

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
CERRAHİ TIP BİLİMLERİ  
NÖROŞİRURJİ ANABİLİM DALI

40477

*PERKÜTAN İNTRADİSKAL LAZER NÜKLEOTOMİNİN YOL  
AÇTIĞI DEĞİŞİKLİKLERİN KOYUN LOMBER  
İNTERVERTEBRAL DİSKLERİNDE ARAŞTIRILMASI*

UZMANLIK TEZİ

Dr. R. SERHAT ERBAYRAKTAR

İZMİR 1995

T.C. Y. CEMAL  
KURUMUNUN MÜHÜRÜ

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda beyin cerrahisi polikliniklerine başvuranların büyük bir bölümünü oluşturan lomber disk hernili hastaların minimal invazif cerrahi ile tedavisinde bir umut gibi görünen lazer nükleotominin etkilerini araştırmayı amaçladım. Bu araştırmanın benim için en önemli yanı ise bilimsel bir araştırma yapma heyecanını ve de bunun yöntemlerini öğrenmek zorunda olduğumu hissettirmesidir.

Mezunu olduğum fakültenin çok önemli işler başardığına inandığım Nöroşirurji ABD'dan uzmanlığımı aldığım için gurur duymaktayım. Uzmanlık eğitimim sırasında geniş bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ve her zaman örnek alacağım değerli hocalarım *Prof.Dr. Ümit D.Acar, Prof.Dr. E. Metin Güner ve Doç.Dr. Tansu Mertol'a* teşekkürlerimi sunuyorum. Yine Uzmanlık eğitimim sırasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen *Uzm.Dr. Ünal Kirişoğlu, Uzm.Dr. Arif Ösün ve daha önce uzmanlığını alan tüm ağabeylerim ile acı tatlı beş yılı aşan bir süreyi birlikte paylaştığım tüm araştırma görevlisi ve hemşire arkadaşlarıma* da şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca tez çalışmamda katkılarını esirgemeyen *Prof.Dr. M. Şerefettin Canda, Doç.Dr. Feza Akgür ile Hüseyin Varlı'ya* da teşekkürlerimi sunmaktayım.

Dr.Serhat Erbayraktar

## **İÇİNDEKİLER**

<b>GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>AMAÇ</b>	<b>4</b>
<b>GEREÇ ve YÖNTEM</b>	<b>5</b>
<b>SONUÇLAR</b>	<b>11</b>
<b>TARTIŞMA</b>	<b>23</b>
<b>SONUÇ</b>	<b>26</b>
<b>ÖZET</b>	<b>27</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	<b>28</b>

## GİRİŞ:

Lazer tıbbın hizmetine girdikten çok kısa bir süre sonra nöroşirurji operasyonlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Başlangıçta, dokuya değmeden kesi yapabilen ancak koagülasyon gücü yetersiz olan karbondioksit(CO2) lazer kullanılmaktaydı(20). Daha sonra koagülasyona yol açabilen ve ince quartz-cam fiberler içinden ilerletilebilen Nd-YAG lazer ile nöroşirurjide bir seri yeni cerrahi yaklaşımlar ortaya çıktı(1).

Lazerlerin cerrahide kullanımı esnasında ışık enerjisi dokuda ısıya dönüşmektedir. Bu termal aksiyonun derecesi ise doku özellikleri yanısıra lazer demetinin dalga boyuna, enerjisine ve geometrisine bağlıdır. En önemli optik faktör absorpsiyondur. Dokuların su içerikleri yüksek olduğu için absorpsiyon özellikleri pratik olarak suyunki ile aynıdır. CO2-lazer ışını infra-red aralığına yakın olan Nd-YAG lazer ışınından daha fazla olarak suda absorbe edilir. Bir diğer önemli optik faktör de yayılımdır. Dokuda absorpsiyon zayıf olduğunda dağılım önem kazanmaktadır. Lazer ışınının değişik absorpsiyon ve dağılım özellikleri ışının spektral dalga boyuna bağlı olarak dokuda değişik etkilere yol açarlar. CO2-lazer demeti büyük oranda yüzeyde absorbe edilerek ısıya dönüşmektedir. Bu nedenle de CO2-lazer komşu dokulara minimal etki ile ya doku absorpsiyonunda ya da kesici enstrüman olarak kullanılır. Nd-YAG lazer ışınının diffuz yayılımı ise büyük volümde doku ısınmasına bağlı homojen koagülasyon alanına yol açar(12). Günümüzde CO2-lazer lipom veya kranial sinostoz gibi birkaç spesifik olguda tercih edilirken(1,4,20) Nd-YAG lazer başta yüksek derecede vasküler meningeal tümörler ile rezidüel tümör dokularının termal olarak yok edilmesi olmak üzere daha geniş bir alanda kullanılmaktadır(3). Son

yıllarda ise lazer ışının fleksibi quartz-cam fiberler yardımı ile iletilebilmesi lomber disk hernilerinin tedavisinde de kullanımını gündeme getirmiştir. Dandy tarafından 1929'da ilk kez belirtilen herniye disk dokusunun çıkarılması tanımı endikasyon kriterlerindeki, cerrahi tekniklerdeki ve enstrumanlardaki gelişmelere bağlı olarak bir değişim göstermiştir(8). Lomber disk herniasyonlarının cerrahi tedavisi spinal ameliyatların önemli bir kısmını oluşturmaktadır ve daha az invaziv tekniklerin gelişmesi ile de zaman içinde gelişim göstermiştir (6,9,13,22,23). Ancak lomber disk cerrahisini sadece sinir kökü dekompresyonu işlemi olarak görmek modern cerrahi filozofisindeki standartlara ulaşmamızı engeller çünkü yapılan yetersiz cerrahi sadece nörolojik semptomların devam etmesi yada rekürrensine neden olmaz aynı zamanda bizatihi yapılan cerrahi girişimin yol açtığı anatomik ve biomekanik bozukluklar da şikayetlere yol açabilmektedir(5,11,19).

Son yıllarda laminotomi ve disk çıkarılması gibi konvansiyonel cerrahi yöntemlere alternatif olarak lomber disk herniasyonlarının cerrahi tedavisinde perkütan girişimler gelişmiştir(24). 1980'lerin başında kimopapain ile yapılan kemonükleolizis Avrupa ve Amerika'da büyük bir hevesle denenmişti(18). Ancak anaflaktik şok ve parapleji gibi komplikasyonların bildirilmesi ile günümüzde oldukça nadir kullanılmaktadır(21). 1980'lerin sonlarında ise Hijikata ve arkadaşlarınca tanımlanan perkütan diskektomi(14) ve bu metodun geliştirilmesi ile ortaya çıkan perkütan otomatik nükleotomi(16,17) yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Ancak kullanılan kanülün çapı 3 mm ve daha geniş çapta olabildiği için hem teknik zorluklara hem de doku hasarlarına yol açmaktaydı. Benzer dezavantajlara günümüzde popüler olmaya başlayan perkütan endoskopik diskektomi yönteminde de rastlanılmaktadır(15). 1990'ların başında ise perkütan lazer disk dekompresyonu Ascher

tarafından tanıtıldı ve bu yöntemin diğerlerine göre bazı avantajları vardı; 1) lazer ışınının çıkış gücü kontrol edilebildiği için güvenliydi, 2) yüksek enerji derin dokulara 200-300 M fleksibl fiberler ile ulaştırılabildiği için minimal travmatikti, 3) kimyasal komplikasyonları yoktu ve 4) kullanılan iğnenin çapı küçük olduğu için derin dokulara ulaştırmak kolay ve güvenliydi(24).

Lomber disk herniasyonlarının tedavisinde kullanılan çeşitli yöntemlerin başarı derecelerine bakıldığında ise bunlar; açık diskektomide % 60-80, kemonükleolizisde % 70-80, lazer nükleotomide % 70-80, nükleotom diskektomide % 80, mikrodiskektomi ve endoskopik diskektomide % 95 olarak bildirilmektedir(7).

## AMAC:

Bu çalışmayı hazırlarken amacımız lazer nükleotominin yol açtığı fiziksel ve histolojik değişiklikleri saptamak ve sonuçta elde edeceğimiz veriler ile tekniğin yol açtığı öne sürülen semptomlardaki gerilemenin nedenlerini irdelemektir. Buradan yola çıkarak sinir kökünün dekompresyonu sırasında ortaya çıkacak olası fiziksel ve yapısal değişiklikleri nükleus pulposus içinde ulaşılan yüksek ısı, disk dokusunda ısınmaya bağlı gelişecek yapısal değişiklikler ve disk içi basınçtaki değişiklikler olarak saptadık. Lazer ışınının ısı enerjisine dönüşmesi ile ortaya çıkan sıcaklığın komşu sinir kökünde hangi düzeye ulaştığı ve sinir kökünde herhangi bir hasara yol açıp açmadığı gözlemlenmeliydi. Bu amaçla sinir kökü yerleşimlerinde ısı ölçümü yapılması, aynı zamanda da işlem uygulanmış spesmenlerin görüntülenmesi planlandı. İşlem sonrasında disk dokusunda kantitatif olarak ne kadarlık bir hasar yapıldığı ve bunun doku düzeyine yansımaları ise patolojik çalışma ile ortaya konulmalıydı. Aynı zamanda lazer nükleotominin disk dokusu üzerinde yaptığı değişikliklerin manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografideki görünüşleri saptanarak hangi görüntüleme yönteminin yapılan girişimin erken dönemdeki kontrolünde daha faydalı olabileceği araştırılmalıydı. Son olarakta uygulanan işlem sonucunda sinir kökünün dekompresyon olabilmesi için disk içindeki basınçta değişiklik yani bir azalma olmalıydı. Gerçekten böyle bir azalma varsa hangi ışınlama koşullarında tatminkar bir düşüş elde edilmekteydi, bu araştırılmalıydı.

Perkütan intradiskal lazer nükleotominin etkisini nasıl gösterdiğini irdelleyen bu soruların tümüne cevap verebilecek bu çalışmamızı istatistiksel prensiplere de uygun olacak şekilde hazırlamayı uygun gördük.

## **GEREC ve YÖNTEM:**

**Çalışmamızda LN ile ilişkili 5 parametreyi araştırdık;**

- 1) Nöroradyolojik değişiklikler,*
- 2) Nöral foramendeki ısı değişiklikleri,*
- 3) İntradiskal basınç değişiklikleri,*
- 4) Makroskopik değişiklikler,*
- 5) Histolojik değişiklikler,*

Yukarıda belirtilen parametreler her biri diğerinden farklı toplam 24 lazer ışınlama koşulunda araştırıldı. Her bir lazer ışınlama koşulu ise yedişer farklı disk aralığında araştırıldı. Bir başka deyiş ile toplam 168 taze ölü koyun disk aralığı komşu alt ve üst korpus yarıları ve arka elemanları korunarak bu çalışmamızda kullanıldı. Bunlardan her bir lazer ışınlama protokolünden birer örnek içerecek şekilde sadece 24 tanesinde işlem öncesi ve sonrasında bilgisayarlı tomografi(BT) ve manyetik rezonans(MR) kesitleri alındı. Disk dokusunu ponksiyone etmek için de 14 G paslanmaz çelikten yapılmış, tek lümenli iğne kullanıldı. Lazer ışını kaynağı olarak ise Neodymium-Yttrium-aliminum-garnet ( Nd-YAG ) lazer cihazı ( Medilas 120 N, dalgaboyu; 1.064 Nm, Messerschmitt-Bolkow-Blohm GmbH ) kullanıldı.



**Lazer ışınlanması ise şu düzende gerçekleştirildi;**

**a) Çıkış güçleri sıra ile 5 W, 10 W, ve 15 W,**

**b) İntervaller ise her çıkış gücü için 1 ve 2 sn,**

**c) Tekrarlama sayısı ise her çıkış gücü ve interval için ;**

**- 30 kez merkezde, 10 kez foramene yakın ( 30-10 ),**

**- 60 " " 15 " " " ( 60-15 ),**

**- 80 " " 20 " " " ( 80-20 ),**

**- 75 " " 25 " " " ( 75-25 ).**

168 vertebral blok yedişer kilogramlık sabit bir yük altında iken işlem öncesinde ve sonrasında disk içi basınçlar ölçüldü. Bu amaçla da basınç transdüseri aracılığı ile arteriel basınç monitörüne bağlı 14 G kanül ile disk aralıkları ponksiyone edildi. Lazer nükleotomiye bağlı termal değişiklikler ise disk aralığının foramene komşu posterolateral kenarına yerleştirilmiş "thermocouple" aracılığı ile kaydedildi. Oda sıcaklığı da 24 C olarak sabitti ancak materyaller buzdolabında saklandığından her disk aralığındaki başlangıç ısısı geçen süreye bağlı olarak değişkenlik gösterdi. Nöroradyolojik incelemesi yapılan disk aralıklarında ise disk dokusunun ve end-platelerin fotoğrafları çekildikten sonra materyaller % 10 formalinde fikse edildiler. Daha sonra kalıcı kesitlere ışık mikroskopik bakı için *Van-Giesson, retikülin, H+E ve Masson Trikrom boyaları* uygulandı.

İstatistiksel analizde ise uygulanan jül miktarlarına göre elde edilen veriler 10 ayrı grupta toplandı. Değişkenlerimiz merkezde ve lateralde ulaşılan sıcaklık farkları ve basınç düşüş farkları olmak üzere 3 taneydi. Gruplar arası karşılaştırmalarda varyans analizi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırmalar Tukey prosedürü kullanılarak yapılmıştır. Merkez ve lateral sıcaklık farkları t-testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Her lazer ışınlama koşulu sırasında nöral foramenlerdeki sıcaklıklar sürekli olarak izlendi ve 168 disk aralığında probe ucu hem merkezde hem de lateralde iken ulaşılan son değerler kaydedildi. Sıcaklık farklarının kayıtları tablo 1'de liste ve grafik 1'de de ortalamalar şematik olarak gösterilmektedir.

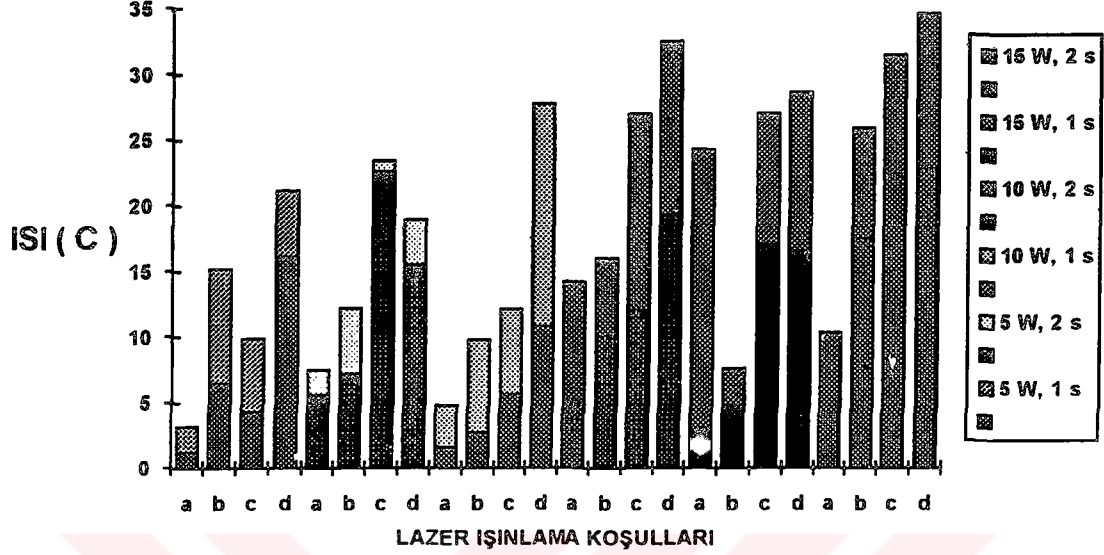
MERKEZDE									LATERALDE								
5 W 1 sn								O									O
a	1.3	1.1	1.2	1.2	1.0	1.4	1.2	1.2	3.3	3.1	3.2	3.2	3.0	3.4	3.2	3.2	
b	6.6	6.4	6.5	6.2	6.6	6.2	6.3	6.5	15.0	15.4	15.2	15.3	15.1	15.4	15.0	15.2	
c	4.2	4.4	4.3	4.5	4.1	4.3	4.3	4.3	9.8	10.0	9.9	9.7	10.0	9.9	10.0	9.9	
d	5.0	4.9	5.2	4.8	5.2	5.0	4.9	5.0	16.0	16.2	16.2	15.9	16.3	16.1	16.0	16.1	
5 W 2 sn																	
a	5.6	5.5	5.7	5.7	5.4	5.8	5.5	5.6	7.5	7.4	7.6	7.6	7.3	7.5	7.6	7.5	
b	7.2	7.0	7.4	6.9	7.5	7.4	7.0	7.2	12.2	14.0	10.4	11.5	12.9	13.1	11.3	12.2	
c	22.6	22.0	21.4	23.1	23.8	22.1	23.2	22.6	23.4	22.0	21.5	24.8	25.3	25.9	20.9	23.4	
d	15.5	14.5	13.4	16.5	17.6	14.7	16.3	15.5	18.9	17.0	16.9	20.8	20.9	17.9	19.9	18.9	
10 W 1 sn																	
a	1.6	1.3	1.9	1.5	1.7	2.0	1.2	1.6	4.8	5.3	4.3	4.2	4.1	5.5	5.4	4.8	
b	2.7	3.0	2.4	3.2	2.2	2.5	2.9	2.7	9.2	10.5	9.1	8.9	8.7	11.2	11.0	9.8	
c	5.6	5.2	6.0	5.3	5.9	6.3	4.9	5.6	12.1	13.1	11.1	12.9	11.3	12.7	11.5	12.1	
d	10.8	12.1	10.0	12.0	9.6	9.9	11.2	10.8	27.7	25.1	30.3	25.9	29.5	26.2	29.2	27.7	
10 W 2 sn																	
a	5.2	6.0	4.4	4.8	5.4	6.0	4.6	5.2	14.2	12.5	15.9	14.8	13.6	13.0	15.4	14.2	
b	10.0	11.5	8.5	8.9	11.1	10.3	9.7	10.0	16.0	17.3	14.7	15.1	16.9	14.9	17.1	16.0	
c	12.0	13.3	10.7	12.5	11.5	11.2	12.8	12.0	26.9	25.0	28.8	27.2	26.6	27.9	25.9	26.9	
d	19.2	20.5	17.9	18.3	20.1	19.4	19.0	19.2	33.0	31.2	33.8	32.3	34.7	31.8	34.2	33.0	
15 W 1 sn																	
a	3.1	2.2	4.0	3.5	2.7	3.8	2.4	3.1	24.2	21.5	26.9	25.3	23.1	23.4	25.0	24.2	
b	4.8	3.7	5.9	5.1	4.5	4.0	5.6	4.8	7.6	6.2	9.0	8.5	6.7	7.0	8.2	7.6	
c	17.1	19.0	15.2	16.3	18.1	15.7	18.3	17.1	26.9	24.9	28.9	26.5	27.3	27.8	26.0	26.9	
d	16.9	15.1	17.7	15.5	17.3	18.1	14.7	16.4	28.5	26.7	30.3	29.1	27.9	29.9	27.1	28.5	
15 W 2 sn																	
a	4.1	5.2	3.0	3.5	4.7	3.7	4.5	4.1	10.3	8.2	12.4	9.0	11.6	12.0	8.6	10.3	
b	17.5	15.1	19.9	16.1	18.9	16.4	18.6	17.5	25.8	23.2	28.4	24.7	26.9	24.1	27.5	25.8	
c	22.2	20.1	24.3	21.1	23.3	19.9	24.5	22.2	31.3	28.7	33.9	28.8	29.3	33.8	33.3	31.3	
d	22.6	20.1	25.1	19.7	25.5	21.2	24.0	22.6	34.4	31.8	37.0	36.6	32.2	32.9	35.9	34.4	

*Tablo 1:*

Her bir lazer ışınlama koşulu için kullanılan 7 ayrı disk örneğinde elde edilen ısı artış farkları tablo halinde sunulmuştur.

(a= 30-10 şut, b= 60-15 şut, c=80-20 şut, d= 75-25 şut., O= ortalama)

## SICAKLIK ARTIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI



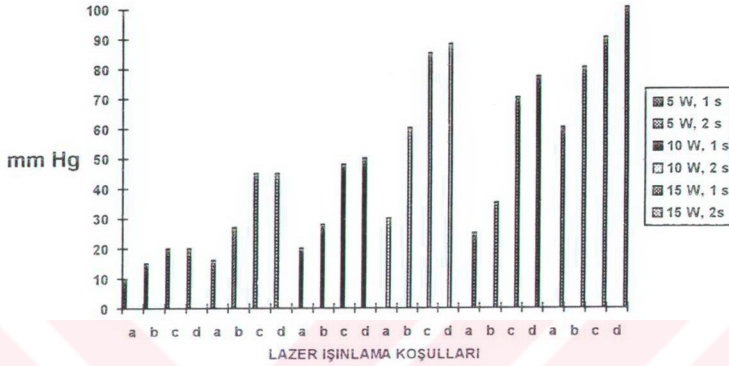
### Grafik 1:

Her bir lazer ışınlama protokolünde probe ucu merkezde ve lateraldeyken elde edilen sıcaklık artış farkları izlenmektedir. Her bir kolonun altta kalan parçası merkezde, üstte kalan parçası da lateralde elde edilen ortalama sıcaklık artış farklarını göstermektedir.

(a=30-10 şut, b=60-15 şut, c=80-20, d=75-25 şut)

Bir disk ve buna komşu iki vertebra yarısından oluşan her bir blok, disk dokusunun vaporezasyonu öncesinde ve sonrasında 7 kg'lık sabit vertikal bir yüke maruz bırakılarak disk içi basınçlar ölçüldü. Bu işlemin amacı lazer nükleotominin intradiskal basınç üzerinde yarattığı değişiklikler ile dekompressif etkisinin olup olmadığını araştırmaktır. Tüm örneklerdeki işlem öncesi ve sonrası disk içi basınç farkları tablo 2'de, ortalama değerler ise tablo 3'de liste ve grafik 2'de de şema halinde sunulmuştur.

## BASINÇ FARKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI



Grafik 2:

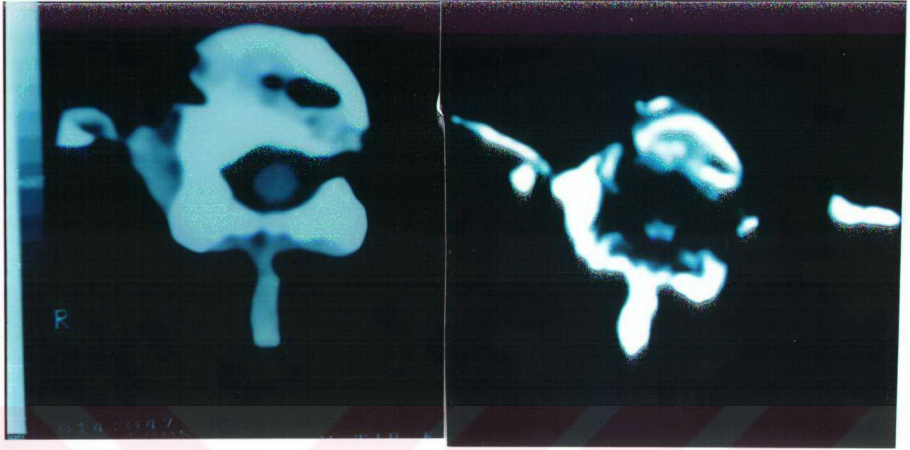
Seçilen çeşitli lazer ışınlama koşulları sonrasında elde edilen basınç düşmeleri izlenmektedir. 10 W, 2sn üzerindeki uygulamalarda basınç düşüşlerinin genellikle 60 mmHg ve üzerinde seyrettiği saptanmıştır.

Lazer nükleotomi sonrasında diskin vaporizasyonuna bağlı oluşan vakum fenomeni bilgisayarlı tomografi kesitlerinde hipodens, manyetik rezonans kesitlerinde ise hipointens alanlar olarak görüldü. Vakum fenomeni büyüklüğünün de uygulanan her bir lazer ışınlama koşulu ile orantılı olduğu görüldü.

## **SONUÇLAR:**

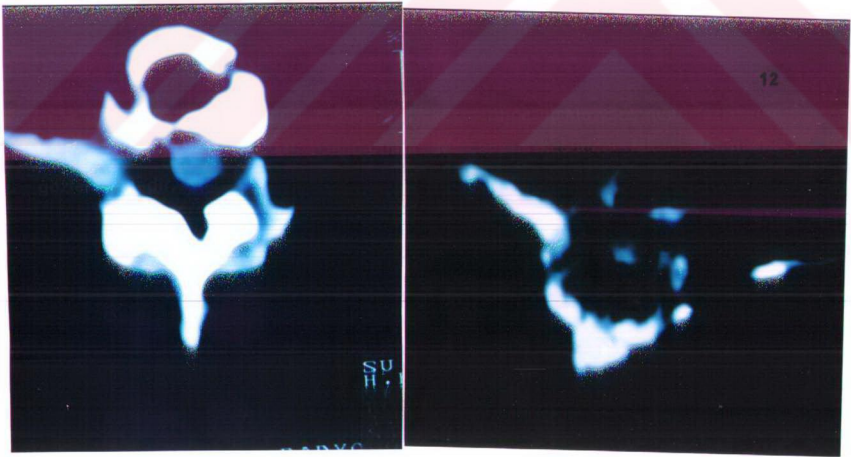
Lazer nükleotominin etkilerini bilgisayarlı tomografi kesitlerinde manyetik rezonans kesitlerine oranla daha iyi görüntüleyebildik. Disk dokusundaki büzüşme ve vaporizasyon bilgisayarlı tomografide iyi demarke hipodens alanlar olarak gözlendi. 5 wattlık lazer çıkış güçlerinde disk hacminin ortalama 1/6-1/5' i vaporize edilebildiği saptanırken 10 watta çıkıldığında bu oranın 1/3' e yaklaştığı görüldü. 15 watt'lık lazer uygulamasından sonra ise bilgisayarlı tomografide vacum fenomenin oldukça belirgin olduğu ve disk dokusunun yarısından fazlasının havayı gösteren hipodens alan ile yer değiştirmiş olduğu saptandı.

Tekrarlama sayıları ve intervaller açısından da bilgisayarlı tomografideki vaporizasyona ait görünümde farklılık mevcuttu. Örneğin, 5 W, 1 sn, 80-20 şut ile 5 W, 2 sn, 30-10 şutta elde edilen vakum fenomeni düzeyi aynıydı. Keza 10 W, 2 sn, 75-25 şutluk protokol ile 15 W, 1 sn, 60-15 şutluk protokole ait vakum fenomenleri birbirine çok yakındı. Ancak benzer bir tespiti ise manyetik rezonans görüntüleme ile yapamadık çünkü hava ile disk dokusu arasındaki demarkasyon bilgisayarlı tomografideki kadar belirgin değildi. (Resim 1) Sadece yüksek lazer enerjisi sonrasında vaporize edilmiş olan alanlar manyetik rezonans kesitlerinde belirgin olarak görüntülenebildi. Bu nedenle de sadece yüksek lazer enerjisi uygulanan disklere ait manyetik rezonans kesitleri bilgisayarlı tomografidekine yakın vakum fenomeni görünümü verebildi(Resim 2).



*Resim 1:*

a) 15 watt, 1 sn 75-25 şutluk LN sonrası BT kesitinde diskin 1/3'e yakın kısmının vaporize edildiği gözlenirken aynı ayırım b) MR kesitlerinde yapılamamaktadır.



*Resim 2:*

a) 15 watt, 2 sn 75-25 şutluk LN sonrası BT kesitlerinde diskin yarısından fazlasının vaporize edildiği ve, b) MR kesitlerinde de benzer hacimde vakum fenomeni gözlenmektedir.

Sıcaklıklar çıkış gücü, tekrarlama sayısı ve interval artmasına yani uygulanan jüllerin büyüklüğüne paralel olarak sürekli artış gösterdiler(Tablo 4, grafik 3). Özellikle probe ucu laterale doğru çekildiğinde jüllere göre oluşturduğumuz ardışık 10 ayrı grubun tümünde sıcaklık artışlarında istatistiksel olarak farklılık olduğunu saptadık( $p<0.001$ ). 5 watta tekrarlama sayısı ve intervale bağlı olarak sıcaklıklardaki artışlar 3.2 ile 23.4 C arasında değişmekteydi. Bu değişiklikler 10 wattlık çıkış güçleri için 4.8-33.0 C arasında, 15 wattlık çıkış güçleri içinde 7.6-34.4 C arasında değişkenlik göstermekteydi. Uygulanan lazer jüllerine göre incelediğimizde ise 1000 jüle kadar 15 C, 1000-2000 jül arası 25 C ve 2000-3000 jül arası da 35 C derece kadar sıcaklık artışı olduğunu gözledik.

İnterval, 5 watt ve 15 watt çıkış güçleri için, aynı tekrarlama sayılı ve aynı çıkış güçlü lazer uygulandığı disklerde ısı artışı açısından pek etkili görülmedi. Fakat 10 wattlık çıkış gücündeki uygulamalarda interval 2 saniyeye çıktığında ısıdaki artış farklarının 1 saniyelik uygulamalara göre bir misli daha fazla olduğunu tespit ettik. Tekrarlama sayılarının ısı artışında intervalden daha fazla sorumlu olduğu gözlemlendi. 80-20 şut veya 75-25 tekrarlama sayılarından sonra daha yüksek ısılarla ulaşıldı. Ayrıca lateralde daha fazla olan tekrarlama sayılarında ısı artışı daha belirgindi. Özellikle çalışmamızda 75-25 tekrarlama sayılarından sonra diğerlerine göre daha yüksek ısı artışları tespit ettik(Grafik 1). Disklerin başlangıç sıcaklıkları her ne kadar 20 C derece civarında ise de, son ölçümler 15 wattlık uygulamalardan sonra genellikle 45 C'nin üstünde olup kaydedilen en yüksek değer 56.2 C derecedeydi. Benzer yüksek sıcaklıklara da 5 ve 10 Wattlık çıkış gücü uygulamalarında, interval 2 saniyeye yükseltildiğinde rastlanıldı.

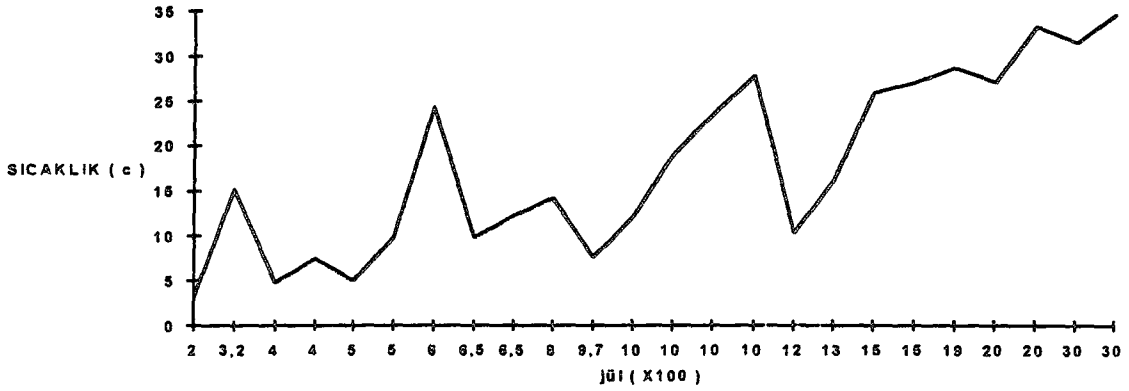
GRUP	n=	M	E	R	K	E	Z	mean	SD	p	M	E	R	K	E	Z	mean	SD	M/L
I	7	200	1.3	1.1	1.2	1.0	1.4	1.2	+0.13	p<0.001	3.3	3.1	3.2	3.2	3.0	3.4	3.20	+0.13	P<0.001
II	21	325	6.6	6.4	6.5	6.6	6.2	6.3	+2.16	p>0.05	15.0	15.4	15.2	15.3	15.1	15.4	9.16	+4.50	P<0.001
III	14	500	4.2	4.4	4.3	4.1	4.3	4.3	+0.38	p>0.05	9.8	10.0	9.9	9.7	10.0	9.9	13.06	+3.21	P>0.05
IV	21	600	3.1	2.2	4.0	3.5	2.7	3.8	+2.13	p>0.05	24.2	21.5	26.9	25.3	23.1	23.4	15.40	+6.58	P>0.05
V	650	7.2	7.0	7.4	6.9	7.5	7.4	7.0		p>0.05	12.2	14.0	10.4	11.5	12.9	13.1	11.3		P>0.05
VI	7	800	5.2	6.0	4.4	4.8	5.4	4.6	+0.64	p<0.05	14.2	12.5	15.9	14.8	13.6	13.0	14.20	+0.31	P>0.05
VII	35	975	4.8	3.7	5.9	5.1	4.5	5.6	+6.77		7.6	6.2	9.0	8.5	6.7	7.0	17.94	+7.56	
VIII	1000	0	5.2	6.0	5.3	5.9	6.3	4.9			12.1	13.1	11.1	12.9	11.3	12.7	11.5		
IX	1000	10.8	12.1	10.0	12.0	9.6	9.9	11.2		p<0.05	27.7	25.1	30.3	25.9	29.5	26.2	29.2		P>0.05
X	1000	22.6	22.0	21.4	23.1	23.8	22.1	23.2			23.4	22.0	21.5	24.8	25.3	25.9	20.9		
XI	1000	15.5	14.5	13.4	16.5	17.6	14.7	16.3			18.9	17.0	16.9	20.8	20.9	17.9	19.9		
XII	14	1200	4.1	5.2	3.0	3.5	4.7	4.5	+3.19		10.3	8.2	12.4	9.0	11.6	12.0	8.6		
XIII	1300	10.0	11.5	8.5	8.9	11.1	10.3	9.7		p<0.001	16.0	17.3	14.7	15.1	16.9	14.9	17.1		P<0.001
XIV	1500	17.1	19.0	15.2	16.3	18.1	15.7	18.3	+1.37		26.9	24.9	28.9	26.5	27.3	27.8	26.0		
XV	1500	16.9	15.1	17.7	15.5	17.3	18.1	14.7		p<0.001	28.5	26.7	30.3	29.1	27.9	29.9	27.1		P>0.05
XVI	1950	17.5	15.1	19.9	16.1	18.9	16.4	18.6	+3.36		25.8	23.2	28.4	24.7	26.9	24.1	27.5		
XVII	2000	12.0	13.3	10.7	12.5	11.5	11.2	12.8			26.9	25.0	28.8	27.2	26.6	27.9	25.9		
XVIII	2000	19.2	20.5	17.9	18.3	20.1	19.4	19.0		p<0.001	33.0	31.2	33.8	32.3	34.7	31.8	34.2		P<0.001
XIX	14	3000	22.2	20.1	24.3	21.1	23.3	24.5	+2.06		31.3	28.7	33.9	28.8	29.3	33.8	32.9		
XX	3000	22.6	20.1	25.1	19.7	25.5	21.2	24			34.4	31.8	37.0	36.6	32.2	32.9	35.9		

Tablo 4:

Tüm örneklerde probe ucu merkezde ve de lateraldeyken elde edilen sıcaklık artış farkları sunulmuştur. Uygulanan lazer enerjilerine (jül) göre 10 ayrı grup oluşturulmuş ve her bir enerji grubunda elde edilen ortalama sıcaklık artış farkları, standard deviasyonlar ve aralık grupları arası p değerleri de sunulmuştur. Tüm gruplarda prob ucu merkezde ve lateraldeyken ulaşılan sıcaklık artış farkları istatistiksel olarak ileri derecede farklılık mevcuttur (p< 0.001). Merkez ve lateralde ulaşılan sıcaklık artışları ayrı ayrı incelendiğinde ise 1500 jül ve üzerindeki uygulamalarda gruplar arasında farklılık tespit edildi (p< 0.001).



#### JÜLLERE GÖRE SICAKLIK ARTIŞ FARKLARI



#### Grafik 3:

Uygulanan çeşitli jüllere göre elde edilen ortalama sıcaklık artış farkları şematik olarak izlenmektedir. 1500 jüle kadar olan lazer ışınlamasından sonra sıcaklık artışları değişken olup 25 C'lık artışların altında seyretti. Ancak 1500 jülün üzerinde ise artışlar sürekli olarak 25 C'ın üzerinde seyretti ve 35 C'a kadar ulaştı.

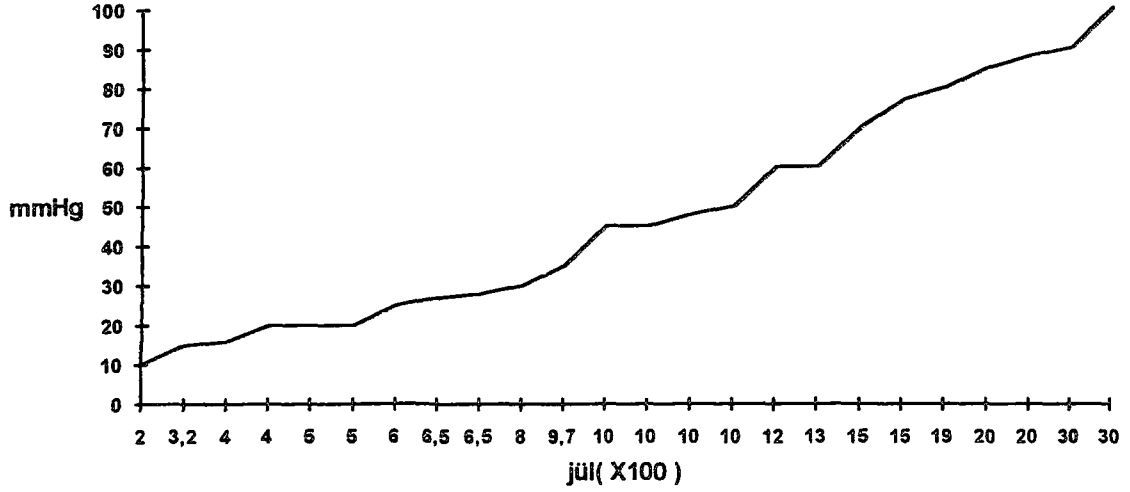
Çalışmamızda lazer nükleotominin dekompressif etkisinin olduğunu da gözlemledik. Basınç düşme farkları çıkış gücü, interval ve tekrarlama sayısı ile, yani uygulanan jül ile orantılı olarak artmaktaydı (Tablo 5, grafik 4). Jüllere göre oluşturduğumuz ardışık 10 ayrı grubumuzun tümünde elde ettiğimiz basınç düşüşleri bir öncekine göre ileri derece farklıydı ( $p < 0.001$ ). Çıkış gücü ile basınç düşmesi arasında belirgin bir ilişki saptanırken bu konuda intervalin belirgin bir rol oynamadığı saptandı. Yine 80-20 ve 75-25 tekrarlama sayıları disk içi basınçta daha fazla düşmelere yol açılırsa da bu etki 75-25 tekrarlama sayısında biraz daha iyi olduğu gözlemlendi. 10 Watt, 2 sn ve 15 Watt, 1 sn'lik lazer uygulamalarından sonra basınç farkları 20 mmHg'nin üzerinde saptanırken 15 Watt, 2 sn'lik ışınlamalardan sonra basınç farklarının sürekli 40 mmHg'nin üzerinde olduğu tespit edildi (Grafik 2). Uygulanan lazer jüllerine göre incelediğimizde ise 1000 jüle kadar olan uygulamalarda 45 mmHg'ya, 1000-2000 jül arası 80 mmHg'ya ve 2000-3000 jül arası da 100 mmHg'ya kadar ulaşan basınç düşüşleri olduğunu saptadık.

GRUP	JÜL	n=	B	A	S	I	N	Ç		mean + SD	
I	200	7	12	10	8	9	11	8	12	10.00 + 1.73	P<0.001
II	325	21	14	16	15	13	17	14	16	17.00 + 2.56	
	400		18	17	15	16	14	15	17		P<0.001
	400		22	18	20	21	19	20	20		
III	500	14	20	18	22	21	19	18	22	20.00 + 1.46	
	500		20	19	21	18	22	20	20		P<0.001
IV	600	21	26	23	27	25	24	23	27	26.66 + 2.00	
	650		27	25	29	28	26	28	26		P<0.001
	650		28	26	30	29	27	26	30		
V	800	7	32	28	30	33	27	29	31	30.00 + 2.16	P<0.001
VI	975	35	37	35	33	36	34	37	33	44.60 + 5.78	
	1000		43	47	45	46	44	47	43		
	1000		45	42	48	43	47	46	44		
	1000		51	45	43	53	47	49	48		P<0.001
	1000		45	50	55	47	53	49	51		
VII	1200	14	65	60	55	64	56	63	57	60.00 + 4.22	
	1300		60	55	65	64	56	55	65		P<0.001
VIII	1500	14	66	70	74	72	68	72	68	73.50 + 4.71	
	1500		79	77	75	80	74	81	73		P<0.001
IX	1950	21	76	80	84	75	85	76	84	84.33 + 5.01	
	2000		80	85	90	81	89	86	84		
	2000		88	86	90	85	91	93	83		P<0.001
X	3000	14	83	90	97	87	93	86	94	95.00 + 6.95	
	3000		95	100	105	94	106	102	98		P<0.001

**Tablo 5:**

Uygulanan lazer enerji düzeylerine (jüllere) göre örneklerde elde edilen basınç düşüşleri izlenmektedir. Uygulanan lazer enerji düzeylerine göre 10 ayrı grup oluşturulmuş ve her bir enerji grubunda elde edilen ortalama basınç düşüş farkları, standart deviasyonları ve ardışık gruplar arası p değerleride sunulmuştur. Ardışık olarak oluşturulmuş grupların tümünde bir öncekine göre basınç düşüşlerinde istatistiksel olarak ileri derecede anlamlılık olduğu saptandı(p<0.001).

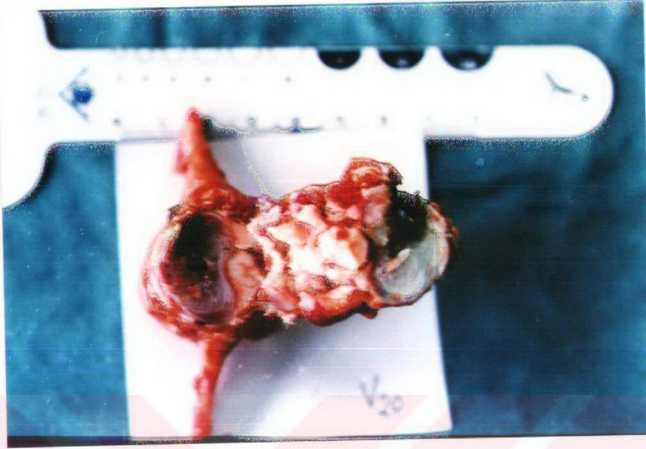
#### UYGULANAN JÜLLERE GÖRE BASINÇ DÜŞÜŞ FARKLARI



**Grafik 4 :**

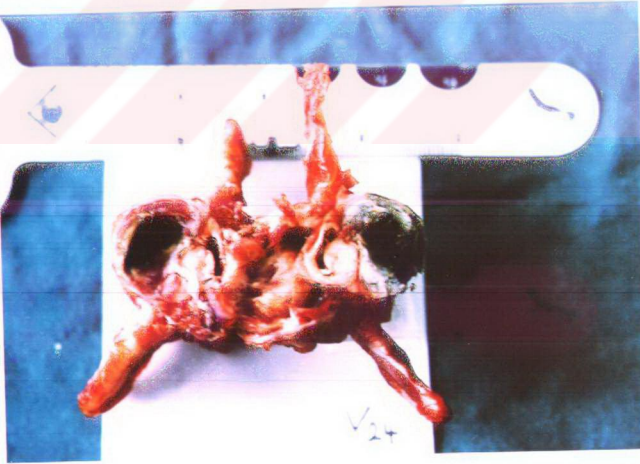
Uygulanan lazer enerjisi ile orantılı olarak intradiskal basınçlarda da düşüşler sağlandığı gözlenebilmektedir. Özellikle 1000 jülden itibaren 45 mmHG'nın üzerinde düşüşler elde edilebilmesi dekompressif etkinin bulunduğunu göstermektedir.

Işınlanmış disk dokularındaki ve end-platelerdeki makroskopik değişiklikler ise uygulanan lazer enerjisi ile orantılı olup nöroradyolojik tetkiklerdekinden çok daha dramatikti. Lazer probunun ucunun olduğu yerde disk dokusunun olmadığı ve buna komşu alandaki disk dokusunda ise bilgisayarlı tomografide görülemeyen karbonize bir tabakanın olduğu saptandı. Bu boş alan makroskopik olarak bilgisayarlı tomografideki görünümünden daha genişti. Çıkış güçleri yükseğe ayarlandığında sadece nükleus pulposus değil, aynı zamanda foramene yakın end-plate ve anulusun da hasar gördüğü gözlemlendi(Resim 3).



Resim 3:

15 watt, 1sn, 75-25 şutluk lazer nükleotomi sonrası disk dokusunun yarısından fazlasının vaporizasyonu, karbonize tabakanın, PLL, end-plate ve anulus değişikliklerinin varlığı izlenmektedir.



Resim 4:

15 watt, 2 sn 75-25 şutluk LN sonrası disk dokusunun neredeyse tamamının vaporize edilip end-plate ile birlikte kömürleştiği, dura yanığının da eşlik ettiği izlenmektedir.

10 Watt, 2 sn, 60-15 şutun üzerindeki lazer ışınlanımında belirgin disk dokusu harabiyeti gözlemlendi. 10 Watt, 2sn, 80-20 ve 75-25 şut ile makroskopik olarak disk dokusunun 1/3'ü, 15 Watt, 1 sn ile yarısı ve 15 Watt, 2 sn ile de yarısından fazlasının vaporeze edildiği gözlemlendi. Endplate yanığına ise ilk kez 5 Watt, 2 sn'de rastlanıldı. Anulus fibrozisin ise 15 Watt, 2 sn 60-15 şuttan sonra makroskopik olarak hasar görmeye başladığı tespitlendi. Foramene yakın en belirgin makroskopik değişiklikler ise 15 Watt, 2 sn, 80-20 ve 75-25 şutluk lazer ışınlanmasından sonra izlendi ve neredeyse tüm disk dokusu kömürleşmiş olup dura da ısıdan etkilenmiş görünümdeydi.(Resim 4)

Lazer uygulanan kadavra disk dokularındaki(Resim 5) histolojik değişiklikler ise dört ayrı boya kullanılarak araştırıldı. Sırası ile bağ dokusu dağılımı, yıkım ve dejenerasyonu, nükleus sayı ve niteliğindeki değişiklikler ile anulus fibrozis ve posterior longitudinal ligament değişiklikleri araştırıldı. Sonuçta uygulanan joule ile orantılı olarak değişikliklerin bir öncekine göre artış gösterdiği üç ayrı grup tespit edildi. Birincisi düşük joule uygulanan ve bulguların daha sili izlendiği grup olup 5 Watt, 2 sn 30-10 şuta kadar olanlardan oluşur. Burada bağ dokusu fibrillerinde dağılma, incelme, homojenizasyon ve nükleus sayılarında azalma ve küçülme ( piknozis ) olduğu tespitlendi. (Resim 6) İkicisi ise orta düzeye değişikliklerin izlendiği grup olup 5 Watt, 2 sn 60-15 şuttan 15 Watt, 1 sn 80-20 şutluk lazer uygulanmıştır. Burada ilk gruptaki bulgulara ek olarak mikrokistik yapılar ortaya çıkmıştır. (Resim 7) Üçüncü ve son grup ise 15 W, 1 sn, 75-25 şut ile 15 W, 2 sn, 75-25 şutluk lazer uygulanmış disklerden meydana gelmiştir. Yeni ek bir görünüm olmamasına karşın ikinci gruba oranla buluların daha yaygın olduğu ve mikrokistik yapıların çok belirginleştiği, bağ dokusunun

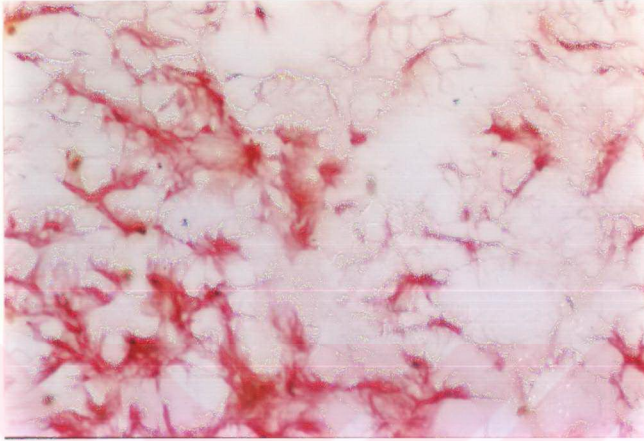
homojenize olduğu, nukleuslarda piknozise ek olarak ileri derecede seyrelme olduğu saptandı. (Resim 8)

End-plate değişiklikleri incelendiğinde ise kıkırdak matris dokusunda ayrışma, homojenizasyon, denaturasyon gelişimi, nukleuslarda şişme ve sitolojik olarak denatürasyon geliştiği gözlemlendi. (Resim 9) Komşu kemik iliğinde de denatürasyon bulguları gözlemlendi.



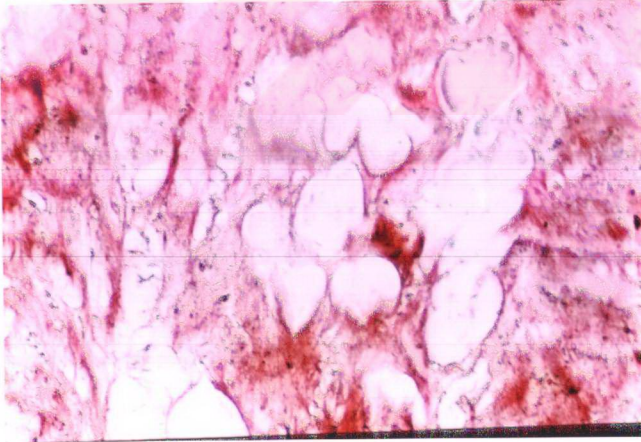
*Resim 5:*

Normal ve işlem görmemiş bir disk dokusu görülmektedir. (H+E, 10X)



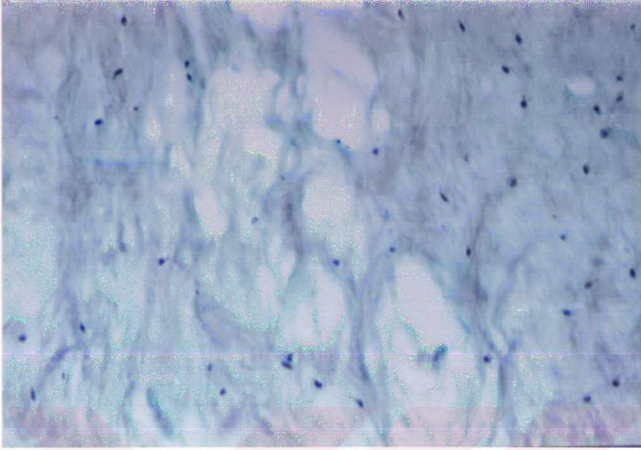
*Resim 6:*

5 watt, 2sn, 75-25 şutluk lazer nükleotomi sonrası bağ dokusu fibrillerinde dağılıma, homojenizasyon ve piknozis izleniyor.( Van Giesson, 20X)



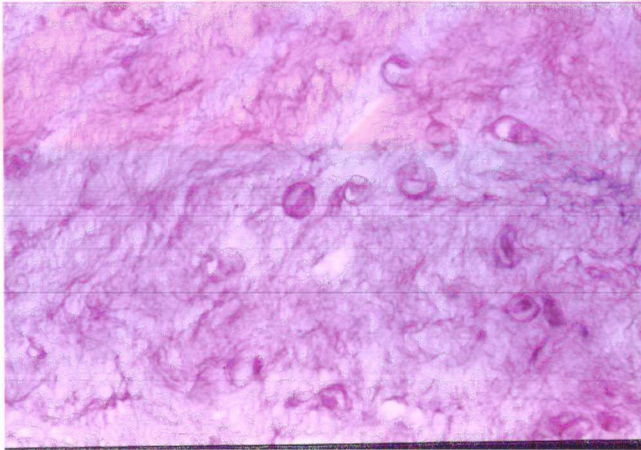
*Resim 7:*

10 watt, 2 sn 80-20 şutluk lazer nükleotomi sonrası resim 6'deki bulgulara ek olarak mikrovasküller ortaya çıkmıştı.( Retikülin, 10X)



*Resim 8:*

15 watt, 2 sn 75-25 şutluk lazer nükleotomi sonrası mikrokistlerin çok belirginleştiği, bağ dokusunun homojenize olduğu ve piknozisin çarpıcı olduğu şaptandı.( Masson Trikrom 10X )



*Resim 9:*

15 watt, 2 sn, 30-10 şutluk lazer nükleotomi sonrası kıkırdak matris dokusunda ayrışma ve homojenizasyon ve denatürasyon gelişimi ile nükleuslarda şişme izlenmektedir. ( H+E, 20X )



## TARTIŞMA:

Lazer ışınlanması su buharı, karbon, CO<sub>2</sub>, ve karbonize disk doku fragmanları oluşturur. Disk dokusunun buharlaşması ve büzüşmesi disk aralığı hacminde azalmaya yol açar ve sonuçta disk içi basınç düşer. Ayrıca işlem esnasında disk içinden anulusa doğru çepeçevre ısı dağılımı olur(24). İşte bu iki fiziksel kavram non-sekestre disk herniasyonlu hastalarda LN'nin ağrısı nasıl azalttığını anlamak için araştırılmalıdır(7,24). Isı, doku vaporizasyonuna, iğne ısınmasına veya buharın bizzat kendisine bağlı olarak ortaya çıkar. Buharın iğneden dışarı çıkması ve teflon ile kaplı iğnelerin kullanılması ortaya çıkan yüksek ısıyı azaltabilir. Bizim çalışmamızda buhar hem iğneden, hem de basınç ölçümü için işlem öncesi ve sonrası disk aralığına yerleştirilen kanülün açtığı delikten dışarı tahliye olmaktadır. Ayrıca teflon kaplı iğne kullanmadık, ancak kullandığımız, günlük klinik uygulamada nöroşirurjyenlerin bu amaçla tercih ettikleri iğneydi.

Bilindiği gibi non-sekestre disk herniasyonlarında açık cerrahinin amacı dejenere disk dokusunu boşaltarak intradiskal basıncı düşürmektir. Disk dokusu boşaltılınca hem istirahatte hem de vertikal yüklenmede disk içi basınç düşmektedir. Normal disklerdeki gibi vertikal yük arttığında disk içi basınç buna orantılı olarak artarsa da hem normal bir diskte ulaşılan basınca erişilemez hem de komşu diğer disklerdeki basınç artışları bu mesafeden daha yükseklere ulaşmaktadır(24). Bizde çalışmamızda disk içi basınçlarda başlangıç değerlerinin 1/3 ile yarısına kadar düşme saptadık. İstatistiksel olarakta jüllere göre oluşturduğumuz 10 ayrı ardışık grup arasında elde edilen basınç düşüş farkları arasında ileri derecede farklılık mevcuttu( $p < 0.001$ ). Bu da göstermiştir ki, disk içi basınçta lazer nükleotomi sonrasında uygulanan lazer enerji düzeyi ile

orantılı olarak bir düşüş sağlanmakta ve bu nedenle de ağrının azalmasındaki en önemli etkenlerden biri olarak kendini göstermektedir. Ancak termal değişikliklerin rolü henüz karanlıktır. Çalışmamızda özellikle işlem sırasında prob ucunun laterale doğru çekilmesi ile foraminal sıcaklık artışlarının daha da belirginleştiği bulgusu, jüllere göre oluşturulmuş ardışık 10 ayrı grubumuzun tümünde istatistiksel olarak kanıtlanmıştır( $p<0.001$ ). Bazı yazarlar anulusta saptadıkları en yüksek ısıyı 40 C derece olarak belirtmişlerdir(2,24). Fakat bizim çalışmamız da göstermiştir ki, başlangıç ısıları 20 C derece civarında olmasına rağmen işlem sonrası ulaşılan son foraminal sıcaklıklar 40-56 C derece değişebilmekteydi. Bu değerler bile komşu sinir köklerinde bazı değişiklikler yaratmaya müsaittir. Bu ısı enerjisi de lazer nükleotominin akut analjezik etkisine katkıda bulunuyor olabilir, şöyle ki; eğer ısı enerjisi çıplak C-litlerinde veya myelinli ince A-delta liflerinde hasar yada kalıcı depolarizasyon yaparsa yada düşük uyarılma eşikli, myelinli geniş A-beta liflerinin uyarılma eşiklerini yükseltirse analjeziye yol açabilir(10).

Diğer perkütan yöntemlerden edindiğimiz tecrübeler ışığında LN sonrasında da disk bombeliğinde radyolojik olarak bir gerileme beklememekteyiz. Lazer nükleotomiden hemen sonra yapılabilecek bir diskografi ne kadarlık bir disk volümünün vaporize edildiğini saptamada en değerli teknik olabilir. Ancak bilgisayarlı tomografi de vaporizasyon sonrası oluşan ve en önemli bulgu olan vakum fenomenini göstererek çok yararlı bilgiler sağlayabilir. Bombelikte azalma olmasa da büyükçe bir vacum fenomeninin saptanması disk içi hacim ve basınçta belirgin azalmanın olduğunun bir göstergesidir. Bu nedenle lazer nükleotomi endoskopik yöntemle yapılamadığı durumlarda, yeterince disk vaporizasyonuna yol açılıp açılmadığının anlaşılması için erken dönemde BT tetkikinin tercih edilmesi daha faydalı olacaktır.

Yapılan patolojik incelemelerde ise ekstradiskal dokulardaki hasarların ilk olarak 15 Watt, 2 snlik lazer ışınlama protokolü düzeyinde ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bu nedenle de 15 Watt, 1 sn, 75-25 şut, bu çalışma sırasında kullanılan koyun diskleri için, ekstradiskal doku hasarının başlamadığı son lazer koşulu olarak, seçilebilecek en yüksek ışınlama protokolüdür.

### SONUC:

Lazer nükleotomi sonrasında disk dokusunda harabiyet ve buna bağlı olarak ta disk içi basınçta düşme ortaya çıktığı çalışmamızda gösterildi. Ancak nöral foramende meydana gelen ısı artışı problem olarak görülmektedir. Bu nedenle de oluşturulan ykek ısının faydasının mı yoksa zararının mı olduğunun in vivo çalışmalarda araştırılmasının uygun olacağı kanısındayız.

## **ÖZET:**

Son yıllardaki perkütan intradiskal lazer nükleotomi ile ilgili olumlu yayınlar intervertebral disk herniasyonlarının tedavisi ile ilgilenen nöroşirurjiyenleri cesaretlendirmektedir. Ancak derin yerleşimli dokulara yüksek düzeyde enerji iletildiğinden ve işlem endoskopik olarak yapılmadıkça gözlenemeyeceği için biz bu çalışmamızda koyun kadavrası lomber disklerinde Nd-YAG lazerin fiziksel, nöroradyolojik ve histolojik etkilerini araştırmayı planladık. Yüksek lazer enerjisi verildiğinde nöral foramenlerde çok yüksek sıcaklıklara ulaşıldığını ve nöral dokulara çok yakın alanlarda makroskopik düzeyde saptanabilen termal değişikliklerin geliştiğini gözlemledik. Disk dokusunun vaporezasyonunu gösteren vakum fenomeninin ise kompüterize tomografide manyetik rezonans görüntülemeye çok daha iyi ayırt edilebildiğini saptadık. Histolojik olarak ta doku hasarının sadece nükleus pulposusda sınırlı kalmadığını ayrıca kullanılan lazer enerjisi düzeyine göre de end-plate ve anulusda da hasarın gelişebildiğini gözlemledik.

## KAYNAKÇA:

1. Ascher PW: Der CO2-Laser in der Neurochirurgie. Molden Verlag, Wien, 1977.
2. Ascher PW: Personal communication, 1993.
3. Beck OJ: Clinical Use of the Nd-YAG laser in Neurosurgery. Neurosurg.Rev.7(1984)151-158.
4. Beck OJ: The use of the Nd-YAG- and the CO2-laser in Neurosurgery. Neurosurg.Rev.3(1980)261-266.
5. Burton VC: How to avoid the failed back surgery syndrome.in Cauthen JC(ed): Lumbar Spine Surgery Indications, Techniques, Failures and Alternatives. Baltimore:Williams & Wilkins.1983,pp 204-215.
6. Caspar W, Campbell B, Barbier DD, et al: The Caspar microsurgical discectomy and comparison with a conventional standard lumbar disc procedure. Neurosurgery 28:78-87,1991.
7. Choy DSJ, Ascher PW, Saddekni S, et al: Percutaneous Laser Disc Decompression; A New Therapeutic Modality. Spine 1992,17:949-956.
8. Dandy WE: Loose cartilage from intervertebral disk simulating tumor of the spinal cord. Arch Surg 1929, 19:660-672.
9. Ebeling U, Reichenberg W, Reulen HJ: Results of microsurgical lumbar discectomy. Review of 485 patients. Acta Neurochir 1986, 81:45-52.
10. Ertekin C: Nörolojide Fizyopatoloji ve Tedavi. 1st Edition.Bilgehan matbaası,İzmir,1987,pp151-259.
11. Finneson BE: Lumbar disc excision, in Schmidek HH, Sweet WH(eds): Operative Neurosurgical Techniques, Orlando:Grune & Stratton, 1988, Vol 2,pp1375-1392.

12. Frank F: Biophysical Basis and Technical Requisites for the Use of the Nd-YAG laser in Neurosurgery. *Neurosurg Rev* 7(1984)145-150.
13. Harbaugh RE: Microsurgical lumbar disc excision in Schmidek HH, Sweet WH(eds): *Operative Neurosurgical Techniques*. Orlando: Grune & Stratton. 1988,Vol 2,pp 1395-1397.
14. Hijikata S, Yamiagishi M, Nakayama T, et al: Percutaneous discectomy. A new treatment method for lumbar disc herniation. *J Toden Hosp.*1975,5:5-13.
15. Mayer MH, Brock M: Percutaneous endoscopic discectomy; surgical technique and preliminary results compared to microsurgical discectomy. *J Neurosurg* 1993, 78:216-225.
16. Onik G, Helms CA, Ginsberg L, et al: Percutaneous Lumbar discectomy using a new aspiration probe.*AJNR* 1975, 6:290-293.
17. Onik G, Helms CA, Ginsberg L, et al: Percutaneous lateral discectomy using a new aspiration probe: Porcine and cadaver model. *Radiology* 1985, 155:251-252.
18. Smith L: Enzyme dissolution of nucleus pulposus in humans. *JAMA* 1964,187:137-149.
19. Spangfort EV: The lumbar disc herniation. A computer-aided analysis of 2504 operations. *Acta Orthop Scand Suppl* 1972, 142:1-95.
20. Stellar S, Polanyi TG, Bredemeier HC: Experimental studies with the carbondioxide laser as a neurosurgical instrument. *Med Biol Eng* 1970, 8:549-552.
21. Watts C: Complications of chemonucleolysis for lumbar disc disease. *Neurosurgery* 1977, 1:2-5.
22. Williams RW: Microlumbar discectomy: a conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc. *Spine* 1978, 3:175-182.

**23. Yaşargil MG: Microsurgical operation of herniated lumbar disc. Adv Neurosurg 1977, 4:81-82.**

**24. Yonezawa T, Onomura T, Kosaka R, et al: The System and Procedures of Percutaneous Intradiscal Laser Nucleotomy. Spine 1990,15:1175-1185.**

