



İntrakranyal Lezyonlarda Bilgisayarlı Tomografi Kılavuzluğunda Stereotaktik Biyopsi: 15 Yıllık Deneyim

Computerized Tomography-Guided Stereotactic Biopsy of Intracranial Lesions: 15-Years Experience

S. Meltem CAN¹, Osman N. TÜRKMEÑOĞLU¹, Canan TANIK², Ender UYSAL³, Barış ÖZÖNER¹, Ayça KALDIRIMOĞLU¹, A. Murat MÜSLÜMAN¹, Adem YILMAZ¹, Çiçek BAYINDIR⁴, Yunus AYDIN⁵

¹Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Patoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

³Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

⁴İ. Ü. İstanbul Tıp Fakültesi, Nöropatoloji Bilim Dalı Em. Öğretim Üyesi, İstanbul, Türkiye

⁵Özel Memorial Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, Şişli, İstanbul, Türkiye

Yazışma Adresi: S. Meltem CAN / E-posta: smeltemc@yahoo.com

ÖZ

AMAÇ: Kliniğimizde Mart 1998 tarihinden beri BT kılavuzluğunda stereotaktik beyin biyopsisi yapılmaktadır. Bu prospektif çalışmamızda, stereotaktik biyopsi yapılan hasta grubu ve biyopsi sonuçlarını inceledik.

YÖNTEM ve GEREÇ: Yaşları 3 ile 81 arasında değişen (ortalama 50,18±16,92) olguların 176'sı (%36,9) kadın, 301'i (%63,1) erkek olgularda toplam 489 girişim gerçekleştirildi. Girişimler 17 çocuk ve 1 erişkin olguda genel anestezi, diğerlerinde lokal anestezi altında Leksell stereotaktik çerçeve sistem kullanılarak yapıldı. Lezyonlar olguların 244'ünde (%51,2) diffüz, 168'inde (%35,2) derin, 65'inde (%13,6) çoğul yerleşimli idi.

BULGULAR: Histopatolojik incelemelerde toplam 489 girişimin 17'sinde (%3,5) yönlendirici tanı koyulamadı. Diğerlerinin 164'ü (%33,5) yüksek dereceli glial tümör, 96'sı (%19,5) düşük dereceli glial tümör, 35'i (%7,2) malign lenfoma, 35'i (%7,2) diğer beyin tümörleri, 78'i (%16) metastaz ve 64'ü (%13,1) tümör dışı lezyon idi. On olguda (%2) komplikasyon gelişti: 3 tümör kanaması, 2 hipertansif serebral hematom, 2 peroperatif konvülsiyon, 1 epidural hematom, 1 miyokard enfarktüsü ve 1 beyin ödemi. Miyokard enfarktüsü ve talamik hematom gelişen 2 hasta vefat etti. 489 girişimde mortalite %0,04, morbidite ise %1,6 idi.

SONUÇ: Çalışmamızın sonuçları, uygun tedavinin planlanması için histopatolojik doğrulamanın gerekli olduğu intrakranyal lezyonu olan olgularda BT kılavuzluğunda stereotaktik biyopsinin güvenilir ve emniyetli bir yöntem olduğunu göstermektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Beyin tümörü, Bilgisayarlı tomografi, Stereotaktik biyopsi

ABSTRACT

AIM: CT-guided stereotactic brain biopsy has been performed in our clinic since March 1998. In this prospective study, we examined the data of patients undergoing stereotactic biopsy and the results of the biopsies.

MATERIAL and METHODS: A total of 489 procedures were carried out in patients consisting of 176 (36.9%) females and 301 (63.1%) males, ages ranging from 3 to 81 (mean 50.18±16.92) years. The procedures were performed under general anesthesia in 17 children and one adult case and under local anesthesia in the others by using Leksell stereotactic frame system.

RESULTS: A conclusive histopathological diagnosis could not be made in 17(3.5%) of the 489 procedures. Of the others, 164 (33.5%) were high-grade gliomas, 96 (19.5%) were low-grade gliomas, 35 (7.2%) were malignant lymphomas, 35 (7.2%) were other types of brain tumors, 78 (16%) were metastases and 64 (13.1%) were nontumoral lesions. Complications occurred in ten cases: 3 tumoral bleeding, 2 hypertensive cerebral hematoma, 2 peroperative convulsions, 1 epidural hematoma, 1 myocardial infarction and 1 brain edema. The patients who developed myocardial infarction and hypertensive thalamic hematoma died. The mortality rate was 0.04% and the morbidity rate was 1.6% in 489 procedures.

CONCLUSION: Our data reveals that CT-guided stereotactic biopsy is a reliable and a safe procedure in cases with intracranial lesions when a histopathological diagnosis is required for the appropriate treatment.

KEYWORDS: Brain tumors, Computerized tomography, Stereotactic biopsy

GİRİŞ

Günümüzde nöroradyoloji ve nükleer tıp alanında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve Pozitron Emisyon Tomografi (PET) tekniklerinde kaydedilen bunca gelişmeye rağmen, beyin lezyonlarının birçoğunda kesin tanının koyulabilmesi için histopatolojik incelemeye gereksinim duyulmaktadır. Kitlenin çıkartılmasının düşünülmediği olgularda, özellikle derin yerleşimli, diffüz infiltratif veya çoğul yer kaplayıcı lezyonların tanısında bilgisayarlı tomografi (BT) ya da MRG kılavuzluğunda stereotaktik yöntemle yapılan biyopsilerin güvenli ve güvenilir olduğu çok çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır (2,4,7-9,11,12,15,16,18,22,25,27). Nöronavigasyon cihazlarının kullanıma girmesiyle çerçevesiz stereotaktik girişim teknikleri geliştirilmiştir, ancak özellikle küçük lezyonların biyopsilerinde hedefleme keskinliği açısından her ne kadar aksini savunan çalışmalar olsa da, henüz çerçeveli sistemler kadar yeterince güvenli değildirler (1,6,11,14,24-26,28,29).

Bu prospektif çalışmamızda, kliniğimizin BT kılavuzluğunda stereotaktik biyopsi sonuçlarını sunmaktayız.

YÖNTEM ve GEREÇLER

Mart 1998 – Aralık 2013 ayları arasında 477 olguda Leksell stereotaktik çerçeve sistemi (Elekta Instruments AB, İsveç) (20) kullanılarak bilgisayarlı tomografi kılavuzluğunda stereotaktik yöntemle biyopsi alındı. On olguda 2 kez, birinde ise 3 kez olmak üzere toplam 489 girişim yapıldı. Altı olguda nöropatoloğun isteği, 5 olguda da takip sırasında MR incelemelerinde lezyonda büyüme ve/veya kontrast madde tutulumunda değişiklik saptanması nedeniyle işlem tekrarlandı. Yaşları 3 ile 81 arasındaki (ortalama $50,18 \pm 16,92$) olguların 176'sı (%36,9) kadın, 301'i (%63,1) erkekti. Lezyonlar olguların 244'ünde (%51,2) diffüz, 168'inde (%35,2) derin, 65'inde (%13,6) çoğul

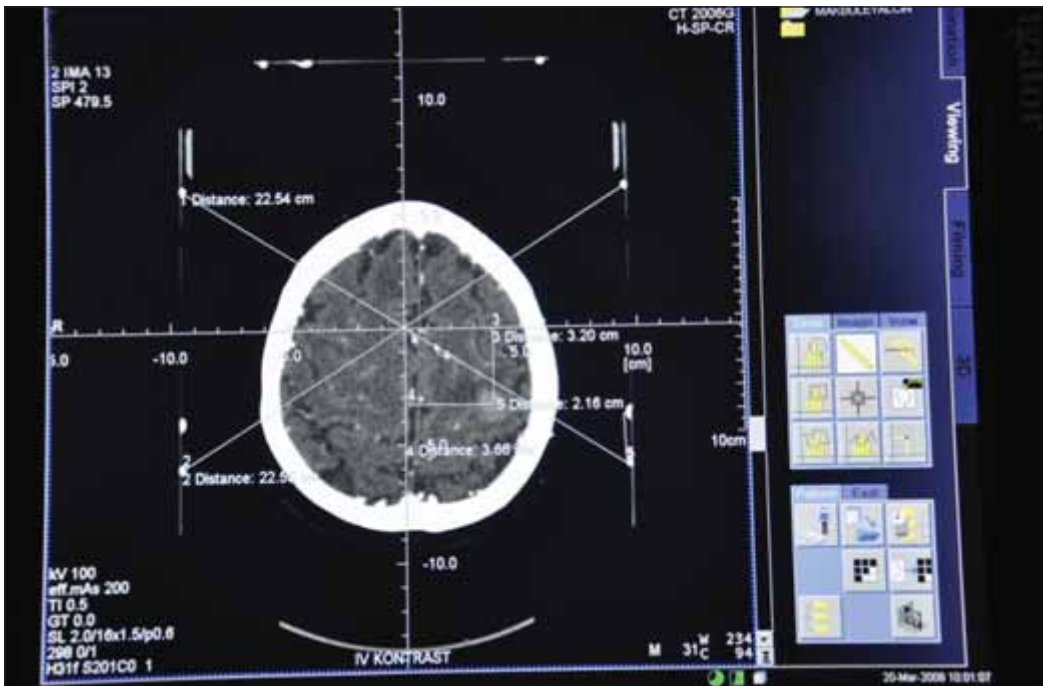
yerleşimli idi (Tablo I). On yedi çocuk ve 1 erişkin olguda genel anestezi, diğerlerinde lokal anestezi altında stereotaktik çerçeve (Şekil 1) takıldıktan sonra 3-5mm kesitli kontrastlı kranyal BT çekildi. BT cihazı konsolunda hedef noktalar saptandı (Şekil 2) ve giriş yeri tayin edildikten sonra hasta ameliyathaneye alındı. Yaşlı, anksiyöz ya da ağrı eşiği düşük hastalarda lokal anesteziye ilave sedasyon veya sedoanaljezi yapıldı. Olgular monitorize edildikten sonra derin yerleşimli lezyonlarda genellikle ipsilateral koroner sütur hizasında midpupiller hat, yüzeysel lezyonlarda ise lezyona en yakın

Tablo I: Lezyonların Yerleşimi

Yerleşim	Sayı (%)
Diffüz	244 (%51.2)
Derin	168 (%35.2)
Çoğul	65 (%13.6)



Şekil 1: Leksell stereotaktik sistem hasta çerçevesi.



Şekil 2: BT konsolunda hedefin hesaplanması.

alandaki 1 adet 8 mm'lik burr-hole açıldı. Biyopsi öncesi arteryel kan basınçları tekrar ölçüldü. Normotansif olduklarında biyopsi işlemine başlandı (Şekil 3). Biyopsi almak için solid lezyonlarda Backlund'un spiral iğnesi ve Sedan'ın 3mm'lik yan pencere kanülü, kistik lezyonlarda ise Backlund'un aspirasyon seti kullanıldı. Yan pencere kanül ancak spiral iğne ile biyopsi alınmadığı durumlarda tercih edildi. Toplam 489 girişimde 1-4 (ortalama 1,73±082) hedeften örnek alındı. Hastanemiz koşulları gereği sadece 11 işlemde intraoperatif sitolojik inceleme yapılabildi. Sitolojik inceleme için alınan materyal cerrah tarafından lam üzerine yayıldıktan sonra alkol ile tespit edilerek patoloji laboratuvarına götürüldü; burada Hematoksilen-Eosin (HE) ile boyanarak incelendi. Diğer biyopsi materyalleri %10'lu tamponlu formaldehit içerisinde fikse edilerek patoloji laboratuvarına gönderildi. Komplikasyon gelişmeyen olgular ameliyattan bir sonraki gün taburcu edildi. Patoloji laboratuvarında parafin kesitler alınarak önce HE ile boyandı; ışık mikroskobu altında ön inceleme yapıldıktan sonra gerektiğinde immünohistokimyasal boyamalar eklendi. Ortalama 6 gün içerisinde histopatolojik incelemenin sonucu bildirildi.

BULGULAR

Histopatolojik incelemeler sonucunda toplam 489 işlemin 17'sinde (%3,5) yönlendirici tanı koyulamadı; 408 (%83,4) tümöral lezyon ve 64 (%13,1) tümör dışı lezyon saptandı (Tablo II). Tanı koyulamayan lezyonlarda nekroz, fibrin materyali, dejenere hücreler içeren kist sıvısı vb. görüldü. On olguda (%2) komplikasyon gelişti (Tablo III). Semptomatik tümör kanamalarının biri kranyotomi ile boşaltıldı, biri hidrosefali gelişmesi üzerine eksternal ventriküler drenaja alındı. Epidural hematoma kranyotomi ile boşaltıldı. Postoperatif 6. saatte hipertansif talamik hematoma gelişen olgu ertesi gün, miyokard enfarktüsü geçiren olgu ise 6 gün sonra kaybedildi. Diğer komplikasyon görülenler ise medikal tedavi ile takip edildi. Sonuç olarak serimizde %0,4 cerrahi mortalite ve %1,6 morbidite ile %96,5 oranında yönlendirici tanı saptandı.

TARTIŞMA

Stereotaktik biyopsi (SB), özellikle BT'nin yaygınlaşmasından sonra, beyin lezyonlarında uygun tedavi modalitesinin seçile-



Şekil 3: Hedeften biyopsi alınması.

bilmesini sağlayacak tanıya ulaşmak için kullanılan tekniklerden biri olmuştur (2,4,7-9,11,12,14-16,18,22,25-29). Özellikle derin yerleşimli, yaygın ve çoğul lezyonlarda tercih edilen güvenilir bir tanı yöntemidir. Tanı oranının yüksekliği, mortalite ve morbiditenin düşüklüğü cerrahi merkezin ve nöropatoloğun deneyimine bağlıdır (2,7,9,13,15,16,19,21,22,25).

Tablo II: Histopatolojik İnceleme Sonuçları

Tanı	n:489
Tümörler	408 (%83,4)
Diffüz astrositom	71 (%14,5)
Anaplastik astrositom	45 (%9,2)
Glioblastom	117 (%23,9)
Pilositik astrositom	8 (%1,6)
Pleomorfik ksantoastrositom	1 (%0,2)
Oligodendrogliom	11 (%2,2)
Anaplastik oligodendrogliom	1 (%0,2)
Oligoastrositom	5 (%1)
Anaplastik oligoastrositom	1 (%0,2)
Anaplastik ependimom	3 (%0,6)
Gliomatozis serebri	4 (%0,8)
Gangliogliom	1 (%0,2)
Disembriyoplastik nöroepitelyal tümör	1 (%0,2)
Santral nörositom	4 (%0,8)
Pineositom	2 (%0,4)
Pineoblastom	8 (%1,6)
Orta differansiye pineal parankimal tümör	1 (%0,2)
Medulloblastom	1 (%0,2)
Menengiom	3 (%0,6)
Malign lenfoma	35 (%7,2)
Germ hücreli tümör	6 (%1,2)
Kranyofarengiom	1 (%0,2)
Metastaz	78 (%16)
Tümör Dışı Lezyonlar	64 (%13,1)
Reaktif gliozis	35 (%7,2)
Abse	8 (%1,6)
Granülomatöz iltihap	9 (%1,9)
Eski kanama alanları	4 (%0,8)
İnfarakt	2 (%0,4)
Vaskülit	2 (%0,4)
Lökodistrofi	1 (%0,2)
Demyelinizan hastalık	1 (%0,2)
Depo hastalığı	1 (%0,2)
Akut dissemine ensefalomyelit	1 (%0,2)
Yönlendirici Tanı Yok	17 (%3,5)

Tablo III: Komplikasyonlar

Tümörde kanama	3 (%0,6)
Hipertansif intraserebral hematoma (talamik/putaminal)	2 (%0,4)
Peroperatif konvülsiyon	2 (%0,4)
Epidural hematoma	1 (%0,2)
Beyin ödemi	1 (%0,2)
Myokard infarktüsü	1

PET, MR perfüzyon ve MR spektroskopisi (MRS) incelemelerinin stereotaktik biyopsi işlemlerinin planlamasına dahil edilmesi, giriş trasesinin belirlenmesi ve uygun hedefin seçilmesinde önemli olup tanısız başarının artırılması ve örnekleme hatalarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (10,11,27). Hasta popülasyonunun rölatif olarak düşük olduğu son çalışmalarda başarı oranının %100 olduğu bildirilmektedir (11). Ayrıca MRS incelemelerinde elde olunan metabolit görüntüleme bulgularının ve spesifik olarak da N-asetil aspartat (NAA) ve kolin (Ch) oranlarının kullanılması, hedef lokalizasyonun seçilmesinde rol oynayarak biyopsi işleminin tanısız etkinliğini artırmaktadır (10,11).

SB, nöroşirürjiyen, nöropatolog ve nöroradyoloğun işbirliği içerisinde çalıştığı multidisipliner bir tekniktir. Alınan örneklerin küçük olması nöropatoloğun işini zorlaştıran bir faktördür. Alınacak örneklerin miktarını arttırmak için giriş trase sayısının artırılması morbidite ve mortalite risklerini artırmaktadır. Glial tümörlerin derecelendirilmesinde güvenilirlik için, olabildiğince çok miktarda dokunun incelenmesi istenir. Heterojen bir lezyondan yapılan stereotaktik biyopside doğru tanının koyulabilmesi için örnekleme lezyonun hem kontrast madde tutan hem de tutmayan alanlarından yapılması gereklidir. Seri, uzunlamasına biyopsiler aralık birinden fazla alanın örnekleme yapılmalıdır (1,2,4,6,9,14-17,22,25-29). Özellikle kontrast tutmayan lezyonlardan BT kılavuzluğunda yapılacak SB’de MRS/BT füzyonu ile hedefin MRS’te Ch/NAA oranı yüksek olan alandan seçilmesi, reaktif gliosis yerine tümöral dokudan parça alınmasına olanak sağlayacaktır. Bu çalışmamızda, toplam 489 girişimin yalnızca 11’inde (%2,2) intraoperatif sitolojik inceleme yapabilmemize rağmen, yönlendirici tanı oranımız %96,4’tür.

İntraoperatif sitolojik inceleme uygun hedeften yeterli miktarda materyal alınmasını sağlayarak tanı oranını yükseltir. İntraoperatif sitolojik değerlendirmenin en önemli avantajları hızlılığı, basitliği ve yüksek tanısız değere sahip olmasıdır (5,16,25). Her ne kadar SB’de rutin intraoperatif nöropatolojik incelemeye gerek olmadığını savunan çalışmalar olsa da (11,26), MRS/BT füzyon görüntülerinin olmadığı durumlarda yapılan stereotaktik biyopsilerde intraoperatif sitolojik/histolojik değerlendirmenin tanısız değeri arttıracağını düşünüyoruz.

SB’de alınan küçük doku örnekleri, tümör dışı lezyonların ayırıcı tanısında her zaman yeterli olmayabilir. Serimizde de tümör dışı lezyonların ancak %45,3’ünde kesin tanı

yapılabilmiş, diğerlerinde ise yalnızca “reaktif gliosis-tümör dışı lezyon” tanısı koyulabilmektedir. Reaktif gliosis spesifik nörolojik hastalıklarda görülebileceği gibi tümör çevresi dokularda da olabilir; bu durumda lezyonun mutlaka değişik yerlerinden biyopsi yapılması gereklidir. Serimizde reaktif gliosis oranı %7,2’dir. Bu olguların birçoğu hastanemizde ileri MRG incelemelerinin yapılamadığı, bir başka deyişle nöroradyolojik incelemelerle tümöral/tümör dışı lezyon ayırımı hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olamadığımız 2005 yılı öncesinde SB yapılan olgulardır. Serimizde reaktif gliosis tanısı alan olgular takip altında olup şimdilik hiçbirinde tümöral gelişim saptanmadı. SB yapılmak üzere kliniğimize başvuran hastalarımızda, lezyonlarda kontrast tutulumu yok ise MRS ve perfüzyon MRG incelemeleri sonucunda eğer tümöral bir lezyon şüphesi varsa SB yapıyoruz. Çoğul lezyonlarda ise PET incelemelerinde primeri belli değilse ya da primer lezyondan yeterli biyopsi materyali alınamıyorsa SB yapılması gerektiğini düşünüyoruz. Bu incelemeler yapılmadan düşük de olsa mortalite ve morbidite riski taşıyan invaziv bir yöntem olan biyopsinin yapılmasını doğru bulmuyoruz.

Yapılan çalışmalarda komplikasyon ve doğru tanı oranları değişkenlik göstermektedir. SB’de sonuçların iyi olmasının, yani komplikasyon oranlarının düşüklüğüyle birlikte yönlendirici tanı oranının yüksekliğinin, hasta seçimi, cerrahi teknik, nöropatolog ve cerrahın deneyimiyle direkt ilişkili olduğu gösterilmiştir (2,7,9,13,15,16,19,21,22,25). Serimizde bir olgumuzda postoperatif erken dönemde MI geçirdi ve 6. gün kaybedildi. İki olgumuzda da postoperatif 6-12 saat içerisinde biyopsi alınan hedef ve kanül girişim yeri haricinde hipertansif hematoma gözlemlendi. Ağrı eşiği düşük, anksiyeteli olguların yanı sıra koroner iskemisi ya da kardiyak ritim bozukluğu olan olgularda da lokal anestezinin yanı sıra sedoanaljezi yapılması hipertansiyon gibi olası komplikasyonları engelleyebilir.

Backlund’un spiral iğnesi ile 1mm genişliğinde 1cm uzunluğunda biyopsi örneği alınır (3). İğne 1-2mm çekildiğinde dirençle karşılaşılması, spirale dolanan bir damar olduğunu düşündürür, böyle bir durumla karşılaşıldığında spiral ters çevrildikten sonra enstrüman kanülle birlikte çıkartılır. Sedan’ın yan pencereli kanülüyle daha büyük doku örneği alınmakla birlikte kanül içerisine bir damarın girmesi halinde taktik uyarıyla anlayabilme olasılığı olmadığı için kanama riski daha fazladır. Serimizde spiral iğne ile örnek alamadığımız çok yumuşak ya da çok sert lezyonlarda Sedan iğnesini kullandık; toplam 12 örnekleme 2’sinde semptomatik tümör kanaması gelişti.

Mikroşirürjikal rezeksiyonu gereken olgularda öncelikle SB yapılması tartışmalıdır. Hastanın kendisinin/ailesinin kraniyotomiye mutlak kabul etmemeleri halinde, onkolojik tedavinin düzenlenebilmesi için histopatolojik tanı sağlayabilmek amacıyla yapılmaktadır. İleri yaşta ya da Karnofsky performans skalasına göre skoru <30 olan olgularda, tanı koyulsa bile ilave adjuvan tedavi yapılamayacağı için SB yapılmamalıdır.

Yüzyıl başından beri çerçevesiz stereotaktik sistemlerle ilgili çeşitli klinik çalışmalar bildirilmiştir (1,6,10,11,14,24,26,28,29). Özellikle MR/PET uygulamalarının gelişmesiyle doğru hedef,

uygun örnekleme oranları artmaktadır. Çerçevesi sistemlerle karşılaştırıldığında maliyeti oldukça yüksektir. Günümüzde klinik kullanımlarının artmasıyla birlikte henüz derin yerleşimli küçük lezyonlarda hedef keskinliği açısından çerçevesi sistemler kadar güvenilir değildirlir.

Bu klinik çalışmamızda, mortalitemiz %0,4 ve morbiditemiz %1,6 olup yönlendirici tanı oranımız %96,5'dir. Sonuçlarımız uygun tedavinin planlanması için histopatolojik değerlendirmenin gerekli olduğu, özellikle cerrahi rezeksiyon düşünülmemen intrakranyal derin yerleşimli, diffüz infiltratif ya da çoğul lezyonlarda, BT kılavuzluğunda stereotaktik biyopsi, kabul edilebilir mortalite ve morbidite oranlarıyla güvenilir ve emniyetli bir cerrahi yöntem olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Air EL, Warnick RE, McPherson CM: Management strategies after nondiagnostic results with frameless stereotactic needle biopsy: Retrospective review of 28 patients. *Surg Neurol Int Suppl* 4:315-319, 2012
- Apuzzo ML, Chandrasoma PT, Cohen D, Zee CS, Zelman V: Computed imaging stereotaxy: Experience and perspective related to 500 procedures applied to brain masses. *Neurosurgery* 20: 930-937, 1987
- Backlund EO: A new instrument for stereotaxic brain tumour biopsy. Technical note. *Acta Chir Scand* 137:825-827, 1971
- Barlas O, Bayındır Ç, Can M, İdrisoğlu HA, Savaş A, Miyandoabci S: Image guided stereotactic biopsy of brain tumors. A study of 211 cases. *Med Bull Istanbul* 27:64-69, 1994
- Bayındır Ç, Barlas O, Can M: Reliability of cytologic diagnosis of brain tumors in stereotactic biopsy. *Med Bull Istanbul* 28: 7-14
- Bekelis K, Radwan TA, Desai A, Roberta DW: Frameless robotically targeted stereotactic brain biopsy: Feasibility, diagnostic yield, and safety. *J Neurosurg* 116(5):1002-1006, 2012
- Bernstein M, Parrent AG: Complications of CT-guided stereotactic biopsy of intra-axial brain lesions. *J Neurosurg* 81: 165-168, 1994
- Çalışkaner T, Özdemir Ö, Özger Ö, Özen Ö, Kiyıcı H, Caner H, Altınörs N: The accuracy and diagnostic yield of computerized tomography guided stereotactic biopsy in brain lesions. *Turk Neurosurg* 18:17-22, 2008
- Chandrasoma PT, Smith MM, Apuzzo ML: Stereotactic biopsy in the diagnosis of brain masses: comparison of results of biopsy and resected surgical specimen. *Neurosurgery* 24: 160-165, 1989
- Chernov M, Muragaki Y, Taira T, Iseki H: H-MRS-guided stereotactic brain biopsy. *Stereotact Funct Neurosurg* 90: 63-65, 2012
- Dammers R, Schouten JW, Haitsma IK, Vincent AJPE, Kros JM, Dirven CMF: Towards improving the safety and diagnostic yield of stereotactic biopsy in a single centre. *Acta Neurochir* 152: 1915-1921, 2010
- Erşahin M, Karaarslan N, Gürbüz MS, Hakan T, Berkman MZ, İkinci O, Denizli N, Aker FV: The safety and diagnostic value of frame-based and CT-guided stereotactic brain biopsy technique. *Turk Neurosurg* 21: 582-590, 2011
- Field M, Witham TF, Flickinger JC, Kondziolka D, Lunsford LD: Comprehensive assessment of hemorrhage risks and outcomes after stereotactic brain biopsy. *J Neurosurg* 94: 545-551, 2001
- Gempt J, Buchmann N, Ryang YM, Krieg S, Kreutzer J, Meyer B, Ringel F: Frameless image-guided stereotaxy with real-time visual feedback for brain biopsy. *Acta Neurochir* 154: 1663-1667, 2012
- Hall WA: The safety and efficacy of stereotactic biopsy for intracranial lesions. *Cancer* 82: 1749-1755, 1998
- Heper AO, Erden E, Savas A, Ceyhan K, Erden I, Akyar S, Kanpolat Y: An analysis of stereotactic biopsy of brain tumors and nonneoplastic lesions: A prospective clinicopathologic study. *Surg Neurol* 64: 82-88, 2005
- Jackson RJ, Fuller GN, Abi-Said D, Lang FF, Gökarslan ZL, Shi WM, Wildrick DM, Sawaya R: Limitations of stereotactic biopsy in the initial management of gliomas. *Neuro-Oncol* 3:193-200, 2001
- Kickengereder P, Willeit P, Simon T, Ruge M: Diagnostic value and safety of stereotactic biopsy for brainstem tumors: A systematic review and analysis of 1480 cases. *Neurosurg* 72: 873-882, 2013
- Kreth FW, Muacevic A, Medele R, Bise K, Meyer T, Reulen HJ: The risk of haemorrhage after image guided stereotactic biopsy of intra-axial brain tumours--a prospective study. *Acta Neurochir (Wien)* 143:539-545, 2001
- Leksell L: A stereotaxic apparatus for intracerebral neurosurgery. *Acta Chir Scand* 9:229-253, 1949
- McGirt MJ, Woodworth GF, Coon AL, Frazier JM, Amundson E, Garonzik I, Olivi A, Weingart JD: Independent predictors of morbidity after image-guided stereotactic brain biopsy: A risk assessment of 270 cases. *J Neurosurg* 102:897-901, 2005
- Ostertag CB, Mennel HD, Kiessling M: Stereotactic biopsy of brain tumors. *Surg Neurol* 14: 275-283, 1980
- Rao PJ, Jyoti R, Mews PJ, Desmond P, Khurana VG: Preoperative magnetic resonance spectroscopy improves diagnostic accuracy in a series of neurosurgical dilemmas. *Br J Neurosurg* 1-8, 2013
- Savaş A, Kanpolat Y: Safety and efficacy of frameless and frame based intracranial biopsy techniques. *Acta Neurochir* 150:737, 2008
- Savaş A: Beyin biyopsisi-Stereotaktik cerrahi tekniği. *Temel Nöroşirürji*, Cilt 1, Ankara: Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları, 2010: 1999-2003
- Shoorman D, Belli A, Grundy PL: Image-guided frameless stereotactic biopsy without intraoperative neuropathological examination. *J Neurosurg* 113:170-178, 2010
- Waters JD, Gonda DD, Reddy H, Kasper EM, Warnke PC, Chen CC: Diagnostic yield of stereotactic needle biopsies of sub-cubic centimeter intracranial lesions. *Surg Neurol Int Suppl* 3: 176-181, 2013
- Woodworth GF, McGirt MJ, Samdani A, Garonzik I, Olivi A, Weingart JD: Frameless image-guided stereotactic brain biopsy procedure: Diagnostic yield, surgical morbidity, and comparison with the frame-based technique. *J Neurosurg* 104: 233-237, 2006
- Zhang Q, Wang W, Wei X, Yu Y: Safety and efficacy of frameless stereotactic brain biopsy techniques. *Chin Med Sci J* 28: 113-116, 2013