



Spinal Kord Stimülasyonu: Laminektomi ile SCS

Spinal Cord Stimulation: SCS by Laminectomy

Atilla YILMAZ

İstanbul Okan Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Yazışma adresi: Atilla YILMAZ ✉ atillayilmaz@hotmail.com

ÖZ

Spinal Kord Stimülasyonu tedaviye dirençli ağrı tedavisinde günümüzdeki hâli ile 1960'ı yıllardan itibaren kullanılan bir tedavi girişimi olup seçilmiş hastalarda oldukça etkin bir tedavi girişimidir. Etki mekanizması konusunda tartışmalar hâlen devam etse de bir elektrot yardımı ile spinal kordun dorsal kolonuna iletilen ve parametreleri ayarlanabilen elektriksel aktivitenin ağrının iletiminde/algılanımında bazı değişikliklere sebep olduğu ve bu sayede ağrı tedavisinde oldukça etkin sonuçlara sahip olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir.

Elektriksel aktiviteyi spinal bölgeye iletme konusunda anahtar yol oynayan elektrotların cerrahi olarak yerleştirilen ve perkütan yolla yerleştirilen olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Her iki elektrot tipinin de kendine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Perkütan elektrotların lokal anestezi altında yerleştirilebilmesi ve elektrot yerleşim yerinin tayini sırasında hastadan geri dönüş alınabilmesi gibi avantajları mevcutken cerrahi tipteki elektrotların da daha düşük migrasyon riski, daha düşük voltaj değerleri ile daha geniş bir alanı kapsayabilmeleri gibi avantajları mevcuttur. Bununla birlikte cerrahi yaklaşımın genel anestezi, gerekliliği, laminektomi veya laminotomi zorunluluğu ve kaslarda kesi ve retraksiyon gereksinimi gibi dezavantajları varken, perkütan elektrotların da daha yüksek migrasyon ve daha yüksek reoperasyon oranları gibi dezavantajları mevcuttur.

Tedaviye dirençli ağrılarda 3.basamak olarak uyguladığımız bu tedavi seçeneğinde uygulanacak elektrot tipine karar verirken tüm bu dezavantaj ve avantajların göz önünde bulundurulması girişimin başarı şansını artıracaktır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Spinal kord stimülasyonu, SKS, SCS, Laminektomi, Paddle elektrot, Cerrahi elektrot

ABSTRACT

Spinal Cord Stimulation is a treatment intervention that has been used in the treatment of intractable pain since the 1960s. Although there is still debate about the mechanism of action, it has been shown by various studies that the electrical activity transmitted to the dorsal column of the spinal cord by an electrode causes some changes in the transmission/perception of pain and thus has very effective results in the treatment of pain.

There are two types of electrodes, which play a key role in transmitting electrical activity to the spinal cord: surgically placed paddle type and percutaneously placed cylindrical type. Both electrode types have their own advantages and disadvantages. While percutaneous electrodes have advantages such as being able to be placed under local anesthesia and getting feedback from the patient during the determination of the electrode level, surgical-type electrodes also have advantages such as lower migration risk, lower voltage requirement, and covering a wider area. However, while the surgical approach has disadvantages such as the necessity of general anesthesia, the necessity of laminectomy or laminotomy, and the need for incision and retraction of the muscles, percutaneous electrodes also have disadvantages such as higher migration and higher reoperation rates.

Considering all these advantages and disadvantages when deciding on the type of electrode to be selected in this treatment option which we apply as the third step in treatment-resistant pain, will increase the chances of success of the intervention.

KEYWORDS: Spinal cord stimulation, Surgical type, Paddle type, Laminectomy

■ GİRİŞ

Spinal Kord Stimülasyonu (SKS) 1960 yılından itibaren dirençli nöropatik ağrı tedavisinde iyi tanımlanmış ve başarıyla kullanılmakta olan bir cerrahi girişim yöntemidir (22). Randomize kontrollü birçok çalışmayla medikal tedaviye olan üstünlüğü gösterilmiş olup FDA onayı ile birçok ülkede başarıyla uygulanmaktadır (8,11,14,22). Etki mekanizması üzerinde hâlen net bir konsensüs sağlanamamış olsa da üzerinde en çok durulan kapı kontrol teorisi (15). Bunun yanında SKS'nun kortikal aktivitede değişiklikler yaptığının fonksiyonel MR yardımıyla gösterildiği (4,23) elektriksel uyarıların nörokimyasal değişiklikleri tetikleyerek etkili olduğu (3) ve somatosensoryel uyarılmış potansiyellerde azalma sağlayarak etkili olduğunun gösterildiği (3) bazı çalışmalar mevcuttur. Etki mekanizması, bölümümüzün asıl konusu olmadığından bu konudaki ayrıntılara girilmeyecektir.

Spinal Kord Stimülasyonu; elektrot, vücut içine yerleştirilebilir enerji üretici (pil) ve bir adet uzaktan kumanda ekipmanlarından oluşan bir sistemdir. Sistemin mantığı cilt altına yerleştirilen enerji üretici sayesinde üretilen ve özel bir programlama cihazı ile amplitüdü, dalga genişliği ve frekansı ayarlanabilen bir elektrik akımının epidural alana yerleştirilen bir elektrot aracılığıyla epidural mesafeye ulaştırılarak ağrı iletiminden sorumlu olan spinal kordun dorsal kolonunda bir inhibisyon gerçekleştirilmesidir.

Girişim tipik olarak iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada mevcut elektrot (perkütan veya cerrahi) harici bir

uzatma kablosu aracılığıyla harici bir pile bağlanmakta ve hasta en fazla 2 haftalık bir test dönemine alınmaktadır. Bu test döneminin sonucunda hastanın ağrılarında ve/veya hayat kalitesinde %50'nin üzerinde bir artış olduğunu beyan etmesi üzerine kalıcı pil aşamasına geçilmektedir (5,13).

SKS girişiminde yerleştirilen elektrotların perkütan ve cerrahi olmak üzere iki tipi mevcuttur. Her iki elektrot tipinin de kendine ait bazı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bu avantaj ve dezavantajları kısaca özetlemek istersek; Perkütan elektrotların gününbirlik uygulanabilir olması, lokal anestezi altında gerçekleştirilebilmesi, elektrot yerleşim yerinin tayini sırasında hastadan geri dönüş alınabilmesi ve elektrot kırılma riskinin daha düşük olması gibi avantajları mevcuttur (16,20). Bunun yanı sıra cerrahi tipteki elektrotların da daha düşük migrasyon riski, daha düşük voltaj değerleri ile daha geniş bir alanın kapsanması ve teorik olarak durada yarattığı bası etkisi sayesinde BOS boşluğunu ortadan uzaklaştırarak spinal kordun dorsal kolonuna daha etkili bir elektriksel ortam yaratması gibi avantajları mevcuttur (6,7,19,24). Bununla birlikte cerrahi yaklaşımın genel anestezi, gerekliliği, laminektomi veya laminotomi zorunluluğu ve kaslarda kesi ve retraksiyon gereksinimi gibi dezavantajları varken (1,2,9,10,12,21), perkütan elektrotların da daha yüksek migrasyon (17,18,25) ve daha yüksek reoperasyon oranları gibi dezavantajları mevcuttur (Tablo I, II).

Perkütan tipte elektrotlar silindirik şeklinde olup üzerindeki aktif elektrik akımını iletecek kontak noktaları da silindirik şeklindedir dolayısıyla elektriksel aktivitelerini dar bir alanda silindirik bir

Tablo I: Perkütan Elektrot Avantaj ve Dezavantajları

Perkütan Elektrot Avantajları	Perkütan Elektrot Dezavantajları
Lokal anestezi altında yerleşim	Kolay migrasyon
Cerrahi sırasında hastadan geri besleme alma	Silindirik yapı nedeniyle daha dar alanda elektriksel aktivite
İki adet elektrot ile daha çok sayıda vertebra seviyesine ulaşabilme	Yüksek voltaj gerekliliği dolayısıyla pil ömrünün kısa oluşu
Düşük elektrot kırılma oranları	Öğrenme eğrisi
	Daha yüksek radyasyon maruziyeti

Tablo II: Cerrahi Elektrot Avantaj ve Dezavantajları

Cerrahi Elektrot Avantajları	Cerrahi Elektrot Dezavantajları
Düşük migrasyon riski	Genel anestezi gerekliliği
Düşük voltaj değerleri ile daha yüksek verim pil ömrünün daha uzun oluşu	Cerrahi sırasında hastadan geri besleme alınamama
Beyin cerrahları için kısa öğrenim eğrisi	Tek elektrot dolayısıyla daha az sayıda vertebra seviyesine ulaşabilme
Daha düşük radyasyon maruziyeti	Yüksek elektrot kırılma oranları
Yatay elektrot sayesinde daha geniş alana elektriksel aktivite yayma	Laminektomi gerekliliği
	Kaslarda retraksiyon gerekliliği – postoperatif bel ağrısı

şekilde yayarlar (Şekil 1). Cerrahi tipte elektrotlar ise yatay düzlemde silikon geniş tabanlı yapılar olup yan yana birçok kontak noktasına dolayısıyla daha geniş bir alana hükmetmeye ve daha çok programlama seçenekleri alternatifine sahiptir (Şekil 2, 3). Ancak 8 kontakta sahip perkütan elektrotun da birden fazla sayıda (bir pil için en fazla iki) uç uca yerleştirilerek daha fazla sayıda vertebra seviyesine dolayısıyla daha çok sayıda dermatomal bölgeye elektriksel aktivite yayabileceği akıld tutulmalıdır (Şekil 4). Bir elektriksel impuls üreticinde (pil) 2 adet elektrot girişi mevcuttur, 16 kontak noktasına sahip cerrahi elektrotun 2 adet kablosu 8 kontak noktasına sahip perkütan elektrotun ise 1 adet kablosu mevcuttur dolayısıyla bir adet elektriksel impuls üreticine (pile) bir adet 16 kontakta sahip cerrahi elektrot yerleştirilebilirken, 8 kontakta sahip 2 adet perkütan elektrot yerleştirilebilir.

■ CERRAHİ TEKNİK

Cerrahi tipte elektrot kullanılan Spinal Kord Stimülasyonu ameliyatı standart bir posterior dekompresyon yaklaşımı ile oldukça büyük benzerlikler taşır. Özetle, yapılan ufak bir laminektomi ve flavektomi sonrası duranın ortaya konulması ve orta hatta elektrodun epidural bölgede ilerletilmesi şeklinde tanımlayacağımız bu ameliyatta da her ameliyatta olduğu gibi bazı önemli püf noktaları mevcuttur.



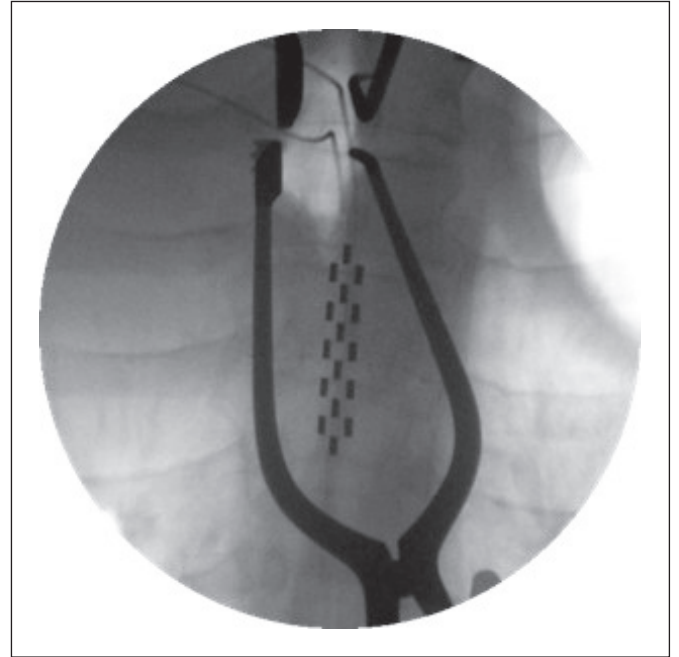
Şekil 1: Perkütan elektrot örneği.



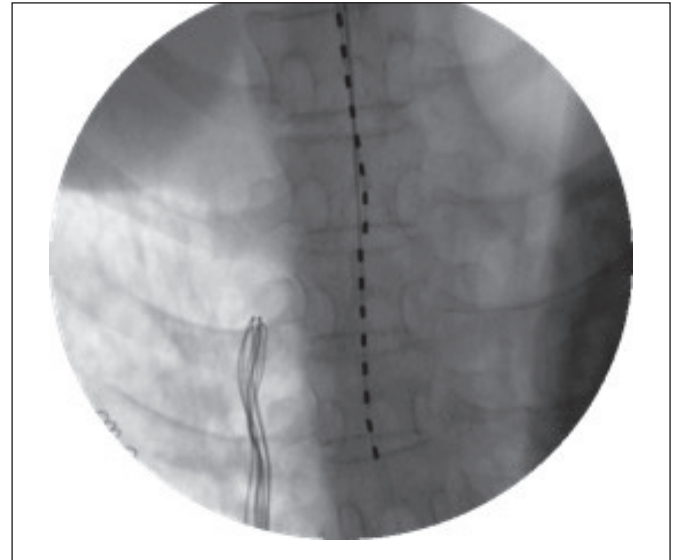
Şekil 2: Cerrahi elektrot örnekleri.

Gerekli saha temizliği ve örtüm işlemini takiben steril koşullarda hedeflenen seviyenin bir altındaki vertebra laminasına uygun düşecek şekilde cilt ve cilt altı geçilerek dorsolomber fasya açılır. Paravertebral adalalar sıyrılarak ilgili laminaya ulaşılır. Orta hat yapılar korunarak orta hatta yakın olacak şekilde mini bir hemiparsiyel laminektomi yapılmasının ardından mini bir flavektomi yapılarak önce dilatatör ardından cerrahi elektrot açılan küçük pencereden sefalada doğru ilerletilir (Şekil 5A-C). Buradaki önemli husus elektrodun tam orta hatta olması gerekliliğidir (Şekil 3).

Gerekli kontrolün sağlanmasının ardından elektrodun kabloları iki adet uzatma kablosuna (cerrahi elektrotta perkütan



Şekil 3: Cerrahi elektrodun kapsadığı alan görüntüsü.



Şekil 4: İki adet perkütan elektrodun birbiri ardına yerleştirilmesi.

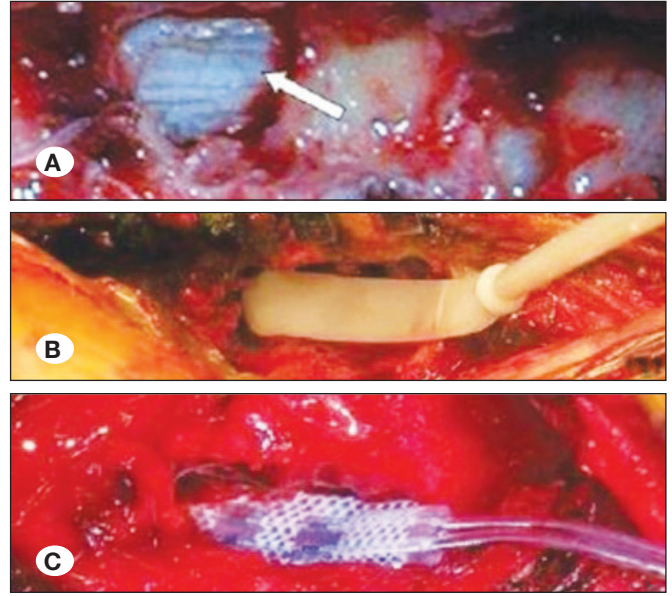
elektrottan farklı olarak genellikle 16 kontak vardır dolayısıyla iki adet kablosu mevcut olup harici pile bağlanabilmesi için iki adet uzatma kablosu gerekmektedir) bağlanarak tünelizatör (deşan) yardımıyla cilt altından ilerletilir ve mevcut kesiye uzak, kalıcı pilin planlanan yerleştirilme noktasının ters tarafında lateral subkostal bölgeden çıkılır. Kalıcı pilin yerleştirileceği kısım hastanın ameliyat sonrası kumanda ile kolay hükmedebilmesi için baskın kullandığı el tarafı olarak planlanmalıdır. Dolayısıyla geçici uzatma kablosunun çıkacağı taraf da enfeksiyon ihtimalini en aza indirmek için baskın olmayan tarafın lateral subkostal bölgesi olarak seçilmelidir. Yani hasta günlük hayatında sağ elini kullanıyor ise kalıcı pilin sağ subkostal bölgeye yerleştirilmesi planlanmalı ve bu sebeple test döneminde uzatma kabloları sol subkostalden çıkmalıdır.

SKS girişiminde elektrotun yerleştirilme yeri önemlidir. Perkütan yaklaşımlar lokal anestezi altında yapıldığından perkütan elektrotun yerleştirilmesinden sonra test sinyalleri gönderilerek hastaya elektriksel aktiviteyi tam olarak ağrının olduğu dermatomda hissedip hissetmediği sorulabilir ve bu sayede elektrot, etkinliğin en iyi olabileceği bölgeye yerleştirilmiş olur. Ancak cerrahi yaklaşımda böyle bir durum söz konusu değildir ve ağrı bölgelerine göre tanımlanmış ortalama vertebra seviyeleri mevcuttur. Örneğin alt torakal bölgelerde ağrılarında T5-T6 seviyesi tercih edilirken sırt ağrılarında T8-T10 bölgesi bacak ve bilek ağrılarında T11-T12 seviyesi ayak ağrılarında ise T12-L1 seviyesi tercih edilmelidir (Tablo III).

Perkütan ve Cerrahi Yöntemlere ait Karşılaştırmalı Çalışmalar

Villavicencio ve ark. ları 2013 yılında yayınladıkları çalışmalarında 1992 – 1998 yılları arasında gerçekleştirilen 41 SKS cerrahisini retrospektif olarak değerlendirmişlerdir. Çoğunluğu postlaminektomi sendromu nedeniyle gerçekleştirilen bu SKS operasyonlarının diğer sebepleri arasında kausalji Tıp I ve Tıp II, Nöropatik ağrı ve inme olduğu belirtilmiştir. 27 hastada perkütan tip elektrodun 14 hastada ise cerrahi tip elektrodun tercih edildiği ve test süresinin 1 ila 14 gün arasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda reoperasyon ve komplikasyon açısından her iki yaklaşım arasında anlamlı bir fark bulunmadığı ancak laminektomi aracılığıyla yerleştirilen elektrotların daha uzun dönem etkili olduğu tespit edilmiştir. Cerrahi tip elektrotların bu açıdan avantajlı olmasının, migrasyon riskinin daha düşük olması ve silindirik elektrotlarda gözlenebilecek olan fibrozis gelişme ihtimalinin cerrahi tip elektrotlarda daha düşük olması olabileceği ileri sürülmüştür (24).

Babu ve ark.'nın 2013 yılında yayınladıkları karşılaştırmalı analizlerinde 2000 - 2009 yılları arasında SKS ameliyatı gerçekleştirilmiş toplam 13.774 hasta retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Hastalar perkütan ve cerrahi yaklaşım olmak üzere iki gruba bölünmüş ve bu iki grup komplikasyonlar, reoperasyon oranları ve sağlık giderleri açısından karşılaştırılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır; Cerrahi yaklaşımdaki komplikasyon oranı kısa dönem olarak belirlenen ilk iki yılda %6,3 iken perkütan grupta bu oran %3,5 uzun dönem olarak belirlenen 5 yıl ve üzerinde ise cerrahi yaklaşımdaki komplikasyon oranı



Şekil 5: Cerrahi elektrodun laminektomi aracılığıyla yerleştirilmesi. **A)** Laminektomi ve flavektomi penceresi. **B)** Dilatatör. **C)** Cerrahi elektrodun yerleştirilmesi.

Tablo III: Elektrotların Yerleştirilmesi Gereken Seviyeler

Boyun bölgesi ağrıları	C3
Omuz bölgesi	C5
Kol ve el	C5-C6
Üst Torasik Seviye (angina)	T1-T2
Alt Torasik Seviye (abdominal pain)	T5-T6
Sırt ağrısı	T8-T10
Inguinal bölge	T11-L1
Uyluk ve diz	T10-T12
Bacak ve bilek	T11-T12
Ayak	T12-L1

%22,9 iken perkütan yaklaşımda %8,5 olarak bulunmuştur. Reoperasyon oranına baktığımızda ise toplam 74 hastaya reoperasyon gerektiği ve bunların 54'ünün perkütan grupta 20'sinin ise cerrahi grupta olduğu dolayısıyla reoperasyon oranının perkütan yaklaşımda çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak tüm bu oran farklılıklarına rağmen uzun dönem sağlık bakım giderleri açısından her iki yaklaşım arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonuç olarak her ne kadar postoperatif komplikasyon oranları cerrahi elektrot yaklaşımında fazla olarak görülse de uzun dönem reoperasyon oranlarının perkütan yaklaşımda daha yüksek oranda olmasının uzun dönem sağlık bakım giderleri ve hasta yaşam kalitesi açısından her iki yaklaşım arasında anlamlı bir farka sebep olmadığı gösterilmiştir (2).

■ SONUÇ

Sonuç olarak SKS'nun başta postlaminektomi sendromu olmak üzere cerrahi girişim gerektirmeyen tedaviye dirençli kronik ağrılarda oldukça etkili bir 3. basamak tedavi yöntemi olduğu unutulmamalıdır. Elektrot yerleşimi sırasında perkütan veya cerrahi yöntem tercih edilebilir ve bu yöntemlerin birbirlerine çeşitli üstünlükleri mevcuttur. Perkütan yaklaşımın gününbirlik ve lokal anestezi altında yapılabilmesi bu sayede tam da ağrıya uyan dermatoma karşılık gelen vertebra seviyesine yerleştirilmesi cerrahi yaklaşıma göre ön planda tutulmasına sebep olmaktadır. Ancak perkütan yaklaşımın gerçekleştirilemeyeceği durumlarda yani önceden geçirilmiş lomber cerrahiler sonucu oluşan fibrozis mevcudiyetinde ileri derecede dar epidural mesafesi olanlarda ve perkütan yaklaşım konusuna öğrenim eğrisinin henüz tamamlanmadığı durumlarda cerrahi yaklaşımın tercih edilebileceği de bilinmelidir. Ayrıca cerrahi yaklaşımın daha düşük migrasyon riski, daha düşük akım değerleri gereksinimi sayesinde daha uzun pil ömrü ve daha geniş bir alanı kapsama gibi avantajları olduğu da unutulmamalıdır.

■ KAYNAKLAR

1. Akmal S, Eljamel MS: Spinal cord stimulation for chronic pain: Causes of long-term paddle-lead failure. *Neuromodulation* 11:282-285, 2008
2. Babu R, Hazzard MA, Huang KT, Ugiliweneza B, Patil CG, Boakye M, Lad SP: Outcomes of percutaneous and paddle lead implantation for spinal cord stimulation: A comparative analysis of complications, reoperation rates, and health-care costs. *Neuromodulation* 16:418-426; discussion 426-417, 2013
3. Barchini J, Tchachaghian S, Shamaa F, Jabbur SJ, Meyerson BA, Song Z, Linderth B, Saadé NE: Spinal segmental and supraspinal mechanisms underlying the pain-relieving effects of spinal cord stimulation: An experimental study in a rat model of neuropathy. *Neuroscience* 215:196-208, 2012
4. Bentley LD, Duarte RV, Furlong PL, Ashford RL, Raphael JH: Brain activity modifications following spinal cord stimulation for chronic neuropathic pain: A systematic review. *European Journal of Pain (London, England)* 20:499-511, 2016
5. Davanzo J, Brandmeir NJ: Surgical technique and patient selection for spinal cord stimulation for chronic pain. *Neurol India* 68:S213-S217, 2020
6. Duyvendak W: Spinal cord stimulation with a dual quadripolar surgical lead placed in general anesthesia is effective in treating intractable low back and leg pain. *Neuromodulation* 10:113-119, 2007
7. Hassenbusch SJ, Stanton-Hicks M, Covington EC: Spinal cord stimulation versus spinal infusion for low back and leg pain. *Acta Neurochir Suppl* 64:109-115, 1995
8. Kemler MA, Barendse GA, van Kleef M, de Vet HC, Rijks CP, Furnée CA, van den Wildenberg FA: Spinal cord stimulation in patients with chronic reflex sympathetic dystrophy. *New E J Med* 343:618-624, 2000
9. Kinfe TM, Quack F, Wille C, Schu S, Vesper J: Paddle versus cylindrical leads for percutaneous implantation in spinal cord stimulation for failed back surgery syndrome: A single-center trial. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 75:467-473, 2014
10. Kinfe TM, Schu S, Quack FJ, Wille C, Vesper J: Percutaneous implanted paddle lead for spinal cord stimulation: Technical considerations and long-term follow-up. *Neuromodulation* 15:402-407, 2012
11. Kumar K, Taylor RS, Jacques L, Eldabe S, Meglio M, Molet J, Thomson S, O'Callaghan J, Eisenberg E, Milbouw G, Buchser E, Fortini G, Richardson J, North RB: Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: A multicentre randomised controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *Pain* 132:179-188, 2007
12. Levy R, Henderson J, Slavin K, Simpson BA, Barolat G, Shipley J, North R: Incidence and avoidance of neurologic complications with paddle type spinal cord stimulation leads. *Neuromodulation* 14:412-422; discussion 422, 2011
13. Lu Y, Xie D, Zhang X, Dong S, Zhang H, Yu B, Wang G, Wang JJ, Li L: Management of intractable pain in patients with implanted spinal cord stimulation devices during the Covid-19 pandemic using a remote and wireless programming system. *Front Neurosci* 14:594696, 2020
14. Mailis-Gagnon A, Furlan AD, Sandoval JA, Taylor R: Spinal cord stimulation for chronic pain. *Cochrane Database Syst Rev* (3):CD003783, 2004
15. Melzack R, Wall PD: Pain mechanisms: A new theory. *Science* 150(3699):971-979, 1965
16. Nagel SJ, Lempka SF, Machado AG: Percutaneous spinal cord stimulation for chronic pain: Indications and patient selection. *Neurosurgery Clinics of North America* 25:723-733, 2014
17. North RB, Ewend MG, Lawton MT, Piantadosi S: Spinal cord stimulation for chronic, intractable pain: Superiority of "multi-channel" devices. *Pain* 44:119-130, 1991
18. North RB, Fischell TA, Long DM: Chronic stimulation via percutaneously inserted epidural electrodes. *Neurosurgery* 1:215-218, 1977
19. North RB, Lanning A, Hessels R, Cutchis PN: Spinal cord stimulation with percutaneous and plate electrodes: Side effects and quantitative comparisons. *Neurosurg Focus* 2:e3, 1997
20. Rosenow JM, Stanton-Hicks M, Rezai AR, Henderson JM: Failure modes of spinal cord stimulation hardware. *J Neurosurg Spine* 5:183-190, 2006
21. Sears NC, Machado AG, Nagel SJ, Deogaonkar M, Stanton-Hicks M, Rezai AR, Henderson JM: Long-term outcomes of spinal cord stimulation with paddle leads in the treatment of complex regional pain syndrome and failed back surgery syndrome. *Neuromodulation* 14:312-318; discussion 318, 2011
22. Shealy CN, Mortimer JT, Reswick JB: Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: Preliminary clinical report. *Anesth Analg* 46:489-491, 1967
23. Stancák A, Kozák J, Vrba I, Tintera J, Vrána J, Poláček H, Stancák M: Functional magnetic resonance imaging of cerebral activation during spinal cord stimulation in failed back surgery syndrome patients. *European Journal of Pain* 12:137-148, 2008
24. Villavicencio AT, Leveque JC, Rubin L, Bulsara K, Gorecki JP: Laminectomy versus percutaneous electrode placement for spinal cord stimulation. *Neurosurgery* 46:399-405; discussion 405-396, 2000
25. Yakovlev AE, Resch BE: Spinal cord stimulation with percutaneous leads after loss of coverage with implanted surgical lead. *Neuromodulation* 13:117-120, 2010