

Ekstrakraniyal Karotis Arter Stenozunun Tanısı: Spiral Bilgisayarlı Tomografik Anjiyografi ile İlk Deneyimlerimiz

610

Poyanlı*, Şükrü Dilege**, İnci Baltepe*, Murat Kayabalı**, İzzet Rozanes*

*İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı

**İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Genel Cerrahi Anabilim Dalı, Periferik Damar Ünitesi

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada karotis arter stenozunun spiral bilgisayarlı tomografik anjiyografi (BTA) ile değerlendirilerek, sonuçların dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA) bulgularıyla karşılaştırılması ve spiral BTA'nın tanısallık değerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod: Aralık 1999 ile Mayıs 2000 tarihleri arasında, on olguda ekstrakraniyal karotis arter hastalığının değerlendirilmesi amacıyla spiral BTA yapıldı. Olguların altısı (%60) kadın, dördü (%40) erkek olup, yaşları 62-74 (ortalama 69.1) arasında değişmekteydi. Stenoz derecesi, The North American Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) kriterlerinden belirlenen kriterler gözönüne alınarak sınıflandırıldı.

Bulgular: Şiddetli hareket ve yutkunma artefaktı nedeniyle karotis arterlerin spiral BTA ile değerlendirilemediği bir olgu çalışma dışında bırakılmıştır. Semptomatik serebrovasküler hastalık hikayesi olan ve doppler US ile şiddetli stenoz saptanan dokuz olguda spiral BTA ile de >%70 stenoz saptanmıştır. Bu olguların tamamında internal karotis arter (İKA) stenoz derecesi DSA bulgularıyla tam korelasyon göstermiştir. Geçici iskemik atak hikayesi olan bir olguda da spiral BTA ile hafif stenoz saptanmış ve bu olguda takip kararı alınmıştır.

Sonuç: Spiral BTA, multiplanar inceleme özelliği, plak kalsifikasyonu, stenoz derecesini belirlemedeki başarıları ve verdiği ayrıntılı anatomik bilgiyle karotis arter hastalığının değerlendirilmesinde gelecek vaat eden, güvenli bir görüntüleme yöntemidir. Ancak elde edilen bulguların daha geniş çalışma gruplarında yapılacak incelemelerle desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karotiser, stenoz ve tıkanma, bilgisayarlı tomografi

SUMMARY

DIAGNOSIS OF EXTRACRANIAL CAROTID STENOSIS: Our initial experience with spiral CT angiography

Purpose: The purpose of this study was to investigate the diagnostic value of spiral CT angiography (CTA) in carotid artery stenosis and to compare the results with digital subtraction angiography (DSA) findings.

Material and Methods: Between December 1999 and May 2000, spiral CTA was performed in ten patients for evaluation of extracranial carotid artery disease. There were six females (60 %) and four males (40 %) with an age range of 62-74 (average: 69.1years). Degree of stenosis has been classified according to the criteria established by The North American Carotid Endarterectomy Trial (NASCET).

Results: One case has been excluded from the study due to severe motion and swallowing artifacts resulting in suboptimal CTA. >70 % stenosis has been detected in spiral CTA in nine cases with symptomatic cerebrovascular disease and severe stenosis on Doppler sonography. Degree of stenosis in the internal carotid artery was in precise agreement with DSA findings in all of these cases. In one case with history transient ischemic attack, minor stenosis has been detected in spiral CTA and conservative follow up has been agreed upon.

Conclusion: Spiral CTA is a safe and promising modality in the evaluation of carotid artery stenosis with its multiplanar imaging capability, superior anatomic detail and ability to detect calcifications and exact degree of stenosis. On the other hand, the results need to be supported with data from larger series.

Key Words: Carotid arteries, stenosis or obstruction; Computed tomography; Three dimensional imaging.

Karotis arterinin, bilgisayarlı tomografi (BT) ile değerlendirilmesi yeni bir görüş değildir ve aksiyel BT kesitleri kullanılarak görüntülenmesi ilk kez 1982 yılında günde-

me gelmiştir (1).

Bilgisayarlı tomografik anjiyografinin (BTA) geliştirilmesi ise spiral BT cihazlarının kullanıma sunulmasıyla mümkün olabilmektedir. Spiral BT'nin



Resim 1a,b. Üç hafta önce aniden başlayan sol kol ve bacak güçsüzlüğü şikayetleri bulunan 70 yaşındaki bayan hastanın (a) MIP görüntüleri ve (b) üç boyutlu BTA'larında sağ İKA proksimalindeki >%95 stenoz izlenmektedir.

özelliği, hasta dönen gantry içinde sürekli ilerlerken, hızla ve devamlı bilgi alınabilmesidir (2). Bu şekilde saniyeler içinde, sıklıkla tek bir nefes tutma periyodunda, değerlendirilecek bölge taranmakta ve hareket ve solunuma bağlı artefaktlar minimale indirgenebilmektedir. İntravenöz (İV) bolus tarzında kontrast madde verildikten sonra zamanlama doğru yapıldığı takdirde, incelenecek olan vasküler yapıyı içerisindeki kontrast madde miktarının en yüksek olduğu dönemde görüntülemek mümkün olabilmektedir (3). Bu kaynak görüntülerin rekonstrüksiyonu sonucunda konvansiyonel anjiyografiye benzer görüntüler elde edilmekte ve konvansiyonel anjiyografiden farklı olarak tek dozda kontrast madde ile taranan bölgeden elde edilen görüntülerin istenen planda değerlendirilebilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada karotis arter stenozunun spiral BTA ile değerlendirilerek, sonuçların dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA) bulgularıyla karşılaştırılması ve spiral BTA'nın tanısal değerinin araştırılması amaçlanmıştır.

GEREKÇE VE YÖNTEM

Aralık 1999 ile Mayıs 2000 tarihleri arasında,

10 olguda ekstrakraniyal karotis arter hastalığı değerlendirilmesi amacıyla spiral BTA yapıldı. Olguların altısı (%60) kadın, dördü (%40) erkek olup, yaşları 62-74 (ortalama 69.1) arasında değişmekteydi.

Semptomatik serebrovasküler hastalık hikayesi olan dokuz olguda doppler ultrasonografi (US) ile şiddetli stenoz saptanırken, bir kez geçirilmiş ön sistem geçici iskemik atak bulgusu da eden bir olguda ise, kalsifiye plak nedeniyle doppler US ile stenoz derecesi belirlenemedi.

Çekimler, Somaris/2 Plus S B30B Spiral BT cihazı (Siemens, Erlangen, Almanya) ile gerçekleştirildi.

Servikal topogram alındıktan sonra, servikal altı-yedi disk mesafesinden başlanarak süperion doğru, kafa tabanına dek uzanan alan tarandı.

100 ml noniyonik kontrast madde, antekubital vene yerleştirilen 20 G'lik kanül yoluyla ve pompa enjektörle 3 ml/sn hızla verildi. Kontrast madde verilmeye başlandıktan 15 sn sonra, kesit kalınlığı ve aralığı 2 mm, masanın hızı 2 mm/sn olacak şekilde çekime başlandı. Çekim süresi taranan bölgenin uzunluğuna göre 20-30 sn arasında değişmekteydi.

Çekim tamamlandıktan sonra kesit kalınlığı



Resim 2a,b,c,d,e. İki hafta önce aniden ortaya çıkan sol kol güçsüzlüğü şikayeti bulunan 74 yaşındaki bayan hastanın aksiyel kaynak BT kesitlerinde (a) Sağ İKA ve eksternal karotis arter (EKA) orjiniinde, özellikle İKA'da şiddetli stenoza yol açan kalsifiye plaklar izlenmekte. (b) 1 cm uzunluğundaki stenotik segmentte, stenozun en şiddetli olduğu kesitte sadece anteriorda minimal akıma izin veren bipodens karakterde plak izlenmekte. (c) ve (d) Farklı planlarda alınan MIP görüntülerinde çevresel kalsifiye plağın yol açtığı şiddetli stenoz gözlenmekte. (e) Aynı olguda benzer dansiteye sahip olan kontrast madde ile kalsifikasyonun ayrımının mümkün olmadığı üç boyutlu görüntüler, stenoz derecesinin değerlendirilmesinde kullanılmamıştır.

çıkartmak suretiyle iki ve üç boyutlu rekonstrüksiyonu yapılacak imajlar haline getirildi. Bu imajlar kullanılarak iki boyutlu görüntüler olan maximum intensity projection (MIP) görüntüleri ve spiral BT cihazının software'inde bulunan surface shaded display (SSD) algoritması kullanılarak, üç boyutlu görüntüler elde edildi.

Rekonstrüksiyon için gerekli süre 20-40 dakika arasında değişmekteydi.

olacak şekilde rekonstrüksiyon gerçekleştirildi.

Elde edilen aksiyel kesitler, spiral BT cihazının software'inde bulunan volume rendering technic (VRT) programı kullanılarak, karotis arter ve dalları görüntü alanına alınıp; kemik, larenks kıkırdak kalsifikasyonları ve jugüler veni



Resim 3a,b. 1kt saat önce aniden başlayan sol bacadaki güçsüzlük şikayeti bulunan 59 yaşındaki bayan hastanın (a) aksiyel kaynak görüntülerinde ve (b) MIP görüntülerinde sol İKA proksimalinde şiddetli stenoza yol açan kalsifiye plak izlenmekte.

Aksiyel kaynak görüntüler ile iki ve üç boyutlu görüntüler kullanılarak stenoz derecesi, kalsifikasyon, trombüs, ülsere plak ve diseksiyon varlığı ile anatomik varyasyonlar araştırıldı.

Stenoz derecesi, The North American Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) tarafından belirlenen kriterler gözönüne alınarak sınıflandırıldı (4). Buna göre karotis stenozunun derecesi, stenozun en şiddetli olduğu segmentteki çap ile stenozun distalindeki normal internal karotis arter (İKA) çapı karşılaştırılarak belirlendi. % 0-29 stenoz; hafif, % 30-69 stenoz; orta, % 70-99 stenoz; şiddetli stenoz olarak değerlendirilirken, akım izlenmemesi oklüzyon olarak nitelendirildi.

SONUÇLAR

Şiddetli hareket ve yutkunma artefaktı nedeniyle karotis arterlerin spiral BTA ile değerlendirilemediği bir olgu çalışma dışında bırakılmıştır.

Semptomatik serebrovasküler hastalık hikayesi olan ve doppler US ile şiddetli stenoz saptanan dokuz olguda spiral BTA ile de >%70 stenoz saptanmıştır. Bu olguların tamamında İKA stenoz derecesi DSA bulgularıyla tam korelasyon göstermiştir.

Geçici iskemik atak hikayesi olan bir olguda ise spiral BTA ile hafif stenoz saptanmış ve bu olguda takip kararı alınmıştır.

Spiral BTA ile hiçbir olguda yalancı pozitif oklüzyon tanısı konmamıştır.

Karotis arterlerin servikal segmentinde fokal ve altındaki lümenin değerlendirilmesini engelleyen kalsifikasyon tüm olgularımızda bulunmaktaydı. Ancak üç (% 30) olguda, üç boyutlu

görüntülerde kalsifikasyonun komşuluğunda lümenin değerlendirilmesini engelleyen çevresel ve yoğun kalsifikasyon bulunmaktaydı. Bu olgularda değerlendirmeler aksiyel kaynak görüntüler esas alınarak yapıldı ve sonuçlar DSA bulgularıyla uyumlu bulundu.

Bir olguda şiddetli tortüozite izlenmiştir.

Ülser, diseksiyon ve anatomik varyasyon hiç bir olguda gözlenmemiştir.

TARTIŞMA

Karotis arter hastalığında stroke riski, stenoz derecesiyle direkt bağlantı göstermektedir. NASCET ve The European Carotid Surgery Trial'ın yapmış oldukları çalışmalarda, şiddetli karotis stenozu bulunan semptomatik olgularda, profilaktik karotis endarterektomisinin (KEA) medikal tedaviye üstünlüğü ispatlanmıştır (4, 5). Bu nedenle stenoz derecesinin belirlenmesi cerrahi tedavi gerektiren olguların (şiddetli stenoz), cerrahi tedavi gerektirmeyen olgulardan ayrımı açısından büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde yukarıda sözü edilen çalışmalarda ışığında pekçok ülkede giderek artan sıklıkta KEA yapılmaktadır ve buna rağmen operasyona bağlı morbidite ve mortalite oranları gerilemekte ve %3'ün altında olarak bildirilmektedir (4, 6). Perioperatif risk azaldıkça, karotis arter hastalığının tanısında altın standart olarak kabul



Resim 4. Dört gün önce aniden başlayan sol kol ve bacak güçsüzlüğü şikayetleri bulunan 70 yaşındaki bayan hastanın üç boyutlu BTA görüntüsünde sağ İKA'da stenoz ve tortilezite gözlenmekte.

edilen diagnostik anjiyografinin %0,9-3,9 oranlarında bildirilen mobidite ve mortalite riski daha çok tartışılmaya başlanmıştır (7). Karotis anjiyografisinin riskleri gözardı edilse dahi, maliyeti fazla dupleks sonografi, manyetik rezonans anjiyografi (MRA) ve spiral BTA'yı aşmaktadır. Bu bulgular anjiyografiye alternatif olabilecek, etkin, güvenilir, ucuz ve invazif olmayan modalitelerin araştırılma neden olmuştur. Dupleks sonografi, MRA ve son yıllarda spiral BTA üzerinde çalışılan bu alternatif görüntüleme yöntemlerini oluşturmaktadır. Bir ön çalışma niteliğinde olan bu çalışmada karotis arter stenozunda spiral BTA'nın tanısal değerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada spiral BTA ile her olguda doğru karotis stenozu derecelendirilmesi gerçekleştirilmiştir ve bulgular literatürle uyumlu bulunmuştur (8-11). MRA ve sonografinin en büyük dezavantajlarından biri olarak kabul edilen prestenozlu hastalık-oklüzyon ayrımındaki hatalar, spiral BTA'da izlenmemektedir ve şiddetli stenoz ile oklüzyonun ayrımında spiral BTA'nın doğru oranı %100 olarak bildirilmektedir (8, 9).

Cumming ve ark. anjiyografi ile %100 oklüzyon olmadığını söyleyemedikleri bir olguda, spiral BTA ile çok net bir şekilde arterin oklüde olmadığını ortaya konabildiğini bildirmişlerdir (9). Dillon ve ark. benzer bir olguyu 1993 yılındaki bir çalışmalarında sunmuşlardır (12). Bu olgularda spiral BTA'nın, anjiyografiye üstün olması, BT'nin kontrast dansitesindeki değişikliklere daha duyarlı olmasına ve kan akımının ileri derecede azaldığı olgularda da damarın dolmasına izin verecek yeterli inceleme süresinde gerçekleştirilmesine bağlamışlardır (9, 12).

BT ile çok ince kalsifikasyonların dahi büyük bir hassasiyetle gösterilebilmesi, spiral BTA'yı kalsifikasyonun gösterilmesinde anjiyografi de dahil olmak üzere tüm modalitelerden daha üstün hale getirmektedir. Link ve ark. yapmış oldukları çalışmalarında hastaların sadece %56'sında kalsifiye plakların DSA ile doğru olarak yorumlandığını bildirmişlerdir (11). Dupleks incelemede bilgi almanın mümkün olmadığı ve MRA'da sinyal kaybına neden olan çepeçevre kalsifiye plak bulunan olgularda, aksiyel kaynak kesitler ve MIP görüntüleri kullanılarak spiral BTA ile stenozun derecesini net bir şekilde ortaya koymak mümkündür (8-11). Bu olgularda kullanılan eşik değer nedeniyle kontrast madde ile kalsifikasyonun ayrımının mümkün olmadığı üç boyutlu görüntüler kullanılmamaktadır (11). Kalsifiye plakların BT cihazında bulunan programlarla yok edilmesi mümkündür ancak kalsifikasyonla birlikte ona komşu piksellerin de uzaklaştırılması, stenozun olduğundan daha fazla değerlendirilmesine yol açtığından tercih edilmemektedir (3, 13).

Ülsere plaklar, emboli riskini artırabilmektedir ve bu nedenle saptanmaları büyük önem taşımaktadır (14). Cumming ve ark. anjiyografide ülsere plak saptadıkları tüm olgularda, spiral BTA ile de bunu doğruladıklarını bildirmişlerdir (9). Literatürde çok küçük ülsereasyon ve düzenliliklerin, multiplaklar olması ve damar lümeni ile damar duvarını inceleme özelliği sayesinde, spiral BTA ile daha iyi ortaya konabileceği vurgulanmaktadır. Sınırlı sayıda olgudan oluşan çalışma grubumuzda ise ülsere plak izlenmemiştir.

Karotis arterde aşırı tortüöz seyir ve loop oluşumu, özellikle bifurkasyon stenozu ile birlikte olduğunda cerrahi tedavi gerektirebilmektedir (12). MRA'da akım artefaktlarına yol açan loop ve kink'ler, lümen içindeki akımdan bağımsız

olarak lümendeki kontrast madde miktarını yansıtan ve dolayısıyla akıma bağlı artefaktların izlenmediği, spiral BTA ile net bir şekilde ortaya konabilmektedir (11, 15). Bu çalışmada da bir olguda şiddetli stenoz ile birlikte olan loop oluşumu cerrahi tedavi ile düzeltilmiştir.

Serebral anjiyografinin, başka hiçbir görüntüleme yöntemiyle başırlamayan temel avantajı, tüm damarların ayrıntılı olarak incelenebilmesidir. Anjiyografiyle karşılaştırıldığında, spiral BTA'nın bir diğer dezavantajını tandem lezyonların inceleme alanı dışında kalabilmesi oluşturmaktadır. Ancak KEA sonrası semptomların iyileşmesi, operatif stroke, geç stroke ve operatif mortalite riski açısından tandem lezyonu olan ve olmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bilinmektedir (16-18).

Spiral BTA, dupeks sonografiden farklı olarak, uygulayan kişiden bağımsız, standardize edilmiş bir işlemdir. Bununla birlikte standardize sonuçların elde edilmesi, uygun protokol ve inceleme tekniği ile yeterli miktar ve hızda kontrast madde kullanımına bağlıdır.

Spiral BTA, sadece IV kontrast madde injeksiyonunu gerektiren minimal invazif bir girişimdir ve hasta anjiyografiden daha az miktarda radyasyona maruz kalmaktadır (10). Elde edilen kaynak görüntülerin istendiği zaman, ek kontrast madde kullanımına gerek kalmadan, istenen planda rekonstrüksiyonu gerçekleştirilebilmektedir (3). Spiral BTA ile anjiyografi görüntülerine benzer rekonstrükte görüntüler elde edilmekte ve bu şekilde yorumlanması kolaylaştırılabilmektedir.

Spiral BTA'da inceleme kısa ve geniş bir gantry içinde gerçekleştirildiğinden klostrofobi sınırlı bir sorundur.

MRA'dan farklı olarak kardiyak pacemaker gibi implantı olan olgularda rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Spiral BTA'nın nörolojik komplikasyon riski bulunmamaktadır (10). Kontrast maddeye karşı alerjik reaksiyon ve böbrek fonksiyonlarının yetersiz olması spiral BTA'nın kontrendikasyonları oluşturur.

İnceleme çok kısa bir süre içinde gerçekleştirildiğinden, spiral BTA ile hareket ve solunum artefaktları minime indirgenebilmektedir. Ancak yine de hasta ile kooperasyon şarttır. Bu çalışma grubunda bir olgu hastalık hakkında yeterli bilgi edinilmesini engelleyen şiddetli hareket

ve yutkunma artefaktı nedeniyle çalışma dışında bırakılmıştır.

Son yıllarda literatürde, IV kontrast madde verilerek gerçekleştirilen üç boyutlu MRA'nın (3B MRA), MRA'nın, stenoz derecesinin abartılı yorumu, yutkunma veya hareketten kaynaklanan artefaktlar, damarların dallanma ya da dönüşlerinden veya atherom plağındaki eski kanama ve kalsifikasyonların yol açtığı lokal alan heterojenitesinden kaynaklanan akım artefaktları gibi sınırlamalarının üstesinden gelebilecek, gelecek vaat eden bir görüntüleme yöntemi olduğuna dair çalışmalar bildirilmektedir (19, 20). Bu teknikler şiddetli stenoz bulunan segment ve stenoz distalinde izlediğimiz çok yavaş akımları dahi kolaylıkla saptanarak, stenoz derecesinin DSA'ya benzer tekniklerle ölçülebildiği ileri sürülmektedir. Şu an için 3B MRA ile karotis stenozunun tam derecesini saptamak için kullanılacak optimal kontrast madde miktarı, hızı, kullanılacak matris ve kontrast madde verdikten ne kadar sonra çekime başlanacağı cevaplanması gereken, üzerinde çalışılan sorulardır.

Sonuç olarak spiral BTA, kullanımı kolay ve karotis bifurkasyonundaki stenoz derecesinin saptanmasında etkin ve güvenli bir tanı yöntemi. İşlemin temelini DSA'da olduğu gibi damar lümenini kontrast madde ile doldurmak oluşturmaktadır ve spiral BTA ile plak morfolojisi ve kalsifiye stenotik lezyonlar net bir şekilde ortaya konabilmektedir. Bundan sonraki aşamaları spiral BTA ve ona en yakın doğruluktaki kişiye bağımlı olmayan modalite olan kontrastlı 3B MRA'nın bulgularını karşılaştıran çalışmaların yapılması, elde edilen umut verici bulguların geniş çalışma gruplarıyla desteklenmesi ve teknoloji deki gelişmelerle, görüntü kalitesi ve görüntülerin işlenmesi aşamasındaki ilerlemeler oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Riles TS, Posner MP, Cohen WS, et al. The totally occluded carotid artery: Preliminary observations using rapid sequential computerized tomographic scanning. Arch Surg 1982; 117: 1185-1188.
2. Siemens Medical Systems. Spiral volumetric CT with single-breathe-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. Radiology 1990; 176: 181-183.
3. Napel S, Marks MP, Rubin GD, et al. CT angiography using helical CT and maximum intensity projections. Radiology 1992; 185: 607-610.

- 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.
- European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. MRC European Carotid Surgery Trial: Interim results for symptomatic patients with severe (70% and 99%) or with mild (0% and 29%) carotid stenosis. *Lancet* 1991; 337: 1235-1243.
- Husner DJ, Nicholas GG, Reed JF III. Death and adverse cardiac events after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1994; 19: 615-622.
- Mani R, Eisenberg R, McDonald E, et al. Complication of catheter cerebral angiography: Analysis of 5000 procedures-I. Criteria and incidence. *Am J Roentgenol* 1978; 131: 861-865.
- Marks MP, Napel S, Jordan JE, et al. Diagnosis of carotid artery disease: preliminary experience with maximum-intensity-projection spiral CT angiography. *AJR* 1993; 160: 1267-1271.
- Cumming MJ, Morrow IM. Carotid artery stenosis: a prospective comparison of CT angiography and conventional angiography. *AJR* 1994; 163: 517-523.
- Link J, Brossmann J, Penselin V, et al. Common carotid artery bifurcation: Preliminary results of CT angiography and color-coded duplex sonography compared with digital subtraction angiography. *AJR* 1997; 168: 361-365.
- Link J, Brossmann J, Grabener M, et al. Spiral CT angiography and selective digital subtraction angiography of internal carotid artery stenosis. *AJNR* 1995; 17: 89-94.
- Dillon EH, van Leeuwen MS, Fernandez MA, et al. CT angiography: application to the evaluation of carotid artery stenosis. *Radiology* 1993; 189: 211-219.
- Schwartz RB, Jones KM, Chernoff DM, et al. Common carotid artery bifurcation: evaluation with spiral CT. *Radiology* 1992; 185: 513-519.
- Fisher M, Martin A, Cosgrove M. Carotid artery plaques in the NASCET and ACAS projects (abstr). *Neurology* 1992; 42(S-3): 204.
- Patel MH, Klufas RA, Kim D, et al. MR angiography of the carotid bifurcation: artifacts and limitations. *AJR* 1994; 162: 1431-1437.
- Schuler JJ, Flanagan DP. Tandem lesions of the extracranial and intracranial carotid artery: Management and results. In: Moore WS, ed. *Surgery for cerebrovascular disease*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1996: 513-519.
- Schuler JJ, Flanagan DP, Lim LT, et al. The effect of carotid siphon stenosis on stroke rate, death and relief of symptoms following elective carotid endarterectomy. *Surgery* 1982; 92: 1058-1067.
- Roederer GO, Langlois YE, Chan ARW, et al. Is siphon disease important in predicting outcome of carotid endarterectomy? *Arch Surg* 1983; 118: 1177-1181.
- Alley MT, Shifrin RY, Pelc NJ, et al. Ultrafast contrast enhanced three dimensional MR angiography: State of the art. *Radiographics* 1998; 18: 273-285.
- Willig DS, Turski PA, Frayne R, et al. Contrast enhanced 3D MR DSA of the carotid artery bifurcation: Preliminary study of comparison with unenhanced 2D and 3D time of flight MR angiography. *Radiology* 1998; 208: 447-451.