

# Intraoperatif Ultrason: Nöroşirürjikal Tümör Rezeksiyonlarında Kolay ve Maliyet Etkin Bir Metod

## Intraoperative Ultrasound: An Easy, Cost-Effective Method in Neurosurgical Tumor Resection

Özgün Araştırma  
Research Article

Mahmut amlar  

### Öz

**Amaç:** Beyin tümörü tanısıyla ameliyat olan olgularda rezeksiyon oranı oldukça önemli bir prognostik faktör olarak kabul görmektedir. İntraoperatif ultrason kolay ulaşılabilir, ucuz, uygulaması kolay olan ve cerrahi ameliyat sırasında yönlendiren bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı, intraoperatif ultrason kullanılan olgularda kraniotomi sonrası tümöral kitlenin yerinin belirlenmesi, ultrasonografik görüntüsü ile patoloji arasındaki ilişkiyi araştırmak ve intraoperatif ultrason kullanımının rezidü kitlenin peroperatif olarak saptanmasındaki etkinliğini araştırmaktır.

**Yöntem:** Beyin tümörü tanısı alıp 01.01.2014 ve 10.07.2018 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroşirürji Kliniğinde bir cerrah (MÇ) tarafından ameliyat edilmiş ardışık 52 hastaya uygulanan 59 ameliyat retrospektif olarak tarandı. İntraoperatif ultrason kullanılmamış olan 25 hastanın 27 ameliyatı çalışma dışı bırakıldı. Yirmi yedi hastaya uygulanan 32 ameliyat çalışmaya dahil edildi. İntraoperatif ultrasonun lezyonu saptamadaki yararı, peroperatif olarak rezidü saptanan olgular ve patoloji sonuçları ile intraoperatif ultrason görüntüleri arasındaki ilişki araştırıldı.

**Bulgular:** Lezyonu kistik komponent içeren hastalarda intraoperatif ultrason görüntü kalitesinin istatistiksel anlamlı olarak daha iyi olduğu saptandı ( $p<0,001$ ). İntraoperatif ultrason görüntü kaliteleri değerlendirildiğinde patolojinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlemlendi ( $p=0,811$ ). Tümörün supratentorial veya infratentorial yerleşimli olmasının intraoperatif ultrason görüntü kalitesini etkilemediği gösterildi ( $p=1$ ).

**Sonuç:** İntraoperatif ultrason kullanımının nöroşirürjikal tümör rezeksiyonlarında kolay ve maliyet etkin bir metod olduğu ve kullanımının giderek yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** İntraoperatif ultrason, beyin tümörü, cerrahi teknik, tümör rezeksiyonu

### ABSTRACT

**Objective:** Extent of resection is accepted as a significant prognostic factor in patients who had undergone surgery for brain tumors. Intraoperative ultrasound is an easily accessible, cost-effective real-time method that provides intraoperative guidance for the surgeon. The aim of this study is to determine the location of tumor after craniotomy with intraoperative ultrasound, to investigate both the correlation between ultrasonographic findings and the pathology results and also the efficacy of intraoperative ultrasound use in the detection of residual tumor perioperatively.

**Method:** Fifty-nine operations performed by a single surgeon (MÇ) in consecutive 52 patients diagnosed with brain tumor in University of Health Sciences, İzmir Tepecik Education and Research Hospital Department of Neurosurgery between 01.01.2014 and 07.10. 2018 were retrospectively screened. Twenty-seven operations performed in 25 patients were excluded from the study because intraoperatively ultrasound was not used. Thirty-two operations performed for 27 patients were included in the study. The relationship among usefulness of intraoperative ultrasound images in the identification of the lesion, the number of lesions with perioperatively detected residual tumors, their pathology results, and intraoperative ultrasonographic images were investigated.

**Results:** The quality of intraoperative ultrasonographic images was found to be statistically significantly better in patients who had tumor with cystic component ( $p<0.001$ ). It was also found that there was no statistically significant effect of pathology to the quality of intraoperative ultrasound image ( $p=0.811$ ). The supratentorial or infratentorial location of the tumor did not affect the quality intraoperative ultrasound image ( $p=1$ ).

**Conclusion:** It has been envisaged that the use of intraoperative ultrasound is an easy and cost-effective method in neurosurgical tumor resections and its use will become increasingly widespread.

**Keywords:** Intraoperative ultrasound, brain tumor, surgical technique, tumor resection

Alındığı tarih: 16.08.2018  
Kabul tarihi: 04.11.2018  
Online Yayın tarihi: 31.12.2019

Mahmut amlar  
SBÜ. İzmir Tepecik Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi  
Beyin Cerrahisi Anabilim Dalı,  
A Blok 3. Kat Yenişehir  
Konak 35070 İzmir - Türkiye  
✉ drcamlar@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-6467-0172

Cite as: amlar M. İntraoperatif ultrason: Nöroşirürjikal tümör rezeksiyonlarında kolay ve maliyet etkin bir metod. Tepecik Eğit. ve Araşt. Hast. Dergisi. 2019;29(3):241-6.



  Telif hakkı T.C. Sağlık Bakanlığı İzmir Tepecik Eğit. ve Araşt. Hastanesi. Logos Tıp Yayıncılık tarafından yayınlanmaktadır. Bu dergide yayınlanan bütün makaleler Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

  Copyright Association of Publication of the T.C. Ministry of Health İzmir Tepecik Education and Research Hospital. This journal published by Logos Medical Publishing.

Licensed by Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŐ

Beyin tümörü nedeniyle ameliyat edilen olgularda tümörün rezeksiyon oranı hastaların sonuçlarını etkileyen önemli bir faktör olarak kabul görmektedir<sup>(1-4)</sup>. Günümüzde nöroşirürji operasyonları konvansiyonel mikroskoplar eşliğinde mikrocerrahi yöntemler ile yapılmaktadır, ancak bu cihazların en büyük yetersizliği tümör ile normal doku ayırımını bazen net olarak gösterememesidir. Bu sınırın tam olarak belirlenemiyor olması hem tümörün tam olarak rezeke edilememesi hem de girişimin normal beyin dokusuna taşarak nörolojik kayıplara yol açılmasına neden olabilmektedir. Zamanla bu soruna çözüm olarak çeşitli yardımcı cihazlar ile yapılan ameliyat teknikleri tanımlanmıştır. İntraoperatif manyetik rezonans görüntüleme (İOMR) yardımı ile yapılan ameliyatlara halen günümüzde en popüler olan yöntemdir. Yüksek çözünürlük ve değişik planlarda ince kesitler alınabiliyor olması cerrah için ameliyat sırasında rezidü tümörün yeri ve miktarını belirlemek için onu tüm yöntemler içinde en avantajlı hale getirmektedir. Bir diğer teknik intraoperatif bilgisayarlı tomografi (İOBT)'dir. İOMR'a göre daha düşük görüntü çözünürlüğü ve intraoperatif tek planda kesit alınabilmesi nedeniyle daha az tercih edilen bir yöntemdir.

Özellikle son yıllarda intraoperative ultrason (İOUS) birçok merkezde giderek daha çok yeğlenen bir yöntem haline gelmiştir. Her ne kadar İOMR kadar yüksek bir çözünürlüğe sahip olmasa da kolay ulaşılabilir, ucuz ve güvenli oluşu cerrahlar tarafından sıkça yeğlenme nedenleri arasında sayılabilir. Teknolojideki ilerlemeler tüm cihazlarda olduğu gibi zamanla ultrason (US) görüntülerinin de çözünürlüğünü daha kaliteli hale getirerek popülaritesini arttırmıştır<sup>(5)</sup>.

Tümör rezeksiyon oranının belirlenmesinin yanında tümör lokalizasyonunu belirlemek de nöroşirürjikal yaklaşımlarda oldukça önem göstermektedir. Çeşitli anatomik belirteçlerin ameliyat öncesi çekilmiş olan MR ile korele edilmesi ile tümörün yeri belirlense de zaman zaman hatalar olabilmektedir. Bunun önüne

geçmek adına nöronavigasyon sistemleri bazı merkezler tarafından kullanılmaktadır. Oldukça güvenilir sistemler olmalarının yanında pahalı oluşları en büyük dezavantajlarıdır. Benzer şekilde, ameliyat sırasında kraniyotomi takiben dura açılmadan önce İOUS yardımıyla da lezyonun yeri teyid edilebilir. Cerrah açısından bu oldukça pratik, kolay öğrenilebilir, hızlı ve ulaşımı kolay metod sayesinde tümörün yeri onaylanmış olur<sup>(6,7)</sup>. Tüm bu avantajları sayesinde İOUS kullanımı pediyatrik ve erişkin beyin tümörlerinin tedavisinde giderek daha popüler hale gelmektedir<sup>(2,4,7,8)</sup>.

## GEREÇ ve YÖNTEM

26.07.2018 tarih ve 2018-9-13 karar No.lu SBÜ İzmir Tepecik SUAM Etik Kurul onayı alındı. Beyin tümörü tanısı ile 01.01.2014 ve 10.07.2018 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroşirürji Kliniğinde bir cerrah (Dr. Çamlar) tarafından ameliyat edilmiş ardışık 52 hasta için uygulanan 59 operasyon retrospektif olarak tarandı. İOUS kullanılmadan opere edilen hastalar (n=25) çalışmada dışı bırakıldı. Geriye kalan 27 hasta için uygulanan 32 operasyon çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil olan tüm hastalar operasyon öncesi kontrastlı beyin MR görüntülemeye sahipti.

Kliniğimizde 2014 yılından itibaren İOUS (SONOSITE, Fujifilm SonoSite, Inc. Bothell, WA 98021 USA) bazı cerrahlar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. HSL25xp model 13-6 MHz lineer bant genişliğine sahip olan mevcut prob 6 cm derinliğe kadar görüntü almaya olanak tanımaktadır. Kraniyotominin ardından dura açılmadan önce ultrason probu steril kılıf içine jel ile iletılarak yerleştirilir. Duranın üzeri serum fizyolojik ile bolca iletildikten sonra duraya nazik bir şekilde teması sağlanır. Dura üzerinde kraniyotomi alanında hareket ettirilerek lezyonun lokalizasyonu onaylanır ve sınırları belirlenir. Eğer lezyon ultrason ile parsiyel olarak görülebiliyor ve mevcut kraniyotomi alanından patolojiye ulaşamayacağı düşünülüyor ise ultrason ile belirlenen yöne doğru kraniyotomi genişletilebilir.

İOUS kullanılan tüm olgularda klinik, radyolojik ve sonografik görüntülerin bulguları kayıt altına alınmaktadır. Kayıtlarda lezyonun bulunmasına İOUS'un yardımı olup olmadığı, lezyonun İOUS'daki görüntü kalitesi ve tümöral dokunun eksize edildiği düşünöldükten sonra kontrol İOUS yapılan olgularda rezidü tümöral doku saptanıp eksizyona devam edilip edilmediğine dair ameliyat sonunda alınmış olan notlar retrospektif olarak değerlendirildi.

Tüm hastalar preoperatif olarak çekilmiş kontrastlı beyin MRG tetkikine sahipti. Hastalar; patoloji sonuçları, tümörün tentoryuma göre yerleşimi ve kistik komponent içerip içermemesine göre kategorize edildi (Tablo 1). Ultrasonda tümöral doku görüntü çözünürlüğü iyi ve zayıf olarak kategorize edildi. Hastaların patolojileri glial tümör ve glial tümör dışı patolojiler olarak ikiye ayrıldı. Preoperatif MRG'de tümöral dokunun kistik komponent içerip içermemesine göre, patoloji sonucunun glial tümör olup olmasına göre görüntü çözünürlüğü değerlendirildi. Ayrıca tümörün supratentoriyel veya infratentoriyel yerleşimli oluşuna göre de görüntü çözünürlükleri değerlendirildi.

**Tablo 1.** İOUS görüntü çözünürlüğünün çeşitli etkenlerle ilişkisi (n=32).

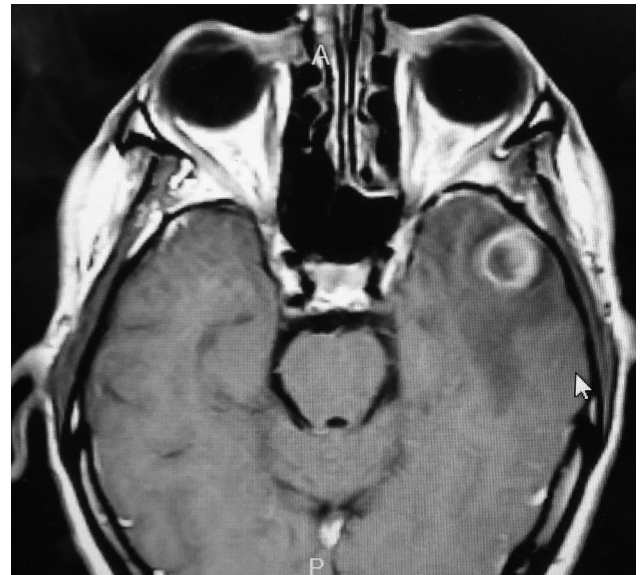
Histopatoloji	Ultrason Görüntü Kalitesi	
	İyi	Kötü
Glial tümör	12 (%54,5)	5 (%50)
Glial tümör dışı	10 (%45,4)	5 (%50)
<b>Tümörde kistik içerik mevcudiyeti</b>		
Var	19 (%86,4)	1 (%10)
Yok	3 (%13,6)	9 (%90)
<b>Yerleşim</b>		
Supratentoriyel	18 (%81,8)	9 (%90)
İnftratentoriyel	4 (%18,2)	1 (%10)

Tanımlayıcı istatistiklerde kategorik veriler sayı ve yüzde değerleriyle birlikte verilmiştir. Verilerin istatistiksel karşılaştırmasında kategorik veriler için Fisher exact test kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için %95 güven aralığında 0,05'in altındaki p değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler için SPSS programı, 21.0 sürümü kullanılmıştır.

## BULGULAR

Toplam 27 ardışık hastaya İOUS eşliğinde uygulanan 32 ameliyat çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya katılan olguların 12'si kadın, 15'i erkek hasta olup, ortalama yaş 56,1 (13-82) olarak saptandı. İOUS kullanılan tüm olgularda kraniotominin ardından dura açılmadan önce ultrason probu ile tümörün lokalizasyonu teyid edildi. İki hastada İOUS sonrası lezyona daha rahat ulaşabilmek için kraniotomi defektinin genişletilme gereksinimi olduğu saptandı. İki hastada tümöral dokunun eksizyonunu takiben kontrol İOUS yapılarak rezidü kitle varlığı saptanması üzerine eksizyona devam edildi. Bu iki hastada da patoloji glial tümör olarak saptandı ve rezidü kitle kistik komponentler içermekteydi. İOUS kullanılarak opere edilen iki olgunun preop MR görüntüleri ve İOUS görüntüleri aşağıda gösterilmiştir (Resim 1, 2, 3, 4).

MRG'de kistik komponent varlığının İOUS görüntü kalitesine olan etkileri araştırıldı. Lezyonu kistik komponent içeren hastalarda İOUS görüntü kalitesinin istatistiksel anlamlı olarak daha iyi olduğu saptandı (p<0.001). Benzer şekilde hastaların patolojilerinin glial tümör veya glial tümör dışı patoloji olmasına göre İOUS görüntü kaliteleri değerlendirildiğinde

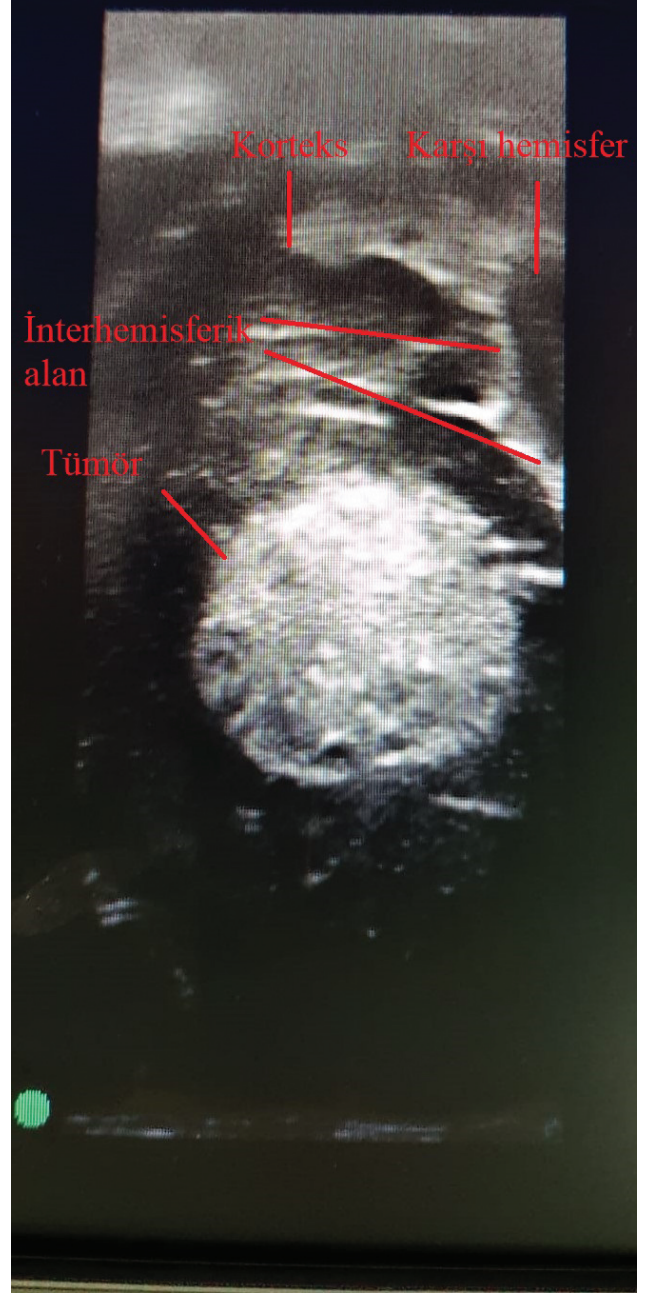


**Resim 1.** Sol temporal lob yerleşimli nodüler kitle ve çevresel ödem paternini gösteren T1 sekans MRG kesiti.

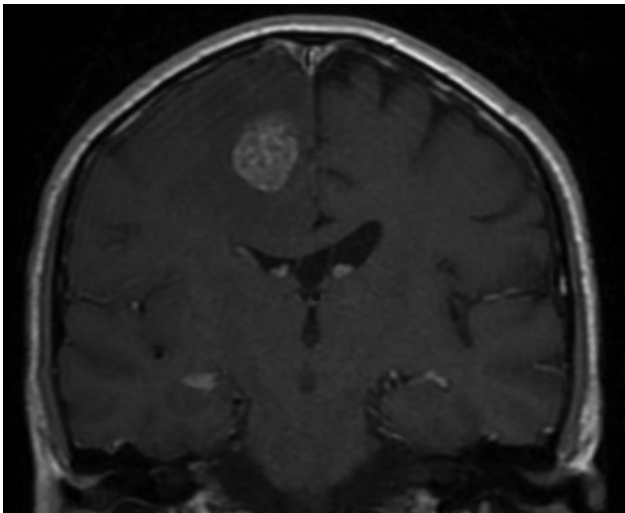




Resim 2. Resim 1'de gösterilen olgunun İOUS görüntüsü.



Resim 4. Resim 3'te gösterilen olgunun İOUS görüntüsü.



Resim 3. Subkortikal yerleşimli düzgün sınırlı nodüler kitle, T1 sekans MRG kesiti.

patolojinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlemlendi ( $p=0,811$ ). Son olarak supratentoriyel ve infratentoriyel yerleşimli tümöral dokuların İOUS görüntü kaliteleri arasında istatistiksel anlamlı bir fark saptanmadı ( $p=1$ ).

## TARTIŞMA

Günümüzde beyin tümörleri nöroşirürji hasta popü-

lasyonu içinde önemli bir yere sahiptir. Tedavi protokolünde cerrahi tedavi ve ardından patoloji sonucuna göre radyoterapi, kemoterapi yer almaktadır. Cerrahi tedavi basamağında tedavi başarısını etkileyen pek çok neden bulunmaktadır. Tümör rezeksiyonunun miktarı bu faktörlerden en çok önem gösteren faktörlerdendir <sup>(1-4,9)</sup>. Cerrahi eksizeyon miktarının artması sağ kalıma olumlu etki sağlamaktadır.

Bilindiği gibi ultrasonografi tanısall ve tedavi amacıyla yıllardır tıbbın çeşitli dallarında kullanılan yardımcı tıbbi bir cihazdır. Nöroşirürji alanı dışında kullanımı çok eskiye dayansa da son yıllarda nöroşirürjenler için de popüler hale gelmeye başlamıştır. Ameliyat öncesi çekilen MRG ve tomografi görüntülerinin hastanın antropolojik noktaları ile eşleştirilmesi ile cerrahi ekip sıklıkla tümörün lokalizasyonunu saptamakta sıkıntı yaşamaz. Ancak bazı tümörler subkortikal veya tahmini daha güç şekilde yerleşir ki cerrah peroperatif olarak lezyonu bulmakta zorluk yaşayabilir. Bu gibi durumların üstesinde gelmek adına intraoperatif tomografi, intraoperatif MRG ve navigasyon sistemleri ile ameliyat yöntemleri geliştirilmiş ve bazı sınırlı sayıda merkezde güvenle kullanılmaktadır <sup>(10-14)</sup>. Bu yöntemler nöroşirürji tarihinde önemli bir dönüm noktası olarak görülüyor olsa da sistemlerin pahalı oluşu nedeniyle çok kısıtlı sayıda merkez bu cihazlara erişebilmektedir. Son yıllarda bu sistemlere ulaşamayan merkezlere bir alternatif olarak İOUS gösterilmektedir. İOUS kullanımı sayesinde özellikle subkortikal ve derin yerleşimli kitlelerin ameliyat sırasında belirlenmesi daha kolay hale gelir. Bu da cerrahi ekibe hem zaman kazandırır hem de kortikotominin miktarının azalmasını sağlar <sup>(10,11)</sup>.

Kliniğimizde İOUS yardımıyla ameliyat olan hastalarda kraniyotominin ardından duratomi yapılmadan önce rutin olarak İOUS ile lezyonun yeri onaylanmıştır. Özellikle subkortikal yerleşimli olan kitlelerde girişimin yapılacağı noktanın belirlenmesinde büyük yararı olduğu gözlenmiştir. İki hastada ameliyat öncesi belirlenen kraniyotominin bir miktar daha genişletil-

mesi gerektiği konusunda fikir vermiştir ve dura açılmadan kraniyotomi genişletilmiştir. Elbette İOUS'un tek yararı lezyonun lokalizasyonunu saptamak değildir. Bilindiği üzere maksimal güvenli cerrahi beyin tümörü cerrahisinde önemli bir noktadır. Literatürde İOUS rezidü kitle varlığının kontrolü için de kullanılmaktadır <sup>(8-11,15-18)</sup>. Özellikle düşük derece glial tümörlerde OPMİ altında tümöral dokunun sınırlarının saptanması cerrah için zaman zaman oldukça güç olabilmekte ve rezidü kitleler kalabilmektedir. Bu ayrımın yapılamamasına bağlı olarak da bazen normal beyin dokusu tümör dokusu ile karıştırılıp eksize edilebilmektedir ki bu durum rezidü kitle kalmasından daha tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir. Çalışmaya dahil olan 32 operasyonda postoperatif İOUS ile rezidü kalıp kalmadığı kontrol edilmiştir. İki hastada rezidü kitle varlığı saptanıp eksizeyona devam edilmiştir.

Diğer intraoperatif görüntüleme yöntemleri olan MRG ve BT'ye göre İOUS'nun çözünürlüğü ve sensitivitesi elbette daha düşüktür. Ancak İOUS kullanımı ile zaman içinde cerrahın deneyimi arttıkça daha doğru sonuçlara ulaşabilmektedir. Değişik patolojilerde çözünürlüğün değişkenlik gösterdiği saptanmış ve patoloji sonuçları ile görüntü kalitesi arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir. Patoloji sonucu ile görüntü kalitesi arasında anlamlı bir ilişki saptanmamış olsa da kistik kitlelerin görüntü kalitesinin daha iyi olduğu ve daha rahat belirlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Bazı merkezlerde 3 boyutlu ultrason kullanımı da tariflenmiştir ki bu cihaz ile daha kaliteli görüntüler alınabilmektedir. Özellikle rezidü kitleyi değerlendirmede başarı oranlarının yüksek olduğu yönünde bildirimler mevcuttur <sup>(3,4)</sup>.

## SONUÇ

Sonuç olarak, İOUS'nun kolay ulaşılabilir ve maliyet etkin bir metod olması nöroşirürjikal operasyonlarda ilerleyen yıllarda kendine çok daha fazla yer bulabileceğini düşündürmektedir.

**Teşekkür:** Ultrason kullanımı ve öğrenme aşamasındaki yardımlarından dolayı Sayın Dr. Özgür Öztekin'e teşekkür ederim.

**Etik Kurul Onayı:** SBÜ İzmir Tepecik SUAM Etik Kurul onayı alınmıştır (2018-9-13).

**Çıkar Çatışması:** Yoktur.

**Finansal Destek:** Yoktur.

**Hasta Onamı:** Retrospektif çalışma olduğu için hasta onamı alınmamıştır.

**Ethics Committee Approval:** SBU İzmir Tepecik SUAM Ethics Committee approval was obtained (2018-9-13).

**Conflict of Interest:** None.

**Funding:** None.

**Informed Consent:** As it was a retrospective study, informed consent was not obtained.

## KAYNAKLAR

- Hammoud MA, Ligon BL, elSouki R, Shi WM, Schomer DF, Sawaya R: Use of intraoperative ultrasound for localizing tumors and determining the extent of resection: a comparative study with magnetic resonance imaging. *J Neurosurg.* 1996;84:737-41. [\[CrossRef\]](#)
- Neidert MC, Hostettler IC, Burkhardt JK, Mohme M, Held U, Kofmehl R, et al: The influence of intraoperative resection control modalities on survival following gross total resection of glioblastoma. *Neurosurg Rev.* 2016;39:401-9. [\[CrossRef\]](#)
- Roth J, Biyani N, Beni-Adani L, Constantini S: Real-time neuronavigation with high-quality 3D ultrasound SonoWand in pediatric neurosurgery. *Pediatr Neurosurg.* 2007;43:185-91. [\[CrossRef\]](#)
- Ulrich NH, Burkhardt JK, Serra C, Bernays RL, Bozinov O: Resection of pediatric intracerebral tumors with the aid of intraoperative real-time 3-D ultrasound. *Childs Nerv Syst.* 2012;28:101-9. [\[CrossRef\]](#)
- Vougioukas VI, Hubbe U, Hochmuth A, Gellrich NC, van Velthoven V: Perspectives and limitations of image-guided neurosurgery in pediatric patients. *Childs Nerv Syst.* 2003;19:783-91. [\[CrossRef\]](#)
- Chacko AG, Kumar NK, Chacko G, Athyal R, Rajshekhar V: Intraoperative ultrasound in determining the extend of resection of parenchymal brain tumors-a comparative study with computed tomography and histopathology. *Acta Neurochir (Wien).* 2003;145:743-8. [\[CrossRef\]](#)
- Mair R, Heald J, Poeta I, Ivanov M: A practical grading system of ultrasonographic visibility for intracerebral lesions. *Acta Neurochir (Wien)* 2013;155:2293-8. [\[CrossRef\]](#)
- Wang J, Liu X, Ba YM, Yang YL, Gao GD, Wang L et al. Effect of sonographically guided cerebral glioma surgery on survival time. *J Ultrasound Med.* 2012;31:757-62. [\[CrossRef\]](#)
- Zhang G, Li Z, Si D, Shen L: Diagnostic ability of intraoperative ultrasound for identifying tumor residual in glioma surgery operation. *Oncotarget.* 2017;22;8(42):73105-14.
- Hammoud MA, Ligon BL, elSouki R, Shi WM, Schomer DF, Sawaya R: Use of intraoperative ultrasound for localizing tumors and determining the extent of resection: a comparative study with magnetic resonance imaging. *J Neurosurg.* 1996;84(5):737-41. [\[CrossRef\]](#)
- Picarelli H, Oliveira Mde L, Bor-Seng-Shu E, Ribas ES, Santos AM, Teixeira MJ: Intraoperative ultrasonography for presumed brain metastases: a case series study. *Arq Neuropsiquiatr.* 2012;70(10):793-8. [\[CrossRef\]](#)
- Barbagallo GMV, Morrone A, Certo F: Intraoperative CT and awake craniotomy: a useful and safe combination in brain surgery. *World Neurosurg.* 2018;18:1878-8750(18)31556-0.
- Carl B, Bopp M, Saß B, Nimsky C: Intraoperative computed tomography as reliable navigation registration device in 200 cranial procedures. *Acta Neurochirurgica.* 2018;160:1681-9. [\[CrossRef\]](#)
- White T, Zavarella S, Jarchin L, Nardi D, Schaffer S, Schulder M: Combined Brain Mapping and Compact Intraoperative MRI for Brain Tumor Resection. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2018;96(3):172-81. [\[CrossRef\]](#)
- Regelsberger J, Lohmann F, Helmke K, Westphal M: Ultrasound-guided surgery of deep seated brain lesions. *Eur J Ultrasound.* 2000;12:115-21. [\[CrossRef\]](#)
- Gerganov VM, Samii A, Akbarian A, Stieglitz L, Samii M, Fahlbusch R: Reliability of intraoperative high-resolution 2D ultrasound as an alternative to high-field strength MR imaging for tumor resection control: a prospective comparative study. *J Neurosurg.* 2009;111:512-9. [\[CrossRef\]](#)
- Erdogan N, Tucer B, Mavili E, Menku A, Kurtsoy A: Ultrasound guidance in intracranial tumor resection: correlation with postoperative magnetic resonance findings. *Acta Radiol.* 2005;46:743-9. [\[CrossRef\]](#)
- He Y, He W, Du LJ, Yu SQ, Wang JS, Li HZ: The value of intraoperative contrast-enhanced ultrasonography for improving the completely resection of cerebral gliomas. *Chin J Med Ultrasound.* 2012;9:36-9.