



Beyin Sapı Lezyonlarına Cerrahi Yaklaşımlar

Surgical Approaches to Brainstem Lesions

Baran BOZKURT¹, Kaan YAĞMURLU²

¹Acıbadem Maslak Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Virginia Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Charlottesville, Virginia, ABD

Yazışma adresi: Baran BOZKURT ✉ drbaranbozkurt@gmail.com

ÖZ

Beyin sapı lezyonlarının cerrahisi bu bölgede bulunan kritik sinir yolları ve nükleusların varlığı sebebiyle oldukça zorlayıcıdır ve özellikle intrinsik beyin sapı lezyonlarının cerrahi yönetimi hep tartışmalı olmuştur. Bu bölge cerrahisinde amaç, normal dokulara zarar vermeden ve mümkün olduğunca kritik nükleus ve yolları yaralamadan rezeksiyonu yapabilmek olmalıdır. Bundan dolayı beyin sapının iç yapısının, güvenli giriş bölgeleri ile olan anatomik ilişkisi iyi bilinmelidir. Bu bölgelerin doğru yaklaşım seçimi ile manipülasyonu deneyimli cerrahlar tarafından gerçekleştirildiğinde, postoperatif nörolojik defisit riskinin en aza indiğine inanılmaktadır. Son yıllarda nöroanatomi, DTI ve DSI traktografi ve nörofizyolojik çalışmaların artması ile eskiden dokunulmaz bölge olarak benimsenen beyin sapı bölgesinin cerrahisi mümkün hale gelmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Beyin sapı, Güvenli giriş bölgeleri, Beyin sapına yaklaşım

ABSTRACT

Surgery for brainstem lesions is highly challenging due to the presence of critical nerve pathways and nuclei in this region, and the surgical management of intrinsic brainstem lesions has always been controversial. The aim of surgery in this region should be to perform any resection without damaging normal tissues and injuring the critical nuclei and pathways as much as possible. The anatomical relationship between the internal structures of the brainstem and the safe entry zones should therefore be well known. It is believed that the risk of postoperative neurological deficit is minimized if the right approach is chosen and surgical manipulation of these sites is performed by experienced surgeons. With the advances in DTI and DSI tractography, neuroanatomy and neurophysiological studies in recent years, surgery of the brainstem, previously seen as an untouchable region, has become possible.

KEYWORDS: Brainstem, Safe entry zone, Approach to brainstem

■ GİRİŞ

Beyin sapı lezyonlarının cerrahisi bu bölgede bulunan kritik sinir yolları ve nükleusların varlığı sebebiyle oldukça zorlayıcıdır ve özellikle intrinsik beyin sapı lezyonlarının cerrahi yönetimi olarak hep tartışmalı olmuştur. Bundan dolayı beyin sapının iç yapısının, güvenli giriş bölgeleri ile olan anatomik ilişkisi iyi bilinmelidir. Bu bölgelerin doğru yaklaşım seçimi ile manipülasyonu deneyimli cerrahlar tarafından gerçekleştirildiğinde, postoperatif nörolojik defisit riskinin en aza indiğine inanılmaktadır.

Beyin sapı posterior kranial fossada bulunur ve transvers kesitte 3 bölgeye ayrılır. En kaudal kısmı medulla, orta kısım pons ve en rostral kısmı ise orta beyin veya mesensefalondur ve bu kompakt, orta hat yapı; klivus tarafından anteriordan, temporal kemiğin petroz kısmı ile lateralden, diensefalonda ile süperiordan ve serebellum ile posteriordan çevrilidir. Beyin sapı medial lemniskus tarafından ventral ve dorsal olarak iki kısma ayrılır (28) (Şekil 1). Ventral mezensefalonda ve pons kortikospinal kortikopontin ve kortikobulbar fiberleri içerir. Medullanın kaudalinde sadece kortikospinal trakt bulunur.

Dorsal beyin sapında ise medial longitudinal fasikül, santral tegmental trakt, trigeminal mezensefalik trakt ve trigeminal spinal traktlar bulunur. Kranial sinirler nükleusları (fasial nükleus hariç) da dorsal beyin sapında yerleşir.

Beyin Sapı Güvenli Giriş Bölgeleri

Beyin sapı güvenli giriş bölgeleri, eloquant yolların ve perforatörlerin seyrek olduğu ve bu bölgeler üzerinden yaklaşımın minimal veya kabul edilebilir morbidite ile sonuçlanması nedeniyle, insizyonun tolere edildiği beyin sapı yüzeyindeki bölgelerdir. İntrinsik beyin sapı patolojisinin rezeksiyonu için güvenli giriş bölgesi bildirilmiştir (Şekil 2A, B) (16,17,27,28).

İki Nokta Yöntemi

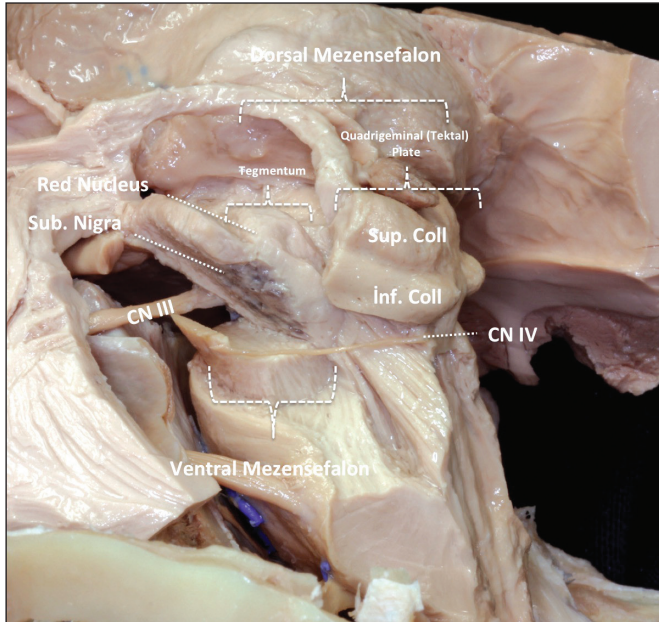
İki nokta yöntemi, beynin transgresyonunu en aza indirirken lezyonlara en iyi şekilde erişen bir yaklaşımı seçmek için uygulanan genel bir stratejiyi tanımlar (6). Bu yöntemi kullanmanın

amacı, sağlam beyin sapı dokusunun olabildiğince disseksiyonunu önlerken patolojiye yol açan yaklaşımı seçmektir. Bu nedenle cerrahi olarak yaklaşılabilecek olan lezyonların çoğu, bir pial veya ependimal yüzeye yakındır veya temas eder. MR sekansları kullanılarak, lezyonun geometrik merkezi tanımlanır ve merkeze bir nokta konulur (Nokta A). İkinci bir nokta (B Noktası) lezyonun yüzeye en yakın noktasıdır veya giriş noktasının en güvenli cerrahi koridoru tanımladığı nokta olarak da tanımlanır. İlk noktadan ikinci noktaya ve kafatasına doğru bir çizgi çizilir ve çizginin yörüngesi yaklaşımı ve kraniyotomi bölgesini belirler (Şekil 3).

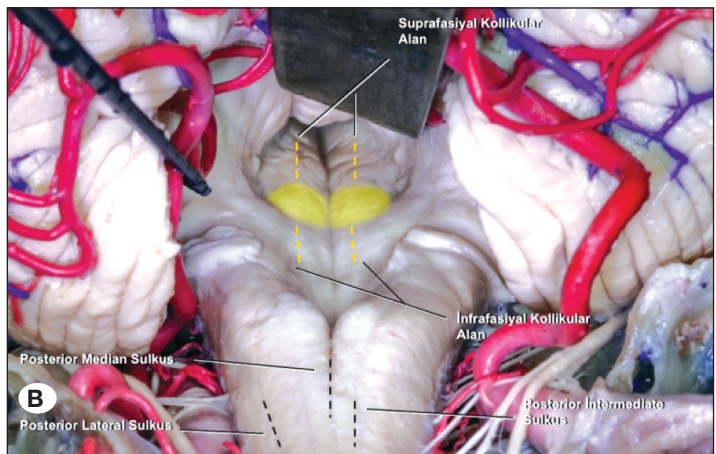
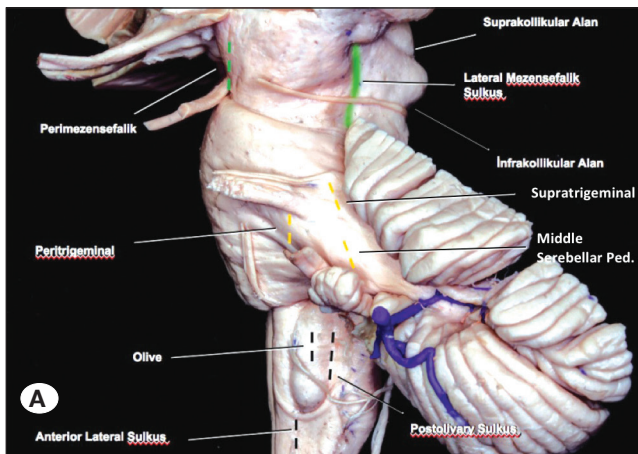
Yaklaşım seçiminde eşzamanlı olarak iki nokta yönteminin ve kullanılabilir güvenli giriş bölgelerinin yararları göz önünde bulundurulmalıdır. Zaten pial veya ependimal bir yüzeye dayanan lezyonlar için, lezyona doğrudan erişimin doğal olarak en az morbiditeye neden olması olasıdır, çünkü var olan lezyon zaten direkt cerrahi yaklaşımın neden olabileceği morbiditeye sebep olmuştur.

Mezensefalon Lezyonlarına Yaklaşım

Mezensefalon veya orta beyin, diensefalondan optik sistem ile serebral pedinkülü ayıran bir sulkus ile ve ponstan ise pontomesensefalik sulkus ile ayrılır. Anatomik olarak, mezensefalon içinde tanınması gereken ve geniş yer tutan üç önemli yapı mevcuttur; Mezensefalonun anterolateral kısmında bulunan piramidal trakt, üç ve dördüncü kranial sinirlerin çekirdekleridir (25,28). Üçüncü kranial sinirin çekirdeğinin seviyesi, süperior kolikülüsün alt yarısı ve alt kolikulusun üst yarısı seviyesine denk gelir. Troklear nükleus ise inferior kolikulusun inferior yarısının kaudaline uzanır (Şekil 4A, B). Lateral mesensefalik sulkus, süperior da medial genikülata gövdeden, inferior düzeyde pontomesensefalik sulkusa kadar uzanır. Bu sulkus ventral lateral mezensefalon için posterior limit olarak kabul edilir ve dorsal ve ventral mezensefalon birbirinden ayırır (Şekil 4C) (28). Üçüncü kranial sinir, mezensefalonun tüm merkezi kısmı boyunca uzun bir yolu katederken, dördüncü kranial sinirin daha küçük bir intrinsik kısmı vardır ve kontralateral serebellomesensefalik fissür boyunca dışardan ilerler (Şekil 4B, C). Üçüncü kranial sinir anterior yüzeyde orta beyin pedinkülünün medial sulkusundan çıkar ve kavernoöz



Şekil 1: Beyin sapı longitudinal kesit anatomisi.



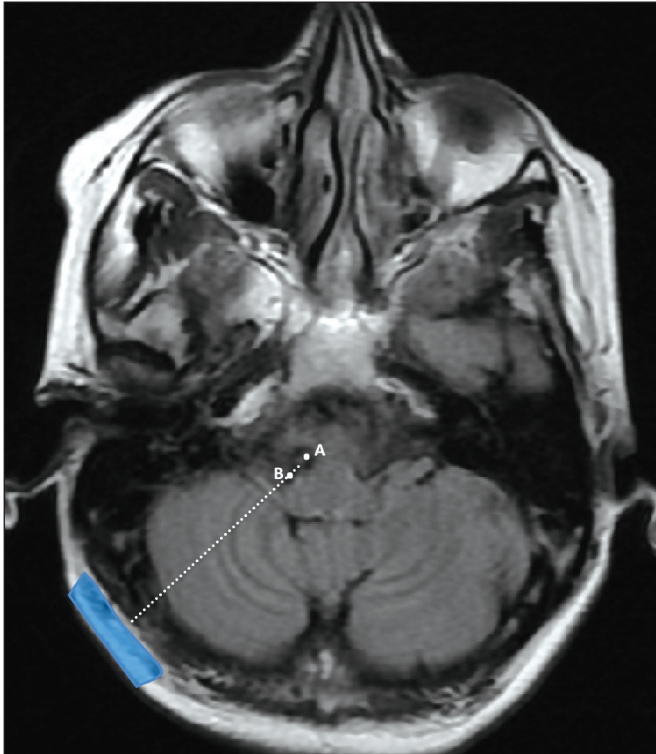
Şekil 2: Beyin sapı güvenli giriş bölgeleri.

sinüse içine girmek üzere okülomotor üçgene doğru ilerler. Mezensefalon, kan beslemesini mezensefalik baziler arter ve dallarının mezensefalik perforatörleri yoluyla alır.

Bu perforatörler medial posterior koroid, posterior kommünikan arter, süperior serebellar arter ve anterior koroid arter gibi birçok arterden orijin alır. Posterior arterler süperior serebellar arterin dalları ve koliküler arterler tarafından oluşturulur ve kuadrigeminal plate'i de kapsayan bir pleksus oluştururlar (20).

İntrinsik mezensefalik lezyonların rezeksiyonu için, lezyonun en yakın olduğu mezensefalon yüzeyine bağlı olarak üç güvenli giriş bölgesi tanımlanmıştır (Şekil 2A, B). Pial ve ependimal yüzeye yakın lezyonlar için lezyona direkt ulaşım ile rezeksiyonu tercih edilmelidir. Bundan dolayı yaklaşım seçimi, iki nokta yönteminin faydası ve mevcut güvenli giriş bölgeleri göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Periokülomotor alan; ventral yerleşimli mezensefalik lezyonlar için önerilen güvenli giriş bölgesidir (Şekil 2A). Kortikospinal trakt lifleri, krus serebrinin orta 3/5'inde yoğunlaşmıştır (5). Bu dar koridoru kullanarak kortikospinal trakt liflerinin, esasen krus serebri içinde orta üçte biri dağılımından ve red nükleusun ve nigrostriatal devrenin derin bir medial konumda olması gerçeğinden faydalanırız. Periokülomotor alan anatomik olarak medialden okülomotor sinir ile lateralden kortikospinal trakt ile sınırlanan serebral pedikül üzerindeki sınırlı bir alana karşılık gelir ve giriş noktası interpedinküler sistern içinde süperiordan posteior serebral arter ve inferiordan supeior serebellar arasına denk gelir. Klasik orbitozigomatik veya yeni tanımlanmış mini orbitozigomatik yaklaşım kullanılarak, subfrontal disseksiyon

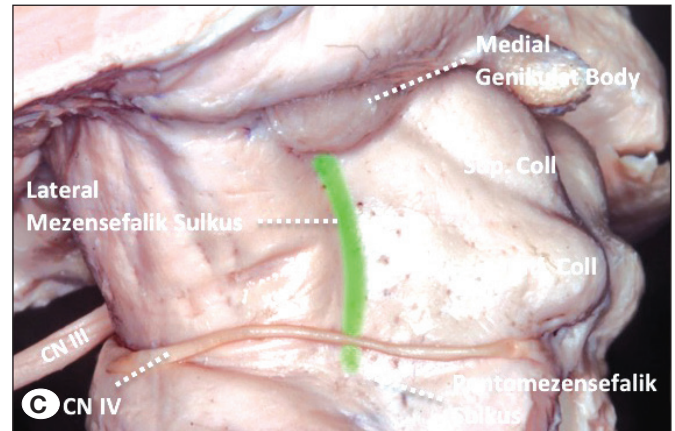
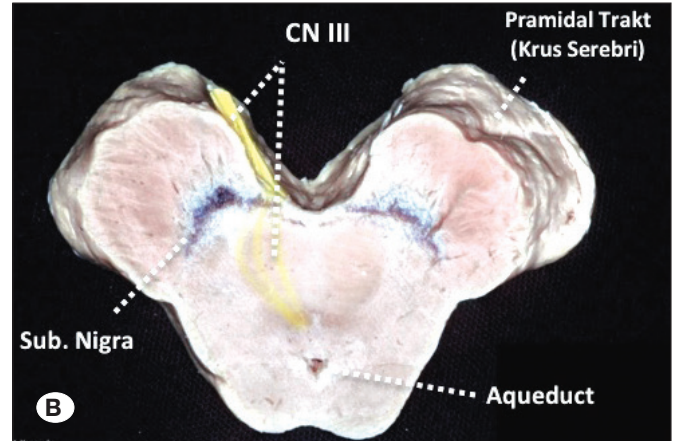
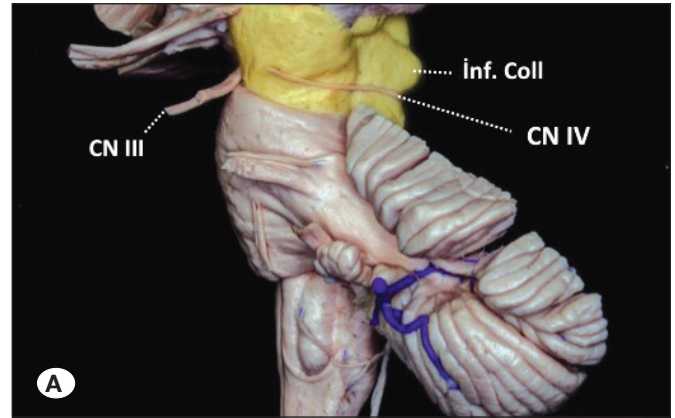


Şekil 3: MRI aksiyel kesitte iki nokta yöntemi.

yardımıyla süperior serebellar arter ve posterior serebral arter arasından bu bölgeye ulaşım sağlanabilir.

İnterpedinküler alan (17); ventromedian yerleşimli lezyonların çıkarılması için kullanılır. İnterpedinküler fossada yer alan talamik perforatör arterler dikkatlice diseke edilmelidir. Orbitozigomatik yaklaşımı takiben okulomotor sinir mezensefalona doğru takip edilerek interpedinküler fossaya ulaşılır.

Lateral Mezensefalik Sulkus; lateral mezensefalon yerleşimli derin lezyonlar için kullanılabileceğimiz güvenli giriş bölgesidir (28). Lateral mezensefalik ven altında gizlenmiş olan lateral mezensefalik sulkus, mezensefalonun orta insisural boşluğuna



Şekil 4: Mezensefalon eksternal-internal yapılar.

bakan, pedünküler ve tegmental yüzeyleri birbirinden ayıran anatomik yarıktır (Şekil 2A, 4C). Lateral mezensefalik sulkus, medial genikülat gövdeden pontomesensefalik sulkusa kadar iç bükey bir şekilde aşağı doğru uzanır. Posterior kommunikan arter P2 segment, medial posterior koroidal arter ve süperior serebellar arterin serebellomezensefalik segmenti ve troklear sinir lateral mezensefalik sulkusu çaprazlayarak geçer (8,9). Lateral mezensefalik sulkusa yapılan vertikal bir insizyonla, anatomik olarak substantia nigra ile medial leminuskus yapılarının arasındaki güvenli koridora girmiş oluruz (1). Medial leminuskus beyin sapındaki cerrahi manipülasyonlara en dayanıklı yapıdır. Lateral ve ventrolateral yerleşimli mezensefalon lezyonlarında subtemporal yaklaşım tercih edilebilir fakat bu yaklaşım labbe veni ve temporal lobun yaralanma riski göze alındığında son yıllarda biraz terk edilmiştir. Bu bölge cerrahisi için lateral veya ekstrem lateral supraserebellar-infratentoryal yaklaşım da alternatif olarak kullanılabilir.

Suprakoliküler ve Infrakoliküler Alanlar; mezensefalon dorsal bölgesinin derin yerleşimli lezyonlarının rezeksiyonu için önerilen güvenli giriş bölgeleridir. Suprakolikular bölge, pineal gland ile süperior kollikulus arasında ve infrakolikular alan, inferior kollikulus ile troklear sinirin dorsal yüzeyden çıkış noktası arasındaki lokalize alandır (Şekil 2A). Kollikulus seviyesinde lokalize derin lezyonlar için bu iki güvenli giriş bölgesi kullanılabilir. Bu seviyede orta hat dorsal yerleşimli lezyonlar için ise interkollikular alanın vertikal insizyonuyla, orta hatta uzanan lezyonlar rezeksiyonuna bakarsak; 3. kraniyal sinirin nükleusu üst kollikulusun alt yarımı ile alt kollikulusun üst yarımı seviyesindedir, görsel sistemde aktiftir ve sakkadik göz hareketleri ve fiksasyon için kritik öneme sahiptirler (12,14).

4. kraniyal sinirin nuklesu ise alt kollikulusun alt yarımına denk gelmektedir. Alt kollikulus, işitme sisteminin bir parçasıdır. İnferior kolliküller, inferior brakium boyunca, işitsel kortekse projeksiyonu olan talamusun medial genikülat gövdesine lateralden uzanmaktadır. Dorsal mezensefalik yüzeye ulaşmak için orta hat supraserebellar-infratentoryal yaklaşım en sık önerilen yöntemdir (16).

Pons Lezyonlarına Yaklaşım

Pons, süperiora pontomesensefalik ve inferiora ise pontomedüller sulkus arasında bulunur (Şekil 5A). Medial leminuskus düzeyinde anterior ve posterior veya ventral ve dorsal olmak üzere ikiye ayrılır (28). Pons mezensefalona göre daha önde ve lateralde seyreden piramidal sistemi ve ek olarak trigeminal sinir, abduzens, fasiyal ve vestibülokloklar sinir ve çekirdeklerini içerir.

Fasiyal sinir, altıncı sinir çekirdeği etrafında ilerler ve birlikte oluşturdukları kabartıya fasiyal kollikulus da denir (Şekil 5B).

Tümörlere rhomboid fossadan yaklaşıldığında bu anatomik ilişki çok iyi bilinmelidir.

İntrinsik pontin lezyonlarının rezeksiyonu için yedi güvenli giriş bölgesi tanımlanmıştır. Ventral ponsa erişimin kolay olmaması ve bu bölgeden geçen zengin bir motor lif yolağının varlığı göz önüne alındığında, pontin patolojiye yaklaşımların çoğunluğunda lateral veya posterior cerrahi yollar kullanılır.

Peritrigeminal Alan; ventral pontin lezyonlar için önerilen majör güvenli giriş bölgesidir. Ak madde diseksiyon tekniği kullanılarak yapılan nöroanatomik çalışmalarda, bu güvenli giriş bölgesinin anatomik olarak; kortikospinal kanalın lateralinde ve trigeminal sinirin giriş bölgesinin hemen önünde yer aldığı rapor edilmiştir (20,28). Bu alan aynı zamanda trigeminal sinirin motor ve sensoriyel nükleuslarının anterioruna denk gelmektedir. Cerrahi pratikte peritrigeminal giriş bölgesi yoluyla yaklaşım, genellikle trigeminal ve fasiyal sinirlerin çıkış noktaları arasındaki uzunlamasına bir insizyon ile sağlanır (Şekil 2A). Ventral pontin lezyonlar için diğer güvenli giriş bölgeleri ise; *middle serebellar pedinkül* giriş bölgesi ve *supratrigeminal* giriş bölgesidir (Şekil 2A) (23). *Middle serebellar pedinkül* giriş bölgesi anatomik olarak trigeminal ve fasiyal sinirin hemen lateralinde yer alır. *Supratrigeminal* giriş bölgesi ise trigeminal sinirin çıkış noktasının superolateralinde yer alan bölgedir. Tüm ventral ve ventrolateral yerleşimli derin pontin lezyonlara bu güvenli giriş bölgelerinden ulaşım için sıklıkla retrosigmoid yaklaşım önerilir ve bu bölgeye yeterli cerrahi alan sağlar. Pons ventrolateral yüzeye ulaşım için subtemporal kraniyotomi ile birlikte anterior petrosektomi veya presigmoid yaklaşımlar da kullanılabilir. Her iki yaklaşım da trigeminal sinir çıkış noktası ve etrafına mükemmel cerrahi görüş alanı sağlar (16).

Suprafasiyal ve İnfrafasiyal Kollikular Alanlar; dorsal pons lezyonları için önerilen güvenli giriş bölgeleridir (23). Fasiyal kollikulus, interpontin alanda abduzens sinirin nükleusu ile bu nükleusun etrafına dönen fasiyal sinir liflerinin birlikte oluşturduğu ve 4. ventrikül tabanında görülen kabartıya verilen anatomik isimdir (Şekil 5B). Aynı bölgede tam orta hatta bulunan median sulkusun her iki yanından paralel seyreden medial longitudinal fasikül ve stria medüllerisin hemen kaudalinde ise nervus vagus ve nervus hipoglossusun nükleusları bulunur. Fasiyal kollikulusların topografik anatomisi ve romdoid fossanın manipülasyonu sonrası ortaya çıkan her olası nörolojik eksiklik belirtisi incelendikten sonra, bu bölgeyi çevreleyen nöral yapılara minimal etki gösteren bu 2 güvenli bölge tariflenmiştir (18). Suprafasiyal güvenli giriş bölgesi (Şekil 2B); troklar sinirin geçtiği frenulum veni ile rostral, fasiyal sinirin intrapontin segmentinin üst sınır ile kaudal, medial longitudinal fasikulus (MLF) tarafından medialden ve sulkus limitans ile de lateralden sınırlıdır. İnfrafasiyal kollikular güvenli giriş bölgesinin (Şekil 2B) sınırları ise anatomik olarak; medialde MLF, lateralde nükleus ambiguus, süperiora fasiyal kollikulus ve inferiora ise hipglossal trigondur. Tam orta hat yerleşimli lezyonlara erişim için ise alternatif olarak, her iki MLF ve her iki fasiyal kollikulusun ortasında yer alan median sulkus, güvenli giriş bölgesi olarak önerilmektedir (5). Dorsal pons lezyonlarının rezeksiyonu için sıklıkla orta hat suboksipital-telovelar yaklaşım tercih edilir (16).

Fasiyal kollikulus düzeyinde yerleşmiş lezyonlar için de süperior fovea üçgeni bölgesi kullanılır (27). Süperior fovea, facial kollikulusun hemen lateralinde bulunur.

Medulla Lezyonlarına Yaklaşım

Medulla, beyin sapının en kaudal kısmıdır ve ponstan bulboptin sulkus ile ayrılır (Şekil 6A). Medullanın alt sınırı, ventral yüzeydeki piramidal traktın çaprazlaştığı bölge ve foramen magnumdur. Posterior yüzey obex'tir ve vertebral

arterinden ve anterior spinal arterin dallarından beslenir. Derin yerleşimli medulla oblongata lezyonları için önerilen medüller güvenli giriş bölgeleri ventral ve ventrolateral lezyonlar için; anterolateral (preolivary) sulkus, postolivary sulkus, dorsal medulla lezyonlar için; posterior median sulkus, posterior intermediate sulkus ve postero-lateral sulkustur (2,23,28).

Anterolateral Sulkus (Şekil 2A); Hipoglossal sinirin rootletleri, piramidin hemen lateralinde ve anterolateral sulkus üzerinde beyin sapından çıkar. Bu rootletler ve C1 siniri arasındaki alan ile kortikospinal traktın çaprazlaştığı bölgeye denk gelmektedir (7). Anterolateral sulkus üzerinden paramedian oblik bir insizyon ile kortikospinal traktan kaçınılıp, alt medüller bölge lezyonlarına erişilebilir.

Postolivary sulkus (Şekil 2A); olive ile inferior serebellar pedinkül arasında uzanır ve glossofaringeal ve vagus köklerinin ventralinde yer alır. Glossofaringeal ve vagal kökler beyin sapına, dorsaldan bu sulkusun üst kısmında bağlıdır (20). Buradan yapılan bir kesi derinleştikçe, sulkus yüzeyinin ortalama 4 mm derinliğinde bulunan nükleus ambiguus ile karşılaşır (23).

Dorsal medulla yüzeyi için üç dorsal yüzey sulkusu güvenli giriş bölgesi olarak önerilmiştir (Şekil 2B). Bunlar; obeksin altında orta hatta bulunan *posterior median sulkus*, grasil tuberkül

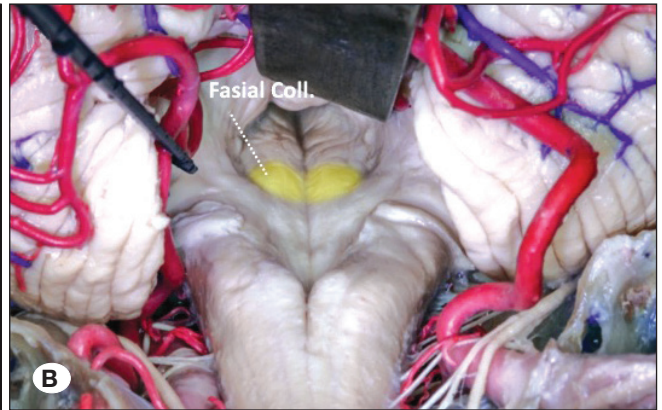
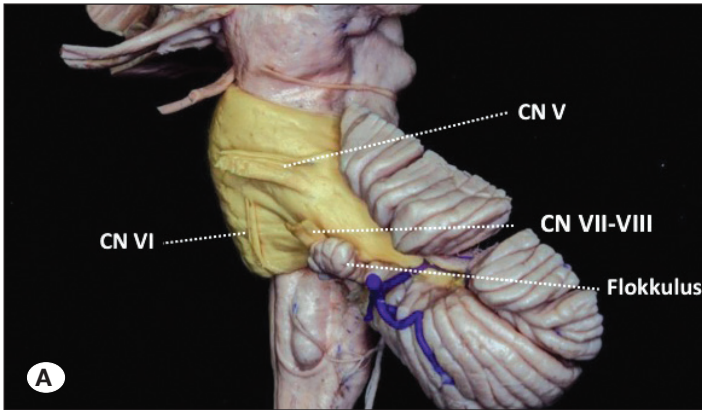
ile cuneate tuberkül arasında seyreden *posterior intermediate sulkus* ve cuneate tuberkülün lateral kenarı boyunca uzanan *posterior lateral sulkustur*. Bu bölgede trigeminal spinal trakt, cuneate fasiküle ventralden üst omurilik içine iner. Bu sulkuslar üzerinden yapılacak bir nörotomi ile medullanın merkezine yakın bir koridor sağlanır (3,4).

Lezyonun lokalizasyonuna ve yönelimine göre alternatif olarak kullanabileceğimiz diğer medüller güvenli giriş bölgeleri *Olive* ve *Lateral Medüller Bölge* (İnferior Serebellar Pedinkül)'dir. Olive, medullanın anterolateral yüzeyinde bulunan anatomik bir kabartıdır, anterolateral sulkus ve piramid ile medial sınırını, posterolateral sulkus ise lateral sınırını oluşturur. Olive üzerinden, 4,7 ila 6,9 mm arasında değişen, dikey uzunluğu 13,5 mm olan güvenli bir diseksiyon derinliği rapor edilmiştir (20). *Lateral Medüller Bölge* yaklaşımında ise Luschka foramenleri ile inferior serebellar pedinküle bir kesi ile yapılan eksizyonların çok iyi sonuçlar verdiği açıklanmıştır (10). Ventrolateral medüller lezyonlar için far-lateral yaklaşım ve özellikle lateral medüller bölge için alternatif olarak low retrosigmoid yaklaşım kullanılabilir.

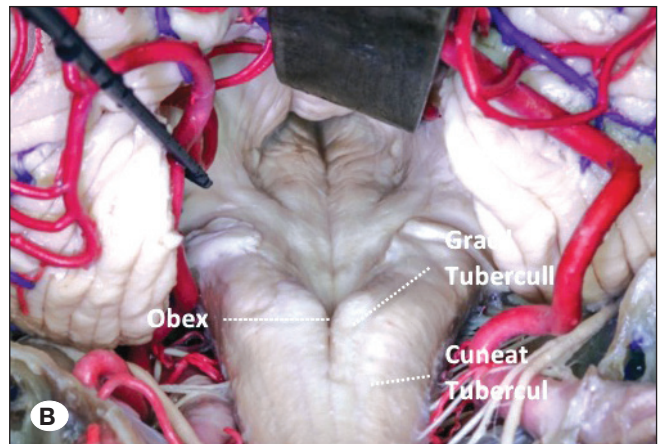
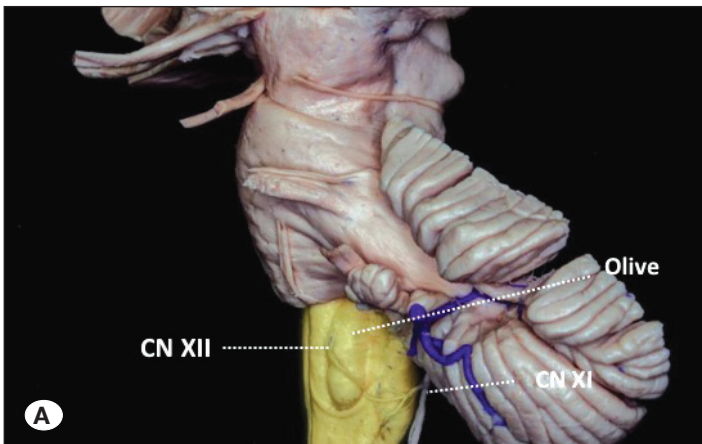
Cerrahi Yaklaşımlar

Orbitozigomatik Yaklaşım

Orbitozigomatik yaklaşımda hasta supine pozisyonunda, baş



Şekil 5: Pons lateral ve dorsal görünüm.



Şekil 6: Medulla lateral ve dorsal görünüm.

kalp seviyesinin 10-15 derece üstünde ve patolojik lokasyona göre (genelde 15-30 derece) karşı tarafa dönük, boyun ekstansiyonda, malar eminens operatif alandaki en yüksek nokta olacak şekilde pozisyon verilir. Bu manevra frontal ve temporal lobların, yer çekimi yardımıyla kafa tabanından retraksiyonunu sağlar. Tragusun hemen önünden başlayıp frontal bölgeye doğru dönen eğrisel, hemikoronar bir insizyon genelde tercih edilir (Şekil 7A). Galeal flep temporal fossaya doğru kaldırıldıktan sonra süperfisiyal fasya ve süperfisiyal yağ dokusu ekspozite edilebilir. Temporal kas yüzeyel ve dip fasyalar dissekte edilerek ortaya konulur. Temporal kasın ve fasyanın anterosüperior kenarı süperior temporal hattın subperiostal olarak mobilize edilir ve frontozigomatik suture ve lateral orbital rimi görmek için temporal fossaya doğru yatırılır. Frontozigomatik sutürün 5 mm posterior ve 5 mm süperioruna denk gelen MacCarty keyhole'a bir burr hole açılır. Motor-drill'in temporal squamos kemiğe 45 derece açı pozisyonunda burr hole açılması önemlidir. Burr hole'un bu şekilde açılması hem periorbital hem de intrakranial alana ulaşım sağlar. Periorbitanın sıyırılması ve kraniyotomiye tamamlamak için bu tek burr hole genelde yeterlidir (23). Cerrahin tecrübesine göre bir veya birden fazla parça halinde, orbital rim, orbital roof, lateral orbital duvar ve zigomatik process'i içeren geniş bir kraniyotomi uygulanır. Supraorbital siniri korumak için kraniyotomi orbital rimde, supraorbital notch'un lateralinde kalmalıdır. Duranın açılması ile intrakranial alanda hem subfrontal hem de lateral görünüm sağlanır (Şekil 7A). Sylvian fissür açılır ve diseksiyon ile orta serebral arterin M1 segmenti proksimale doğru takip edilerek karotid ve kiazmatik sistemlere ulaşılır. Lilliequest membranının açılması ile posterior serebral arter ve süperior serebellar arter arasından mesensefalon ön yüz, interpedinküler fossa ve baziller arter bifurkasyonuna hakim olunabilir ve kontralateralden periokulomotor güvenli giriş bölgesine insizyon yapılarak, anterior yerleşimli intrinsik mezensefalik lezyona ulaşılabilir (Şekil 7B). Orbitozigomatik yaklaşım ponsun üst 1/3'ünden üçüncü ventriküle kadar ekspozisyon sağlar (31).

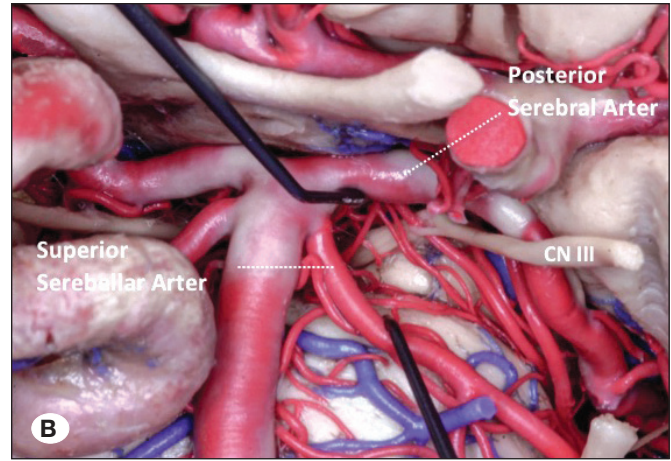
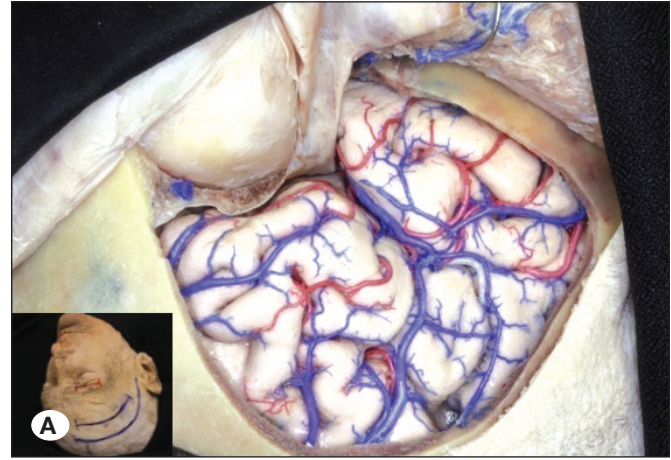
Mini Orbitozigomatik Yaklaşım

Cerrahi teknolojiye ilerlemeler ve mikrocerrahi tekniklerdeki daha geniş deneyimler, cerrahi prosedürde kraniyotomileri en aza indirmeye yönelik modifikasyonları da başlatmıştır. Böylece mini-pteronal ve mini-orbitozigomatik (mini-OZ) gibi kraniyotomi alanını küçültmeyi amaçlayan modifikasyonlar geliştirildi ve nörovasküler ve nöro-onkolojik cerrahi için standart uygulamalar hâline gelmeye başladı.

Bu modifikasyonda pozisyon aynı olmakla birlikte insizyon ve kraniyotomi daha küçük planlanır. Tragusun 1 cm önünden ve üstünden başlayan ve saç çizgisinin arkasında, ipsilateral orta mid-pupil seviyesinde sonlanan kavimsel bir insizyon hattı belirlenir. Frontal kemik, süperior orbital rim, frontal lobun zigomatik process'i ve orbital roof'un bir kısmını içeren 3x3 cm'lik, klasik orbitozigomatik yaklaşıma göre küçük bir kraniyotomi uygulanır (Şekil 7C). Sylvian diseksiyonu sonrası karotid arter, anterior serebral arter (A1 ve anterior kommunikan arter), ortaserebral arter (M1, M2 segmentler) optik sinir, okülomotor sinir ve mesensefalon ön yüzüne yeterli bir cerrahi erişim sağlanır (29).

Subtemporal Yaklaşım

Subtemporal yaklaşımda hasta ipsilateral omuzdan destekli supine ve baş horizontal pozisyonunda olacak şekilde cerrahi pozisyon verilir. Temporal lobun retraksiyonunu kolaylaştırmak için boyun hafif zemine doğru uzatılır. Tragusun önüne düz vertikal bir insizyon hattı geçilerek temporal fasya ve kas aynı şekilde açılır ve temporal kemik görülür (Şekil 8A). Zigomatik kemerin hemen yukarısında bir burr hole açılır ve



Şekil 7: Orbitozigomatik ve mini-orbitozigomatik yaklaşım.

kraniyotomi genişliği, beyin sapına en iyi yaklaşma açısı için preoperatif bir plana göre uyarlanır. Dura, U şeklinde açılır ve diseksiyon, temporal kenar açığa çıkana kadar temporal lob tabanının altında taşınır. Bu yaklaşımda dural açılıştan yeterli BOS boşaltımı kalıcı retraktörlere olan ihtiyacı ortadan kaldırır ve Labbe veninin yaralanma olasılığını en aza indirir (23). Anterior ve orta insisural boşluk görülür ve ardından ambiens ve interpedinküler sisterndeki araknoid membranlar nazikçe açılır. Orta beyin lateral yüzeyinde pontomesensefalik kavşağa kadar, PCA'nın ön P2 segmenti (P2 A crural) ve P2P (ambient) segmenti, posterior koroidal arter ile birlikte ameliyat alanının çoğunu kaplar. Lateral mesensefalik ven sıklıkla lateral mesensefalik sulkus üzerinde seyrederek (Şekil 8B). Bu koridor anterior mezensefalik bölgeye oblik bir erişim ve lateral mesensefalik sulkusa düz bir yol sağlar. Mümkünse, dördüncü ventrikül tabanından geçmemeye özen gösterilmelidir. Dördüncü ventrikül tabanındaki yaklaşımlar ciddi alt kranial sinir yaralanmasına ve solunum ve yutma güçlüğü problemleriyle sonuçlanabilir (11).

Anterior Petrosektom Yaklaşımı

Ponsun anterolateraline yaklaşım sağlamak veya trigeminal sinirin önündeki lezyonlara ulaşmak için subtemporal yaklaşıma anterior petrosektomi veya Kawase yaklaşımı eklenebilir. Bu yaklaşımda internal akustik kanalın önündeki petroz kemik kaldırılır (Şekil 8C).

Burada çalışabileceğimiz cerrahi alan anteriorda trigeminal sinirin V3 segmenti ve lateralde greater süperfiyal petrosal sinir ile sınırlıdır (13).

Median Supraserebellar İnfratentoryal Yaklaşım

Hasta prone pozisyona alınır ve kafa fleksiyonda pozisyon verilir. Orta hat kraniyotomi için cilt insizyonu, lezyonun konumuna bağlı olarak, inionun birkaç santimetre üstünden başlayıp, C2 seviyesine kadar uzanıyor olabilir (Şekil 9A). Kraniyotomi orta hattın her iki yanına açılan burr hole ile yukarıda transvers sinüsün süperiorundan, aşağıda foramen magnuma kadar uzatılabilir. Kraniyotominin transvers sinüsün üzerine çıkması, tentoryumun aralıklı olarak retraksiyonuna olanak sağlar. Dura Y şeklinde açılır ve diseksiyon serebellumun tentorial yüzeyi ile başlar, supraserebellar sistern açılır ve mümkün olduğunca az köprü veni koagüle edilir.

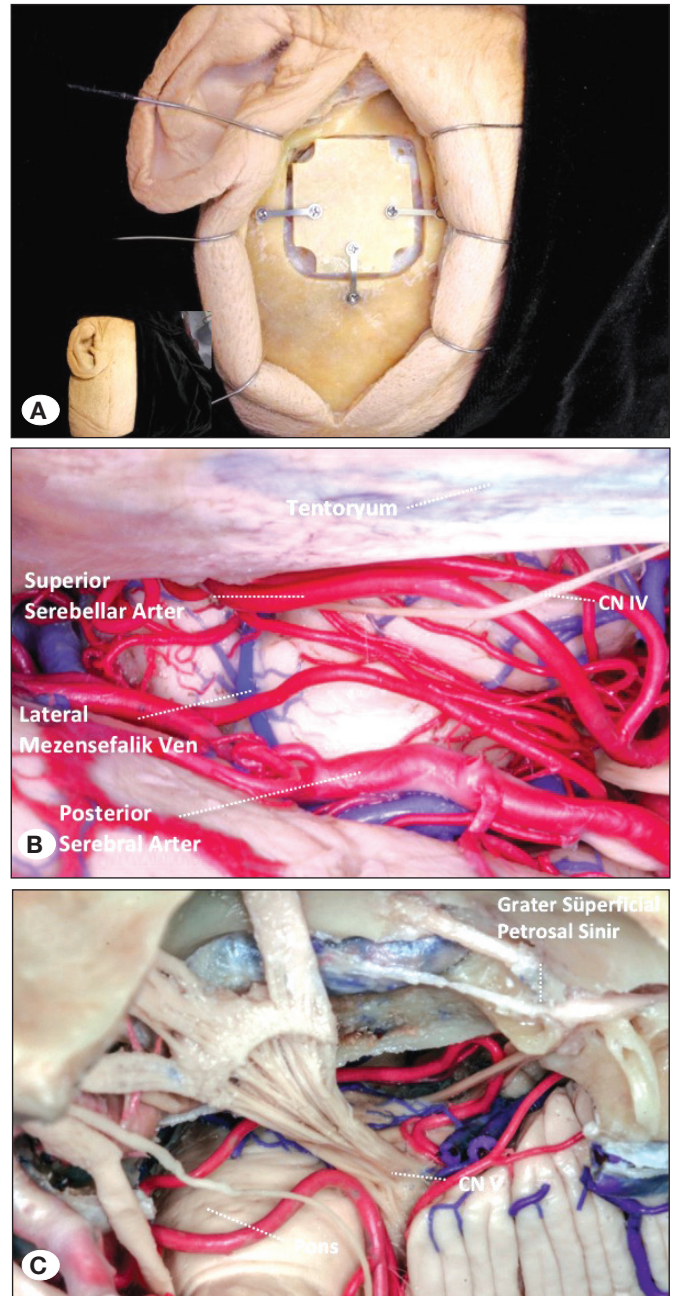
Alternatif olarak paramedian bir insizyon ve bir kraniyotomi ile de paramedian supraserebellar infratentorial yaklaşım sağlanabilir. Asterion ve inion arasında uzanan vertikal paramedian bir insizyon ve süperior nuchal çizgi üzerine açılan bir burr hole ile yapılan 3x3 cm'lik bir kraniyotomi ile quadrigeminal sistern ve kollikular alana ulaşılabilir (23).

Quadrigeminal sistern, diseksiyon alanının derininde yer alır ve ne kadar geniş dissekte edilirse o kadar iyi bir cerrahi saha elde edilir. Pineal bezin hemen önünde, Galen venine drene olan internal serebral ve internal oksipital venleri, Rosenthal'in bazal venlerini ve serebellomesensefalik fissür venini içeren kompleks bir venöz yapı ile karşılaşırız (Şekil 9B). Diseksiyonu derinleştirip derinden devam ederek süperior ve inferior kollikulus ve interkolliküler güvenli bölgeleri içeren quadrigeminal plate'e görüş hakimiyeti sağlayabiliriz (Şekil 9B). Bu yaklaşım-

da pulvinar ve tentorial kenarlar, hem üst hem de alt cerrahi sahamızı lateralden sınırlar.

Ekstrem Lateral Supraserebellar İnfratentoryal Yaklaşım

Ekstrem lateral supraserebellar infratentoryal yaklaşımı gerçekleştirilmesi için, hasta lateral dekübit pozisyona alınır. Kafa fleksiyona getirilir ve ipsilateral rotasyon pozisyonu verilir. Retroauriküler vertikal cilt insizyonu yapılır (Şekil 10A), myofasiyal tabaka kaldırılır ve flep anteriora retrakte edilir. Asterionun hemen süperiorunda, parietomastoid suture üzerine bir burr hole açılır transvers sinüs boyunca uzanan modifiye edilmiş bir retromastoid kraniyotomi yapılır (Şekil 10A). Dura,



Şekil 8: Subtemporal yaklaşım.

ters T şeklinde bir kesik kullanılarak açılır. Serebellumun tentorial yüzeyi boyunca keskin araknoid disseksiyonlar yapılır ve serebellomesensefalik fissüre ulaşmak için olabildiğince az sayıda köprü veni koagüle edilir.

Ambien sistern açılarak posterolateral mezensefalon boyunca sıklıkla süperior serebellar artere yakın seyreden troklear sinir açığa çıkarılır.

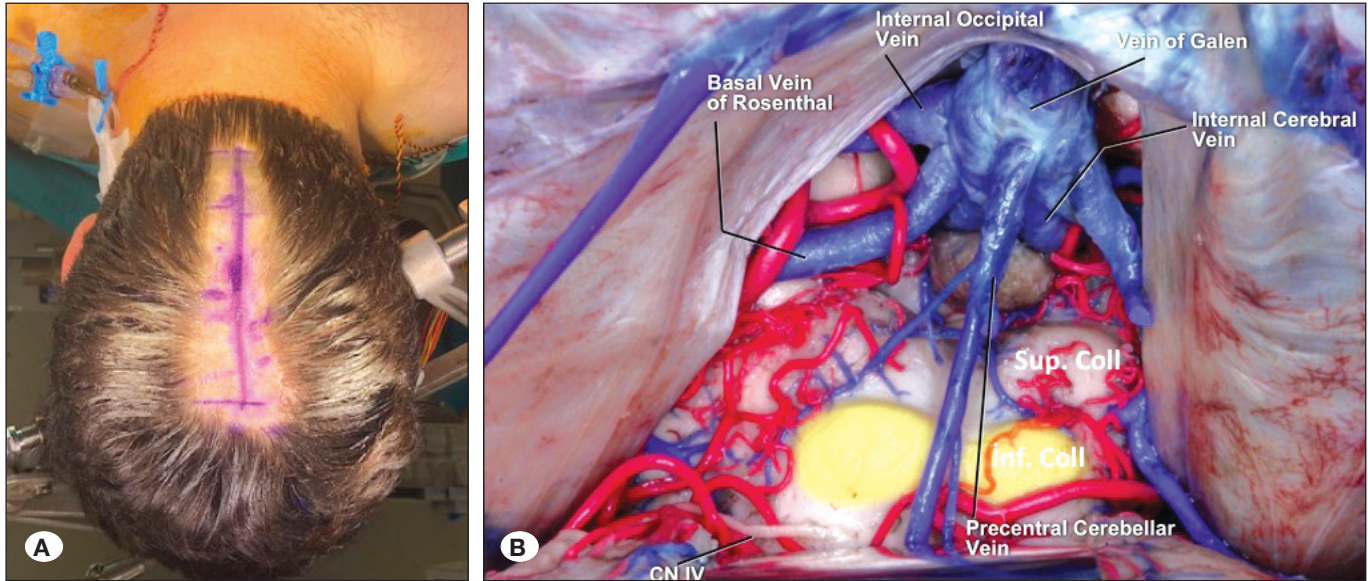
Odağı orta hatta çevirmek ve kuadrigeminal sisterni açmak, başta alt kollikulus olmak üzere koliküler bölgeye oblik bir yaklaşım sağlar (15). Alt kollikulusun hemen altından çıkıp öne doğru dönen troklear sinir izlenebilir. Serebellumun tentoriyal ve petröz yüzeyler arasındaki geçişine yakın retraksiyonu, lateral mezensefalik sulkusu ortalamayan bir cerrahi yönelim sağlar (Şekil 10B) (15). Bu yaklaşım sırasında tentoryumun kesilmesi ile cerrahi alan artırılabilir.

Retrosigmoid Yaklaşım

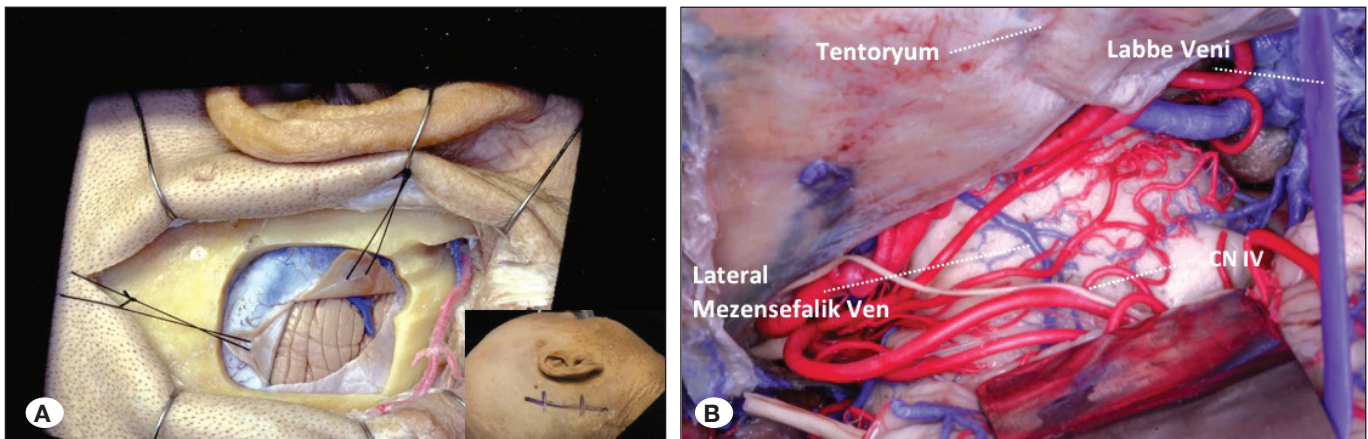
Retrosigmoid yaklaşımda, supin pozisyonunda ipsilateral

omuz destekli veya modifiye park bench pozisyonunda, kafa karşı tarafa 75-100 derece rotasyonda ve hafif flexionda pozisyon verilir. Retrosigmoid kraniotomi için mastoid notch'un 5 mm medialinden geçen, mastoid notch'un 6 cm üstü ve 4 cm altına uzanan 10 cm'lik bir insizyon planlanır. Bu yaklaşım 5. kranial sinir seviyesine ulaşım sağlar. 7. ve 8. kranial sinir seviyesine ulaşmak istiyorsak notch'un yine 5 cm medialinden geçen ve notchu tam ortalamayan (5 cm üstü, 5 cm altı) 10 cm'lik bir insizyon planlanır. Alt kranial sinirler (9,10,11) seviyesine ulaşmak için ise notch'un 5 cm medialinden geçen, notch'un 4 cm üstünde ve 6 cm altında kalan 10 cm'lik bir insizyon planlanır (23).

Myofasiyal katman kaldırılır ve parietal, temporal ve oksipital kemiklerin kesişme noktası, ortaya çıkarılır. Tek bir burr hole asterionun 0.5 cm medialine ve inferioruna açılabilir. Sigmoid sinüsün arka kenarına kadar genişletilecek bir retromastoid 3x3 cm'lik kraniotomi genellikle yeterlidir (Şekil 11A). Dura ters T şeklinde bir kesi kullanarak açılır, enine ve sigmoid sinüs



Şekil 9: Median supraserebellar infratentoryal yaklaşım.



Şekil 10: Ekstrem lateral supraserebellar infratentoryal yaklaşım.

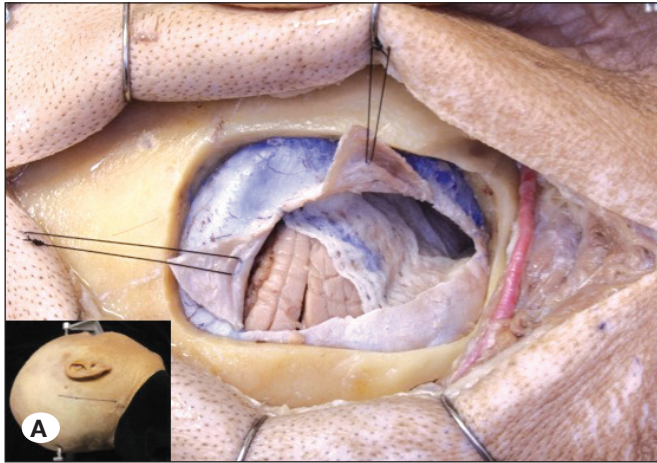
boyunca bir dural taban bırakılır. Mikrocerrahi diseksiyonu, serebellumun petrosal yüzeyi boyunca başlayıp, petrosal fissürden ilerleyerek serebellopontin sisterne ulaşır (Şekil 11B). Greater petrosal venin ve tribütarlarının etrafı, trigeminal, fasiyal ve vestibülo-koklear sinirlerin etrafı araknoid ile sarıdır ve nazik diseksiyonlarla açılmalıdır. Sonrasında yukarıda tanımlandığı gibi trigeminal sinirin girişine yakın olan güvenli giriş bölgelerini içeren, orta serebellar pedinkül ve lateral pons ve peritrigeminal alanın ortaya çıkarılması mümkündür.

Retrosigmoid yaklaşımı diğer yaklaşımlardan daha yaygın olarak kullanılır. Bu yaklaşımın sağladığı posterolateral görüş, çok az raporlanmış motor hasar sebebiyetine rağmen, lezyonlara çok iyi bir ulaşım sağlar. Retrosigmoid endoskop kullanımı, geniş bir far lateral yaklaşıma ihtiyaç duymadan ponsun görselleşmesine büyük katkı sunar.

Retrosigmoid yaklaşımın yetersiz kalabileceği anterior ve anterolateral yerleşimli pons lezyonlarına ulaşımında, presigmoid ve retrolabirintin yaklaşımlar ile de trigeminal sinir çevresine anteriordan etkin cerrahi görüş açısı elde edilebilir.

Suboksipital Telovelar Yaklaşım

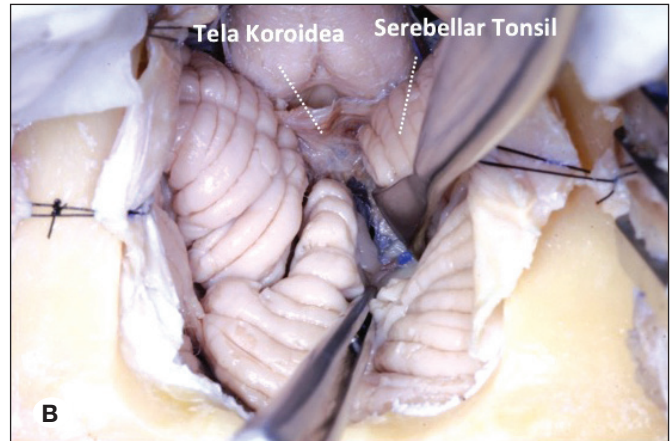
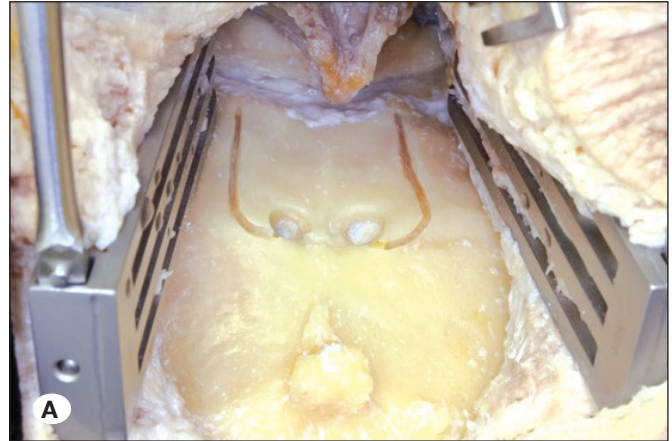
Suboksipital telovelar yaklaşımı (24,30) gerçekleştirmek için tıpkı supraserebellar infratentoryal yaklaşım gibi hasta prone pozisyona alınır ve kafa fleksiyondadır. Miyofasyal tabakayı ortaya çıkarmak için düz bir medyan insizyon yapılır.



Şekil 11: Retrosigmoid yaklaşım.

Suboksipital alan, C-1 posterior ark ile birlikte ortaya çıkar. Her iki serebellar tonsilin superolateral olarak geri çekilmesine yetecek kadar büyük bir median suboksipital kraniyotomi, üst kenara lateral olarak yerleştirilmiş 2 burr hole kullanılarak yapılır (Şekil 12A). Cerrahi açığı artırmak için, C-1 arkına bir laminoplasti işlemi yapılarak ve foramen magnum alınarak, kraniyotomi inferiora genişletilebilir.

Oksipital sinüsün korunması için dura, Y şeklinde açılır. Dura'nın açılması ile serebellomedüller fissürü gizleyen serebellar tonsiller karşımıza çıkar (Şekil 12B). Tonsillerin hafifçe geri



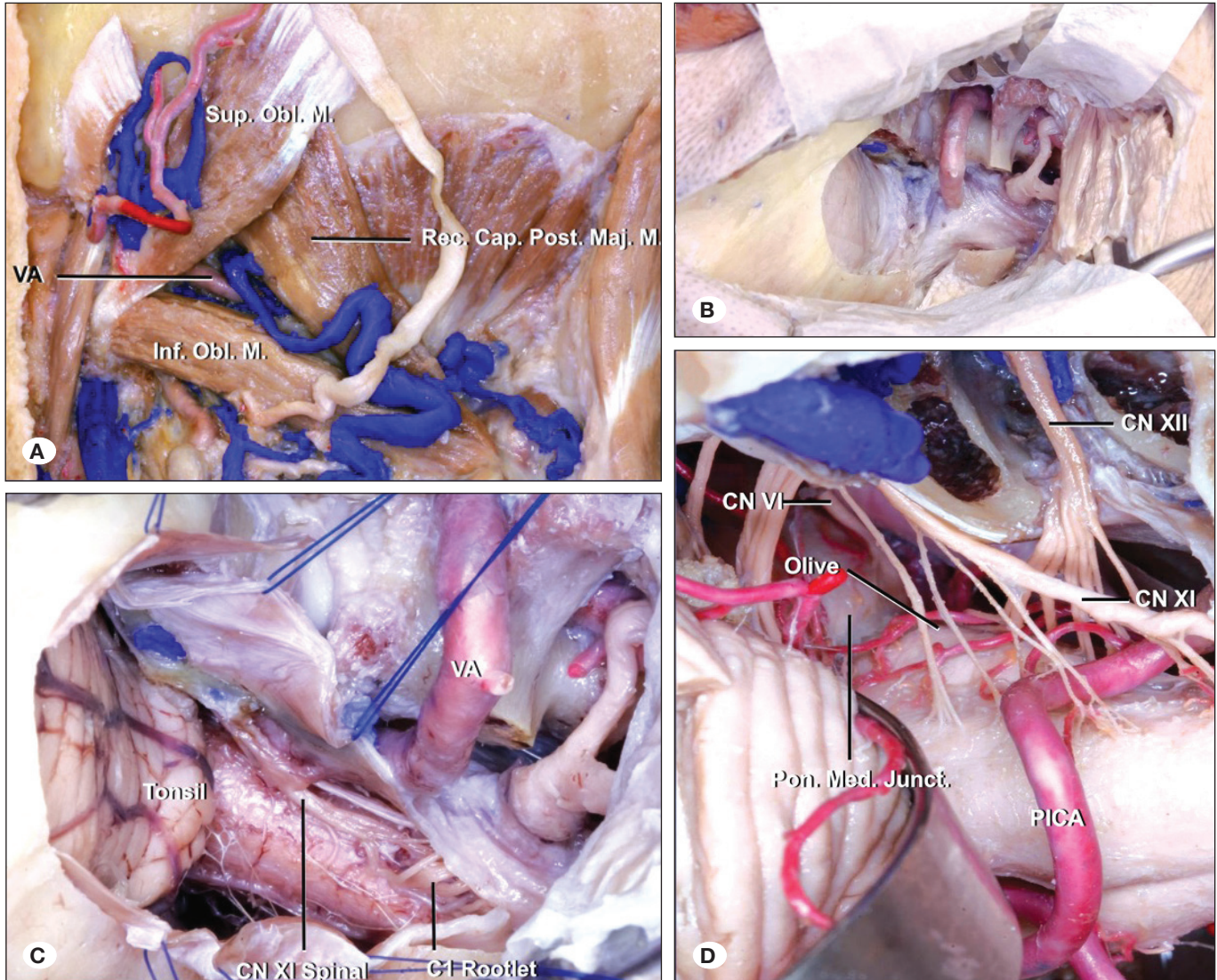
Şekil 12: Telovelar yaklaşım.

retraksiyonu ve sonrasında posterior inferior serebellar arterlerin telovelotonsiller segmentini lateral olarak dikkatlice iterek, tela koroidea ulaşmak ve açmak mümkündür. Tela koroidea, inferior medüller velum ile birlikte, dördüncü ventrikülün çatısının inferior yarısını oluşturur. Telovelar kavşak (Şekil 12B), medial olarak nodüle bağlanır ve lateralde, lateral ressesine uzanır. Tela choroidea'nın bilateral olarak açılması, tüm rhomboid fossayı ve lateral ressesleri cerrahi alanda görmek için yeterlidir (Şekil 12C).

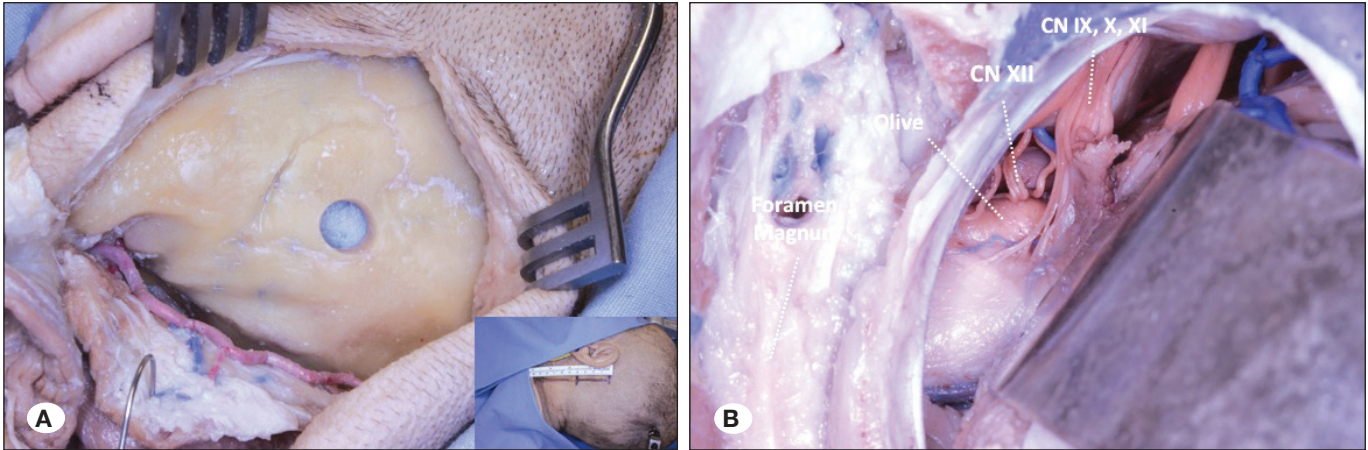
Far Lateral Yaklaşım

Far lateral yaklaşım için hasta park bench pozisyonuna getirilir ve klasik bir hokey sopası cilt insizyonu, cerrahın her kas katmanını subokspital üçgene kadar tanımlamasını sağlar (19,26). Düz insizyon da cerrahın tercihine bağlı olarak kullanılabilir. Karşıma çıkan ilk tabaka sternocleidomastoid ve trapezius kaslarından oluşur ve bunlar retrakte edildiğinde splenius capitis kası ortaya çıkar. Bir sonraki katman, altında subokspital üçgen yer alan, lateralde longissimus capitis

ve semispinalis capitis kaslarını içerir. Subokspital üçgeni oluşturan, süperior oblik, inferior oblik ve posterior rectus capitis majör kasları vertebral arterin V3 segmentini koruyan üçgeni sınırlar (Şekil 13A). Rectus capitis posterior minör kası ise rectus capitis posterior majör kasının medialinde yer alır. Bu kasların her ikisi de eleve edildiğinde C-1 arka kemeri ve vertebral arteri açığa çıkarmış oluruz. C-1 arka arkının ipsilateral yarısı, vertebral arterin subperiostal diseksiyonundan sonra alınır. Vertebral arteri mobilize etmek için, transvers foramenlerin arka kökleri drillenebilir fakat çoğu beyin sapı lezyonu için bu işlem gerekli değildir. Sigmoid sinüsün posterior kenarını ortaya çıkaran bir lateral subokspital kraniotomi, lezyonun kraniyo-kaudal uzantısına göre düzenlenir (Şekil 13B). Oksipital kondilin posterior üçte biri, hipoglossal kanal korunarak, anterolateral medulladaki lezyonlara yaklaşımda yeterli cerrahi açı sağlamak için drillenebilir (26). Dura C1 seviyesi ve kraniatomin üst kenarları arasında Y şeklinde açılır ve bir parçası sigmoid sinüse doğru yatırılır (Şekil 13C).



Şekil 13: Far lateral yaklaşım.



Şekil 14: Low retrosigmoid yaklaşım.

Sisterna magna üzerindeki araknoid ve lateral serebellomedüller sisterni açılır ve BOS boşaltımı sağlanır. Spinal aksesuar sinirin lateralinde ve hipoglossal sinir köklerinin hemen önünde posterior inferior serebellar arterin köken aldığı yere kadar vertebral arterin V4 segmentinin seyri görülür. Posterolateral medüller yüzey ve servikomedüller kavşağına ulaşmak için geniş bir pencere açılır.

Cerrahi görüş alanımızda aksesuar sinirin, glossofaringeal ve vagus ile birlikte juguler foramenlere girdiği görülür (Şekil 13D).

Serebellopontin sisterni kaplayan araknoid, pons yüzeyine yaklaşmak için ayrılabilir. Premedüller sisterne doğru yapılan ventral araknoid disseksiyon, anterolateral sulkus ve olivar güvenli giriş bölgelerine erişim olanağı sağlar.

Low Retrosigmoid Yaklaşım

Far-lateral yaklaşımda ventral ve ventrolateral medüller yüzey için yeterli cerrahi erişim sağlanabilmesine rağmen, bu yaklaşımda C1 posterior kemerin alınması, foramen magnumun açılması, cerrahi görüş açısını artırmak için oksipital kondilin 1/3'ünün alınması gibi morbiditeyi artırıcı prosedürler içerir ve vertebral arterin yaralanma riski bulunmaktadır. Lateral medüller bölgeye erişim için tanımlanmış olan low retrosigmoid yaklaşım alternatif olarak tercih edilebilir (2). Bu yaklaşımda, asterionun 1cm inferiorundan açılan burr-hole ile genişletilen 3x3 cm'lik bir kraniyotomi çoğunlukla yeterlidir (Şekil 14A). Serebellopontin ve serebellomedüller sisternin açılması sonrası serebellar tonsilin posterolaterale doğru hafif retraksiyonu ile lateral medüller bölgeye ve bu bölgedeki güvenli giriş alanlarına yeterli cerrahi erişim sağlanmış olur (Şekil 14B). Böylelikle foramen magnum, C1 vertebra korumuş ve vertebral arter yaralanma riski minimize edilmiş olunur.

TEŞEKKÜR

Şekil 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13: Kaan Yağmurlu tarafından hazırlanan Diseksiyonlar, MD. Rhoton Collection'ın (<http://rhoton.ineurodb.org>), CC BY-NC-SA 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>). izin alınarak çoğaltılmıştır.

KAYNAKLAR

- Bozkurt B, Elmacı İ: Beyin sapı lezyonlarına yaklaşım. Türk Nöroşir Derg 29(1):105-109, 2019
- Bozkurt B, Kalani MY, Yağmurlu K, Belykh E, Preul MC, Nakaji P, Spetzler RF: Low retrosigmoid infratonsillar approach to lateral medullary lesions. World Neurosurgery 111:311-316, 2018
- Bricolo A: Surgical management of intrinsic brain stem gliomas. Oper Tech Neurosurg 3(2):137-154, 2000
- Bricolo A, Turazzi S, Cristofori L, Talacchi A: Direct surgery for brainstem tumours. Acta Neurochir Suppl (Wien) 53:148-158, 1991
- Bricolo A, Turazzi S: Surgery for gliomas and other mass lesions of the brainstem. Adv Tech Stand Neurosurg 22:261-341, 1995
- Brown AP, Thompson BG, Spetzler RF: The two-point method. Evaluating brain stem lesions. Barrow Quarterly 12(1), 1996
- Cantore G, Missori P, Santoro A: Cavernous angiomas of the brain stem. Intra-axial anatomical pitfalls and surgical strategies. Surg Neurol 52:84-94, 1999
- Cavalcanti DD, Morais BA, Figueiredo EG, Spetzler RF, Preul MC: Surgical approaches for the lateral mesencephalic sulcus. Journal of Neurosurgery 1(aop):1-6, 2019
- Cavalheiro S, Yagmurlu K, da Costa MD, Nicácio JM, Rodrigues TP, Chaddad-Neto F, Rhoton AL: Surgical approaches for brainstem tumors in pediatric patients. Child's Nervous System 31(10):1815-1840, 2015
- Deshmukh VR, Rangel-Castilla L, Spetzler RF: Lateral inferior cerebellar peduncle approach to dorsolateral medullary cavernous malformation. J Neurosurg 121:723-729, 2014
- Erman AB, Kejner AE, Hogikyan ND, Feldman EL: Disorders of cranial nerves IX and X. Semin Neurol 29(1):85-92, 2009
- Fischer B, Weber H: Express saccades and visual attention. Behav Brain Sci 16:553-567, 1993
- Gross BA, Dunn IF, Du R, Al-Mefty O: Petrosal approaches to brainstem cavernous malformations. Neurosurgical Focus 33(2):E10, 2012

14. Munoz DP, Wurtz RH: Fixation cells in monkey superior colliculus. I. Characteristics of cell discharge. *J Neurophysiol* 70:559-575, 1993
15. Kalani MYS, Couldwell WT: Extreme lateral supracerebellar infratentorial approach to the lateral midbrain. *J Neurol Surg B Skull Base* 79 Suppl 5:S415-S417, 2018
16. Kalani MY, Yağmurlu K, Martirosyan NL, Cavalcanti DD, Spetzler RF: Approach selection for intrinsic brainstem pathologies. *Journal of Neurosurgery* 125(6):1596-1607, 2016
17. Kalani MY, Yağmurlu K, Spetzler RF: The interpeduncular fossa approach for resection of ventromedial midbrain lesions. *Journal of Neurosurgery* 128(3):834-839, 2017
18. Kyoshima K, Kobayashi S, Gibo H, Kuroyanagi T: A study of safe entry zones via the floor of the fourth ventricle for brainstem lesions. Report of three cases. *J Neurosurg* 78:987-993, 1993
19. Lanzino G, Paolini S, Spetzler RF: Far-lateral approach to the craniocervical junction. *Neurosurgery* 57 Suppl 4:367-371, 2005
20. Recalde RJ, Figueiredo EG, de Oliveira E: Microsurgical anatomy of the safe entry zones on the anterolateral brainstem-related to surgical approaches to cavernous malformations. *Neurosurgery* 62 (3 Suppl 1):9-17, 2008
21. Rhoton AL Jr: Cerebellum and fourth ventricle. *Neurosurgery* 47:S7-S27, 2000
22. Smith LH, DeMyer WE: Anatomy of the brainstem. *Semin Pediatr Neurol* 10(4):235-240, 2003
23. Spetzler RF, Kalani MY, Nakaji P, Yağmurlu K: *Color Atlas of Brainstem Surgery*. New York: Thieme, 2017
24. Tanriover N, Ulm AJ, Rhoton AL, Yasuda A: Comparison of the transvermian and telovelar approaches to the fourth ventricle. *Journal of Neurosurgery* 101(3):484-498, 2004
25. Waxman SG: *Control of Movement*. Clinical Neuroanatomy. 28th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2017
26. Wen HT, Rhoton AL, Katsuta T, de Oliveira E: Microsurgical anatomy of the transcondylar, supracondylar, and paracondylar extensions of the far-lateral approach. *Journal of Neurosurgery* 87(4):555-585, 1997
27. Yağmurlu K, Kalani MY, Preul MC, Spetzler RF: The superior fovea triangle approach: A novel safe entry zone to the brainstem. *Journal of Neurosurgery* 127(5):1134-1138, 2016
28. Yağmurlu K, Rhoton Jr AL, Tanriover N, Bennett JA: Three-dimensional microsurgical anatomy and the safe entry zones of the brainstem. *Operative Neurosurgery* 10(4):602-620, 2014
29. Yağmurlu K, Safavi-Abbasi S, Belykh E, Kalani MY, Nakaji P, Rhoton AL, Spetzler RF, Preul MC: Quantitative anatomical analysis and clinical experience with mini-pterional and mini-orbitozygomatic approaches for intracranial aneurysm surgery. *Journal of Neurosurgery* 127(3):646-659, 2016
30. Yaşargil MG, Abdulrauf SI: Surgery of intraventricular tumors. *Neurosurgery* 62 Suppl 3:SHC1029-1041, 2008
31. Zabramski JM, Kiriş T, Sankhla SK, Cabiol J, Spetzler RF: Orbitozygomatic craniotomy. *Journal of Neurosurgery* 89(2):336-341, 1998