



# Uyanık Kraniotomi

## Awake Craniotomy

Sertaç İŞLEKEL, Mete RUKŞEN, Ali AKAY

Serbest Hekim, İzmir, Türkiye

Yazışma Adresi: Sertaç İŞLEKEL / E-posta: sertac.islekel@gmail.com

### ÖZ

**AMAÇ:** Motor korteks ve konuşma alanı gibi fonksiyonel alanlarda yer alan kitlelerin cerrahisi yüksek morbiditeye yol açmaktadır. Bu kitlelerin eksizeyonda güvenli bir metod olan uyanık kraniotomi yöntemi gözden geçirilmiştir.

**YÖNTEM ve GEREÇ:** 1999-2014 yılları arasında opere edilen 801 hasta geriye dönük incelenerek sonuçlar irdelenmiştir.

**BULGULAR:** Bu yöntem ile opere edilen hastalarda düşük morbidite ve mortalite görülmüştür.

**SONUÇ:** Uyanık kraniotomi çoğunlukla fonksiyonel korteks veya komşuluğunda yerleşmiş lezyonlar ile derinde kapsula interna, arkuat fasikül gibi traktuslara yakın komşuluk gösteren veya invaze eden kitlelerin rezeksiyonu için kullanılmaktadır. Bu yöntem ile hastanın ameliyata bağlı nörolojik defisit ortaya çıkma riski en aza indirilir. 1999-2014 yılları arasında 801 hasta bu yöntem ile opere edilmiş olup bu olgular eşliğinde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Beyin tümörü, Uyanık kraniotomi, Lokal anestezi

### ABSTRACT

**AIM:** Surgery of the masses located in functional areas such as motor cortex and speech areas leads to high morbidity. Awake craniotomy is a safe method for excision of these lesions.

**MATERIAL and METHODS:** 801 patients who were operated on between the years of 1999-2014 were retrospectively evaluated and the results are discussed.

**RESULTS:** Low morbidity and mortality was observed in the patients operated on with this method.

**CONCLUSION:** Awake craniotomy is used for resection of lesions located in and around the functional cortex or close to the tracts of the internal capsule or arcuate fasciculus. With this method, the risk neurologic deficits is reduced to a minimum. A total of 801 patients who were treated with this method between the years of 1999 and 2014 were evaluated.

**KEYWORDS:** Brain tumor, Awake craniotomy, Local anesthesia

### YÖNTEM

#### Ameliyat Öncesi Radyolojik Tetkikler

Tümör cerrahisinde, ameliyat öncesi tümörün cins, lokalizasyon ve komşulukları ile ilgili elde edilebilecek maksimum bilgiye sahip olmak cerrahinin planlanmasında önemlidir. Bu amaçla hastalara pre ve post kontrast 1,5 veya 3 tesla MR tetkiklerinin yanı sıra difüzyon, perfüzyon, spektroskopik tetkikleri yapılmıştır (Şekil 1). Tüm olgular için fonksiyonel MR (Şekil 2) ve 2011 yılından bu yana traktografi (DTI) tekniği (Şekil 3A, B) eklenmiştir.

#### Ameliyat Öncesi Hasta Bilgilendirme

Konuşma monitorizasyonu amaçlı girişimlerde ameliyat öncesinde hasta ile görüşülerek ameliyat sırasında hastanın adlandırması istenecek olan şekil, resim, yazılar hastaya gösterilmiş ve bunlarla ilgili bilgi verilmiştir. Ameliyat sırasında zaman zaman elini kolunu, ayağını ve bacağı oynatmasının isteneceği; bir hekimin zaman zaman kendisini muayene edeceği anlatılmıştır. Hastalar ameliyat sırasında, ekstremitesinde uyuşma, ağrılaşma gibi hisleri olduğu zaman bunu belirtmesi konusunda uyarılmıştır.

### Anestezi Yöntemi

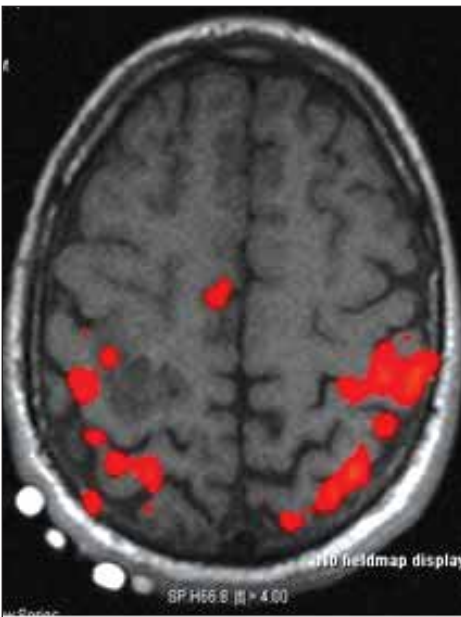
Küçük kortikal yerleşimli olgularda diğer lokal anestezi ile yapılan kranial girişimlerde olduğu gibi Lidokain HCl 20 mg/ml, Epinefrin HCl 0,0125 karışımı ve girişim uzun sürecek ise buna Bupivacaine Hydrochloride %0,5 eklenilerek sadece lokal anestezi uygulandı. Eğer geniş skalp insizyonu yapılacak ise cilt flebinin tabana yakın bölgesinden çevresel lokal anestetik enjeksiyonu ile geniş alanda blok sağlandı.

Geniş kraniotomi yapılması gereksinimi olan olgularda yıllar içinde farklı anestezi teknikleri kullanıldı. 1999-2006 yılları arasında hastalar kraniotomi sırasında uyutulup, haritalama sırasında uyandırıldı. Tümör rezeksiyonu ve kapanış aşamasında hasta tekrar uyutuldu. Bu hastalarda anestezi, sahanın lokal anestetik infiltrasyonuna ilave olarak ameliyat başlangıcında propofol (60 mg) ile indüksiyon ve ardından Bispektral indeks (BIS) monitorizasyonu ile (6-10 mg/kg/saat) propofol infüzyonu ile sürdürüldü.

2006-2014 yılları arasında opere edilen olgularda Lokal anesteziye IV Midazolam ve fentanil eklenerek elde edilen sedasyon kullanıldı.



Şekil 1: Hastaya ameliyat öncesi yapılan MR-Spektroskopi çalışması.



Şekil 2: Ameliyat öncesi yapılan fonksiyonel-MR incelemesi görülmektedir.

## BEYİN HARİTALAMASI

Dura açılma işlemi sonlanana dek hastanın sedasyon altında olması işlem konforu açısından tercih edildi. Dura açıldıktan sonra korikal haritalama yapılması aşamasına geçildi.

Kortikal stimülasyon için 50 Hz (duysal korteks için 100 Hz) 0.5 msn süreli bifazik kare dalgalar kullanıldı (Ojemann cortical stimulator, OCS2) 1 mA ile başlanarak 0,5 mA basamaklar şeklinde arttırılarak 10 mA e kadar uyarı verildi. Bu amaçla kullanılan elektrod bipolar olup elektrod ucu topuz şeklinde ve elektrodlar arası 8-10 mm genişliktedir.

Ameliyat öncesi MR tetkikleri sırasında olası fonksiyonel alan belirlendi. Stereotaktik girişim kullanılıyor ise bu yöntemle veya eksternal landmarklar kullanılarak tümöre girişim planlanan korteks saptandı. İnsizyon yapılması planlanan korteks uyarıldı. Uyarı sırasında fonksiyonel yanıt alınmıyor ise komşu giruslar uyarıldı. Motor alan uyarımında hastada ilgili kaslarda kasılma, titreme, duysal sahada uyuşukluk, karıncalanma gibi bulgular izlendi. Broka alanının uyarımında konuşmanın duraklaması, cisim adlandırma, sayı saymada, söylenen kelimeyi tekrarlamada duraklama veya takılma gibi bulgular izlendi (27).

## CERRAHİ TEKNİK

Haritalama işlemi sonlandıktan sonra ulaşılacak lezyona en yakın ve fonksiyonel korteks olmadığı saptanmış olan korteks insizyon için belirlendi. Tüm girişimler ameliyat mikroskobu kullanılarak gerçekleştirildi. Gerekli ve uygun durumlarda lezyona yaklaşmak için sulkuslar kullanılarak minimal beyin dokusu ekartmanına özen gösterildi. Fonksiyonel korteksin ekartör basısına uğramaması için ekartman aksi yöne doğru yapıldı (21). Fonksiyonel sahaları drene eden ven veya buraya yönelmiş arterler çapı ne olursa olsun özenle korunmaya çalışıldı. Tümör çıkarılması sırasında hastanın işlevleri sürekli izlendi. Özellikle glial tümör eksizyonu sırasında normal doku tümör sınırları iç içe yer aldığı için tümör loju uyarılarak güvenli saha içinde kalmaya çalışıldı (13,14).

Tümörün derinliklerinde özellikle kapsula interna veya arkuat fasikulus komşuluğunda lojun uyarılarak test edilmesi ile traktusa yaklaşıldığı anlaşıldığında tümör rezeksiyonu daha

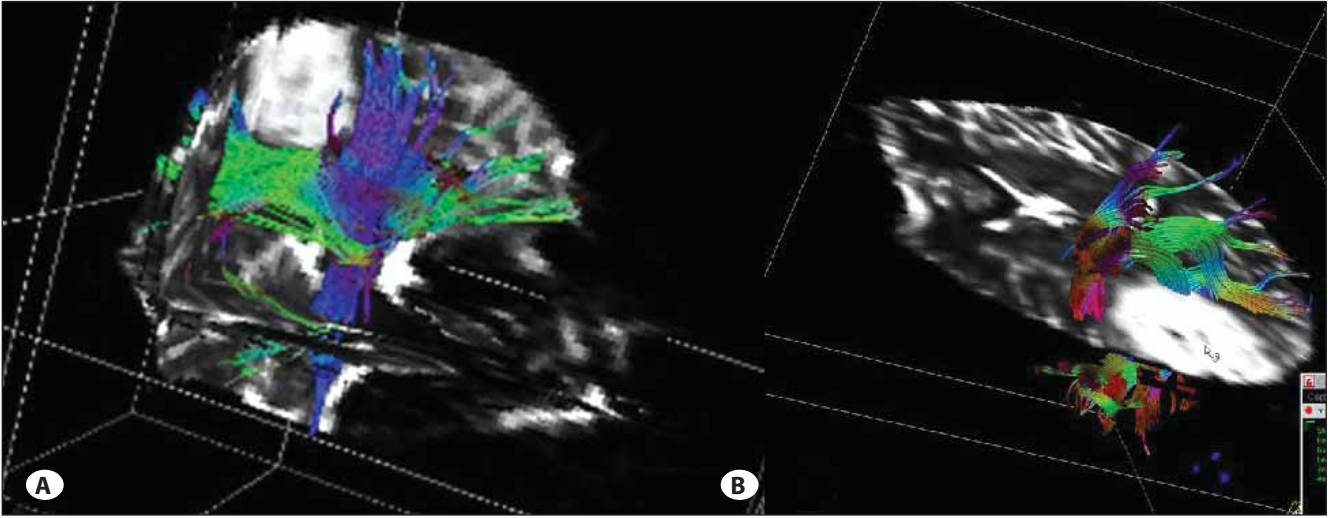
küçük adımlar ile sürekli izlem ile sürdürüldü. MR tetkiklerinde traktus invazyonu saptanmış ise bu sahalarda tümör rezeksiyonu sonlandırıldı. Ultrason ile tümörün ameliyat başlangıcında (Şekil 4) ve süresince kontrol edilmesi rezidüel tümör kalmaması amacıyla kullanıldı (Şekil 5).

Ameliyat sonrası 24-72 saat içinde hastalara MR kontrolü yapılarak preoperatif ve postoperatif MR lar karşılaştırılarak rezidüel tümör olup olmadığı açısından değerlendirildi (Şekil 6-9).

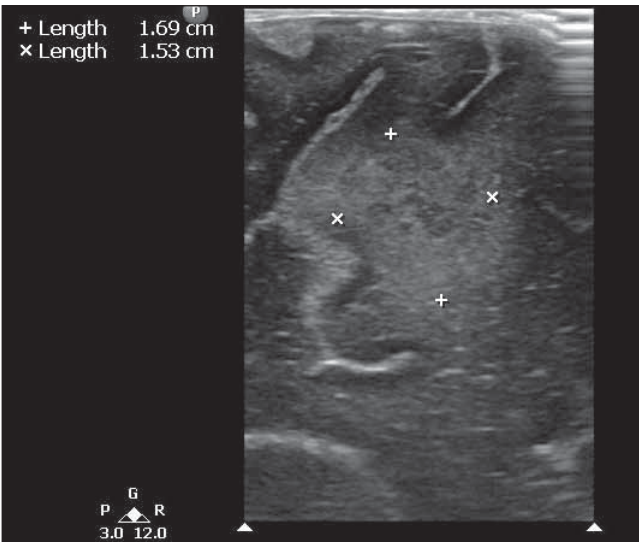
## SONUÇLAR

1999-2014 yılları arasında 801 hastaya uyanık kraniotomi uygulanmıştır.

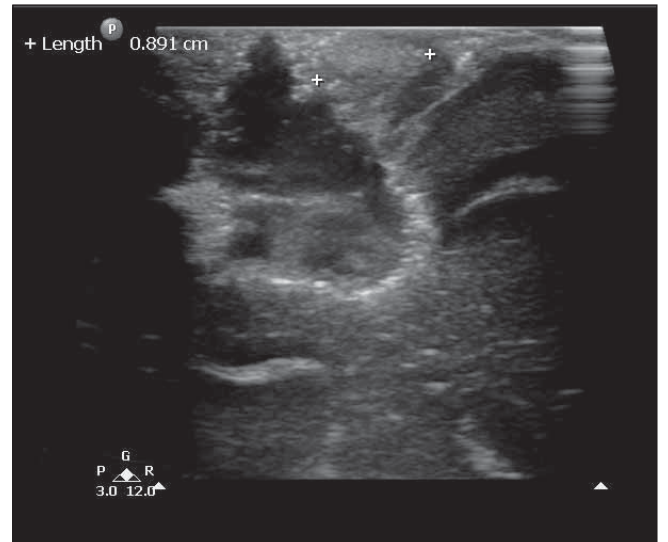
Metastatik kitleler veya kavernom gibi küçük lezyonların özellikle kortekse ulaşmayanlarının lokalize edilmesi için stereotaktik yönlendirme kullanılmıştır.



Şekil 3: Ameliyat öncesi hastaya yapılan traktografi (DTI) görülmektedir.

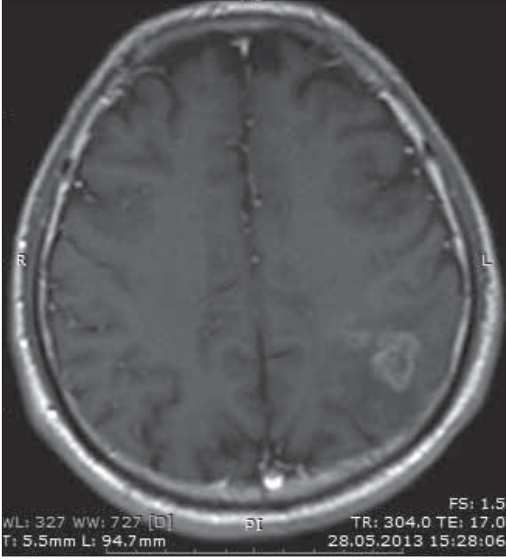


Şekil 4: Ameliyata başlamadan önce yapılan ultrason çalışması.

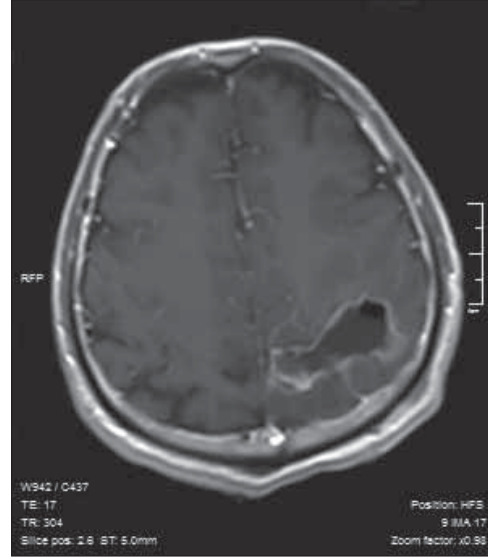


Şekil 5: Ameliyat sırasında rezidü olup olmadığını anlamak için yapılan ultrason çalışması.

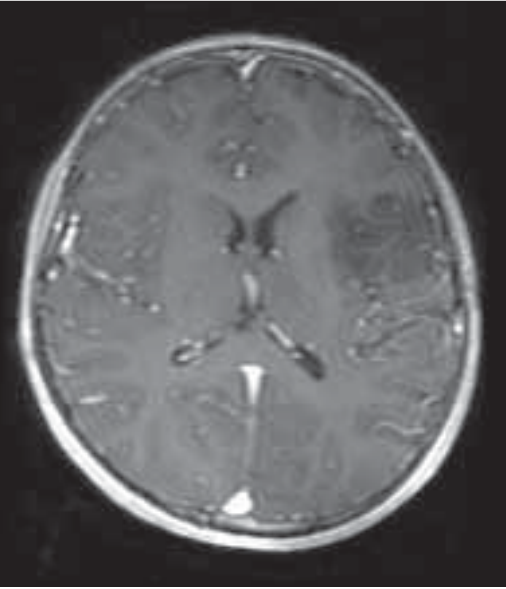




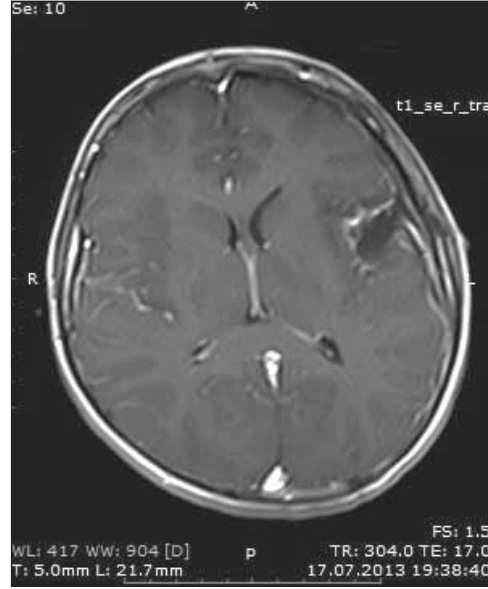
**Şekil 6:** Uyanık kraniyotomi yapılan bir hastanın ameliyat öncesi T1 aksiyel MR incelemesi.



**Şekil 7:** Aynı hastanın ameliyat sonrası T1 aksiyel MR incelemesi.



**Şekil 8:** Uyanık kraniyotomi uygulanan bir hastanın ameliyat öncesi T1 aksiyel MR kesiti.



**Şekil 9:** Aynı hastanın ameliyat sonrası T1 aksiyel MR incelemesi.

Ameliyat sırasında en sık rastlanan komplikasyon hastanın nöbet geçirmesidir. 41 hasta ameliyat sırasında özellikle haritalama aşamasında stimülasyon yapılırken nöbet geçirmiştir. Ek midazolam enjeksiyonu ile nöbet kontrol altına alınmıştır. Propofol ile anestezi uygulanması döneminde 2 olgu ameliyat sırasında solunum arresti nedeniyle genel anestezi uygulanması zorunlu olmuştur. Bu nedenle daha sonra propofol infüzyonu yerine midazolam ile sedasyon tercih edilmiştir.

Olguların histopatolojik değerlendirme sonucu %56 (448/801) olgu glial tümör, %29 (232/801) metastaz, (56/801) % 7 Meningiom, kavernom ve arteriovenöz malformasyon, diğer tümörler, (8/801) % 1 kortikal displazi saptanmıştır.

Ameliyat sonrası erken dönemde bir hasta tümör lojuna kanama nedeniyle eksitus olmuştur. 8 hasta ameliyat sonrası

plejik olmuş ve 15 gün ile 1 yıl arasında 2 olgu dışında nörolojik kayıp düzelmiştir. 84 olguda preoperatif nörolojik defisit artmış veya yeni defisit ortaya çıkmıştır. Bu olguların tümünde nörolojik bulgular birinci ay kontrolünde düzelmiştir.

### TARTIŞMA

Nörolojik tümör cerrahisinde her zaman amaç hastaya ek nörolojik defisit oluşturmadan radikal tümör rezeksiyonunu elde etmektir. Tümör rezeksiyonunun miktarı intraaksial beyin tümörlerinin prognozunda en önemli belirleyici etkidir (1,26,37). Ortalama yaşam süresi ve rekürrens süresi agresif tümör rezeksiyonu yapılan hastalarda daha uzun bulunmuştur (37,42,44). Radikal tümör rezeksiyonu hassas beyin bölgelerinde yüksek morbidite riski taşımaktadır. Cerrah agresif tümör çıkarmak ile morbidite oluşturma arasındaki hassas dengeyi gözetmelidir (41,43). Hassas beyin

bölgeleri: santral sulkus, presantral girus, postsantral girus, dominant hemisferde frontal operkulum, angular girustur (26). Tümöre güvenli yaklaşım ve güvenli rezeksiyon amaçlı farklı yöntemler uygulanmıştır. İntraoperatif MR, çerçeveli stereotaktik cerrahi veya navigasyon, küçük kranial açılışlar ile minimal beyin açılması gibi yöntemler kullanılmaktadır (5,15,45). Örneğin, Russel ve Kelly suplemanter motor alanda tümör rezeksiyonu için volümetrik stereotaktik tümör rezeksiyonu kullanmıştır (30,32). Motor korteks tayini amacıyla uyanık beyin haritalaması dışında faz reversal, tümör eksizyonu sırasında SEP ve MEP ile nöromonitorizasyon kullanılmaktadır. Her yöntemin farklı avantaj ve dezavantajları vardır. Zentner ve ark., suplementar motor alan nörolojik kötüleşme ile ameliyattan çıkan hastaların ameliyat süresince elektrofizyolojik testlerinin normal seyrettiğini göstermiştir (45). SEP ve MEP ile motor korteksin belirlenmesi önemli bir yardımcı yöntem olmasına karşın konuşma alanında kullanımı mümkün olmamaktadır. Uyanık cerrahi uygulanma kolaylığı ve ek maliyet oluşturmaması açısından kolay uygulanabilir bir yöntem olarak görülmektedir (3,4,8,22,33,38). Nöroşirürji pratiğinde, eksternal ventrikül drenajı, burr hole ile hematoma boşaltılması, stereotaktik biopsiler gibi lokal anestezi ile yapılan kranial ameliyatlar sıklıkla uygulanmaktadır. Bu nedenle beyin cerrahları lokal anestezi ile intra kranial girişim yapma deneyimine sahiptir.

Fonksiyonel alan ve çevresine yönelik tümör cerrahisinde radyolojik tetkikler cerrahi planlama açısından çok önemlidir. Fonksiyonel alan lokalizasyonundaki tümörler, bazı olgularda fonksiyonel alanın içinde olabilir veya fonksiyonel alanı itmiş olabilirler. Bu konuda en çok yardımcı olan inceleme fonksiyonel MR ile fonksiyonel korteksin belirlenmesidir (7). Fonksiyonel MR çekiminde işlemin yapıldığı MR cihazının rezolusyon ve programı ve MR teknisyeninin bu konudaki bilgi ve deneyimi önemlidir. Bazı olgularda özellikle konuşma ile ilgili fonksiyonel MR yeterli veriyi verememektedir. Bu olgularda ameliyat sırasında haritalama daha da önem kazanır. Preoperatif MR tetkiklerinde son yıllarda uygulanmaya başlanan traktografi (DTI) tümörün sadece korteks insizyonu sırasında değil derin yerleşimli kısımlarının çıkarılması sırasında da nerelerde dikkatli olunması gerektiğini göstermek açısından oldukça yararlı olmuştur.

Jaaskelainen, birçok hastanın uyanık cerrahi uygulanma fikrinden korktuğunu ancak yeterli açıklama yapıldığı zaman doktora güven duyduğunu vurgulamıştır (17). Bizim deneyimimizde de hastaların bir kısmı uyanık cerrahi teknikleri ile ameliyat riskinin azaldığı düşüncesi ile kolay adapte olmakta bir kısmı ise o sırada ağrı duyacağı endişesi taşımaktadır. Hastalara lokal anestezi ile birlikte sedasyon yapılacağı ve ameliyatta ağrı duymayacağı anlatılarak rahatlatılmalıdır. Whittle'in çalışması da bir çok hastanın uyanık cerrahiyi iyi tolere ettiğini göstermiştir (43).

Hastanın steril örtülerle örtme işleminde transparan steril örtü kullanılması işlem sırasında hastanın hareketlerinin cerrah tarafından görülmesini sağlar. Ayrıca hastanın da dışarıyı görebilmesine olanak verdiği için hastanın sıklıkla ve

bunalmasını engeller. Bu amaçla hazırlanmış steril transparan örtü setlerinin olmadığı koşullarda mikroskop kılıfları uygun şekilde kesilerek bu amaçla kullanılabilir. İşlem süresince anestezi hekimi veya bir başka beyin cerrahı hastayı izleyerek sürekli muayene etmelidir (27).

Jones ve Smith (18) uyanık kraniotomiler için üç değişik anestezi yöntemini tarif etmiştir. Bu teknikler sadece lokal anestezi, sedasyon, ve uyuma-uyandırma-uyutma teknikleridir. Geniş kraniotomi yapılma gereksinimi olan tümör rezeksiyonunda sadece lokal anestezi uygulanması yeterli olmaz. Bu olgularda ilk yıllarda propofol ve fentanil ile hastalar önce uyutulmuş haritalama sırasında uyandırılmıştır (9-12,19,20,24,25,34). Ancak bu yöntem ile yapılan ameliyatlarda iki olguda farklı anestezi ekiplerinin deneyimsizlikleri nedeniyle ameliyat sırasında solunum arresti gelişmesi ve ameliyatın genel anesteziyle sürdürülmek zorunda kalınması farklı yöntem arayışlarına yönlendirdi. Midazolam ve fentanil kombinasyonu ile geniş kraniotomi yapılmasına olanak sağlayacak yeterli sedasyon sağlandığı görüldü. 2005-2014 yılları arasındaki olgular bu yöntem ile opere edildi. İnsuler tümörler gibi geniş kraniotomi ve hastanın başına belli pozisyonlar verilmesi gereken girişimlerde çivili başlık uygulama gereksinimi olduğundan hastaya midazolam çivili başlık takılmadan önce yapılarak hastanın çivili başlık takılma aşamasında rahat olması sağlanmalıdır.

Sonuç olarak, yeterli radyolojik ön inceleme ile gerçekleştirilen uyanık kraniotomi girişimlerin sonuçları irdelendiğinde postoperatif nörolojik defisitlerde artış oranının minimal düzeyde olduğu ve kalıcı defisit görülme oranının çok düşük olduğu görülmüştür (40).

#### KAYNAKLAR

1. Akagami R, Napolitano M, Sekhar LN: Patient evaluated outcome after surgery for basal meningiomas. *Neurosurgery* 50:941-949, 2002
2. Ammirati M, Vick N, Liao YL, Ciric I, Mikhael M: Effect of the extent of surgical resection on survival and quality of life in patients with supratentorial glioblastomas and anaplastic astrocytomas. *Neurosurgery* 21:201-206, 1987
3. Ard JL Jr, Bekker AY, Doyle WK: Dexmedetomidine in awake craniotomy: A technical note. *Surg Neurol* 63(2):114-116, 2005
4. Bekar A, Korfali E, Calisir B, Tolunay S: Minimally invasive craniotomy using the Steiner-Lindquist stereotaxic guide. *Minim Invas Neurosurg* 44(1):13-16, 2001
5. Bernstein M: Outpatient craniotomy for brain tumor: A pilot feasibility study in 46 patients. *Can J Neurol Sci* 28:120-124, 2001
6. Black PMcL, Alexander E, Martin C, Moriarty T, Nabavi A, Wong TZ, Schwartz RB, Jolesz F: Craniotomy for tumor treatment in an intraoperative magnetic resonance imaging unit. *Neurosurgery* 45:423-433, 1999
7. Blanshard HJ, Chung F, Manninen PH, Taylor MD, Bernstein M: Awake craniotomy for removal of intracranial tumor: Considerations for early discharge. *Anesth Analg* 92(1):89-94, 2001

8. Brannen JH, Badie B, Moritz CH, Quigley M, Meyerand ME, Houghton VM: Reliability of functional MR imaging with word-generation tasks for mapping Broca's area. *AJNR Am J Neuroradiol* 22(9):1711-1718, 2001
9. Cohen-Gadol AA, Britton JW, Collignon FP, Bates LM, Cascino GD, Meyer FB: Nonlesional central lobule seizures: Use of awake cortical mapping and subdural grid monitoring for resection of seizure focus. *J Neurosurg* 98(6):1255-1262, 2003
10. Costello TG, Cormack JR, Mather LE, LaFerlita B, Murphy MA, Harris K: Plasma levobupivacaine concentrations following scalp block in patients undergoing awake craniotomy. *Br J Anaesth* 94(6):848-851, 2005
11. Costello TG, Cormack JR: Anaesthesia for awake craniotomy: A modern approach. *J Clin Neurosci* 11(1):19, 2004
12. Danks RA, Rogers M, Aglio LS, Gugino LD, Black PMcL: Patient tolerance of craniotomy performed with the patient under local anesthesia and monitored conscious sedation. *Neurosurgery* 42: 28-36, 1998
13. Duffau H: Acute functional reorganisation of the human motor cortex during resection of central lesions: A study using intraoperative brain mapping. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 70:506-513, 2001
14. Fontaine D, Capelle L, Duffau H: Somatotopy of the supplementary motor area: Evidence from correlation of the extent of surgical resection with the clinical patterns of deficit. *Neurosurgery* 50:297-305, 2002
15. Haglund MM, Berger MS, Shamseldin M, Lettich E, Ojemann GA: Cortical localization of temporal lobe language sites in patients with gliomas. *Neurosurgery* 34(4):567-576, 1994
16. Herholz K, Reulen HJ, von Stockhausen HM, Thiel A, Ilmberger J, Kessler J, Eisner W, Yousry TA, Heiss WD: Preoperative activation and intraoperative stimulation of language-related areas in patients with glioma. *Neurosurgery* 41:1253-1262, 1997
17. Huncke K, Van de Wiele B, Fried I, Rubinstein E: The asleep-awake-asleep anesthetic technique for intraoperative language mapping. *Neurosurgery* 42: 1312-1317, 1998
18. Jaaskelainen J, Randell T: Awake craniotomy in glioma surgery. *Acta Neurochir* 88 Suppl:31-35, 2003
19. Jones H, Smith M: Awake craniotomy. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain* 4(6):189-192, 2004
20. Keifer JC, Dentchev D, Little K, Warner DS, Friedman AH, Borel CO: A retrospective analysis of a remifentanyl/propropofol general anesthetic for craniotomy before awake functional brain mapping. *Anesth Analg* 101(2):502-508, 2005
21. Lang FF, Olansen NE, DeMonte F, Gokaslan ZL, Holland EC, Kalhorn C, Sawaya R: Surgical resection of intrinsic insular tumors: complication avoidance. *J Neurosurg* 95(4):638-650, 2001
22. Larkin M: Neurosurgeons wake up to awake-brain surgery. *Lancet* 353:1772, 1999
23. Lucas TH, McKhann GM, Ojemann GA: Functional separation of languages in the bilingual brain: A comparison of electrical stimulation language mapping in 25 bilingual patients and 117 monolingual control patients. *J Neurosurg* 101(3):449-457, 2004
24. Mack PF, Perrine K, Kobylarz E, Schwartz TH, Lien CA: Dexmedetomidine and neurocognitive testing in awake craniotomy. *J Neurosurg Anesthesiol* 16(1):20-25, 2004
25. Manninen PH, Tan TK: Postoperative nausea and vomiting after craniotomy for tumor surgery: A comparison between awake craniotomy and general anesthesia. *J Clin Anesth* 14(4):279-283, 2002
26. McDougall RJ, Rosenfeld JV, Wrennall JA, Harvey AS: Awake craniotomy in an adolescent. *Anaesth Intensive Care*. 29(4):423-425, 2001
27. Meyer FB, Bates LM, Goerss SJ, Friedman JA, Windschitl WL, Duffy JR, Perkins WJ, O'Neill BP: Awake craniotomy for aggressive resection of primary gliomas located in eloquent brain. *Mayo Clin Proc* 76:677-687, 2001
28. Ojemann GA, Schoenfield-McNeill J: Activity of neurons in human temporal cortex during identification and memory for names and words. *J Neurosci* 19(13):5674-5682, 1999
29. Ojemann JG, Miller JW, Silbergeld DL: Preserved function in brain invaded by tumor. *Neurosurgery* 39: 253-259, 1996
30. Peraud A, Meschede M, Eisner W, Ilmberger J, Reulen HJ: Surgical resection of grade II astrocytomas in the superior frontal gyrus. *Neurosurgery* 50:966-977, 2002
31. Quinones-Hinojosa A, Ojemann SG, Sanai N, Dillon WP, Berger MS: Preoperative correlation of intraoperative cortical mapping with magnetic resonance imaging landmarks to predict localization of the Broca area. *J Neurosurg* 99(2): 311-318, 2003
32. Russell SM, Kelly PJ: Incidence and clinical evolution of postoperative deficits after volumetric stereotactic resection of glial neoplasms involving the supplementary motor area. *Neurosurgery* 52:506-516, 2003
33. Sahjpaul RL: Awake craniotomy: Controversies, indications and techniques in the surgical treatment of temporal lobe epilepsy. *Can J Neurol Sci* 27 Suppl 1:55-63, 2000
34. Sarang A, Dinsmore J: Anaesthesia for awake craniotomy evolution of technique that facilitates awake neurological testing. *Brit J Anaesth* 90(2):161-165, 2003
35. Shinoura N, Yamada R, Kodama T, Suzuki Y, Takahashi M, Yagi K: Preoperative fMRI, tractography and continuous task during awake surgery for maintenance of motor function following surgical resection of metastatic tumor spread to the primary motor area. *Minim Invasive Neurosurg* 48(2):85-90, 2005
36. Signorelli F, Guyotat J, Isnard J, Schneider F, Mohammadi R, Bret P: The value of cortical stimulation applied to the surgery of malignant gliomas in language areas. *Neurol Sci* 22(1):3-10, 2001
37. Tan TC, Black P: Image-guided craniotomy for cerebral metastases: Techniques and outcomes. *Neurosurgery* 53: 82-90, 2003
38. Taylor MD, Bernstein M: Awake craniotomy with brain mapping as the routine surgical approach to treating patients with supratentorial intraaxial tumors: A prospective trial of 200 cases. *J Neurosurg* 90(1):35-41, 1999

39. Tobler WD, Stanley M: Stereotactic resection of brain metastases in eloquent brain. *Stereotact Funct Neurosurg* 63:38-44 1994
40. Walsh AR, Schmidt RH, Marsh HT: Cortical mapping and local anaesthetic resection as an aid to surgery of low and intermediate grade gliomas. *Br J Neurosurg* 6:119-124,1992
41. Whittle IR, Borthwick S, Haq N: Brain dysfunction following 'awake' craniotomy, brain mapping and resection of glioma. *Br J Neurosurg* 17(2):130-137, 2003
42. Whittle IR, Midgley S, Georges H, Pringle AM, Taylor R: Patient perceptions of "awake" brain tumour surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 147(3):275-277, 2005
43. Whittle IR: Surgery for gliomas. *Curr Opin Neurol* 15(6):663-669, 2002
44. Yetkin FZ, Mueller WM, Morris GL, McAuliffe TL, Ulmer JL, Cox RW, Daniels DL, Haughton VM: Functional MR activation correlated with intraoperative cortical mapping. *Am J Neuroradiol* 18(7):1311-1315, 1997
45. Zentner J, Hufnagel A, Pechstein U, Wolf HK, Schramm J: Functional results after resective procedures involving the supplementary motor area. *J Neurosurg* 85:542-549, 1996