

Duyusal-motor kortekse komşu lezyonlarda fonksiyonel MRG'nin etkinliği

Bahattin Hakyemez, Erol Kılıç, Sait Uysal, Mustafa Akgün, Kaan Yücel

AMAÇ

Fonksiyonel MRG'nin (fMRG) perirolandik alana komşu kitle lezyonlarında motor-duyusal kortikal alanları göstermedeki etkinliğini değerlendirmek ve operasyon öncesi duyarlılığını incelemek.

GEREÇ VE YÖNTEM

Perirolandik düzeyde ya da bu alana komşuluk gösteren değişik intrakranyal intraaksiyal ve ekstraaksiyal kitle lezyonlu, sağ elini kullanan 20 olguda çalışma yapıldı. Lezyonlar; 6 metastatik kitle, 2 oligodendrogliom, 2 astrositom, 5 glioblastoma multiforme, 2 menenjiyom, 2 arteriyovenöz malformasyon ve 1 porensifalik kist olarak değerlendirildi. Çalışma 1.5 T süper iletken magnette yapıldı. Rutin MR incelemede aksiyal planda T1 ağırlıklı spin eko, T2 ağırlıklı fast spin eko ve fast FLAIR görüntüleri kullanıldı. Fonksiyonel görüntüleme tekniği kan oksijen seviyesi bağımlı (BOLD) "single-shot" gradyent eko eko-planar sekansı (SSEPI) ile yapıldı. Sekans süresince her biri on kesit içeren toplam 420 görüntü elde edildi. Her bir olgunun motor-duyusal korteksleri parmak dokundurma hareketi kullanılarak aktive edildi. Elde edilen kaynak fonksiyonel görüntüleri T1 ve T2 ağırlıklı anatomik görüntülerle eşlendirilerek beyin anatomisinin fonksiyonel haritalandırılması yapıldı.

BULGULAR

İki olgu yoğun hareket artefaktları ve anlamsız BOLD yanıtları nedeniyle çalışmaya alınamadı. Olguların 18'inde iki taraflı santral sulcus çevresinde ve santral düzeyde suplamenter alanda anlamlı BOLD yanıtları elde edildi. Lezyon çevresinde ve etrafındaki önemli alanlarda aktivasyon sinyalleri elde edildi.

SONUÇ

fMRG, kitle lezyonları tarafından perirolandik anatomik düzenin yer değiştirdiği durumlarda dahi motor-duyusal korteksi gösterebilmektedir. fMRG perirolandik alana komşu lezyonların operasyon öncesi değerlendirilmesinde yüksek duyarlılık göstermektedir. Bu nedenle fMRG'nin operasyon öncesi uygun hasta seçiminde, değişik cerrahi seçeneklerin önceden belirlenmesinde ve cerrahi planlamada önemli bilgiler verebileceğini düşünmekteyiz.

Beyin lezyonlarının cerrahisinde temel hedef lezyonu tam olarak çıkarmak ve bu sırada olguda oluşabilecek nörolojik kaybı olabildiğince aza indirmektir. Hastalar arasında sağ kalım süresi ve yaşam kalitesi özellikle menenjiyomlu ve malign glial tümürlü olgularda tümör rezeksiyonunun boyutu ve hacmi ile direkt ilişki göstermektedir (1). Yalnızca anatomik görüntülemenin yapılabildiği yıllarda operasyon öncesi intrakranyal lezyonların fonksiyonel merkezler ile ilişkisi klasik kabul edilen anatomik sınırlara göre değerlendirilirdi. Ancak bu çok önemli ve olgunun yaşam kalitesini belirgin şekilde etkileyen fonksiyonel merkezler patolojik kitle lezyonları tarafından sıklıkla itilebilmekte ve her bir olguda varyasyonlara neden olabilmektedir (2). Günümüzde pozitron emisyon tomografi (PET), fonksiyonel MRG (fMRG), magnetoensefalografi (MEG), elektroensefalografi (EEG) ve direkt kortikal stimülasyon testleri gibi ileri düzey tanı yöntemleri aracılığı ile operasyon öncesi lezyonun komşu fonksiyonel merkezler ile ilişkisi gösterilebilmektedir. Cerrahi işlem sırasında direkt elektrik akımı uygulanarak olguya yapılan kortikal stimülasyon testi diğer tanı yöntemlerine göre fonksiyonel merkezlerin haritalandırılmasında daha gerçekçi sonuçlar verse de, kranyotomi gibi invaziv işlem gerektirmesi ve beyin kısıtlı bir alanında çalışmaya olanak tanınması önemli dezavantajlarıdır (3). Son yıllarda gündeme gelen fMRG tekniği operasyon riskinin önceden değerlendirilmesinde, operasyonun planlanmasında ve operasyon sırasında yol gösterici özelliğiyle her geçen gün önem kazanmaktadır (4).

Çalışmamızın amacı operasyon öncesi perirolandik alana komşu değişik intrakranyal intraaksiyal ve ekstraaksiyal lezyonlu olgulara kan oksijen seviyesi bağımlı (BOLD) fMRG tekniği ile duyuşal-motor korteks alanlarını göstererek, bu alanların lezyon ile olan ilişkisini ve fMRG'nin operasyon öncesi yol gösterici olarak kullanılabilirliğini saptamaktır.

Gereç ve yöntem

Olgular

Bu çalışma değişik intrakranyal intraaksiyal ve ekstraaksiyal kitle lezyonu olan ve yaşları 19 ile 73 arasında değişen (ortalama yaşı 49,4) sağ elini kullanan 20 olgu üzerinde gerçekleştirildi. Olguların 15'i erkek, 5'i kadındı. Lezyonlar; altı metastatik kitle, iki oligodendrogliom, bir grade II astrositom, bir grade I astrositom, beş glioblastom

B. Hakyemez (E), E. Kılıç
Burtom Özel Radyoloji Merkezi, Bursa

S. Uysal, M. Akgün
Bursa Devlet Hastanesi, Nöroşirurji Bölümü, Bursa

K. Yücel
Uludağ Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Bursa

Gelişi: 23.12.2002 / Kabulü: 29.05.2003

Tablo. Olgu seçimi ile birlikte klinik ve radyolojik bulgular

No	Cinsiyet/ yaş	Klinik tanı	Motor kayıp	Grade	Lezyon lokalisasyonu	Fonksiyonel planlama	Cerrahi planlama	Operasyon sonrası motor kayıp
1	K-55	GBM	Yok	2	Paryetookspital	+	+	Yok
2	K-68	GBM	Belirgin	0	Temporoparyetal	Artefaktli	-	-
3	E-66	GBM	Yok	2	Temporoparyetal	+	+	Yok
4	E-43	GBM	Hafif derece	2	Temporoparyetal	+	-	-
5	E-65	GBM	Yok	2	Frontotemporal	+	-	-
6	K-26	Oligodendrogliom	Yok	2	Temporoparyetal	+	+	Yok
7	E-21	Oligodendrogliom	Yok	1	Paryetal	+	+	Hafif derece
8	E-19	Grade I astrositom	Yok	2	Frontoparyetal	+	+	Yok
9	E-35	Grade II astrositom	Yok	2	Oksipitoparyetal	+	+	Yok
10	E-52	Metastaz	Hafif derece	2	Temporoparyetal	+	+	Yok
11	E-58	Metastaz	Yok	2	Paryetal	+	+	Yok
12	E-64	Metastaz	Belirgin	0	Paryetal	+	-	-
13	E-73	Metastaz	Belirgin	0	Paryetal	Artefaktli	-	-
14	E-65	Metastaz	Hafif derece	1	Frontoparyetal	+	-	-
15	E-39	Metastaz	Hafif derece	2	Paryetal	+	-	-
16	E-37	AVM	Yok	0	Paryetal	+	-	-
17	E-51	AVM	Yok	0	Paryetal	+	-	-
18	K-49	Menenjiyom	Yok	1	Parasagital	+	+	Yok
19	K-54	Menenjiyom	Yok	1	Parasagital	+	+	Yok
20	E-48	Porenselalik kist	Hafif derece	1	Paryetal	+	-	-

GBM: glioblastoma multiforme, (-): cerrahi planlama ve operasyon yapılmadı.

multiforme, iki menenjiyom, iki arter-yovenöz malformasyon (AVM) ve bir porenselalik kist olarak değerlendirildi. İntrakranial metastatik lezyonlu olguların tamamında primer kaynak akciğer kanseriydi. Primer intrakranial kitlelerin tümünün tanısı operasyon sonrası histopatolojik olarak kanıtlanmıştı. İki AVM tanısı alan olguda lezyon konvansiyonel MRG ve MR anjiyografi ile gösterildi. Bu olgulara cerrahi rezeksiyon ya da embolizasyon yapılmadı. Klinik ve radyolojik olarak olguların takibi halen sürmektedir. Metastatik lezyonlu altı olgunun ikisine cerrahi operasyon uygulandı. Diğer metastatik lezyonlu olgulara yapılan kemoterapi işlemi sonrası klinik ve radyolojik takipleri sürmektedir. Çalışmaya alınan olguların tamamında lezyonlar motor-duyusal kortekslerle direkt ilişkide ya da bu merkezlerle yakın komşuluk göstermekteydi (Tablo).

MRG protokolü

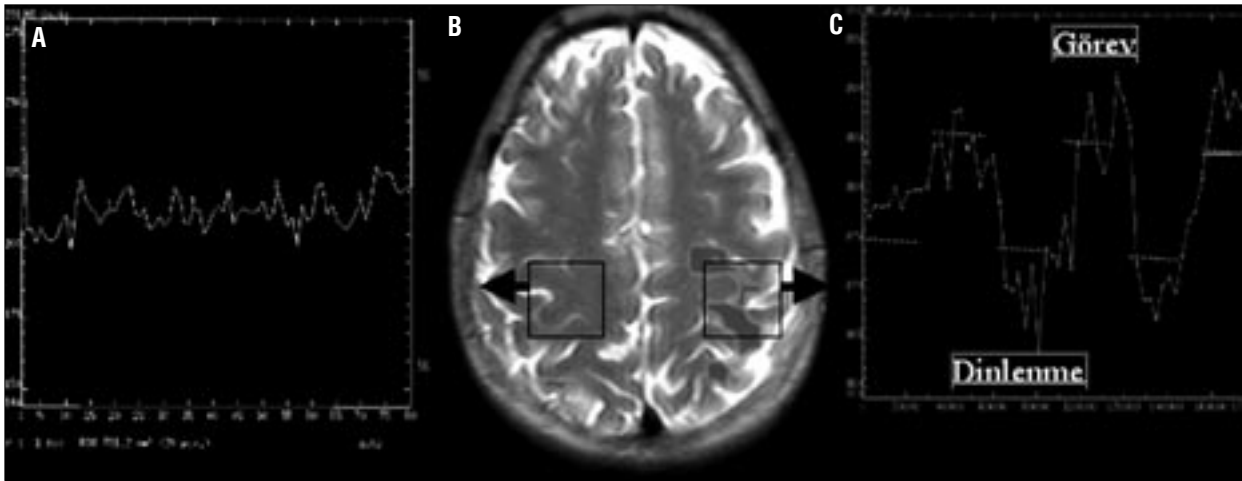
Çalışma 1,5 T süper iletken magnet ve standart kafa sargısı kullanılarak gerçekleştirildi (Signa LX High Speed, General Electric, Milwaukee, Amerika). Rutin morfolojik MRG incelemede aksiyal planda; T1 ağırlıklı

spin eko (T1A SE) (TR/TE 600/14), T2 ağırlıklı fast spin eko (T2A FSE) (TR/TE 5400/99) ve FLAIR sekans (fluid-attenuated inversion-recovery) (TR/TE/TI 9000/110/2100) görüntüleri kullanıldı. Venöz yoldan gadodiamid (GdDTPA-BMA) verilmesi sonrası aksial, sagittal ve koronal planda T1A SE görüntüleri elde edildi. Görüntüleme matris büyüklüğü 256x256, görüntüleme alanı (FOV) 230 mm, kesit kalınlığı 5 mm ve kesit aralığı 1 mm seçildi. AVM'li olgulara paramanyetik kontrast madde öncesi arteryel fazda 3D time-of-flight (TOF) MR anjiyografi sekansı (TR/TE 39/7) ardından koronal planda kontrast madde sonrası 3D TOF MR anjiyografi (TR/TE 4/1,6) sekansı uygulandı.

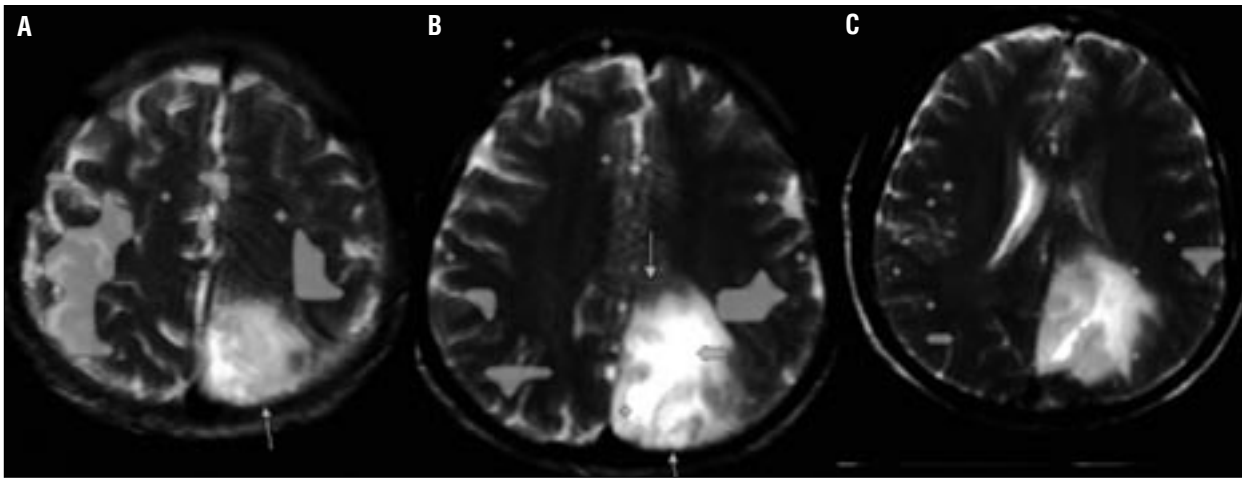
Fonksiyonel görüntüleme BOLD tekniği ve single-shot gradyent eko-ekoplanar sekansı (SSEPI) kullanılarak elde edildi. Görüntüleme; TR/TE (3000/60), matris 64x64, FOV 200x400 mm, kesit kalınlığı 7 mm, kesit aralığı 1 mm ve toplam 6 kesitten oluşmaktadır. Dört dakika süren görüntüleme süresince her biri on kesit içeren toplam 420 görüntü elde edildi. Ham görüntüler "General Electric Functool Software 1,9" siste-

mi ile değerlendirildi. Duyusal-motor merkezlere ait korteksleri aktive etmek için olgulara parmak dokundurma hareketi yaptırıldı (5). İşlem öncesi bu olgulara yeterli düzeyde bilgilendirme ve pratik uygulama yaptırıldı. Parmak dokundurma hareketi, her iki elin baş parmağının diğer parmak uçlarına 2, 3, 4, 5; 5, 4, 3, 2 düzeninde ritmik olarak dokundurulmasından oluşan 30 saniye süren aktif görev fazları ve parmakların hareketsiz kaldığı 30 saniyelik dinlenme fazlarından oluşmaktaydı (6). Bu işlem her bir olguda dört dakika içinde dört kez tekrarlandı (Resim 1). Olgularda görme merkezini aktive etmemek için gözlerinin kapalı tutulmasına, MRG odasının mümkün olduğunca ışıksız kalmasına ve olguların sestten fazla etkilenmemeleri için kulak tıpacı kullanmalarına özen gösterildi. İşlem sırasında ve sonrasında olguların hiçbirinde her iki elde klinik bulgulara ek olarak asimmetrik güçsüzlük gelişmedi. Elde edilen kaynak fonksiyonel görüntüleri T1 ve T2 ağırlıklı yüksek çözünürlüklü anatomik görüntülerle birleştirilerek beynin anatomisinin fonksiyonel olarak haritalandırılması yapıldı.

Kantitatif değerlendirmede, periorlandik korteksle ilişkili lezyonların



Resim 1. Normal bir olguda sağ ele ait duyuşal-motor merkezin gösterilmesi. A'da, B'de sağ serebral hemisferde gösterilen alanda aktivasyon göstermeyen alanın sinyal yoğunluğu görülmüyor. C'de ise B'de sol serebral hemisferde aktivasyon gösteren motor-duyuşal merkezler gösteriliyor. C'de aktif görev dizisi esnasında sinyaller pik değerlere ulaşmaktadır.



Resim 2. Sol oksipitoparietal grade II astrositom. "Parmak dokundurma dizisi" işlemi sonrasında elde edilen motor-duyuşal kortekslere ait aktivasyon merkezleri görülmüyor. Lezyon motor-duyuşal alanlara doğru hafif derecede uzanıyor, ancak belirgin kitle etkisi göstermiyor (oklar). Sağ motor-duyuşal korteks ve santral düzeyde suplamenter korteks normal izleniyor.

korteksten uzaklığına göre sınıflandırma yapıldı. Buna göre:

Grade 2: lezyon motor-duyuşal korteksten 2 cm ve daha uzakta,

Grade 1: lezyon ile korteks arası uzaklık 1-2 cm,

Grade 0: lezyon ile korteks arası uzaklık 1 cm ve daha yakın şeklinde düzenleme yapıldı.

Lezyon ile motor-duyuşal alanlar arası uzaklığa göre operasyon sonrası motor kaybın durumu değerlendirildi.

Bulgular

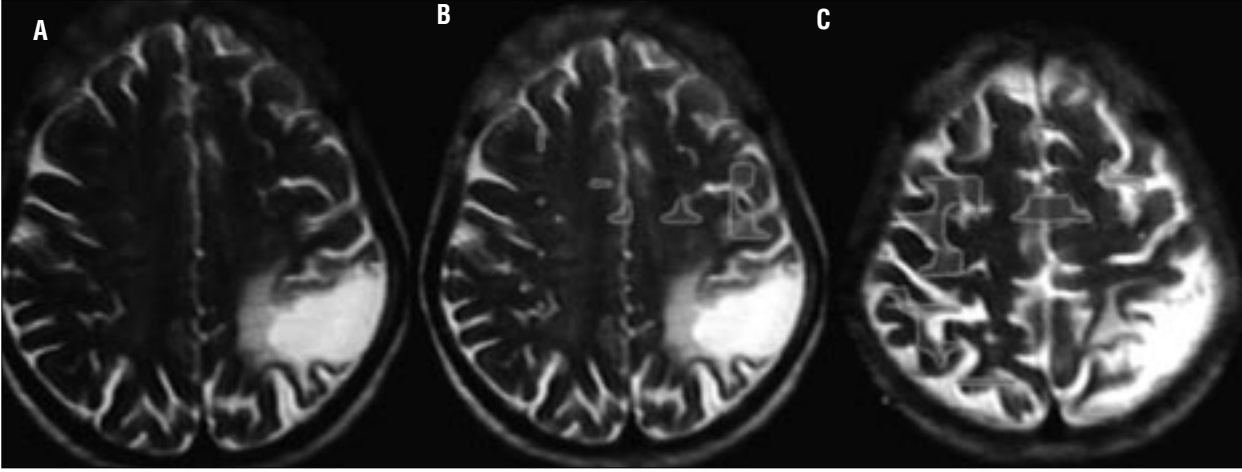
İnceleme kapsamındaki olguların 18'inde santral sulkus çevresinde ve suplamenter motor alanda anlamlı BOLD yanıtları elde edildi. Olguların 2'si istem dışı yoğun hareket artefakt-

ları ve anlamsız BOLD yanıtları nedeniyle çalışma kapsamı dışında tutuldu. Çalışma kapsamına alınan 18 olgunun fonksiyonel görüntülerinde dinlenme ve görev dizisi arasındaki sinyal değerlerindeki değişim oranı %1 ile %4 arasıydı.

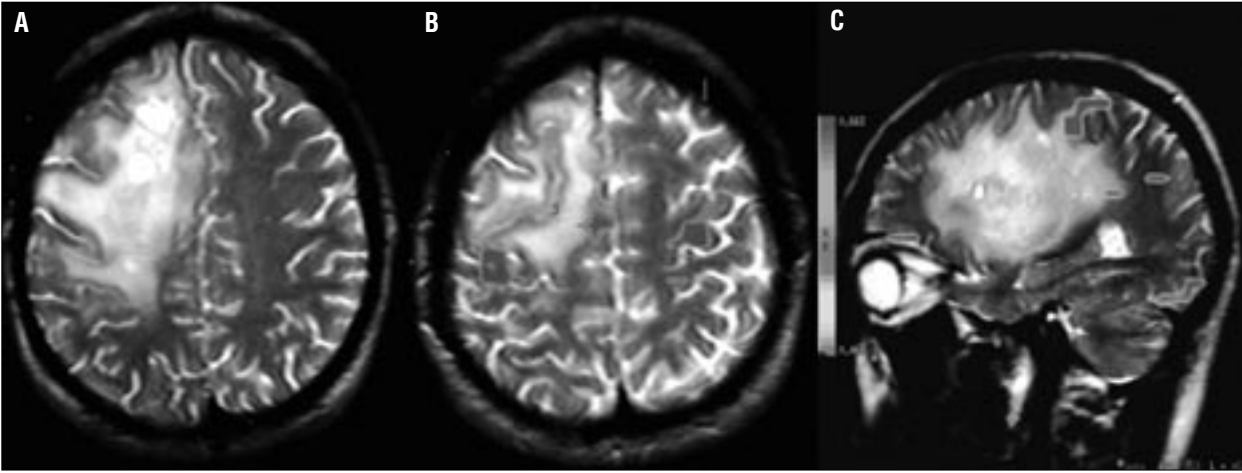
Aktivasyon alanları olgular arasında değişiklikler göstermekteydi. Majör aktivasyon alanları santral sulkus içinde primer motor alanda, postsantral girus ön bölümü ile presantral girusun posterior bölümleri arasında görüldü. Ayrıca aktivasyon alanları superior frontal girus içinde suplamenter motor alanda, presantral sulkus boyunca dorsal premotor alanlarda, paryetal sulkus boyunca inferior ve süperior paryetal alanlara komşu paryetal düzey-

lerde ve singulat girus ile sulkus düzeyinde singulat motor alanlarda görüldü.

Lezyon ile motor-duyuşal korteks arası uzaklığın 2 cm'den daha uzak olduğu grade 2'li on olgunun yedisinde operasyon gerçekleştirildi. Operasyon yapılmayan grade 2'li üç olguya kemoterapi ve radyoterapi planlandı. Opere edilen bu olguların postoperatif dönemde hiçbirinde motor-duyuşal defisit gözlenmedi (Resim 2). Lezyon ile motor-duyuşal korteks arası uzaklığın 1-2 cm olduğu grade 1'li beş olgunun üçüne operasyon yapıldı. Operasyon yapılmayan ve klinik izleme alınan olguların biri porensefalik kist (Resim 3), diğeri ise metastazdı. Grade 1 olguların birinde postoperatif dö-



Resim 3. Sol paryetal düzeyde porencefalik kist. Önce sağ elin, ardından sol elin "parmak dokundurma dizisi" işlemi sonrasında elde edilen motor-duyusal kortekse ait aktivasyon alanları görülüyor. En son resimde sol ele ait aktivasyon alanları geniş bir alanda izlenirken, orta resimde sağ ele ait aktivasyon alanları daha az bir alanda görülüyor. Bu olguda sağ elde hafif motor kayıp bulunmaktaydı.



Resim 4. Sağ frontoparyetal oligodendrogliom. "Parmak dokundurma dizisi" işlemi sonrasında her iki motor-duyusal kortekste ve santral düzeyde suplamenter kortekste normal aktivasyon merkezleri görülüyor. Lezyon aksiyel ve sagittal görüntülerde posterior ve süperior boyunca motor-duyusal alanlara uzanıyor.

nemde hafif derecede motor defisit izlenirken (%33), diğer iki olgu tamamen normaldi (Resim 4). Parasagittal yerleşimli grade 1'li iki menenjiyomlu olguda kitle ve çevresinde izlenen yaygın vazojenik ödeme rağmen motor-duyusal aktivasyon alanları tam olarak gösterildi (Resim 5). Motor-duyusal korteks ile lezyon arası uzaklığın 1 cm'nin altında olduğu grade 0'lı beş olgunun hiçbirine operasyon yapılmadığı için motor-duyusal kaybın bu olgularda değerlendirilmesi yapılmadı. Bu olguların ikisi AVM, ikisi metastaz ve biri GBM idi. Bu olguların ikisi MRG cihazı içinde istem dışı hareket gösterdiğinden fMRG yapılmadı. İki AVM ve bir metastazlı olguda motor-duyusal aktivasyon alanları istenilen kalitede elde edildi (Resim

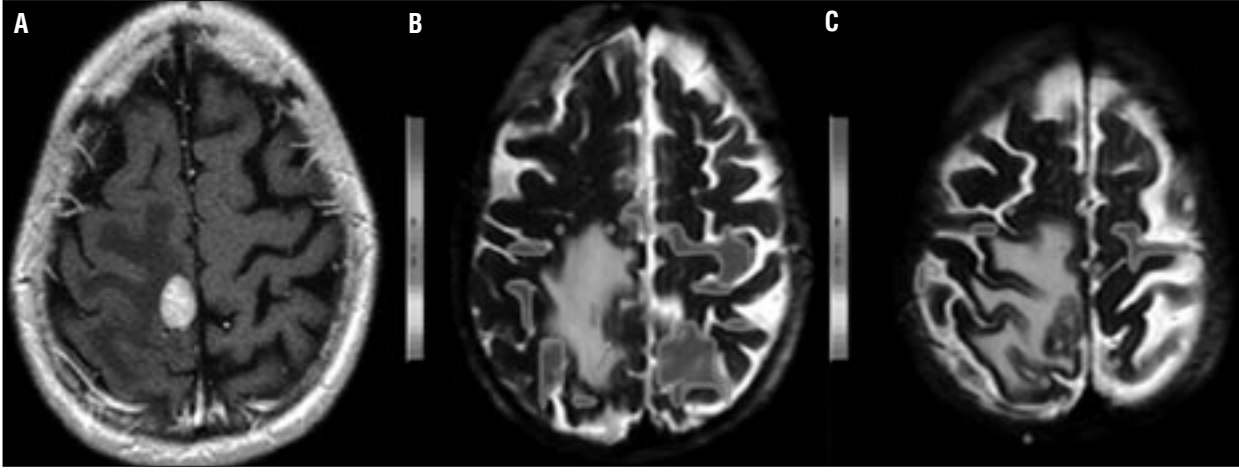
6,7). Bu olguların klinik ve radyolojik izlemi sürmektedir.

Tartışma

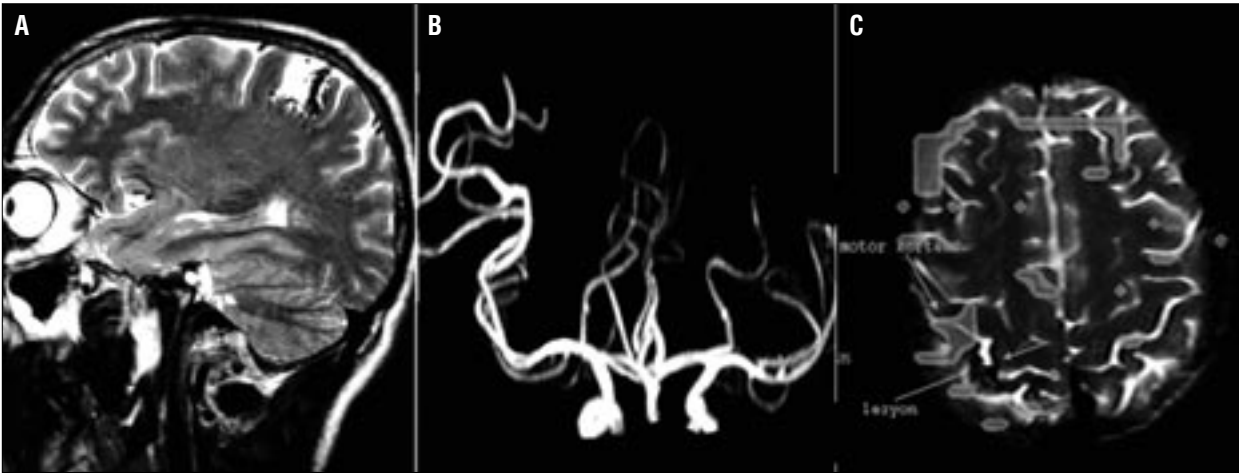
fMRG'nin en önemli ve güncel kullanım alanı duysal-motor ve konuşma merkezlerine yakın kitle lezyonlarında cerrahi öncesi yeterli kalitede fonksiyonel haritalandırmanın yapılabilmesine imkan tanımasıdır (5). Beyin cerrahının intrakranyal lezyonlarda öncelikli amacı lezyonun bütünüyle çıkarılması sırasında oluşabilecek nörolojik kaybı en aza indirebilmektir. Bu nedenle radyolojik açıdan duysal-motor, konuşma, bellek ve görme alanlarının lezyonun yerine göre tam olarak gösterilmesi gereklidir. Fonksiyonel alanların saptanmasında operasyon öncesi veya işlem esnasın-

da yapılan implante subdural elektrot kullanımı standart teknik kabul edilse de bazı önemli sınırlamalar göstermektedir. Bu uygulamanın girişimsel işlem gerektirmesi, genel/lokal anestezi kullanımı, işlemin uzun zaman alması, morbiditesi ile birlikte maliyeti önemli dezavantajlarıdır. fMRG bu durumda cerrahi riskin değerlendirilmesi ve operasyonun planlanmasında çok değerli bir tarama yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır. fMRG'de teknik başarısızlıktaki en önemli etken hastanın MRG işlemi esnasında oluşan baş hareketi ve olgunun motor fonksiyonunun yetersizliğidir. Ayrıca işlem öncesi olgu ile kurulan kooperasyonun yeterli olup olmadığı da önemli bir etkidir (6).

Beynin primer motor fonksiyon ala-



Resim 5. Sağ parasagittal menenjiyom. Yoğun kontrast tutan lezyon ve çevresinde belirgin ödem alanı izleniyor. Kitle ve ödem etkisi nedeniyle sağda motor-duyusal merkezler belirgin olarak dışa doğru itilmiş. Solda motor-duyusal alanlar ile birlikte orta hatta suplamenter korteks normal görülüyor.

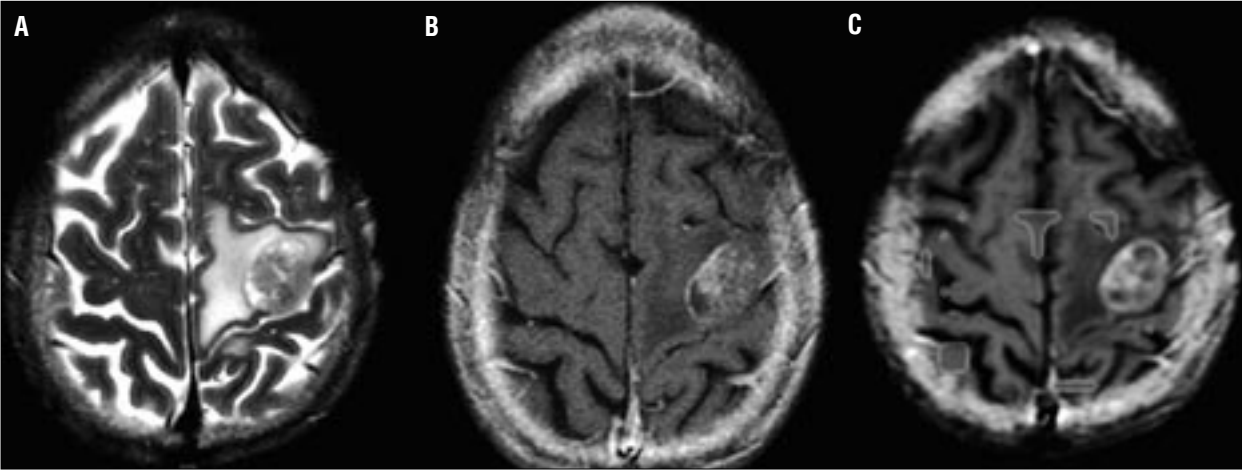


Resim 6. Sağ paryetal konveksitede AVM. T2 ağırlıklı FSE ve 3D-TOF MR anjiyografi görüntülerinde lezyonun motor-duyusal alanlarla ilişkisi izleniyor. Sol elin "parmak dokundurma dizisi" işlemi sonrasında elde edilen motor-duyusal kortekse ait aktivasyon alanları görülüyor. AVM motor-duyusal alanın posteriorunda izleniyor.

nı presantral girusta lokalizedir ve Brodman'ın 4. alanı olarak adlandırılır. Primer duyuşal fonksiyon alanı ise postsantral girusta Brodman'ın 3, 1, 2. alanlarına lokalizedir. Bu iki farklı fonksiyonel alan santral sulkus ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Klasik bilgi olarak santral sulkusun anterior kenarı motor nöronları içerirken, santral sulkusun posterior kenarı duyuşal nöronları içermektedir (7). Yapılan değişik çalışmalarda yüksek çözünürlüklü MRG kesitleri ile karşılaştırıldığında elin motor fonksiyonunun santral sulkusun hemen üzerinde olduğu bildirilmektedir (8). Bu durumda kitle lezyonlarında operasyon öncesi fonksiyonel görüntülemenin gerekli olup olmadığı gündeme gelmektedir. Birbirinden ayrı zamanda yapılan bir çok çalışmada perirolandik bölgeden kaynaklanan tümöral lezyonların ve oluş-

turdukları kitle etkilerinin santral sulkus düzeyinde anatomik ilişkiyi belirgin olarak değiştirdikleri gösterilmektedir. Ayrıca dirençli epilepsiye neden olan parankimal destrüktif lezyonlarda (infarkt, enfeksiyon, travma gibi), kortikal malformasyon ve AVM olgularında operasyon öncesi motor-duyuşal alanlar konvansiyonel görüntülerle sıklıkla gösterilememektedir. Çalışmamızda toplam beş olguda bu anatomik ilişki kitle ve ödem nedeniyle konvansiyonel MRG'de seçilememekteydi. İnsan üzerinde yapılan ayrıntılı elektrofizyolojik çalışmalarda, santral sulkusun motor korteksi ile duyuşal korteksi tam bir anatomik sınırla ayırdığı net olarak gösterilememektedir. Literatürde bu alanların birbirleriyle girift şekilde ilişkide olduğu ve bireyler arası önemli varyasyonların varlığı bildirilmektedir (9).

Çalışmamızda intrakraniyal lezyonu perirolandik kortekse yakın ya da içinde olan 18 olguda (%90) BOLD fMRG ile motor-duyuşal alanların kitle ilişkisi tam olarak gösterildi. İki olguda baş hareketi nedeniyle tanımlanamayan beyin için aktivasyon alanları görüldü. fMRG'de başarı yüzdesi teknik kapasiteyle direkt ilişkide olduğundan yüksek gradyent performansta SSEPI sekanslar ve gelişmiş donanımlar içeren MR cihazı gerekli olmaktadır. fMRG motor-duyuşal alanları göstermede önemli güçlüklerle karşılaşmazken, en önemli teknik başarısızlık hastanın baş hareketi ile olmaktadır. Yanlış pozitif sonuçlara neden olabilen bu durum için hastanın işlem öncesi bilgilendirilmesi, olgu üzerinde yeterli pratik yapılması ve başın sabitleştirilmesiyle uygun kalitede görüntüler alınabilmektedir.



Resim 7. Sol paryetal düzeyde akciğer kanseri metastazi. Sol santral sulkus düzeyinde yoğun kontrast tutan ve çevresinde belirgin ödem alanı olan lezyon izleniyor. Kitle etkisi nedeniyle motor-duyusal korteks anatomisi seçilmiyor. Sağ elin "parmak dokundurma dizisi" işlemi sonrasında elde edilen motor-duyusal kortekse ait aktivasyon alanları görülüyor. Aktive alanlar lezyon tarafından anteriora doğru itilmiştir.

Kitle lezyonlarına yönelik cerrahi öncesi fonksiyonel beyin MR inceleme yöntemi genellikle lezyonların intraaksiyal lokalizasyonda olduğu durumda uygulanmaktadır. İntraaksiyal kitle lezyonu duyusal-motor korteks içinde ya da çevresinde ise korteks ile kitle ilişkisi gösterilmelidir. Özellikle perirolandik alanda duyusal-motor kortekse yakın düşük gradeli ve benign lezyonların tam çıkarılması gereken olgularda fMRG, hastanın yönlendirilmesinde çok önemli klinik katkı sağlamaktadır. Bu durum klinik kullanımda fMRG'nin en önemli endikasyonudur. Perirolandik bölgede yerleşim gösteren tümör ile duyusal-motor alanlar arasındaki kesin topografik ilişki normal konvansiyonel MRG ve bilgisayarlı tomografi (BT) ile gösterilememektedir. Geleneksel beyin cerrahisi fonksiyonel haritalandırma teknikleri yerine göre yüksek derecede girişimsel işlem gerektirmekte ve bazı olgularda lezyonun kortikal aktivasyon alanları ile ilişkisi gösterilememektedir. Fonksiyonel görüntüleme ile bu bilgi operasyon öncesi ortaya konmakta, cerrah ve hasta için karşılaşılabilecek riskler ile değişik operasyon seçimlerine yol göstermektedir.

fMRG ile klinik çalışmalarda en yaygın ve sık kullanılan görüntüleme yöntemi BOLD tekniğidir (10). BOLD fMRG tekniğinde oluşan kontrast, olguya uygulanan görev dizisi esnasında elde edilmektedir. Aktivasyon

sinyalinin ana kaynağı özellikle vasküler ağda ve az miktarda perivasküler çevre dokuda meydana gelmektedir. Optimum fonksiyonel anatomik görüntüleme sinyali, mental durumun yeterli olduğu olgularda, aktive etmek istediğimiz alandaki nöronları perfüze eden mikrosirkülasyondan (kapiller ağ) kaynaklanmaktadır. BOLD kontrastı beyin korteksinin mikrovasküler sahasında, oksihemoglobin ile deoksihemoglobin konsantrasyonları arasındaki dengedeki değişime bağlıdır. Yapılan son çalışmalarda BOLD kontrastın en yüksek olduğu düzeyin oksijen ve karbondioksit değişiminin en fazla olduğu distal kapiller ve venüler alanlarda olduğu gösterilmektedir. Oksihemoglobin molekülleri çevre doku gibi manyetik dipol etkileşimi göstermezler. Deoksihemoglobin molekülleri ise paramanyetik özellikte olduğundan belirgin manyetik dipol etkileşimi göstermektedirler. Bu moleküller dışardan uygulanan manyetik alanın yönünde dizilerek alan homojenitesini anlamlı derecede bozarlar. Bu etki spinleri defaze ederken, sonuç olarak T2 ağırlıklı MRG'de sinyal kaybına neden olur. Nöronal aktivasyonun yoğun olduğu bölgelerde hemodinamik süreç artışı olacağından bunun dokuya yansımaları serebral kan akımı, serebral volüm ve oksijen konsantrasyonu artışı şeklindedir. Aktivasyon gösteren kortekste doğal olarak deoksihemoglobin ile oksihemoglobin arasındaki normal

değişim oksihemoglobin tarafına kaymış olacaktır. Sonuç olarak ilgili kortekste beklediğimiz bulgu T2 ağırlıklı sekanslarda sinyal artışı şeklinde görülmektedir (11).

İdeal bir fonksiyonel görüntüleme olabildiğince uzun zaman aralığında, uzaysal ve temporal çözünürlüğün en yüksek olduğu sekanslar ile elde edilir. Bunun için çok yüksek donanım gerektiren EPI gibi hızlı teknikler gereklidir. Dokuda oluşan BOLD etkisini göstermede SE EPI ve GRE EPI olmak üzere iki temel sekans kullanılmaktadır. SE fonksiyonel sekansların hareket artefaktının az olması ve anatomik çözünürlüğün yüksek olması önemli avantajdır. Ancak GRE sekansların BOLD fenomeni SE'ye göre daha belirgin olduğundan 1.5 T MR sistemlerinde rutin uygulamada bu sekanslar kullanılmaktadır. 3T ve daha yüksek MR sistemlerinde SE sekans kullanımı daha önceliklidir (12,13).

fMRG'nin önemli bir avantajı, kitle ve peritümöral vazojenik ödem tarafından itilen kortikal alanlarda yeterli düzeyde BOLD sinyali elde edilebilmesidir. Teorik olarak kitle ve ödemin ilgili kortikal alanlarda arteriyelleri komprese edebileceği ve fonksiyonel görüntüyü olumsuz etkileyebilme olasılığı bildirilmektedir. Bu teorik bilgi fonksiyonel görüntülerle uyumluluk göstermemektedir. Literatürde bu konu ile ilgili az sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalarda ve bizim çalışmamızda olguların motor-duyusal korteksle-

ri tam olarak gösterilmiştir (14,15,16). Bu nedenle perirolandik alanda bulunan kitle etkisi ve ödem tarafından itilen motor-duyusal merkezlerin kolayca gösterilebileceğine inanıyoruz.

Çalışmamız bazı önemli sınırlamalar göstermektedir. Birincisi, olgularımızda gösterilen motor-duyusal aktivasyon alanları görsel değerlendirilmiş olup, motor yanıtları daha gerçekçi gösteren intraoperatif kortikal stimülasyon yöntemi ile karşılaştırma yapılamamıştır. İkincisi, olgularda gösterilen motor-duyusal aktivasyon alanlarının operasyon işlemi sırasında görüntü kılavuzlu navigasyon sistemi mevcut olmaması nedeniyle, lezyon ile motor korteks arası uzaklık tam olarak belirlenememiştir. Navigasyon sistemi ile tümör-motor korteks mesafesi milimetrik olarak ölçülebildiğinden postoperatif dönemde kalıcı nörolojik defisit en aza indirilebilmektedir (17). Çalışmamızda olgu sayısının az olması da önemli bir dezavantajdır. Bununla birlikte grade 0 olguların opere edilememiş olması ve opere edilen diğer olguların tüm olguların yarısını kapsamaması da operasyon sonrası motor kaybın değerlendirilmesi açısından yetersiz kalmaktadır. Özellikle grade 0 lezyonların fMRG bulgularının postoperatif dönemde kliniğe ne oranda katkı sağladığının araştırılması kanısındayız. Çalışmamız ışığında tümörle lezyonların histopatolojik özelliklerine göre ve vasküler malformas-

yonların kendi içinde fMRG bulgularının gösterilmesi gerektiğini düşünüyoruz.

Sonuç olarak, operasyon öncesi dönemde perirolandik alana komşu lezyonların motor-duyusal korteksle ilişkisi invaziv işlem gerektirmeden ve kısa zaman içinde gösterilebilmektedir. Ayrıca perirolandik anatomik dü-

zenin kitle lezyonları tarafından değiştirildiği durumlarda dahi motor-duyusal korteks alanları görüntülenebilmektedir. Bu nedenle fMRG'nin operasyon öncesi uygun hasta seçiminde, değişik cerrahi seçeneklerin önceden belirlenmesinde ve cerrahi planlamada önemli bilgiler verebileceğini düşünmekteyiz.

FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN LESIONS IN OR NEAR THE SENSORIMOTOR CORTEX

PURPOSE: To assess the efficiency of functional magnetic resonance imaging (fMRI) in demonstrating motor-sensorial cortical areas in mass lesions neighboring the perirolandic area and investigating its pre-operative sensitivity.

MATERIALS AND METHODS: In the study, 20 right-handed patients with different types of intraxial and extraaxial mass lesions in or neighboring the perirolandic area were used. Of the all lesions, 6 were diagnosed as metastatic masses, 2 as oligodendroglioma, 2 as astrocytoma, 5 as glioblastoma multiforme, 2 as meningioma, 2 as arteriovenous malformations and 1 as porencephalic cyst. The study was performed on a 1.5 T unit. Images were acquired at the axial plane using T1 weighted spin echo, T2 weighted fast spin echo and fast FLAIR. Functional imaging was performed by blood-oxygen-level-dependent (BOLD) technique and single-shot gradient echo-planar sequence (SSEPI). During the sequence period a total of 420 images were acquired, each of which had 10 slices. By matching the resource functional images with T1 and T2 weighted anatomical images, the functional anatomy of the brain has been mapped. Sensorial-motor cortex has been activated by the finger-tapping-paradigm.

RESULTS: Two patients could not included in the study because of extensive movement artifacts and meaningless BOLD answers. Eighteen of the patients had significant BOLD answers in bilateral peri-central sulcal area and in the center of the supplementary area. Activation areas were obtained neighboring the mass lesions and edema surrounding the lesion.

CONCLUSION: fMRI can demonstrate motor-sensorial cortex in situations in which the anatomical order of perirolandic area has been changed by mass lesions. fMRI shows high sensitivity in the evaluation of lesions neighboring the perirolandic area preoperatively. Therefore fMRI can provide important information in patient selection, detection of different surgical choices and planning the surgical intervention.

Key words: • magnetic resonance imaging, functional • brain • disease • motor cortex • somatosensory cortex

TURK J DIAGN INTERVENT RADIOL 2003; 9:287-294

Kaynaklar

- Schulder M, Maldjian JA, Liu WC, et al. Functional image guided surgery of intracranial tumors located in or near the sensorimotor cortex. J Neurosurg 1998; 89:412-418.
- Orrison WW, Rose DF, Hart BL, et al. Noninvasive preoperative cortical localization by magnetic source imaging. AJNR 1992; 13:1124-1128.
- Aronen HJ, Korvenoja A, Martinkauppi S, Perkio J, Carlson S. Clinical applications of functional magnetic resonance imaging. IJBEM 1999; 1:23-34.
- Yetkin FZ, Ulmer JL, Mueller W, et al. Functional MR activation correlated with intra-operative cortical mapping. AJNR 1997; 18:1311-1315.
- Lee CC, Ward AH, Sharbrough WF, et al. Assessment of functional MR imaging in neurosurgical planning. AJNR 1999; 20: 1511-1519.
- Holodny IA, Schulder M, Liu CW, et al. The effect of brain tumors on BOLD functional MR imaging activation in the adjacent motor cortex: implications for image-guided neurosurgery. AJNR 2000; 21:1415-1422.
- Blume WT. Motor cortex: anatomy, physiology, and epileptogenesis. In: Wyllie (ed). The treatment of epilepsy: principles and practice. Lea and Febiger, Philadelphia, p 16-25.
- Sobel DF, Gallen CC, Schwartz BJ, et al. Locating the central sulcus: comparison of MR anatomic and magnetoencephalographic functional methods. AJNR 1993; 14: 915-925.
- Cedzich C, Taniguchi M, Schafer S, et al. Somatosensory evoked potential phase reversal and direct motor cortex stimulation during surgery in and around the central region. Neurosurgery 1996; 38:962-970.
- Bandettini PA, Wong EC, Hinks RS, et al. Time course EPI of human brain function during task activation. Magn Reson Med 1992; 25:390-397.
- Ogawa S, Menon RS, Tank DW, et al. Functional brain mapping by blood oxygenation level dependent contrast magnetic resonance imaging. Biophys J 1993; 64: 803-812.
- Duyn JH, Moonen CTW, van Yperen GH, et al. Inflow versus deoxyhemoglobin effects in BOLD functional MRI using gradient echoes at 1.5 T. NMR Biomed 1994; 7:83-88.
- Kim JH, Shin T, Kim JS, et al. MR imaging of cerebral activation performed with a gradient echo technique at 1.5 T: source of activation signals. AJR 1996; 167: 1277-1281.
- Roux FE, Ranjeva JP, Boulanouar K, Manelfa C, et al. Presurgical evaluation of cerebral tumors with functional MRI. Stereotact Funct Neurosurg 1997; 68:98-105.

15. Achten E, Jackson GD, Cameron JA, Abbott DF, Stella DL, Fabinyi GC. Presurgical evaluation of the motor hand area with functional MR imaging in patients with tumors and dysplastic lesions. *J Comput Assist Tomogr* 1997; 21:910-912.
16. Mueller WM, Yetkin FZ, Hammeke TA, et al. Functional magnetic resonance imaging mapping of the motor cortex in patients with cerebral tumors. *Neurochir* 1998; 140:215-222.
17. Wilkinson ID, Romanowski CA, Jellinek DA, Morris J, Griffiths PD. Motor functional MRI for pre-operative and intraoperative neurosurgical guidance. *Br J Radiol* 2003; 76:98-103.