



Petroklival Meningiomlarda Tedavi Stratejisi

Management Strategies of Petroclival Meningiomas

Fatih BAYRAKLI^{1,2}

¹Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

Yazışma adresi: Fatih BAYRAKLI ✉ fbayrakli@gmail.com

ÖZ

Petroklival bölgeden çıkan meningioma cerrahisi/tedavisi derin yerleşimleri ve önemli nörovasküler yapıları çevrelemelerinden dolayı çok zorlu durum oluşturur. Komplike ve gelişmiş cerrahi yaklaşımlar geliştirilmiş olmasına rağmen gross total rezeksiyon her zaman mümkün değildir ve cerrahi morbidite önemli bir risk olmaya devam etmektedir. Hastaların yaşam kalitelerini korumaya yönelik denemeler ve ortaya çıkan Gamma Knife gibi yardımcı stereotaktik radyocerrahi tedavi teknikleri beyin cerrahlarını bu talepleri karşılamaya zorlamaktadır. Cerrahi ile beraber diğer tedavi seçeneklerinin kullanılması bu tümörler için yapılan cerrahinin morbiditesini azaltmaktadır.

Petroklival meningioma optimal tedavisi süregelen birkaç karşıt görüş etrafındaki tartışmalar olarak devam etmektedir.

Tümör, hastanın talepleri ve tedavi eden ekip (beyin cerrahisi, radyasyon onkoloğu, medikal onkolog) değişkenlerinin nihai karar için anlaşmaları gerekmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Petroklival meningioma, Cerrahi, Radyocerrahi

ABSTRACT

Meningiomas arising from the petroclival region represent a surgical/treatment challenge because of their deep location and propensity to engulf eloquent neurovascular structures. Despite the development of complex and sophisticated surgical approaches, gross total resection is not always feasible and surgical morbidity remains a substantial risk. Attempts to preserve the patients' quality of life and emerging adjunct stereotactic radiosurgery treatment techniques such as Gamma Knife force neurosurgeons to meet these demands. Multimodal treatment of petroclival meningiomas has been developed to reduce morbidity of surgery for these tumors.

The optimal management of petroclival meningiomas continues to be debated along with several controversies that persist.

The tumor, the patient's demands and the treatment team (neurosurgery, radiation oncology, medical oncology) variables have to be aligned for an ultimate decision.

KEYWORDS: Petroclival meningioma, Surgery, Radiosurgery

■ GİRİŞ

Petroklival meningioma (PKM) yerleşim yeri itibarı ile tedavisinde hastada oluşabilecek komplikasyonlardan dolayı zorlayıcı bir meningioma alt grubudur. Bu tümörlere en iyi yaklaşım şekli hakkında literatürde hâlen tam bir fikir birliği yoktur. Bunun ilk nedeni PKM olarak ifade ettiğimiz

meningioma grubunun farklı yazarlar tarafından tanımlarının değişiklik göstermesidir.

Sfenopetroklival, orta klival, aşağı klival (foramen magnum), serebellopontin köşe, posterior petrozal gibi farklı yerleşim gösteren meningioma da bazen PKM grubu içine konulmakta ve dolayısı ile literatürde bildirilen serilerde gerçek PKM tanısını içeren vakalar karıştırılabilmektedir.

Posterior fossa meningiömları literatürde birçok yazar tarafından değişik kriterler kullanılarak farklı şekillerde sınıflanmışlardır (10). Al-Meftý ve ark. gerçek PKM'ları açıkça tarif etmişler ve bu meningiömları üst ve orta klivustan orijin alan, trigeminal sinirin medialinde, sfenookspital sinkondrozun daha lateralinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (3,24). Aynı zamanda yazarlar aynı anatomik bölgede olabilecek diğer sfenopetroklival, ortaklival ve posterior petrozal meningiömları da PKM'lardan ayırmak gerektiğini belirtmiştir. Gerçek PKM'lar 5. kranyal siniri laterale, 7. kranyal siniri kaudale ve 6. kranyal siniri mediale iterler ve bu kranyal sinirlerin tümöre konumlanması PKM'ların 5. kranyal sinirin kaudale-mediale itildiği tentorium meningiömlarından, rostrale-mediale itildiği petröz meningiömlardan ayırt edilmelerini sağlar (15). Fakat dev meningiömlarda bu sınıflamaların bu kadar tanımlayıcı olamayacağı akılda tutulmalıdır.

Dolayısıyla ilk etapta gerçek PKM'ları klival, sfenopetroklival, posterior petrozal ve foramen magnum meningiömlarında ayırmak önemlidir.

Tedavi edilmemiş PKM'ların klinik gidişatı ile ilgili çalışmalar bu tümörlerin büyük kısmının büyüdüğünü göstermiştir. Van Havenberg ve ark. 82 aylık takipte vakaların %76'sında büyüme ve yarıdan fazlasında klinik kötüleşme bildirmişlerdir (35). Terasaka ve ark. ise 40 aylık takipte vakaların %60'ında radyolojik büyüme ve yaklaşık yarısında da klinik kötüleşme bildirmiştir (33). Bu iki yayın bize yeterince beklenirse PKM'ların boyutlarının artacağını ortaya açıkça koymaktadır.

PKM'ları boyutlarına göre küçük (< 2cm), orta (2-4 cm) ve büyük (> 4 cm) olarak sınıflayan çalışmalar vardır (10,18,19). Genel olarak meningiömlarda ilk tanıda < 2cm boyutunda olanların 5 sene içerisinde semptomatik olma olasılığının düşük olduğunu bildiren yayınlar bulunmaktadır (32,39). Bu yazılar küçük belirti vermeyen meningiömların hemen tedavi edilmeyip, yakın radyolojik takibe alınabileceğini ve büyüme görüldüğünde tedavinin uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Van Havenberg ve ark. yayınlarında büyüyen tümörlerin yarısında klinik kötüleşme görülmeden büyümenin tespit edildiği, dolayısıyla asemptomatik küçük PKM'larda takip yapılabileceği ve büyüme görüldüğünde tedavi uygulanabileceğini belirtmiştir (35). Fakat buna karşı olarak Ramina ve ark. küçük PKM'ların daha az komplikasyon riski ile gros total rezeksiyon (GTR) yapılabileceğini ve tümör boyutundaki küçük artışların bile kavernoöz sinüs ve kranyal sinir tutulumuna yol açıp nörolojik araz riskini GTR da artıracağını savunmuş ve bekle gör stratejisini önermemişlerdir (26).

Artan şekilde asemptomatik küçük PKM'larda stereotaktik radyocerrahi (SRC) nin kullanımı tümör büyümesini ve tümörün önemli anatomik bölgelere yayılmasını durdurmak için artmaktadır. Tabi ki bu artan kullanım aynı zamanda SRC kullanımının getirebileceği radyasyon yan etkisi ve olası nörolojik arazlar açısından dengeli olmalıdır (10).

Küçük asemptomatik PKM'lar için bekle-gör şeklinde davranılmasını destekleyen yayınlar ilk kontrol MR tetkikinin üçüncü ayda yapılması gerekliliğini vurgulamışlardır (29). SRC'den sakınmanın nadir oluşan gecikmiş kranyal sinir nöropatileri, iskemik arazlar, radyasyonun daha agresif bir tümöre dönüşüm sağlayabileceği çekinceleri vardır (10).

Küçük, asemptomatik PKM'larda yakın takip şartıyla gözlem hastanın yaşı, klinik durumu da göz önünde bulundurularak uygulanabilir (2,10).

■ PKM'DA RADYOCERRAHI

Subach ve ark. 1998 yılında PKM'larda Gamma Knife (GK) serilerini yayınladılar. Bu çalışmada tümör büyüme kontrolünü 37 aylık takipte %92 olarak bildirdiler. Bu yayındaki hastalara bakıldığında heterojen büyüklüğe sahip hasta grubu olduğu görülmektedir. GK'a bağlı kranyal sinir arazı %5'tir ve sonuç olarak 30 mm den küçük meningiömlara bu tedavinin daha uygun olacağını belirtmişlerdir (31).

Flannery ve ark. 168 PKM daha uzun süre takipli GK serilerinde 5 yıldaki tümör büyüme kontrolünü %91, 10 yılda %86 olarak bildirdiler. Yazarlar bu çalışmada tümör hacmi >8 cm³ olan vakalarda tedavi sonrası tümörde büyüme ve klinik bulgular ortaya çıkması şansını artırdığını belirtmişlerdir (9).

Roche ve ark. çapı <3cm olan PKM'lara uyguladıkları GK tedavisinde tümörde ilerlemesiz yaşam oranını %100 olarak bildirdiler. Ortalama klinik takip süresi 56 aydı. Yazarlar kalıcı nörolojik arazı sadece iki hastada gördüklerini belirttiler. Sonuç olarak GK'ın küçük ve orta boyuta sahip PKM'larda mikrocerrahiye alternatif olarak etkin bir tedavi olduğunu önerdiler (27).

Trigeminal nevralsi (TGN) PKM'larda diğer bir klinik bulgu olup GK tümör kontrolünü sağlasa da hastalar nevralsileri için ek tedaviye ihtiyaç gösterebilirler. Bu tarz dirençli ağrıları olan hastalarda tümörün çıkarılması ve sinir dekompresyonu daha iyi klinik sonuç verebilir (13).

Starke ve ark. 254 PKM hasta bilgisini içeren çok merkezli çalışmada ortalama tümör hacmi 7,8 cm³, ortalama klinik takip 71 aydı. Bu süre içerisinde tümörlerin %52'sinin boyutu sabit, %39'unun boyutu gerilemiş ve %9 tümörün boyutu ise artmıştır. Tümörde ilerleme olmadan yaşam oranı 12 senede %80 idi. Yazarlar GK'ın PKM'larda uzun zamanlı tümör büyümesini kontrol oranının yüksek olduğu, küçük tümör hacmi ve tedavi öncesinde radyoterapi (RT) almayanların daha iyi sonuçlar elde ettiğini belirttiler (30).

Küçük (ortalama tümör hacmi 4 cm³), insidental PKM olarak teşhis edilen 60 hastada Sadik ve ark. GK tedavisi sonuçlarını 5 yıl takipte tümör büyüme kontrolünü %98, 7. yılda %93 olarak bildirdiler. Bunlara ilave olarak TGN kliniği olan hastaların semptomlarında iyileşme olduğunu bildirdiler (28).

Orta ve büyük boyuta sahip PKM'lar için literatürde geniş seriler görülmemektedir. Var olan bildirimler meningioma GK serilerinin içinde birkaç hasta olarak görülmektedir. Bunlardan çıkan sonuçlarda GK'ın ciddi komorbiditeleri olup cerrahiye giremeyecek hastalarda kullanılabileceği belirtilmektedir (8).

■ ORTA ve BÜYÜK PKM'LARI TAMAMEN ÇIKARILIM MI?

PKM'ların boyutları arttıkça cerrahisinin güçlükleri de artmaktadır ve hastanın ameliyat sonrası birçok nörolojik araz ile karşılaşması en iyi nörocerrahların ellerinde bile

mümkün olmaktadır. Literatürde GTR ile subtotal rezeksiyon (STR) ve totale yakın rezeksiyon (near total resection (NTR)) uygulamalarının sonuçlarını bildiren yayınlar bildirilmiş olup, süregelen bir tartışma devam etmektedir.

Al-Mefty ve ark. GTR'nu mümkün olduğunda savunmaktadır (3). GTR'un mümkün olmadığı vakaların beyin sapına yapı-şiklar var olduğu vakalar olarak görmektedirler. Bunun dışında operasyon sonrası gelişen kranyal sinir arazlarının çoğunun geçici olduğunu ve hatta kendi serilerinde kranyal sinir araz-ların GTR yapılmayan vakalarda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Diğer bir faktörün GTR'nun karnofsky performans skorunu (KPS) artırdığını ve kranyal sinir arazlarının KPS'na etki etmediğini ve hastanın yaşam kalitesine etkili olmadığını yazmış, STR ve sonrasında SRC/RT tedavisinin sadece rekürrensi geciktirdiğini düşünmektedirler. Ki bu son görüş başka yazarlar tarafından da gösterilmiştir (10). Aynı zamanda RT/SRC sonrası ilerleme gösteren vakalarda cerrahinin daha güç olduğunu bildiren yazarlar literatürde görülmektedir (21,23).

Pintea ve ark. petröz ve petroklival meningiom nedeni ile ameliyat edilen hastalarda, ameliyat sonrası cerrahin gözlemini yansıtan KPS skoru ile hastanın görüşünü yansıtan hayat kalitesi testinin sonuçlarının ameliyat öncesi dönemde görüşmelerde hastanın bakış açısının dikkate alınması hususunun önemine dikkat çekmişlerdir (25).

Orta ve geniş büyüklükteki PKM'larda komplikasyon oranlarının yüksek olması agresif GTR'ların yerini hastanın hayat kalitesini koruyacak tedavi şekillerine doğru evrilmeye başladığını görmekteyiz. Bu eğilim hastanın hayat kalitesine dikkat edilmesi, SRC'nin, intraoperatif monitörizasyon tekniklerinin ve kafa tabanı cerrahi tekniklerinde gelişim ile gerçekleşmektedir.

Jung ve ark. STR yaptıkları 38 hastada %42 oranında tümör ilerlemesi bildirmişler, fakat bu büyümenin oldukça yavaş olduğuna vurgu yapmışlardır (ortalama tümörün hacminin iki katına çıkma zamanı 8 yıl). Aynı zamanda bu tümör büyümesi gösteren hastaların tamamıyla fonksiyonel açıdan yetkin bir yaşam sürdürdüklerini belirtmişlerdir. Sonrasında hastalar tekrar cerrahi ve/veya RT ile tedavi edilmişlerdir. Özellikle yaşlı hastalarda RT/SRC ile beraber veya olmaksızın ile STR'nu desteklemişlerdir (12).

Li ve ark. cerrahi serilerde GTR'un yaklaşık %45 olduğunu ve bu hastaların diğer cerrahi tiplerine göre daha az nüks gösterdiğini bildirmiştir (16). Bu cerrah ve cerrahi açıdan baktığımızda GTR'un önemini gösterir. Fakat bu sonuçlar hastanın hayat kalitesinin korunması kavramı ile dengelenmelidir (10,29).

Diluna ve Bulsara meta analiz makalesinde cerrahi serilerde en sık kranyal sinir arazları, motor arazlar ve beyin omurilik sıvısı kaçağı olduğu bildirilmiştir (7). Daha yakın zamanlı yayınlarda da bu oran daha iyiye gitmemiştir (10,37). Daha az agresif cerrahi yapıldığında daha az ameliyat sonrasında morbidite görüldüğünü bildiren yayınlar vardır (10). Little ve ark. ve Morisako ve ark. ameliyat esnasındaki bulgulara göre özellikle fibröz tümörlerde nörovasküler yapıları yapışık tümör parçalarının bırakılmasının önemine değinmişler, bu stratejinin fibröz tümörlerde veya kranyal sinirlere, perforan arterlere, beyin sapına yapışık olan veya kavernöz sinüse ulaşan tümörlerde GTR oranını azalttığını ve NTR oranını artırdığını ortaya

koymuşlardır (20,22). Cerrahideki bu değişim ameliyat sonrası kranyal sinir arazlarında belirgin azalmaya sebep olurken, GTR ile NTR arasında tümör ilerlemesi açısından belirgin bir farklılık göstermemiştir. Diğer taraftan aynı yazarlar STR'da GTR veya NTR ile mukayese edildiğinde tümör büyümesinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Seifert da ameliyat esnasındaki bulgulara göre rezeksiyonun şekillendirilmesi fikrine katılmıştır (29).

Tam bir rezeksiyonun yapılması sadece cerrahin kabiliyetine değil, aynı zamanda tümörün özelliklerine bağlıdır. GTR PKM'larda tümör büyüdükçe güçleşmektedir ve hastada morbidite riski artmaktadır. GTR'un tümör rekürrensini azaltmadaki belirgin etkisi literatürde gösterilmiştir. Fakat literatür hastaların yaşam kalitesine odaklanan daha konservatif rezeksiyon stratejilerinin mümkün olduğunu desteklemektedir.

■ CERRAHİ YAKLAŞIMLAR

Beyin cerrahisinde tüm cerrahi yaklaşımlarda olduğu gibi petroklival bölgeyle ulaşırken oluşabilecek morbidite ve mortaliteyi azaltmak için bölgeye daha iyi bir açı ile daha kısa mesafeden ulaşmak, nörovasküler yapıları daha az ekarte etmek ve GTR yapabilmeyi mümkün kılacak ve tümöre kemik ve duradan çıktığı yere direkt ulaşım sağlayacak cerrahi yaklaşımlar geliştirilmeye çalışılmıştır.

Bu bölgeye yaklaşımları kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

Retrosigmoid Yaklaşım ve Varyasyonları

Genellikle uzanımının büyük kısmının posterior fossaya doğru olduğu tümörlerde uygundur. Varyasyonları suprameatal drillleme veya tentoriumun açılması şeklinde olabilir. Cerraha orta fossa ve Meckel kovuğuna ulaşma izni verir. Bu yaklaşım birçok cerrahin aşına olduğu, temporal lob gerilmesine bağlı komplikasyonlarda kaçınılabileceğimiz bir yaklaşımdır. Temel dezavantajları cerrahi bölgenin derinde kalması ve 7. ve 8. kranyal sinir kompleksinin cerrahi giriş ve çıkış sahasında kalması ve hasarlanma riskidir. Bu yaklaşımda aynı zamanda tümörü devaskülerize etmek cerrahinin erken safhalarında pek mümkün olmamaktadır. Bu yaklaşım ile beraber kraniotomi sahası genişletilerek infratentoryal suprasereballar giriş beraber kullanılabilir. İnternal meatus seviyesi üzerinden kaynaklanan tümörlerde bu yaklaşım uygun olabilir. Bu yaklaşımların ana dezavantajlarından biri kavernöz sinüs lateral duvarı ile orta fossaya olan önde yerleşen tümör kısımları ile uğraşmaktır. İkinci bir cerrahi gerekli olabilir (6,10,17,36,38).

Pretemporal Yaklaşım

Frontotemporal kranyotomiye ilave olarak orbitanın lateral kenarı veya zigomanın alınması ile yapılır. Dura dışı kemik kısmı yapıldıktan sonra kavernöz sinüsün lateral duvarı temporal dura ile kavernöz sinüs arasında plan geliştirilerek sıyrılmasıdır. Bu yaklaşım ile kavernöz sinüs için ve dışındaki tümör kısımları arasında tam hat belirlenebilir. İntradural temporal lob gerilmesinden kaçınılabılır ve orta meningeal arterden gelen besleyici damarlar rahatlıkla kontrol edilebilir. Bu yaklaşım orta fossa ve kavernöz sinüse uzanımı olan sfenokavernopetroklival meningiomlarda uygundur. En sık göz hareketleri ile ilişkili kranyal sinir arazlarına yol açan problemler görülebilir. Aşağı klival bölgeye ulaşamaz (10,29,37).

Transpetrozal Yaklaşımlar

Temel olarak anterior petrozektomi (AP), posterior petrozektomi (PP) ve bunların kombinasyonu şeklinde olarak sınıflandırılır. AP inferiora ve internal akustik meatusa doğru laterale uzanmayan vakalarda kullanılabilir. AP fasyal sinir paralizisi, işitme kaybı ve BOS kaçağı riskini PP'ye kıyaslandığında azaltır. Fakat AP'minin büyük süperfisyel petrozal sinir ve genikülat ganglionu zarar verme riski vardır. Küçük cerrahi alandan dolayı dura kapatılması güç olabilir. Aynı zamanda bu yaklaşım uzun süreli temporal lob çekilmesi gerektirdiğinden kognitif sorunlar ve temporal lob ödemi gelişebilir (1,4,10).

PP'de alınan kemik miktarına göre sınıflama yapılır ve retro-labirintin, translabirintin ve transkohlear olarak isimlendirilebilirler. Bu yaklaşımın ana amacı posteriordan anteriora, lateralden mediale ve inferiorda süperiora temporal lob altından bazal sistemlere koridor yaratmak için transvers ve sigmoid sinüs geçiş bölgesini mobilize etmektir. Sinüsü mobilize etmek süperior petrozal sinüsü sigmoid sinüs önünde keserek ve transvers sinüsün üzerinde duraya insizyon yaparak mümkün olur (10).

PKM'lar için AP ile PP'ler genellikle birlikte kullanılırlar. Bu kombine yaklaşım tümör ve kritik nörovasküler yapıları birçok açıdan görmeyi sağlar. Tentoriumun rezeksiyonu bu yaklaşımda önemli bir adımdır (5,10,11).

Transpetrozal yaklaşımların avantajları, çalışma mesafesinin kısa olması, tümörün erken devaskülerize edilebilmesi, beyin gerilmesinin az olması ve rezeksiyon esnasında birçok farklı açının kullanılabilmesidir. Dezavantajları çok zaman alması, teknik açıdan kolay olmaması, işitme kaybı, kranyal sinir araz riski, venöz sinüs trombozu ve pulmoner emboli riskidir.

Endoskopik Endonazal Yaklaşımlar

Bu yaklaşımdaki amaç beyin gerilmesinden kaçınmak ve cerrahi esnasında rota üzerinde yer alan kranyal sinirlere oluşan zararları önlemek için düşünülmüştür. Gerçek PKM'ların 6. kranyal siniri mediale ittiği için bu yaklaşımı uygunsuz hâle getirmektedir. Küçük intradural lezyonlar ve orta klival bölgede ortada yerleşmiş için tümörler için kullanılabilir (10,34).

Uygun cerrahi yaklaşımın seçilmesinde tümörün yerleşimi (posterior fossa, orta fossa veya her ikisi) hastanın yaşı, ameliyat öncesi işitme kaybı gibi nörolojik arazların durumu, cerrahinin amacı (ne kadar geniş rezeksiyon yapılacak, cerrah bu rezeksiyon için yapılacak rezeksiyona hakim mi?) göz önüne alınır. Farklı yaklaşımlar birleştirilerek ve bazı hastalarda birkaç safhada bu cerrahiler gerçekleştirilebilir.

■ CERRAHİ ve DİĞER YÖNTEMLERLE BERABER PKM'LARIN TEDAVİSİ

Kim ve ark. yayınlarında STR ile beraber SRS/RT kullanıldığında tümörde ilerleme olmadan yaşam süresinin belirgin bir şekilde GTR yapılan hastalardan farklı olmadığını bildirmişlerdir (14). Genel olarak da beyin cerrahisi literatürü daha konservatif yaklaşımları seçmektedir (10). STR artı adjuvan tedavi alan hastalar KPS ve kranyal sinir arazi açısından daha iyi durumda oldukları bildirilmiş. Bu sonuçlar başka çalışmalar tarafından

da gösterilmiştir (10). Li ve ark. GTR olmayan cerrahiden sonra adjuvan olarak SRC alan hastalarda SRC almayan hastalara göre daha az tümörde büyüme/rekürrens gördüler (18). Buna rağmen GTR amaçlayan cerrahi ile STR artı SRS arası üstünlük hâlen literatürde tartışma alanıdır (10).

■ SONUÇ

PKM'larda tedavi stratejisi, hastanın yaşı, genel sağlık durumu ve bulguları, onkolojik hedefler, hastanın hayat kalitesinin korunması, hastanın beklentileri, cerrahin intraoperatif değerlendirmeleri bir arada değerlendirilerek ortaya konulabilir.

■ KAYNAKLAR

1. Adachi K, Hasegawa M, Tateyama S, Kawazoe Y, Hirose Y: Surgical strategy for and anatomic locations of petroapex and petroclival meningiomas based on evaluation of the feeding artery. *World Neurosurg* 116:e611-e623, 2018
2. Agarwal V, McCutcheon BA, Hughes JD, Carlson ML, Glasgow AE, Habermann EB, Nguyen QB, Link MJ, Van Gompel JJ: Trends in management of intracranial meningiomas: Analysis of 49,921 cases from modern cohort. *World Neurosurg* 106: 145-151, 2017
3. Almefty R, Dunn IF, Pravdenkova S, Abolfotoh M, Almefty O: True petroclival meningiomas: Results of surgical management. *J Neurosurg* 120:40-51, 2014
4. Altieri R, Sameshima T, Pacca P, Crobeddu E, Garbossa D, Ducati A, Zenga F: Detailed anatomy knowledge: first step to approach petroclival meningiomas through the petrous apex. *Anatomy lab experience and surgical series. Neurosurg Rev* 40:231-239, 2017
5. Chanda A, Nanda A: Partial labyrinthectomy petrous apicectomy approach to the petroclival region: An anatomic and technical study. *Neurosurgery* 51:147-159; discussion 159-160, 2002
6. Chen LF, Yu XG, Bu B, Xu BN, Zhou DB: The retrosigmoid approach to petroclival meningioma surgery. *J Clin Neurosci* 18:1656-1661, 2011
7. Diluna ML, Bulsara KR: Surgery for petroclival meningiomas: A comprehensive review of outcomes in the skull base surgery era. *Skull Base* 20:337-342, 2010
8. Fatima N, Meola A, Pollom E, Chaudhary N, Soltys S, Chang SD: Stereotactic radiosurgery in large intracranial meningiomas: A systematic review. *World Neurosurg* 129: 269-275, 2019
9. Flannery TJ, Kano H, Lunsford LD, Sirin S, Tormenti M, Niranjan A, Flickinger JC, Kondziolka D: Long-term control of petroclival meningiomas through radiosurgery. *J Neurosurg* 112:957-964, 2010
10. Giammattei L, di Russo P, Starnoni D, Passeri T, Bruneau M, Meling TR, Berhouma M, Cossu G, Cornelius JF, Paraskevopoulos D, Zazpe I, Jouanneau E, Cavallo LM, Benes V, Seifert V, Tatagiba M, Schroeder HWS, Goto T, Ohata K, Almefty O, Fukushima T, Messerer M, Daniel RT, Froelich S: Petroclival meningiomas: Update of current treatment and consensus by the EANS skull base section. *Acta Neurochir (Wien)* 163:1639-1663, 2021
11. Grossi PM, Nonaka Y, Watanabe K, Fukushima T: The history of the combined supra- and infratentorial approach to the petroclival region. *Neurosurg Focus* 33:E8, 2012

12. Jung HW, Yoo H, Paek SH, Choi KS: Long-term outcome and growth rate of subtotally resected petroclival meningiomas: Experience with 38 cases. *Neurosurgery* 46:567-574; discussion 574-565, 2000
13. Kano H, Awan NR, Flannery TJ, Iyer A, Flickinger JC, Lunsford LD, Kondziolka D: Stereotactic radiosurgery for patients with trigeminal neuralgia associated with petroclival meningiomas. *Stereotact Funct Neurosurg* 89:17-24, 2011
14. Kim JW, Jung HW, Kim YH, Park CK, Chung HT, Paek SH, Kim DG, Lee SH: Petroclival meningiomas: Long-term outcomes of multimodal treatments and management strategies based on 30 years of experience at a single institution. *J Neurosurg* 132:1675-1682, 2019
15. Kunii N, Ota T, Kin T, Kamada K, Morita A, Kawahara N, Saito N: Angiographic classification of tumor attachment of meningiomas at the cerebellopontine angle. *World Neurosurg* 75:114-121, 2011
16. Li D, Hao SY, Wang L, Tang J, Xiao XR, Jia GJ, Wu Z, Zhang LW, Zhang JT: Recurrent petroclival meningiomas: Clinical characteristics, management, and outcomes. *Neurosurg Rev* 38:71-86; discussion 86-77, 2015
17. Li D, Hao SY, Wang L, Tang J, Xiao XR, Zhou H, Jia GJ, Wu Z, Zhang LW, Zhang JT: Surgical management and outcomes of petroclival meningiomas: A single-center case series of 259 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 155:1367-1383, 2013
18. Li D, Tang J, Ren C, Wu Z, Zhang LW, Zhang JT: Surgical management of medium and large petroclival meningiomas: A single institution's experience of 199 cases with long-term follow-up. *Acta Neurochir (Wien)* 158:409-425; discussion 425, 2016
19. Liao CH, Wang JT, Lin CF, Chen SC, Lin CJ, Hsu SPC, Chen MH: Pretemporal trans-Meckel's cave transtentorial approach for large petroclival meningiomas. *Neurosurg Focus* 44:E10, 2018
20. Little KM, Friedman AH, Sampson JH, Wanibuchi M, Fukushima T: Surgical management of petroclival meningiomas: Defining resection goals based on risk of neurological morbidity and tumor recurrence rates in 137 patients. *Neurosurgery* 56:546-559; discussion 546-559, 2005
21. Magill ST, Lee DS, Yen AJ, Lucas CG, Raleigh DR, Aghi MK, Theodosopoulos PV, McDermott MW: Surgical outcomes after reoperation for recurrent skull base meningiomas. *J Neurosurg* 130:876-883, 2018
22. Morisako H, Goto T, Ohata K: Petroclival meningiomas resected via a combined transpetrosal approach: Surgical outcomes in 60 cases and a new scoring system for clinical evaluation. *J Neurosurg* 122:373-380, 2015
23. Natarajan SK, Sekhar LN, Schessel D, Morita A: Petroclival meningiomas: Multimodality treatment and outcomes at long-term follow-up. *Neurosurgery* 60:965-979; discussion 979-981, 2007
24. Pieper DR, Al-Mefty O: The surgical management of petroclival meningiomas. In: Kaye AH, Black PM (eds), *Operative Neurosurgery*, Vol 1. Harcourt Publishers Limited, 2000:559-574
25. Pintea B, Kandenwein JA, Lorenzen H, Bostrom JP, Daher F, Velazquez V, Kristof RA: Factors of influence upon the SF-36-based health related quality of life of patients following surgery for petroclival and lateral posterior surface of pyramid meningiomas. *Clin Neurol Neurosurg* 166:36-43, 2018
26. Ramina R, Neto MC, Fernandes YB, Silva EB, Mattei TA, Aguiar PH: Surgical removal of small petroclival meningiomas. *Acta Neurochir (Wien)* 150:431-438; discussion 438-439, 2008
27. Roche PH, Pellet W, Fuentes S, Thomassin JM, Regis J: Gamma knife radiosurgical management of petroclival meningiomas results and indications. *Acta Neurochir (Wien)* 145:883-888; discussion 888, 2003
28. Sadik ZHA, Lie ST, Leenstra S, Hanssens PEJ: Volumetric changes and clinical outcome for petroclival meningiomas after primary treatment with Gamma Knife radiosurgery. *J Neurosurg* 129:1623-1629, 2018
29. Seifert V: Clinical management of petroclival meningiomas and the eternal quest for preservation of quality of life: Personal experiences over a period of 20 years. *Acta Neurochir (Wien)* 152:1099-1116, 2010
30. Starke R, Kano H, Ding D, Nakaji P, Barnett GH, Mathieu D, Chiang V, Yu JB, Hess J, McBride HL, Honea N, Lee JY, Rahmathulla G, Evanoff WA, Alonso-Basanta M, Lunsford LD, Sheehan JP: Stereotactic radiosurgery of petroclival meningiomas: A multicenter study. *J Neurooncol* 119:169-176, 2014
31. Subach BR, Lunsford LD, Kondziolka D, Maitz AH, Flickinger JC: Management of petroclival meningiomas by stereotactic radiosurgery. *Neurosurgery* 42:437-443; discussion 443-435, 1998
32. Sughrue ME, Rutkowski MJ, Aranda D, Barani IJ, McDermott MW, Parsa AT: Treatment decision making based on the published natural history and growth rate of small meningiomas. *J Neurosurg* 113:1036-1042, 2010
33. Terasaka S, Asaoka K, Kobayashi H, Yamaguchi S, Sawamura Y: Natural history and surgical results of petroclival meningiomas. *No Shinkei Geka* 38:817-824, 2010
34. Van Gompel JJ, Alikhani P, Tabor MH, van Loveren HR, Agazzi S, Froelich S, Youssef AS: Anterior inferior petrosectomy: Defining the role of endonasal endoscopic techniques for petrous apex approaches. *J Neurosurg* 120:1321-1325, 2014
35. Van Havenbergh T, Carvalho G, Tatagiba M, Plets C, Samii M: Natural history of petroclival meningiomas. *Neurosurgery* 52:55-62; discussion 62-54, 2003
36. Watanabe T, Katayama Y, Fukushima T, Kawamata T: Lateral supracerebellar transtentorial approach for petroclival meningiomas: Operative technique and outcome. *J Neurosurg* 115:49-54, 2011
37. Wayhs SY, Lepski GA, Frighetto L, Isolan GR: Petroclival meningiomas: Remaining controversies in light of minimally invasive approaches. *Clin Neurol Neurosurg* 152:68-75, 2017
38. Yamahata H, Tokimura H, Hirahara K, Ishii T, Mori M, Hanaya R, Arita K: Lateral suboccipital retrosigmoid approach with tentorial incision for petroclival meningiomas: Technical note. *J Neurol Surg B Skull Base* 75:221-224, 2014
39. Zeng L, Liang P, Jiao J, Chen J, Lei T: Will an asymptomatic meningioma grow or not grow? A meta-analysis. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 76:341-347, 2015