

## Stereotaksik Biyopsi Deneyimi

### Stereotaxic Biopsy Experience

Ümit Akın Dere<sup>1</sup>, Fikret Şahintürk<sup>2</sup>, Erkin Sönmez<sup>2</sup>, Salih Gülşen<sup>2</sup>, Cem Yılmaz<sup>2</sup>, Mehmet Nur Altınörs<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

<sup>2</sup> Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

#### ÖZET

**Amaç:** Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniğinde yapılan stereotaksik biyopsi uygulamasının sonuçlarının değerlendirilip literatür ile karşılaştırılması.

**Gereç ve Yöntem:** Merkezimizde Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniğinde 1996-2018 yılları arasında stereotaksik biyopsi işlemi uygulanan 151 hastanın tıbbi kayıtları geriye dönük gözden geçirildi. Olgular yaş, cinsiyet, patolojinin intrakranial lokalizasyonu ve örnek alınan dokuların patoloji sonuçları değerlendirildi.

**Bulgular:** Biyopsi yapılan olguların 84'ü (%55,6) erkek, 67'si (%44,4) kadındır. Yaş ortalaması 47.7, yaş spektrumu 26-84'dür. Olguların 102'sinde (%67,55) lezyon lobar yerleşimli, 42 olguda (%27,82) derin yerleşimlidir. Yedi olguda (%4,6) çoklu lezyon saptanmıştır. Patolojik tanıya 125 (%82,78) olguda erişilmiş buna karşın 16 (% 10,59) olguda patoloji sonucu beyin dokusu, 10 (% 6,62) olguda gliozis olarak gelmiştir. Sekiz olguya ikinci kez, bir olguya üçüncü kez biyopsi yapılmıştır. Serideki 13 olguda kraniotomi ile tümör eksizyonu gerçekleştirilmiştir.

**Sonuç:** Stereotaksik yolla beyin biyopsisi almak güvenli, basit ve yüksek tanı değeri olan bir yöntem olup karşılaşılan sorunlar patolojik tanıya ulaşamama, tümörlerin değişik bölgelerindeki bulguların farklı olduğu durumlarda alınan örneğin tümörün bütünü hakkında bilgi vermesinin mümkün olmayışı ve tekniğe bağlı bazı hatalardır.

**Anahtar Sözcükler:** biyopsi, intrakranial lezyon, intrakranial tümör, stereotaksi,

**Geliş Tarihi:** 17.10.2018

**Kabul Tarihi:** 15.11.2019

#### ABSTRACT

**Aim:** To review the outcomes and complications of stereotactic biopsy procedures performed at Neurosurgery Department of Başkent University and make an overall evaluation of the stereotactic biopsy system.

**Materials and Methods:** Medical files of 151 patients who underwent stereotaxic biopsy procedure between 1996 and 2018 were retrospectively analyzed. The , age and gender of the patients, intracranial localization of the lesion and histopathologic diagnosis were evaluated.

**Result:** The series included 84(55.6%) males and 67 (44.4%) females. The average age was 47.7 and the age spectrum was between 26-84 years of age. In 102 cases (67.55%) lesions had lobar localization and in 42 lesions (27.82%) the pathology was deep seated lesion. In 7(4.6 %) there were multiple lesions. A histopathologic diagnosis was obtained in 125 (82.79 %) cases. In 16 (%10.59 %) it was reported as brain tissue and in 10 cases (6.62 %) the histopathologic diagnosis was gliosis. A second stereotactic biopsy procedure was performed in 8 cases while in one patient a third biopsy became necessary. Thirteen patients underwent craniotomy and tumor excision as further therapy.

**Conclusion:** Stereotactic biopsy sampling of intracranial space occupying lesions is a safe, simple and highly diagnostic method. In some cases it may contribute to further therapy. The problems encountered are inconclusive diagnosis, inadequate representation of the specimen due to its limited nature and some technical difficulties.

**Key Words:** biopsy, intracranial lesion, intracranial tumor, stereotaxy

**Received:** 10.17.2018

**Accepted:** 11.15.2019

**ORCID IDs:** Ü.A.D. 0000-0002-6678-6224, F.Ş. 0000-0002-0471-3177, E.S. 0000-0002-5693-3542, S.G. 0000-0002-7535-1804, C.Y. 0000-0002-2353-8044, N.A. 0000-0003-1346-0041

**Yazışma Adresi / Address for Correspondence:** Dr.Fikret Şahintürk, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye E-posta: fikretsahinturk@gmail.com

©Telif Hakkı 2020 Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi - Makale metnine <http://medicaljournal.gazi.edu.tr/> web adresinden ulaşılabilir.

©Copyright 2020 by Gazi University Medical Faculty - Available on-line at web site <http://medicaljournal.gazi.edu.tr/>

doi:<http://dx.doi.org/10.12996/gmj.2020.128>

**GİRİŞ**

Radyolojik tanı tekniklerindeki gelişmeler intrakranial patolojilerin erken safhada, küçük boyutlarda ve genellikle asemptomatik dönemde görüntülenmelerini sağlamaktadır. Bu tür lezyonlar için kraniotomi yerine daha az invazif olan stereotaksik yöntemle biyopsi alarak tanı koymak mümkün olmaktadır. Elde edilen tanı doğrultusunda tedavi planlanabilmektedir. İlk kez 1947'de Spiegel ve Wycis ensefalotom ismini verdikleri apereyle insanda kullanılabilecek stereotaksik sistemi geliştirmişlerdir.(1) Radyoşirürjinin öncüsü olarak kabul edilen Leksell x-ray tomografi yardımı ile stereotaksik koordinat belirleme yöntemini tarif etmiştir.(2) Maroon ve ark. 1977 yılında yayınladıkları makalede bilgisayarlı tomografi (BT) yardımıyla tümör biyopsisi aldıkları, kist veya apse aspirasyonu yaptıkları üç olguyu bildirmişlerdir.(3) Stereotaksik yolla beyinden biyopsi almak güvenli, basit ve yüksek tanı değeri olan bir yöntemdir. Teknik, sabit çerçeveli veya çerçevesiz olarak uygulanabilir. Çerçevesiz bilgisayar tabanlı navigasyon sistemi giderek artan bir yoğunlukla tercih edilmektedir. Hastaların işlemi daha kolay tolere etmeleri, daha az zaman alması, daha ekonomik oluşu gibi üstünlükleri vardır. Doğru tanıya ulaşma yüzdesi, komplikasyon ve işleme bağlı mortalite oranları sabit çerçeveli sistem ile yapılan işlemlerden farklı bulunmamıştır.(4)

**GEREÇ ve YÖNTEM**

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı'nda 1996-2018 yılları arasında toplam 151 hastaya stereotaksik biyopsi işlemi yapılmıştır. İşlemin planlandığı hastalar genellikle ayaktan anesteziyoloji hekimi tarafından değerlendirilmiştir. Antikoagülan, antiagregan kullanmakta olan olgularda bu tür ilaçlar en az beş gün önce kesilmektedir. Cerrahi için kullanılan sistem ark tabanlı çerçeve (Fischer ZD, Almanya) olup lokal anestezi ve sedasyon altında çerçeve yerleştirilmesini takiben hastaya 3 mm kalınlığında kontrastlı aksiyel BT çekilmektedir.

Hasta yeniden ameliyathaneye alınarak genel anestezi altında entübe edilmektedir. Radyolojik olarak lezyonun en iyi görüldüğü kesitlerden iki hekim birbirinden bağımsız olarak koordinat tayini yapmakta ve sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Hedefe en yakın, güvenli bölgeye burr-hole açılarak kontrast tutan lezyonlarda periferden başlayarak birer milimetre aralıklarla 10-20 adet arasında biyopsi alınmaktadır. Kontrast tutmayan lezyonlarda merkezden başlayarak benzer şekilde 10-15 biyopsi alınmaktadır. Postoperatif BT rutin olarak çekilmemekte, hemoraji şüphesi olan ve biyopsi alınan yeri doğrulamak amacıyla seçilmiş olgularda yapılmaktadır.

**SONUÇLAR**

Biyopsi yapılan olguların 84'ü (%55,6) erkek, 67'si (%44,4) kadındır. Yaş ortalaması 47.7, yaş spektrumu 26-84'dür. Olguların 102'sinde (%67,55) lezyon lobar yerleşimli, 42 olguda (%27,82) derin yerleşimlidir. Yedi (% 4.6) olguda çoklu lezyon görülmüştür. Lokalizasyonlarına göre lezyonların dağılımı Tablo 1. gösterilmiştir. Gliosis olarak rapor edilen 10 olgu (%6,62) ve sadece beyin dokusu olarak bildirilen 16 olgu (%10,58) olduğu gözlenmiştir. Bu bulgulara göre patolojik tanıya erişme oranı %82,78'dir (125/151). İlk biyopsi sonuçlarına göre histopatolojik tanı sonuçları Tablo 2. 'de özetlenmiştir. İlk biyopside patolojik tanı konamayan hastaların 13'ünde daha sonra kraniotomi yapılarak, 8 tanesinde ikinci, bir olguda üçüncü biyopsi yapılarak tanı konmuştur. Dört olgu izlem dışı kalmıştır. İlk biyopsi sonrası yapılan cerrahi girişimler ve sonuçları Tablo 3.'de gösterilmiştir.

İşleme bağlı bir hasta kaybedilmiş olup mortalite % 0.6'dır. Kaybedilen hasta 63 yaşında erkek olup manyetik rezonans görüntüleme'de (MRG) derin yerleşimli, korpus kallozumun hemen superiorunda küçük volümlü lezyona radyoterapi uygulayabilmek için ilgili dalın histopatolojik tanı gereksinimi isteği üzerine biyopsi planlandı. Son biyopsi alındıktan sonra kanülden arteriel kan geldi. Acil beyin BT'de görülen kan hacminin az olması nedeniyle yakın izlendi, 4 saat sonraki beyin BT'de kan hacminin çok arttığı görülerek ameliyata alındı. Hemostaz sağlanmasına karşın, hastanın bilinci geri gelmedi ve postoperatif 5.günde exitus oldu. Kaybedilen oldu dışında postoperatif kontrol BT'de kan 11( % 7.28) olguda görülmüş, olguların hepsinde asemptomatik seyretmiştir.

**Tablo 1.** Stereotaksik biyopsi alınan 151 olguda lezyonların lokalizasyonu

LOKASYON	OLGU SAYISI (%)
Frontal	29 (19.20)
Temporal	26 (17.21)
Parietal	42 (27.82)
Oksipital	5 (3.32)
Derin yerleşimli (Talamus,bazal ganglia)	42 (27.82)
Çoklu	7 (3.97)

**Tablo 2.** Birinci biyopsi işleminde elde edilen spesimenin histopatolojik tanıları

HİSTOPATOLOJİK TANI	OLGU SAYISI (%)
Düşük gradeli astrositom	26 (%17.21)
Yüksek gradeli astrositom	26 (%17.21)
Glioblastoma	33 (%21,85)
Oligodendrogliom	6 (%3,97)
Metastaz	10 (%6,62)
Enfeksion	11 (%7.28)
Lenfoma	9 (%5,96)
Kraniofarinjioma	1 (%0,66)
Vaskülit	1 (%0,66)
Nekroz	1 (%0,66)
İskemi	1 (%0,66)
<b>Non-daignostik olgular</b>	
Beyin dokusu	16 (%10.59)
Gliosis	10 (%6,62)

**Tablo 3.** Birinci biyopsi sonrası değişik endikasyonlarla yapılan 2., 3. biyopsiler ve kraniotomi ile tümör eksizyonu yapılan olgular

1.Stereotaksik biyopsi	2.Stereotaksik biyopsi	3.Stereotaksik biyopsi	Kraniotomi
Düşük gradeli astrositom	Yüksek gradeli astrositom		
Gliozis	Lenfoma		
Gliozis			Glioblastoma
Gliozis	Glioblastoma		
Beyin dokusu			Düşük gradeli astrositom
Düşük gradeli astrositom			Yüksek gradeli astrositom
Beyin dokusu	Gliozis	Düşük gradeli astrositom	
Beyin dokusu	Düşük gradeli astrositom		
Beyin dokusu	Düşük gradeli astrositom		Düşük gradeli astrositom
Gliozis	Oligodendroglioma		Oligodendroglioma
	Düşük gradeli astrositom		Düşük gradeli astrositom
Yüksek gradeli astrositom			Yüksek gradeli astrositom
Yüksek gradeli astrositom			Yüksek gradeli astrositom
Yüksek gradeli astrositom			Yüksek gradeli astrositom
Yüksek gradeli astrositom			Yüksek gradeli astrositom
Oligodendroglioma			Oligodendroglioma
Nekroz			Glioblastoma

## TARTIŞMA

Teknik açıdan stereotaksik biyopsi alınabilmesi için lezyonun BT veya MRG'de görülebilmesi, lezyonun vasküler olmaması gerekir. Hastada lokal sepsis, kanama diyatezi bulguları ve cerrahi için ciddi bir engel bulunmamalıdır. İşlemin komplikasyonları arasında subdural hematoma, intraserebral hematoma, intratümöral kanama, BOS fistülü, değişik motor defisitler, porensel, ikincil yara enfeksiyonları, tümör ekimi ve mortalite vardır. Stereotaksik yolla alınmış biyopsilerde histopatolojik olarak belirli bir tanıya ulaşılabilmesi başlıca sorunlardan birisidir. Bu oranı Soo ve ark(5) %8,1 olarak vermişlerdir. Negatif sonuçlar için nedenler olarak gliomlarda heterojenite, hedef seçme ve belirlemedeki ufak hataları öne sürmüşlerdir.

Bernstein 300 olguluk serisinde intraaksiyel lezyonlardan alınan biyopsilerde komplikasyon oranını %6,3 (19 hasta) olarak bildirmiş olup seride beş hasta (%1,7) kaybedilmiştir (6). Bu olgularda mortalite nedeni birer hastada subaraknoid kanama ve intraserebral kanama, üç hastada artan ödemdir. Mortal seyreden tüm hastalarda tanı glioblastome multiforme olarak belirlenmiştir. Komplikasyon görülen diğer 14 hastada kanama nedeniyle artan nörolojik defisitler saptanmıştır. On hastada bu defisitler hafif ve geçici nitelikteyken diğer dört hastada major defisitler gözlenmiştir.

Nishihara ve ark. 56 olgudan oluşan stereotaksik biyopsi serilerinde morbidite oran ve nedenlerini araştırmışlardır.(7) Üç olguda (%5,2) intratümöral kanamaya bağlı nörolojik defisitler gelişmiştir. Bu kanamalara cerrahi girişim ile müdahale edilmiştir. Üç olguda da patolojik tanı gliom olarak belirlenmiştir. Aynı yazarların 1998-2006 yıllarını kapsayan MEDLINE taramalarında morbidite oranı %6,4 (37/575) olarak saptanmıştır. Gliom tanısı morbidite için bir faktör olarak görülmüş, ayrıca basal ganglionlar ve talamus yerleşimli lezyonlardan biyopsi alınmasında kanama açısından çok dikkatli davranılması vurgulanmıştır.

Malone ve ark. 7514 hastayı içeren serilerinde stereotaksik biyopsi sonrası görülen komplikasyonları irdelemişlerdir.(8) En sık rastlanan komplikasyon kanama (%5,8) olmuştur. Enfeksiyon %0,1, yara açılması %0,2 oranında görülmüştür. Hemorajinin yaşla, hidrosefali ve ödemle ilişkili olduğu saptanmış ve ayrıca primer malign tümörlerden alınan biyopsi sonrası kanamanın daha az görüldüğü belirtilmiştir. Biyopsi sonrası mortalite %2,8 oranında görüldükten bu oran kanama geçiren hastalarda %12,8, kanama görülmeyenlerde %2,2 olarak bulunmuştur.

Shakal ve ark. 150 olguluk stereotaksik biyopsi serilerinde kanama komplikasyonunu biyopsi sonrası BT'de %4,7 olarak rapor etmişlerdir.(9) Bunların %3,3 'ü semptomatik, %1,4 'ü asemptomatik seyretmiştir.Melanoma, koriokarsinoma ve renal hücreli karsinom gibi metastatik tümörler kanamaya daha eğilimlidir. Stereotaksik biyopsiler peroperatif başlıca sitolojik ve "frozen-section" histolojik teknikleri ile değerlendirilir. Bu iki tekniğin birbiriyle karşılaştırıldığı bir çalışmada sitoloji daha üstün bulunmuştur.(10) Sitoloji % 86 duyarlılık ve % 84 tanısallıkla sahipken frozen- section'da bu oranlar karşılıklı olarak % 78 ve % 75 bulunmuştur.Literatürde verilen mortalite oranları %0-3.9 arasındadır.(4, 11-14)

Dammers ve ark. stereotaksik biyopsi yaptıkları olgularını iki ayrı zaman diliminde incelemişlerdir.(15) Pozitif patoloji tanı oranını 1996-2000 arasında %89,4 bulmalarına karşın 160 olgudan oluşan 2006-2010 döneminde bu oranın %98,2'ye çıktığını bildirmişlerdir. Bu gelişmenin nedenleri olarak standart cerrahi prosedür uygulanmasını ve cerrahın gerek gördüğü hallerde frozen-section yapılması olarak öne sürmüşlerdir. İntraoperatif olarak MRG kullanımının işlem süresini uzatması dezavantajına karşın stereotaksik biyopsinin güvenliğini arttırmak ve tanı pozitiflik oranını yükseltmek için Czyz ve ark. intraoperatif olarak düşük alan MRG kılavuzluğunda işlem yapmayı önermişlerdir.(16) Lu ve ark. ise manyetik rezonans spektroskopisi kılavuzluğunda yapılan beyin biyopsilerinde pozitif tanıya ulaşma yüzdesinin MRG kılavuzluğunda yapılan işlemlerden daha yüksek olduğunu iddia etmişlerdir.(17)

Navigasyon teknolojisinin katkısı ve çerçevesiz stereotaksik biyopsi sistemi kullanılarak MRG ve BT uyumlu şekilde birçok yarar sağlanmıştır. Çerçevesiz stereotaksi konvansiyonel sistemle eşdeğer duyarlılıkta tanı değerine sahip olmasının yanı sıra hasta konforunun çok daha iyi olması, zaman kazandırma, masraflarda azalma sağlanması gibi avantajları vardır. Bu sistemle kafatasının sabitlenmesinin hastada uyandıracağı rahatsızlıklar önlenir. Ayrıca çivili başlığa bağlı gelişebilecek kırıklar, BOS kaçağı ve epidural hematoma gelişmesi gibi komplikasyon riskleri giderilir (18)

Serimizde 18 olguya ilk biyopsiden sonra tekrar biyopsiler veya kraniotomi eksizyon yapılmıştır. İlk beyin biyopsi patoloji raporu beyin dokusu olarak gelen beş hastadan üçünde ikinci biyopsi, birinde üçüncü biyopsi sonucu tanıya ulaşılmıştır. Birinci biyopsi sonucu gliozis olarak gelen dört hastadan üçünde tekrarlanan biyopsi neticesinde tanı elde edilmiştir. Böylece tekrarlanan biyopsiler sonucu tanıya ulaşılmasıyla serinin tanı koyma oranı %87,41'e (132/151) ulaşmıştır.

İlk biyopsiden sonra başka seansda biyopsi tekrarlamamızın veya kraniyotomi ile tümör eksizyonu yapmamızın başlıca nedeni tanı elde etmektir. Biyopsiden sonra kraniyotomi ile tümör rezeksiyonu yapılan 13 olgunun 6'sında biyopsi sonucu beyin dokusu, gliozis ve nekroz gelmesi nedeniyle tanıya ulaşmak için cerrahi girişim uygulanmıştır. Aynı gruptaki diğer altı olguda biyopsi sonucu patolojik tanı konulmuştur. Hasta ve hasta yakınlarının kendilerine sunulan seçenekler doğrultusunda tercihlerinin önce biyopsi sonra tümör rezeksiyonu olması nedeniyle bu yol izlenmiştir. Bu altı olguda biyopsi spesimeni ile kraniyotomi materyalinin patolojik tanıları aynı olmuştur. Bir hastanın biyopsi tanısı düşük gradeli astrositom, tümör rezeksiyonu tanısı yüksek gradeli astrositom olarak gelmiştir. Bu olgu stereotaksik biyopsinin dezavantajlarından olan spesimenin tümörün bütünü hakkında bilgi sağlayamamasına örnek oluşturmuştur.

Serimizde tanı elde edemediğimiz olgularda başlıca neden olarak sistemin sadece BT ile uyumlu olmasını ve olası teknik hataları düşünmekteyiz. Özellikle küçük lezyonlarda MRG'nin BT'ye göre daha üstün tanı görüntüleme niteliği olması nedeniyle tanı sorunu yaşanan olgularda MRG uyumlu sistem kullanılması halinde tanıya ulaşma yüzdesinin yükseleceğini düşünmekteyiz. Serimizde bir hastanın kayıp %0.6'lık mortalite karşıdır. Hiçbir olguda kalıcı defisit veya herhangi ciddi bir morbidite görülmemiştir.

## SONUÇ

Stereotaksik yöntemle intrakranial yer tutan lezyonlardan biyopsi almak güvenli, basit ve yüksek tanı değeri olan bir yöntemdir. Ayrıca daha sonraki tedavilerin planlanmasında yardımcı olmaktadır. Cerrahi endikasyon düşünülmeden ileri yaşta, eşlik eden komorbiditeleri olan ve kritik lokalizasyonlu lezyonları bulunan olgularda biyopsi ile tanı elde edilmesi ailenin hastalık hakkında bilgilendirilmesi ve olası adjuvan tedavilere başlanması bakımından özellikle değer taşımaktadır. İşlemlerle ilgili sorunlar yetersiz doku alınması, örnek alınan lezyonların heterojen yapısı, koordinat, hedef belirlemede yapılan teknik hatalardır. En önemli komplikasyon kanamadır. Çoğu zaman kanama sınırlı kalmakta, asemptomatik seyretmektedir. Semptomatik hematomlarda cerrahi olarak hematomun boşaltılması gerekebilir. Değişik görüntüleme teknikleri işlemin güvenliğini ve pozitif patoloji tanısı elde oranını arttırmaktadır. Tüm bunlara karşın intrakranial tümör cerrahisinde navigasyon kullanımının artışıyla stereotaksik biyopsi alınması oranının azalacağını düşünmekteyiz.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

## KAYNAKLAR

1. Spiegel EA, Wycis HT, Marks M, Lee AJ. Stereotaxic Apparatus for Operations on the Human Brain. *Science*. 1947;106:349-50.
2. Leksell L, Jernberg B. Stereotaxis and tomography. A technical note. *Acta Neurochir (Wien)*. 1980;52:1-7.
3. Maroon JC, Bank WO, Drayer BP, Rosenbaum AE. Intracranial biopsy assisted by computerized tomography. *J Neurosurg*. 1977;46:740-4.
4. Dammers R, Haitsma IK, Schouten JW, Kros JM, Avezaat CJ, Vincent AJ. Safety and efficacy of frameless and frame-based intracranial biopsy techniques. *Acta Neurochir (Wien)*. 2008;150:23-9.
5. Soo TM, Bernstein M, Provias J, Tasker R, Lozano A, Guha A. Failed stereotactic biopsy in a series of 518 cases. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1995;64(4):183-96.
6. Bernstein M, Parrent AG. Complications of CT-guided stereotactic biopsy of intra-axial brain lesions. *J Neurosurg*. 1994;81:165-8.
7. Nishihara M, Sasayama T, Kudo H, Kohmura E. Morbidity of stereotactic biopsy for intracranial lesions. *Kobe J Med Sci*. 2011;56:E148-53.
8. Malone H, Yang J, Hershman DL, Wright JD, Bruce JN, Neugut AI. Complications Following Stereotactic Needle Biopsy of Intracranial Tumors. *World Neurosurg*. 2015;84:1084-9.
9. Shakal AA, Mokbel EA. Hemorrhage after stereotactic biopsy from intra-axial brain lesions: incidence and avoidance. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2014;75:177-82.
10. Hayden R, Cajulis RS, Frias-Hidvegi D, Brody BA, Yu G, Levy R. Intraoperative diagnostic techniques for stereotactic brain biopsy: cytology versus frozen-section histopathology. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1995;65:187-93.

11. Heper AO, Erden E, Savas A, Ceyhan K, Erden I, Akyar S, et al. An analysis of stereotactic biopsy of brain tumors and nonneoplastic lesions: a prospective clinicopathologic study. *Surg Neurol*. 2005;64 Suppl 2:S82-8.

12. Aker FV, Hakan T, Karadereler S, Erkan M. Accuracy and diagnostic yield of stereotactic biopsy in the diagnosis of brain masses: comparison of results of biopsy and resected surgical specimens. *Neuropathology*. 2005;25:207-13.

13. Pirotte BJ, Lubansu A, Massager N, Wikler D, Goldman S, Levivier M. Results of positron emission tomography guidance and reassessment of the utility of and indications for stereotactic biopsy in children with infiltrative brainstem tumors. *J Neurosurg*. 2007;107(5 Suppl):392-9.

14. Dorward NL, Paleologos TS, Alberti O, Thomas DG. The advantages of frameless stereotactic biopsy over frame-based biopsy. *Br J Neurosurg*. 2002;16:110-8.

15. Dammers R, Schouten JW, Haitsma IK, Vincent AJ, Kros JM, Dirven CM. Towards improving the safety and diagnostic yield of stereotactic biopsy in a single centre. *Acta Neurochir (Wien)*. 2010;152:1915-21.

16. Czyz M, Tabakow P, Weiser A, Lechowicz-Glogowska BE, Zub LW, Jarmundowicz W. The safety and effectiveness of low field intraoperative MRI guidance in frameless stereotactic biopsies of brain tumours-design and interim analysis of a prospective randomized trial. *Neurosurg Rev*. 2014;37:127-37.

17. Lu WS, Zheng KH, Qiu F, Jia B, Ni WG, Yang CL, et al. [Magnetic resonance spectroscopy-guided stereotactic biopsy for brain lesion]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2012;50:898-901.

18. Eksi MS. A new era in Stereotactic Brain Biopsy: Frameless Navigation-Based System. *J Neurosci Rural Pract*. 2019 Jan-Mar; 10 (1): 3. doi: 10.4103/jnrp.jnrp\_281\_18