemli parametre kullanılan kriterin PPD i ve spesifitesi olmaktadır. $PSH_{ica/cca}$ nın 4 veya daha yüksek olması durumunda PPD %97 ve spesifite %99 dur.2,6 dan daha az $PSH_{ica/cca}$ ye sahip hastaların emniyetli bir şekilde %60-99 ste-

nozu olmadıklarını söyleyebiliriz. Bu hastalarda belirli aralıklarla hastalığın ilerlemesinin RDUS ile takibi uygun olacaktır. 4 den fazla $PSH_{ica/cca}$ ye sahip hastalar ise anjiyografi yapılmaksızın cerrahi tedavi yapılabilirler. 2,6-4 aralığındaki $PSH_{ica/cca}$ ye sahip hastalarda ise tedaviye karar vermek için anjiyografi yapılması gerekmektedir.

Çalışma yaptığımız 173 karotis arterde 2,6 dan daha az orana sahip olan 113 karotis arter mevcuttu. Bu hastaların 2 sinde DSA ile %60-99(%69ve %70) stenoz mevcuttu. Yani negatif RDUS sonuçlarının pozitif olma ihtimali %0,18 dir. Otuzdört hasta operasyon kriteri olan 4 oranını geçmekteydi. Bu gurup hasta operasyondan önce anjiyografi yapılmış olsaydı sadece bir hastada %60 ın altında(%57) ICA stenozu olduğu görülecekti. Bu kriterler kullanıldığında bir hasta gereksiz yere operasyona gidecekti. Bu gereksiz operasyona karşılık potansiyel komplikasyonları olan anjiyografi sayısı önemli miktarda azaltılmış olacaktır.

Bu algoritmi kullanarak 147 karotis artere anjiyografi işlemi yapılmasından kaçınılmış olmaktadır. $PSH_{ica/ccca}$ 2,6-4 arasında olan hastalar ise kuşkulu stenozlu kabul edilip doğrulayıcı test olarak anjiyografiye gönderilmelidir. Çalışma grubumuzda 26 karotis arter bu kategoriye girmektedir. Bu hastalara anjiyografi yapıldığında 14 karotis arterde %60-99 stenoz tespit edilecekti. Bu grupta hastada anjiyogramlar %54(14/26) pozitif sonuç vermektedir. Çalışma grubuna rutin anjiyografi yapılmış olsaydı. %28(49/173) pozitif sonuçlu anjiyogram elde edecektik. $PSH_{ica/ccca}$ 2,6-4 arasında olan hastalarda rutin anjiyografiye göre pozitif sonuçlu anjiyogram çıkma oranı daha yüksek olmaktadır. $PSH_{ica/ccca}$ 4 veya daha yüksek olan hastalara anjiyografi yapmadan operasyon yapılabilir. Çünkü bu kriterin PPD' si yüksektir bununla birlikte operasyon kararı için sadece bu kriter kullanılırsa oldukça çok sayıda %60-99 ICA stenozlu hasta gözden kaçırılacaktı. Bu da RDUS nin anjiyografinin yerini alamayacağını göstermektedir. Bizim çalışmamız anjiyografi yapılması gereken hastaların uygun seçimine olanak sağlayan bir yöntem sunmaktadır.

Buna ilave olarak her hasta teknik olarak RDUS incelemesi için uygun olmayabilir ve karotis arterin tamamı da zaten RDUS ile incelenemez. Çalışmamız RDUS nin yapılacak olan anjiyografi sayısını azaltan etkili bir görüntüleme yöntemi olduğunu göstermektedir. RDUS böylece hem morbidite(17-19) ve hem de maliyeti(20-22) azaltarak faydalı olmaktadır. RDUS nin rolü hakkında çeşitli çalışmalarda her merkezin anjiyografi veya cerrahi sonuçları ile karşılaştırarak oluşturduğu dupleks kriterlerini kullanmadan önce geçerliliğini göstermesi gerektiği rapor edilmektedir(13). Bu nedenle bu çalışma diğer merkezlerin çalışmaları için bir referans olmaktadır.

Sonuç olarak $PSH_{ica/ccca}$ nin 2,6 veya daha büyük olması %60-99 ICA stenozunun taranması için oldukça etkindir. $PSH_{ica/ccca}$ nin 4 veya daha yüksek olması durumunda anjiyografi yapmaksızın CEA yapmak oldukça güvenlidir. $PSH_{ica/ccca}$ nin 2,6-4 aralığında olması durumunda ise karotis arter stenozunun derecesini belirlemek için anjiyografi yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

1. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991;325:445-453.
2. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis. *Lancet* 1991;337:1235-1243.
3. Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study Collaborators. Endarterectomy in asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995;273:1421-1428.
4. Hankey GJ, Warlow CP, Molyneux AJ. Complications of cerebral angiography for patients with mild carotid territory ischaemia being considered for carotid endarterectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1990;53:542-548.
5. Davies KN, Humphrey PR. Complications of cerebral angiography in patients with symptomatic carotid territory ischaemia screened by carotid ultrasound. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1993;56:967-972.
6. Johnston DC, Chapman KM, Goldstein LB. Low rate of complication of cerebral angiography in routine clinical practice. *Neurology* 2001;57:2012-2014.
7. Willinsky RA, Taylor SM, terBrugge K ve ark. Neurologic complication of cerebral angiography: Prospective analysis of 2,899 procedures and review of the literature. 2003; 227:522-528.
8. Bendszus M, Koltzenburg M, Burger R ve ark. Silent embolism in diagnosis cerebral angiography and neurointerventional procedures: a prospective study. *Lancet* 1999;354:1594-1597.
9. Zwiebel WJ. Doppler evaluation of carotid stenosis. In: Zwiebel WJ, ed. *Intraduction to vascular ultrasonography* 4 th ed. Philadelphia. WB Saunders Company, 2000; 137-154.
10. Fontenelle LJ, Simpler SC, Hanson TL. Carotid duplex scan versus angiography in evaluation of carotid artery disease. *Am Surg* 1994; 60:864-868.
11. Hansen F, Bergqvist D, Lindblad B ve ark. Accuracy of duplex sonography before carotid endarterectomy-a comparison with angiography. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:331-336.
12. Kuntz KM, Skillman JJ, Whittemore AD ve ark. Carotid endarterectomy in asymptomatic patients-Is contrast angiography necessary? A morbidity analysis. *J Vasc Surg* 1995; 22:706-714-716.
13. Moneta GL, Edwards JM, Papanicolaou G ve ark. Screening for asymptomatic internal carotid artery stenosis: duplex criteria for discriminating 60% to 99% stenosis. *J Vasc Surg* 1995; 21: 989-994.
14. Khaw KT. Does carotid duplex imaging render angiography redundant before carotid endarterectomy? *Br J Radiol* 1997;70:235-238.
15. AbuRahma AF, White JF, Boland JP. Carotid endarterectomy for symptomatic carotid artery disease demonstrated by duplex ultrasound with minimal arteriographic findings. *Ann Vasc Surg* 1996;10:385-389.
16. Hood DB, Mattos MA, Mansour A ve ark. Prospective evaluation of new duplex criteria to identify 70% internal carotid artery stenosis. *J Vasc Surg* 1996;23:254-261.
17. Strandness DE Jr. Extracranial arterial disease. In: Strandness DE Jr, ed. *Duplex scanning in vascular disorders*. 1st ed. New York: Raven Press, 1993;113-157.
18. Chervu A, More WS. Carotid endarterectomy without arteriography. *Ann Vasc Surg* 1994;8:296-302.
19. Hill Jc, Carbonenau K, Baliga PK ve ark. Safe extracranial vascular evaluation and surgery without preoperative arteriography. *Ann Vasc Surg* 1996;4: 34-38.
20. Garrard CL, Manord JD, Ballinger BA ve ark. Cost saving associated with the nonroutine use of carotid angiography. *Am J Surg* 1997;174:650-653.
21. Neale ML, Chambers JL, Kelly AT ve ark. Reappraisal of duplex criteria assess significant carotid stenosis with special reference to reports for the North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial and European Carotid Surgery Trial. *J Vasc Surg* 1994;20:642-649.
22. Fillinger MF, Baker RJ, Zwolak RM ve ark. Carotid duplex criteria for a 60% or greater angiographic stenosis: Variation according to equipment. *J Vasc Surg* 1996;24:856-864.

