



Periferik Sinir Stimülasyonu: Endikasyonlar, Cerrahi Teknik ve Komplikasyonlar

Peripheral Nerve Stimulation: Indications, Surgical Technique and Complications

Ömer Batu HERGÜNSEL

Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye

Yazışma adresi: Ömer Batu HERGÜNSEL ✉ batuhergunsel@hotmail.com

ÖZ

Periferik sinirlerin elektriksel uyarımı, 1960'lı yıllardan günümüze ağrı tedavisinde kullanılmaktadır. Perkütan stimülatörlerin geliştirilmesi ve uygulama tekniklerinin daha rafine hâle getirilmesiyle birlikte; oksipital nevralsi, kronik migren, trigeminal nöropatik ağrı, küme baş ağrısı gibi kraniyofasyal ağrı sendromlarının yanı sıra, kompleks bölgesel ağrı sendromu, postherpetik nevralsi, inme sonrası ağrı ve periferik sinir yaralanmaları gibi farklı ağrı tiplerinin tedavisinde kullanılan kapsamlı bir nöromodülasyon tekniği hâline gelmiştir. Olgu serilerinin ve randomize kontrollü klinik çalışmaların artmasıyla etkinliği ve endikasyonları giderek daha iyi anlaşılmaktadır. Periferik sinir stimülasyonu, girişimsel ve medikal tedavilerden yarar görmemiş, fokal kronik ağrı yakınmaları olan hastalarda minimal invazif ve etkin bir tedavi seçeneği sunmaktadır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Periferik sinir stimülasyonu, Ağrı, Nöromodülasyon

ABSTRACT

Electrical stimulation of peripheral nerves has been used in the treatment of pain since the 1960s. With the development of percutaneous stimulators and the refinement of application techniques, it has become a diverse neuromodulation technique used in the treatment of various types of pain such as craniofacial pain syndromes including occipital neuralgia, chronic migraine, trigeminal neuropathic pain and cluster headache as well as complex regional pain syndrome, postherpetic neuralgia, post-stroke pain and peripheral nerve injuries. With the increase in case series and randomized controlled clinical trials, its efficacy and indications are better understood. Peripheral nerve stimulation offers a minimally invasive and effective treatment option in patients with focal chronic pain complaints who have not benefited from interventional and medical treatments.

KEYWORDS: Peripheral nerve stimulation, Pain, Neuromodulation

■ GİRİŞ

Periferik sinir stimülasyonu; periferik sinir yaralanmalarının, kompleks bölgesel ağrı sendromunun ve kraniyal nevralsilerin neden olduğu ciddi kronik ağrılı durumların tedavisinde kullanılan bir tedavi yöntemidir. Ağrı tedavisi dışında, parezi gelişen ekstremitelerde motor işlevlerin iyileştirilmesi ve biyomekanik protezlerde duyu geri bildirim sağlanması için de uygulanmaktadır (1).

■ TARİHÇE ve TEKNİĞİN GELİŞİMİ

Tüm nöromodülasyon uygulamaları gibi periferik sinir stimülasyonunun da tarihçesi, M.S. I. yüzyılda Roma İmparatorluğu'nda gut ağrılarının giderilmesinde kullanılan elektrikli yılan balığı, vatoz ve kedibalığı tedavilerine kadar uzanmaktadır (18). Ancak modern anlamıyla ilk periferik sinir stimülasyonu uygulamalarına 1960'lı yılların başında rastlanmaktadır. Shelden ve ark. 1962'de mandibular

trigeminal nevralliji 3 hastada mandibulaya yerleştirdikleri platin elektrodlar aracılığıyla elektrik akımı uygulamış ve ağrı ataklarında etkisi yıllar boyunca süren belirgin bir azalma sağlamışlardır (17). Elektriksel stimülasyonun mekanizmasının aydınlatılması ve tekniğin yaygınlaşmasına ise ağrıda “kapı kontrol” teorisinin mucitleri olan Melzack ve Wall öncülük etmişlerdir. 1965 tarihli ünlü makalelerinde, zararsız duyuşal girdilerin ağrı iletimini baskılayabileceğini ileri sürmüşlerdir (11). Bu teoriye göre, periferden gelen ince lifler (C lifleri) ağrı duyusunu spinal kord arka boynuzundaki kapıyı açarak buradan talamusa iletmekte, kalın liflerin (A beta lifleri) taşıdığı ağrı dışındaki vibrasyon, dokunma ve zararsız elektriksel uyarımı gibi girdiler ise spinal kord arka boynuzundaki kapıyı kapatarak ağrı duyusunun üst merkezlere ulaşmasına engel olmaktadır. Bu teori, en basit hâliyle ağrıyan bir bölgeyi ovarak ağrıyı azaltmaya çalışmamızın altındaki fizyolojik mekanizmayı açıklamaktadır, periferik sinir stimülasyonun etki mekanizması da benzer biçimde kalın lifler üzerinden iletilen uyarı ile ağrının inhibisyonuna yöneliktir.

Kapı kontrol teorisinin ileri sürülmesinden iki yıl sonra bu kez Wall ve Sweet tarafından bu teorisinin klinik uygulamasına ait bir çalışma yayımlanmıştır. Yazarlar önce kendileri üzerinde iğne uçlu bir elektrod ile düşük akımlı infraorbital sinir uyarımını test etmişlerdir. Elektriksel uyarının rahatsız edici olmadığını ve uyarı süresince sinirin duyuşal inervasyonunu yaptığı alanda analjezi sağladığını, uyarı sonlandığında parestezinin de aynı zamanda normale döndüğünü bildirmişlerdir. Ardından trigeminal nevralliji, periferik sinir yaralanması, metastatik karsinom gibi farklı nedenlere bağlı kronik ağrı yakınması olan 8 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Hastalara farklı elektrod tipleriyle benzer elektriksel uyarı uygulamışlar ve iki dakikalık uyarı sonrasında hastaların tamamında ağrı hissinde azalma ve ağrının yerini alan bir uyuşma hissi ortaya çıktığı izlenmiştir. Periferik sinir hasarına bağlı ağrı olan olgularda, ağrının elektriksel uyarı sonlandıktan sonra en az 30 dakika daha azalmış olarak devam ettiği bildirilmiştir. Dahası iki olgu, elektriksel uyarıdan aylar sonra bile ağrı şiddetinde eskisine göre bir azalma olduğunu tarif etmişlerdir (20).

1960-1980 arasındaki daha çok deneysel uygulamaları içeren dönemin ardından yassı tip elektrodların ve cilt altına yerleştirilebilir jeneratörlerin geliştirilmesi ile periferik sinir stimülasyonu daha yaygın hâle gelmiş, endikasyonlar ve akım parametreleri daha net bir biçimde tanımlanmıştır. Ancak bu dönemde spinal kord stimülatörlerinin de yaygınlaşması ile periferik sinir stimülasyonu, daha çok tek ve ulaşılabilir bir sinire bağlı nöropatik ağrıların tedavisine için uygulanır hâle gelmiştir (18).

1990’ların sonuna kadar, periferik sinir stimülasyonu uygulamalarında sinirin cerrahi olarak eksplere edilmesi gerekmektedir. 1990’ların sonunda Weiner ve Reed tarafından oksipital sinir çevresine perkütan olarak elektrod yerleştirilmesi tekniği tanımlandı (21). Böylece sinirin doğrudan ortaya koyulması ve çevresine sarmal elektrodların yerleştirilmesine gerek kalmamış oluyordu. Görece daha kolay uygulanabilir ve daha az invazif bir yöntemle oksipital sinire yakın bir bölgeye yerleştirilen elektrotların, açık yöntemle aynı derecede etkili olduğu gösterildi. Bu gelişme sonrasında oksipital sinir stimülasyonu;

önce oksipital nevralliji tedavisinde, ardından servikojenik baş ağrıları, oksipital nöroma ağrısı, kraniyofasyal nöropatik ağrı ve nihayetinde ilaca dirençli migren ve küme baş ağrısı tedavisinde kullanılarak günümüzde en yaygın periferik sinir stimülasyonu uygulaması hâline geldi. Oksipital sinir stimülasyonu ile elde edilen olumlu sonuçlar, oftalmik postherpatik nevralliji ve trigeminal nöropatik ağrı gibi ağrı sendromlarında supraorbital sinir stimülasyonu çalışmalarına hız kazandırdı. Migren ve küme baş ağrısında oksipital sinire ek olarak supraorbital sinir stimülasyonunun denendiği çalışmalar ortaya çıktı (18).

2010’ların ikinci yarısında ise cihaza bağlı komplikasyonları azaltmak üzere tasarlanmış, 1-2 mm. çaplı elektrotlardan ve cilt üzerine yapılabılır bir mini harici jeneratörden oluşan yeni nörostimülatör sistemleri ile ilgili çalışmalar yayımlandı (2).

Son 10 yılda giderek artan geniş olgu serileri ve randomize kontrollü geniş klinik çalışmalar ile periferik sinir stimülasyonu endikasyonları ve klinik yararı hakkındaki veriler artarken ideal stimülatör ve jeneratör sistemleri geliştirme arayışı da sürmektedir (12).

■ ENDİKASYONLAR ve OLGU SEÇİM KRİTERLERİ

Periferik sinir stimülasyonunun başlıca uygulama alanları medikal tedaviye dirençli kronik migren, küme baş ağrısı, trigeminal nevralliji, postherpetik nevralliji gibi baş ve yüz ağrısı sendromlarıdır. Bunun yanı sıra median, ulnar ya da siyatik sinirlere yönelik tek sinir stimülasyonu ya da üst ve alt ekstremitelerde brakiyal ve lomber pleksusa yönelik uygulamalar da mevcuttur (14) (Tablo I). Ülkemizde kronik ağrıya yönelik olarak yapılan periferik sinir stimülasyonu uygulamaları Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından geri ödeme kapsamında bulunmamaktadır. İnkontinansa yönelik sakral sinir stimülasyonu uygulamaları ise bu bölümün kapsamı dışında tutulmuştur.

Ağrı etiolojisindeki ve uygulama bölgesindeki çeşitliliğe karşın uygun olgu seçiminde kullanılacak bazı ortak kriterler bulunmaktadır (5).

- Medikal tedaviye dirençli kronik ağrı: Ağrının nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar, opioid analjezikler, nöropatik ağrıda kullanılan ilaçlar, fizik tedavi ve sinir blokları gibi girişimsel uygulamalara rağmen devam etmesi başlıca olgu seçim kriteridir.
- Ağrının fokal karakterde olması: Periferik sinir stimülasyonu için ağrıyan bölgenin yaklaşık olarak 20 cm.den dar bir alanı içermesi tercih edilmektedir. Çok geniş vücut bölgelerine yayılan ağrılarda daha üst merkezler olan spinal kord ya da beyne yönelik modülatif ya da ablatif yöntemler öncelik kazanmaktadır.
- Psikolojik değerlendirme: Kronik ağrılı hastalarda eşlik eden psikolojik komorbiditeler sıktır. Ancak tedavi edilmemiş depresyon, kişilik bozukluğu, madde bağımlılığı olan olgularda ve ağrının ikincil kazanç kaynağı olduğu ya da mutlak ağrısızlık hâli gibi gerçekçi olmayan beklentileri bulunan olgularda dikkatle yaklaşılmalı ve tüm olgular işlem öncesinde bir psikolog ya da psikiyatrist tarafından değerlendirilmelidirler.

Tablo I: Ağrı Sendromlarında Periferik Sinir Stimülasyonu Hedefleri

Ağrı	Periferik sinir stimülasyonu için hedef yapı
Oksipital nevralsi	Oksipital sinir
Kronik migren/baş ağrısı	Oksipital sinir
Epizodik küme baş ağrısı	Supraorbital sinir
Trigeminal nevralsi/trigeminal nöropatik ağrı	İlgili trigeminal sinir divizyonu
Fibromyalji	C2 dermatomu
Postherpetik nevralsi	Supraorbital sinir ya da gövdede ilgili cilt dermatomu
Hemiplejik omuz ağrısı	Deltoid kası içi (aksiller sinir)
Kompleks bölgesel ağrı sendromu I ve II	İlgili periferik sinir
Periferik sinir yaralanması	İlgili periferik sinir
İnguinal nevralsi	İlioinguinal ve iliohipogastrik sinir
Kronik bel ağrısı	İlgili spinal sinir dorsal ramusu
Operasyon sonrası kronik ayak ağrısı	Tibial sinir
Koksidini	Posterior sakral fasya

- Ağrılı bölgede duyu kaybı: Ağrıya eşlik eden duyu kaybı, uygulamanın başarısını düşürmektedir. Bu durumun nedeni olarak ağrı bölgesinde yeteri kadar A-beta lifinin bulunmaması ileri sürülmüştür.
- Hareketli vücut bölgeleri: Ekstremiteler ya da mandibula gibi hareketli vücut bölgelerinde elektrotların migrasyon olasılığı artmaktadır, bu nedenle elektrotlar dikkatle tespit edilmelidir. Migrasyon ya da kablo kopması riski nedeniyle implante edilebilir jeneratör ile elektrotlar arasında birden fazla eklem bulunmaması önemlidir.
- Aktif enfeksiyon, koagülopati ve genel durum bozukluğu: Aktif enfeksiyon varsa girişimin tedavi sonrasına ertelenmesi, koagülopati varlığında antikoagülan ya da antiagregan ilaçların işlemde bir hafta önce kesilmesi önerilmektedir. Yaşam beklentisi kısa olan, sedasyon ya da genel anesteziyi tolere edemeyecek olgular periferik sinir stimülasyonu için uygun adaylar değildir.
- Kalıcı uygulama öncesi deneme süreci: Kalıcı stimülatör uygulamasından sağlanacak faydayı en yüksek doğrulukla öngören yöntem, harici bir stimülatörün yerleştirildiği test evresidir. Bu dönemde belirgin bir istenmeyen etki tarif etmeyen ve ağrı şiddetinde %50'den fazla azalma olan olgulara kalıcı periferik sinir stimülasyonu uygulanmaktadır. Ancak bu süreçte elektrotların kapsadığı bölgenin dışında ağrı tarif eden olgularda kalıcı stimülatör sonrası tatmin edici bir sonuç alınmayabilir. Buna ek olarak, geçici uygulamanın hemen sonrasında ağrılarında tam iyileşme tarif eden olgularda da bir plasebo etkisi olabileceği göz önüne alınmalıdır. İstisnai bir durum küme baş ağrılarıdır, küme baş ağrılı olgularda oksipital sinir stimülasyonunun etkisi erken dönemde ortaya çıkmamakta ve haftalar ya da aylar sonra etkin olmaktadır. Bu nedenle küme

baş ağrılı olgularda deneme süreci, istenmeyen etkilerin belirlenmesine yönelik olarak yapılmaktadır.

■ CERRAHİ TEKNİK

Periferik sinir stimülasyonunun uygulama bölgesine göre farklı elektrot tipleri ve cerrahi teknikler kullanılabilir. Bu kısımda en yaygın uygulanan teknik olan perkütan oksipital sinir stimülasyonu uygulaması üzerinde durulacaktır (9).

Geçici elektrot uygulaması lokal anestezi ya da bilinçli sedasyon eşliğinde yapılabilir. Ağrıyan bölgenin altında, C1 düzeyinde orta hattın yaklaşık her iki yanından bir Tuohy iğnesi ile subkutan alana girilerek iğne servikal kas fasyası üzerinden orta hattın karşı tarafa doğru yönlendirilir. Yaklaşık 1 haftalık test süreci sonrası uygun olgularda geçici elektrotlar çıkartılarak kalıcı elektrot yerleştirilmesi aşamasına geçilir.

Kalıcı elektrot uygulaması genel anestezi altında ancak kas gevşetici uygulanmadan yapılır. Kas gevşetici olmaksızın tünelleme daha güvenilir bir biçimde yapılabilir ve stimülasyona bağlı kas kasılmalarının gelişip gelişmediği kontrol edilebilmektedir. Hasta supin pozisyonda ve uyarı jeneratörü hangi taraftaki klavikulanın altına yerleştirilecekse baş 90 derece karşı tarafa dönük biçimde masaya alınır. Cilt temizliği ve steril örtümü takiben C kollu floroskopi cihazı hastanın başını anterior-posterior yönde görececek biçimde yerleştirilir ve cerrah operasyon sırasında hastanın baş kısmında, C kolun içinde kalacak şekilde çalışır. Klavikula altında yapılan bir insizyonla başlanarak jeneratör için bir cep oluşturulur. Ardından aynı tarafta retromastoid alanda 2.5 cm.lik bir insizyon yapılarak iki insizyon arası tünellenir. Karşı taraftaki elektrotun yerleştirilmesi için orta hatta C1 düzeyinde 1-2 cm'lik bir insizyon yapılır. Buradan elektrot iğnesi karşı mastoid çıkıntıya ilerletilir. Aynı taraftaki elektrot için, ikinci bir

elektrot iğnesi retromastoid insizyondan orta hatta yönlendirilir ve floroskopi ile iğnelerin pozisyonu kontrol edilir. İğnelerin içindeki kılavuz teller çıkartılarak her iğneden birer elektrot geçirilir. Elektrotların pozisyonu da kontrol edildikten sonra iğneler çıkartılır. Elektrotlar retromastoid fasyaya emilmeyen sütürlere tespit edilir. Gerilmelere karşı elektrot kablolarına tespit bölgesinin yanında birer ilmek şekli verilir. Ardından kablolar tünelden geçirilerek infraklaviküler bölgede uyarı jeneratörü ile birleştirilir ve jeneratör subkutan cebe yerleştirilir. Jeneratör fasyaya tespit edilerek empedans kontrolü yapılır ve tüm insizyon alanları antibiyotikli solüsyon ile yıkanarak katlar kapatılır.

■ KLİNİK ETKİ

Periferik sinir stimülasyonunun etkinliğini değerlendiren ileriye dönük çalışmalar bulunmaktadır. Ancak cihaz açık hâle getirildiğinde stimülasyon sırasında daima eşlik eden paresteziler görüldüğü için çift kör tasarımı çalışmalarda kontrol grubunda cihazı kapatmak, olguların ve gözlemcilerin kör hâle getirilmesini güçleştirmektedir.

Saper ve ark.nın tedaviye dirençli migrene sahip 110 olguluk çalışmasında, üçüncü ay sonunda oksipital sinire ayarlanabilir stimülasyon sistemi yerleştirilen olguların %39'unda ağrılı gün ya da ağrı yoğunluğunda %50'den fazla azalma gözlenmiştir (15). Dodick ve ark.nın yine kronik migrende oksipital sinir stimülasyonunun etkilerini araştırdıkları çalışmalarında ise bir yıl sonunda 125 kronik migren hastasında baş ağrılı gün sayısında ortalama 7.7 gün azalma ve baş ağrısında %67.9 iyi ya da mükemmel iyileşme bildirilmiştir. Ancak hastaların %70'inde cihaza bağlı istenmeyen etki gelişimi bildirilmiş, %40 hastada cerrahi girişim gerekli olmuştur (6).

Deer ve ark.nın ekstremitelere ağrısına yönelik periferik sinir stimülasyonu uygulanan 94 olguluk serilerinde ise 90 gün sonunda ağrıda azalma oranları tedavi grubunda %27 ve kontrol grubunda %2.3 olarak bildirilmiş ve ciddi istenmeyen etki izlenmemiştir (4). Periferik sinir stimülasyonu serilerini karşılaştıran güncel ve geniş kapsamlı bir derlemede migrende oksipital sinir stimülasyonu ve kronik bel ağrısında periferik sinir stimülasyonunun yararına ilişkin çalışmalarla 1. düzey kanıt elde edildiği belirtilmiştir. Küme baş ağrısı, inme sonrası omuz ağrısı ve gövde/ekstremitelere kaynaklı nöropatik ağrıda 2. düzey kanıt sağlayan randomize kontrollü çalışmalar bulunmaktadır. Kronik pelvik ağrıda etkinliğe ilişkin çalışmalar ise 3. düzey kanıt sunmaktadır (3,8,10).

■ KOMPLİKASYONLAR

Periferik sinir stimülasyonu sonrası en sık görülen komplikasyon elektrot migrasyonudur. ONSTIM çalışmasında %24 oranında, başka bir geniş oksipital sinir stimülasyonu serisinde ise %30 oranında elektrot migrasyon oranı bildirilmiştir (13,15). Her iki çalışmada da elektrotlar C1 düzeyine yerleştirilmiş ve fasyaya tespit edilmiştir. Migrasyon riskinden kaçınmak için elektrot gerilimini azaltan ilmeklerin kullanılması önerilmektedir. Periferik sinir stimülasyonuna ilişkin iki büyük olgu serisinde ise elektrot migrasyon oranları %2 ve %13 olarak saptanmıştır (16,19). Elektrotlarda ve kablolarda kırılma ya da işlev bozukluğu

oranı daha düşük olup oksipital sinir stimülatörlerinde bu oran %0-5 arasında bildirilmiştir. İmplantasyona bağlı ağrı oranları sorgulandığında ONSTIM çalışmasında %4 oranında jeneratör bölgesinde ağrı ve %2 oranında (bir hastada) elektrotların olduğu bölgede yanıcı ağrı yakınması gözlenmiştir. Yara yeri enfeksiyonu oranları %1-6 arasında değişmekte olup cihazın çıkartılmasına en fazla neden olan durumdur (7). Periferik sinir stimülasyonunda cihaza bağlı cilt erozyonu riski çok düşük olmakla birlikte subkutan periferik sinir alanı stimülasyonunda bu risk aksine yükselerek %7'lere ulaşabilmektedir (19). Diğer nöromodülasyon uygulamalarında olduğu gibi periferik sinir stimülasyonunda da komplikasyon oranını etkileyen en önemli faktörün cerrahın deneyimi olduğu gösterilmiştir. Erken dönem yapılan uygulamalar ile tekniğin yaygınlaşmasından sonra yayımlanan seriler arasında komplikasyon açısından anlamlı fark bulunmaktadır (7).

■ SONUÇ

Periferik sinir stimülasyonu, kronik ağrı tedavisinde diğer medikal ve girişimsel tedavilerle etkin yanıtın alınmadığı durumlarda uygulanabilen bir seçenektir. Randomize kontrollü çalışmaların artması, donanımsal yenilikler ve minimal invazif uygulamaların gelişmesi ile, travma, sinir hasarı ve inme gibi çeşitli nedenlere bağlı fokal kronik ağrıların tedavisinde umut verici bir potansiyel vaat etmektedir.

■ KAYNAKLAR

1. Chakravarthy K, Nava A, Christo PJ, Williams K: Review of recent advances in peripheral nerve stimulation (PNS). *Curr Pain Headache Rep* 20(11):60, 2016
2. Deer TR, Pope JE, Kaplan M: A novel method of neurostimulation of the peripheral nervous system: The StimRouter implantable device. *Tech Reg Anesth Pain Manag* 16:113-117, 2012
3. Deer TR, Esposito MF, McRoberts WP, Grider JS, Sayed D, Verrills P, Lamer TJ, Hunter CW, Slavin KV, Shah JM, Hagedorn JM, Simopoulos T, Gonzalez DA, Amirdelfan K, Jain S, Yang A, Aiyer R, Antony A, Azeem N, Levy RM, Mekhail N: A systematic literature review of peripheral nerve stimulation therapies for the treatment of pain. *Pain Med (United States)* 21:1590-1603, 2020
4. Deer TR, Pope J, Benyamin R, Vallejo R, Friedman A, Caraway D, Staats P, Grigsby E, McRoberts WP, McJunkin T, Shubin R, Vahedifar P, Tavanaiepour D, Levy R, Kapural L, Mekhail N: Prospective, multicenter, randomized, double-blinded, partial crossover study to assess the safety and efficacy of the novel neuromodulation system in the treatment of patients with chronic pain of peripheral nerve origin. *Neuromodulation* 19:91-100, 2016
5. Deogaonkar M: Peripheral neuromodulation for chronic pain. *Neurol India* 68:S224-S230, 2020
6. Dodick DW, Silberstein SD, Reed KL, Deer TR, Slavin KV, Huh B, Sharan AD, Narouze S, Mogilner AY, Trentman TL, Ordia J, Vaisman J, Goldstein J, Mekhail N: Safety and efficacy of peripheral nerve stimulation of the occipital nerves for the management of chronic migraine: Long-term results from a randomized, multicenter, double-blinded, controlled study. *Cephalalgia* 35:344-358, 2015

7. Eldabe S, Buchser E, Duarte RV: Complications of spinal cord stimulation and peripheral nerve stimulation techniques: A review of the literature. *Pain Med (United States)* 17:325-336, 2016
8. Goroszeniuk T, Pang D: Peripheral neuromodulation: A review. *Curr Pain Headache Rep* 18(5):412, 2014
9. Gross RE, Boulis NM: *Neurosurgical Operative Atlas: Functional Neurosurgery*, 3. Baskı, Thieme Medical Publishers, 2018: 253-257
10. Kaye AD, Ridgell S, Alpaugh ES, Mouhaffel A, Kaye AJ, Cornett EM, Chami AA, Shah R, Dixon BM, Viswanath O, Urits I, Edinoff AN, Urman RD: Peripheral nerve stimulation: A review of techniques and clinical efficacy. *Pain Ther* 2021 (Online ahead of print)
11. Melzack R, Wall PD: Pain mechanisms: A new theory. *Science* 150(3699):971-979, 1965
12. Nayak R, Banik RK: Current innovations in peripheral nerve stimulation. *Pain Res Treat* 2018:9091216, 2018
13. Paemeleire K, Van Buyten JP, Van Buynder M, Alicino D, Van Maele G, Smet I, Goadsby PJ: Phenotype of patients responsive to occipital nerve stimulation for refractory head pain. *Cephalalgia* 30:662-673, 2010
14. Petersen EA, Slavin KV: Peripheral nerve/field stimulation for chronic pain. *Neurosurg Clin N Am* 25:789-797, 2014
15. Saper JR, Dodick DW, Silberstein SD, McCarville S, Sun M, Goadsby PJ: Occipital nerve stimulation for the treatment of intractable chronic migraine headache: ONSTIM feasibility study. *Cephalalgia* 31:271-285, 2011
16. Sator-Katzenschlager S, Fiala K, Kress HG, Kofler A, Neuhold J, Kloimstein H, Ilias W, Mozes-Balla EM, Pinter M, Loising N, Fuchs W, Heinze G, Likar R: Subcutaneous target stimulation (STS) in chronic noncancer pain: A nationwide retrospective study. *Pain Pract* 10:279-286, 2010
17. Shelden CH, Paul F, Jacques DB, Pudenz RH: Electrical stimulation of the nervous system. *Surg Neurol* 4:127-132, 1975
18. Slavin KV: History of peripheral nerve stimulation. *Prog Neurol Surg Basel, Karger* 24:1-15, 2011
19. Verrills P, Vivian D, Mitchell B, Barnard A: Peripheral nerve field stimulation for chronic pain: 100 cases and review of the literature. *Pain Med* 12:1395-1405, 2011
20. Wall PD, Swert WH: Temporary abolition of pain in man. *Science* 155(3758):108-109, 1967
21. Weiner RL, Reed KL: Peripheral neurostimulation for control of intractable occipital neuralgia. *Neuromodulation* 2:217-221, 1999