

Rat Beyninde Mikrobalon Diseksiyon Yöntemi ile Klasik Kortikotominin Oluşturduğu Hasarlanmanın Histopatolojik Olarak Karşılaştırılması

The Histopathological Evaluation of the Damage in Rat Brain Caused by the Classical Corticotomy and the Micro Balloon Dissection Method

ÖZ

AMAÇ: Rat beyninde Mikro Balon Diseksiyon Yöntemi ile klasik kortikotominin oluşturdukları aksonal hasar açısından histopatolojik olarak karşılaştırılmasıdır. Kullandığımız Mikro Balon Diseksiyon yönteminde Fogarty kateteri (4 French, maksimum hacim = 0.75 ml) üzerindeki balonun şişirilerek çevre dokuyu minimal hasarla disseke etmesi planlanmıştır.

YÖNTEM: Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Raporu alındıktan sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Cerrahi Araştırma Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışmada ağırlıkları 400 – 500 gram arasında olan 12 adet erişkin erkek Sprague - Dawly rat kullanıldı. Sagittal sütür üzerinde orta hat insizyonla middle frontal girusları ortalayacak şekilde bilateral 0.4cm²'lik kraniektomi alanı oluşturuldu. Ardından sağ tarafa Fogarty kateteri, sol tarafa lanset yardımıyla middle frontal girustan bazal ganglionlara kadar iki taraflı diseksiyon yapıldı. Postoperatif 5. gün perfüzyon fiksasyon tekniği ile beyinleri çıkartılan deneklerden 10 µm 'luk ince kesitler alındı. Gallyas tekniğiyle boyanan preparatlar ışık mikroskopuyla incelendi.

BULGULAR: Akson dejenerasyonu açısından değerlendirilen ve kalitatif olarak karşılaştırılan deneklerde benzer aksonal hasar tespit edildi.

SONUÇ: Bu çalışmada Mikro Balon Diseksiyon Tekniğinin klasik Kortikotomi Tekniğine aksonal hasar açısından üstünlüğü gösterilememiştir. Klinikte alternatif bir yöntem olarak kullanılan bu tekniğin geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi gerektiğini düşünüyoruz.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Mikro Balon Diseksiyon, Kortikotomi, Aksonal Dejenerasyon.

ABSTRACT

OBJECTIVE: Histopathological evaluation of the axonal damage in the rat brain caused by the Micro Balloon Dissection Method and the classical corticotomy. It is planned to dissect the surrounding tissue with minimal damage by inflating the balloon on a Fogarty catheter (4 French, maximum volume: 0.75 ml) in the micro balloon dissection method.

METHODS: This study was carried out in the surgical study center laboratory of the Ondokuz Mayıs University after taking the permission of Ondokuz Mayıs University Ethical Committee.

In this study, 12 adult, male Sprague-Dawly rats weighing varying 400-500 grams were used. Making a midline incision on the sagittal suture, bilateral 0.4 cm² craniotomy area that mediated the middle frontal gyrus was formed. Then with the help of the lancet on the left side and a Fogarty Catheter on the right side, a two sided dissection was made starting from the middle frontal gyrus to the basal ganglions. On the fifth day postoperatively, thin slices of 10 micrometers were taken from the brains removed by perfusion fixation technique. The preparates were stained by the Gallyas technique and inspected under a light microscope.

RESULTS: The similar axonal damage was determined in the rats compared qualitatively and evaluated by the axonal degeneration.

CONCLUSION: In this study it can not be shown that the Microballoon Dissection Technique is more valuable than the classical Corticotomy Technique in the aspect of axonal damage. From our sight of view, we support that this technique used alternatively in clinics should be supported in order to get a better development

KEY WORDS: Microballoon dissection, Corticotomy, Axonal degeneration

Ersoy KOCABIÇAK
Alparslan ŞENEL
Keremettin AYDIN
Cengiz ÇOKLUK
Ömer İYİGÜN
Cemil RAKUNT
Fahrettin ÇELİK

Ondokuzmayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi
Nöroşirürji Anabilim Dalı, Samsun

Geliş Tarihi: 11.07.2006

Kabul Tarihi: 18.10.2006

Yazışma adresi:

Ersoy KOCABIÇAK

Ondokuzmayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi

Nöroşirürji Anabilim Dalı

55139 Kurupelit/Samsun

Tel : 0 362 3121919/2629 int.

Faks : 0 362 3121919

E-posta: ekocabicak@yahoo.com

GİRİŞ

Serebral hemisferlerdeki kortikal, subkortikal ve derin yerleşimli lezyonların cerrahisinde, bu lezyonların ulaşım yolundaki ve çevresindeki dokular zarar görür. Bu dokulara bazen beyindeki nispeten sessiz alanlar yoluyla ulaşılsa da postoperatif bazı komplikasyonlar gelişmektedir. Kortikal insizyonu gerektiren intraserebral veya intraventriküler lezyonlar lokalizasyonuna ve insizyon derinliğine göre sıklıkla nörolojik defisite yol açarlar (5). Ameliyatlarda sırasında diseksiyonun dikkatli yapılması ve magnifikasyonun kullanılmasıyla oluşacak muhtemel hasarlar en aza indirilebilir. Cerrahi travmanın boyutu ve şiddeti postoperatif dönemde oluşan nörolojik defisitlerden primer olarak sorumludur (2). Gösterilen azami dikkate rağmen postoperatif dönemde gelişebilen bu komplikasyonlar cerrahların serebral dokuya daha az hasar verecek yöntemleri araştırmasına neden olmuştur.

Lazer diseksiyon, waterjet diseksiyon, ultrasonik diseksiyon gibi yöntemler günümüzde denemektedir. Bu yöntemlerden biri de Mikro Balon Diseksiyon Yöntemidir. Bu tekniğin mantığı intraserebral hemorajiye bağlı oluşan diseksiyon paternlerinin gözlemlerine dayanmaktadır. İntraserebral hemoraji ve benzeri bir kanamada muhtemelen traktusları oluşturan fiberler birbirlerinden ayrılır. Fiberlerde bölünmeden ziyade ayrılma olur. Hematomun boşaltılması sıklıkla nörolojik fonksiyonda düzelme ile sonuçlanır. Böylece nöral dokunun geri dönüşümsüz hasara uğramadığı kabul edilir (8). Bizim bu çalışmada kullanacak olduğumuz teknik, Fogarty kateterinin (4 French, maksimum hacim = 0.75ml) middle frontal girus içerisinde, üzerindeki balonun şişirilerek çevre dokuyu minimal hasarla disseke etmesi ve fiberlerin oluşturduğu traktusları ayrıştırması esası üzerine kurulmuştur.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Cerrahi Araştırma Merkezi Laboratuvarında etik kurul izni alınarak gerçekleştirilmiştir.

Bu deneysel çalışmada, ağırlıkları 400-500 gram arasında olan 12 adet erişkin erkek Sprague-Dawley rat kullanılmıştır.

Xylazine (Rompun® Bayer) ile 10mg/kg intraperitoneal yolla sedatize edilen deneklere cerrahi işlem öncesi anestezik ajan olarak ketamin

hidroklorür (Ketalar® Parke Davis) 80mg/kg intraperitoneal yolla uygulandı.

Anestezi sonrası denekler operasyon masasına alındı. Cerrahi saha traş edildikten sonra %10'luk povidon iyot solüsyonu (Betadin® Kansuk) ile cilt antisepsisi sağlandı. Ardından sagittal sütür boyunca 3 cm'lik orta hat insizyonu ile cilt, cilt altı geçildi. Middle frontal girusları ortalayacak şekilde bilateral paramedian ~ 0.4cm²'lik kraniektomi alanı oluşturuldu (dental drill kullanıldı), ardından dura açıldı.

Tüm deneklerde sağ tarafa Mikro Balon Diseksiyon, sol tarafa klasik kortikotomi işlemi uygulandı.

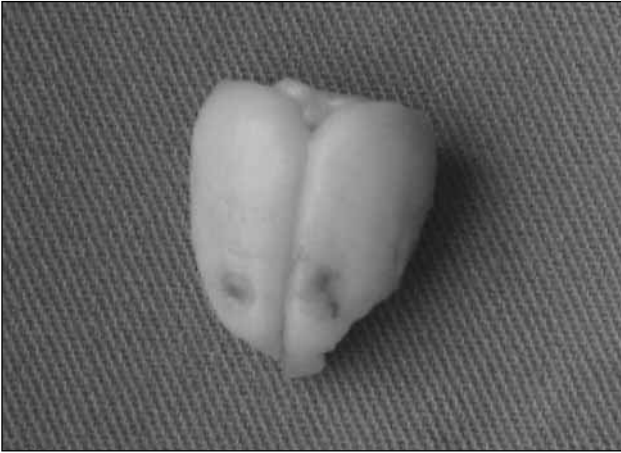
Mikro balon diseksiyon işlemi uygulanan tarafta middle frontal girusdan bazal ganglionlara kadar Fogarty kateteri (uzunluğu 4 French, maksimum şişirilme hacmi 0.75 ml) ilerletildi. Ardından 2 mm³ çapında bir kanal oluşturacak şekilde 0,25 ml şişirilerek kontrollü olarak geriye doğru çekildi. Diseksiyon için klasik kortikotomi uygulanan tarafta klasik lanset (Bluttest marka genişliği 2mm) kullanılarak aynı trase izlendi ve diseksiyon işlemi tamamlandı (Şekil 1).

Deney grubundaki her denekte bu cerrahi işlem uygulandıktan sonra sırasıyla dura, cilt altı ve cilt sütüre edildi. Denekler daha sonra kafeslerine yerleştirildi. Burada uyanan deneklerin vücut sıcaklığı sabit tutuldu.

Tüm deneklere beşinci gün sonunda perfüzyon-fiksasyon işlemi uygulandı ve beyinler çıkarıldı. %10'luk formaldehit solüsyonu içinde fikse edilen beyinler kodlanarak histopatolojik inceleme için ayrıldı .



Şekil 1: Rat beyninde Fogarty kateteri ve lanset ile yapılan diseksiyon işlemleri.



Şekil 2: Rat beyninde iki taraflı diseksiyon sonrası oluşan makroskopik lezyonların görünümü.

Doku Örneklerinin Hazırlanması :

%10 luk formaldehit ile fikse edilen beyinler -70°C'de dondurularak Leica marka frozen cihazında 10 µm aralıklarla koronal planda kesildi. Kesitler makroskopik gross lezyonlarından 2mm önce başlatıldı ve 2mm sonra sonlandırıldı. Seri kesitlerden her 10 kesitten biri alınarak Gallyas yöntemine uygun olarak boyandı.

Boyama Tekniği :

1- Ön Muamele: Kesiler alkali hidroksilaminde 10 dakika boyunca bekletildi.

Solüsyonun Hazırlanması : 10cc %9 sodyum hidroksil ile 10cc %15 hidroksil amin sülfat karıştırıldı. Ardından 10 dakika kadar bu solüsyonda bekletildi.

2- Yıkama: Spesmenler beyaz ve opak hale gelinceye kadar 3 dakika asetik asitle yıkandı.

3- Banyo: Hazırlanan spesmenler ferrik nitrat ve gümüş nitrat içeren solüsyonda 45 dakika ve 25°C ısıda bekletildi ve dokunun kırmızı-sarımsı bir renk aldığı gözlemlendi. Ardından 5 gr ferrik nitrat 100 gr gümüş nitratla 800 cc distile su kullanılarak çözüldü ve 1000 cc olacak şekilde su eklendi.

4- Yeniden Yıkama : Dokular 2 dakika boyunca %1 sitrik asitle ardından %0,5 asetik asitle 5 dakika yıkandı. Spesmenler gri hale geldiğinde fiziksel çözeltilerde bekletildi. Daha sonra %0,5 asetik asit kullanılarak spesmenler 10 dakika yıkandı ardından oda havasında kurumaya bırakıldı.

Optimal boyanma sürelerinin tayini için 3, 6, 12, 15. dakikalarda boyamalar yapıldı. Tüm spesmenlerin incelenmesi Leica marka mikroskop ile yapıldı.

Diseksiyon bölgelerinin morfolojik özellikleri

makroskopik olarak incelendi (Şekil 2). İnceleme sırasında diseksiyon derinliği ve genişliği, diseksiyon kenarlarının kalitesi gibi genel morfolojik özellikler, lezyon ve lezyon çevresindeki boyanma bölgeleri ile akson dejenerasyonu kalitatif olarak incelendi ve karşılaştırıldı. Akson dejenerasyonu için sonuçlar mikroskopik olarak kategorize edildi (Tablo I).

Tablo I. Akson Dejenerasyonu Puanlaması

Puan	
-	Aksonal dejenerasyon yok
+	Hafif aksonal dejenerasyon
++	Ağır aksonal dejenerasyon

Tablo II. Mikrobalon ve lanset tarafından deneklere ait akson dejenerasyonu puanlaması

Denek No.	Mikrobalon	Lanset
1	B*	B*
2	B*	B*
3	+	++
4	+	++
5	++	+
6	+	++
7	++	+
8	+	++
9	+	++
10	++	+
11	++	+
12	+	++

B*: Boyanma olmadı ve akson dejenerasyon gösterilemedi.

BULGULAR

Çalışma süresi boyunca üç adet denek cerrahi işleminden hemen sonra, bir adet denek işlem sonrası birinci gün, üç adet denek işlem sonrası ikinci gün ve bir adet denek işlem sonrası üçüncü gün kaybedildi. Bunların yerine yenileri konularak çalışmaya devam edildi.

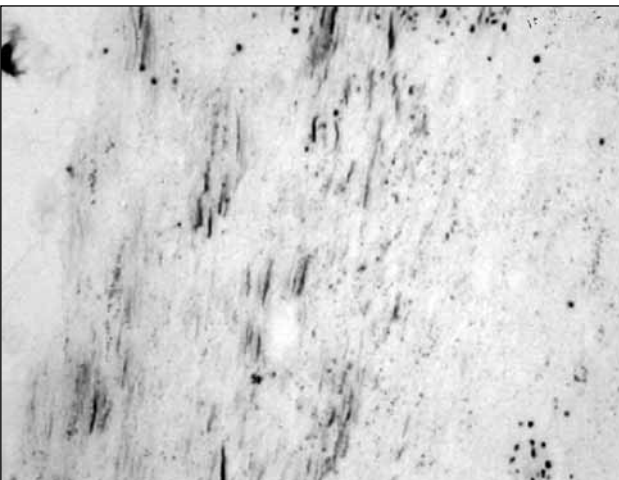
Her iki yöntem kullanılarak yapılan diseksiyon işlemi sonrası, diseksiyon derinliği mikroskopik olarak incelendi. Mikro balon ile yapılan diseksiyon sonrası oniki deneğin sekizinde diseksiyon internal kapsül seviyesinde, dört denekte talamus seviyesinde sonlanıyordu. Lanset ile yapılan diseksiyon sonrası oniki deneğin yedisinde diseksiyon internal kapsül seviyesinde, dört denekte

talamus seviyesinde, bir denekte mezensefalon seviyesinde sonlanıyordu. Mikro balon ile yapılan diseksiyonun tabanında bir genişlik varken, lanset tarafı keskin bir şekilde sonlanıyordu. Her iki yöntemde de sonuç olarak diseksiyon derinliği ve doğrultusu benzer kabul edildi.

Her iki diseksiyon yönteminde de oluşturulan lezyonun mikro balon ve lanset giriş noktalarından koronal planda öne ve arkaya doğru ilerlediği gözlemlendi. Mikro balon diseksiyonu uygulanan tarafta diseksiyon genişliği korteks, beyaz cevher, internal kapsül ve talamus düzeyinde ortalama 2 mm idi.

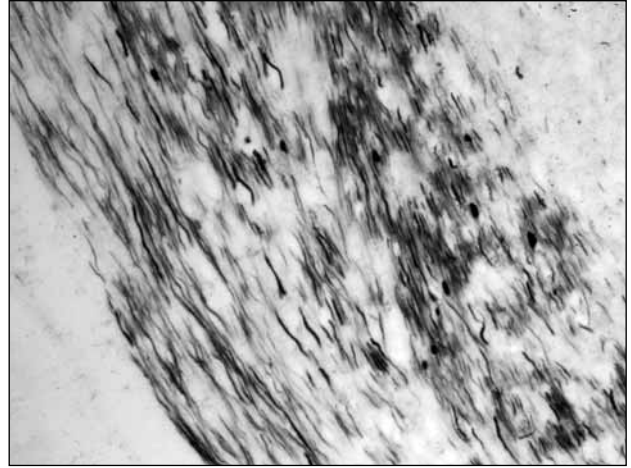
Diseksiyon kenarları mikro balon tarafında daha düzensiz ve pürüzlüydü, diseksiyon trasesi boyunca düzgün bir hat izlenmiyordu. Lanset uygulanan tarafta diseksiyon genişliği, diseksiyonun başladığı ve bittiği yerler olan korteks ve internal kapsül arasında ortalama 2 mm idi. Diseksiyon kenarları daha düzenliydi. Her iki yöntemde de sonuç olarak diseksiyon genişliği benzer bulundu.

Akson dejenerasyonu açısından incelenen ve karşılaştırılan spesmenler akson dejenerasyonu gösteren bir boyama tekniği olan Gallyas yöntemiyle değerlendirildi. Deneklerin iki tanesinde boyanma olmadı ve akson dejenerasyonu gösterilemedi. Mikro balon uygulanan tarafta altı denekte hafif aksonal dejenerasyon gözlenirken, dört denekte ağır aksonal dejenerasyonu mevcuttu (Şekil 3). Subkortikal düzeyde akson dejenerasyonu hiçbir denekte gözlenmedi. Akson dejenerasyonu gözlenen on deneğin altısında dejenerasyon internal kapsülde, diğer dördünde hem internal kapsül, hem



Şekil 3: Fogarty kateteri ile diseksiyon uygulanan tarafta hafif aksonal dejenerasyon gösteren boyanma bölgeleri (x200 büyütme).

talamustaydı. Lanset uygulanan tarafta dört denekte hafif aksonal dejenerasyonu, altı denekte yüksek aksonal dejenerasyonu gözlemlendi (Şekil 4). Lanset uygulanan tarafta da, hiçbir denekte subkortikal düzeyde aksonal dejenerasyonu yoktu. On deneğin yedisinde, internal kapsül, birinde talamus, ikisinde hem internal kapsül hem talamus düzeyinde aksonal dejenerasyonu gözlemlendi.



Şekil 4: Lanset ile diseksiyon uygulanan tarafta ağır aksonal dejenerasyon gösteren boyanma bölgeleri (x200 büyütme).

TARTIŞMA

İnsan beyin diseksiyon yöntemlerine eşdeğer bir deneysel model oluşturmak için tasarlanan modellerde benzer materyallerin ve deney hayvanlarının kullanılması gereklidir. Çalışmamızda, deney hayvanı olarak rat kullanılmasının nedeni, kolay bulunabilmesi, ucuz olması, cerrahi travmaya dayanıklı denekler olması ve beyin anatomik yapısının insan anatomik yapısına benzemesiydi (3,7).

İnsan beyninde uygulanan Klasik Kortikotomi tekniğinde diseksiyon için bisturi, mikro makas, bipolar forseps, cerrahi aspiratör ucu ve metal mikro forseps gibi rijit ve keskin aletler kullanılmaktadır (2). Biz de 2 mm genişliğinde sivri ucu aşağıya bakan lanset kullanarak kortikotomi işlemini rat beyninde deneysel olarak gerçekleştirdik. Lanset kullanmayı tercih etmemizin nedeni rijit, keskin ve manuel kontrolü olduğu için Klasik Kortikotomi tekniğinde kullanılan aletlere benzemesiydi.

Deneysel Beyin Diseksiyon Yöntemlerinde Klasik Kortikotomi yöntemi pek çok kez kullanılmış olduğu halde, Mikro Balon Diseksiyon yöntemi günümüze kadar bir kez kullanılmıştır. İlk kez 1983

yılında Shahbadian ve ark. tarafından deneysel balon diseksiyon için oluşturulan balon katater 5 no'lu nazogastrik tüp ve eldiven parmağı kullanılarak dizayn edilmişti (3). Daha sonraki yıllarda deneysel olarak hiç kullanılmayan ve modifiye edilmeyen bu yöntem günümüze kadar dört klinik çalışmada kullanılmıştır. Mikro Balon Diseksiyonun da Madrazo ve ark. 1990 yılında çift lümenli şişirilebilir bir iğne kullanmıştı (6). 1991 yılında Hirsch ve ark. yine ucunda balon olan bir iğne kullanmışlardır (5). 2003 yılında Abraham ve ark. anjiyoplasti balonu kullandılar (1). Çokluk ve ark. da 2004 yılında embolektomi katateri kullandılar (2). Biz de deneysel balon diseksiyon için 4 French uzunluğunda maksimum hacmi 0.75ml olan Fogarty kateteri kullandık. Piyasadan temin edebileceğimiz, diğer çalışmalarda kullanılan balonlara benzeyen, deneysel rat modeline uygunluk gösteren, hacmi ayarlanabilen, kontrollü bir materyal olduğu için Fogarty kateteri kullanmayı uygun gördük.

Günümüzde modern nöroşirürjide eğilim artık lezyonun tam olarak yerinin saptanması ve minimal invazif cerrahi yapılması şeklindedir. Kortikal, subkortikal ve derin yerleşimli lezyonların cerrahi diseksiyonunda normal sinir dokusu hasar görebilir. Lezyonların perilezyonel nöronal alanlardan en az hasarla ayrılması, normal kortikal nöronların kaybının mümkün olduğunca az olması ve lezyonların total çıkarılması son derece önemlidir (1,2,6). Yaşargil'e göre derindeki lezyonun yakınındaki sulkusa komşu olan bir diğer sulkusdan transsulkal yaklaşım mümkündür. Bu sayede lezyona geçilmesi için gereken beyaz cevher ve korteks miktarı azalmaktadır. Ancak posterior fossada serebellumun folialarından orta serebellar pedinküle veya beyin sapına transsulkal olarak geçiş teknik açıdan zordur (1).

Balon Diseksiyon Tekniği deneysel ve klinik olarak beyindeki dokulara daha az hasar vermek amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu teknik doku aspirasyonu dışında sınırlı sayıda da olsa, genel ve özel endikasyonlarda kullanılmıştır. Madrazo ve ark. tarafından lateral ventrikül içindeki lezyonlara ulaşmada kullanılan bu yöntem Hirsch ve ark. tarafından talamik tümör cerrahisinde kullanılmıştır (6,7). Abraham ve ark. orta serebellar pedinkülde bir kavernom olgusunu, sağ serebellumdaki bir kistik lezyon ve bazal ganglion lokalizasyonundaki bir kavernomu Balon Diseksiyon Yöntemini kullanarak opere etmişlerdir

(1). Çokluk ve ark. da hem supratentoryal, hem infratentoryal malign glial kitle ve metastatik toplam yedi olguda bu yöntemi kullanmışlardır (2). Fakat yine de günümüzde Mikrobalon Diseksiyon Tekniği ile ilgili çalışmalar yeterli değildir. Aynı zamanda hiçbir deneysel çalışmada bu teknik akson hasarı açısından Klasik Kortikotomi Tekniği ile karşılaştırılmamıştır.

Mikrobalon diseksiyonu ile Kortikotomi Tekniğini karşılaştırabilmek için çok benzer kesiler kullanılmaya çalışıldı. Aletlerin uçları ve çapları, parankimi kesme hızları oldukça farklı olduğundan benzer kesiler oluşturmak zordu. Her iki yöntemde de diseksiyon derinliği ve lokalizasyonunda benzer sonuçlar elde edildi. Kalitatif olarak değerlendirilmiş olsa da mikroskopik olarak her iki yöntemde diseksiyon derinliği ve anatomik lokalizasyonları benzerdi. Diseksiyon derinliği iki taraflı diseksiyon uygulanan deneklerin hemen hepsinde internal kapsül ve talamus düzeyinde sonlanıyordu. Lanset ile yapılan diseksiyon tarafında yalnızca bir denekte mezensefalon düzeyinde diseksiyonun sonlandığı gözlemlendi.

Her iki yöntem diseksiyon genişliği açısından karşılaştırıldığında da benzer sonuçlar alınmıştır. Kullanılan aletlerin manuel kontrolleri ve diseksiyon hızları benzer olsa da, uçları ve hacimlerdeki farklılıklar nedeniyle mikrobalon tarafındaki diseksiyon kenarları daha düzensiz izlenmiştir.

Akson dejenerasyonunun değerlendirilmesi amacı ile Gallyas tekniği ile boyanan oniki denegin onunda optimal şartlarda boyanma ve akson dejenerasyonu gösterildi. İki denekte bu mümkün olmadı (8).

Akson dejenerasyonu mikrobalon diseksiyon yöntemi uygulanan tarafta on denekte gösterildi. Bu deneklerin altısında hafif, dördünde ağır derece akson dejenerasyonu vardı. Lanset tarafında on denegin dördünde hafif, altısında ağır akson dejenerasyonu vardı. Kalitatif olarak yapılan bu ölçümlerde ve akson dejenerasyonu puanlamasında Mikrobalon Yöntemiyle Klasik Kortikotomi Yöntemi bizim çalışmamızda benzer sonuçlar ortaya çıkardı. Akson dejenerasyonu her iki tarafta da internal kapsül ve talamus düzeyinde izlendi. Subkortikal bölgede akson dejenerasyonu hiçbir denekte gösterilemedi. Her iki tarafta da akson dejenerasyonunun diseksiyonun sonlandığı internal kapsül ve talamus düzeyinde olması bu bölgelerin diseksiyon işlemlerinden daha fazla etkilendiklerini düşündürdü.

SONUÇ

Bu deneysel çalışmada Mikrobalon Diseksiyon Yöntemi ile Klasik Kortikotomi tekniği, oluşturdukları akson hasarı açısından benzer sonuçlar vermiştir. Klinikte alternatif bir yöntem olarak kullanılan bu tekniğin geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi gerektiğini düşünüyoruz.

KAYNAKLAR

1. Abraham RG, Kumar NK, Chacko AG: A minimally invasive approach to deep-seated brain lesions using balloon dilatation and ultrasound guidance. *Minim Invasive Neurosurg* 46: 138-141, 2003
2. Çokluk C, Aydın K, Şenel A, İyigün O: Transparent microballoon dissection in the surgical treatment of brain tumors. *Minim Invasive Neurosurg* 47: 127-129, 2004
3. Dixon Edward C, Hayes Ronald L: Fluid Percussion and Cortical Impact Models of Traumatic Brain Injury. *Neurotrauma* chapter 98. (1337 – 1344).
4. Gallyas F, Wolff JR, Bottcher H, Zaborszky L: A reliable method for demonstrating axonal degeneration shortly after axotomy. *Stain Technol.* 55:291-297, 1980
5. Hirsch JF, Sainte-Rose C: A new surgical approach to subcortical lesions: balloon inflation and cortical gluing. Technical note. *J Neurosurg* 74: 1014-1017, 1991
6. Madrazo I, Franco-Bourland R: Balloon Needle for the Atraumatic Transcortical Ventricular Approach: Technical Note. *Surg Neurol* 33: 226-227, 1990.
7. Povlishock J T: An Overview of Brain Injury Models. *Neurotrauma* chapter 97. (1325 – 1332)
8. Shahbadian S, Keller JT, Gould HJ 3rd, Dunsker SB, Mayfield FH: A new technique for making cortical incisions with minimal damage to cerebaltissue. *Surg Neurol* 20: 310-2, 1983