



Sfeno-Orbital Meningiomas

Spheno-Orbital Meningiomas

Onur ERDOĞAN, Yaşar BAYRİ

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

Yazışma adresi: Yaşar BAYRİ ✉ ybayri2000@yahoo.com

ÖZ

Sfeno-orbital meningiomas, sfenoid kanattan köken alan ve orbitaya doğru uzanım gösteren, çevre kemik yapılarında hiperostozis ile seyreden en-plak meningiomlardır. En sık görülen klinik semptomu proptozisdir. Proptozis dışında orbital ağrı, görme defisiti, ptozis, diplopi, ektropion görülebilir. İlk seçenek cerrahi tedavidir. Cerrahi tedavide amaç radikal tümör eksizyonu ile beraber etkilenen duranın ve hiperostotik kemiğin çıkarılmasıdır. Ayrıca rezeksiyon sonrası rekonstrüksiyonun sağlanması, proptozisin azaltılması ve iyi kozmetik sonuç ile beraber oküler ve kranial sinir fonksiyonunun korunması amaçlanır. Vakaların çoğunda maksimum rezeksiyon minimal morbidite ile sağlanabilir. Rezidü ve nüks vakalarda radyoterapi primer veya adjuvan olarak uygulanabilir. Sfeno-orbital meningiomasların nüks riski yüksek olduğu için, bu hastalar uzun vadede klinik ve radyolojik olarak yakın takip edilmelidir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Meningiom, Sfenoid kanat, Orbita, Hiperostoz

ABSTRACT

Spheno-orbital meningiomas are en-plaque meningiomas that originate from the sphenoid wing and extend towards the orbit, with hyperostosis in the surrounding bone structures. The most common clinical symptom is proptosis. Orbital pain, visual deficit, ptozis, diplopia, and ectropion can be seen. The first option for treatment is surgery. The aim of surgical treatment is radical tumor excision with removal of the affected dura and hyperostotic bone. In addition, it is aimed to ensure reconstruction after the resection, reduce proptosis, and preserve ocular and cranial nerve function. In most cases, maximum resection can be achieved with minimal morbidity. Radiotherapy is also an option for residual tumor or recurrent cases. Since spheno-orbital meningiomas have a high risk of recurrence, and these patients should be followed-up clinically and radiologically in the long term

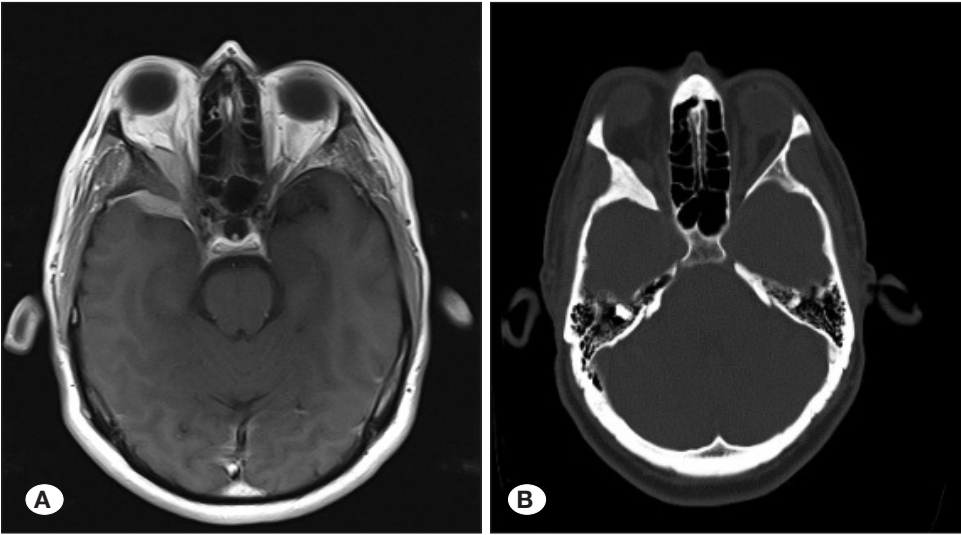
KEYWORDS: Meningioma, Sphenoid wing, Orbit, Hyperostosis

■ GİRİŞ

Cushing ve Eisenhardt 1938 yılında sfenoid kanat meningiomaslarını intradural ekzofitik olanlar ve en-plak büyüyen meningiomas olarak ikiye ayırmışlardır. Sfenoid kanat boyunca devam eden ve orbitaya kadar uzanan, dura üzerinde halı benzeri büyüme sergileyen ve reaktif bir hiperostoz ile seyreden bu meningiomaslar sfeno-orbital meningiomas (SOM) olarak bilinirler (Şekil 1A, B). Bu meningiomaslar en-plak sfenoid kanat meningioması, sfenoid kanadın hiperostotik meningioması, en plak pterional meningioması, sfenoid kanadın invazif meningioması, pterional-

orbital meningiomas, osteomeningiomas ve meningiomas ossöz hiperostant gibi farklı isimlerle adlandırılmıştır. (4,7,16,17) Konveksitede en plak meningiomas nadir görülürler, en plak meningiomasların en sık görüldüğü yer sfenoid kanattır.

SOM globoid veya en plak olarak görülebilirler. Orbitayı, superior orbital fissürü, kavernöz sinüsü invaze edebilirler ve paranasal sinüslere kadar ulaşabilirler(18). Bu tümörlerde kemik içerisinde tümör büyümesine bağlı olarak belirgin bir hiperostoz gözlenirken, duradaki tümör büyümesi ince fakat geniş tabanlı bir yayılım gösterir. SOM'larında temporal kemiğin skuamöz kısmı, büyük sfenoid kanat, lateral orbita



Şekil 1: A) Aksiyel kontrastlı T1 görüntüde tümörün dural ve intraorbital komponenti yaygın kontrast tutmaktadır. **B)** BT'de sfenoid kanat ve sağ orbita lateral kenarındaki hiperostoz gözükmemektedir.

duvarı, küçük sfenoid kanat, anterior klinoid ve orta fossa tabanı gibi kemik yapılarında hiperostoz izlenebilir. Bu hiperostoz vakaların büyük kısmında tümör büyümesine sekonder olarak gözlenmektedir (2,15). Tümörün intradural kısmı gloiboid veya en-plak şekilde büyümüş olabilir. İntraorbital tümör ekstra veya intraperiorbital olabileceği gibi, ekstra veya intarkonal yerleşebilir ve orbita apeksi tümör tarafından invaze edilebilir. Tümörün yumuşak kısımdaki büyüme infratemporal fossa ve temporal kas gibi orbita dışındaki ekstrakranial yapılara ulaşabilir. Kemik invazyonunun bu derece yaygın olması nedeniyle ayırıcı tanıda fibröz displazi, osteoblastik metastazlar, osteoma, Paget hastalığı, frontalis interna hiperostozu, eritroid hiperplazi ve sarkoidoz da göz önüne alınmalıdır (10,13,20). Ayrıca sfeno-orbital meningiomları, primer olarak optik sinir kılıfından gelişip sfenoid kanadı invaze eden meningiomlarla ayırt etmek gerekmektedir (3).

■ KLİNİK SEYİR

Sfeno-orbital meningiomlarda en sık görülen klinik belirti genellikle tek taraflı, pulsatil olmayan proptozistir. Proptozisin olası nedenleri, orbita duvarındaki hiperostoz, periorbital tümör invazyonu, intraorbital tümör ve çevredeki oftalmik damarlardaki kompresyona bağlı venöz staz olabilir. Proptozis dışında da göz semptomları gelişebileceğinden, hastalar ayrıntılı bir oftalmolojik muayene ile değerlendirilmelidir. Orbital ağrı, görme defisiti, ptozis, diplopi, ektropion, konjonktivit, korneal ülserasyon ve skleral hemorajiler görülebilir. Optik foramenin daralmasına bağlı olarak tek taraflı görme kaybı çok nadir de olsa gelişebilir. Hastalarda bu nörolojik semptomlarla uyumlu olacak şekilde optik atrofi, azalmış görme keskinliği, azalmış görme alanı, kranial sinir parezisi ve trigeminal hiperestezi saptanabilir. Kavernoöz sinüs ve superior orbital fissür invazyonuna bağlı III, IV, VI. sinir parezi bulguları görülebilir. Trigeminal sinirin birinci dalı boyunca görülen fasyal hiperestezi, süperior orbital fissür invazyonunu işaret eder. Baziler foramenlerin hiperostozu veya kavernoöz sinüs invazyonu sonucunda trigeminal sinirin ikinci ve üçüncü dalları boyunca fasyal hiperestezi saptanır.

■ GÖRÜNTÜLEME

BT

Bilgisayarlı tomografi (BT), en plak meningiomlarda kemik invazyonunu daha iyi göstermesi açısından kullanılmalıdır. Kemik pencerede, orbita çatısı ve yan duvar, büyük ve küçük sfenoid kanat, anterior klinoid, temporal sküamöz kemik, sfenoid gövde, sfenoid sinüs ve etmoid sinüsün yan duvarları gibi yapılar hiperostoz açısından detaylı incelenmelidir. Ayrıca bilgisayarlı tomografi cerrahi için rekonstrüksiyonun planlanması açısından da faydalıdır. Hiperostozun boyutu ile meningeal tümörün boyutu arasında bir ilişki yoktur. Genelde, daha küçük dural komponent daha büyük bir kemik kitlesi ile beraber bulunmaktadır. Sfeno-orbital meningiomlarda hiperostozun en sık görüldüğü yerler sırasıyla küçük sfenoid kanat, büyük sfenoid kanat, orbita çatısı, inferior orbital fissür, infratemporal fossa ve orbital rim şeklindedir.

MRG

Beyin manyetik rezonans görüntülemesi (MRG) sfeno-orbital meningiom tanısında diğer beyin tümörlerinde olduğu gibi en önemli görüntüleme tekniğidir. Kontrastlı görüntülemelerde tümörün dural kısmı yoğun kontrast tutar. Duranın kendisi çevredeki hiperintens kemik büyümesi nedeniyle tam olarak seçilemeyebilir. İntraorbital invazyonun değerlendirilebilmesi için yağ baskılı T1 sekansların değerlendirilmesi önemlidir.

■ GENETİK ÖZELLİKLER

Santral sinir sistemi tümörlerinin sınıflandırılmasında genetik özellikler günden güne önem kazanmaktadır. Meningiomların farklı alt gruplarını ortaya koyabilmek ve altta yatan onkojenik süreçleri aydınlatmak için genetik, transkripsiyonel ve epigenetik çalışmalar yapılmaktadır. NF-2 geninde fonksiyon kaybına yol açan genomik değişiklik meningiomların yaklaşık %50'sinde görülmektedir (9). Bu gen dışında yeni nesil dizileme çalışmaları ile AKT1, BAP1, TRAF7, KLF4, SMO, POLR2A, PIK3CA, PRKA-R1A, SUFU, SMARCE1, SMARCB1 gibi farklı genlerde somatik mutasyonların görüldüğü çeşitli

çalışmalarda ortaya konulmuştur (22). NF-2 genindeki biallelik kayıp ile SMARCB1 geninde görülen reküren mutasyonlar nadiren birlikte görülmektedir (6). Non-NF2 meningiomların yarısında TRAF7 geninde somatik mutasyon saptanmıştır (5). Youngblood ve ark. yaptıkları güncel bir çalışmada, PI3K geninde somatik mutasyon saptanan meningiomların daha kısa sürede tekrar etme eğilimi gösterdiklerini ve bu alt gruptaki meningiomların daha çok sfenoid kanada yerleşerek kritik yapıları sardıklarını göstermişlerdir (23). Jin ve ark.nın yaptıkları bir çalışmada sfenoid kanat yerleşimli meningiomların iki genomik alt gruba ayrıldığını göstermişlerdir. NF-2 mutasyonu görülen grupta kemik invazyonu çok yüksek oranda görülüp bu grup daha yüksek dereceli olma eğilimindedir. TRAF7 mutasyonu sergileyen diğer grup ise sfeno-orbital meningiomları ve hiperostoz ile seyreden diğer sfenoid kanat meningiomlarını kapsar. TRAF7 geni NFkB sinyal yolağında görev almaktadır. Bu yolak osteojenik süreçlerde yol alan önemli bir sinyal yolağıdır ve bu mekanizma ile hiperostozu yol açtığı öne sürülmüştür (12).

■ TEDAVİ

Sfeno-orbital meningiomlarda tedavideki ilk seçenek cerrahidir. Tümör boyutu 2,5 cm'den daha küçük tümörlerde, eğer tümör görme yollarına çok yakın değilse stereotaktik cerrahi düşünülebilir. Cerrahi tedavide amaç radikal tümör eksizyonu ile beraber etkilenen duranın ve hiperostotik kemiğin çıkarılmasıdır. Sfeno-orbital meningiomlarda kavernöz sinüs invazyonu total eksizyonun gerçekleşmesini engelleyebilir. Kavernöz sinüs invazyonu ile seyreden sfeno-orbital meningiomlarda ana strateji ekstrakavernöz alandaki tümör, dura mater ve infiltrate kemiğin çıkarılması, kalan intrakavernöz parçanın radyocerrahi gibi adjuvant tedavilerle tedavi edilmesi olmalıdır. Çünkü çok tecrübeli merkezlerde bile intrakavernöz kısmın çıkarılması sırasında okülomotor morbidite riski çok yüksektir (11,17).

■ CERRAHİ TEKNİK

Sfeno-orbital meningiomlarda tipik olarak frontotemporal yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın değişik modifikasyonları olan transzigomatik, orbitozigomatik ve orbital ve frontal yaklaşımlar tümörün yerleşimi, boyutu ve cerrahin tecrübesine göre tercih edilebilir.

Frontotemporal (pterional) kraniyotomiye uygun olan curvilinear cilt insizyonu tragusun 5-10 mm önünde olacak şekilde başlanılır. İnsizyon kulağı geçtikten sonra saç çizgisine dikkat edilecek şekilde ipsilateral frontal bölgeye doğru genişletilerek tamamlanır. Eğer pterion boyunca geniş bir infiltrasyon mevcutsa, insizyonu arkaya doğru genişletilebilir. Orbitozigomatik yaklaşım tercih edilecekse insizyonu kulak memesine kadar uzatmak gerekebilir.

Cilt insizyonu sonrası preauricular alandaki cilt altı diseksiyonu sırasında superfisial temporal arterin tanınması ve korunması, myokütanöz flebin vaskülaritesinin devam etmesi için önemlidir. Bu bölgede temporal arterin posterior dalı koagüle edilip kesilerek anteriordaki ana dalın korunması ve cilt flebi ile beraber anteriora devrilmesi sağlanır. Temporal fasyanın

diseksiyonu sırasında fasyal sinirin frontal dalını korumak için iki tür diseksiyon kullanılabilir. Bunlardan ilki cilt, cilt altı ve temporal kasın tek bir fasyomyokütanöz flep olarak kaldırılması ve kemikten ayrılarak anteriora ekarte edilmesidir. Bu yaklaşımın iki dezavantajı vardır. İlk dezavantajı, özellikle temporal adalesi belirgin hastalarda tek parça halinde kaldırılan fasyomyokütanöz flep kalın bir tabaka oluşturur, cerrahi yaklaşım sırasında derin görüşü engelleyebilir. Ayrıca sfeno-orbital meningiomlarda kas tutulumu mevcutsa, kas galeaya yapışık şekilde kaldırdığından tümörün bu parçası görülemeyebilir. Bu nedenlerle frontal dalı korumaya yönelik diğer yaklaşım kullanılabilir. Bu yaklaşımda temporal kasın hem yüzeysel hem de derin fasyası cilt ile beraber öne devrilir. Bu sayede temporal kasın her iki fasyası arasında seyreden fasyal sinirin frontal dalı korunmuş olur. Ayrıca fasyokütanöz flep öne doğru, temporal kas da aşağıya doğru devrilerek bu bölgedeki kemiğin üzeri daha geniş olarak ortaya konulmuş olur.

Temporal adale devrildikten sonra hiperostotik kemik ortaya çıkar. Eğer hiperostoz dışarıdan belli oluyorsa kraniyotomi bu hiperostotik kemiği içine alacak şekilde genişletilir. Eğer hiperostoz dışarıdan seçilemiyorsa standart pterional kraniyotomi yapılır. Sfeno-orbital meningiomlarda hiperostotik kemik ile alttaki tümörle invaze durayı birbirinden ayırmak önemlidir. Bu sağlanamadığında tümörden yaygın bir kanama gerçekleşebilir. Eğer tümürlü dura ile hiperostotik kemiğin ayrılması sağlanamadıysa bu durumda kraniyektomi tercih edilmelidir. Kraniyektomi ile tümürlü kemik parçası çıkarılarak dura ortaya konulmalıdır. Operasyon öncesi dönemde kranial BT'de hiperostozun nereye kadar ulaştığı iyi tetkik edilmelidir. Hiperostotik büyük sfenoid kanat, lateral orbital duvar ve orbital rim yüksek devirli motor ve rongeurlar kullanılarak çıkarılabilir. Eğer sfenoidin küçük kanadı, anterior klinoid, orbitanın çatısı veya optik kanal tümör içeriyorsa orbital frontal kraniyotomi uygulanabilir. Bu derindeki kemik yapıların çıkarılması sırasında yüksek devirli elmas uç kullanılmalı ve sürekli irrigasyon ile buradaki yapıların korunması sağlanmalıdır. Mümkünse hiperostotik kemiğin 1 cm'lik normal kemiği de içine alacak şekilde çıkarılması önerilir. Kemik invazyonunun geniş olduğu durumlarda nadiren de olsa etmoid ve sfenoid sinüslerin açılması gerçekleştirilebilir. Bu durumda sinüsler yağ dokusu ve fibrin yapıştırıcılar ile tıkanmalıdır. Orbita çatısı, sfenoidin küçük kanadı ve klinoid proseste hiperostoz olduğu zaman, optik kanal içerisinde hasara neden olabilecek fraktür gelişiminden kaçınılması için ekstra özen gösterilmelidir. Bu durumda orbito-frontal yaklaşım yapılırken iki parçalı kemik çıkarılması yapılmalıdır. Çünkü cerrahi sonrası görme fonksiyonu belli oranda kötüleştiikten sonra düzelmeye ihtimali düşüktür. Tümörün kemik komponenti çıkarıldıktan sonra frontal ve temporal lobun üzerindeki tümörle invaze dura çıkarılır (19).

Kavernöz sinüsün lateral duvarındaki dura trigeminal sinir dallarının lateraline kadar diseke edilir. Eğer bu kısımda tümör varsa çıkarılır. Kavernöz sinüs içerisindeki tümörün çıkarılması önerilmez. Genellikle, orbita içerisindeki tümör uzanımı ekstraorbitaldir. Tümörün bu kısmı, lateral orbital duvar çıkarıldıktan sonra periorbita uygun şekilde disseke edilerek çıkarılır. Orbital apeks, Zinn halkası ve superior orbital fissür

üzerindeki tümör kısımları kranial sinirlere zarar vermemek için bırakılmalıdır.

Dura tamirinde perikranyel greft, temporal fasya veya dikilebilir dura grefti kullanılabilir. Duranın su geçirmeyecek şekilde kapatılması ve gerekirse fibrin yapıştırıcılar ile güçlendirilmesi önemlidir. Eğer sfenoid sinüs veya etmoid sinüsler açılmışsa, bu bölgeler otolog yağ grefti ve fibrin yapıştırıcılar ile doldurularak kapatılmalıdır. Pterional bölgedeki kemik defekti split kalvaryal greft veya kaburga gibi otolog kemik greftleri kullanılarak kapatılabilir. İkinci bir seçenek, metilmetakrilat veya titanium mesh gibi sentetik materyallerin kullanılmasıdır. Eğer periorbital defekt mevcutsa bu defektin direkt veya temporal fasya kullanılarak tamir edilmesi önerilir. Buradaki temel amaç, orbital kompartmanı intrakranyal bölgeden ayırmak ve orbitanın duraya yapışmasını engellemektir. Orbita duvarının tamiri konusu tartışmalıdır. Eğer orbita tabanı ve/veya orbital rim çıkarıldı ise orbital ptoz, postoperatif diplopi, kozmetik defekt gelişme riski çok yüksektir. Bu nedenle rekonstrüksiyon önerilir (14). Superior ve lateral orbita duvarının çıkarıldığı durumlarda ise, periorbita intaktsa veya tamir edilirse rekonstrüksiyon yapılmadan da iyi kozmetik sonuç elde edildiği gösterilmiştir (2,20).

■ SONUÇLAR

Vakaların çoğunda minimal morbidite ile gross total rezeksiyon sağlanabilir. Sfeno-orbital meningiomlarda uzun dönem sonuçları en çok etkileyen nokta yüksek rekürens riskidir. Çeşitli serilerde 24-72 aylık takiplerde %6'dan %60'a kadar değişen oranlarda rekürens bildirilmiştir (2,10,18,19). Tam olmayan rezeksiyon, dural komponentin eksik çıkarılması, çevre nörovasküler yapılarıdaki invazyon, kemik invazyonu tümör rekürensine neden olan faktörlerdir. Ayrıca tümörün anaplastik olması, yüksek proliferasyon indeksi, kompleks karyotip gibi özellikler rekürens riskini artırır. Orbital uzanımı ileri derecede olmayan tümörlerde 10 yıllık rekürens riski %9-15 arasında iken 20 yıllık risk %20'lere varmaktadır.

Yayınlanan olgu serilerinde proptoziste operasyon öncesi döneme göre hastaların %80'e yakınında iyileşme sağlandığı bildirilmiştir (2,8,10,17-19) (Tablo I). Bazı olgu serilerinde çok nadiren cerrahi girişim gerektiren enoftalmus gelişmiştir. Literatürde görmede azalma gelişen hastaların %44'ünde cerrahi sonrası dönemde görmede iyileşme gerçekleşmiştir.

■ KOMPLİKASYONLAR

Cerrahi sırasında kemik duradan geniş bir segment boyunca sıyrıldığı ve buna bağlı olarak geniş bir epidural boşluk yaratıldığı için postoperatif dönemde epidural hematoma gelişme riski vardır. Bunu engellemek için potansiyel epidural boşluk, duraplasti sonrası duranın kemiğe birçok yerden asılması ile küçültülmelidir. Özellikle anterior kısımda tümör geniş bir dura segmenti boyunca invaze ise, dural defektin yeteri kadar onarılmamasına bağlı olarak BOS fistülü riski mevcuttur. Dura mümkün olduğu kadar su geçirmez şekilde kapatılmalı ve gerekirse dural yapıştırıcılar kullanılarak BOS

Tablo I: Sfeno-Orbital Meningiomalara

Semptomlar	Hasta sayısı	Oran
Proptozis	1027/1279	%80
Tek taraflı görmede azalma	528/1174	%45
Görme alan defekti	158/730	%22
Cerrahi Sonrası Düzelmeye		
Görme keskinliği	846/965	%88
Görme alan defekti	569/648	%88
Proptozis	119/144	%15
Cerrahi Komplikasyon		
Trigeminal hiperestezi	74/644	%11
Ptozis	76/462	%16
Diplopi	77/367	%21
Oftalmopleji	76/492	%15

fistülü önlenmeye çalışılmalıdır. Sıkı dura tamirinin mümkün olmadığı durumlarda, dura iyileşmesi gerçekleşene kadar hasta lomber drenaj ile takip edilebilir.

Enfeksiyon riski gerek BOS fistülü geliştiği durumlarda gerekse de cerrahi sırasında frontal, etmoid ve sfenoid sinüslerin istemeden açıldıktan sonra yeteri kadar tamir edilememesine bağlı olarak artmaktadır. Bu durumlarda cerrahın tercihinine bağlı olarak postoperatif dönemde profilaktik antibiyotik kullanım süresi uzatılabilir. Serilerde cerrahi sonrası mortalite %0-4 arasında bildirilmektedir. Mortalite genellikle hastanın daha önceden beri devam eden bir problemine veya tümörün klinoid etrafında internal karotid arter ve dallarını sarmış olmasına bağlı gelişebilecek vasküler hasara bağlı olarak gerçekleşebilir. Bu nedenle bu damarlar etrafındaki tümörün küçük bir kısmını bırakarak bu komplikasyondan kaçınılması önerilir.

■ TAKİP

Sfeno-orbital meningiomlarda rekürens riski yüksek olduğu için bu hastalar operasyon sonrası dönemde klinik ve radyolojik olarak yakın takip edilmelidir. Rekürens durumunda, başlangıçtaki tedavi ilkeleri geçerlidir. Maksimum cerrahi rezeksiyon, rekonstrüksiyonun sağlanması, proptozisin azaltılması ve iyi kozmetik sonuç ile beraber oküler ve kranyal sinir fonksiyonunun korunması amaçtır. Çoğu durumda sitoredüksiyon amaçlanarak cerrahi tekrar edilir (18). Cerrahi tedavinin riskli olduğu durumlarda, radyoterapi primer tedavi seçeneği olarak kullanılabilir. Radyoterapi meningiomalarda rekürens riskini azaltan ve progresyon süresini uzatan bir tedavi seçeneğidir (1,21). Fakat cerrahi sonrası hemen radyoterapi uygulamalarının genel sağ kalım üzerine etkisi gösterilememiştir. Bu nedenle radyoterapi uygulamasının rekürens olduğu durumda tercih edilmesi önerilir.

■ KAYNAKLAR

- Barbaro NM, Gutin PH, Wilson CB, Sheline GE, Boldrey EB, Wara WM: Radiation therapy in the treatment of partially resected meningiomas. *Neurosurgery* 20:525-528, 1987
- Bikmaz K, Mrak R, Al-Mefty O: Management of bone-invasive, hyperostotic sphenoid wing meningiomas. *J Neurosurg* 107:905-912, 2007
- Boulos PT, Dumont AS, Mandell JW, Jane Sr JA: Meningiomas of the orbit: Contemporary considerations. *Neurosurg Focus* 10(5):E5, 2001
- Castellano F, Guidetti B, Olivecrona H: Pterional meningiomas en plaque. *J Neurosurg* 9:188-196, 1952
- Clark VE, Erson-Omay EZ, Serin A, Yin J, Cotney J, Özdoğan K, Avşar T, Li J, Murray PB, Henegariu O, Yılmaz S, Günel JM, Carrión-Grant G, Yılmaz B, Grady C, Tanrikulu B, Bakircioğlu M, Kaymakçalan H, Caglayan AO, Sencar L, Ceyhun E, Atik AF, Bayri Y, Bai H, Kolb LE, Hebert RM, Omay SB, Mishra-Gorur K, Choi M, Overton JD, Holland EC, Mane S, State MW, Bilgüvar K, Baehring JM, Gutin PH, Piepmeier JM, Vortmeyer A, Brennan CW, Pamir MN, Kiliç T, Lifton RP, Noonan JP, Yasuno K, Günel M: Genomic analysis of non-NF2 meningiomas reveals mutations in TRAF7, KLF4, AKT1, and SMO. *Science* 339:1077-1080, 2013
- Clark VE, Harmancl AS, Bai H, Youngblood MW, Lee TI, Baranoski JF, Ercan-Sencicek AG, Abraham BJ, Weintraub AS, Hnisz D, Simon M, Kirschek B, Erson-Omay EZ, Henegariu O, Carrión-Grant G, Mishra-Gorur K, Durán D, Goldmann JE, Schramm J, Goldbrunner R, Piepmeier JM, Vortmeyer AO, Günel JM, Bilgüvar K, Yasuno K, Young RA, Günel M: Recurrent somatic mutations in POLR2A define a distinct subset of meningiomas. *Nat Genet* 48:1253-1259, 2016
- Elder JB, Atkinson R, Zee CS, Chen TC: Primary intraosseous meningioma. *Neurosurg Focus* 23(4):E13, 2007
- Fisher FL, Zamanipour Najafabadi AH, Schoones JW, Genders SW, van Furth WR: Surgery as a safe and effective treatment option for sphenoid-orbital meningioma: A systematic review and meta-analysis of surgical techniques and outcomes. *Acta Ophthalmol* 99:26-36, 2021
- Gutmann DH, Giordano MJ, Fishback AS, Guha A: Loss of merlin expression in sporadic meningiomas, ependymomas and schwannomas. *Neurology* 49:267-270, 1997
- Honeybul S, Neil-Dwyer G, Lang DA, Evans BT, Ellison DW: Sphenoid wing meningioma en plaque: A clinical review. *Acta Neurochir (Wien)* 143:749-758, 2001
- Honig S, Trantakis C, Frerich B, Sterker I, Kortmann RD, Meixensberger J: Meningiomas involving the sphenoid wing outcome after microsurgical treatment - A clinical review of 73 cases. *Zentralbl. Neurochir* 71:189-198, 2010
- Jin L, Youngblood MW, Gupte TP, Vetsa S, Nadar A, Barak T, Yalcin K, Aguilera SM, Mishra-Gorur K, Blondin NA, Gorelick E, Omay SB, Pointdujour-Lim R, Judson BL, Alperovich M, Aboian MS, McGuone D, Gunel M, Erson-Omay Z, Fulbright RK, Moliterno J: Type of bony involvement predicts genomic subgroup in sphenoid wing meningiomas. *J Neurooncol* 154:237-246, 2021
- Kim KS, Rogers LF, Goldblatt D: CT features of hyperostosing meningioma en plaque. *Am J Roentgenol* 149:1017-1023, 1987
- Maroon JC, Kennerdell JS, Vidovich DV, Abla A, Sternau L: Recurrent sphenoid-orbital meningioma. *J Neurosurg* 80:202-208, 1994
- Pieper DR, Al-Mefty O, Hanada Y, Buechner D: Hyperostosis associated with meningioma of the cranial base: Secondary changes or tumor invasion. *Neurosurgery* 44:742-747, 1999
- Pompili A, Derome PJ, Visot A, Guiot G: Hyperostosing meningiomas of the sphenoid ridge-clinical features, surgical therapy, and long-term observations: review of 49 cases. *Surg Neurol* 17:411-416, 1982
- Ringel F, Cedzich C, Schramm J: Microsurgical technique and results of a series of 63 sphenoid-orbital meningiomas. *Neurosurgery* 60(4 Suppl 2):214-221, 2007
- Roser F, Nakamura M, Jacobs C, Vorkapic P, Samii M: Sphenoid wing meningiomas with osseous involvement. *Surg Neurol* 64:37-43; discussion 43, 2005
- Shrivastava RK, Sen C, Costantino PD, Della Rocca R: Sphenoid-orbital meningiomas: Surgical limitations and lessons learned in their long-term management. *J Neurosurg* 103:491-497, 2005
- Simas N, Farias J: Sphenoid Wing en plaque meningiomas: Surgical results and recurrence rates. *Surg Neurol Int* 4:86, 2013
- Soyuer S, Chang EL, Selek U, Shi W, Maor MH, DeMonte F: Radiotherapy after surgery for benign cerebral meningioma. *Radiother. Oncol* 71:85-90, 2004
- Youngblood MW, Duran D, Montejo JD, Li C, Omay SB, Özdoğan K, Sheth AH, Zhao AY, Tyrtova E, Miyagishima DF, Fomchenko EI, Hong CS, Clark VE, Riche M, Peyre M, Boetto J, Sohrabi S, Koljaka S, Baranoski JF, Knight J, Zhu H, Pamir MN, Avşar T, Kiliç T, Schramm J, Timmer M, Goldbrunner R, Gong Y, Bayri Y, Amankulor N, Hamilton RL, Bilgüvar K, Tikhonova I, Tomak PR, Huttner A, Simon M, Kirschek B, Kalamarides M, Erson-Omay EZ, Moliterno J, Günel M: Correlations between genomic subgroup and clinical features in a cohort of more than 3000 meningiomas. *J Neurosurg* 133:1345-1354, 2019
- Youngblood MW, Miyagishima DF, Jin L, Gupte T, Li C, Duran D, Montejo JD, Zhao A, Sheth A, Tyrtova E, Özdoğan K, Iacoangeli F, Peyre M, Boetto J, Pease M, Avşar T, Huttner A, Bilgüvar K, Kiliç T, Pamir MN, Amankulor N, Kalamarides M, Erson-Omay EZ, Günel M, Moliterno J: Associations of meningioma molecular subgroup and tumor recurrence. *Neuro Oncol* 23:783-794, 2021