

Serebellar Metastatik Tümörlerin Cerrahi Rezeksiyonunda İntraoperatif Ultrasonografi Kullanılması

The Use of Intraoperative Ultrasonography in the Surgical Resection of Cerebellar Metastatic Tumors

CENGİZ ÇOKLUK, ALPARSLAN ŞENEL, ÖMER İYİGÜN,
ARIF ÖNDER, CEMİL RAKUNT, FAHRETTİN ÇELİK

Ondokuzmayıs Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı (CÇ, AŞ, Öİ, AÖ, CR, FÇ), Samsun

Geliş Tarihi: 13.11.2001 ⇔ Kabul Tarihi: 11.4.2002

Özet: *Amaç:* Bu prospektif klinik çalışmanın amacı intraoperatif ultrasonografik incelemenin serebellar metastatik tümörlerin cerrahi rezeksiyonları sırasındaki yararlarını araştırmak ve bu tipteki lezyonların ultrasonografik görünüm özelliklerini tanımlamaktır.

Yöntemler: 10 olguyu içeren intraoperatif ultrasonografi (İOUSG) verileri lokalizasyon parenkimal görünüm özellikleri ve peritümöral doku değişikliklerine göre gruplandırılarak incelenmiştir.

Bulgular: Metastatik lezyonların primer kaynakları akciğer (%60), meme (%20), gastrointestinal sistem (%10) ve genitoüriner sistem (%10)'dir. Ultrasonografik incelemede solid (%10), kistik (%20) ve nekrotik (%70) lezyonlar kolaylıkla saptandılar.

Sonuç: Ultrasonografi tümör sınırları, parankim özellikleri, perilezyonel görünüm, lezyonun serebellar yüzeyden olan derinliği, iki boyutlu uzanımları ve tümör rezeksiyonunun etkinliğini tanımlayabilmektedir.

Biz intraoperatif ultrasonografi uygulamasının serebellar metastatik tümör rezeksiyonu sırasında kullanılmasının yararlı olacağını düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: İntraoperatif ultrasonografi, posterior fossa cerrahisi, serebellar metastaz.

Abstract: The aim of this prospective clinical study was to evaluate the benefits of intraoperative sonographic examination during the microsurgical resection of cerebellar metastatic tumours, and to describe the ultrasonographic features of this type of lesions.

Ultrasonographic data of ten patients were grouped into locations, parenchymal appearances and the changes around the tumoral area. The primary origins of the metastatic lesions were lung (60%), breast (20%), gastrointestinal tract (10%), and genitourinary tract (10%). Solid (10%), cystic (20%), and necrotic (70%) tumours were easily detected by sonographic examination.

Ultrasonography adequately define tumour margins, parenchymal features, perilesional appearances, the deepening from the cerebellar surface, two dimensional extensions, and the efficacy of tumour removal.

We concluded that the use of intraoperative ultrasonography is useful during the surgical resection of cerebellar metastatic tumours.

Key Words: Cerebellar metastases, intraoperative ultrasonography, posterior fossa surgery.

GİRİŞ

Akciğer, meme, gastrointestinal sistem, melanom, ürogenital sistem, tiroid ve sarkomatöz maligen tümöral

oluşumlar infratentorial ve supratentorial nöroglial dokulara ve bunlarla ilişkili anatomik yapılara uzak metastazlar yapabileme yeteneğine sahiptir (2, 17, 20). Beyin metastazlarının %20-30'u serebellar metastaz

şeklinde ortaya çıkar (8,9,23). Serebellar metastazların %44'ü soliter lezyon, %56'sı ise multifokal odaklı metastaz olarak görülür (11, 21). Pelvik ve retroperitoneal bölge organlarının tümörleri posterior fossaya daha fazla metastaz yapma eğilimindedir (9). Serebellar metastazlı olgularda tanı konulduğunda olguların yaklaşık %62'sinde baş ağrısı, yürüme bozukluğu, bulantı/kusma ve baş dönmesi gibi semptomlarından en az üçü mevcuttur (8).

Serebellar metastazların tedavisinde cerrahi rezeksiyon, radyoterapi, kemoterapi ve konservatif tedavi yöntemleri tek veya kombine olarak kullanılmaktadır (13, 18, 19). Cerrahi rezeksiyonun amaçları tanısı olmayan olgularda histopatolojik tanı sağlamak, kitleyi total veya totale yakın çıkararak lokal kür sağlamak, dekompresyon ve kitle rezeksiyonuyla semptomları ortadan kaldırmak şeklinde sıralanabilir (18). Serebellar metastazların cerrahi yöntemler kullanılarak güvenilir ve etkin rezeksiyonları için yeterli büyüklükte ve uygun lokalizasyonda kraniotomi flebi oluşturulması, rezeksiyona başlamadan önce lezyonun kraniotomi flebi ve korteksin dış yüzeyine göre lokalizasyonunun saptanması, lezyonun parankim özelliklerinin ve beyin tümör ilişkisinin iyi bilinmesi gereklidir (18).

Bu çalışmada serebellar metastazların cerrahi olarak çıkarılmaları sırasında İOUSG'nin cerrahi girişimin yönlendirilmesi ve rezeksiyonun intraoperatif kontrolünde sağladığı yararlar ve bu lezyonlara ait karakteristik özellikler değerlendirilerek, preoperatif nöroradyolojik tetkikler, İOUSG bulguları ve direkt cerrahi gözlemlerden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Hastalar:

Eylül 2000-Temmuz 2001 zaman diliminde serebellar hemisferde metastatik lezyon tanısı alan, bu nedenle ameliyat edilen ve cerrahi sırasında ultrasonografik inceleme yapılan 10 (8 erkek, 2 bayan, yaş ortalaması 61± 9,5'dir.) olgu, bu tip lezyonların görünüm özellikleri ve İOUSG'nin cerrahi girişimin planlanması ve yönlendirilmesinde sağladığı yararların değerlendirilmesi amacıyla prospektif olarak incelendiler.

Nöroradyolojik İnceleme:

Olguların tanısı bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile konuldu. Olgular lokalizasyonu, parankim özellikleri ve

peritümöral görünümüne göre gruplandırıldılar. Lokalizasyonuna göre olgular medial hemisferik, lateral hemisferik, vermian ve derin serebellar metastazlar olmak üzere dört gruba ayrıldılar. Parankimal görünüm özelliklerine göre solid, kistik ve nekrotik lezyonlar olarak üçe ayrıldılar. Postoperatif ilk 24 saat içerisinde tüm olgulara kontrol amaçlı BT tetkiki yapıldı.

İOUSG Tekniği:

Tüm olgular 3,5-7,5 MHz'lik ultrasonografi probu (Tosbee, Toshiba Inc. Japan) kullanılarak incelendi. Steril şeffaf plastik kılıf kullanılarak prob ve probu USG cihazına bağlayan kablo intraoperatif kullanımına uygun hale getirildi. Prob dura üzerine hafifçe konularak sagittal ve aksiyal planlarda görüntüler elde edildi. Kitlenin kraniektomiye göre lokalizasyonu, en kısa ulaşım yolu, kitlenin medial, lateral, superior ve inferior uzanımları, tümör uzanımlarının kemik yapı, falks ve 4. Ventrikül ile ilişkisi, tümörün solid, kistik veya nekrotik yapısı, peritümöral glial dokunun yapısı değerlendirildi. Ultrasonografik incelemelerden elde olunan grafiler olgunun BT ve MRG görünüm özellikleriyle karşılaştırılarak oryantasyon artırılmaya çalışıldı. İOUSG görünüm özelliklerine göre olgular; diffüz ekojenite veren solid tümörler, yer yer düşük ekojenitede nekrotik odaklar bulunduranlar ve anekoik alanlar bulunduran kistik tümörler olarak sınıflandırıldılar.

Kitle eksizyonu tamamlandıktan sonra dura mater 4-5 noktadan 3/0 ipekle sütüre edilip tekrar İOUSG yapılarak kitle eksizyonunun tam olup olmadığı, tümör loju veya peritümöral dokuya muhtemel kanamalar olup olmadığı araştırıldı.

SONUÇLAR

Olguların 4 (%40)'ünde primer odak bilinirken 6 (%60)'ında olgular ilk olarak serebellar metastaz nedeniyle geliyordu. Olguların BT ve MRG'lerinden 4 (%40) olgu medial, 3 (%30) olgu lateral, 2 (%20) olgu vermian, 1 (%10) olgu ise derin serebellar lokalizasyonlu metastatik kitlelerden oluşuyordu.

Olguların 8 (%80)'inde diffüz peritümöral ödem, 2 (%20)'sinde hafif dereceli peritümöral ödem saptandı.

6 (%60) olgu akciğer, 2 (%20) olgu meme, 1 (%10) olgu gastrointestinal sistem, 1 (%10) olgu ise genitoüriner sistem kaynaklıydı. Olguların tümünde preoperatif BT ve MRG'de saptanan peritümöral

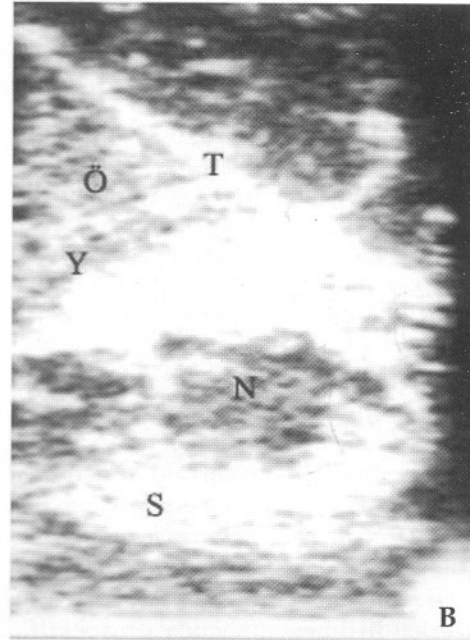
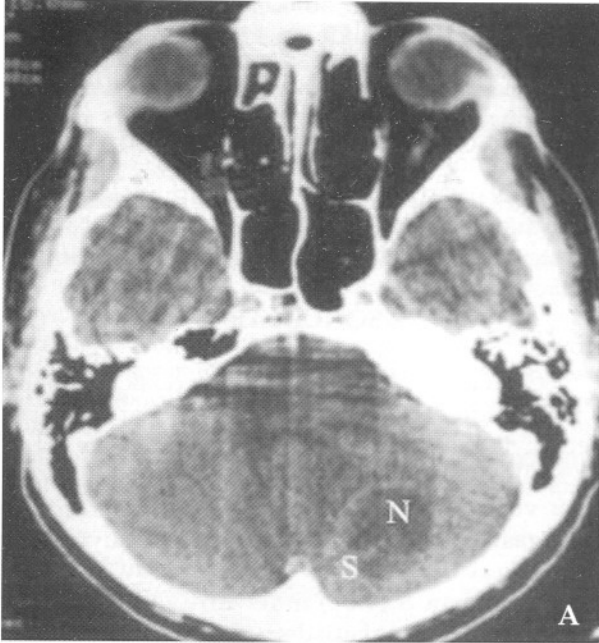
ödemli özelliğinin İOUSG bulgularıyla aynı özelliği taşıdığı saptandı.

İOUSG bulgularına göre 2 (%20) olguda diffüz ekojenite veren solid tümör, 1 (%10) olguda oldukça düşük ekojenite veren kistik tümör ve 7 (%70) olguda ise hipoekojen odaklar bulunduran nekrotik tümör saptandı.

Preoperatif BT'de parankim özelliğine göre kistik olarak değerlendirilen olgulardan 1 (%10)'ünde kistik yapının nekrotik yapı ve çevresinin daha kalın olduğu, solid olarak değerlendirilen 2 (%20) olguda ise parankimin yer yer nekrotik odaklar taşıdığı saptandı.

Şekil 1 A'da akciğer kaynaklı sağ serebellar lokalizasyonlu kitlenin preoperatif BT'si Şekil 1 B'de ise aynı olgunun rezeksiyon öncesi İOUSG'si görülmektedir. Şekil 2 A'da rezeksiyon sonrası kontrol BT'si, Şekil 2 B'de ise rezeksiyon sonrası kontrol sonografik tetkiki görülmüyor.

İOUSG bulgularıyla tümörün cerrahi çıkarılması sırasındaki direkt gözlemler arasında uyumsuzluk yoktu.



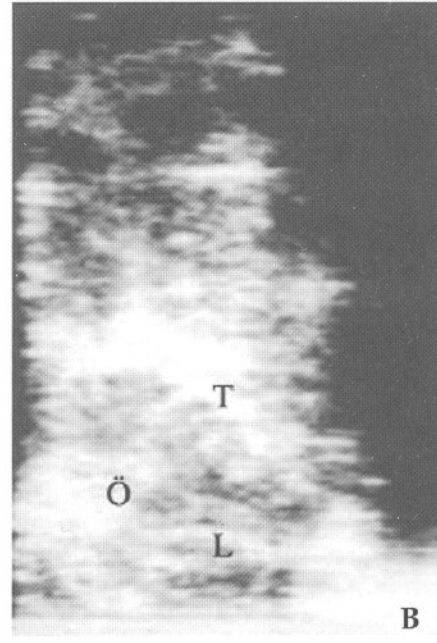
Şekil 1: A. Akciğer orijinli metastatik tümör olgusunun preoperatif kontrastlı BT tetkikinde sol serebellar lokalizasyonlu, çevresi şerit şeklinde kontrast tutan kitle (S: Tümörün solid komponenti, N: Tümörün nekrotik komponenti). B. İntraoperatif kitle rezeksiyonu öncesi, kraniyotomi sonrası yapılan ultrasonografi tetkiki. (N: Tümörün nekrotik komponenti, S: Tümörün solid komponenti, T: Tentorium, Ö: Ödemli saha Y: Solid komponent ile ödemli saha arasında kalan yakın peritümöral alan.

Tüm olgularda peritümöral ödemli glial doku hiperekojen alanlar olarak gözlemlendi. Tümör dokusu ve ödemli glial doku arasında şerit şeklinde izoekojen bir alan saptandı.

TARTIŞMA

Kempe LG (16) serebellar yerleşimli tümörlerin intraoperatif tanımlanmasında metalik ventriküler ponksiyon iğnesi ile araştırılması tekniğini tanımlayarak metalik iğnenin geçtiği dokular içerisindeki elastiklik, sertlik ve yumuşaklık gibi özelliklere göre saptanmasını önermiştir. Nöroşirürjinin tarihsel süreci içerisinde azalmakla birlikte halen geçerliliğini koruyan ve ponksiyonu yapan kişinin anatomik bilgisi ile tecrübesine bağımlı olan bu inceleme tekniğini invaziv intraoperatif tanimsal girişimler olarak tanımlayabiliriz.

Pons, medulla oblongata ve serebellum gibi önemli nöroanatomik yapıları barındıran infratentorial fossa organlarına yapılacak bu çeşit bir tanimsal invaziv girişimin potansiyel komplikasyonları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bölgeye yapılacak cerrahi girişim sırasında noninvaziv tetkiklerin önemi büyüktür.



Şekil 2: A. Postoperatif dönemde kontrast verilerek elde olunan kontrol BT tetkikinde tümör lojunda pnömosefalus dışında rezidüel tümör görünümü yok.
B. Tümör rezeksiyonu sonrası yapılan kontrol sonografi tetkikinde peritümöral ödemli glial dokular dışında tümörün total olarak çıkarıldığı görülüyor. T: Tentorium. Ö: Ödemli serebellar doku. L: Tümör loju.

Özellikle serebellar hemisferler içerisine yerleşmiş metastatik bir lezyonun total olarak çıkarılması ve bu işlem sırasında komşu anatomik yapılara zarar verilmemesi temel amaçtır (18, 26). Bu amaç için cerrahi nöroanatomi ve nörofizyolojinin iyi bilinmesinin yanında kraniektominin yüzey alanına göre lezyonun sınırlarının ve derinliğinin tahmin edilmesi, lezyonun tamamını kontrol edebilecek en kısa ve en zararsız ulaşım bölgesine karar verilmesi gereklidir. Tümöre hakim olabilmek için yapılacak ekartmanın en aza indirgenmesi için tümör volümünün azaltılması gereklidir. Metastatik serebellar lezyonların kistik ve nekrotik komponentlerine ulaşarak öncelikle bu bölgelerin boşaltılması daha sonra solid komponentin çıkarılması serebellar ekartmanı en aza indirmektedir. Bizim olgularımızın %10'u kistik, %70'i ise nekrotik komponentli tümörlerden oluşmaktadır. Bu olguların tümünde ultrasonografi solid, nekrotik ve kistik komponentleri tam olarak göstermiştir. Tümöral lezyonun kistik veya nekrotik komponenti tam olarak nerededir sorusunun cevabı ultrasonografik inceleme ile verilebilir.

Nöroşirürji pratiğinde operasyon odasında kullanılan görüntü destekli üniteleri BT, MRG, navigasyon sistemleri ve ultrasonografi olarak

sıralamak mümkündür (3, 5, 6, 10, 13, 22, 25). Bu çeşit intraoperatif görüntü destekli metodların tümör rezeksiyonunun cerrahi mortalitesini %3-5 ve morbiditesini ise %10 oranında azalttığı bildirilmektedir (18).

Ultrasonografik görünümünün doğru yorumlanması için BT ve MRG tetkiki sırasında hangi pozisyonda kesit alınmışsa ultrasonografik inceleme de aynı pozisyonda yapılmalıdır. Nekrotik veya kistik komponent çıkarıldıktan sonra solid komponentin ne kadar yer işgal edeceği ve ne kadar ekartmana ihtiyaç olacağı ve bu ekartmanın en çok hangi yöne doğru yapılması gerektiğine karar verilmelidir.

Metastatik serebellar lezyonların solid komponentlerini normal veya ödemli serebellar dokudan ayırmak zor değildir. Bu lezyonların ekojenitesi serebellumun ekojenitesinden daha fazladır (3, 18). Solid, kistik ve nekrotik parankim özellikleri, tümör kapsülü, tümörün beyin parankimi içerisine invazivliği, peritümöral ödemin derecesi, tümörün ana vasküler yapılara yakınlığı gibi değişik veriler İOUSG incelemesinden elde edilebilir (3, 18).

İnfratentorial bölgenin ultrasonografik

incelemesinde en kolay tanımlanan anatomik yapı tentorium'dur. Beyin sapı, dördüncü ventrikül ve serebellar pedinküller gibi yapıların tanımlanmaları kolay değildir. Bunun için yüksek rezolüsyonlu ultrasonografi cihazlarının kullanılması gereklidir. Postoperatif dönemde olguların kontrol muayeneleri sırasında kraniektomi yapılmış olgularda muhtemel rezidüel lezyonların tanımlanabilmesi için ultrasonografiyi kullandık. Ancak bu görüntülerin yorumlanması için kontrol BT ve MRG görünümüleriyle desteklenmiş deneyimlere gerek vardır.

Metastatik lezyonların metastaz yapan organlara göre ayrımlarında ultrasonografik verilerin kullanılması mümkün görünmemektedir. Çünkü aynı tümörün serebellar metastazlarında hem tamamen solid hem de solid ve nekrotik lezyonların gözlenmeleri mümkündür. Ancak geniş verilerle bu tip ana mihenk noktaları tanımlanabilir.

Bizim serimizde nekroz olguların %70'inde ortak paylaşılan bir özelliktir. Nekrotik komponent genellikle tümör kitlesinin santral bölgesine yakındır ve bu alan hızlı mitotik aktivasyonu olan tümör kitlesinin santral bölgesinin vaskülarizasyon yetersizliği nedeniyle yeterince beslenememesine bağlıdır. Nekroz ve kistin ayrımında kullanılacak en karakteristik özelliklerden birisi ekojenite dışında iç çeperin görünüm özelliğidir. Nekrotik tümörlerde iç çeper oldukça girintili çıkıntılı haritamsı bir yapı sergilerken dış çeper düzdür.

Ultrasonografik incelemelerde lezyonlarla çevresel ödem dokusu arasında hipoekojen olarak görülen bir zon saptadık. Bizler bu zonu yakın peritümöral alan olarak isimlendirdik. Bu bölge tümörün büyümesini ilk ve daha şiddetli olarak hisseden bölgedir. Bu alanın elastisitesi ve diğer biyomekanik özellikleri gittikçe büyüyen tümör kitlesi tarafından değiştirilmiş, gliotik değişikliklerin geliştiği, beslenmesi bozuk glial hücre tabakasından oluşmaktadır (4, 26).

Uzak peritümöral alan ise vazojenik ödemin başladığı alandır ve İOUSG'de oldukça belirgin hiperekojen alan olarak ayrılır. Uzak peritümöral saha ise BT ve MRG'de ödemin bulunduğu alandır. Bu alan kan-beyin bariyeri fonksiyonunun bozulduğu, bu nedenle de vazojenik ödemin geliştiği alanlardır. Beyaz cevher boyunca uzanım gösterir ve steroidlere iyi cevap verir (1, 4, 7, 14, 26). Serebellar metastatik lezyonlarda ödemin uzanım yönü orta hatta doğrudur.

SONUÇ

Serebellar tümör cerrahisi ile uğraşan nöroşirürjiyenler kraniyotomi veya kraniyektomi tamamlandıktan sonra oluşturdukları cerrahi saha altında kalan metastatik lezyonun lokalizasyonunu ve uzanımlarını bilmek ve kitleye iyi bir şekilde oryante olarak kitlenin tamamına hakim olabilecekleri ve normal serebellar dokuya en az zarar verebilecekleri girişim bölgesini seçmek istemektedirler. Ayrıca primeri bilinmeyen tümörlerde tümörün görünüm özelliklerinden malign ve benign özelliklerini tanımaya çalışmaktadırlar.

İOUSG ameliyat odasında kullanılabilen, mobil, inceleme sırasında çevreye radyasyon yaymayan ve hastanın cerrahi pozisyonundan etkilenmeyen ucuz, noninvaziv bir tetkik yöntemidir. Oluşturulan kemik defekt altında kalan sahanın özelliklerini monitör ekranına yansıtmakta kitleye, peritümöral dokuya ve normal anatomik oluşumlara oryantasyon sağlamakta ve rezeksiyon tamamlandıktan sonra muhtemel rezidüel kalıntılar hakkında fikir verebilmektedir. Çoğunlukla oturur pozisyonun tercih edildiği posterior fossa cerrahisinde intraoperatif BT ve MRG'ye ait, görüntü elde etme sırasındaki pozisyon zorluklarından etkilenmediği gibi ilave kontrast enjeksiyonuna gerek göstermez.

İOUSG'nin posterior fossa metastatik lezyonlarının cerrahi rezeksiyonu sırasında tümör oryantasyonu sağlaması, kitlenin natürü hakkında intraoperatif bilgi vermesi ve rezeksiyonun boyutlarını göstermesi gibi avantajları nedeniyle nöroşirürji pratiğinde intraoperatif olarak kullanılacak cerrahi destekleyici yardımcı bir araç olabileceği kanaatini taşımaktayız.

Yazışma Adresi: Cengiz ÇOKLUK
Ondokuzmayıs Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Nöroşirürji Anabilim Dalı
55139 SAMSUN
Tel: 0 362 457 60 00/30 86
Fax: 0 362 457 60 41
e-mail: cengizcokluk@hotmail.com

KAYNAKLAR

1. Andersen C, Astrup J, Gyldensted C. Quantitative MR analysis of glucocorticoid effects on peritumoral edema associated with intracranial meningiomas and metastases. J Comput Assist Tomogr 18(4):509-18, 1994

2. Arbit E, Wronski M. Clinical decision making in brain metastases. *Neurosurg Clin of Nort Am* 7(3): 447-457, 1996
3. Auer LM, van Velthoven V. Intraoperative ultrasound (US) imaging. Comparison of pathomorphological findings in US and CT. *Acta Neurochir (Wien)* 104(3-4): 84-95, 1990
4. Bertossi M, Virgintino D, Maiorano E, Occhiogrosso M, Roncali L. Ultrastructural and morphometric investigation of human brain capillaries in normal and peritumoral tissues. *Ultrastruct Pathol* 21(1):41-9, 1997
5. Bohinski RJ, Kokkino AK, Warnick RE, Gaskill-Shipley MF, Kormos DW, Lukin RR, Tew JM Jr. Glioma resection in a shared-resource magnetic resonance operating room after optimal image-guided frameless stereotactic resection. *Neurosurgery* 48(4):731-42, 2001
6. Brownbill D. The clinical value of echoencephalography. *Aust NZ J Surg* 40: 74-78, 1970
7. Chang CC, Shinonaga M, Kuwabara T. Effect of dexamethasone on neurotransmitter amines in a rat glioma model. *Adv Neurol* 52:483-9, 1990
8. Das A, Hochberg FH. Clinical presentation of intracranial metastases. *Neurosurg Clin of Nort Am* 7(3): 377-391, 1996
9. Delattre JY, Krol G, Thaler HT, Posner JB. Distribution of brain metastases. *Arch Neurol* 45(7):741-4, 1988
10. Dulou R, De Soultrait F, Blondet E, Dutertre G, Pernot P, Desgeorges M. Neuronavigation in third ventricle tumors. *Neurochirurgie* 46(3):282-5, 2000
11. Fadul C, Misulis KE, Wiley RG. Cerebellar metastases: Diagnostic and management considerations. *J Clin Oncol* 5: 1107-1115, 1987
12. Flickinger JC, Lunsford LD, Somaza S, Kondziolka D. Radiosurgery: Its role in brain metastasis management. *Neurosurg Clin of North Am.* 7(3): 497-504, 1996
13. Glasauer FE, Schlagenhauff RE. The use of intraoperative echoencephalography. *Neurology* 20: 1103-1107, 1970
14. Groger U, Huber P, Reulen HJ. Formation and resolution of human peritumoral brain edema. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 60:373-4, 1994
15. Gumprecht HK, Widenka DC, Lumenta CB. BrainLab VectorVision Neuronavigation System: technology and clinical experiences in 131 cases. *Neurosurgery* 44(1):97-104, 1999
16. Kempe LG. Operative neurosurgery. Vol. 2. Springer-Verlag 1970, 10+1s.
17. Kuo MF, Tu YK, Lin SM. Solitary cerebellar metastases: analysis of 11 cases. *J Formos Med Assoc* 91(10):1010-2, 1992
18. Lang FF, Sawaya R. Surgical management of cerebral metastases. *Neurosurg Clin of North Am.* 7(3): 459-484, 1996
19. Lesser GJ. Chemotherapy of cerebral metastases from solid tumors. *Neurosurg Clin of North Am.* 7(3): 527-536, 1996
20. Lin CK, Lieu AS, Howng SL. Hemorrhagic cerebellar metastasis from papillary thyroid carcinoma. *Kaohsiung J Med Sci* 15(4):234-8, 1999
21. Mao B, Li N. Metastatic tumor of posterior fossa. *Hua Xi Yi Ke Da Xue Xue Bao* 23(2):224-6, 1992
22. Özek MM, Pamir MN, Özer AF, Kuşçulu N, Erzen C: Ameliyat sırasında kranial ultrasonografi uygulaması ve sonuçları. *Türk Nöroşir Dergisi* 2: 21-26, 1991
23. Reider-Groswasser I, Catz A, Luz I. Computerized tomography findings in posterior fossa lesions. *Comput Radiol* 10(6):311-8, 1986
24. Stadnik T, Deroover J, Gosens A, Michotte A, Freson M, Osteaux M. Calcified, cystic brain metastases. *Eur J Radiol*;25(1):36-40, 1997
25. Süzer T, Coşkun E, Tahta K, Kıldacı T, Şahin S, Çal H, Tiryaki A, Akkoyunlu N. Nöroşirürjide ameliyat sırasında ultrasonografi. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 8: 47-54, 1988
26. Yaşargil MG. Microneurosurgery. CNS Tumors: Surgical anatomy, neuropathology, neuroradiology, neurophysiology, clinical considerations, operability, treatment options. Georg Thieme verlag 1994, 117+53s.

Radiology 2000 Jun;215(3):917-8

Intraoperative US versus Intraoperative MR Imaging for Guidance during Intracranial Neurosurgery

Jonathan M. Rubin, MD, PhD and Douglas J. Quint, MD

Peroperatif kullanılan ultrasonografinin MRI'a olan üstünlükleri; MRI ile kraniotomi sonrası beyinde olan distorsiyon ve kaymaların olmaması, hiopsi iğnesinin "real time" olarak izlenebilmesi, ventrikül, kist gibi sıvı dolu kavitelelerin kolay tanımlanabilmesi, lezyonların genelde iyi tanımlanabilmesi, beyin cerrahları tarafından kolay uygulanabilmesi olarak sıralanmıştır.