

Kanser Ağrı Tedavisinde Perkütan Girişimsel Yöntemler

Percutaneous Procedures in Management of Cancer Pain

Ahmet BEKAR,^a
M. Özgür TAŞKAPILIOĞLU^a

^aBeyin ve Sinir Cerrahisi AD,
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Bursa

Geliş Tarihi/Received: 14.06.2016
Kabul Tarihi/Accepted: 06.09.2017

Yazışma Adresi/Correspondence:
Ahmet BEKAR
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Beyin ve Sinir Cerrahisi AD,
Bursa, TÜRKİYE
abekar@uludag.edu.tr

ÖZET Spinal kord ve beyine yönelik nöroşirürjikal ağrı girişimleri genellikle lezyon yapıcıdır. Spinothalmik traktus, trigeminal traktus çekirdeği, orta hat aşağı inen visseral ağrı yolları, beyin sapı spinal lemniskusu, talamus, singulat girus hedef noktalarıdır. İntratekal opioid kullanımının artması ile nöroşirürjikal lezyon yapıcı girişimler azalmıştır. Kanser ağrısının tedavisinde kordotomi, trigeminal traktotomi, ve dorsal kök giriş bölgesi ameliyatları en sık uygulanan nöroşirürjikal girişimlerdir. Bilgisayarlı tomografi önderliğinde spinal kord ağrı yolağına lezyon yapılması bu alandaki en önemli gelişmedir. Bu yazıda kanser ağrısı tedavisinde uygulanan nöroşirürjikal lezyon yapıcı teknikleri son bilgiler ışığında gözden geçirdik.

Anahtar Kelimeler: Ağrı yönetimi; dirençli ağrı; nöroşirürjikal girişimler; nöroablatif yöntemler

ABSTRACT Neurosurgical procedures to treat pain involving the spinal cord and the brain are generally destructive. The spinothalamic tract, the trigeminal tract nucleus, the midline ascending visceral pain pathway, the brainstem spinal lemniscus, the thalamus, and the cingulate gyrus are the target. The number of neurosurgical destructive procedures has been declined after the general use of intrathecal opioids. Cordotomy, trigeminal tractotomy, and dorsal root entry zone (DREZ) operations are the neurosurgical procedures most often used to treat cancer pain. The addition of CT guidance to spinal cord pain pathway ablation was a major progression. Here we review the latest techniques and recently published results for neurosurgical ablative techniques to treat cancer pain.

Keywords: Pain management; refractory pain; neurosurgical procedures; neuroablative procedures

Kanser tanı ve tedavisinde son yıllardaki gelişmeler kanser hastalarının yaşam sürelerini uzatmıştır. Bu uzama etkili bir ağrı kontrolünü gerekli kılmaktadır. Kanser tipine, evresine ve yayılmasına bağlı olarak ağrının şiddeti değişir. Erken evrelerde %20-50 oranında bildirilirken bu oran ileri evrelerde %55-90'a ulaşır.¹

Günümüzde kanser ağrıları için sıklıkla sinir blokları, epidural opioid ve anestetik ajanlar kullanılmaktadır; ancak bunlar beraberinde enfeksiyon, epidural fibrozis ve spinal kord hasarı gibi bazı riskler taşımaktadır.² Sistemik opioid kullanımının ise konstipasyon, konfüzyon ve kilo kaybı gibi yan etkileri mevcuttur. Opioid kullanımında bağımlılık ve geri çekilme bulguları özellikle doz hızlı arttırıldığında görülebilir.³ Bu tedavilerde hastaların opioid dozuna ihtiyacı zamanla artmaktadır.⁴

Beyin cerrahisi çok uzun yıllardır ağrı tedavisi; özellikle kanser ağrısının tedavisi ile ilgilenmektedir. Ağrı yollarının kesilmesinin ağrı kontrolünü sağladığı ilk olarak 1912 yılında Spiller tarafından bildirilmiştir.⁵ Bunu santral sinir sisteminde değişik bölgelerden aşağı inen ağrı sinyallerinin kesilmesi ile ilgili cerrahi yöntemlerin geliştirilmesi izlemiştir. Ablatif olmayan yöntemler ağrının algılanmasını sağlayan beyindeki hedeflerin, elektriksel uyarılması veya ventriküler/intratekal uygulanan farmakolojik ajanlar ile ağrıyı kontrol eden reseptörlerin etkilenmesidir.⁶ Spinal kord, talamik nükleus, periventriküler gri cevher, periakvduktal gri cevher, motor korteks elektriksel uyarı için hedef noktalarıdır. Günümüzde intratekal veya intraventriküler tercih edilen farmakolojik ajan ise morfin-dir.

Bu yazının ana konusu olan ablatif yöntemlerde ise; nükleus veya girus gibi hücresel komplekslerde veya traktuslarda lezyon oluşturularak assendan sensoriyel sinyaller engellenir veya ağrı ile ilgili limbik yolları hasarlandırılır.

DESTRÜKTİF SPİNAL YÖNTEMLER

Nöroşirürjikal destrüktif işlemlerin çoğu 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 ulaşabileceğini göstermişlerdir.⁷

KORDOTOMİ

Kordotomi aslında bir spinotalamik traktotomidir. Spinotalamik traktus vücudun karşı tarafından nosiseptif sinyalleri, 1. ve non diskriminatif dokunma duygusunu taşır. Spinal kord boyunca ventralde seyrederek. Bu traktus içinde somatotropik organizasyon mevcuttur; rostral ve kaudal segmentlerden giren lifler traktusun sırası ile medial ve lateral kısımlarında yerleşirler.⁶ Spinotalamik traktus ana olarak ventroposterolateral nükleus, ventroposteromedial nükleus, santral laminal nükleus ve posterior komplekste sonlanır. Talamusun santral lateral nükleusundaki lifler daha çok ağrıya motivasyonel yanıt ile ilgili iken lateral talamustaki lifler ağrının duyusal-ayırıcı kısmı ile ilgilidir.⁸ Kortikospinal traktus lateral spinotalamik traktusun (LST) posteriorunda yer alır, aralarında güvenli bir beyaz cevher alanı bulunur.

Ventral spinoserebellar traktus LST'nin üzerinde yer alır ve spinoserebellar traktusu etkileyen lezyonlar aynı taraf kolda ataksiye neden olabilir. Vasomotor ve genitoüriner kontrol için insan otonomik yolları ve ipsilateral solunumu kontrol eden retikülospinal traktus da spinal kordun anterolateral kısmının bir parçasıdır. Bu nedenle, uyku apnesi (Ondin'in laneti), inkontinans ve hipotansiyon kordotominin hiç istenmeyen etkilerinden olabilir. Ventral kortikospinal traktusta büyüklük ve yerleşim olarak varyasyon çoktur. Hatta motor dekussasyon obeksten C1 seviyesine dek uzanabilir. Bu da lezyon eğer çok yukarı seviyede yapılırsa kontralateral bacakta güçsüzlüğe neden olabilir.

Teknik olarak kordotomi ağrı için yapılan ilk spinal kord ayırma girişimidir.⁶ Spiller'den sonra somatik nosiseptif ağrının giderilmesi için pek çok merkezde bu açık girişim sık uygulanan bir yöntem olmuştur. Perkütan yaklaşım ilk olarak Mullan ve ark., ve Rosomoff ve ark., tarafından 1960'larda tanımlanmıştır.^{9,10} Kanpolat'ın bilgisayarlı tomografi (BT) eşliğinde kordotomi tanımlamasından sonra açık girişimler uygulanmamaya başlamıştır.^{11,12} Raslan'ın 2008 ve Kanpolat'ın 2009'da yayınladıkları geniş serilerde bu yöntemin etkinliği gösterilmiştir.^{13,14} Bu iki geniş seri de ekonomik sebeplerle intratekal opioid pompalarının yaygın kullanılmadığı Amerika Birleşik Devletleri ve Batı Avrupa dışında yapılmıştır. Kanpolat ilaca dirençli kanser ağrılı 193 hastalık serisinde yöntemin etkinlik ve güvenilirliğini ortaya koymuştur.¹⁴ Bizimde yaptığımız 50 girişimde bu etkinlik vurgulanmıştır.¹⁵ Kanser hastalarının çoğunda ağrı nosiseptif karakterdedir. Liflerdeki segmentasyon selektif kordotomiye izin vermektedir. Anteromedial lezyonlar karşı taraf kol ve üst göğüs bölgesini denerve ederken, posterolateral lezyonlar sakral ve lomber alanları denerve eder.¹⁴

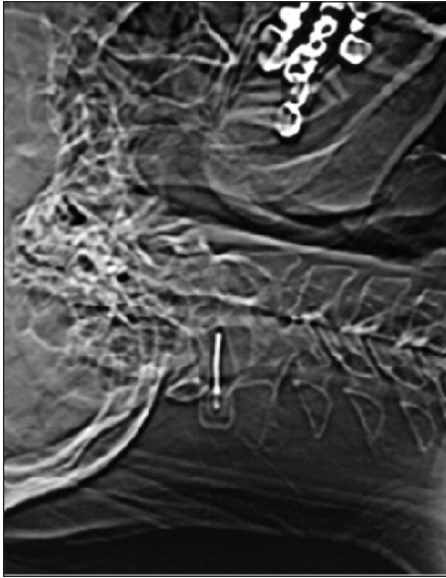
KORDOTOMİ ENDİKASYONLARI

1. Histopatolojik olarak kanıtlanmış kanser tanısı,
2. 1 aydan uzun süren ağrı,
3. Karnofsky Performans Skoru >40,
4. Pulmoner fonksiyon testlerinin normalin %50 üzerinde olması,
5. 3 aydan uzun yaşam beklentisi,
6. Kanama diyatezi olmaması.¹⁴

Bu nedenle en ideal hasta grubu tek taraflı ilaca yanıtız nosiseptif ağrısı bulunan hastalardır. Ancak hastanın durumuna göre tedavide düzenlemeye gidilebilir. İlaça dirençli bilateral alt ve/veya üst ekstremitte ağrısı

olan hastalarda bilateral kordotomi uygulanabilir.^{14,16} Düşük akciğer kapasiteli hastalar ve 3 aydan daha kısa yaşam beklentisi olanlar bu girişim için uygun değildir. Hastaların ağrıları vizüel analog skala (VAS) ile değerlendirilir. Girişimin başarısı ise; I, ağrı yok; II, memnun edici ağrı kontrolü; III, kısmen ağrı kontrolü; IV, ağrıda değişiklik yok. I ve II ağrısı geçmiş olarak yorumlanır. Radyoterapi ve kemoterapi alan hastalarda sıklıkla bu tedavilerin bitmesi beklenir.¹⁴

Teknik: Kordotomi ağrının ters tarafına uygulanır. İşlemler BT eşliğinde gerekli açlık sağlandıktan sonra gerçekleştirilir. Kranial BT kitle lezyonların dışlanması ve olası herniyasyonun görülmesi için kullanılır. Suda eriyen bir kontrast madde (7-10 cc) girişimden 20-30 dakika önce intratekal yolla hastaya verilir. Lokal anestezi altında kordotomi iğnesi ile mastoid çıkıntının inferiorundan girilir. C2 kökünün kanaldan çıktığı yer spinal kanala giriş noktasıdır (**Resim 1**).



RESİM 1: C1-C2 aralığında iğne görülüyor.



RESİM 2: İğnenin empedans kontrolünde ilerletildiği görülüyor.

Cilt-dura kalınlığı BT'den hesaplanır. Dural ponksiyonun yapıldığı beyin omurilik sıvısı (BOS) akışı ile teyit edilir. İdeal kanül yeri lumbosakral lifler için dentikülat bağın 1 mm anterioru ve torakal ve servikal lifler için dentikülat bağın 2-3 mm anterioru olarak tanımlanmıştır.¹² Elektrodun derinliği transvers çapın yarısını geçmemeli ve derinliği BT ile kontrol edilmelidir (**Resim 2**).

Elektrod korda girdiğinde empedans aniden 1000 ohm üzerine çıkar. Elektrod yerleştirildikten sonra elektrofizyolojik olarak yüksek frekansta kontrol edilir (**Resim 3**). Lezyonun ters tarafında özellikle ağrısının lokalize olduğu yerde parestezi veya sıcaklık hissedilir. Kortikospinal traktusa yanlış yerleştirilmesi; düşük frekans stimülasyonda traktusun ipsilateralinde tek veya her iki ekstremitede kasılmaya ve düşük voltaj yüksek frekansta uyarılma ile tetanizasyona neden olur. Bu durumda elektrodun yeri değiştirilmelidir. İğnenin doğru yerde olup olmadığı ağrılı alanda parestezi oluşması ile kontrol edilmeden selektif kordotominin yapılması mümkün değildir. İğne yerleştirildikten sonra genellikle önce kısa süreli düşük ısıda lezyon oluşturulur. Fazla sayıda lezyon oluşturmaya bağlı gelişen postkordotomi dizestezisinden kaçınılmaya çalışılır. Yetersiz lezyon oluşturma da ağrıyı kontrol altına alamayacağı akılda tutulmalıdır. Ortalama girişim başına lezyon sayısı 2.3 olarak bildirilmiştir.¹³ Lezyon oluşturulurken aynı taraf ekstremitelerin motor gücü test edilmelidir. Hastalar işlem sonrası solunum problemleri ve hipotansiyon açısından monitörize edilmelidir.

Kordotomi sonrası ağrının kontrolü konusunda %90'nın üzerinde mükemmel sonuçlar bildirilmiştir. Bu oran 6 ay da %80'e düşer.^{7,11,13-15} Başarı oranı bilateral uygulamalarda biraz daha düşüktür.^{6,16,17} Büyük serilerde kalıcı güçsüzlük bildirilmemiştir. Kanpolat 3 haftada tüm hastalarda geçen %2,4 hafif güçsüzlük ve ataksi bildirmiştir.¹⁴ Kalıcı komplikasyon olarak 4 hastada postkordotomi dizestezi bildirilmiş olup bu durumun kansere mi yoksa kronik malign olmayan ağrıya mı bağlı olduğu ayırt edilememiştir.¹⁴ Son yıllarda gelişen endoskopi, intraoperative monitorizasyon, navigasyon gibi tekniklerin kullanılması bu işlemin güvenliğini arttıracaktır.⁶

TRİGEMİNAL TRAKTOTOMİ-NÜKLEOTOMİ

Kordotomi C5 dermatomu altındaki ağrılarda etkili olduğundan kraniofasiyal kanser ağrılarında etkisizdir. Yüzdeki duyunun beyin sapı-üst servikal bölgede durdurulması ilk olarak 1938 yılında Olof Sjöqvist tarafından gösterilmiştir.¹⁸ Sjöqvist trigeminal traktusu kesmek için inferior olive seviyesinde dorsal medullayı kesmiş-



RESİM 3: Kordun içine elektrodun yerleştirildiği görülüyor.

tir. Crue 1967'de kesme işlemi yerine stereotaktik radyofrekans (RF) kullanmıştır.¹⁹ Schvarcz kraniyoservikal bölgede aynı lezyonları oluşturarak adına trigeminal nükleotomi demiştir.²⁰ Substansia jelatinozaya C2 dorsal kökü ve obeksin 5 mm üst noktasının arasından RF ile yapılan lezyona kaudalis DREZ operasyonu denilmiştir.²¹ Kanpolat 1989'da BT eşliğinde RF elektrodu ile kraniyoservikal bileşke de trigeminal traktusa lezyonun yapıldığı trigeminal traktotomi-nükleotomi (TR-NC) operasyonunu geliştirmiştir.²²

Endikasyonları: Kansere ağrısı (baş boyun bölgesi) ve deafferentasyon ağrıları (post herpetik nevraljiler vs), atipik fasiyal ağrı, atipik trigeminal nevralji, kronik küme baş ağrısı, vagoglossopharyngeal ve geniculate nevraljiler özellikle bu girişimler için aday hastalardır.

Teknik: TR-NC yüzükoyun pozisyonunda ağrı ile aynı tarafa uygulanır. BT eşliğinde kordotomide olduğu gibi servikomedüller bileşkeye girildiğinde empedansta ani bir yükselme olur. İğne hedef noktaya yerleştirildikten sonra stimülasyon ile yüz alanında ağrı uyandırılır. Yer in doğruluğundan emin olunduktan sonra, yüksek frekansta düşük voltajda lezyon oluşturulur. (Resim 4 a,b)

Bu işlem oldukça ağrılıdır. TR-NC ile hastalarda 3 ayda %90, 6 ayda %80 mükemmel ağrı kontrolü bildi-

rilmiştir.¹³ Serilerde kalıcı komplikasyon bildirilmemiş; lezyon ile aynı taraf üst ekstremitede geçici ataksi hastaların %5'in de bildirilmiştir.²²

NÜKLEUS KAUDALIS VE SPİNAL DORSAL ROOT ENTRY ZONE (DREZ) AMELİYATLARI

Nükleus Kaudalis DREZ ameliyatları TR-NC ameliyatları ile çok benzerdir. Ancak işleme nucleus kaudalisin tüm substansia jelatinozasının harap edilmesi eklenmiştir.^{22,23} Spinal DREZ ameliyatı da aynı prensibe dayanır. Kansere ağrısı için nadiren kullanılır ancak bir seçenek olarak akıldan tutulmalıdır. Santral nöropatik ağrı, fantom ekstremitte ağrıları, deafferansiyasyon ağrısı ana endikasyonlarıdır.²⁴

EXTRALEMNİSCAL MİYELOTOMİ

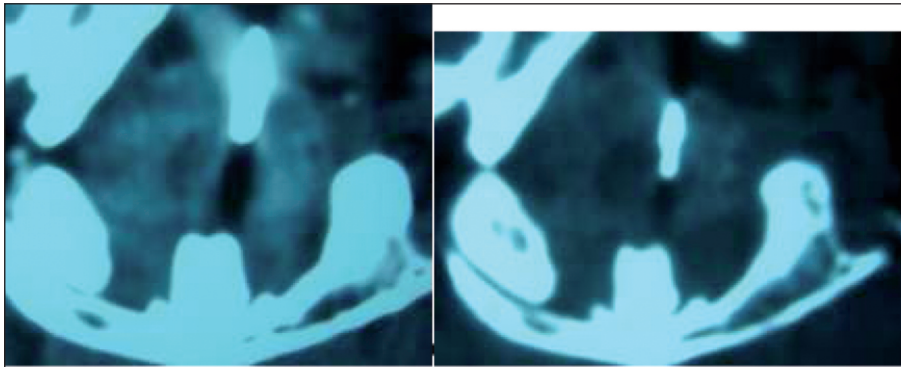
Miyelotomi literatürde 227 hastaya uygulanmıştır.⁶ Perkütan uygulanabilir.²⁵ BT-eşliğinde yüzü koyun pozisyonda kordotomi prensipleri ile serviko medüller bileşke düzeyinde santral kord lezyonu yapılması esasına dayanır. Gözlemler orta hat visceral kanser ağrıları (Pankreas, gastrik kanserler) tedavisinde en etkili yöntem olduğunu gösterirken, 3. seviyenin üzerinde yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.⁶

SİNGULOTOMİ

Diğer yöntemler ile geçmeyen kanser ağrılarında singulate gyrusun stereotaktik yöntemle bilateral RF ile harap edilmesi esasına dayanır.²⁶ Hastaların %50'sinde 6 aya kadar ağrı kontrolü sağlanır.^{26,27}

RİZOTOMİ

Ekstremitelerde ki malignite ağrısı için kullanılan bir yöntemdir. 70'li yıllarda daha sık uygulanmıştır. Ağrı geçer ancak tekrar başlaması kısa sürede olur. Açık cer-



RESİM 4: a: İğnenin empedans kontrolünde kanal içinde ilerletildiği görülüyor; b: Elektrodun kordun içine yerleştirildiği görülüyor.

rahi gerektirmesi, ağrının çabuk geri dönüşü ve daha etkili yöntemlerin olması nedeniyle son yıllarda kullanılan bir yöntem değildir.²⁸

TALAMOTOMİ

Stereotaktik yöntemler ile talamusta tek taraflı olarak değişik nukleuslarda lezyon oluşturulmasıdır. Hastaların yaklaşık yarısında başarılı olan bir yöntemdir. Bazı durumlarda bilateral ağrı kontrolü tek taraflı talamotomi ile elde edilebilir. Etkisi zamanla geçer ve hastalarda kalıcı psikiyatrik komplikasyonlar gelişebilir.²⁹

MEZENSEFALOTOMİ VE PONTİN TRAKTOTOMİ

Beyin sapı bölgesinde spinotalamik traktusu hedef alır. Çok nadir yapılan bir işlemdir. Vaka serileri şeklinde bildirilmiştir. Ağrı kontrolü iyidir ancak oküler mobilite ile ilgili yan etkiler görülür.³⁰

SONUÇ

Kanser ağrısı tedavisinde destrüktif girişimler intratekal opioid uygulanmasının yaygınlaşması ile azalmıştır. Seçilmiş hastalarda ağrının giderilmesinde hala etkili ve güvenli bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- World health organization: Cancer pain relief and palliative care. Geneva, World Health Organization; 1990.
- Stuart G, Cramond T. Role of percutaneous cervical cordotomy for pain of malignant origin. *Med J Australia* 1993;158:667-70.
- Thomsen AB, Becker N, Eriksen J. Opioid rotation in chronic non-malignant pain patients. Retrospective study. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43(9):918-23.
- Jackson MB, Pounder D, Price C, Matthews AW, Neville E. Percutaneous cervical cordotomy for the control of pain in patients with pleural mesothelioma. *Thorax* 1999;54:238-41.
- 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* 1912;LVIII:1489-90.
- Raslan AM, Burchiel KJ. Neurosurgical advances in cancer pain management. *Curr Pain Headache Rep* 2010;14:477-82.
- Kanpolat Y, Cosman ER. Special radiofrequency electrode system for computed tomography-guided pain-relieving procedures. *Neurosurgery* 1996;38:600-2.
- Albe-Fessard D, Berkley KJ, Kruger L, Ralston HJ. 3rd, Willis WD Jr. Diencephalic mechanisms of pain sensation. *Brain Res* 1985; 356:217-96.
- 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* 1963;20:931-9.
- Rosomoff HL, Sheptak P, Carroll F. Modern pain relief: percutaneous chordotomy. *JAMA* 1966;196:482-6.
- Kanpolat Y, Deda H, Akyar S, Bilgiç S. CT-guided percutaneous cordotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 1989;46:67-8.
- Kanpolat Y, Akyar S, Çağlar S, Unlü A, Bilgiç S. CT-guided percutaneous selective cordotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 1993;123:92-6.
- Raslan AM. Percutaneous computed tomography-guided radiofrequency ablation of upper spinal cord pain pathways for cancer related pain. *Neurosurgery* 2008;62(3 Suppl 1):226-33.
- Kanpolat Y, Ugur HC, Ayten M, Elhan AH. Computed tomography-guided percutaneous cordotomy for intractable pain in malignancy. *Neurosurgery* 2009;64(Suppl 3):187-93.
- Bekar A, Taskapilioglu MO, Eser P, Bilgin H. CT-guided high level percutaneous cervical cordotomy for intractable cancer pain. *Turkish Neurosurgery*, (in-press).
- 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* 2007;67(5):504-7.
- Higaki N, Yorozuya T, Nagaro T, Tsubota S, Fujii T, Fukunaga T, et al. Usefulness of cordotomy in patients with cancer who experience bilateral pain: Implications of increased pain and new pain. *Neurosurgery* 2015;76:249-57.
- Sjöqvist O. Studies on pain conduction in the trigeminal nerve. A contribution to the surgical treatment of facial pain. *Acta Psychiatr Neurol Scand* 1938;(Suppl)17:1-139.
- Crue BL, Todd EM, Carregal EJ, Kilham O. Percutaneous trigeminal tractotomy: Case report-utilizing stereotactic radiofrequency lesion. *Bull Los Angeles Neurol Soc* 1967;32:86-92.
- Schvarcz JR. Postherpetic craniofacial dysaesthesiae: their management by stereotactic trigeminal nucleotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 1977;38:65-72.
- Gorecki J. Dorsal root entry zone and brainstem ablative procedures. Midbrain tractotomy. In: Youmans Neurological Surgery. 5th ed. Edited by Winn RH. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2004.p3054-6.
- Kanpolat Y, Tuna H, Bozkurt M, Elhan AH. Spinal and nucleus caudalis dorsal root entry zone operations for chronic pain. *Neurosurgery* 2008;62(3 Suppl 1):235-42.
- 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* 2001;92:159-71.
- Gadgil N, Viswanathan A. DREZotomy in the treatment of cancer pain: a review. *Stereotact Funct Neurosurg* 2012;90:356-60.
- Kanpolat Y, Savas A, Çağlar S, Akyar S. Computerized tomography-guided percutaneous extralemniscal myelotomy. *Neurosurg Focus* 1997;15:2(1):5.
- Fuchs PN, Peng YB, Boyette-Davis JA, Uheliski ML. The anterior cingulate cortex and pain processing. *Frontier in Interactive Neuroscience* 2014;35(B):1-10.
- Yen CP, Kung SS, Su YF, Lin WC, Howng SL, Kwan AL. Stereotactic bilateral anterior cingulotomy for intractable pain. *J Clin Neurosci* 2005;12:886-90.
- Loeser JD. Dorsal rhizotomy for the relief of chronic pain. *J Neurosurg* 1972;36:745-50.
- Whittle IR, Jenkinson JL. CT-guided stereotactic antero-medial pulvinotomy and centro-median-parafascicular thalamotomy for intractable malignant pain. *Br J Neurosurg* 1995;9:195-200.
- Raslan AM, Cetas JS, McCartney S, Burchiel KJ. Destructive procedures for control of cancer pain: the case for cordotomy. *J Neurosurg* 2011;114(1):155-70.