

Nöronavigasyona ameliyat sırasında ultrasonografinin eklenmesinin sensorimotor korteks lezyonlarının cerrahi tedavisine katkısı

The contribution of intraoperative integration of ultrasonography into neuronavigation to the surgical treatment of sensorimotor cortex lesions

Ahmet MENKÜ, Bülent TUCER, Ali KURTSOY, İ. Suat ÖKTEM, Hidayet AKDEMİR

Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı

AMAÇ

Nöronavigasyona ameliyat sırasında ultrasonografik takibin katılmasıyla yürütülen sensorimotor korteks lezyonlarının cerrahi tedavisi değerlendirildi.

ÇALIŞMA PLANI

Sensorimotor korteks yanında veya üzerinde lezyon saptanan 18 hasta (10 erkek, 8 kadın; ort. yaş 43; dağılım 3-67) nöronavigasyon tekniğine ultrasonografik takibin katılmasıyla ameliyat edildi. Ameliyat öncesindeki navigasyon planlaması önce karşı hemisferdeki merkezi sulkus, daha sonra aynı hemisferde hem lezyon hem de merkezi sulkus ayrı ayrı belirlenerek yapıldı. Ameliyat öncesindeki, erken ameliyat sonrası ve birinci ay sonundaki nörolojik bulgular karşılaştırıldı.

BULGULAR

Navigasyon bilgisayarının hesapladığı tanımlama doğruluğu ortalama 0.7 mm (dağılım 0.4-1.2 mm) bulundu. Merkezi sulkus olguların tümünde karşı hemisferde tanımlanırken, lezyon tarafındaki hemisferde 14 olguda tanımlanabildi. On dört olguda lezyon tümüyle çıkarıldı; dördünde subtotal rezeksiyon yapıldı. Ameliyat öncesinde motor nörolojik defisiti olan 15 olgunun birinci ay kontrolünde nörolojik defisitlerde %95 oranında iyileşme görüldü. Hiçbir olguda ölüm görülmedi; morbidite %5.5 bulundu.

SONUÇ

Sensorimotor korteks yerleşimli lezyonlarda, nöronavigasyona ameliyat sırasında ultrasonografinin eklenmesi kranyotomiye ve yüzey anatomisini belirlemede yardımcı olmaktadır.

Ahatar sözcükler: Beyin haritalandırması; beyin neoplazmları; görüntü işlem, bilgisayar destekli; manyetik rezonans görüntüleme; motor korteks; cerrahi, bilgisayar destekli; ultrasonografi.

OBJECTIVES

We evaluated the surgical treatment of sensorimotor cortex lesions performed under the guidance of intraoperative ultrasonography integrated into neuronavigation.

STUDY DESIGN

Eighteen patients (10 males, 8 females; mean age 43 years; range 3 to 67 years) underwent surgery for cortical or subcortical lesions under the guidance of intraoperative ultrasonography integrated into neuronavigation. Preoperative navigation planning included localization of the central sulcus in the normal hemisphere followed by localizations of the lesion and the central sulcus on the involved side. Findings of the neurologic examination obtained preoperatively, in the early postoperative period, and at the end of the first month were compared.

RESULTS

The mean registration accuracy provided by the system was 0.7 mm (range 0.4 to 1.2 mm). Through neuronavigation, the central sulcus was correctly defined in the normal hemisphere in all cases, and in 14 cases on the involved side. Total resection was performed in 14 patients and subtotal resection in four patients. Of motor neurologic deficits detected in 15 patients preoperatively, 95% improved at the end of the first postoperative month. Mortality and morbidity rates were 0% and 5.5%, respectively.

CONCLUSION

The integration of intraoperative ultrasonography into neuronavigation highly improves the accuracy of craniotomy and localization of the cortical or subcortical lesions of the sensorimotor cortex.

Key words: Brain mapping; brain neoplasms; image processing, computer-assisted; magnetic resonance imaging; motor cortex; surgery, computer-assisted; ultrasonography.

• Geliş tarihi: 23.12.2002 Düzeltme: 23.06.2003 Kabul tarihi: 12.08.2003

• İletişim adresi (Reprint requests to): Dr. Ahmet Menkü, Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, 38039 Kayseri. Tel: 0352 - 437 49 01 / 21705 Faks: 0352- 437 29 34 e-posta: menkua@hotmail.com

Sensorimotor korteks yerleşimli lezyonların cerrahi tedavisindeki esas amaç normal beyin dokusu ve işlevlerinin korunarak lezyonun tamamının çıkartılmasıdır. Ameliyat sonrası nörolojik defisitleri azaltmak için beyin lokal morfolojik anatomisi, işlevsel organizasyonu iyi bilinmelidir. Beyin haritasının çıkarılmasında ameliyat sırasında kullanılan invaziv yöntemler altın standart olmasına rağmen, gereken bilgiler ameliyat öncesinde invaziv olmayan tekniklerle de elde edilebilmektedir. Merkezi sulkusun (MS) belirlenmesinde ameliyat sırasında ultrasonografi (USG),^[1,2] tanı koydurucu manyetik rezonans görüntüleme (MRG),^[3,4] somatosensöri uyarılmış potansiyel (SSEP) diploe trasesi,^[5] pozitron emisyon tomografi (PET),^[6] manyetoensefalografi (MEG)^[7,8] ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG)^[9-11] gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Günümüzde ameliyat öncesinde hazırlanan fonksiyonel beyin haritaları çerçevesiz stereotaksi birimi içinde birleştirilerek ameliyat sırasında interaktif olarak kullanılmaya başlanmıştır.^[8,12-16] Ameliyat sırasında uygulanan üç boyutlu görüntü destekli tekniklerin tümör rezeksiyonunda cerrahiye bağlı ölüm oranını %3-5, morbiditeyi %10 oranında azalttığı bildirilmiştir.^[17]

Bu çalışmada, sensorimotor korteks üzerinde ve yanında yerleşen lezyonların rezeksiyonunda, lezyonun ve sulkal anatomisinin belirlenmesi için MRG ile yapılan navigasyon ve elde edilen bilgilerin ameliyat sırasında uygulanan USG ile entegrasyonu değerlendirildi.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Haziran 2000-Temmuz 2002 tarihleri arasında kliniğimizde nöronavigasyon ile cerrahi tedavileri yapılan 256 olgudan, sensorimotor korteks yerleşimli 18 olgunun (10 erkek, 8 kadın; ort. yaş 43; dağılım 3-67) cerrahi bulguları prospektif olarak değerlendirildi. Ameliyat öncesinde MRG ile belirlenen tümörler, MS'nin önünde yerleşenler (presantral); MS'nin arkasında yerleşenler (postsantral) ve her iki bölgede yerleşim gösterenler olarak üç grupta incelendi. Olguların genel özellikleri Tablo I'de gösterildi.

Ameliyat öncesinde, Phillips Gyracon NT 1.5 T MRG cihazı ile baş sargısı kullanılarak T₁-ağırlıklı (A) aksiyel turbo spin eko (TSE), T₂ A aksiyel TSE, T₂ A koronal TSE, T₁ A sagittal TSE ve FLAIR (fluid-attenuated inversion recovery) aksiyel

görüntüler alındı. Görüntülemeye FOV 230 mm; matriks 256x256; kalınlık 2 mm; aralık 1 mm; NSA 2-3; TE/TR 100/4400 msn (T₂ A TSE), 14/562 msn (T₁ A TSE), 100/6000 msn (FLAIR) parametreleri kullanıldı. İncelemeye intravenöz yoldan verilen 0.2 ml/kg gadolinyum dipentat ile alınan T₁ A aksiyel, sagittal ve koronal TSE görüntüler ile başlandı. Nöronavigasyon planlaması için beş veya altı skalp belirlendi ve 1 mm kesitinde tanı koydurucu MRG görüntüleri kullanıldı. Alınan görüntüler Vector Vision 2 ana bilgisayar sunucusuna (BrainLab, Heimstetten, Almanya) aktarıldı. Önce karşı hemisfer için MS planlaması yapıldı; sonra aynı hemisferdeki hem lezyon hem de tanımlanabilirse MS planlamaları ayrı ayrı yapıldı. Planlanması yapılan veriler zip disket ile ameliyat odasındaki nöronavigasyon birimine aktarılarak, tanımlama doğruluğu 2 mm içinde olacak şekilde yeniden değerlendirildi.

Genel anestezi altında hastanın pozisyonu ve Mayfield çivili başlık (OMI Surgical Products, Cincinnati, OH) tespitinden sonra planlanan verilerin tanımlamaları yapıldı ve üç boyutlu MR görüntüleri navigasyon monitörü üzerine yansıtıldı. Cilt insizyonu, lezyona uygun merkezli kranyotomi planlaması için navigasyon pointeri ve mikroskobu (NC 4, Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya) kullanıldı. Ultrasonografi ölçümleri (Toshiba Tosbee SSA-240A), dura açılmadan önce epidural uzaklıktan 7 MHz konveks prob ile gerçekleştirildi. Dura açıldıktan sonra, ayrı ayrı planlamaları yapılan lezyon ve sulkusların navigasyon mikroskobunda tanımlanmasına çalışıldı. Lezyonun sensorimotor korteksin lokal morfolojik anatomik yerleşiminin MS'yle ilişkisine göre, lezyon sulkusun önünde ise MS'nin önüne; lezyon sulkusun arkasında ise MS'nin arkasına kortikal insizyon yapıldı. Sensorimotor korteksin subkutan veya derin yerleşimli lezyonlarında subaraknoid uzaklık yoluyla transsulkal yaklaşım uygulandı.

Cerrahi sırasında oluşan beyin şiftine bağlı cerrahi sapmayı düzeltmek için üç boyutlu MRG kesitleriyle ameliyat sırasında elde edilen iki boyutlu USG görüntüleri birleştirildi ve bu işleme rezeksiyon sonuna kadar real-time olarak devam edildi. Beyin şifti gelişen olgularda USG ölçümü tekrarlanarak önceki planlananlar ile yeni elde edilen veriler birleştirildi. Böylece şifte bağlı navigasyon sapsmaları en düşük düzeye indirildi. Ultrasonografi

TABLO I

Nöronavigasyon ve ultrasonografi eşliğinde ameliyat edilen 18 olgunun klinik sonuçları

No	Yaş	Ameliyat öncesi	Nörolojik muayene bulgusu		Tanı	RD (mm)	Rezeksiyon genişliği	Merkezi sulkus hemisferi	
			Ameliyat sonrası erken	Ameliyat sonrası 1. ay				Sağ	Sol
1	38	Sağ hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Metastatik karsinom	0.8	Tam	+	+
2	65	Disfazi, sağ hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Tipik meningiom	0.6	Tam	+	+
3	60	Sağ hemiparezi	Artma	Kısmi düzelme	Atipik meningiom	0.9	Tam	+	+
4	20	Sağ hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Glioblastom	0.4	Subtotal	+	±
5	66	Normal	Normal	Normal	Tipik meningiom	1.2	Tam	+	+
6	17	Epilepsi	Düzelme	Düzelme	Astrositom evre 2	0.7	Subtotal	+	+
7	60	Disfazi, sağ hemiparezi	Artma	Değişmeme sekel	Glioblastom	0.5	Tam	+	?
8	3	Epilepsi, sağ hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Kavernom	0.4	Tam	+	+
9	67	Sol hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Glioblastom	1.4	Subtotal	?	+
10	17	Epilepsi	Düzelme	Düzelme	Oligodendrogliom	0.6	Tam	+	?
11	47	Sol hemiparezi	Tam düzelme	Tam düzelme	Tipik meningiom	0.8	Tam	+	+
12	62	Sol hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Nokardia absesi	0.4	Tam	+	+
13	38	Sol alt ekstremitede monoparezi	Tam düzelme	Tam düzelme	Tipik meningiom	0.5	Tam	+	+
14	46	Sol hemiparezi	Tam düzelme	Tam düzelme	Atipik meningiom	0.8	Tam	+	+
15	52	Disfazi, sağ hemiparezi, epilepsi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Metastatik karsinom	1.0	Tam	+	+
16	46	Sağ hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Astrositom evre 2	1.1	Subtotal	+	+
17	44	Sol hemiparezi	Kısmi düzelme	Tam düzelme	Tipik meningiom	0.6	Tam	+	+
18	27	Sol hemiparezi	Artma	Düzelme	AVM	0.8	Tam	+	+

RD: Registrasyon doğruluğu; ±: Şüpheli; AVM: Arteriyovenöz malformasyon.

ile ölçümler, rezeksiyon sonrası dura kapatıldıktan sonra epidural uzaklıktan tekrarlandı.

Hastaların ameliyat sonrası beşinci gün erken nörolojik muayeneleri yapılırken, ameliyat sonrası birinci ayda geç nörolojik muayeneleri yapılarak düzelme oranları belirlendi.

BULGULAR

Kullanılan nöronavigasyon birimi her olguda lezyon yerleşiminin belirlenmesinde başarılı bulundu. Merkezi sulkus tüm olgularda karşı hemisferde tanımlanırken, lezyon tarafındaki hemisferde 14 olguda net, bir olguda şüpheli olarak tanımlanabildi. Merkezi sulkusun net olarak tanımlanamadığı üç olguda glioblastom, astrositom, oligodendrogliom; şüpheli tanımlanan olguda ise meningiom vardı (Tablo I). Bu dört olguda yaygın peritümöral ödem gözlemlendi.

Lezyonlar dokuz olguda (%50) sağ, dokuz olguda (%50) sol hemisfer yerleşimli idi. Tüm olgular sağ elini kullanıyordu. Lezyonların sekizi pre-santral gyrus, dördü postsantral gyrus, altısı pre-postsantral yerleşimli bulundu. Histopatolojik dağılımda en sık meningiom ve glial tümör saptandı (Tablo I).

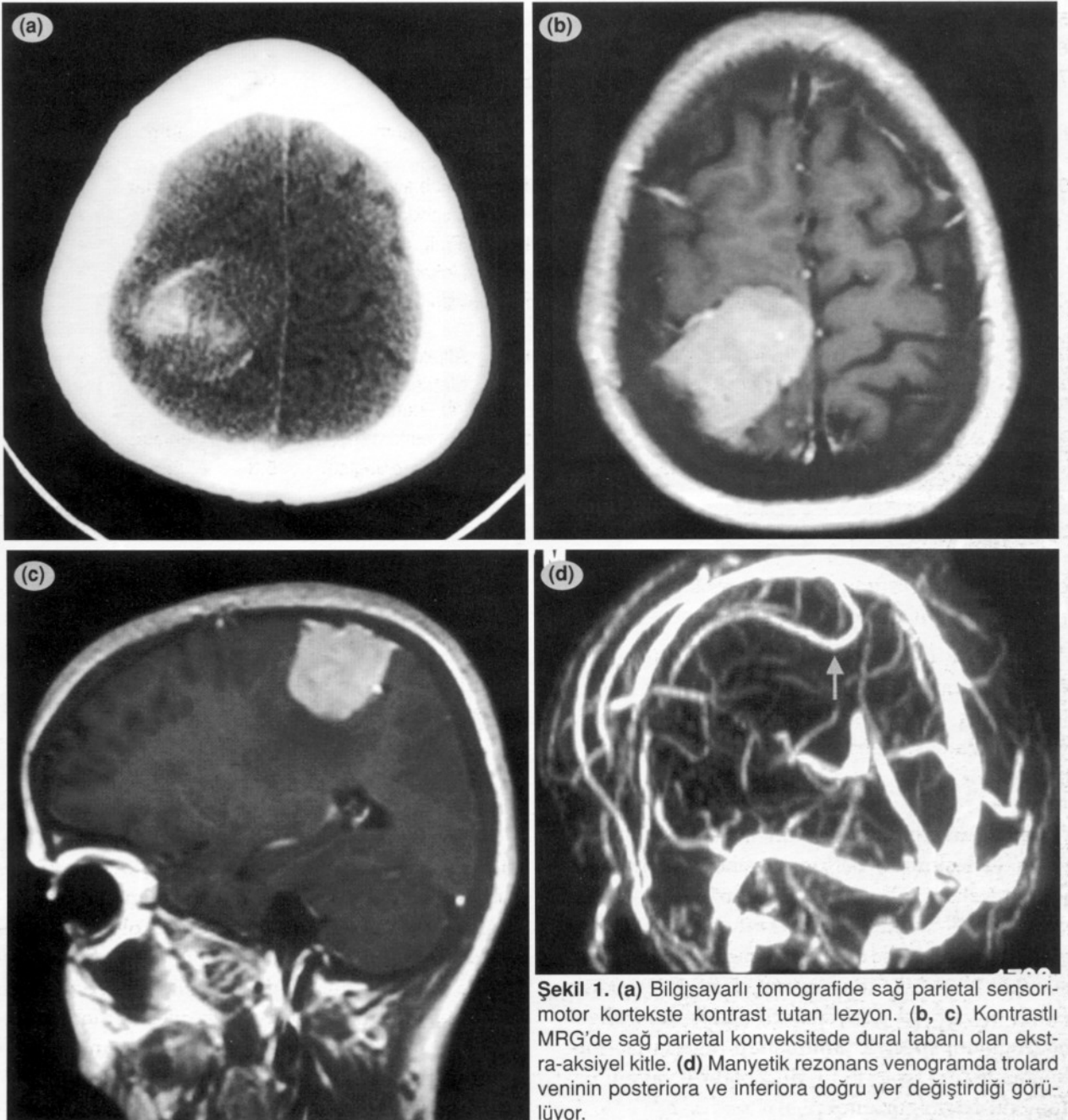
Nöronavigasyonun ameliyat sırasındaki hazırlığı ortalama 10 dakika, tanımlama doğruluğu 0.4-1.2 mm (ort. 0.7 mm) bulundu. Altı olguda (3 glioblastom, 2 astrositom, 1 nokardia absesi) rezeksiyon sırasında beyin şifti görüldü; 12 olguda şift görülmedi. İyi merkezli kranyotomi çapı 2-4 cm arasında değişiyordu. On dört olguda total, dördünde subtotal cerrahi rezeksiyon yapıldı. Ameliyat öncesinde motor nörolojik defisit saptanan 15 olgunun üçünde ameliyat sonrası erken dönemde geçici nörolojik kötüleşme görüldü. İki olgunun birin-

ci ay kontrolünde iyileşme gerçekleşti; bir olguda düzelme gözlenmedi (Tablo I). Ameliyat öncesinde motor nörolojik defisiti olan olguların birinci ay kontrollerindeki iyileşme oranı %95 bulundu. Hiçbir olguda ölüm görülmedi; morbidite %5.5 bulundu. Cerrahi tekniğin tanıtılması amacıyla, sağ parietal sensorimotor konveksite meningiomu saptanan bir olguya ait bilgiler özetlendi.

Kırk altı yaşında kadın hasta, üç gün önce sol el ve ağız köşesinde başlayan fokal nöbet ve sol

ayak distalinde 2/5 motor kuvvetsizlik nedeniyle kliniğimize yatırıldı. Bilgisayarlı tomografi (BT) incelemesinde sağ parietal sensorimotor kortekste kontrast tutan lezyon belirlendi (Şekil 1a). Kontrastlı MRG'de sağ parietal konveksitede dural tabanı olan ekstra-aksiyel kitle görüldü (Şekil 1b, 1c); MRG venogramda trolard veni posteriora ve inferiora doğru yer değiştirmişti (Şekil 1d).

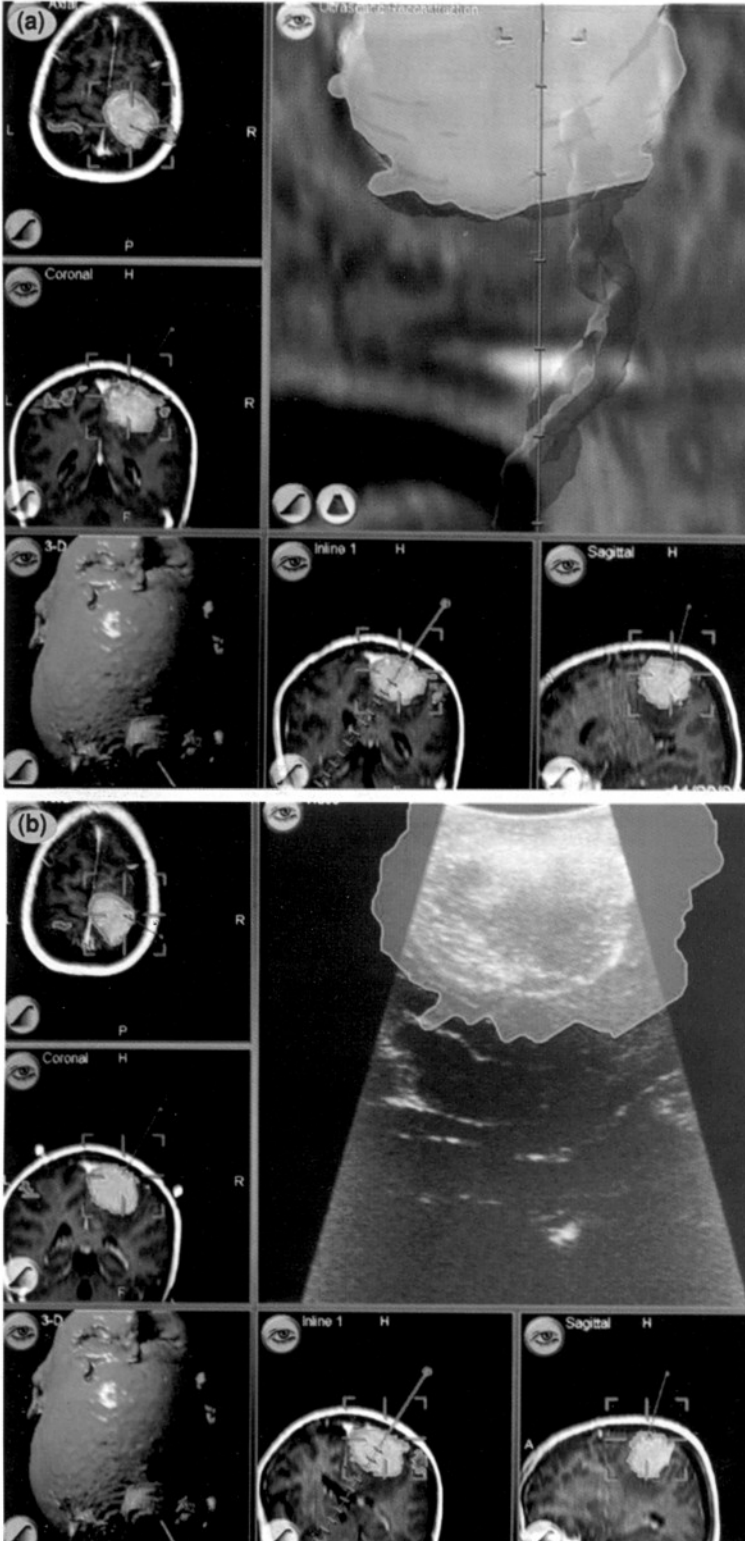
Genel anestezi altında nöronavigasyon eşliğinde lezyon üzerine uygun merkezli kranyotomi



Şekil 1. (a) Bilgisayarlı tomografide sağ parietal sensorimotor kortekste kontrast tutan lezyon. (b, c) Kontrastlı MRG'de sağ parietal konveksitede dural tabanı olan ekstra-aksiyel kitle. (d) Manyetik rezonans venogramda trolard veninin posteriora ve inferiora doğru yer değiştirdiği görülmüyor.

çevrildikten sonra, durada yaklaşık 0.5x0.5 cm'lik lezyon infiltrasyonu görüldü. Epidural olarak USG ile kayıtlar alındıktan sonra lezyonun periferinden dura açıldı. Ardından, navigasyon mikros-

kobuyla hem lezyon hem de aynı veya karşı hemisferdeki MS ve yer değiştirdiği görülen trolard veni tanımlandı (Şekil 2a). Potansiyel beyin şiftinin önlenmesi için üç boyutlu MRG ile iki boyut-



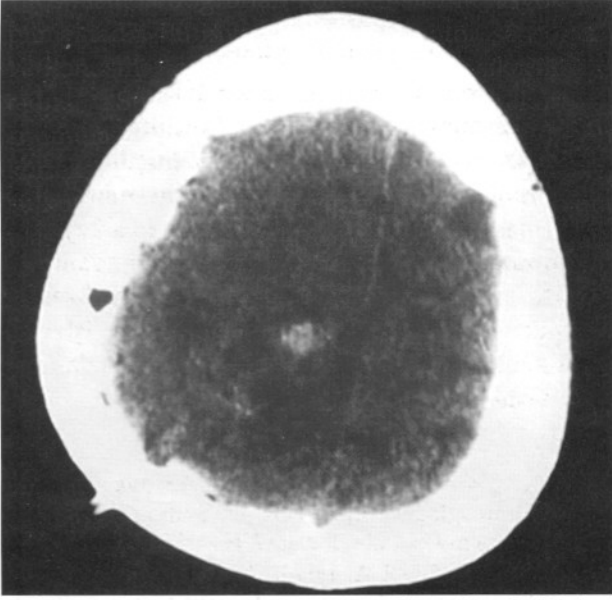
Şekil 2. (a) Navigasyon mikroskobuyla hem lezyon hem de aynı ya da karşı hemisferdeki santral sulkus ve yer değiştiren trolard veni tanımlandı. (b) Beyin şiftinin önlenmesi için üç boyutlu MRG ile iki boyutlu USG görüntüleri birleştirildi; bu işleme real-time olarak devam edildi.

lu USG görüntülerinin birleştirilmesi real-time olarak sürdürüldü (Şekil 2b). Lezyon dural tabanı ile birlikte trolard veni ve sensorimotor korteksten diseke edilerek tek parça halinde tamamen çıkartıldı (Şekil 3a). Cerrahi kavite %0.9 serum fiz-

yolojik ile doldurulduktan sonra USG ile lezyonun tamamının çıkartılıp çıkartılmadığı incelendi (Şekil 3b). Ameliyat sonrası erken dönemde BT'de lezyonun tamamen çıkartıldığı görüldü (Şekil 4). Histopatolojik tanı tipik meningiomdu.



Şekil 3. (a) Ameliyat sırasında navigasyon bilgisayarından elde edilen rezeksiyon sonrası cerrahi saha görüntüsü. **(b)** Rezeksiyonu takiben cerrahi kavitenin %0.9 serum fizyolojik ile doldurulmasından sonra USG kayıtları tekrarlandı ve lezyonun tamamen çıkartılıp çıkartılmadığı incelendi.



Şekil 4. Ameliyat sonrası erken dönemde çekilen BT'de lezyonun tamamen çıkartıldığı görülüyor.

Hasta ameliyat sonrası dönemi sorunsuz geçirdi; üçüncü günde taburcu edilirken nörolojik muayenesi normaldi.

TARTIŞMA

Sensorimotor korteks yerleşimli lezyonların cerrahi tedavisi, beyin bu bölgelerinin kritik fonksiyonları nedeniyle risklidir. Bu riskleri azaltmak için bu derece önemli bölgelerin lokal morfolojik anatomisi ve fonksiyonlarının tam ve doğru tanımlanması gerekir. Sensorimotor bölgeyi tanımlamak için yapılan işlemler BT, MRG ve dijital substraksiyon anjiyografi üzerindeki anatomik landmarkların ölçümü; elektrofizyolojik olarak kortikal sitümulasyonla motor uyarılmış potansiyel ve SSEP; görüntü eşliğinde stereotaksi, çerçevesiz stereotaksi, BT, MRG, fMRG, PET, SPECT, MEG, manyetik rezonans anjiyografi; ameliyat sırasında görüntüleme yöntemleri, USG, anjiyografi ve MRG şeklinde sıralanabilir.

Fonksiyonel korteksin klasik değerlendirilmesi için subdural yerleştirilen grid elektrotlarla ameliyat sırasında doğrudan kortikal sitümulasyon yapılmaktadır. Bu invaziv teknikle motor, sensoryal, ve konuşma fonksiyonlarının haritası çıkarılmaktadır.^[18-20] Subdural grid elektrot kayıtları, kortikal sitümulasyon ve fonksiyonel incelemelerle beyin korteksinin sadece 1/3'ü değerlendirilebilmekte, sulkusun derinliklerinde yer alan kortikal alanlara ulaşılamamaktadır.^[19,20]

Beynin kritik bölgelerinin ameliyat öncesi değerlendirilmesinde invaziv olmayan tekniklerden MEG,^[21] elektrofizyolojik EEG ölçümleri,^[22] hemodinamik ve metabolik yanıtlar temelli PET^[23,24] kullanılmaktadır. Sensorimotor korteksin fonksiyonel görüntüleri ile birlikte, daha yüksek çözünürlük ve konuşma fonksiyonunun yerini belirlemek için invaziv olmayan yöntemlerden fMRG ve PET de kullanılmaktadır. Ayrıca, fMRG'nin, ameliyat sırasında kortikal sitümulasyon veya SSEP tekniklerine göre, kas gevşetici özelliği, derin anestezi gerektirmemesi ve enstrüman yetersizliği gibi sorunlara yol açmamasından dolayı üstünlükleri de vardır.

Son 20 yıldır nöroşirürji ameliyatlarında kullanılmaya başlanan gelişmiş çerçevesiz nöronavigasyon birimleriyle intrakranyal hedeflere milimetrik doğrulukla ulaşılmaktadır. Ayrıca, nöronavigasyon lezyon yerleşiminin daha doğru belirlenmesinde, lezyon çapının saptanmasında ve daha güvenli cerrahi yaklaşımı seçmede yardımcı olmaktadır. Fonksiyonel invaziv olmayan görüntülerle (fMRG, MEG) gelişmiş multimodal nöronavigasyonun birleşimi sonucunda beyin yüzeyi ve sulkal anatomilerinin haritaları hem ameliyat öncesinde hem de ameliyat sırasında yorumlanabilmektedir.^[8,25-28] Ameliyat öncesinde invaziv olmayan yöntemlerle elde edilen fonksiyonel ve anatomik beyin haritalarının nöronavigasyonla birleştirilmesi sonucunda, sensorimotor korteks lezyonlarının cerrahi tedavisi günümüzde daha güvenli bir şekilde uygulanmaktadır.^[8,16,29-31]

Jannin ve ark.^[26] sensorimotor kortekse komşu tümör saptanan 11 olguda fMRG ve MEG ile elde ettikleri sulkus ve lezyon görüntülerini navigasyon sistemine aktararak ameliyat sırasında sulkal entegrasyonu sağladıklarını; tümörlerin tümünü tamamen çıkardıklarını; sadece bir olguda ameliyat sonrası dönemde geçici hemiparezi görüldüğünü bildirmişlerdir. Rezaei ve ark.^[8] MEG ile çerçevesiz navigasyonu birleştirdikleri sensorimotor korteks tümürlü 10 hastada, tahmin edilen sensorimotor korteksin yerleşimi ile ameliyat sırasında belirlenen harita arasında korelasyon olduğunu bildirmişler; iki olguda ameliyat sonrasında geçici nörolojik defisit gözlemişlerdir.

Firsching ve ark.^[19] sensorimotor korteks lezyonlu 10 olguda SSEP'yi ameliyat sırasında USG ile birleştirmişler, tüm olgularda presantral gyrusu tanımlamalarına karşın, yedi olguda MS'yi tanımlayamadıklarını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada,

altı olguda ameliyat sonrası nörolojik tablonun değişmediği; falks meningiomlu bir olguda ameliyat sonrasında gelişen geçici nörolojik defisit taburcu edilirken ameliyat öncesi duruma geldiği; üç olguda ise ameliyat öncesindeki nörolojik defisitlerin kısmen veya tamamen iyileştiği belirtilmiştir.

Çalışmamızda, karşı hemisferdeki MS tüm olgularda kolaylıkla tanımlanırken, lezyon tarafındaki MS 13 olguda net, bir olguda ise şüpheli olarak tanımlanabildi. Planlamasını ayrı ayrı yaptığımız sulkal anatomi gerek navigasyon monitöründe gerekse mikroskop gözünden kolaylıkla tanımlanmaktadır. Belirlenen anatomik sulkal landmarklar cerrahi rezeksiyonun sonuna kadar izlendi. Üç olguda ameliyat sonrası erken dönemde nörolojik defisit artış gözlemlendi. Bu olgulardan ikisinin taburcu olurken ameliyat öncesi nörolojik duruma geldiği, diğerinin birinci ay kontrolünde düzelme olmadığı gözlemlendi.

İnsan beyninde ilk kez 1950'li yıllarda başvuru USG, değişik intrakranyal tümörlerin, hematoma, kistlerin, kan damarlarının, anevrizmaların ve nekrotik alanların yerleşiminin belirlenmesinde kullanılmıştır.^[1,32] 1990'lı yılların ikinci yarısında iki boyutlu USG ile nöronavigasyonun birleştirilmesine başlanmıştır. Günümüzde, gelişmiş navigasyon sistemleri sayesinde üç boyutlu USG'den cerrahinin seyri, rezeksiyon kontrolü ve beyin şiftnin tanımlanması veya kantitatif değerlendirilmesinde real-time olarak da yararlanılmaktadır.^[27,28] Ultrasonografi ile nöronavigasyonun birleştirilmesi, tümör küçültülmesi, beyin omurilik sıvısı kaybı, hastanın pozisyonuyla oluşan beyin deformasyonu gibi nedenlerden dolayı oluşacak beyin şiftnine bağlı sapmaların düzeltilebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu uygulama, yüksek yatırım maliyeti olan açık veya girişimsel MRG gibi teknolojilerle karşılaştırıldığında, ameliyat odasında cerrahın tekrar tekrar kullanabildiği, daha ucuz, hızlı ve pratik bir yöntemdir.^[25,33] Çalışmamızda, rezeksiyon sırasında beyin şifti oluşan altı olguda, tekrarlanan USG ölçümleri eşliğinde şifte bağlı sapma düzeltilerek işleme devam edildi.

Kullandığımız nöronavigasyon sisteminin ameliyat sırasında USG ile birleştirilmesiyle hem lezyon hem de ilgili topografik sulkal anatomi belirlenmiş; invaziv veya invaziv olmayan ek bir işlem gerekmeden cerrahi rezeksiyon gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde 14 olguda (%78) total tümör rezeksiyonu, dört olguda (%22) sub-total rezeksiyon yapı-

labildi. Subtotal rezeksiyon uygulanan tümörler, infiltratif özellik gösteren glial tümörlerdi.

Sonuç olarak, sensorimotor korteks lezyonlarında nöronavigasyon ile USG'nin birleştirilmesinin, lezyona uygun merkezli daha küçük bir kranyotominin yeterli olması, mortalite-morbiditeyi azaltması, rezeksiyon sırasında gelişecek beyin şiftnin tanımlanması ve giderilmesi gibi avantajları vardır. Yaygın peritümöral ödemi olan, özellikle düşük evreli gliomlarda, bu birleştirme işlemine üç boyutlu USG ve fMRC'nin de alınması daha geniş hasta gruplarında araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Auer LM, Van Velthoven V. Intraoperative ultrasound (US) imaging. Comparison of pathomorphological findings in US and CT. *Acta Neurochir* 1990;104:84-95.
2. Çokluk C, Şenel A, İyigün Ö, Önder A, Rakunt C, Çelik F. Sensorial ve motor korteks tümörlerinin cerrahi tedavisinde intraoperatif ultrasonografinin kullanılması. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 2002;12:148-52.
3. Berger MS, Cohen WA, Ojemann GA. Correlation of motor cortex brain mapping data with magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 1990;72:383-7.
4. Iwasaki S, Nakagawa H, Fukusumi A, Kichikawa K, Kitamura K, Otsuji H, et al. Identification of pre- and postcentral gyri on CT and MR images on the basis of the medullary pattern of cerebral white matter. *Radiology* 1991;179:207-13.
5. Hayashi N, Endo S, Kurimoto M, Nishijo H, Ono T, Takaku A. Functional image-guided neurosurgical simulation system using computerized three-dimensional graphics and dipole tracing. *Neurosurgery* 1995;37:694-703.
6. Fried I, Nenov VI, Ojemann SG, Woods RP. Functional MR and PET imaging of rolandic and visual cortices for neurosurgical planning. *J Neurosurg* 1995;83:854-61.
7. Benzel EC, Lewine JD, Bucholz RD, Orrison WW Jr. Magnetic source imaging: a review of the Magnes system of biomagnetic technologies incorporated. *Neurosurgery* 1993;33:252-9.
8. Rezai AR, Hund M, Kronberg E, Zonenshayn M, Cappell J, Ribary U, et al. The interactive use of magnetoencephalography in stereotactic image-guided neurosurgery. *Neurosurgery* 1996;39:92-102.
9. Jack CR Jr, Thompson RM, Butts RK, Sharbrough FW, Kelly PJ, Hanson DP, et al. Sensory motor cortex: correlation of presurgical mapping with functional MR imaging and invasive cortical mapping. *Radiology* 1994;190:85-92.
10. Latchaw RE, Hu X, Ugurbil K, Hall WA, Madison MT, Heros RC. Functional magnetic resonance imaging as a management tool for cerebral arteriovenous malformations. *Neurosurgery* 1995;37:619-6.
11. Maldjian J, Atlas SW, Howard RS 2nd, Greenstein E, Alsop D, Detre JA, et al. Functional magnetic reso-

- nance imaging of regional brain activity in patients with intracerebral arteriovenous malformations before surgical or endovascular therapy. *J Neurosurg* 1996; 84:477-83.
12. Ganslandt O, Fahlbusch R, Nimsky C, Kober H, Moller M, Steinmeier R, et al. Functional neuronavigation with magnetoencephalography: outcome in 50 patients with lesions around the motor cortex. *J Neurosurg* 1999; 91:73-9.
 13. Jannin P, Fleig OJ, Seigneuret E, Grova C, Morandi X, Scarabin JM. A data fusion environment for multimodal and multi-informational neuronavigation. *Comput Aided Surg* 2000;5:1-10.
 14. McDonald JD, Chong BW, Lewine JD, Jones G, Burr RB, McDonald PR, et al. Integration of preoperative and intraoperative functional brain mapping in a frameless stereotactic environment for lesions near eloquent cortex. Technical note. *J Neurosurg* 1999;90:591-8.
 15. Nimsky C, Ganslandt O, Kober H, Moller M, Ulmer S, Tomandl B, et al. Integration of functional magnetic resonance imaging supported by magnetoencephalography in functional neuronavigation. *Neurosurgery* 1999; 44:1249-56.
 16. Schulder M, Maldjian JA, Liu WC, Holodny AI, Kalnin AT, Mun IK, et al. Functional image-guided surgery of intracranial tumors located in or near the sensorimotor cortex. *J Neurosurg* 1998;89:412-8.
 17. Lang FF, Sawaya R. Surgical management of cerebral metastases. *Neurosurg Clin N Am* 1996;7:459-84.
 18. Berger MS, Kincaid J, Ojemann GA, Lettich E. Brain mapping techniques to maximize resection, safety, and seizure control in children with brain tumors. *Neurosurgery* 1989;25:786-92.
 19. Firsching R, Klug N, Borner U, Sanker P. Lesions of the sensorimotor region: somatosensory evoked potentials and ultrasound guided surgery. *Acta Neurochir* 1992; 118:87-90.
 20. Wood CC, Spencer DD, Allison T, McCarthy G, Williamson PD, Goff WR. Localization of human sensorimotor cortex during surgery by cortical surface recording of somatosensory evoked potentials. *J Neurosurg* 1988;68:99-111.
 21. Gallen CC, Sobel DF, Lewine JD, Sanders JA, Hart BL, Davis LE, et al. Neuromagnetic mapping of brain function. *Radiology* 1993;187:863-7.
 22. Buchner H, Adams L, Knepper A, Ruger R, Laborde G, Gilsbach JM, et al. Preoperative localization of the central sulcus by dipole source analysis of early somatosensory evoked potentials and three-dimensional magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 1994;80:849-56.
 23. Leblanc R, Meyer E. Functional PET scanning in the assessment of cerebral arteriovenous malformations. Case report. *J Neurosurg* 1990;73:615-9.
 24. Leblanc R, Meyer E, Bub D, Zatorre RJ, Evans AC. Language localization with activation positron emission tomography scanning. *Neurosurgery* 1992;31:369-73.
 25. Gronningsaeter A, Kleven A, Ommedal S, Aarseth TE, Lie T, Lindseth F, et al. SonoWand, an ultrasound-based neuronavigation system. *Neurosurgery* 2000;47:1373-80.
 26. Jannin P, Morandi X, Fleig OJ, Le Rumeur E, Toulouse P, Gibaud B, et al. Integration of sulcal and functional information for multimodal neuronavigation. *J Neurosurg* 2002;96:713-23.
 27. Tronnier VM, Bonsanto M, Staubert A, Knauth M, Kunze S, Wirtz CR. Comparison of intraoperative MR imaging and 3D-navigated ultrasonography in the detection and resection control of lesions. *Neurosurg Focus* 2001;10:1-5.
 28. Unsgaard G, Ommedal S, Muller T, Gronningsaeter A, Nagelhus Hernes TA. Neuronavigation by intraoperative three-dimensional ultrasound: initial experience during brain tumor resection. *Neurosurgery* 2002;50:804-12.
 29. Alberstone CD, Skirboll SL, Benzel EC, Sanders JA, Hart BL, Baldwin NG, et al. Magnetic source imaging and brain surgery: presurgical and intraoperative planning in 26 patients. *J Neurosurg* 2000;92:79-90.
 30. Bittar RG, Olivier A, Sadikot AF, Andermann F, Pike GB, Reutens DC. Presurgical motor and somatosensory cortex mapping with functional magnetic resonance imaging and positron emission tomography. *J Neurosurg* 1999;91:915-21.
 31. Krings T, Reul J, Spetzger U, Klusmann A, Roessler F, Gilsbach JM, et al. Functional magnetic resonance mapping of sensory motor cortex for image-guided neurosurgical intervention. *Acta Neurochir* 1998; 140:215-22.
 32. Gaab MR. Intraoperative ultrasound imaging in neurosurgery. *Ultraschall Med* 1990;11:62-71. [Abstract]
 33. Hata N, Dohi T, Iseki H, Takakura K. Development of a frameless and armless stereotactic neuronavigation system with ultrasonographic registration. *Neurosurgery* 1997;41:608-4.