

Gamma Knife Uygulanan Vestibüler Schwannoma Olgularının Radyolojik ve Odyolojik Sonuçları

Radiological and Audiological Results of Vestibular Schwannoma Cases Treated with Gamma Knife Radiosurgery

TUFAN HIÇDÖNMEZ, M. LEVENT DENİZ, TÜRKER KILIÇ, SELÇUK PEKER,
MERİÇ SENGÖZ, M. NECMETTİN PAMİR

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı (TH, MLD, TK, SP, MNP)
ve Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı (MŞ), İstanbul

Geliş Tarihi: 29.8.2000 ⇔ Kabul Tarihi: 14.9.2000

Özet: Vestibüler schwannomalar histolojik olarak selim nitelikli intrakranial tümörlerdir. Bu tümörler cerrahi girişime uygunluk göstermekle birlikte, son yıllarda Gamma Knife radyocerrahi bu tümörlerin tedavisinde giderek artan bir sıklıkla alternatif bir tedavi seçeneği olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Marmara Üniversitesi Gamma Knife Radyocerrahi Biriminde tedavi edilmiş ve bir yılın üzerinde izlemi tamamlanan 20 vestibüler schwannoma olgusunun radyolojik ve odyolojik sonuçları ile Gamma Knife Işın-cerrahisinin tedavideki önemi irdelenmiştir. İzlem dönemi içinde, işitmesi olan 15 olgudan 2 (% 13) olguda, bir derece işitme azalması olmuş; 13 (%87) olguda ise kullanılabilir işitme korunmuştur. Tüm olgularda (%100) tümör büyüme kontrolü sağlanmıştır. Gamma Knife Radyocerrahisi, özellikle başı bulgusu olmayan, 2,5 cm ve daha küçük boyuttaki tümörlerde, fasiyal sinirin işlevini ve varolan işitmeyi koruyarak tümör büyüme kontrolü sağlayan etkin bir tedavi yöntemidir.

Abstract: Vestibular schwannomas are histologically benign intracranial tumors. There is increasing tendency in utilizing Gamma Knife Radiosurgery as an alternative to microsurgical resection for the treatment of small to medium sized vestibular schwannomas. In this study preliminary radiological and odiological results of 20 vestibular schwannomas with more than one year follow-up, treated in Marmara University Gamma Knife Radiosurgery Unit and the current status of the Gamma Knife Radiosurgery are discussed. Preliminary results revealed that among 15 patients with useful hearing, two (13%) had decreased hearing function, whereas in 13 patients (87%) initial useful hearing was maintained. Tumor growth control was achieved in all (100%) cases. Gamma Knife Radiosurgery is an effective treatment option in tumors lesser than 2.5 cm of diameter and without signs of compression of vital structures, while preserving hearing and facial nerve functions.

Anahtar kelimeler: Gamma knife, radyocerrahi, akustik nörinoma

Key words: Gamma knife, radiosurgery, vestibular schwannoma

GİRİŞ

Vestibüler schwannoma (VS) sekizinci kranial sinirin vestibüler bölümünde Schwann hücrelerinden köken alan selim nitelikli tümörlerdir.

Sıklıkla tek taraflı işitme kaybı, kulak çınlaması ve dengeşizlik yakınmaları ile kliniğe yansır. Selim yapıda olmalarına karşın, yerleşimleri nedeni ile komşu kranial sinir tutulumu, beyin sapı basısı ve obstrüktif hidrosefaliye yol açabildikleri için önemli

morbidite ve mortalite nedeni olurlar (15). Toplumda yıllık insidansının 1/100.000 düzeyinde olduğu bilinmektedir (15,16). Son yirmi yılda bu tümörlerin mikrocerrahi tedavisinde önemli gelişmeler görülmüş, mortalite % 1 düzeyinin altına düşmüş, işitme ve fasiyal sinirin korunabildiği olguların sayısı artmıştır (1,3,5,8,15,19,21). Günümüzde, VS mikrocerrahisinin iki amacı; total tümör eksizyonu ve işitme/fasiyal sinir işlevlerinin korunmasıdır.

Gamma Knife (GK) kullanılarak yapılan stereotaktik radyocerrahi, Lars Leksell' in 1969 yılında Karolinska Enstitüsü' nde yaptığı ilk vestibüler schwannoma olgusu ile başlamıştır (4,5,6,9). Mikrocerrahinin tersine, başlıca amacın tümör büyüme kontrolü olduğu radyocerrahi işleminde günümüze kadar 12 000'i aşkın VS olgusu tedavi edilmiş olup, başarılı uzun dönem sonuçları ortaya çıkmıştır (6,7,9,10,11,12,13,14,15,18,20,21).

GEREÇ ve YÖNTEM

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji Anabilim Dalı Gamma Knife Radyocerrahi Biriminde, Ocak 1997 ve Ocak 2000 arası 36 aylık dönemde, aralarında 3 Nörofibromatozis tip 2 ; 12 nüks tümör bulunan toplam 38 vestibüler schwannoma olgusuna Gamma Knife radyocerrahi işlemi uygulandı. Bu hastalardan bir yılın üzerinde radyolojik ve odyolojik izlemleri olan 20 olgu bu ön çalışmanın değerlendirme kapsamına alındı. Hastaların yaş ortalamaları 55 olup, yaşları 13 ve 78 arasında değişmektedir. Bu 20 hastalık grup içinde, 14 olgu primer tümör, 3 olgu nüks tümör ve 3 olgu Nörofibromatozis tip 2 olarak dağılıyordu. Hastaların girişim öncesi özellikleri Tablo I' de görülmektedir.

Girişim öncesi her hastanın işitme testleri (odiyogram) ve beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyelleri (BAEP) yapıldı. Hastalara, Leksell stereotaktik çerçevenin lokal anestezi altında

Tablo I : Olguların GK girişimi öncesi özellikleri.

| Özellikler | Olgu sayısı |
|------------------|-------------|
| Tümör boyutu | |
| İntrakanaliküler | 1 (5 %) |
| < 10 mm | 1 (5 %) |
| 11 - 20 mm | 14 (70 %) |
| 21 - 30 mm | 4 (20 %) |
| > 30 mm | 0 |

takılması uygulanması sonrası, T1-T2 ağırlıklı ve gadolinium kontrast verilen aksiyal / koronal magnetik rezonans (MR) incelemeleri elde edildi. Bu nöroradyolojik görüntüler Gamma Knife ana bilgisayarına aktarıldı. Daha sonra, tümör görünümünün her kesitte ekran üzerinde sınırlanarak elde olunan sanal tümör alanı ve volümü üzerinde tedavi planı (Leksell Gamma Plan, LGP 5 . 12) yapıldı.

Oluşan sanal hedef, tedavi protokolü, boyut, komşuluk ve diğer özelliklerine göre belirlenen çevresel yüzde (%) izodoz eğrisi ile sardırıldı. Bu yapı içine, yine aynı özelliklere göre belirlenen çevresel ve maksimal ışınım dozu seçildi (Tablo II).

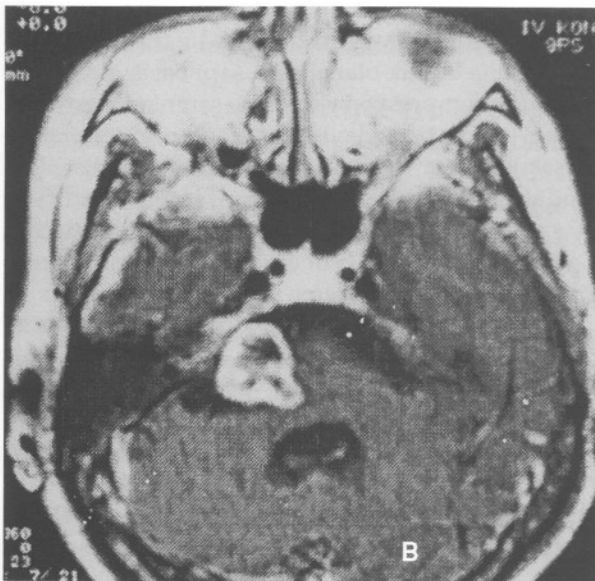
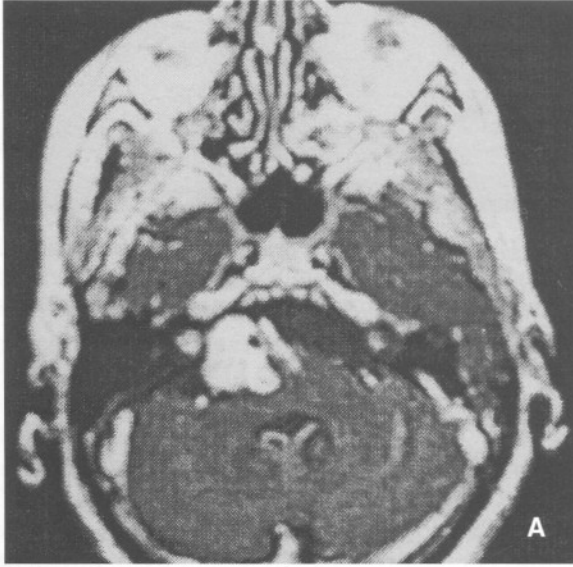
Işınlama, 201 adet Kobalt 60 kaynağı bulunan Gamma Knife sistemi (Elekta Instruments, Stokholm, İsveç) kullanılarak tek seansta yapıldı. Leksell çerçevesi işlem sonunda çıkarıldı. Bir gece yatırılan hastalar ertesi sabah evine gönderildi. İşlem sonrası 40 mg methylprednizolon verildi. İzlemlerinde, 3 ayda bir MR ve 6 ayda bir işitme testleri (odiyogram ve BAEP) yapıldı.

Tablo II : VS kitlesinin radyocerrahi planlama verileri.

| No. | Boyut | İzodoz (%) | Çevresel/Maksimal doz |
|-----|--------|------------|-----------------------|
| 1 | 20mm | 50 | 12/24Gy |
| 2 | 22mm | 50 | 13 / 26 Gy |
| 3 | 18mm | 50 | 12/24Gy |
| 4 | 11 | 60 | 13/21,67Gy |
| 5 | 18mm | 50 | 14 / 28 Gy |
| 6 | 25mm | 50 | 14/28Gy |
| 7 | 20mm | 55 | 14/25,45Gy |
| 8 | 15mm | 60 | 14/23,33Gy |
| 9 | 20mm | 60 | 14/23,33Gy |
| 10 | 20mm | 65 | 14/23,33Gy |
| 11 | 30mm | 50 | 12/24Gy |
| 12 | 10mm | 50 | 15/30Gy |
| 13 | 30mm | 50 | 12/24Gy |
| 14 | 18mm | 50 | 14/28Gy |
| 15 | 20mm | 55 | 13/23,64Gy |
| 16 | 20mm | 50 | 13/26Gy |
| 17 | 15mm | 50 | 13/26Gy |
| 18 | 10mm | 71 | 13/18,31Gy |
| 19 | 15mm | 48 | 13/27,08Gy |
| 20 | 14mm | 50 | 14/28Gy |
| Ort | 18.5mm | 53.7 | 13.3/25.1Gy |

Tablo III: Olguların işitme özellikleri

| | İşitme tanımı | Hasta sayısı | |
|----------|----------------|--------------|---------|
| | | Öncesi | Sonrası |
| Klas I | İyi - Çok iyi | 3 | 2 |
| Klas II | Kullanılabilir | 5 | 6 |
| Klas III | Kullanılamaz | 2 | 2 |
| Klas IV | Zayıf | 5 | 4 |
| Klas V | Yok | 5 | 6 |



SONUÇLAR

İşitme Fonksiyonunun Bir Yıllık İzlem Sonuçları

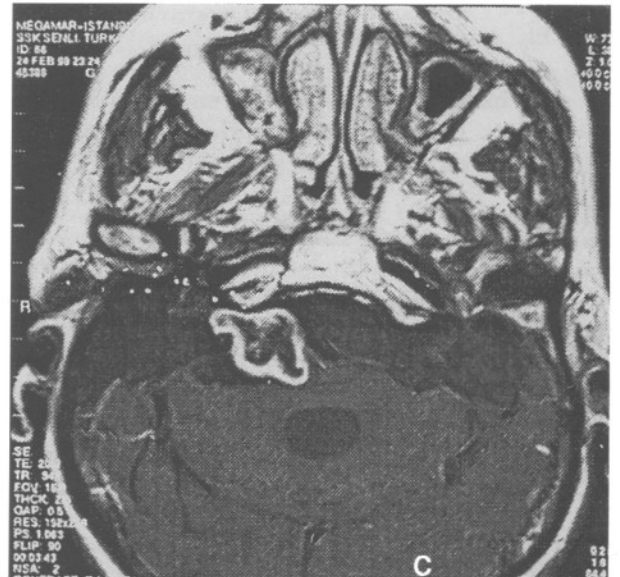
Bir yılın üzerinde odyolojik izlemi bulunan 20 vestibüler schwannoma olgusunun radyocerrahi girişim işlemi öncesinde yapılan odyografik incelemeleri Gardner-Robertson İşitme Sınıflaması Sistemine göre değerlendirildi (20). Buna göre, bir senelik izlemi tamamlanan 20 olgunun preoperatif tetkiklerine göre 15'inde çeşitli derecelerde işitme fonksiyonu vardı. Gamma Knife tedavisi sonrasında, bu olguların yalnızca 2'sinde (%13) birer derece kötüleşme belirlendi. Hastaların işitme verilerinin detayı Tablo III'de sunulmuştur.

Fasiyal Sinir Bulgularının Bir Yıllık İzlem Sonuçları

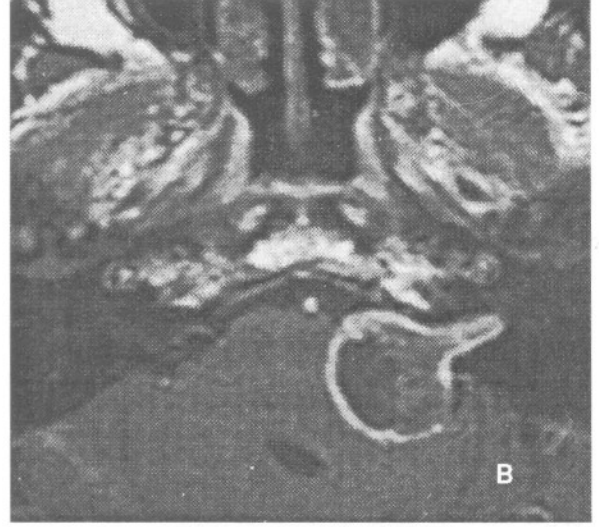
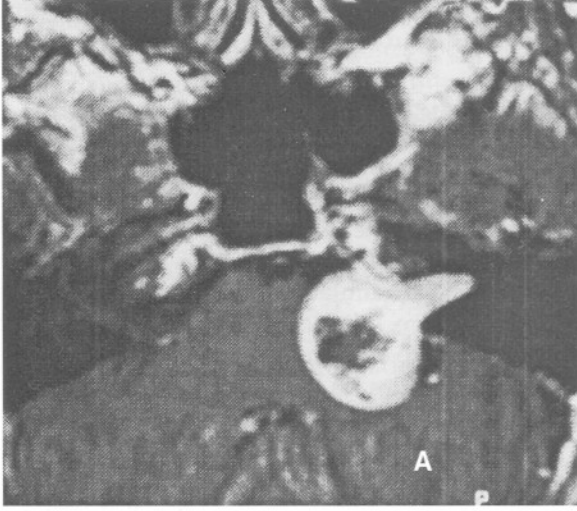
Nörofibromatozis tip 2 olgularından birisinde (5 %) 5 ay sonra gerilemeye başlayan orta derecede periferik fasiyal parezi (House-Brackmann Fasiyal Sinir Derecelendirme Sistemi, Gr. III) gelişti.

Anatomik Bulguların Bir Yıllık İzlem Sonuçları

MR görüntüleri üzerinde yapılan girişim öncesi ve sonrası ardışır kontrol incelemelerinde, tüm



Şekil 1: Gamma Knife ile tedavi edilmiş bir olgunun işlem öncesi, 6.ay ve 1.yıl MRI kontrolleri görülmektedir. (a) 64 yaşındaki bayan olgunun işlem öncesi MRI tetkiki, (b) İşlemden 9 ay sonraki, tipik olarak tümör merkezinde nekrozu gösteren MRI kontrolü, (c) İşlem sonrası 12. ay MRI kontrolü tümörün küçüldüğünü ve merkezi nekrozun ilerlediğini göstermektedir. Bu olguda, mevcut işitme korunmuş ve ek sorunla karşılaşmamıştır.



Şekil 2: Gamma Knife ile tedavi edilmiş 52 yaşındaki bayan olgunun işlem öncesi (a) ve 1. yıl (b) kontrastlı T1 ağırlıklı MRI tetkikleri görülmektedir. Birinci yıl kontrol MRI tetkikleri bu dönem için tipik olan tümör dokusundaki nekroz bulgularını radyolojik olarak göstermektedir. Bu olguda varolan işitme düzeyi korunmuş ve ek sorunla karşılaşmamıştır.

olgularda (% 100) tümör kitlesinin büyüme kontrolünün sağlanmış olduğu görüldü. Çevre nöral dokuda kontrol dönemi içinde radyonekroz gelişmediği belirlendi. Resim 1 ve 2'de işlem sonrası tümör dokusunda görülen tipik değişiklikler sunulmuştur.

Ek komplikasyonlar

İki hastanın (10 %) izlemi sırasında kontrol radyolojik görüntülemelerinde hidrosefali ile karşılaşıldı, iki hastaya V-P şant takıldı.

TARTIŞMA

Günümüzde, vestibüler schwannomanın en uygun ve en etkin tedavi yönteminin ne olacağı konusu tartışmalı olup, kaynaklarda bu tartışma özellikle mikronöroşirürji ve radyocerrahi arasında geniş serilerin karşılaştırmaları şeklinde sürmektedir (4,5,7,12,15,16,17,18,20).

İki farklı yöntemin salt tümör eksizyonu gibi cerrahi bakış açısından değil, buna karşılık hastanın rahatlığı, işlemin kolaylığı, minimal invaziv olması, hastanın en kısa sürede günlük yaşamına dönmesi, ağır ve kalıcı morbidite ve mortalite nedeni olmaması gibi faktörler radyocerrahinin giderek öne çıktığını göstermektedir (15). Amerika Birleşik Devletleri'nde

2020 yılında yeni tanı konan VS olgularının 2 / 3'üne doğrudan radyocerrahi uygulanacağı, mikronöroşirürjinin sadece beyinsapı basısı olan 3 cm ve daha büyük boyuttaki yaklaşık % 25 olgu için önerileceği öngörülmektedir (16). Büyük boyuttaki tümörler, yan etkilere (radyonekroz) engel olmak için çevresel dozun sınırlı tutulması gerektiğinden radyocerrahi için uygun değildir (15). Boyutu 3 cm ve daha büyük olan, beyin sapı basısı nedeni ile cerrahi dekompresyon yapılması şart olan olgularda, cerrahi girişim tek tedavi seçeneği olup, giderek artan bir şekilde, 3 cm' den daha küçük tümörlere ilk tedavi modalitesi olarak Gamma Knife radyocerrahisi uygulanmaktadır (10,15,16,20). Kliniğimizde, Gamma Knife radyocerrahisinin kullanıma girmesinden sonra, 3 cm' nin altındaki soliter ve nörofibromatozis tip 2 (NF2) VS olguların tümünde radyocerrahi uygulanmıştır.

Her ne kadar, son 20 yılda mikronöroşirürji girişimlerinde cerrahi mortalite % 10 düzeyinden % 1 düzeyine indirilmiş ise de, günümüzde, az da olsa çeşitli oranlarda cerrahi komplikasyon, morbidite ve mortalite sözkonusudur (15).

Acoustic Neuroma Association' un 1983 yılına kadar 541 kolektif olgunun cerrahi sonuçları değerlendirmesine göre; % 62 fasiyal parezi, % 38 depresyon, % 26 uyku bozukluğu, % 16 konuşma ve

yutma bozukluğu bildirilmiştir (7,21). 1994 yılında daha geniş sayıdaki (1579 olgu) izlemde, fasiyal parezi % 44; beyin omurilik sıvısı (BOS) fistülü % 11; dengesizlik % 9 ve nüks oranı % 8 olarak ortaya çıkmıştır (10,21).

Samii ve Gormley gibi iki ayrı ve yakın döneme ait cerrahi gurup sonucunda, total tümör eksizyonu yanında, mortalite % 1; sistemik morbidite % 9,2 ve BOS fistülü % 15 oranındadır (3,19). Bundan başka, gross total eksizyon sonrası tümör büyümesi (tumor regrowth) oranı % 0-9 arasında bildirilmektedir (15).

Son on yılda vestibüler schwannoma olgularına uygulanan Gamma Knife radyocerrahisinde 3 önemli gelişme vardır. Öncelikle tanı / girişim aşamasında MR, bilgisayarlı tomografinin (BT) yerini almıştır. İkinci doz planlama yazılımları gelişen bilgisayar teknolojisi ile mükemmelleşmiştir. Bu iki özellik Gamma Knife planlama ve tedavisinin daha -konformal- (daha detaylı ve çevrenin korunmasına daha uygun) olmasına yol açmıştır. Üçüncüsü ise, giderek tümör çevresine verilen doz 20 Gy düzeylerinden 10 - 14 Gy düzeylerine indirilmiştir (16). Serimizde kaynaklardaki oluşmuş genel kanı sonucu, VS olgularına çevresel doz başlangıçtan beri ortalama 13 Gy olarak belirlenmiştir.

Pittsburg gurubundan Ogunrinde ve ark. BT döneminde yapılan erken dönem 118 VS ile MR döneminde yapılan 155 olguyu karşılaştırdıklarında, trigeminal ve fasiyal nöropati komplikasyonunda yaklaşık yarıdan fazla azalma bildirmişlerdir (14).

Başlangıçta tümör çevresine verilen 25-35 Gy dozun daha sonra 15-25 Gy'e azaltıldığı olgularda, işitmede hafif bozulmanın % 53, ileri bozulmanın % 23 ve korunmanın % 24 oranında ortaya çıktığı görülür (13,21).

Samii ve Mathies' in 1997 de yayınladıkları 1000 olguluk VS serinin sonuçlarında, koklear sinirin anatomik olarak korunması % 79 olguda, işlevsel korunması ise % 39,5 olguda sağlanmıştır (19). Aynı seride zaman bağlantılı olarak, son 200 olguda işlevsel koruma % 47 olarak ortaya çıkmıştır.

Pollock ve ark. kaynaklarda bildirilen değişik mikrocerrahi serilerinin sonuçlarında, kullanılabilir işitmenin (Klas I ve II) % 13 - 48 arası, uzun dönemde ise % 6 - 39 arası korunabildiğini bildirmektedir (16).

1995 de Pittsburgh gurubunun 260 olgusunun sonuçlarında, fasiyal sinirde % 90, işitme sinirinde

ise % 70 olguda korunma sağlandığı bildirilmiştir. Morbidite ortaya çıkan 20 olgunun değerlendirilmesinde, işitmenin 6 ay sonra % 50, 2 yıla kadar ise % 45 olguda korunduğu görüldü. İki yıldan sonra işitmede daha fazla bozulma olmadığı bildirildi (20). Serimizde, izlem süresi geniş serilere göre kısa olduğu unutulmayarak, bir yıl içinde mevcut işitmenin iki olgu (% 13) dışında, ilk şekli ile % 87 oranında korunduğu görülmüştür.

Mikrocerrahi işlemin amacının total tümör eksizyonu olmasına karşılık, Gamma Knife radyocerrahisinin amacı tümör büyüme kontrolü (TBK) olmaktadır (10,15,16,17). Pollock ve Lunsford' un 1990 - 1991 arasında 3 cm ve daha küçük 87 tümör serisinde, TBK % 94 olguda elde edilmiştir. Yüzde 60 olguda tümör boyutu 24 aylık izlemde aynı kalmış, %34 olguda küçülmüş ve % 3 olguda büyüdüğü gözlenmiştir (15). Serilerinde ortalama 16,3 Gy çevresel doz verilmiştir. Ayrıca olguların % 57 'sinde MR bulgusu olarak tümörün santral kontrast tutulum azalmasına dikkat çekilmiştir.

Kondziolka ve ark. 462 soliter ve 45 nörofibromatozis tip 2 (NF2) serisinde, ortalama çap 22 mm ve 15 Gy çevresel doz ile, TBK ' nü % 98 olarak bildirmektedir Bunlar içinde % 61,7 olgunun 5 yıl izlem içinde küçüldüğü ve % 37,7 olgunun aynı kaldığı ortaya çıkmıştır (10). Beş yıllık bu uzun izlem süresinde, % 98 oranında TBK Gamma Knife radyocerrahisinin etkinliğini ve mikrocerrahiye olan üstünlüğünü ortaya koyar niteliktedir.

SONUÇ

VS'ların Gamma Knife tedavisine kalıcı yanıtlarını değerlendirebilmek için en az 2 yıllık izlem gerekmektedir (4,5). İki yıl sonunda büyüme kontrolü sağlanmış olgularda yeniden büyümenin olmadığı 20 yılı aşkın izlemi yapılmış serilerde saptanmıştır (13). Bu çalışmanın bir yıllık izlem süresi sonunda yapılmış bir değerlendirme olması metodolojik açıdan bir eksiklik taşımakla birlikte ülkemizdeki tek Gamma Knife merkezinin VS'lardaki ilk verileri olması açısından önem taşımaktadır. Bu ilk veriler literatürde (17) ulaşılmış şu sonuçları destekler niteliktedir:

a) Seçilmiş olgularda birinci yıl sonuçlarına göre, Gamma Knife tedavisinin tümör büyümesinin durdurma oranı %100'dür. Bu sonuç % 5 oranında kortikosteroid tedavisine yanıt veren geçici fasiyal sinir paralizisi, iki hastada (10 %) hidrosefali (V-P şant takıldı) ve % 13 oranında işitmede kötüleşme

komplikasyonlarıyla birlikte görülmüştür.

b) Çapı 2.5 cm'den küçük VS'lerde Gamma Knife tedavi seçenekleri arasında öncelikli olarak düşünülmelidir.

Türk Nöroşirürji Derneği 13. ve 14. Bilimsel Kongrelerinde (İstanbul 1999; Kemer 2000) sunulmuştur.

Yazışma Adresi: Dr.Türker Kılıç,
Marmara Üniversitesi Nörolojik
Bilimler Enstitüsü, PK:53,
Maltepe, İstanbul
Tel: 0 216 326 45 59
Faks: 0 216 327 52 49

KAYNAKLAR

1. Cerullo LJ, Grutsch JF, Heiferman K: The preservation of hearing and facial nerve function in a consecutive series of unilateral vestibular nerve schwannoma surgical patients. *Surg Neurol* 39: 485-493, 1993
2. Flickinger JG, Lunsford LD, Coffey RJ: Radiosurgery of acoustic neurinomas. *Cancer* 67: 345-53, 1990
3. Gormley WB, Sekhar LN, Wright DC: Acoustic neuromas: Results of current surgical management. *Neurosurgery* 41: 50-60, 1997
4. Kılıç T, Pamir MN: Gamma Knife cerrahisi: Tekniği, endikasyonları, sonuçları ve sınırları. *MÜ NBE Dergisi* 1: 1-11, 1998
5. Kondziolka D, Lunsford LD, Flickinger JC: Current concepts in gamma knife radiosurgery. *Neurosurg Quarterly* 3(4): 253-271, 1993
6. Kondziolka D, Lunsford LD, Linskey ME, Flickinger JC: Skull base radiosurgery. Alexander E, Loeffler JS, Lunsford LD (eds), *Stereotactic Radiosurgery*, New York: McGraw-Hill, 1993: 175-188 içinde
7. Kondziolka D, Subach BR, Lunsford LD, Bisonette DJ, Flickinger JC: Outcomes after gamma knife radiosurgery in solitary acoustic tumors and neurofibromatosis type 2. *Neurosurg Focus* 5(3): 1-14, 1998
8. Linskey ME, Lunsford LD, Flickinger JC: Neuroimaging of acoustic nerve sheath tumors after stereotactic radiosurgery. *AJNR* 12: 1165-75, 1979
9. Linskey ME, Lunsford LD, Flickinger JC: Stereotactic radiosurgery for acoustic tumors. *Neurosurg Clin North Am* 3: 191-205, 1992
10. Linskey ME, Lunsford LD, Flickinger JC: Tumors control after stereotactic radiosurgery in neurofibromatosis patients with bilateral acoustic tumors. *Neurosurgery* 31: 829-39, 1992
11. Lunsford LD, Kondziolka D, Flickinger JC: Stereotactic radiosurgery: Current spectrum and results. *Clin Neurosurg* 38: 405-444, 1992
12. Lunsford LD, Kondziolka D, Flickinger JC: Radiosurgery as an alternative to microsurgery for the treatment of acoustic neurinomas. *Clin Neurosurg* 38: 619-34, 1992
13. Noren G, Greitz D, Hirsch A, Lax I: Gamma knife surgery in acoustic tumors. *Acta Neurochir Suppl* 58: 104-107, 1993
14. Ogunrinda OK, Lunsford LD, Flickinger JC: Stereotactic radiosurgery for acoustic nerve tumors in patients with usefull preoperative hearing: Results at 2-year follow-up examination. *J Neurosurg* 80: 1011-1017, 1994
15. Pollock BE, Lunsford LD, Kondziolka D, Flickinger JC, Bisonette DJ, Kelsey SL, Janetta PJ: Outcome analysis of acoustic neuroma management: A comparison of microsurgery and stereotactic radiosurgery. *Neurosurgery* 36(1): 215-224, 1995
16. Pollock BE, Lunsford DL, Noren G: Vestibular schwannoma in the next century: A radiosurgical perspective. *Neurosurgery* 43 (3): 475-482, 1998
17. Pollock BE, Lunsford DL, Flickinger JC, Clyde BL, Kondziolka D: Vestibular schwannoma management. Part 1 - 2. Failed microsurgery and the role of delayed stereotactic radiosurgery. *J Neurosurg* 89: 944-948, 1998
18. Post KD, Eisenberg MB, Catalano PJ: Hearing preservation in vestibular schwannoma surgery: What factors influence outcome? *J Neurosurg* 83: 191-196, 1995
19. Samii M, Matthies C: Management of 1000 vestibular schwannomas: Hearing function in 1000 tumor resections. *Neurosurgery* 40: 248-262, 1992
20. Shetter AG: Gamma knife radiosurgery for the treatment of acoustic neuromas. *BNI Quarterly* 13(1): 30-36, 1997
21. Wiegand DA, Fickel V: Acoustic neurinoma. The patients perspective: subjective assessment of symptoms, diagnosis, therapy, and outcome in 541 patients. *Laryngoscope* 99: 179-187, 1989