



Derleme

Beyin Sapı ve Spinal Kord Düzeyinde Destruktif Ağrı Cerrahisi

Destructive Pain Surgery at the Level of Brain Stem and Spinal Cord

Ahmet BEKAR¹, M Özgür TAŞKAPILIOĞLU¹, Alper TÜRKKAN²¹Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye²İstinye Üniversitesi, Bursa VM Medicalpark Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Bölümü, Bursa, Türkiye

Yazışma adresi: Ahmet BEKAR ✉ abekar@uludag.edu.tr

ÖZ

Dirençli ağrı ve kanser ağrısı tedavisi hala tıptaki önemli sorunlardan biridir. Özellikle hastalığın son dönemlerinde kanser ağrısı hastaların %90'ın da görülmekte ve yaşam kalitesini bozmaktadır. Narkotik analjeziklerin kullanımının artması ile nöroşirürjikal girişimler azalmakla beraber dirençli ağrısı bulunan hastalarda spinal kord ve beyine yönelik lezyon yapıcı girişimler önemini korumaktadır. Bu girişimlerde amaç ağrı iletim yollarında lezyon oluşturarak ağrının iletiminin engellenmesidir. Tedaviye dirençli ağrının ve kanser ağrısının tedavisinde kordotomi, trigeminal traktotomi, dorsal kök giriş bölgesi ameliyatları ekstrelemniscal miyelotomi, rizotomi en sık uygulanan nöroşirürjikal girişimlerdir. Yazıda güncel bilgiler ışığında beyin sapı ve spinal kord düzeyinde destrüktif ağrı cerrahisindeki son gelişmeleri gözden geçirdik.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Dirençli ağrı, Kanser ağrısı, Nöroşirürjikal girişimler, Nöroablatif yöntemler

ABSTRACT

Treatment of resistant pain and cancer pain is still one of the major problems in medicine. Cancer pain is seen in 90% of the patients, especially in the terminal stage of the disease, and worsens the quality of life. Although the use of neurosurgical procedures has decreased with the advance of narcotic analgesics, lesion-forming interventions for the spinal cord and brain in patients with resistant pain remain important. The aim of these interventions is to prevent the transmission of pain by forming a lesion in the pain commissural pathways. Cordotomy, trigeminal tractotomy, dorsal root entry zone surgery, extralemniscal myelotomy and rhizotomy are the most commonly used neurosurgical interventions for intractable pain and cancer pain. In this paper, we reviewed recent developments in destructive pain surgery at the level of the brain stem and spinal cord in the light of the current literature.

KEYWORDS: Intractable pain, Cancer pain, Neurosurgical procedures, Neuroablative procedures

Tıp alanındaki gelişmeler kanser hastalarının yaşam süresini uzatmıştır; ancak hastalar daha uzun yaşadıkça daha fazla sayıda kanser hastası son dönemde şiddetli ağrı ile yüzleşmek zorunda kalmaktadır. Bu uzama etkili bir ağrı kontrolünü gerekli kılmaktadır. Kanser tipine, evresine ve yayılmasına bağlı olarak ağrının şiddeti değişir. Kanser ağrısı insidansı erken dönemlerde %20-50 civarında iken geç dönemlerde bu oran %55-95'e kadar yükselir (32).

Günümüzde kanser ağrıları için sıklıkla epidural opioid ve anestetik ajanlar kullanılmaktadır; ancak bunlar beraberinde enfeksiyon, epidural fibrozis ve spinal kord hasarı gibi bazı riskler taşımaktadır (28). Sistemik opioid kullanımının ise konstipasyon, konfüzyon, bağımlılık gibi yan etkileri mevcuttur (31). Opioid tedavisi alan hastalarda hastalık ilerledikçe doz artımına ihtiyaç duyulmaktadır (8).

Ağrı yollarının kesilmesi ile ağrı kontrolü ilk olarak 1912 yılında Spiller tarafından bildirilmiştir (27). Bu tarihten sonra

uzun yıllar dirençli ağrının tedavisinde ağrı taşıyan yollara açık tekniklerle lezyon yapıldı.

Bu yazının ana konusu olan beyin sapı ve spinal kord düzeyinde destrüktif amaçla yapılan ablatif yöntemlerde ise; nukleus veya traktuslarda lezyon oluşturularak assendan sensoriyel sinyaller engellenir (Şekil 1).

Destruktif Spinal Yöntemler

Nöroşirürjikal destrüktif işlemlerin çoğu beyin sapı ve spinal kordda uygulanır. Spinotalamik traktus, trigeminal traktus ve assendan visseral ağrı yolları nöroşirürjikal girişimlerin ana hedefleridir.

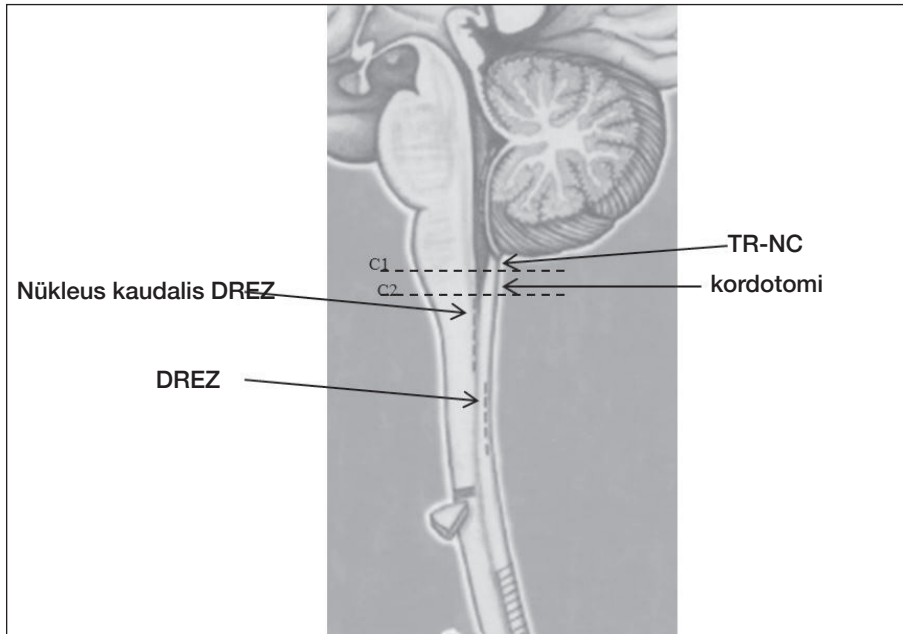
Bu yöntemler uzun yıllar açık veya floroskopi eşliğinde uygulanmıştır. Ancak Kanpolat ve Cosman bilgisayarlı tomografi (BT) eşliğinde istenen hedeflere daha net ve güvenli şekilde ulaşılacağı göstermiştir (11).

Kordotomi

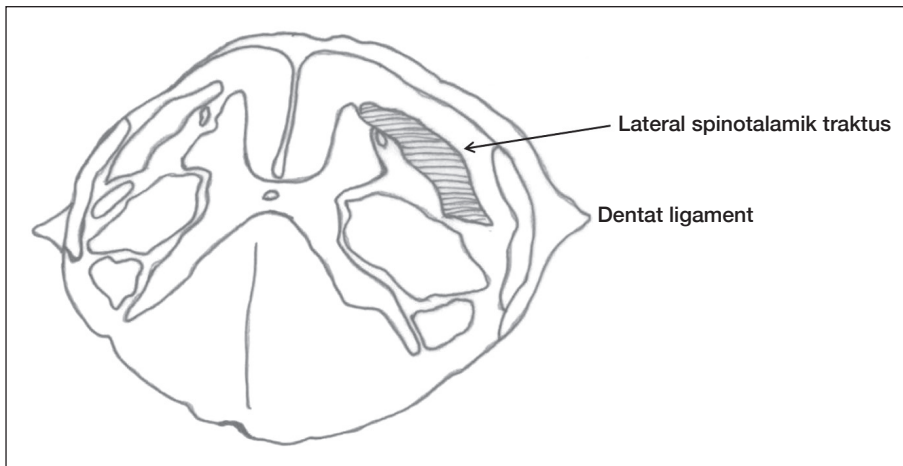
Spinotalamik kordotomi ağrı tarafının karşısında inen spinotalamik yolların hasarlanmasını amaçlar (29). Spiller'in açık girişiminden sonra perkütan yaklaşım ilk olarak Mullan ve ark., (18) ve Rosomoff ve ark., (21) tarafından tanımlanmıştır. Kanpolat ise bu işlemi 1989 yılında bilgisayarlı tomografi (BT) eşliğinde yaparak popülaritesini artırmıştır (9).

Ağrı yollarının topografik yerleşiminde sakral segmentler posterolateralde yerleşirken servikal segmentler daha medial ve anteriorda yer alır (10). Bu segmentasyon üst ve alt ekstremite için selektif kordotomi girişimlerini imkanı kılar (4). Anteromedial lezyonlar karşı taraf kol ve üst göğüs bölgesindeki ağrıya etkili iken, posterolateral lezyonlar sakral ve lomber alanları denerve eder (Şekil 2) (16).

Kortikospinal traktus lateral spinotalamik traktusun posteriorunda yer alırken ventral spinoserebellar traktus lateral spino-



Şekil 1: Beyin sapı ve spinal kord düzeyinde destrüktif amaçla yapılan ablatif yöntemlerin lokalizasyonları.



Şekil 2: Lateral spinotalamik traktusun şematik yerleşimi.

talamik traktusun üzerinde yer alır. Spinoserebellar traktusta yaratılan lezyonlar aynı taraf kolda ataksiye neden olabilir. Spinal kordun anterolateral kısmında yerleşen retikülospinal traktus ipsilateral solunumu kontrol eder. Hedeflenmenin doğru yapılamadığı olgularda uyku apnesi (Ondin'in laneti), inkontinans ve hipotansiyon gibi komplikasyonlar görülebilir. Ventral kortikospinal traktusun varyasyonu çoktur. Motor dekussasyon obeksten C1 seviyesine dek uzanabilir. Bu da lezyon eğer çok yukarı seviyede yapılırsa kontrlateral bacakta güçsüzlüğe neden olabilir. Raslan 51 olguluk (19), Kanpolat ve ark 193 olguluk serilerinde (16) yöntemin etkinliği kanıtlanmıştır. Bizim de yayınlanan 48 olguluk serimizde bu yöntemin etkili, ucuz ve tekrarlanabilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir (3). Pulmoner disfonksiyonu olmayan dirençli bilateral alt ve/veya üst ekstremitelerde kanser ağrısı olan hastalarda bilateral BT eşliğinde perkütan kordotomi de uygulanabilir (2).

Kordotomi için en ideal hasta grubu tek taraflı ilaca yanıtız kanser ağrısı olan hastalardır (Tablo I) (3,16). Akciğer kapasitesi düşük olanlar ve 3 aydan daha kısa yaşam beklentisi olanlar için bu girişim uygun değildir. Girişimin başarısı ağrı kesilme ölçeği ile değerlendirilir (Tablo II).

Teknik

Bu cerrahi teknik Kanpolat ve ark., tarafından tanımlanmıştır (9,10). İşlem tomografi ünitesinde yapılır. Yer kaplayan lezyonu ekarte etmek için girişim yapılmadan önce her hastaya MRG yapılmalıdır. Hasta BT masasına supin pozisyonda yatar. Hastanın başı destekle fleksiyon halinde tutulur. 2 mm kalınlığında servikal BT kesitleri alınır. Tüm BT

eşliğinde perkütan kordotomi işlemlerinde özel kordotomi iğnesi (Radionics, Inc, Burlington, Mass) kullanılır. Lateral spinotalamik traktusta lezyon oluşturmak için düz elektrod kullanılır. Lezyonun doğru şekilde yapıldığının teyidi elektrodun ucundaki ısı sensörünün ısıyı ölçmesi ile sağlanır (13). Hedef C1-C2 seviyesinde anterolateral kısımda yerleşmiş olan lateral spinotalamik traktustur (Şekil 3A). İşlemden önce spinal kordun boyutları BT'den hesaplanır (Tablo III) (3). Iohexol (7-8 mL, 240 mg/mL) intratekal olarak işlemden 20-30 dk önce verilir (16). Lokal anestetik ilacın uygulanmasından sonra mastoid process inferiorundan spinal kord eksenine dik olarak vertikal planda kordotomi iğnesi ilerletilir. İğnenin ideal yerleşim yeri kordun anterolateral kısmıdır. BT'de tekrarlayan kesitler alınarak kanülün ideal pozisyonu sağlanır. Kanülün ucunun ideal yeri lumbosakral lifler için dentat ligamentin 1 mm; servikal ve torakal lifler için 2-3 mm anteriorudur (Şekil 3B) (16). İğne spinal korda dik açıda olmalıdır. İğne yerleştirildikten sonra düz elektrod (0.27-mm çaplı ve 2-mm açık uçlu elektrod; Radionics, Inc Burlington, Mass) yerleştirilir. Elektrodun derinliği transvers çapın yarısını geçmemeli ve derinliği BT ile kontrol edilmelidir. Fonksiyonel yanıt stimülasyon ve empedansın ölçümü ile kontrol edilir. Empedans BOS'da 100-200Ω, spinal korda değince 300-400Ω ve kordun içinde 800-1000Ω ölçülür. Bu işlem için hastanın uyumu hayatidir. Elektrod hedefe yerleştirildiğinde 100-Hz stimülasyon ile yaklaşık 0.2 V cevap elde edilir (16,17). Lezyonun ters tarafında özellikle ağrısının lokalize olduğu yerde parestezi veya sıcaklık hissedilir. İğnenin doğru yerde olup olmadığı ağırlı alanda parestezi oluşması ile kontrol edilmeden selektif kordotominin yapılması mümkün değildir. Elektrodun uç ısı sürekli olarak monitörize edilir.

Tablo I: Kordotomi Endikasyonları

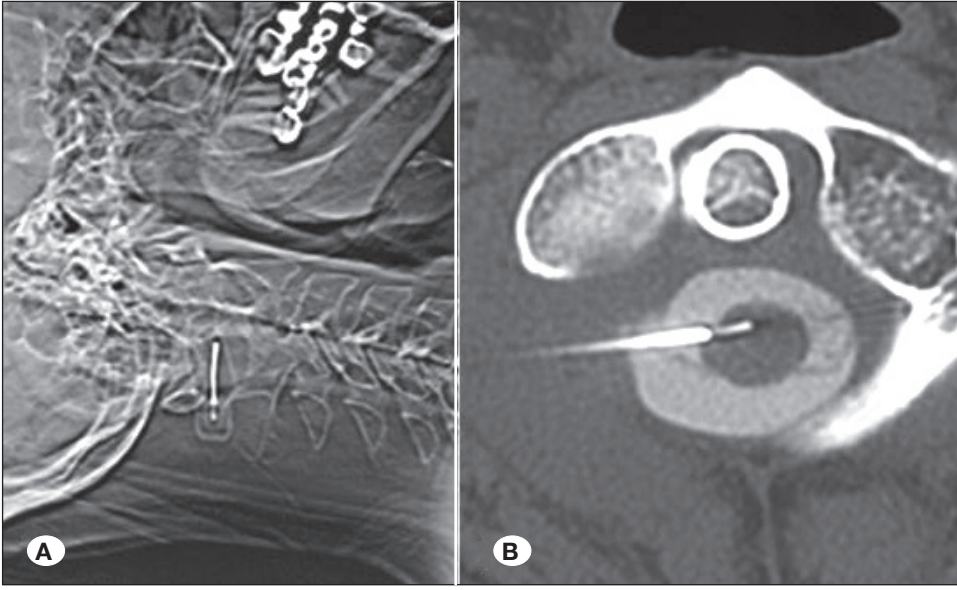
Histopatolojik olarak kanıtlanmış kanser tanısı	Pulmoner fonksiyon testlerinin normalin %50 üzerinde olması
1 aydan uzun süren ağrı	3 aydan uzun yaşam beklentisi
Karnofsky Performans Skoru >40	Kanama diyatezi olmaması

Tablo II: Ağrı Kesilme Ölçeği

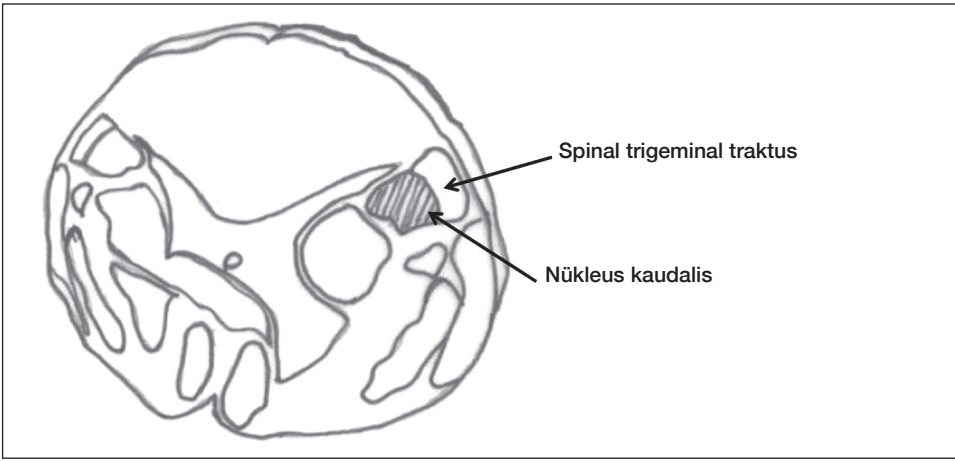
Ölçek	Ağrı	Erken postoperatif	Postoperatif 6. ay
I	Ağrı yok	35 (%72,9)	21(%43,7)
II	Kismen tatminkar ağrı azalması	12 (%25,0)	24 (%50,0)
III	Kismen tatminkar olmayan ağrı azalması	1 (%2,0)	3 (%6,2)
IV	Ağrıda değişiklik yok	0	0
V	Ağrıda kötüleşme	0	0

Tablo III: Spinal Kord Ölçümleri

	Minimum	Maksimum	Ortalama ± SD
Cilt dura (mm)	40	71,1	49,8 ± 4,85
Anteroposterior kord çapı (mm)	8	88	15,69 ± 21,83
Mediolateral kord çapı (mm)	8	99	21,2 ± 29,2



Şekil 3: A) C1-2 aralığında kordotomi iğnesi; **B)** kordotomi iğnesi kordun içinde son pozisyonunda.



Şekil 4: TR-NC hedef noktasının şematik gösterimi.

Fazla sayıda lezyon oluşturmaya bağlı gelişen postkordotomi dizestezisinden kaçınılmaya çalışılır. Ortalama girişim başına lezyon sayısı 2, 3 olarak bildirilmiştir. Motor fonksiyonlar, sıcak-soğuk ayırımı preoperatif ve postoperatif dönemde test edilir. Lezyon oluşturulurken aynı taraf ekstremitelerin motor gücü test edilmelidir. Ağrı skorlaması için vizüel analog skala (VAS), uyku süresi, karnofsky performans skoru hastaların durumunu değerlendirmede kullanılan yöntemlerdir (Tablo IV) (3,19).

Kordotomi sonrası ağrının kontrolünde erken dönemde başarı % 90 olarak bildirilirken bu oran 6 ay da % 80'e düşer (3,16). Başarı oranı bilateral uygulamalarda biraz daha düşüktür (2, 20). Kalıcı güçsüzlük büyük serilerde bildirilmemiştir. %2,4 oranında 3 haftada tüm hastalarda geçen hafif güçsüzlük ve ataksi bildirilmiştir (16). Kanpolat ve ark., 4 hastada kalıcı olan postkordotomi dizestezi bildirilmiş ancak bu durumun kansere mi yoksa kronik malign olmayan ağrıya mı bağlı olduğu ayırt edilememiştir (16). Bizim 50 olguluk serimizde 1 hastada bir hafta içinde düzelen geçici parezi izlendi. Dizestezi 7 olguda görülürken bunların 5'inde bu durum 1 ay sürdü. Bir

hastamızda kordotomiden 1 ay sonra düzelen geçici üriner retansiyon izlendi (4).

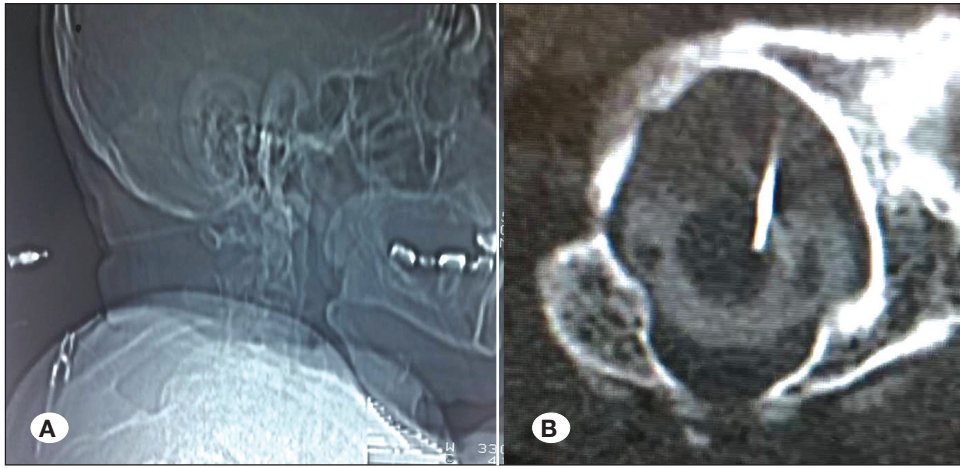
Trigeminal Traktotomi-Nükleotomi

Kansere bağlı olan yüz ağrısı, anestezi dolorosa, nöropatik ağrı, postherpetik nevralsi, glossofarengeal nevralsi, genikülat nevralsi ve dirençli fasiyal ağrıda etkili bir yöntemdir (30). Başarı oranı %80'in üzerindedir (14). İlk olarak 1938 yılında Sjövist tarafından gerçekleştirilmiştir (25). Sjövist trigeminal traktusu kesmek için inferior olive seviyesinde dorsal medullayı keserken, Schvarcz kraniyoservikal bölgede aynı lezyonları oluşturarak trigeminal nükleotomi tanımlamıştır (22).

Kaudalis DREZ operasyonu substansiya jelatinozaya C2 dorsal kökü ve obeksin 5 mm üst noktasının arasından RF ile lezyon oluşturulmasıdır (Şekil 4) (6). BT eşliğinde RF elektrodu ile kraniyoservikal bileşkede trigeminal traktusta lezyon oluşturulması ile gerçekleştirilen trigeminal traktotomi-nükleotomi (TR-NC) operasyonu Kanpolat ve ark., tarafından tanımlanmıştır (15).

Tablo IV: Ağrı Skorlaması (3)

		Minimum	Maksimum	Ortalama \pm SD
Karnofsky Performans Skalası	Preoperatif	50	100	78,12 \pm 15,12
	Erken postoperatif	90	100	95 \pm 5,4
Vizüel Analog Skala	Preoperatif	7	10	9,6 \pm 0,8
	Erken postoperatif	0	6	3,9 \pm 0,7
	Postoperatif 6 ay	1	8	2,3 \pm 0,7
Total uyku süresi	Preoperatif	1	12	5,5 \pm 2,6
	Erken postoperatif	5	12	8,5 \pm 2,1
	Postoperatif 6 ay	2	8	4,8 \pm 0,8



Şekil 5: A) Oksiput-C1 aralığında iğnenin girişi; B) Elektrodun kordun içinde son pozisyonu.

Teknik:

TR-NC yüzükoyun pozisyonda ağrı ile aynı tarafta uygulanır. Hastanın başı prone pozisyonda masaya tesbit edilir ve 2 mm kalınlığında servikal BT kesitleri alınır. Girişimden yaklaşık yarım saat önce iohexol (Omnipaque, Opakim) (7 mL) lomber ponksiyon ile enjekte edilir. Hasta BT’de prone pozisyonda yatar. BT eşliğinde perkütan 20-gauge iğne oksiput ve C1 aralığından, orta hattın 5-7 mm yanından ilerletilir (Şekil 5A). Cilt dura arası mesafe ve spinal kordun çapı ölçülmelidir. Trigeminal traktus ve nükleusa ulaşmak için BT eşliğinde elektrod orta hat ile spinal kordun orta noktasının 2/3’ne kadar ilerletilir. Empedans ölçümünde 300-400 Ω subaraknoid aralıkta olmasının göstergesidir. İğne spinal korda girdiğinde empedansta 1.4 Ω ’a varan yükselme saptanır. Pozisyonun doğruluğu BT ile kontrol edilmelidir. Elektrod 0.1 V ile uyarılır ve bu durum taşikardi ile sonuçlanır (Şekil 5B). İşlem oldukça ağrılıdır. 3 ayda % 90, 6 ayda % 80 mükemmel ağrı kontrolü bildirilmiştir (19). Serilerde kalıcı komplikasyon bildirilmemiştir. Geçici ataksi ve motor disfonksiyon en sık rastlanan komplikasyonlardır ve hastaların %5’in de bildirilmiştir (15). Bizim 11 olguluk serimizde tüm olgularda ağrı kontrolü sağlanırken komplikasyon gözlenmemiştir (henüz yayınlanmamış bilgi) (Tablo V).

Nükleus Kaudalis ve Spinal Dorsal Root Entry Zone (DREZ) Ameliyatları

İlk olarak 1972 yılında Sindou tarafından tanımlanmıştır (23). 1976’da Rolando substantia jelinosaanın fokal destrüksiyonu olarak tariflemiştir. Rexed’in 1-5 tabakalarının RF ile destrükte edilmesidir. Esas hedef II. ve V. tabakalardaki 2. nöron hücre gövdeleridir. Endikasyonları kanser ağrısı (Pankost tümörü gibi), deafferentasyon ağrısı, brakial ve sakral plexus avulsiyon ağrıları, spinal kord lezyonlarına bağlı ağrılar (özellikle segmental lezyonlara bağlı ağrılar), ağrılı paraplejik hastalar, kauda equina sendromu nedeniyle ağrısı olan hastalar, periferik sinir yaralanmaları, herpes zoster veya tümöre bağlı ağrılar, postamputasyon fantom ağrısı, postorakotomi ağrıları, trigeminal traktotomi ile tedavi edilemeyen fasiyal ağrı sendromları ve ağrılı hiperspastisitedir.

Laminektomi torakal lezyonlarda 2 üst seviyeye, konus medullaris lezyonlarında ise Th10-L1 düzeyine yapılır. Trigeminal nükleus kaudalis lezyonlarında ise suboksipital kraniyektomi ve C1-2 laminektomi yapılır. Hasta prone pozisyonda yatırılır. Kordda bulunan dorso-lateral sulkustaki dorsal kök girişlerinin ventral kısmının bipolar koagülasyonu ile lezyon gerçekleştirilir. Lezyon, DREZ’in lateral kısmını ve Lissauer traktusunun medi-al kısmını kapsar ve mikroskopta kahverengi-gri renkli olarak

ayırd edilen dorsal boynuzun apeksine kadar uzanır. Lezyonlar yaklaşık 3 mm derinlik, 35° ventromedial açı ve 1 mm aralıklarla yapılır ($\pm 10^\circ$ mesafeye göre değişir) (Şekil 6) (24).

Caudalis DREZ; fasiyal ağrı sendromlarında (malign ve malign olmayan), trigeminal postherpetik nevralsi, anestezi dolorozada kullanılabilir. Nashold ve Mossy tarafından trigeminotalamik sistemin harabiyeti olarak tarif edilmiştir.

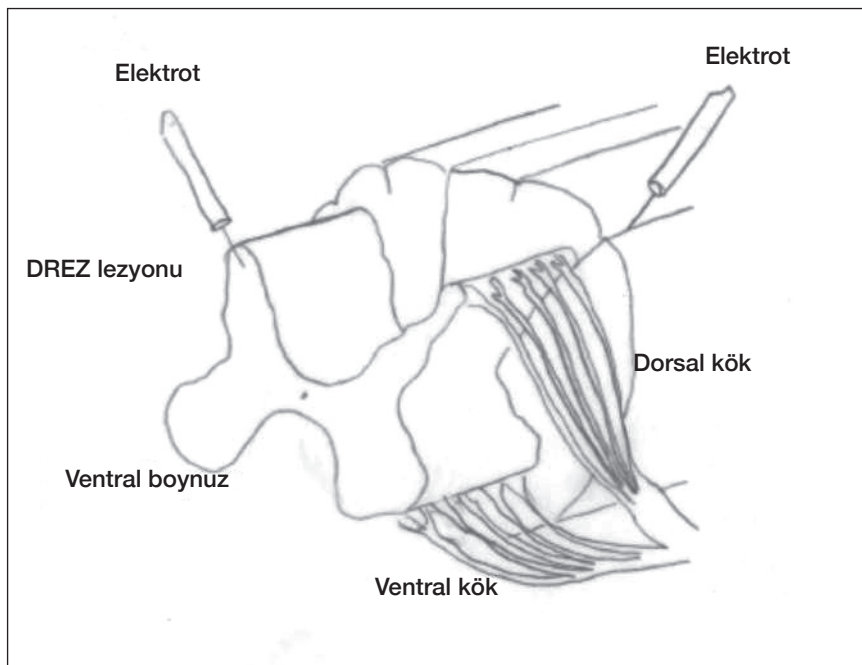
DREZ operasyonlarından sonra %5 oranında komplikasyon bildirilmiştir. BOS fistülü, enfeksiyon, epidural hematoma, kuvvetsizlik, kalıcı minör duyu ve minör motor defisit (%12), geçici duyu (%5), motor (%3) defisit, ataksi, ağrının tam olarak geçmemesi olası komplikasyonlardır (15,24).

Ekstralemniskal Miyelotomi

Hitchcock sterotaktik yöntemlerle komissural miyelotomi yapan ilk kişidir (7). Ekstralemniskal miyelotomi sonrası ağrının geçmesi ile ilgili mekanizmalar net olarak anlaşılamamıştır (12). Miyelotomi literatürde 227 hastaya uygulanmıştır (20). Perkütan uygulanabilir (12). Kordotomi prensiplerine dayanarak BT-eşliğinde yüzü koyun pozisyonunda gerçekleştirilir. Servikomedüller bileşke düzeyinde santral kord lezyonu yapılması esasına dayanır. Kanpolat ve ark., BT önderliğinde perkütan ekstralemniskal miyelotomi tanımlamışlardır (12). Gözlemler orta hat visseral kanser ağrıları (Pankreas, gastrik kanserler) tedavisinde en etkili yöntem olduğunu gösterirken, yapılan kontrollü bir çalışma bulunmamaktadır (20).

Tablo V: TR-NC Yapılan Hastalar

Yaş	Cinsiyet	Patoloji	Lokalizasyon	Prevas	Postvas	Komplikasyon
78	E	Zona zoster	Sağ yüz ağrısı	10	0	-
76	E	Oral skuamöz hc CA	Sağ yüz ağrısı	4	0	-
56	E	Genikülat nevralsi	Preaurikular ağrı	10	0	-
70	E	Herpes zoster	Sağ yüz ağrısı	10	0	-
78	K	Parotid CA	Sağ yüz ağrısı	10	1	-
75	E	Metastaz	Sol preaurikular ağrı	10	0	-
79	K	Parotid CA	Sağ yüz ağrısı	10	1	-
72	E	Herpes zoster	Sol yüz ağrısı	10	3	-
75	K	Herpes zoster	Sağ yüz ağrısı	10	0	-
49	K	Herpes zoster	Sol yüz ağrısı	10	0	-
57	E	Trigeminal dizestezi	Sol yüz ağrısı	9	2	-



Şekil 6: DREZ operasyonu şematik gösterimi. İntermediolateral sulkusta derinde üst servikal-den konus medullarise kadar uzanır.

Rizotomi

Dorsal rizotomi ilk olarak 1911 yılında Abbe tarafından posterior duysal köklerin tanınarak kesilmesi şeklinde tanımlanmıştır (1). Özellikle dermatomal kronik, dirençli ağrılar için kullanılan bir yöntemdir. Dorsal rizotomilerde karşılaşılan ana güçlüklerden biri kronik kansere bağlı olmayan ağrılarda (Örneğin, postherpetik, posttorakotomi ağrılarda) ilgili dermatomlardaki üst üste binme nedeni ile hipoestezide elde etmek için üç veya daha fazla takip eden kökün kesilmesidir. Bir diğer önemli sorun ise ventral köklerdeki nosiseptif bilgiyi taşıyan miyelinsiz afferent lifler nedeni ile olan rekürrensdir (26). İşlem sonrası bir çeşit deafferentasyon ağrısı olan ağırlı anestezi riski vardır. Gande ve ark. ilaca dirençli 75 olguluk oksipital nevrjji serilerinde ağrı kontrolünü % 84 olarak bildirmiştir (5). Son yıllarda endoskopik rizotomi serileri de bildirilmekle beraber açık cerrahi gerektirmesi kullanımını kısıtlayan en önemli dezavantajdır.

■ SONUÇ

İlaca dirençli kronik ağrı ve kanser ağrılarının tedavisinde beyinsapı ve spinal bölgede yapılan destrüktif girişimler ağrının giderilmesinde hâlâ etkili ve güvenli bir yöntemdir.

■ KAYNAKLAR

1. Abbe R: Resection of the posterior roots of spinal nerves to relieve pain, pain reflex, athetosis, and spastic paralysis: Dana's operation. *Med Rec* 79: 377-381, 1911
2. Bekar A, Kocaeli H, Abaş F, Bozkurt M: Bilateral high-level percutaneous cervical cordotomy in cancer pain due to lung cancer: A case report. *Surg Neurol* 67(5):504-507, 2007
3. Bekar A, Taskapılıoğlu MO, Eser P, Bilgin H: CT-guided high level percutaneous cervical cordotomy for intractable cancer pain. *Turkish Neurosurgery* 27(1):133-137, 2017
4. Bekar A, Taşkapılıoğlu MÖ: Kanser ağrı tedavisinde perkütan girişimsel yöntemler. *Türkiye Klinikleri J Med Oncol-Special Topics* 10(3):295-299, 2017
5. Gande AV, Chivukula S, Moossy JJ, Rothfus W, Agarwal V, Horowitz MB, Gardner PA: Long-term outcomes of intradural cervical dorsal root rhizotomy for refractory occipital neuralgia. *J Neurosurg* 125(1):102-110, 2016
6. Gorecki J: Dorsal root entry zone and brainstem ablative procedures. *Midbrain tractotomy*. Winn RH (ed), Youmans Neurological Surgery. 5. Baskı, Philadelphia: Saunders Elsevier, 2004: 3054-3056
7. Hitchcock ER: Stereotactic cervical myelotomy. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 33:224-230, 1970
8. Jackson MB, Pounder D, Price C, Matthews AW, Neville E: Percutaneous cervical cordotomy for the control of pain in patients with pleural mesothelioma. *Thorax* 54:238-241, 1999
9. Kanpolat Y, Deda H, Akyar S, Bilgiç S: CT guided percutaneous cordotomy. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 46:67-68, 1989
10. Kanpolat Y, Akyar S, Çağlar S, Unlü A, Bilgiç S: CT-guided percutaneous selective cordotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 123:92-96, 1993
11. Kanpolat Y, Cosman ER: Special radiofrequency electrode system for computed tomography-guided pain-relieving procedures. *Neurosurgery* 38:600-602, 1996
12. Kanpolat Y, Savas A, Çağlar S, Akyar S: Computerized tomography-guided percutaneous extralemniscal myelotomy. *Neurosurg Focus* 15:2(1):e5, 1997
13. Kanpolat Y: The surgical treatment of chronic pain: Destructive therapies in the spinal cord. *Neurosurg Clin N Am* 15:307-317, 2004
14. Kanpolat Y, Kahilogullari G, Ugur HC, Elhan AH: Computed tomography-guided percutaneous trigeminal tractotomy nucleotomy. *Neurosurgery* 63 (1) Suppl 1: 147-155, 2008
15. Kanpolat Y, Tuna H, Bozkurt M, Elhan AH: Spinal and nucleus caudalis dorsal root entry zone operations for chronic pain. *Neurosurgery* 62:235-242, 2008
16. Kanpolat Y, Ugur HC, Ayten M, Elhan AH: Computed tomography-guided percutaneous cordotomy for intractable pain in malignancy. *Neurosurgery* 64:187-193, 2009
17. Kopell BH, Cosan TE, Ghany WAA, Acık V, Kanpolat Y: CT guided percutaneous cordotomy in a patient with disseminated neurofibromatosis. *Turk Neurosurg* 16:202-203, 2006
18. Mullan S, Harper PV, Hekmatpanah J, Torres H, Dobbin G: Percutaneous interruption of spinal-pain tracts by means of a strontium 90 needle. *J Neurosurg* 20:931-939, 1963
19. Raslan AM: Percutaneous computed tomography-guided radiofrequency ablation of upper spinal cord pain pathways for cancer related pain. *Neurosurgery* 62:226-233, 2008
20. Raslan AM, Burchiel KJ: Neurosurgical advances in cancer pain management. *Curr Pain Headache Rep* 14:477-482, 2010
21. Rosomoff HL, Sheptak P, Carroll F: Modern pain relief: Percutaneous chordotomy. *JAMA* 196:482-486, 1966
22. Schvarcz JR: Postherpetic craniofacial dysaesthesiae: Their management by stereotaxic trigeminal nucleotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 38:65-72, 1977
23. Sindou M, Fischer G, Goutelle A, Schott B, Mansuy L: Selective surgery of posterior nerve roots: First results of surgery for pain. *Neurochirurgie* 20: 391-408, 1974
24. Sindou M, Mertens P, Wael M: Microsurgical DREZotomy for pain due to spinal cord and/or cauda equina injuries: Long-term results in a series of 44 patients. *Pain* 92(1-2):159-171, 2001
25. Sjöqvist O: Studies on pain conduction in the trigeminal nerve. A contribution to the surgical treatment of facial pain. *Acta Psychiatr Neurol Scand* 17:1-139, 1938
26. Son BC, Yoon JH, Kim DR, Lee SW: Dorsal rhizotomy for pain from neoplastic lumbosacral plexopathy in advanced pelvic cancer. *Stereotact Funct Neurosurg* 92(2):109-116, 2014
27. Spiller WG, Martin E: The treatment of persistent pain of organic origin in the lower part of the body by division of the anterolateral column of the spinal cord. *J Am Med Assoc* LVIII:1489-1490, 1912
28. Stuart G, Cramond T: Role of percutaneous cervical cordotomy for pain of malignant origin. *Med J Australia* 158:667-670, 1993
29. Tasker R: Percutaneous cordotomy for persistent pain. *Gildenberg P, Tasker R (eds). Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery*. New York: McGraw Hill, 1998: 1485-1505
30. Thompson EM, Burchiel KJ, Raslan AM: Percutaneous trigeminal tractotomy-nucleotomy with use of intraoperative computed tomography and general anesthesia: Report of 2 cases. *Neurosurg Focus* 35(3):E5, 2013
31. Thomsen AB, Becker N, Eriksen J: Opioid rotation in chronic non-malignant pain patients. A retrospective study. *Acta Anaesthesiol Scand* 43(9):918-923, 1999
32. World Health Organization: *Cancer Pain Relief and Palliative Care*. Geneva: World Health Organization, 1990