

# Akustik Nörinomlu Hastaların Gamma Knife ile Tedavisi: Bezmalem Vakıf Üniversitesi Gamma Knife Ünitesi Ön Sonuçları

## Gamma Knife Treatment for Patients with Acoustic Neuroma: Bezmalem Vakıf University Gamma Knife Unit Preliminary Results

Mustafa Aziz HATİBOĞLU<sup>1</sup>, Mahmut Hudai ÖZGÖR<sup>2</sup>, Enes DİK<sup>2</sup>, Hakan SEYİTHANOĞLU<sup>1</sup>, Saffet TÜZGEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Neurosurgery, Bezmalem Vakıf University, İstanbul, Turkey

<sup>2</sup>Bezmalem Vakıf University School of Medicine, İstanbul, Turkey

### ÖZ

**Amaç:** Gamma knife, 192 veya 201 farklı Co60 kaynağından beyindeki belirlenmiş olan hedefe radyasyon odaklayan bir stereotaktik radyocerrahi tekniğidir. Gamma knife, etkin ve güvenli bir tedavi olması nedeniyle Akustik nörinom tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Gamma Knife ile tedavi edilen Akustik nörinomlu hastalar incelenmiş ve Gamma Knife tedavisinin etkinliği ve yan etkileri değerlendirilmiştir.

**Yöntemler:** Ağustos 2014 - Mayıs 2015 tarihleri arasında Gamma Knife ile tedavi edilen Akustik nörinom tanısı almış olan hastalar retrospektif olarak incelenmiştir. Hastaların Gamma Knife öncesi ve sonrasında her 3 ayda bir çekilen kontrol beyin manyetik rezonans (MR) görüntüleri değerlendirilmiştir. Ayrıca klinik kontrollerinde tespit edilen şikayet ve bulgular rapor edilmiştir.

**Bulgular:** Çalışma süresinde 18 hasta (11 E / 7 K) tedavi edilmiştir. Medyan yaş 56 (38-72); 14 hastada (%78) kitle sol tarafta, 15 hastada (%83) tümör internal akustik kanala uzanım göstermekte ve 4 hastada (%22) beyin sapına bası bulunmaktadır. Medyan tümör hacmi 1,94 cm<sup>3</sup>'dir (0,25-14 cm<sup>3</sup>). Medyan tedavi dozu 12,5 Gy (12-13 Gy)'dir. Hastaların medyan takip süreleri 4 ay (1-7 ay) olup, çekilen kontrol beyin MR'larında üç hastada tümör boyutlarında küçülme, bir tanesinde büyüme ve diğerlerinde ise tümör boyutlarının sabit kaldığı görülmüştür. Sadece 1 hastada geçici hemiparastezi gelişmiş olup steroid ile kontrol altına alınmıştır.

**Sonuç:** Gamma knife tedavisi, Akustik nörinomlu hastalarda etkin ve güvenli bir tedavi sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Akustik nörinom, Gamma Knife, Stereotaktik radyocerrahi

### ABSTRACT

**Objective:** Gamma knife is a stereotactic radiosurgical technique that focuses radiation on a specific target in the brain using 192 or 201 different Co60 sources. Because gamma knife is an effective and safe treatment, it is widely used for treating acoustic neuroma. In this study, patients with acoustic neuroma who were treated using gamma knife were reviewed, and the effectiveness and its side effects of the treatment were assessed.

**Methods:** Patients with acoustic neuroma who underwent gamma knife between August 2014 and May 2015 were retrospectively reviewed. Magnetic resonance (MR) images of the brain before and after the treatment for every 3 months were assessed. In addition, during that period, clinical follow-up records were reviewed.

**Results:** During the study period, 18 patients (11 males and seven females) were treated. Median age was 56 years (38-72 years). Lesion were present on the left side in 14 (78%), intracanalicular extensions in 15 (83%), and brainstem compressions in four (22%) patients were observed. The median tumor volume before gamma knife was 1.94 cm<sup>3</sup> (0.25-14 cm<sup>3</sup>). The median treatment dose was 12.5 Gy (12-13 Gy). Median follow-up duration was 4 months (1-8 months). Of the 18 patients, the lesion size decreased in three, increased in one, and remained stable in 14. Only one patient (6%) developed hemiparesis, which resolved after steroid treatments.

**Conclusion:** Gamma knife is an effective and safe treatment for treating patients with acoustic neuroma.

**Keywords:** Acoustic neuroma, Gamma knife, Stereotactic radiosurgery

### Giriş

Akustik nörinom, 8 kranial sinirin vestibüler dalı schwann hücre tabakasından kaynaklanan benign tümörlerdir (1-3). Histopatolojik olarak benign yapıda olmalarına rağmen lokal büyümeleri sonrasında beyin sapı komşu kranial sinirlere bası oluşturmaları neticesinde ciddi klinik semptom ve bulgulara neden olabilmektedir. Akustik nörinom tedavisi seçiminde hastanın kliniği, eşlik eden komorbid hastalıkların varlığı ve lezyon büyüklüğü önemli faktörlerdir. Sadece takip, mikrocerrahi ve stereotaktik radyocerrahi tedavi seçenekleridir (4). Mikrocerrahi, akustik nörinomlu hastalarda en etkin ve standart tedavi yöntemidir. Ancak cerrahi esnasında işitme kaybı, kalıcı fasiyal paralizi, beyin omurilik sıvısı fistülü ve menenjit gibi ciddi morbidite gelişebilmektedir.

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Mustafa Aziz HATİBOĞLU; Bezmalem Vakıf Üniversitesi, Nöroşürüjji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye E-mail: azizhatiboglu@yahoo.com

©Telif Hakkı 2016 Bezmalem Vakıf Üniversitesi - Makale metnine www.bezmalemscience.org web sayfasından ulaşılabilir.  
©Copyright 2016 by Bezmalem Vakıf University - Available online at www.bezmalemscience.org

Geliş Tarihi / Received : 27.08.2015  
Kabul Tarihi / Accepted: 22.01.2016

Stereotaktik radyocerrahi, beyinde planlanan hedefe tek seferde yüksek doz radyasyon vermeye yarayan bir metottur. Gamma Knife ilk kez 1968 yılında kullanılan, 192 veya 201 adet Cobalt-60 kaynağı içeren bir stereotaktik radyocerrahi tekniğidir (5). Gamma Knife, özellikle 3-3.5 cm den daha küçük çaptaki soliter lezyonlarda etkin ve güvenli tedavi sağlamaktadır. Akustik nörinomlu hastalarda standart tedavi seçeneği mikrocerrahi olsa da, düşük morbiditeye sahip olmaları, hastalara ayaktan uygulanması ve hastaların günlük yaşamlarına dönüş sürelerinin daha kısa olması gibi avantajları nedeniyle Gamma Knife özellikle küçük ve orta büyüklükteki lezyonlarda önemli bir tedavi seçeneği haline gelmiştir (6). Bu çalışmada, kliniğimizde Akustik nörinom tanısıyla Gamma Knife ile tedavi edilen hastalar retrospektif olarak incelenmiştir.

## Yöntemler

**Hasta özellikleri:** Bezmialem Vakıf Üniversitesi Gamma Knife Ünitesi'nde Ağustos 2014 ve Mayıs 2015 tarihleri arasında Akustik nörinom nedeniyle tedavi edilen hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Hastaların yaş, cinsiyet, şikayet, klinik bulguları retrospektif olarak incelenmiştir.

**İşitme ve fasyal sinir fonksiyonu:** Hastaların işitme fonksiyonları Gardner-Robertson derecelendirme sistemi ile fasyal sinir fonksiyonu da House-Brackmann evreleme sistemi (7) ile değerlendirilmiştir.

**Radyolojik değerlendirme:** Hastaların Gamma Knife öncesi ve sonrası Manyetik rezonans (MR) görüntüleri GammaPlan software kullanılarak tümör hacimleri ölçülmüştür. GammaPlan da kontrastlı T1-ağırlıklı MR görüntüleri kullanılarak lezyonların konturları çizilerek hacimleri belirlenmiştir.

**Stereotaktik Radyocerrahi yöntemi:** Hastalara Leksell Gamma Knife Model C (Elekta, Stocholm, Sweden) cihazı kullanılarak Gamma Knife radyocerrahisi uygulanmıştır. Hastanın kafasına hafif sedasyon ve analjezi eşliğinde Leksell stereotaktik çerçeve takılması ile tedavi başlamaktadır. Elde edilen 1 mm kalınlığında kontrastlı axial ve koronal T1-ağırlıklı ve axial T2-ağırlıklı MR görüntüleri kullanılarak tedavi planı yapılmaktadır.

**Hasta takibi:** Hastalar, Gamma Knife yapıldıktan sonra 3., 6., 12., 18. ve 24. ayda klinik ve radyolojik takipleri planlanmaktadır. Her klinik değerlendirmede hastaların işitme testi de yapılmaktadır.

## Bulgular

**Hasta özellikleri:** Ağustos 2014 ve Mart 2015 tarihleri arasında ünitemizde Akustik nörinom tanısı ile 18 hasta (11E/7K) hasta tedavi edilmiştir. Hastaların medyan yaş 56'dır (38-72 yaş). Başvuru anında 7 hastada (%38) baş ağrısı, 5 hastada (%27) işitme kaybı, 5 hastada (%27) baş dönmesi, 2 hastada

(%11) yüzde uyuşma, 1 hastada (%5) yürümede dengesizlik şikayetleri vardı. Hastaların Gamma Knife öncesi Gardner Robertson işitme ve House&Breckman fasyal paralizi skorlamaları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca, hastaların demografik bilgileri, tedavi verileri ve sonuçları Tablo 3'de bildirilmiştir.

**Radyolojik değerlendirme:** 14 hastada (%78) lezyon sol da, 4 hastada (%22) sağ tarafta bulunmaktaydı. 15 hastada (%83) tümör internal akustik kanala uzanım göstermekte, 4 hastada (%22) ise beyin sapı basısı bulunmaktadır. Medyan tümör hacmi 1,94 cm<sup>3</sup>'dir (0,25-14 cm<sup>3</sup>).

**Gamma Knife Tedavisi:** Hastalara uygulanan Gamma Knife medyan periferik tedavi dozu 12,5 (12-13) Gy'dir. Hastalardan 7'sine 12 Gy, 5'ine 12,5 Gy ve 6'sına da 13 Gy tedavi dozu tanımlanmıştır. Hastaların hepsinde %50 tedavi izodoz eğrisi tanımlanmıştır (Şekil 1). Her hastaya Gamma Knife tedavisinden sonra bir kontrendikasyonu yoksa 16 mg Dek-sametazon yapılmaktadır. Sonrasında rutin herhangi bir ilaç verilmemektedir.

**Tümör kontrolü:** Hastaların ortalama takip süresi 4 aydır (1-8 ay). 1 hastada (%5) tümör boyutunda büyüme, 3 hastada (%17) lezyon boyutunda küçülme ve 14 hastada da (%78) lezyon boyutlarının stabil olduğu gözlemlendi.

**Gamma Knife'a bağlı komplikasyonlar:** 18 hastadan sadece birinde (%5) sol hemiparastezi gelişti. 1 aylık steroid kullanımı sonrasında şikâyetleri düzeldi. Tüm hastaların takip süreleri esnasında işitmeleri korunmuştur ve yeni gelişen fasyal parezi veya paralizi olmamıştır.

**Tablo 1.** Hastaların Gardner Robertson evreleme sonuçları

	PTA* (dB)	SD** (%)	Hasta sayısı
Evre 1: İyi	0-30	70-100	2
Evre 2: Fonksiyonel	31-50	50-69	3
Evre 3: Fonksiyonel değil	51-90	5-49	6
Evre 4: Zayıf	90-100	1-4	2
Evre 5: Sağır	0	0	5

\*PTA: pure tone average

\*\*SD: speech discrimination score

**Tablo 2.** Hastaların House&Breckman Evreleme sonuçları

House&Breckman Evre	Tanım	Hasta sayısı
I	Normal	9
II	Hafif	2
III	Orta	2
IV	Orta-şiddetli	1
V	Şiddetli	0
VI	Tamamen kayıp	0

Tablo 3. Gamma Knife ile Akustik nörinoma nedeniyle tedavi edilen hastaların demografik ve tedavi verileri

Hasta no	Yaş	Cinsiyet	Şikayeti	Tümör hacmi (cm <sup>3</sup> )	Tedavi dozu (Gy)	Takip süresi (ay)	Tedaviye yanıt
1	38	Erkek	İşitme kaybı	6,52	13	6	Stabil
2	57	Erkek	Baş rısı	10,9	12	3	Stabil
3	38	Kadın	Baş ağrısı	3,67	12	3	Stabil
4	51	Erkek	Baş dönmesi	1,76	12	4	Stabil
5	43	Kadın	Kulak çınlaması	1,71	12,5	4	Stabil
6	64	Erkek	İşitme kaybı ve kulak çınlaması	3,56	12,5	4	Stabil
7	53	Kadın	İşitme kaybı	0,4	13	8	Küçüldü
8	53	Erkek	Baş ağrısı	1,68	13	6	Stabil
9	69	Kadın	İşitme kaybı	1,13	12	4	Stabil
10	47	Erkek	Kulak çınlaması	2,12	13	4	Stabil
11	62	Erkek	Baş ağrısı	0,25	13	8	Stabl
12	61	Erkek	İşitme kaybı	2,51	12,5	4	Stabil
13	66	Erkek	Baş ağrısı	8,59	12,5	8	Küçüldü
14	72	Kadın	İşitme Kaybı	14	12	8	Stabil
15	63	Kadın	Kulak çınlaması	1,75	12	7	Büyüdü
16	67	Erkek	Baş dönmesi	0,25	13	8	Küçüldü
17	62	Erkek	Baş dönmesi	5,27	12	4	Stabil
18	47	Kadın	Baş dönmesi	2,37	12,5	4	Stabil



Şekil 1. Sağ akustik nörinomu olan hastanın GammaPlan'da yapılmış tedavi planı. %50 izodoz eğrisine 13 Gy tanımlanmıştır

## Tartışma

Bu çalışmada, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Gamma Knife Ünitesinde tedavi ettiğimiz Akustik nörinomlu hastaların ön sonuçlarını sunduk. Ağustos 2014 de faaliyete geçen ünitemizde 8 ayda tedavi ettiğimiz Akustik nörinomlu hastaların kısa süreli değerlendirmesinde tedavinin etkin olduğunu ve

komplikasyon oranının kabul edilebilir oranda olduğunu gözlemledik. Gamma Knife'in Akustik nörinomlarda etkinliği genellikle 1 sene sonra ortaya çıkmakta olup, 2 sene sonraki tümör kontrol oranları yaklaşık %85'tir. Tümör boyutunun stabil kalması veya tümör boyutunda küçülme tedavinin başarısını göstermektedir.

Gamma knife radyocerrahi, küçük ve orta çaplı Akustik nörinom tedavisinde etkili ve güvenli bir tedavidir. Bu konudaki veriler, Gamma knife'in tümör büyümesinin durdurulması ve nörolojik fonksiyonun kontrol altında olmasını sağladığını göstermiştir (8, 9). Seviye I kanıt değeri taşıyan bir çalışma Gamma Knife'in fonksiyonel sonuç ve hayat kalitesi açısından mikrocerrahi ile karşılaştırdığında daha üstün olduğunu göstermiştir (10, 11). Mikrocerrahi sonrasında özellikle hastaların yaşam kalitesini bozan fasiyal parezi 2-3% oranda, işitme kaybı %50 oranda geliştiği bildirilmiştir. Ayrıca, beyin omurilik sıvısı fistülü, menenjit, diğer kranial sinir hasarları da mikrocerrahi sonrasında gelişebilecek komplikasyonlardır (12). Gamma Knife sonrası fasiyal paralizisi gelişme oranı yaklaşık %1-2 ve işitme kaybı gelişme oranı ise %20-30'dur. Gamma Knife ile işitmenin korunma ihtimali cerrahiden daha yüksektir. İşitmenin hala sağlam olduğu özellikle küçük boyutlu tümörlerde Gamma Knife tedavisi oldukça etkin bir tedavi yöntemidir (13, 14). Gamma Knife, özellikle kitle etkisi oluşturmayan küçük-orta büyüklükteki lezyonlarda mikrocerrahi ile karşılaştırılabilir ve güvenli bir tedavi seçeneği olmaktadır.

Yıllar içerisinde farklı tedavi dozları denenmiş ve etkinlik ve güvenilirlikleri incelenmiştir. Radyasyon dozunun dü-

şürülmesinin işitmeyi tamamen korumadığı ancak daha yüksek dozlarla göre daha iyi işitme sonuçları elde edildiği gösterilmiştir. 13 Gy doz ile tedavi sonucunda işitmenin daha iyi korunduğu görülmüştür (15). 1998-2007 yılları arasında genellikle ortalama doz 14,2 Gy olarak uygulanmıştır (12, 13). 2007-2011 yılları arasında yayınlanan çalışmalarda da Gamma Knife tedavi dozu daha önceki serilere göre daha düşük olup 12-13 Gy'i önermişlerdir. Sun ve ark. (16), Gamma Knife tedavisini %45 izodoz eğrisine 13,6 Gy medyan periferik tedavi dozu; Wangerid ve ark. (17) da %50 izodoz eğrisine medyan 12,3 Gy dozu uygulamışlardır. Bu veriler de bizim çalışmamızdaki veriler ile uyumludur.

Wangerid ve ark. (17), Hasegawa ve ark. (18) ve Sun ve ark. (16) çalışmalarında etkin tümör kontrol oranları rapor etmişlerdir. Sırasıyla hastaların %72, %58, %64'ünde tümör boyutunda küçülme; hastaların %20, %34, %23'ünde ise tümör boyutu sabit kalmıştır. Ayrıca Gamma Knife tedavisinden sonra 3-6. aylarda tümörde geçici büyüme olduğu, ancak takiplerinde lezyon boyutlarında küçülme olduğu belirtilmiştir (16). Bizim hasta serimizde de takip süresi kısa olmasına rağmen 3 hastada tümör boyutlarında küçülme tespit edilmiştir. Sadece 1 hastada lezyonda büyüme görülmüştür. Bu hastada herhangi bir klinik bulgu ortaya çıkmamıştır ve literatürde bildirildiği gibi bu büyümenin geçici olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada, kliniğimizde tedavi ettiğimiz Akustik nörinomlu hastaların erken sonuçları sunulmuştur. İlk sonuçlarımız olduğundan takip sürelerimiz kısadır ve kesin tedavi sonuçlarını vermek için yeterli değildir. Bu, çalışmamızın zayıf yönüdür. Hastalar daha uzun süre takip edilerek tedavi sonuçları değerlendirilecektir. Ancak, ön sonuçlarımız literatür ile uyumludur ve tedavinin başarılı olduğu görülmektedir.

Çalışmadaki hastaların yalnızca 1 tanesinde Gamma Knife tedavisine bağlı hemihipoestezi gelişmiş ve kısa süreli steroid tedavisi ile düzelmiştir. Hiçbir hastada takip süreleri boyunca yeni gelişen fasiyal paralizisi veya işitmede kötüleşme görülmemiştir. Hasegawa ve ark. (18) çalışmalarındaki 13 Gy dozundan daha düşük tedavi dozu alan hastaların işitme korunma oranlarının 3. ve 5. yıl sonunda sırasıyla %58 ve %46 olduğunu; 13 Gy dozundan daha yüksek tedavi dozu alan hastalarda ise sırasıyla %37 ve %19 olduğunu belirtmişlerdir.

Türkiye'de Gamma Knife tedavisini maliyeti ve cerrahi ile karşılaştıran bilimsel veriler bulunmamaktadır. Genel olarak, cerrahi tedavideki operasyon, ameliyat sonrası yoğun bakım ünitesi ve servis odasında yatışına ait maliyetler göz önünde bulundurulduğunda, bir günde tamamlanan, yoğun bakım ve yatış gerektirmeyen Gamma Knife tedavisinin maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde beyin metastazı olan hastalarda yapılan çalışmada cerrahi rezeksiyonun maliyetinin yaklaşık 27.500 Amerikan Doları ve Gamma Knife tedavisinin ise yaklaşık 20.200 Amerikan Doları olduğunu tespit etmişlerdir (17).

## Sonuç

Akustik nörinomlu hastalarda standart tedavi mikrocerrahi ile tümör rezeksiyonudur. Gamma knife radyo cerrahi özellikle küçük ve orta boyutlu Akustik nörinomların etkili ve güvenli olarak kontrol altına alınmasını sağlamaktadır. Gamma Knife, Akustik nörinomlarda etkin tümör kontrolü sağlarken kabul edilebilir komplikasyon oranları ile güvenli bir tedavi seçeneğidir. Gamma knife, küçük ve orta boyuttaki lezyonlarda, cerrahi riski yüksek komorbiditesi olan hastalarda cerrahiye alternatif etkin ve güvenli bir tedavi seçeneği olmaktadır.

**Etik Komite Onayı:** Bu çalışma için Bezmi Alem Vakıf Üniversitesi'nden Etik Kurul Onayı alınmıştır (No: 71306642-050.01.04).

**Hasta Onamı:** Çalışmanın retrospektif tasarımından dolayı hasta onamı alınmamıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir - M.A.H., E.D., M.Ö.; Tasarım - M.A.H., E.D., M.Ö.; Denetleme - M.A.H., S.T.; Kaynaklar - M.A.H., S.T., H.S.; Malzemeler - H.S.; Veri Toplanması ve/veya İşlenmesi - E.D., M.Ö.; Analiz ve/veya Yorum - M.A.H., M.Ö., H.S., E.D., S.T.; Literatür Taraması - E.D., M.Ö.; Yazıyı Yazan - M.A.H., M.Ö., H.S., E.D., S.T.; Eleştirel İnceleme - S.T., M.A.H.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını belirtmiştir.

**Ethics Committee Approval:** Ethics committee approval was received for this study from Bezmi Alem Vakıf University Ethics Committee (No: 71306642-050.01.04).

**Informed Consent:** Informed consent was not received due to the retrospective nature of this study.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept - M.A.H., E.D., M.Ö.; Design - M.A.H., E.D., M.Ö.; Supervision - M.A.H., S.T.; Funding - M.A.H., S.T., H.S.; Materials - H.S.; Data Collection and/or Processing - E.D., M.Ö.; Analysis and/or Interpretation - M.A.H., M.Ö., H.S., E.D., S.T.; Literature Review - E.D., M.Ö.; Writing - M.A.H., M.Ö., H.S., E.D., S.T.; Critical Review - S.T., M.A.H.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest was declared by the authors.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

1. Arthurs BJ, Fairbanks RK, Demakas JJ, Lamoreaux WT, Giddings NA, Mackay AR, et al. A review of treatment modalities for vestibular schwannoma. *Neurosurg rev* 2011; 34: 265-77; discussion 77-9. [CrossRef]
2. Fortnum H, O'Neill C, Taylor R, Lenthall R, Nikolopoulos T, Lightfoot G, et al. The role of magnetic resonance imaging in the identification of suspected acoustic neuroma: a systematic review of clinical and cost effectiveness and natural history. *Health Technol Assess* 2009; 13: iii-iv, ix-xi, 1-154.
3. Rykaczewski B, Zabek M. A meta-analysis of treatment of vestibular schwannoma using Gamma Knife radiosurgery. *Contemp Oncol (Pozn)* 2014; 18: 60-6. [CrossRef]
4. Patel J, Vasan R, van Loveren H, Downes K, Agazzi S. The changing face of acoustic neuroma management in the USA: analysis of the 1998

- and 2008 patient surveys from the acoustic neuroma association. *Br J Neurosurg* 2014; 28: 20-4. [\[CrossRef\]](#)
5. Elaimy AL, Mackay AR, Lamoaux WT, Demakas JJ, Fairbanks RK, Cooke BS, et al. Clinical outcomes of gamma knife radiosurgery in the salvage treatment of patients with recurrent high-grade glioma. *World Neurosurg* 2013; 80: 872-8. [\[CrossRef\]](#)
  6. Wang J, Xu Y, Lei T, Zeng L. Treatment decision-making for sporadic small vestibular schwannoma in a pediatric patient: A case report and literature review. *Oncol Lett* 2015; 9: 2371-3. [\[CrossRef\]](#)
  7. Fezeu F, Lee CC, Dodson BK, Mukherjee S, Przybylowski CJ, Awad AJ, et al. Stereotactic radiosurgery for facial nerve schwannomas: A preliminary assessment and review of the literature. *Br J Neurosurg* 2015; 29: 213-8. [\[CrossRef\]](#)
  8. Sughrue ME, Kane AJ, Kaur R, Barry JJ, Rutkowski MJ, Pitts LH, et al. A prospective study of hearing preservation in untreated vestibular schwannomas. *Journal of Neurosurgery*. 2011; 114: 381-5. [\[CrossRef\]](#)
  9. Sughrue ME, Yang I, Aranda D, Lobo K, Pitts LH, Cheung SW, et al. The natural history of untreated sporadic vestibular schwannomas: a comprehensive review of hearing outcomes. *J Neurosurg* 2010; 112: 163-7. [\[CrossRef\]](#)
  10. Murphy ES, Barnett GH, Vogelbaum MA, Neyman G, Stevens GH, Cohen BH, et al. Long-term outcomes of Gamma Knife radiosurgery in patients with vestibular schwannomas. *J Neurosurg* 2011; 114: 432-40. [\[CrossRef\]](#)
  11. Pollock BE, Driscoll CL, Foote RL, Link MJ, Gorman DA, Bauch CD, et al. Patient outcomes after vestibular schwannoma management: a prospective comparison of microsurgical resection and stereotactic radiosurgery. *Neurosurgery* 2006; 59: 77-85; discussion 77-85. [\[CrossRef\]](#)
  12. Vachhrajani S, Fawaz C, Mathieu D, Menard C, Cusimano MD, Gentili F, et al. Complications of Gamma Knife surgery: an early report from 2 Canadian centers. *J Neurosurg* 2008; 109 Suppl: 2-7.
  13. Iwai Y, Yamanaka K, Kubo T, Aiba T. Gamma knife radiosurgery for intracanalicular acoustic neuromas. *Journal of Clinical Neuroscience : Official Journal of the Neurosurgical Society of Australasia* 2008; 159: 993-7. [\[CrossRef\]](#)
  14. Niranjana A, Lunsford LD, Flickinger JC, Maitz A, Kondziolka D. Dose reduction improves hearing preservation rates after intracanalicular acoustic tumor radiosurgery. *Neurosurgery* 1999; 45: 753-62; discussion 62-5. [\[CrossRef\]](#)
  15. Yang I, Sughrue ME, Han SJ, Fang S, Aranda D, Cheung SW, et al. Facial nerve preservation after vestibular schwannoma Gamma Knife radiosurgery. *J Neurooncol* 2009; 93: 41-8. [\[CrossRef\]](#)
  16. Nakamura H, Jokura H, Takahashi K, Boku N, Akabane A, Yoshimoto T. Serial follow-up MR imaging after gamma knife radiosurgery for vestibular schwannoma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000; 21: 1540-6.
  17. Vuong DA, Rades D, van Eck AT, Horstmann GA, Busse R. Comparing the cost-effectiveness of two brain metastasis treatment modalities from a payer's perspective: stereotactic radiosurgery versus surgical resection. *Clin Neurol Neurosurg* 2013; 115: 276-84. [\[CrossRef\]](#)