

Nervus Abducens'in Petroklival Bölgedeki Seyri: Anatomik Çalışma

The Course Of The Abducens Nerve At The Petroclival Region: Anatomical Study

M. FAİK ÖZVEREN, KOICHI UCHIDA, İBRAHİM TEKDEMİR, TAKESHI KAWASE,
HALUK DEDA, FATİH S. EROL, İSMAİL AKDEMİR

Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroşirürji (MFÖ, FSE, İA) A.B.D., Elazığ, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi (İT) ve Nöroşirürji (HD) A.B.D., Ankara, Keio Üniversitesi Nöroşirürji (KU, TK) A.B.D., Tokyo

Geliş Tarihi: 18.10.2000 ⇔ Kabul Tarihi: 1.12.2000

Özet: Kafatabanı cerrahisindeki ilerlemeler nedeniyle nervus abducens'in petroklival bölgedeki yapısı klinikte önem kazanmaktadır. Petroklival bölgeye ait anatomik çalışmaların cerrahi tedavi stratejileri kadar n. abducens felçlerinin mekanizmalarının açıklanmasında da yararı olmaktadır. Dört kadavrada yapılan mikroşirürjikal disseksiyonlar ve bir kadavrada yapılan histolojik incelemeler sonucunda n. abducens'in petroklival bölgedeki anatomisi detaylı olarak ortaya konuldu. N. abducens'in petroklival bölgede araknoid membran ve dural kılıf ile sarılı olduğu gözlemlendi. N. abducens birinci olarak petroklival bölgedeki dural giriş deliğinde, ikinci olarak petroz apekte ve üçüncü olarak da arteria karotis interna'nın kaverno segmentinin lateral duvarında olmak üzere üç açılanma yapıyordu. Üçüncü açılanma noktasında sinirin dural kılıfının incelmesinin, simpatik pleksus ve n. trigeminalis ile anastomozunun, ve Meckel's cave ile arteria karotis interna arasındaki fibröz uzantıların sinirin bu yapılar tarafından tutulmasına neden olarak altıncı sinir felci oluşumunda kolaylaştırıcı etkisi olabileceği sonucuna varıldı.

Anahtar sözcükler: Dura mater, nervus abducens, petroz apeks, sinir felci

Abstrac: IAdvances in skull base surgery increased the clinical importance of the petroclival part of the abducens nerve. The anatomical studies of this region is helpful in operative management strategies, as well as in explaining the abducens nerve palsy mechanisms. The anatomy of the abducens nerve at the petroclival region was defined in detail through microsurgical dissections in 4 cadavers and histological examination in one. It was found that the nervus abducens was surrounded by arachnoid membrane and dural sheath at the petroclival region. Three angulation points of the abducens nerve were observed at the petroclival region; first at the dural entrance porus, second at the petrous apex, and third at the lateral wall of the cavernous segment of the internal carotid artery. It was concluded that the entrapment of the abducens nerve at the third angulation point was enhanced by the following factors; thinning of the dural sheath of the abducens nerve, anastomosis with the sympathetic plexus and trigeminal nerve, and fibrous extensions to the Meckel's cave and internal carotid artery.

Key words: dura mater, nerve injury, nervus abducens, petrous apex

GİRİŞ

N. abducens sisternal, intrakaverno ve intraorbital olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır (8, 14). Pontobulber sulkustan petroklival bölgedeki

dural giriş deliğine kadar olan bölüm sisternal, dural giriş deliğinden superior orbital fissüre kadar olan bölüm intrakaverno, ve fissura orbitalis superior'dan lateral rektus kasına dağıldığı bölüm ise intraorbital kısmı oluşturmaktadır (2, 8, 14). N.

abducens'in kafatabanının petroklival bölgesinde dura mater'i deldiği nokta dural giriş deliğini oluşturmaktadır (1, 2, 15-17). N. abducens'in dural giriş deliği ile fissura orbitalis superior arasındaki parçası her ne kadar intrakavernoz kısma dahil edilmekte ise de, anatomik disseksiyonlarda petroklival bölgeyi çaprazladıktan sonra kavernoza sinüsün lateral duvarındaki n. oculomotorius, n. trochlearis ve n. trigeminalis ile birlikte seyrettiği gözlenmektedir. Klasik olarak intrakavernoz kısma dahil olduğu bildirilen bölümü petroklival ve kavernoza sinüsün lateral duvarı komşuluğunda ilerleyen kısımlar olmak üzere iki kısma ayırmak olasıdır. Bu anatomik ayırım klinikte n. abducens felcinin izole veya kavernoza sinüste seyreden diğer kafa çiftleri ile birlikte görülmesi ile kendisini belli etmektedir.

Bu çalışmanın amacı n. abducens'in petroklival bölgedeki yapısının kadavralarda anatomik disseksiyon ve histolojik kesitlerle ortaya konularak elde edilen bilgilerin literatür ışığında tartışılmasıdır.

GEREÇLER VE YÖNTEM

Anatomik Disseksiyon

Çalışmada Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı ve Keio Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'na ait 4 adet kadavra kullanıldı. Ölüm sonrası ilk 24 saatte getirilen kadavraların her iki a. karotis kommunis, a. vertebralis ve v. jugularis interna'ları kataterize edilerek izotonik NaCl ile yıkandı. Kranial dokular %10'luk formol solüsyonu ile tespit edildikten sonra arterler kırmızı, venler mavi renkli silikon (Nankawase Co. Ltd) ile doldurularak anatomik disseksiyon gereçleri hazırlandı. Kalvarium ve beyin alındıktan sonra kafatabanının petroklival bölgesinde OPMI-Zeiss MD cerrahi mikroskop (Carl Zeiss Co. Ltd.) ile disseksiyonlar yapıldı. Görüntüleme amacıyla Contax 167M kamera kullanıldı.

Anatomik disseksiyon sırasında kafatabanının petroklival bölgesine intradural olarak supero-posteriordan yaklaşıldı. Dura mater'in serebral tabakası kaldırılarak petroklival bölgedeki arteriel, venöz ve sinirsel yapılar incelendi.

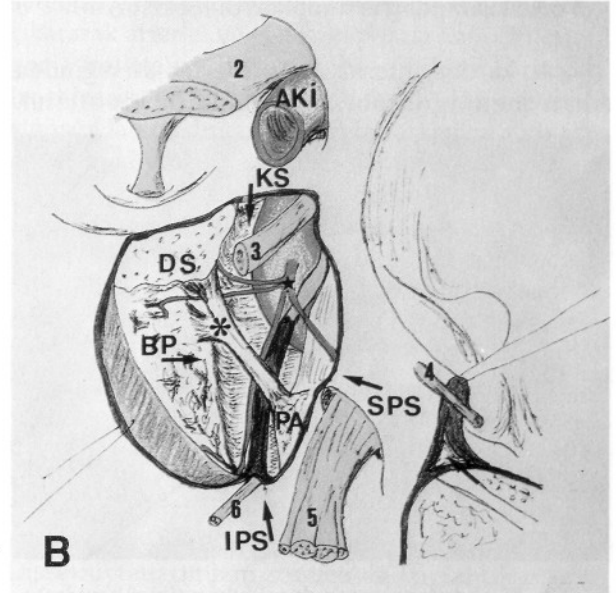
Histolojik Kesitler

%10'luk formol ile perfüze edilmiş bir kadavranın kalvarium ve beyini alındıktan sonra petroklival bölgedeki dura mater, periostal

tabakasını da içerecek şekilde kafatabanı kemik yapısından sıyrılarak kaldırıldı. Dural giriş deliğinden a. karotis interna'nın kavernoza segmentinin lateral duvarında kavernoza sinüsteki diğer sinirlerle birleştiği nokta arasında kalan kısımdan hazırlanan parçalardan histolojik kesitler hazırlandı. Bu işlem sırasında önce %70'den %100'e ulaşan alkol serilerinden geçirilerek dehidrate edildi, parafin bloklara gömüldükten sonra 5m kalınlığında kesildi ve Hematoksilen-Eozin ile boyanarak ışık mikroskobu altında incelendi.

SONUÇLAR

N. abducens'in petroklival bölgedeki dural giriş deliğinde ilk dirseğini yaparak superior ve laterale olmak üzere petroz apekse doğru yöneldiği görüldü. Petroz apeksin üzerinde yer alan bu venöz bölgeye kavernoza, superior petrozal, inferior petrozal sinüs ve baziler pleksusun açıldığı tespit edildi (Şekil 1). N. abducens'in petroklival bölgede 3 yerde yön değişikliğine uğramakta olduğu gözlemlendi; birincisi dural giriş deliğinde, ikincisi petroz apekte, ve üçüncüsü de a. karotis interna'nın kavernoza segmentinin lateral duvarında tespit edildi (Şekil 2).



Şekil 1: Petroklival venöz konfluensin şematik görünümü. AKI: arteria karotis interna, yıldız: meningohipofiziel trunk, DS: dorsum sella, PA: petroz apeks, asterisk: petrosfenoidal ligament, BP: baziler pleksus, IPS: inferior petrozal sinüs, SPS: superior petrozal sinüs, KS: kavernoza sinüs (sağ petroklival bölgenin supero-posteriordan şematik olarak intradural görüntüsü).

Dural giriş deliğinde serebral dura materin dışı kıvrılması ile oluşan dural kılıfın, sınırı petroz apekse kadar sardığı gözlemlendi (Şekil 2-3). Subaraknoid mesafedeki araknoid membran sınırı takip ederek dural kılıfın içine giriyordu. Böylece sinirin hem araknoid hem de dura ile sarılı bir şekilde petroklival bölgeyi çaprazladığı tespit edildi. Petroz apekte, ikinci dirsekten sonra, araknoid ve dural kılıfların birleşerek ince semitransparan bir membran özelliğine dönüştüğü görüldü. A. karotis interna'nın kavernoza segmentinin lateral duvarında yer alan üçüncü dirsek bölgesinde n. abducens'in a. karotis interna'yı saran periarteriel simpatik pleksus ve Meckel's cave'in medial duvarı aracılığı ile n. trigeminalis ile anastomozlar yaptığı izlendi (Şekil 4A-B). Ayrıca n. abducens'i saran membran ile çevre yapılar arasında fibröz bağlantılar vardı (Şekil 5).

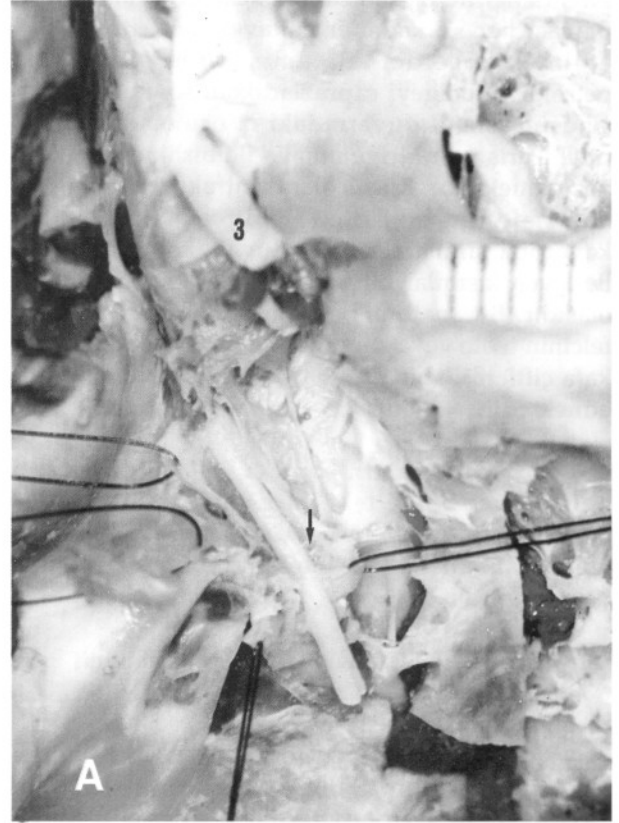
Duranın her iki yaprağı arasında uzanan fibröz trabeküller petroklival bölgenin dural çatısını oluşturmakta ve n. abducens'in dural kılıfı ile klival arterleri tespit etmekteydi (Şekil 5). Petrosfenoidal ligament fibröz trabeküllerin en büyüğü olarak gözlemlendi ve tüm kadavralarda dural kılıfın ligamentin altından geçtiği tespit edildi. Üç kadavrada dural kılıf petrosfenoidal ligamentin 1/3 inferolateralini işgal ederken, 1 tanesinde ligamentin 1/3 orta kısmında yer almaktaydı (Şekil 6A-B).

A. karotis interna'nın posterior dirseğinden çıkan meningohipofiziel anadalın hipofiziel,

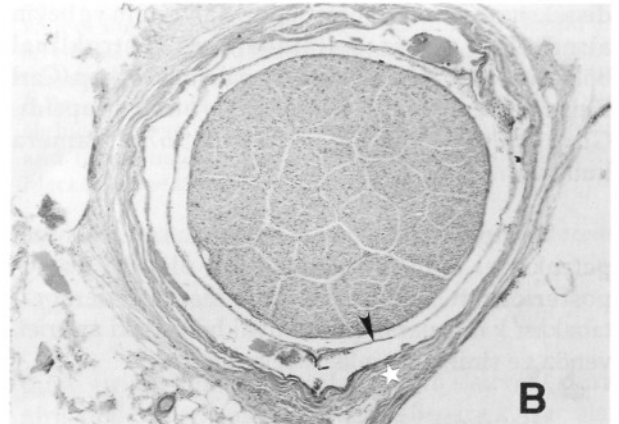


Sekil 2: N. abducens'i saran dural kılıfın (küçük yıldız) a. karotis internanın kavernoza segmentinin lateraline (AKI) kadar devam ettiği ve sonrasında incelendiği görülüyor. Okların, abducensin açılanma noktalarını gösteriyor. BP: baziler pleksus, büyük yıldız: petrosfenoidal ligament, geniş ok: meningohipofiziel trunk (sağ petroklival bölgenin serebral dural yaprağı kaldırıldıktan sonra supero-posteriordan görüntüsü).

tentorial, medial (dorsal meningeal) ve lateral klival dalları tüm kadavralarda görüldü (Şekil 3A, 5, 6A). Lateral klival arter dural kılıfın medialinde



Sekil 3A: N. abducens'in (6) dural kılıfı açıldığında sinir ile dura arasında araknoid membran (küçük ok) izleniyor. Büyük yıldız: posterior klinoid proses, küçük yıldız: petrosfenoidal ligament, asterisk: hipofiz sapı, büyük ok: lateral klival arter, DS: dorsum sella (sol petroklival bölgenin supero-posteriordan görünümü).



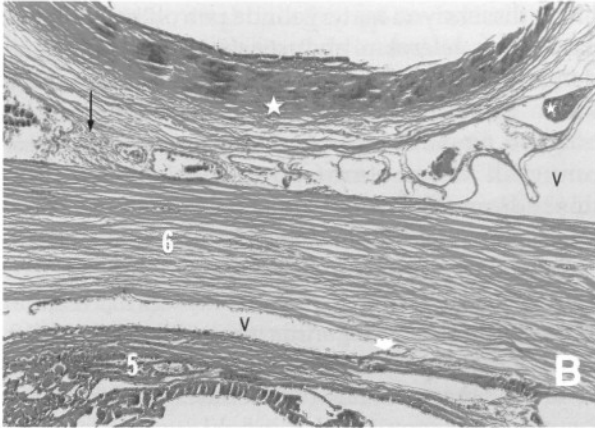
Sekil 3B: Histolojik kesitte n. abducens'in (6) hem araknoid (okbaşı) hem de dura mater (yıldız) ile sarılı olduğu görülüyor (HEx40).



Sekil 4A: Sol supero-lateralden n. abducens'in a. karotis interna'nın (tek yıldız) kavernoöz segmentinin lateral duvarında yassılaştığı dikkat çekiyor. Periarteriel simpatik sinir lifleri (tek oklar) n. abducense katılarak altıncı sinir (6) superior orbital fissüre doğru ilerliyor. Asterisk: petrosfenoidal ligament, çift yıldız: petrosfenoidal ligamentin petroz ucunun tutunduğu petroz apeks, CLV: klivus, çift ok: lateral klival arter.



Sekil 5: Petrosfenoidal ligament kaldırıldıktan sonra dural kılıfın (yıldız) medialinde seyreden lateral klival arter (içi boş ok) ile tentorial (beyaz ok) ve inferior hipofiziel (üç ok) arterler a. karotis interna'nın (AKI) posteriorundan meningohipofiziel trunk halinde kaynaklanıyor. Medial klival arter (dorsal meningeal arter) (çift ok) inferior hipofiziel arterden ayrılarak dorsum sellada (asterisk) uzanıyor. Arterlerin ve dural kılıfın fibröz bağlantılarla tutulduğu izleniyor (sol petroklival bölgenin supero-posteriordan görünümü).



Sekil 4B: N. abducens'in (6) a. karotis interna (büyük yıldız) ile olan fibröz (siyah ok) ve trigeminal sinirle (5) olan nöral (beyaz ok) bağlantıları. v: venöz alanlar, küçük yıldız: periarteriel simpatik sinir lifi, (HEx40).

seyretmekle birlikte hiçbir kadavrada dural kılıfı delerek abducens sinire perforan dal vermediği izlendi.

TARTIŞMA

Dura mater kraniuma komşu periosteal ve araknoid membrana komşu serebral yapraklardan oluşmakta olup, kalvariumda bu iki yaprak birbirine bitişik olduğundan tek bir tabaka halinde izlenimi verir (12). Ancak kafa tabanında periosteal ve

serebral yapraklar ayrılıp kavernoöz sinüsü ortaya çıkararak arteriel ve venöz yapılarla kafa çiftlerinin geçiş yollarını oluşturur. N. okulomotorius, n. trochlearis, ve n. trigeminalis'in 1. dalı kavernoöz sinüsün lateral duvarında seyrederken, n. abducens petroklival bölgeyi çaprazladıktan sonra kavernoöz sinüsün lateral duvarının medial ve a. karotis interna'nın laterali arasında fissura orbitalis superior'a doğru ilerler (8, 11, 14, 17). N. abducens'in içinden geçtiği petroz apeks bölgesinde kavernoöz, superior petrozal, inferior petrozal sinüsler ve baziler pleksusun birleştiği Umansky ve ark. (16) tarafından bildirilmiş ve kısa bir süre önce bu alan petroklival venöz konfluens olarak adlandırılmıştır (2). İnför petrozal sinüs ve baziler pleksusun sınırlarının farklı kabul edilmesinden dolayı bu bölge, önceki bazı çalışmalarda inferior petrozal sinüsün veya basiler pleksusun içine dahil edilmiştir (3,7,13). Disseksiyonlarımızın sonucuyla bağlantılı olarak, petroklival bölgede duranın serebral ve periosteal yaprakları arasında kalan ve n. abducens'in çaprazladığı venöz bölgenin petroklival venöz konfluens olarak tanımlanması görüşünü paylaşıyoruz.

N. abducens'i saran membranöz yapı petroklival bölgede sinirin venöz kan ile doğrudan



Sekil 6 A: N. abducens'in dural kılıfının (küçük çift beyaz ok) petrosfenoidal ligamentin 1/3 inferolateral bölümünde petroz apekse (tek yıldız) komşu olarak seyri görülüyor. İçi boş beyaz oklar superiorda kavernoze sinüsten, medialde baziler pleksustan, lateralde superior petrozal sinüsten petroklival venöz konfluense direnaji, inferiordaki ok ise inferior petrozal sinüsten foramen jugulareye venöz dönüş yolunu gösteriyor. Çift yıldız: posterior klinoid proses, beyaz ok: lateral klival arter, siyah ok: medial klival arter, AKI: a. karotis interna (sağ petroklival bölgenin supero-posteriordan görünümü).

temasını önlemektedir. Bu izolasyonun araknoid membran veya dura mater tarafından sağlandığı bildirilmiştir (2, 15). Disseksiyonlarımızda ve histolojik kesitlerimizde petroklival bölgede n. abducens'in dural giriş deliği çevresinde serebral dura materin dışı doğru dönerek dural kılıfı oluşturduğu gözlemlendi. N. abducens dural kılıfın içinde hem araknoid membran, hem de dura mater ile sarılıyordu. Tüm kadavralarda araknoid membranın petroz apekse kadar sürekliliğini koruması subaraknoid mesafenin petroz apekse kadar sürdüğünü göstermektedir. Bu anatominin sinirin beslenmesi açısından önemi olabilir. Lateral klival arterin n. abducens'in petroklival bölgedeki



Sekil 6 B: N. abducens'in petrosfenoidal ligamentin (yıldız) 1/3 orta kısmındaki seyri sırasında petroz apeks (asterisk) ile arasında venöz mesafe kaldığı izleniyor. AKI: a. karotis interna, büyük yıldız: klivus (dura materin serebral tabakası alındıktan sonra sağ petroklival bölgenin supero-posteriordan görünümü).

besleyicisi olduğu bildirilmektedir (2, 6, 15). Ancak hiçbir disseksiyon materyalinde petroklival bölgede dural kılıfı delerek n. abducens'e giren bir perforan damarın görülmemesi ve araknoid membranın dural kılıfın içinde bulunması sinirin beslenmesinin bu bölgeye uzanan subaraknoid mesafedeki beyin-omurilik sıvısı tarafından da sağlandığını düşündürmektedir. Subaraknoid mesafenin dural kılıf içine yöneldiğinin diğer bir kanıtı, ince kesitli MR incelemelerinde petroklival bölgede petroz apekse doğru n. abducens'in dural kılıfına tekabül edecek biçimde sıvı değerinin görüntülenmesidir (10, 20). N. abducens'in petroklival bölgede dural kılıf ve araknoid tarafından çevrelenmesi nedeniyle bu kısmın kavernoze sinüs içindeki kısmından ayrı değerlendirilmesi gerektiğini düşünüyoruz.

N. abducens kafatabanında petroklival bölgedeki dural giriş deliğinden girdikten sonra petrosfenoidal ligamentin altından geçmektedir (2, 14-16, 21). N. abducens'in petrosfenoidal ligamentin altı, petroz apeks ve venöz alan arasında kalan kısmı Dorello kanalı olarak adlandırılmıştır (19). N. abducens petrosfenoidal ligamentin altında, petroz apekse yakın olarak 1/3 lateralde, 1/3 ortada veya 1/3 medialde yerleşebilmektedir (11, 16, 19). Disseksiyonlarımızda her ne kadar petrosfenoidal ligamentin dural kılıf ile birlikte siniri koruyucu bir özellik gösterdiği gözlemlense de, sinirin petroz apekse doğrudan komşu olması halinde petroz apeksi ilgilendiren patolojilerde ve petroz apeksin rezeke edildiği anterior transpetrozal yaklaşımda termal

veya mekanik travmaya maruz kalma olasılığı artabilir.

N. abducens'in yön değişikliklerini yaptığı dural giriş deliği ve petroz apeks, şiddetli kafa travmalarında sinirin tuzaklandığı yerler olarak bildirilmiştir (1, 9). Servikal hiperfleksiyon yaralanmalarında yapılan vektörel analiz, beyinin yukarı yer değiştirmesinde dural giriş deliğinin n. abducens felci görülmesinde tuzaklanma noktası olduğunu ortaya koymuştur (18).

N. abducens petroklival bölgede dural kılıf ve araknoid membran ile korunurken petroz apeksteki ikinci açılanmadan sonra siniri saran membran incelmektedir (2, 15). N. abducens'in üçüncü açılanma noktası Ziyal ve ark (21) tarafından tanımlanan petroz apeks, petrolingual ligament ve a. karotis interna arasındaki üçgen arasında kalmaktadır. Üçüncü açılanma noktasında subaraknoid boşluğun ortadan kalkmasına ek olarak n. abducens'in çevre yapılarla bağlantılarının görülmesi sinirin burada dış etkilere karşı hassasiyetinin artabileceğini göstermektedir. N. abducens'in üçüncü açılanma noktasında tuzaklanmasına neden olabilecek iki yapı sözkonusudur. Birincisi siniri saran membranı tutan fibröz bağlantılar, ikincisi sinirin simpatik pleksus ve n. trigeminalis ile olan anastomozlarıdır. Kavernoz sinüs cerrahisi sırasında petroklival bölgedeki venöz kanamayı önlemek üzere aşırı miktarda hemostatik materyal kullanılması n. abducens'in özellikle zayıf olduğu üçüncü açılanma noktasındaki fibröz ve nöral bağlantılarından gerilmesine yol açarak altıncı sinir felci komplikasyonu ile sonuçlanabilir (5). N. abducens'in üçüncü açılanma noktasında görülen zayıf korunmanın diğer bir önemi fonksiyonel nöroşirürjide ortaya çıkmaktadır. Kanpolat ve ark. (4) trigeminal nevraljide foramen ovale ponsiyonu sonrası uzun elektrodlar kullanılmasının n. abducens felci oluşumunda önemli bir etken olduğunu ifade etmişlerdir. Rizoliz sırasında sinire doğrudan travma dışında n. trigeminalis ile n. abducens arasındaki fibröz ve nöral bağlantıların dokuların retraksiyonuna yol açmasının da n. abducens felci ortaya çıkmasında rolü olabileceğini düşünürüz.

SONUÇ

N. abducens petroklival bölgede araknoid ve dural membranla sarılı olarak korunmaktadır. N. abducens'in dural kılıfı içinde subaraknoid mesafe devam etmektedir. N. abducens üç adet açılanma yaptıktan sonra kavernoz sinüsün lateral duvarına

ulaşmaktadır. A. karotis interna'nın kavernoz segmentinin lateral duvarında simpatik pleksusun n. trigeminalis ve n. abducens ile yaptığı nöral ve fibröz bağlantılar altıncı sinirin tuzaklanmasına neden olabilecek bir yapı arz etmektedir. Bu açılanma noktaları n. abducens felçlerinin oluşumu mekanizmasında önemli yerlerdir.

TEŞEKKÜR

Dr. M. Faik Özveren, Keio Üniversitesi Nöroşirürji Ana Bilim Dalı'nda yaptığı çalışmalar sırasında desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Takeshi Kawase'ye, birlikte çalıştığı Assist. Prof. Dr. Koichi Uchida'ya, Anatomi Laboratuvarı'nı kullandıran Prof. Dr. Sadakazu Aiso'ya ve tüm güçlülere karşı yurtdışında 1 yıl kalabilmesi için izin veren Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi öğretim üyelerine teşekkürlerini sunar.

Yazışma Adresi: Dr. M. Faik Özveren
Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi
Nöroşirürji ABD Elazığ
Tel: 0424-2388080/186
Faks: 0424-2388096
e-mail: fozveren@yahoo.com

KAYNAKLAR

1. Arias MJ: Bilateral traumatic abducens nerve palsy without skull fracture and cervical spine fracture: case report and review of the literature. *Neurosurgery* 16: 232-234, 1985
2. Destrieux C, Velut S, Kakou MK, Lefrancq T, Arbeille B, Santini JJ: A new concept in Dorello's canal microanatomy: the petroclival venous confluence. *J Neurosurg* 87: 67-72, 1997
3. Dolenc VV: *Anatomy and Surgery of the Cavernous Sinus*, Springer-Verlag, 1989, 69-70 s.
4. Kanpolat Y, Savas A, Berk C: Letter to the editor: Abducens nerve palsy after radiofrequency rhizolysis for trigeminal neuralgia: Case Report, *Neurosurgery* 44:1364, 1999
5. Kawase T, Shiobara R, Toya S: Anterior transpetrosal-transtentorial approach for sphenopetroclival meningiomas: surgical method and results in 10 patients. *Neurosurgery* 28: 869-876, 1991
6. Krist A, Barnett DW, Barrow DL, Bonner G: The Blood Supply of the Intracavernous Cranial Nerves: An Anatomic Study. *Neurosurgery* 34: 275-279, 1994
7. Lang J: *Clinical Anatomy of the Posterior Cranial Fossa and its Foramina*. Stuttgart: George Thieme Verlag, 1991, 7 s.
8. Lang J: *Skull Base and Related Structures*. Atlas of Clinical Anatomy. Stuttgart: Schattauer, 1995, 85-86 s.
9. Lazow SK, Izzo SR, Feinberg ME, Berger JR: Bilateral abducens nerve palsy secondary to maxillofacial

- trauma: report of a case with proposed mechanism of injury. J Oral Maxillofac Surg 53: 1197-1199, 1995
10. Leblanc A: The Cranial Nerves: Anatomy, Imaging, Vascularisation. Berlin: Springer-Verlag, 1992, 162 s.
 11. Mertol T, Magden O, Ozer H: Nervus abducens'in internal karotid artere ulaşmadan önceki interdural seyri mikrocerrahi anatomisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 10: 61-65, 1996
 12. Taptas JN: The so-called cavernous sinus: a review of the controversy and its implications for neurosurgeons. Neurosurgery 11: 712-717, 1982
 13. Tedeschi H, Rhoton AL: Lateral approaches to the petroclival region. Surg Neurol 41: 180-216, 1994
 14. Tekdemir I, Deda H, Karahan ST, Arinci K: The intracranial course of the abducens nerve. Turkish Neurosurgery 6: 96-102, 1996
 15. Tsitsopoulos PD, Tsonidis CA, Pestas GP, Hadjiioannou PN, Njau SN, Anagnostopoulos IV: Microsurgical study of the Dorello's canal. Skull Base Surgery 6: 181-185, 1996
 16. Umansky F, Elidan J, Valarezo A: Dorello's canal: a microanatomical study. J Neurosurg 75: 294-298, 1991
 17. Umansky F, Valarezo A, Elidan J: The microsurgical anatomy of the abducens nerve in its intracranial course. Laryngoscope 102: 1285-1292, 1992
 18. Uzan M, Hanci M, Sarioglu AC, Kaynar MY, Bozkus H: Bilateral traumatic abducens nerve paralysis with cervical spine flexion injury. Eur Spine J 5: 275-277, 1996
 19. Vail RL: Anatomical studies of Dorello's canal. Laryngoscope 32: 569-575, 1922
 20. Yousry I, Camello S, Wiesman M, Schmid UD, Moriggl B, Bruckman H, Yousry AT: Detailed magnetic resonance imaging anatomy of the cisternal segment of the abducens nerve: Dorello's canal and neurovascular relationships and landmarks. J Neurosurg 91: 276-283, 1999
 21. Ziyal IM, Salas E, Wright DC, Sekhar LN: The petrolingual ligament: the anatomy and surgical exposure of the posterolateral landmark of the cavernous sinus. Acta Neurochir (Wien) 140:201-205, 1998