



FONKSİYONEL MRG (fMRI)

Volkan Kutlu

- o Teknoloji ve tıp alanında 20.yy ortalarından itibaren büyük gelişmeler oluşması;özellikle 19.yy sonlarında ortaya çıkan radyoloji bilimini de doğrudan etkilemiştir. Son 30 yılda ortaya çıkan manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi gibi son teknoloji cihazlar tıp alanında kullanılmasıyla neredeyse her hastalık ve vaka bu radyolojik tetkikler ile çözülmeye başlanmıştır.

- Son yıllarda konvansiyonel MRI sekanslarının yanısıra geliştirilen yeni protokol ve sekanslar hastalıkların ve patolojilerin daha net değerlendirilmesi ve spontan tanı koyulabilmesi açısından önem arz etmiştir.Örneğin intracranial bir lezyonun ne karakterde bir patoloji olduğunu konvansiyonel sekanslar ile morfolojisinin ve lokalizasyonun değerlendirilmesi, MR spektroskopisi ile de lezyon içerisindeki metabolitlerin ölçülebilmesi sonucu pre-op noninvaziv olarak tahmin edilir hale gelmiştir.Bunların yanı sıra nörografi ve traktografi gibi uygulamalar ile sinir traselerinin değerlendirilmesi örnek verilebilir.Bu gün işleyeceğimiz konuda son yıllarda MR cihazlarının teknolojik bakımdan ilerlemesi sonucu sık kullanılmaya başlanan fonksiyonel MR uygulamalarıdır.
- Fonksiyonel MR uygulamalarında insanın hareketlerinde, konuşmalarında ve düşünmelerinde beyinlerinin hangi bölgelerini ne kadar kullandıklarını inceleyeceğiz.Daha önceleri klasik olarak kabul gören beyin fonksiyon haritalarının fonksiyonel MR ile doğruluğunu ve her birey için ayrı lokalizasyonda olabileceğini göreceğiz.

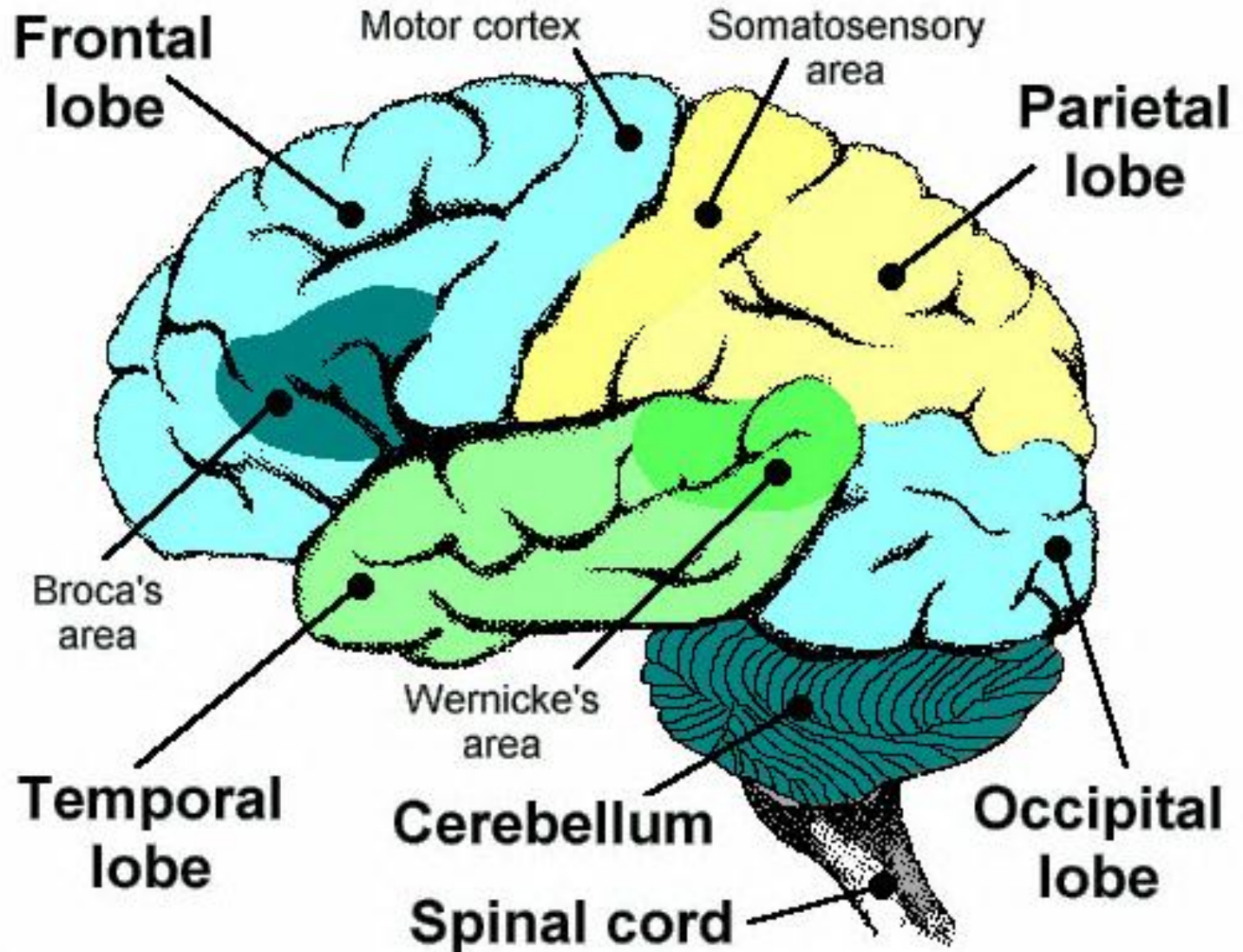
Fonksiyonel MR uygulamaları daha çok nöroloji ve nöroşiruji ile korrele çalışılmaktadır.

Nörolojide epileptik hastaların tanısında, MS ve vaskülit gibi lezyoner patolojilerin hastayla olan ilişkisi değerlendirilmektedir.

Nöroşirujide ise lezyonun cerrahi insizyonunun sınırlarının belirlenmesinde pre-op yol gösterici olarak kullanılmaktadır.

- FONSIYONEL MRİ : Belli bir görev sırasında beyinde o görevle ilişkili
- bölgelerde kan akımı artışı ve buna sekonder oksijen
- artışı olduğu bilinmektedir. İlgili bölgeye gelen
- oksijen miktarı ihtiyaç duyulandan daha fazla olduğu
- için postkapiller alanda deoksihemoglobin konsantrasyonunda
- azalma ortaya çıkmaktadır. Bu azalma
- f-MRG sinyalinde artışa sebep olmakta ve bu sebep
- MRG yanıtının temelini oluşturmaktadır. Bu sürece
- ise kan oksijen düzeyi-bağımlı efekti (blood oxygen
- level-dependent) (BOLD) adı verilmektedir.

Klasik beyin fonksiyonel merkezleri



- Yukarıdaki resimde yan planda beyin ve işlevsel korteks yapılarını görmekteyiz.
- Motor korteks insanın bilinçli olarak yaptığı hareketleri planlayan ve harekete geçiren kortektir. primer motor korteks, premotor korteks, supplementer alan olmak üzere 3'e ayrılır.

Fonksiyonel merkezler ve işlevleri:

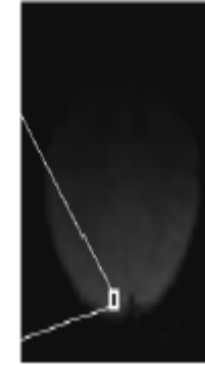
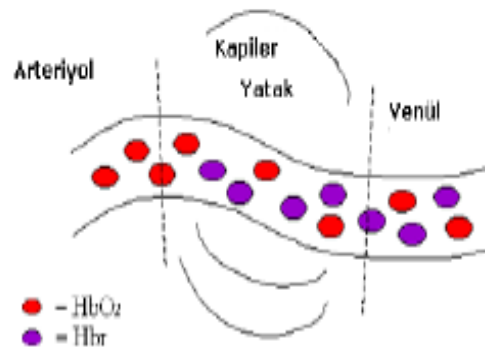
<u>İşlev</u>	<u>Lob</u>	<u>Özgül konum</u>
<u>Primer duysal korteks</u>		
Somaduyusal	Paryetal	Postsantral girus
Görsel	Oksipital	Kalkarin fisür kıyıları
İşitsel	Temporal	Heschl girusu
<u>Ünimodal duysal asosiyasyon alanları</u>		
Somatoduyusal	Paryetal	Posterior paryetal
Görsel lobların	Oksipitotemporal	Oksipital ve temporal
İnferolateral yüzey		
İşitsel	Temporal	Superior temporal girus
<u>Mültimodal duysal asosiyasyon alanları</u>		
Posterior mültimodal duysal entegrasyon (viziospasyal konumlama, dil yetileri, dikkat)	Paryetotemporal	Lobların kesişme noktası
Anterior mültimodal motor entegrasyon (motor tasarım, dil edimleri, yargılama)	Frontal	Prefrontal korteks, dorsal ve lateral yüzeylerde premotor Alanların rostrali
Limbik (duygu, bellek)	Temporal, paryetal Frontal	Singulat girus, hipokampus, parahipokampal girus,
Amigdala		
<u>Motor asosiyasyon korteksi</u>		
Premotor (motor hazırlık ve programlama) rostrali	Frontal	Primer motor korteksin
<u>Primer motor korteks</u>		
Motor korteks (bir vektör boyunca eklem hareketi)	Frontal	Presantral girus

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 tümörlü olgularda tümör rezeksiyonunun boyutu ve hacmi ile direkt ilişki göstermektedir. 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

- Fonksiyonel MR yardımı ile hastaların beyin fonksiyon haritaları tam olarak çıkarılmakta ve cerrahi yapılacak bölge ile ilişkisi net olarak değerlendirilebilmektedir.
- Bu sayede lezyonun tamamını ya da bir kısmının çıkarılarak hastaya nörolojik sıkıntı yaratmadan operasyonun gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir.
- Lezyonun duysal yada motor korteksle olan lokalizasyon ilişkisinin değerlendirilmesi sonucu eğer lezyon kortekse uzak ise total rezeksiyon yapılabilmesi, yakın ise kısmi rezeksiyon yapılarak kortekse yakın olan kısmının rezidü bırakılması sonucu hastaya tam yada tama yakın şifa olanağı sağlanabilmektedir.

fMR fiziği

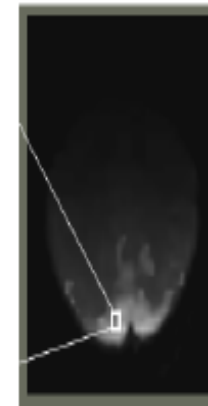
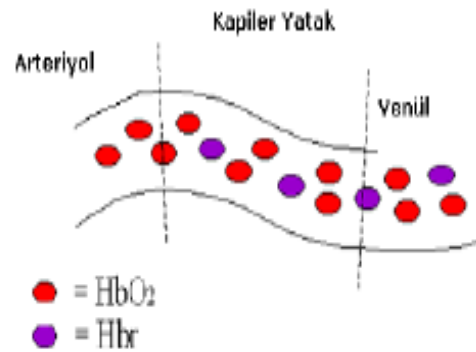
- Fonksiyonel görüntüleme BOLD tekniği ve single-shot gradyent eko eko-planar sekansı (SSEPI) kullanılarak elde edilir. *TR/TE (3000/60)
- Bold tekniği nedir?
- Dokudaki oksijen miktarını hesaplayıp diğer dokulardan ayıran bir tekniktir.
- Beyin vücutta en fazla oksijen tüketen organ durumundadır.anlık olarak oksijenin en fazla kullanıldığı dokuyu diğer dokulardan ayırır.Ve postproccesing renk kodlu haritalar ile oksijenin en yoğun olduğu dokuyu diğer dokulardan net bir biçimde ayırmamıza olanak sağlar.
- BOLD fiziği:Bold kortikal bir sinir topluluğunun,içsel işleyişinin yanısıra;o topluluğa verilen girdinin bir yansımasıdır.
- Bold işareti:Kandaki oksijen seviyesinin değişimine bağlı olarak manyetik alandaki homojenlik bozulumunu ölçer.



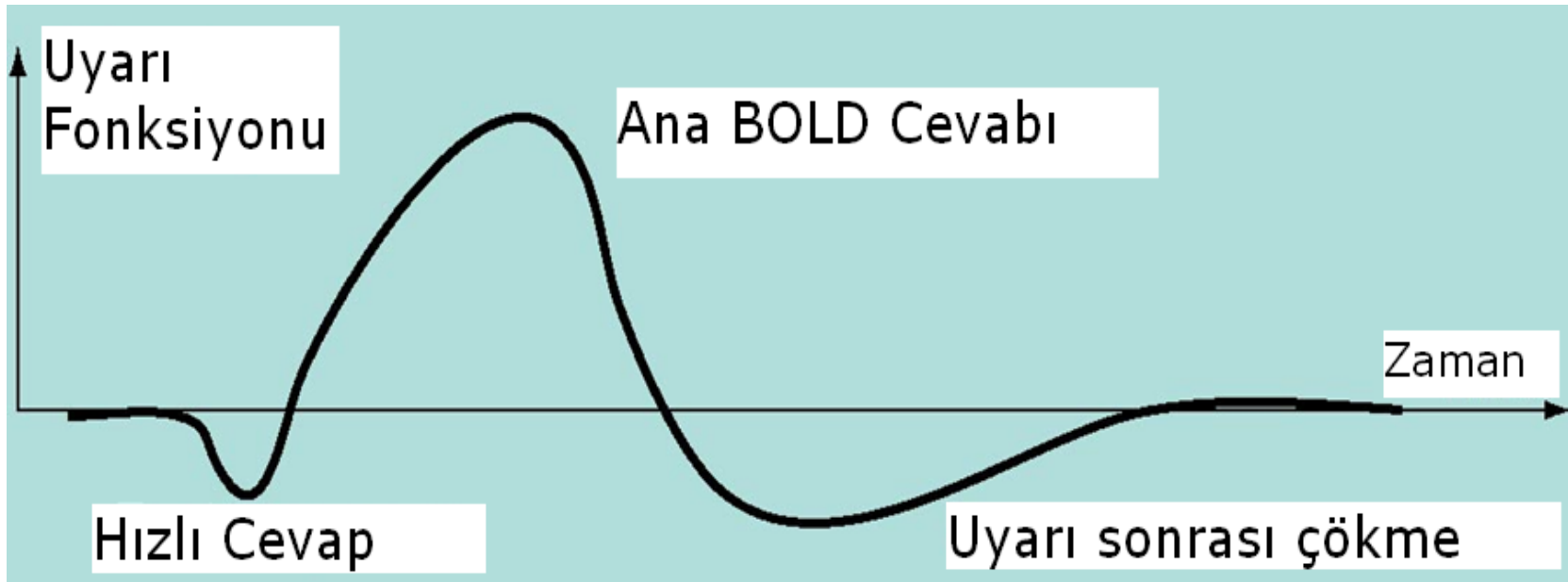
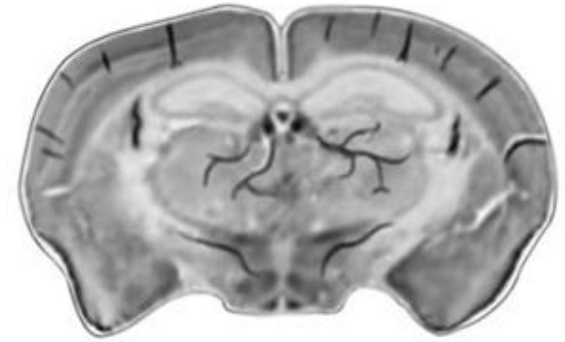
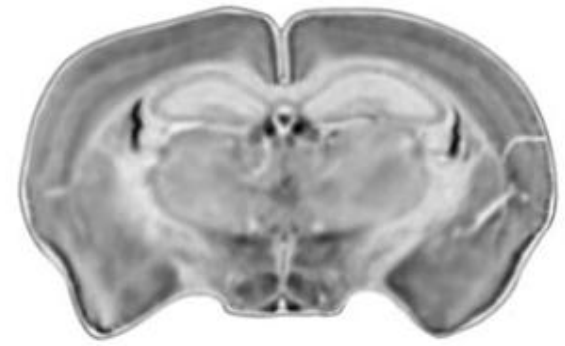
Dinlenme Durumu

↑ *Sinirsel Etkinlik*

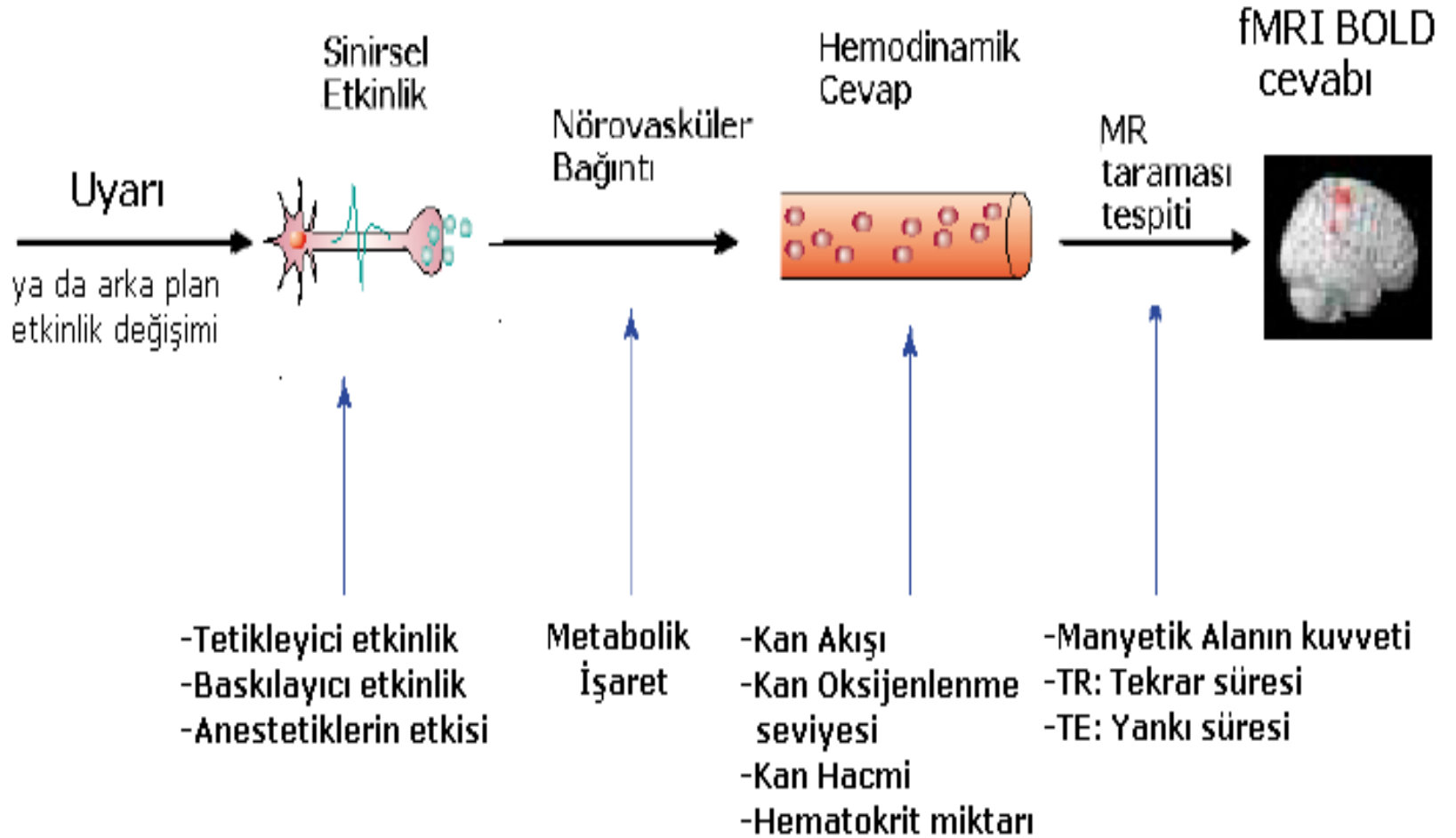
↑ *Kan Akisi* → ↑ *Oksihemoglobin* → ↑ *MR Sinyali*



Etkinlik Durumu



Bold işaretinin fizyolojisi:



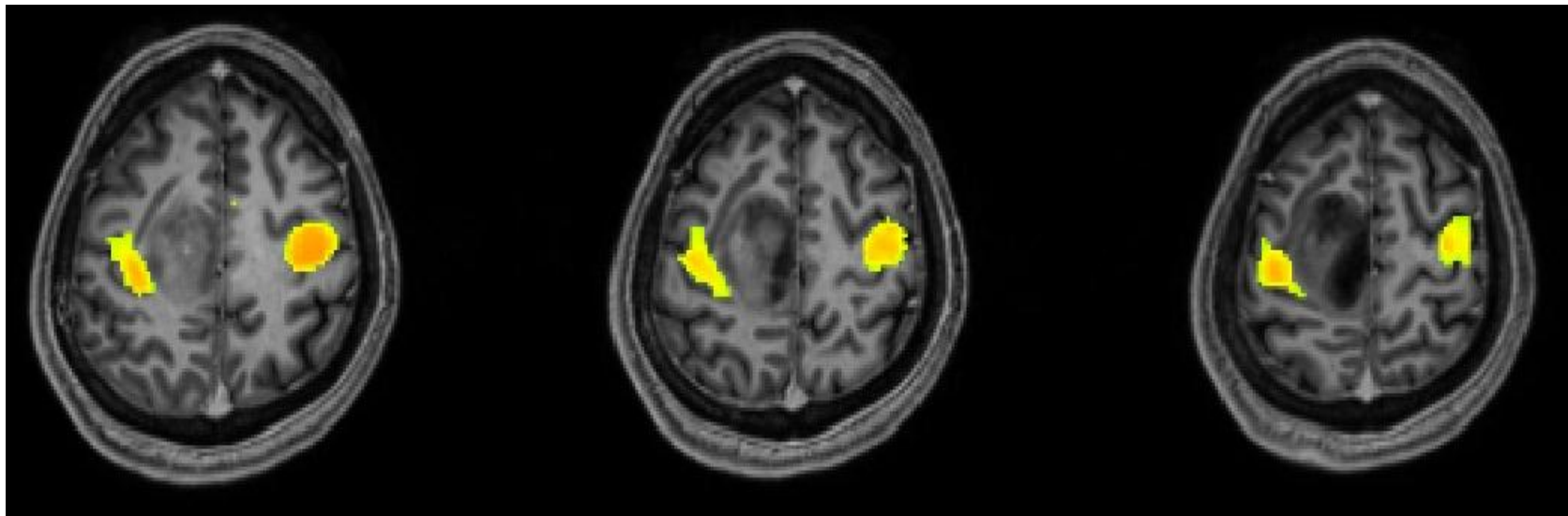
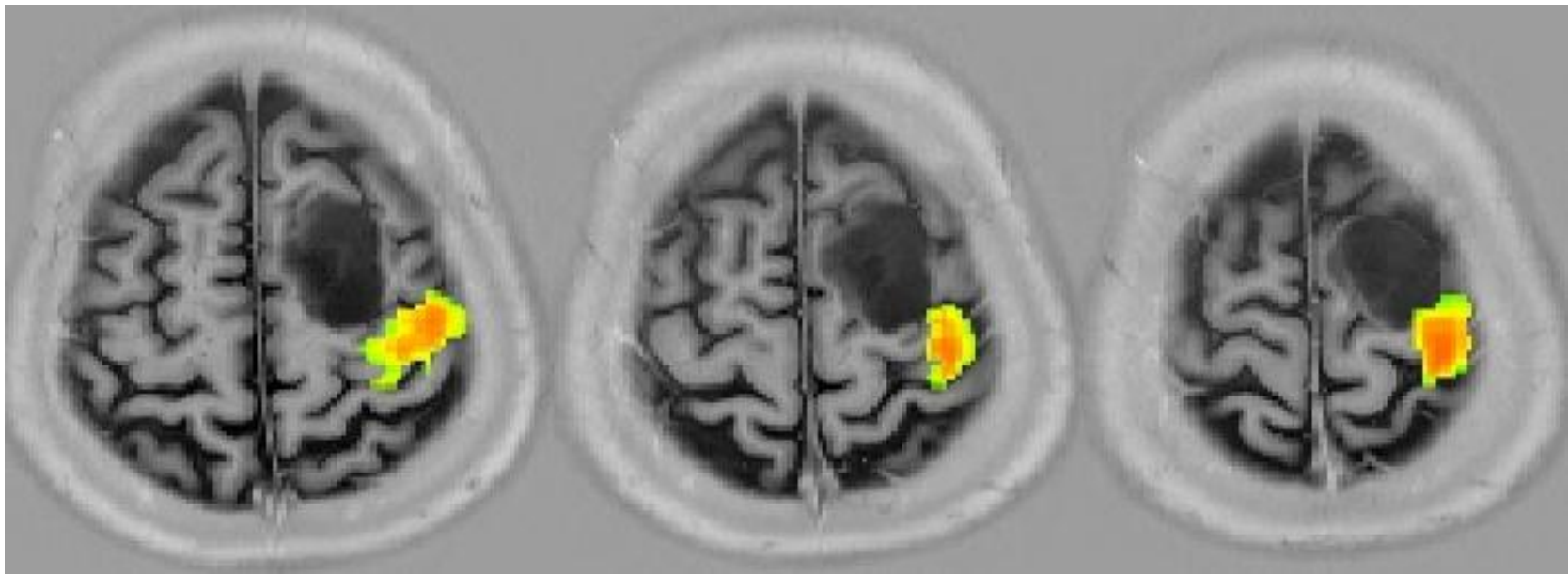
fMR Çekim Teknikleri:

- Fonksiyonel MR çekimlerinde çekimden önce hastaya çekim hakkında detaylı bilgi vermek çekim kalitesi açısından son derece önemlidir.
- Hastalardan anamnez almak hangi elini sık kullandığını sormak(motor korteks için)
- sosyo-kültürel seviyesini yüzeysel olsada algılamak hem çekim tekniğini belirlemek hemde post processing fMR haritalarını oluşturmak adına hem teknikerlere hemde raporu yazacak doktorlarakolaylık sağlar.

fMR Çekimi

Çekime önce lezyon konumunu belirlemek amacıyla konvansiyonel t1w-t2w ve flair-w 3planda imajlar elde olunur.Ardından BOLD haritalarını üzerine oturtacağımız 3D-t1-FFE ,3D-t2-DRIVE,3mm tra-t1 IR görüntüler alınır.Bu işlemler arkasından fMR çekimine başlanır.Fonksiyonel MR hastaya motor korteks için uygulanacaksa hastaya önce lezyoner bölgenin tam aksi yönündeki ellerini özellikle baş parmağını sırasıyla düğelerine dokunması istenir.(parmak dokundurma dizini).Eğer duysal kortekse uygulanacak ise hastaya daha önceden verilmiş olan emirleri duysal olarak yerine getirmesi istenir.Örneğin matematik hesaplamaları,maç kadroları,film kadroları,en sevdiği film yada bir olayı sanki bize anlatıyormuş gibi içinden gözleri kapalı dudaklarını hareket ettirmeden anlatması istenir.Gözlerin kapalı olmasının sebebi vizual korteksi dışlamak;dudak hareketlerinin istenmeyişide hareket artefaktlarını en aza indirgemektir.Bu işlemler BOLD arayüzünde tekrarlanır.Önce inaktif zaman diliminde başlanır ve hastadan direktifleri yerine getirmesi istenmez buna dinlenme zamanı olarak adlandırıyoruz.Bu her cihazda farklı zaman aralıklarında olabileceği gibi ortalama 45 sn civarındadır.Hemen arkasından hastaya yapması gereken fiil söylenir;45 sn süren bu zaman diliminde BOLD seviyeleri alınır.aktif,bold yada şarj zamanı olarak adlandırılan bu süreçte dokular arasındaki oksijen seviye farkı ölçülür.Bu işlemler arka arkaya 4 defa tekrar edilir.BOLD fMR perf sekansı boyunca işleme devam edilir.Sekans uzunluğu ortalama 4 dk dır.BOLD ölçüm işlemi bittikten sonra post-processing işlemine geçilir.Bu işlem özel bir arayüzde bold görüntülerinin

Üzerine T1 IR,3D T2 yada 3D T1 imajlarının atılmasıyla başlanır. Ardından BOLD seviyesini ölçmek istediğimiz alanın curve edilip seçilmesiyle bold sinyalleri elde olunur. Her çekimde olabileceği gibi artefaktlar ortaya çıkacaktır. Artefaktlar ve istenmeyen kortikal sinyaller silindikten sonra fMR haritası çıkarılmış olur. Hastadan nöronavigasyon için DTI veya MR anjio tarzında özel tetkikler istenmediyse çekim tamamlanır.



fMR Protokolleri

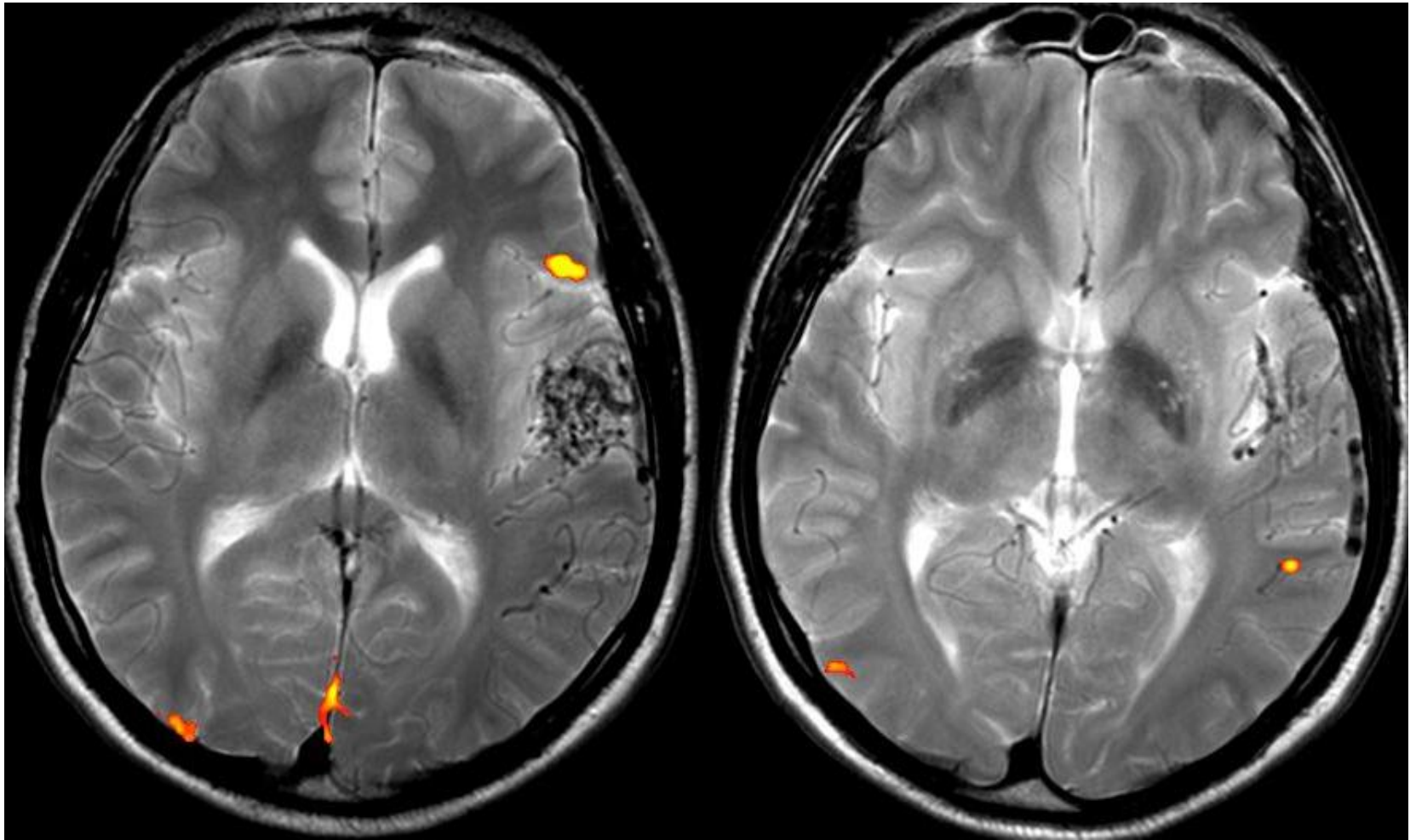
- İntracranial,intraaxial ve extraaxial yerleşimli tümör rezeksiyonu öncesi pre-op tümör yerleşkesi ile duyusal ve motor fonksiyon lokalizasyonu ilişkisi belirlenir.

- MOTOR KORTEKS.

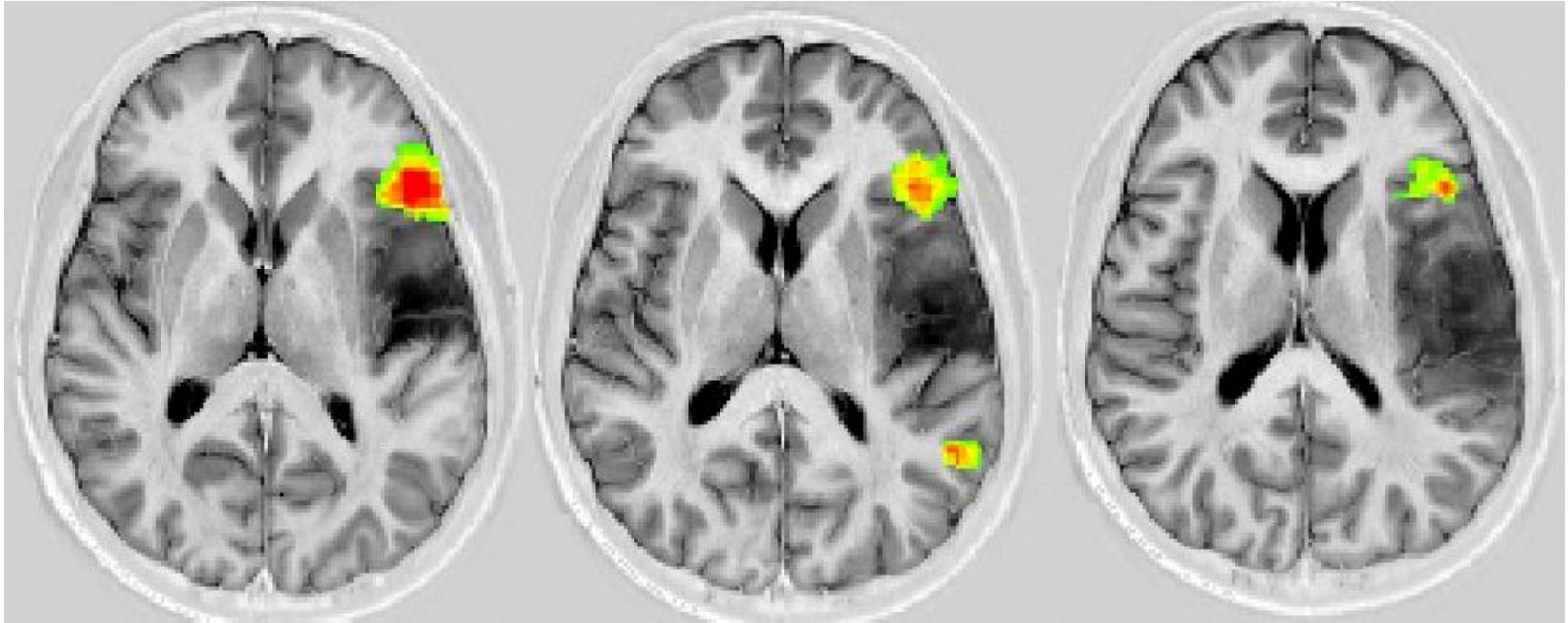
Motor korteksi direk yada indirekt etkileyen lezyonların (temporal lob yerleşimli menenjiom,glial tümör,subkallozal yerleşimli astrositom v.b)rezeksiyon öncesi fMR uygulamalarında hastaya tümör hangi taraftaysa diğer ters yönde olan ellerini hareket ettirmesi söylenir.Örneğin Baş parmağı ile diğer parmaklarına sırasıyla dokunması istenir.

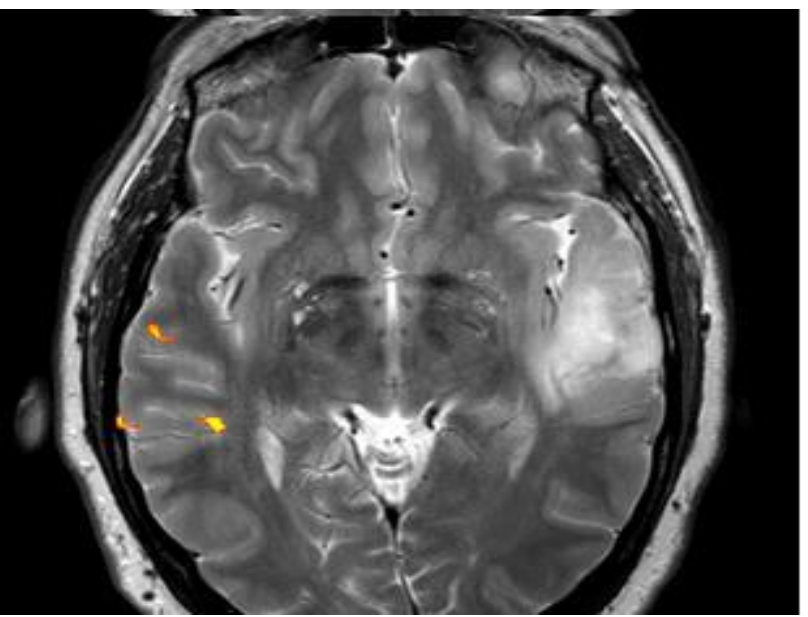
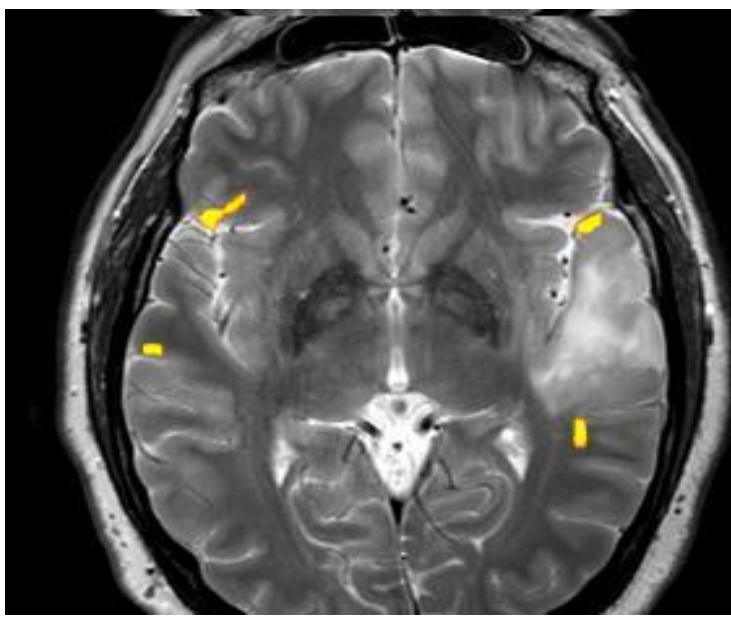
Duyusal korteks

Duyusal ve dűşünsel kortekse yakın olan lezyonlar(hipokampal yerleşimli tm,mezial temporal skleroz-epileptik vakalarda, AVM v.b)için uygulanır. Hastadan çekim esnasında belirli süreler ve aralıklarda hastanın sosyo-kültürel düzeyine göre matematik hesaplamaları örneğın 4 işlem veya daha önceden duyduğı veya öğrendiğı şeyleri hatırlamaları istenir.

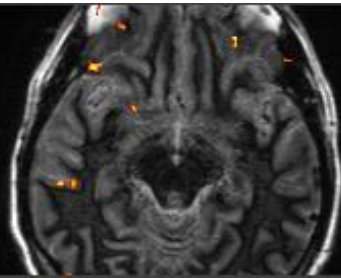


Konuşma merkezi; lezyon anteriorunda broka, posteriorunda vernike görülmektedir

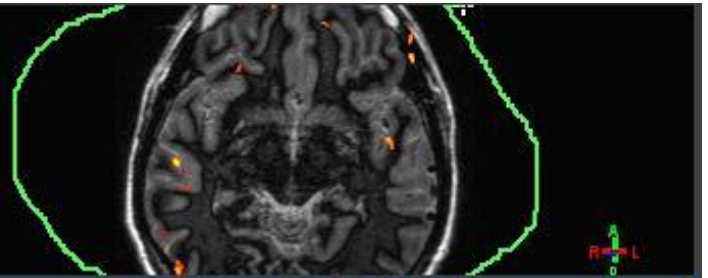




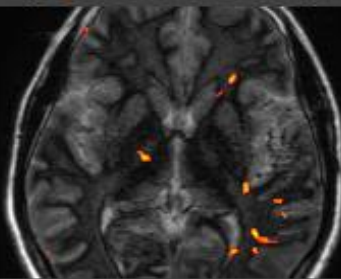
Sc 12, 1 / 9
TIR/M



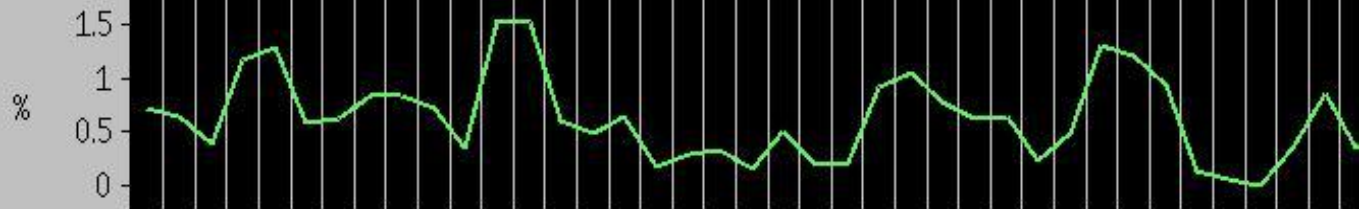
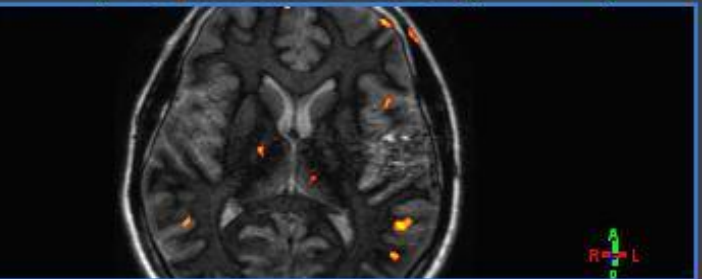
Sc 12, 1 / 10
TIR/M



Sc 12, 1 / 12
TIR/M



Sc 12, 1 / 13
TIR/M



VİZUAL(GÖRME) KORTEKS

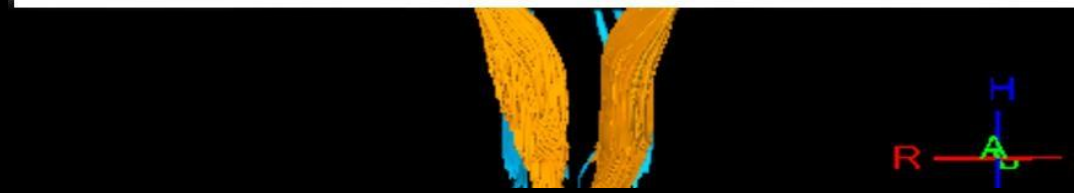
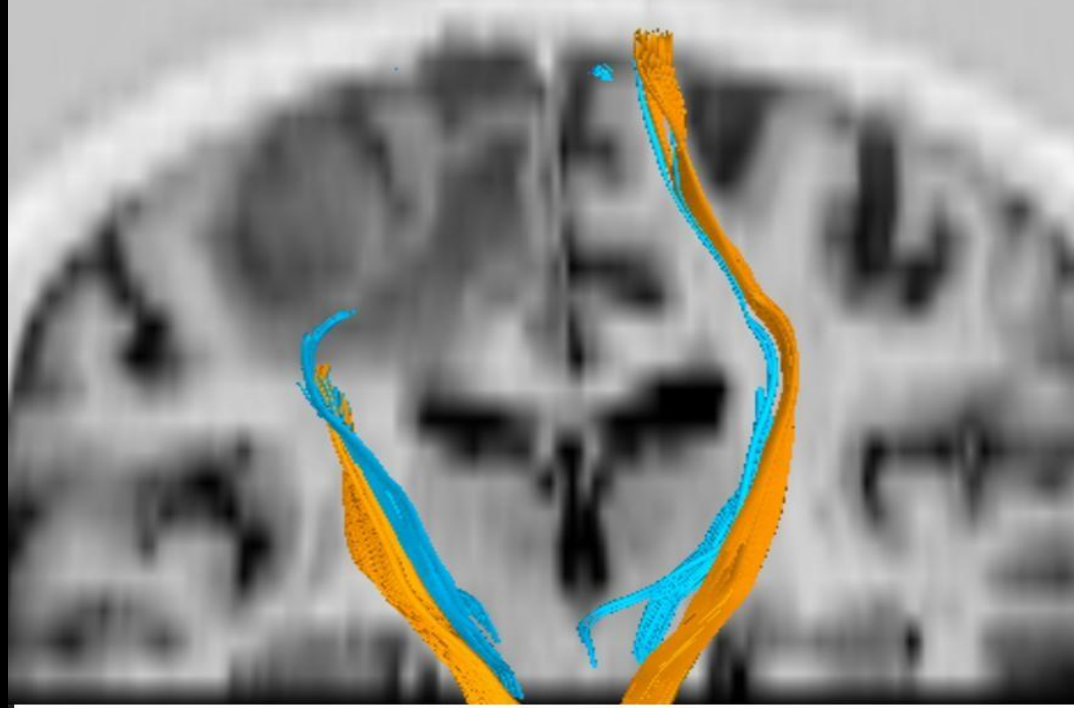
Posterior fossa yerleşimli ve görme fonksiyonel bölgelerine yakın olan patolojiler için kullanılır. Hastadan daha önce gördüğü bir yeri gözünün önüne getirmesi istenir.

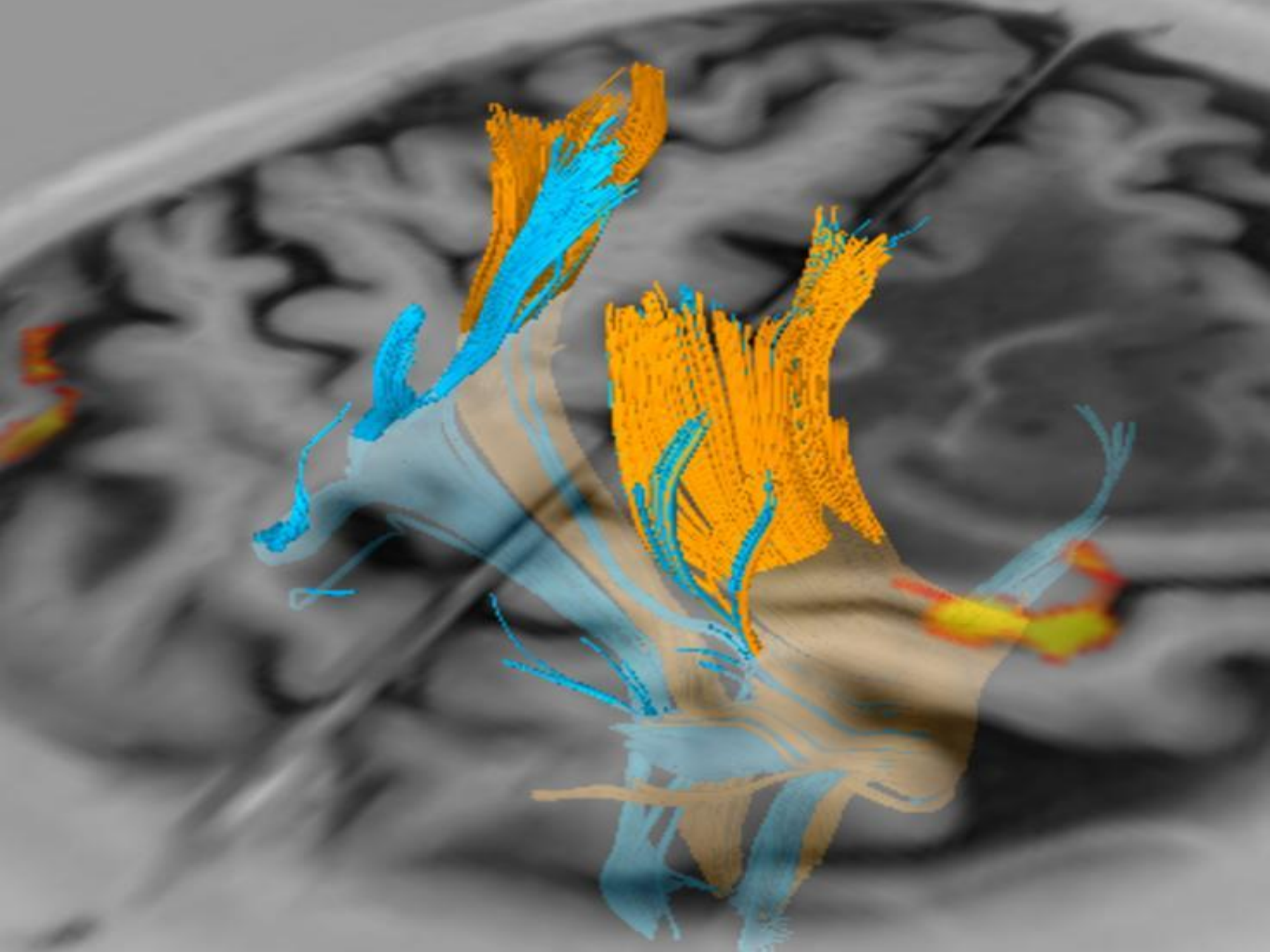
fMR ve DTI

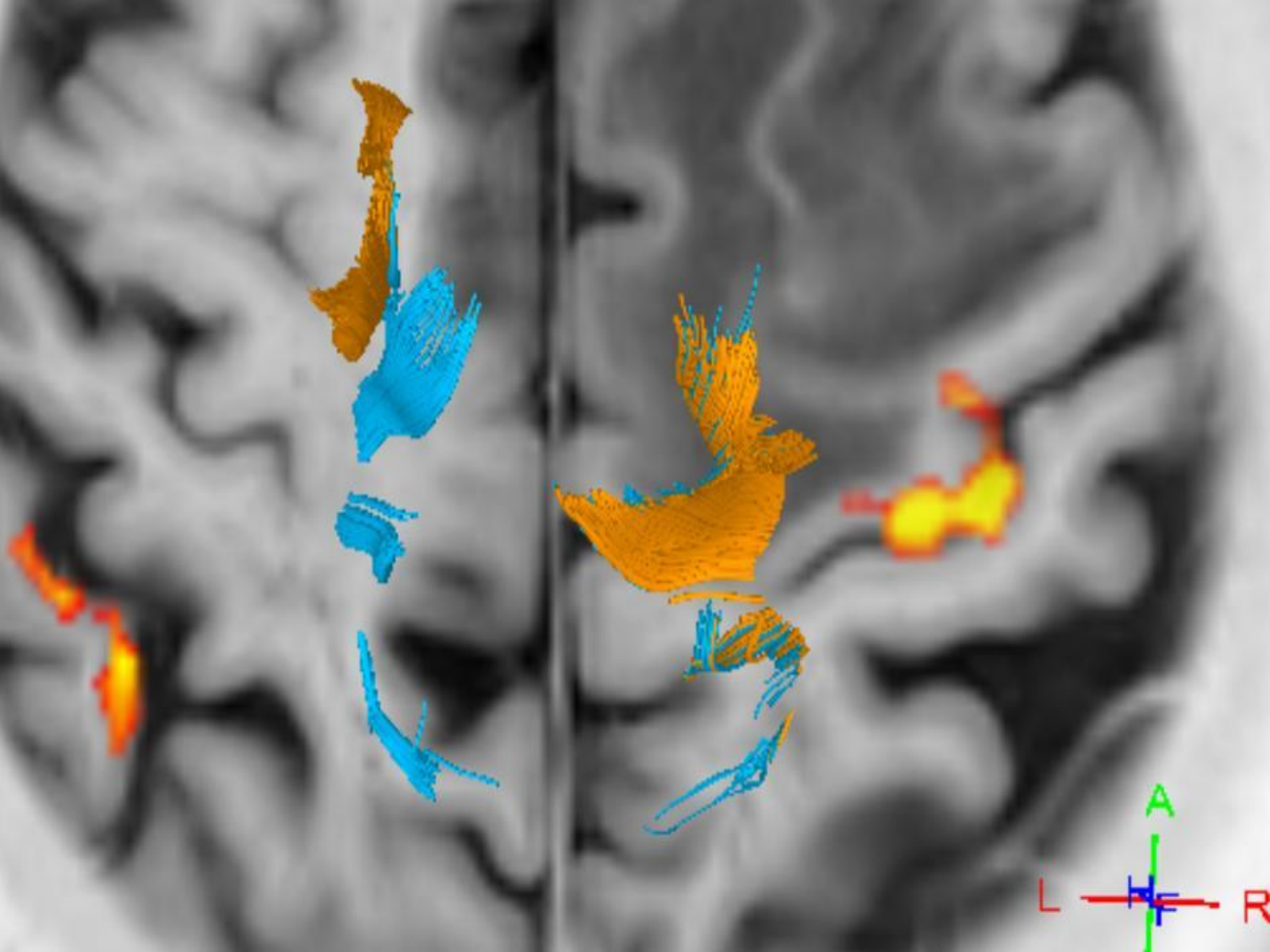
Fonksiyonel MR'ın nöronavigasyon olarak kullanılmasında ve hastaya nörolojik kayıp vermeden opere edilebilmesinde buna en çok yardımcı olan difzyon tensör görüntülemesidir. DTI olarak adlandırdığımız bu teknikle beyin içerisindeki asosiyasyon demetleri görüntülenmektedir. DTI ile lezyon periferindeki sinirlerin lezyon ile olan ilişkisi değerlendirilmektedir. Patolojik lezyon periferindeki sinir kılıflarının lezyona dik yada paralel konumda nasıl yerleştiği araştırılır. Buda lezyonun fMR da konuşma merkezine, motor kortekse, vizual alana yakınlığı tespit edilirken DTI ile de asosiyasyon demetlerinin lezyon ile olan ilişkisinin belirlenmesinde ve direkt olarak beyin cerrahlarının lezyon rezeksiyonun yöntemini ve operasyon kriterlerini belirlemelerinde önemli rol oynamaktadır.

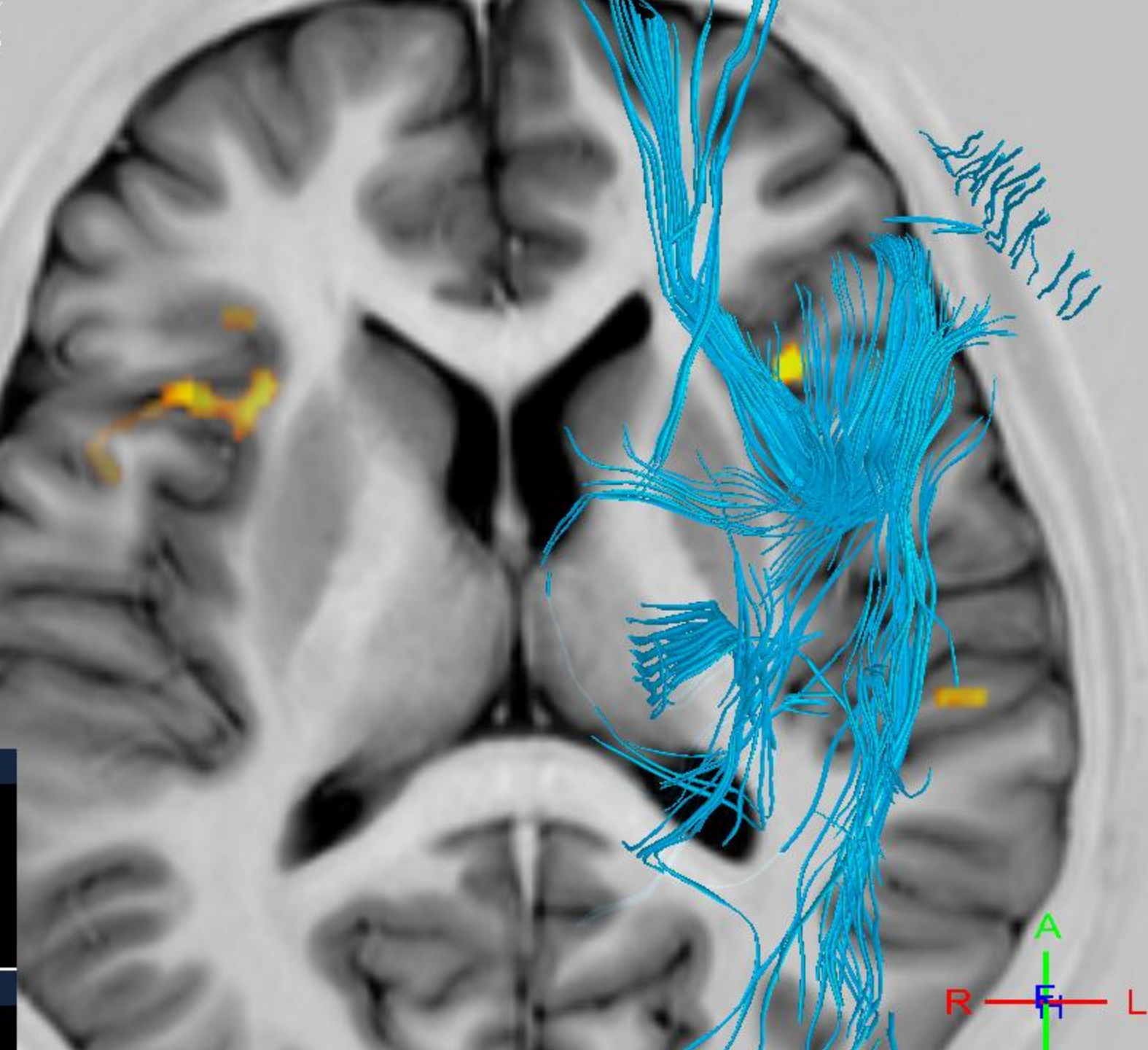
DTI-fMRI

Bazı postprocessing edilmiş DTI ve fMRI görüntüleri verilmiştir. Lezyonun motor kortekse yakınlığı ve bilateral infero-kallozal perimezensefalik yollar ile olan ilişkisi ortaya konulmaktadır. Lezyon subkallozal düşük grade li astrositomadır.

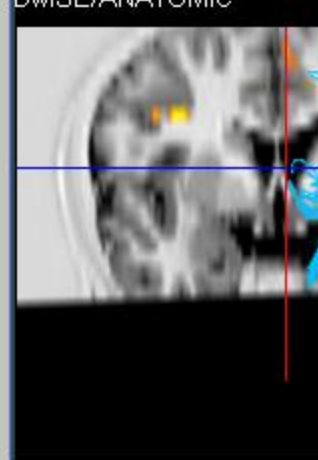




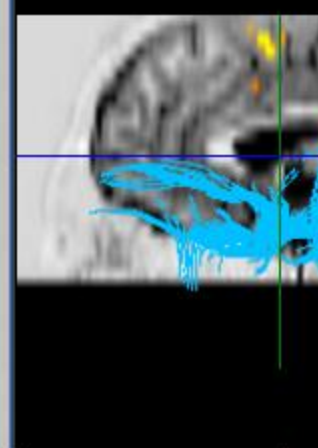




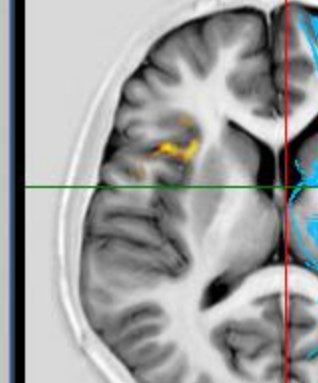
SI 56
DwiSE/ANATOMIC



SI 56
DwiSE/ANATOMIC



SI 37
DwiSE/ANATOMIC



R — A — L
— P —