



# Vagal Sinir Stimülasyonu: Cerrahi Teknik ve Komplikasyonlar

## Vagal Nerve Stimulation: Surgical Technique and Complications

Ahmet Cemil ERGÜN, Selman KÖK, Sait ÖZTÜRK

Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Elâzığ, Türkiye

**Yazışma adresi:** Sait ÖZTÜRK ✉ drsaitozturk@yahoo.com.tr

### ÖZ

Vagal sinir stimülasyonu (VNS) ilaca dirençli epilepsi hastalarının tedavisi başta olmak üzere yine ilaca dirençli depresyonun da tedavisinde başvurulan önemli bir nöromodülatif cerrahi tedavi seçeneğidir. VNS tipik olarak, nöbetlerin yönetiminde rezeksiyon cerrahisinden etkin yanıtın alınmadığı, rezeksiyona uygun olmayan ya da rezeksiyon cerrahisini reddeden hastalarda uygulanmalıdır. VNS sistemi bir elektrot ve bir pilden oluşur. Mikrocerrahi yöntem ile elektrot boyun bölgesinde sol vagal sinirin servikal orta kısmına implante edilir. VNS elektrodunun stimülasyona bağlı bradikardi veya asistolden kaçınmak amacıyla sol vagal sinire implantasyonu hedeflenir. Ardından ise genellikle göğüs bölgesine yerleştirilen bir jeneratöre (pil) elektrot entegrasyonu sağlanır. Öncelikli hedef nöbetlerin sayı, sıklık ve süresinin azaltılmasıdır. Komplikasyonları ise; intraoperatif dönem (vokal kord hasarı, nörovasküler hasar, hematoma oluşumu), postoperatif dönem (enfeksiyon), stimülasyon ilintili (ses kısıklığı, öksürük, seste kabalaşma, aritmi, asistol) ve donanım ilintili komplikasyonlardır (elektrot kırılması, migrasyon, pilin deaktivasyonu).

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Vagal sinir stimülasyonu, Epilepsi, Cerrahi teknik, Komplikasyon

### ABSTRACT

Vagal nerve stimulation (VNS) is an important neuromodulative surgical treatment option used especially in the treatment of drug-resistant epilepsy patients and also in the treatment of drug-resistant depression. Typically, VNS should be used in the management of seizures in patients who do not respond effectively to resective surgery, who are unsuitable for resection, or who refuse resective surgery. The VNS system consists of an electrode and a pulse generator. With the microsurgical technique, the electrode is implanted in the cervical middle part of the left vagal nerve in the neck region. The VNS electrode is targeted for implantation by prioritizing the left vagal nerve to avoid stimulation-induced bradycardia or asystole. Then, electrode integration is provided to a generator (battery) usually placed in the chest area. The primary goal is to reduce the number, frequency and duration of seizures. Complications include those in the intraoperative period (vocal cord damage, neurovascular damage, hematoma formation) or postoperative period (infection), stimulation-related (hoarseness, cough, hoarseness, arrhythmia) complications, and hardware-related complications (electrode fracture, migration, deactivation of the generator).

**KEYWORDS:** Vagal nerve stimulation, Epilepsy, Surgical technique, Complication

### ■ GİRİŞ

Epilepsi hastalığı Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl yeni teşhis edilen 200.000 vaka ile nüfusun yaklaşık %1'ini etkilemektedir. Ülkemizde ise 800.000 üzerinde epilepsi tanılı hastanın olduğu bilinmektedir. Epilepsi hastalarında ilk basamak tedavi antiepileptik ilaçlar olmasına karşın

hastaların yaklaşık üçte birinde farmakolojik tedaviye yanıt vermeyen nöbetler mevcuttur. Ayrıca, bu ilaçların yan etkileri, tolere edilebilirliği ve güvenli teröpatik aralık sorunları gibi istenmeyen etkileri olabilmektedir. Epilepsi hastaları için diyet tedavisi, rezektif epilepsi cerrahisi, invaziv veya invaziv olmayan nöromodülatif tedavi dahil olmak üzere birçok başka tedavi modaliteleri mevcuttur; bunlar, dirençli epilepsili hasta-

ların %15 ile %30'unda kötü kontrol edilen nöbetleri yönetmek veya azaltmak için bir seçenek olabilirler.

## ■ TARİHÇE

Vagal sinir stimülasyonu (VNS) cerrahisi, 1980'lerde rezektif cerrahiye uygun olmayan ilaca dirençli epilepsi (DRE) için bir tedavi alternatifi olarak ortaya çıkmıştır (7). Epilepsi için ilk VNS cerrahisi 1988'de yapılmıştır (2). VNS tedavisi 1994 yılında Avrupa'da ve 1997 yılında Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır. O zamandan beri dünya çapında 33.000'den fazla çocuk hasta olmak üzere 130.000'den fazla hastaya uygulanmıştır (9). Ülkemizde ise ilk olarak 1996 yılında Hacettepe grubu tarafından VNS cerrahisi uygulanmıştır (10).

## ■ ANATOMİ

Vagal sinirin anatomisi ve fizyolojisi karmaşıktır ve iyi karakterize edilememiştir. Latince 'dolaşan, aylak, serseri, başı boş' anlamına gelen vagus, juguler foramen yoluyla kafatasından çıkar, juguler ven ile karotid arter arasında devam ederek larinks, özefagus ve trakeadan sonra gastrointestinal organlar arasında ilerleyerek distale devam eder. Vagal sinir iç organlar için hem efferent hem de afferent olarak geniş bir inervasyon ağı sağlar ve daha yüksek merkezi sinir sistemi (MSS) yapıları ile beyin sapının otonom kontrol devresi arasında bir ara yüz olarak kilit rol oynar. Vagus ~%80 duyuusal afferent ve %20 motor efferent liflerden oluşur. Vagal sinirin afferent projeksiyonları, MSS'nin diğer bölgelerine projeksiyon yapmadan önce, nükleus traktus solitarii (NTS) içindeki otonom beyin sapı seviyesinde sinaps yapar. Bu bölgelerden inen efferentler, diğer otonomik fonksiyonların yanı sıra kardiyorespiratuvar ve gastrointestinal otonomik tonus inervasyonundan sorumludur.

Sağ vagal sinir sinoatriyal düğümü inerve ederken sol vagal sinir ise atriyoventriküler düğümü inerve eder. Bu nedenle VNS sistemi genellikle sol tarafa yerleştirilir. Ancak literatürde sağ vagal sinire implantasyon yapılabileceğine dair yayınlar olmasına karşın güvenli bir yöntem olmayacağını bildiren karşıt yayınlarda bulunmaktadır. Bu hastalarda herhangi bir kardiyak yan etki görülmemesine rağmen; reaktif hava yolu hastalığı ve solunum sıkıntısı bildirilmiştir (6).

## ■ ETKİ MEKANİZMASI

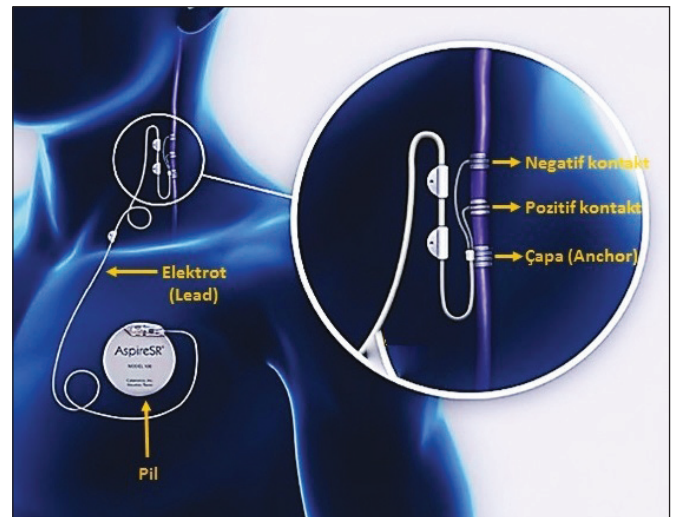
VNS, temel olarak nöbet aktivitesini modüle etmektedir, fakat bu özelliğinin beyindeki etki yeri, fonksiyonel görüntüleme, nörotransmitter analizi ve elektroensefalografi (EEG) araştırmalarına rağmen hâlen belirsizliğini korumaktadır. Birçok çalışma, servikal bölgedeki vagal sinirin afferent liflerinin uyarılmasının EEG senkronizasyonunu ve uyku döngülerini etkileyebileceğini ve bu nedenle vagal sinirin uyarılmasının epileptiform aktiviteyi önleyebileceğini veya durdurabileceğini doğrulamıştır. Vagal afferentler, potansiyel epileptogenez bölgesi olan birçok merkezi sinir sistemi alanlarına dağılır ve epilepsiden sorumlu network üzerinde modüle edici etki gösterir. Bu bölgeler arasında serebellum, diensefal, amigdala, hipokampus, insular korteks ve çoklu beyin sapı lokalizasyonları sayılabilir (1). VNS etki mekanizmasının altında

hangi yolların yattığı belirsizliğini korusa da locus coeruleus (LC) ve dorsal rafe çekirdeği (DRN) anahtar araçlar gibi görünmektedir. LC ve DRN içindeki nöronların bazal uyarılma oranları, VNS ile uzun süreli tedaviden sonra önemli ölçüde artar (4). Bu merkezlerin iki taraflı kimyasal lezyonları, hayvan modellerinde VNS tedavisinin nöbet baskılayıcı etkilerini ortadan kaldırır. Bu sonuçlar, norepinefrin ve serotoninin VNS'nin antikonvülsan etkilerine aracılık edebileceği anlamına gelmektedir. Nöbet eşiğinin yükselmesine neden olan GABAerjik iletimin artması da bunlara ek olarak sayılabilir. Sonuç olarak, VNS etki mekanizmalarının ana hipotezleri, NTS ve medüller retiküler oluşum yolları aracılığıyla EEG senkronizasyonunun bozulmasını ve azalmış eksitator/ artmış inhibitör nörotransmisyonu içerir.

## ■ VNS SİSTEMİNİN PARÇALARI

VNS sistemi sol klavikula altına veya bazen aksillaya subkutan olarak implante edilen bir pilden (pulse generator) ve sol vagal sinirin etrafına yerleştirilen sarmal yapılı üç kontaklı (iki aktif kontak, bir çapa) bipolar stimüle edici elektrottan oluşmaktadır (Şekil 1). Şu anda beş farklı VNS terapi pili modeli mevcuttur (LivaNova USA, Inc., Houston, TX). Demipulse Model 103 (tek pimli) ve Demipulse Duo Model 104 (çift pimli) – çift pimli pil. Model 104 sadece önceki çift pimli modelleri olan hastalarda yalnızca değiştirme prosedürleri için kullanılır. Daha yeni modeller olan AspireHC Model 105, AspireHC Model 106 ve SenTiva Model 1000 ise yalnızca tek pimli olarak mevcuttur. Farklı ülkelerde farklı modeller bulunmaktadır ("VNS Therapy") (Şekil 2).

Elektrot olarak kullanılabilen iki model mevcuttur ve her ikisi de 43 cm uzunluğundadır. Mevcut tüm elektrot modelleri tek pimlidir ve vagal sinirin çeşitli boyutlarını hesaba katmak için iki farklı çapta (2 veya 3 mm iç çapları ile) üretilmiştir. 2 mm çaptaki elektrot genellikle pediatrik hastalarda, diğeri ise erişkin hastalarda tercih edilmektedir. Epilepsi stimülasyon parametrelerinde tipik olarak ≤ 500 mikrosaniye olan 20-30 Hz'lik bir stimülasyon aralığı ve 5 dakikalık kapalı zaman ile



Şekil 1: VNS sisteminin parçaları.

dönüşümlü olarak 30-90 saniyelik stimülasyon kullanır. Cihaz sistematik olarak sol vagal sinire tekrarlayan uyarılar iletir. Bununla birlikte, bazı yeni modeller, önceden belirlenmiş bir iktal eşğin üzerindeki ani kalp hızı değişiklikleriyle tetiklenip otomatik olarak etkinleşebilmektedir.

Tahmini pil ömrü; frekans, darbe genişliği, görev döngüsü, çıkış akımı veya elektrot empedansı arttıkça azalır. AspireHC Model 106 ve SenTiva Model 1000 modellerinde taşıkardiyle tetiklenen otomatik stimülasyon modu KAPALI olduğunda beklenen pil ömrünün sırasıyla yaklaşık 12,8 ve 11,5 yıl sürmesi beklenir. Ancak otomatik stimülasyon saatte bir uyarı ile AÇIK konuma getirildiğinde, beklenen pil ömrü Aspire için yaklaşık 7 yıl ve SenTiva için yaklaşık 7,5 yıl azalır. Bu nedenle, maksimum etkinlik hedeflenmek zorunda olursa bile, pil değiştirme ameliyatlarını geciktirmek amacıyla stimülasyon parametrelerinin optimize edilmesi gerekmektedir

## ■ CERRAHİ TEKNİK

Operasyondan 45 dakika önce ikinci kuşak sefalosporin intravenöz uygulaması unutulmadan endotrakeal genel anestezi uygulandıktan sonra hasta ekstansiyonda ve hafif sağa deviye olacak şekilde, venöz akışı kolaylaştırmak için kafa kalpten daha yüksek bir konumda tutulur (Şekil 3). Bu hastalarda laringeal maske ile anestezi sağlanması mutlak kontrendikedir. Pilin yerleştirileceği cep için aksillar veya

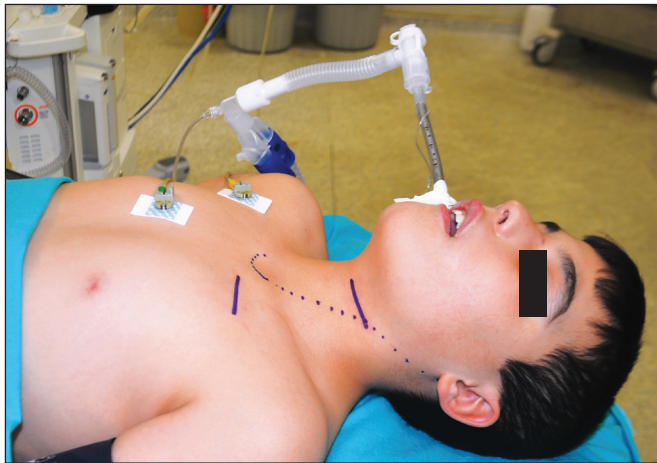


Şekil 2: VNS pillerinin farklı modelleri.

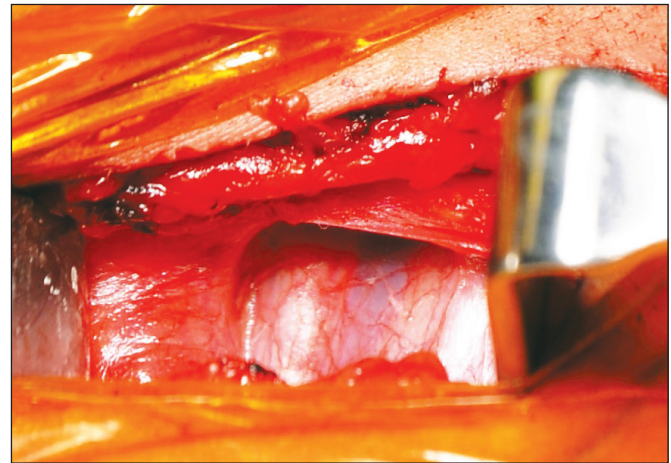
subklavikular alanda 4 cm uzunluğunda klavikulaya paralel bir insizyon yeri belirlenir. Elektrot yerleştirilmesi için ise insizyon planlaması yapılırken; sol mastoid çıkıntı ve manibrum sterni arasında bir hat çizilir ve bu hattın orta noktası orta servikal bölgeyi hedefler. İyi bir kozmetik sonuç elde etmek için belirlenen bu hattın boyundaki cilt katlantısına mümkün oldukça paralel yaklaşık 4-5 cm'lik transvers cilt kesisi planlanır. Kesinin 2/3'ü medial tarafta, 1/3'ü ise lateral kenarda kalmalıdır (Şekil 4). Boyun ve göğsün sol tarafı steril hazırlanır ve antibiyotikli drape kullanımı önerilir. Öncelikle pilin yerleştirileceği alanda insizyon yapılır ve cep oluşturulur. Bu cep oluşturulurken aksillar bölgenin mikroorganizma kolonizasyonu açısından zengin bir bölge olduğu unutulmamalı ve pil bölgesinde enfeksiyon riskinde artış olmaması adına insizyonun lokalizasyonuna dikkat edilmelidir. Aşırı zayıf olgular haricinde pilin mümkün olduğunca aksillar bölgeden uzakta implante edilmesi uygun olacaktır. Öte yandan cilt altı yağ dokusu oldukça ince olan zayıf hastalarda ise aksillar bölgede cilt altı yağ dokusu miktarı göreceli olarak biraz daha fazla olduğundan olası enfeksiyon riski göz önünde tutularak pil aksillar bölgeye yakın implante edilebilir.



Şekil 3: Hastanın operasyon masasındaki pozisyonu.



Şekil 4: Pil ve elektrot yerleştirilmesi için insizyon planlaması.

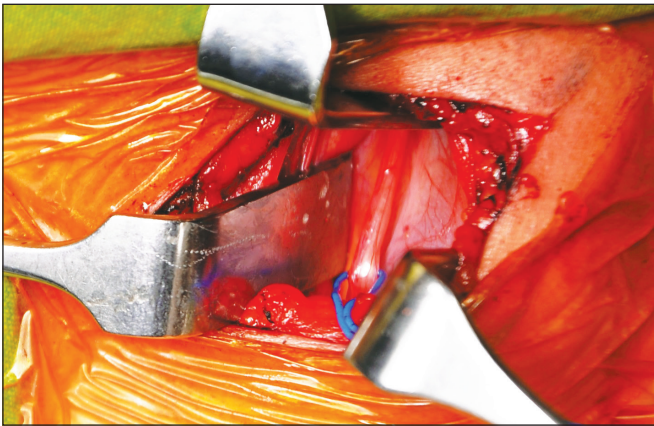


Şekil 5: Karotid kılıf, kılıf içerisinde bulunan medialde karotid arterin ve lateralde juguler venin görünümü.

Boyun bölgesinde cilt, cilt altı insizyon açılır, platısma kası geçilir ve sternokleidomastoid (SCM) kasın medial yönü boyunca karotid kılıfı ortaya konulur (Şekil 5). Ardından mikrocerrahi yöntem ile kılıf açılır ve kılıfın derininde vagal sinire ulaşılır. Mikrocerrahi yöntemin bu aşamadaki temel avantajı; vagal sinir dallarının zarar görmemesi, vagal siniri besleyen damarların korunması, vagal sinirin perinöryum kılıfının tahrip edilmemesi ve herhangi bir varyasyon var ise sinirin tahrip edilmemesidir. Vagal sinir bu plandan 3-4 cm uzunluğunda künt diseke edilir (Şekil 6). Elektrot bir tünelleyici yardımıyla (Şekil 7) servikal insizyondan subkutan göğüs cebine geçirilerek konumlandırılır. Ardından servikal bölgedeki insizyon hattına tekrar mikroskop çekilir ve ilk olarak çapa (anchor) vagal sinir etrafına sabitlenir ve ardından pozitif kontakt (orta sarmal) ve negatif (üst sarmal) kontakt vagal sinire implante edilir (Şekil 8). Sarmalların implantasyonundan sonra, belirli parametrelerle (1 mA, 550 ls, 20 Hz) 1 dakika süren tek bir stimülasyon darbesi ile elektrot empedansı intraoperatif test edilir ve sistemin sorunsuz çalışıp çalışmadığı kontrol edilir. Yüksek bir empedans (>4.000Ω), sarmal elektrotların sinirle iyi temas hâlinde olmadığı ve bu nedenle pıhtıları veya diğer engelleri kaldırmak için kontrol edilmesi gerektiği anlamına gelir; anestezi ve cerrahi ekip yine bu aşamada stimülasyon ilintili olası bradikardi ve hatta asistol olabileceği konusunda bilgilendirilmelidir.

Boynun hareketleri sırasında gerekli esnekliği sağlamak için elektrotta gerilim azaltıcı bir esneme payı (loop) oluşturduktan sonra, derin servikal fasiyada ve sternokleidomastoid kasın yakınında silikon tutucularla emilmeyen sütürler kullanılarak elektrot iki noktada sabitlenir. Elektrodun distal ucu pile entegre edilir ve emilmeyen dikişlerle pektoralis kasının fasiyasına veya zayıf hastalarda fasiya altına sabitlenir. Ardından insizyonlar usulüne uygun kapatılır (Şekil 9). Hasta ameliyattan 4 saat sonra mobilize edilir ve elektrotların pozisyonunu incelemek ve hem de baz bir görüntü elde etmek için iki yönlü servikal direkt grafi çekilir. 6. Saatte hastaların oral alımı açılır ve operasyondan bir gün sonra taburcu edilirler (Şekil 10).

Operasyon ardından hastalara ilk 7 gün oral antibiyoterapi reçetelenir ve sütürler 10. gün alınır.



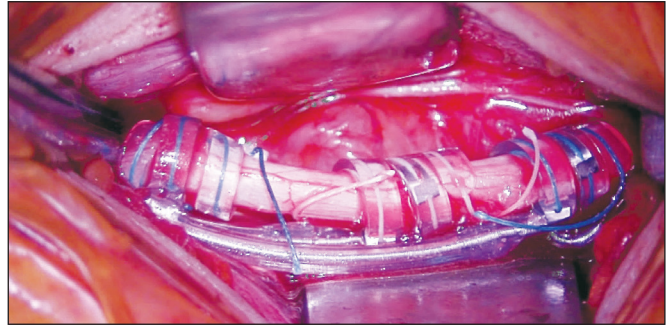
Şekil 6: Karotid kılıfın açılmasından sonra vagal sinirin görünümü.

## ■ KOMPLİKASYONLAR

VNS tedavisinin komplikasyonları dört ana başlık altında incelenir. Bunlar; intraoperatif cerrahi ilintili komplikasyonlar, postoperatif komplikasyonlar, stimülasyon ilintili komplikasyonlar ve donanım ilintili komplikasyonlardır.



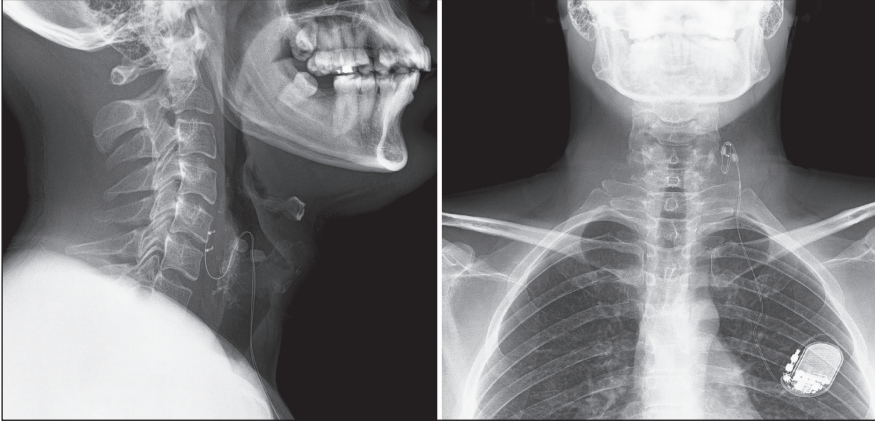
Şekil 7: Servikal insizyondan göğüs cebine doğru uzanım gösteren cilt altı tünelleyicinin intraoperatif görünümü.



Şekil 8: Vagal sinirin ve implante edilen elektrodun mikrocerrahi görüntüsü.



Şekil 9: Sütürizasyon ardından insizyonların görünümü.



**Şekil 10:** Elektrodun ve pilin pozisyonunu gösteren operasyon sonrası lateral (sol) ve ön-arka direkt grafi görüntüleri (sağ). Lateral grafiden C5 düzeyinde radyopak negatif (üst) ve pozitif (alt) kontaktların görünümü. Çapa sarmalında herhangi bir radyopak içerik bulunmamaktadır. Ayrıca vagal sinir düzeyinde oluşturulan loop net bir şekilde görülmektedir.

### İntraoperatif Komplikasyonlar

En sık görülen intraoperatif komplikasyonlar vagal sinir, vokal kord ve vasküler yapılarıdaki hasarlardır (%1). Bu durumun yaşanmaması için alınması gereken en önemli önlem ise kartotid kılıfın açılmasından, vagusun diseksiyonu ve elektrot implantasyonu süreçlerinin tamamının mikrocerrahi ile yapılmasıdır. Kendi serimizde uyguladığımız 113 VNS cerrahisinin hiçbirinde vagal sinirde, vokal kordlarda veya vasküler yapılarda hasar gözlenmedi. Vokal kord hasarı ardından en sık görülen semptomlar ses kısıklığı, dispne ve disfajidir. Olası bir vokal kord paralizisi gözlenir ise bu hastalarda stimülasyonun 4 haftadan önce aktive edilmemesi gereklidir. Daha nadir oranda görülen bir diğer komplikasyon ise peritrakeal hematoma gelişimidir (%0,9).

### Postoperatif Komplikasyonlar

En sık görülen postoperatif komplikasyon enfeksiyondur (%3-8). Genellikle operasyon sonrası ilk 4-6 hafta içerisinde görülmektedir. Hastanın operasyon öncesi hastane yatış süresinin minimum tutulması, cerrahide antibiyotikli drape kullanımı, operasyon esnasında odaya giriş ve çıkışların kısıtlanması, vaka esnasında lamba sapı kullanılmaması, operasyonda aktif bulunan kişilerin en az düzeyde tutulması, implante edilecek yabancı cisimlerin erkenden açılmaması ve yabancı cisimlere temiz eldiven ile tek bir kişinin teması, uygun antibiyoterapi, operasyon sonrası hassas yara bakımı gibi küçük ama önemli detaylar göz ardı edilmemelidir. Belirtilen bu önlemler sayesinde 113 vakadan oluşan serimizin sadece birinde enfeksiyon tablosu görülmüş ve sistem çıkarılmadan intravenöz antibiyoterapi ile enfeksiyon tablosu baskılanmıştır.

### Stimülasyon İlişkili Komplikasyonlar

Operasyon esnasında empedans ölçümü yapılırken bradikardi veya asistol nadir oranda da olsa gözlenebilir (1/1000). Bu durumda cerrahi sonlandırılmalı ve tüm sistem çıkarılmalıdır. Stimülasyona bağlı görülen en sık komplikasyon neredeyse %30-68 oranında görülen ses kısıklığı, öksürük atakları, boğazda yanma ve katılık hissi, disfaji ve boğaz ağrısıdır. Uzun dönem stimülasyon ile hastaların çok büyük bir kısmında bu sorun geriler ve nöbetlerin kontrol altına alınması ile beraber çoğu zaman göz ardı edilen bir durum olarak görülür. Pediatrik hasta grubunda bu durum erişkinlere göre hali hazırda çok

daha nadir izlenir. Kendi deneyimimiz göstermiştir ki; oldukça nadir oranda kulak ağrısı, baş ağrısı, iştah değişiklikleri, kilo alımı veya kaybı gibi nadir komplikasyonlarda görülebilmektedir.

Vagal sinirin kronik stimülasyonu ardından gecikmiş aritmiler (bradikardi, asistol), laringofaringeal disfonksiyon, obstrüktif uyku apnesi ve anatomik yakınlık nedeniyle frenik sinirin uyarılması, glossofaringeal nevralljiyi taklit eden tonsiller ağrı ve uzun süreli endotrakeal entübasyon sırasında vokal kord hasarı görülebilir. Laringofaringeal disfonksiyon (ses kısıklığı, dispne ve öksürük) hastaların yaklaşık %50'sinde meydana gelir ve genellikle geçicidir. Bu durum inferior (rekürren) laringeal sinirin uyarılmasına bağlıdır ve uyarılma sıklığı ile doğrudan ilişkilidir. Sol vokal kordun gerçek geç felci genellikle kısmi ve nadirdir (%1-2,7). Ortalama takip süresinin 3 yılı geçtiği kendi serimizde hiçbir olguda geç dönem gelişmiş stimülasyon ilişkili komplikasyon görülmemiştir.

### Donanım İlişkili Komplikasyonlar

En sık görülen donanım ilişkili komplikasyon elektrot kırılmasıdır ve genellikle operasyondan yıllar sonra görülür (%5-10). Bunu elektrodun vagusdan migre olması izler. Psikiyatrik ek sorunların eşlik ettiği hastalarda ise Twiddler sendromu olarak nitelendirilen ve pilin göğüs bölgesinde hasta tarafından cilt altında döndürülmesi ile elektrot kırılması ve migrasyonu/malpozisyonu görülür. Bu durumun önüne geçebilmek için cerrahi esnasında pilin absorbe olmayan sütür ile tespiti yapılmalıdır. Ayrıca migrasyon riskini en aza indirebilmek için elektrot boyun bölgesinde tespit edildikten sonra, gerilimi tolere edecek şekilde gevşek bırakılmalıdır (loop oluşturma).

### ■ VNS REVİZYONU/ÇIKARTILMASI İÇİN CERRAHİ TEKNİK

Cihaz arızası, pil ömrünün bitmesi, VNS tedavisinin başarısız olması, tolere edilemeyen yan etkiler ve hastanın 'eskisi gibi olmak' veya 'tüm yabancı maddelerden kurtulmak' gibi özel istekleri nedenleriyle cihazın tamamen çıkarılması, revizyonu veya değiştirilmesi için cerrahi müdahale gerekebilir. VNS cihazının başarısızlığı nadir olsa da vakaların %4-16,8'ini oluşturur (3,5). Sistemin arızası ve enfeksiyonu için en uzun takibe sahip iki cerrahi revizyon serisi, 14 ve 25 yıllık takipten

sonra 2016 yılında Couch ve Revesz tarafından bildirilmiştir (3,8). Couch tarafından bildirilen 644 hastadan 296'sına (%46) revizyon yapılmış olup bu hastalarda pilin bitmesi (%27), etkinlik olmaması (%9), elektrot kırılması, doğrulanamamış arıza nedeni (%8) ve enfeksiyon (%2) gibi nedenler bildirilmiştir. Zamanla silikon kaplamada yırtılmalara ve bunun sonucunda enerji iletiminin kesilmesi ile kırılmaya neden olabilmektedir. Revesz ve ark. VNS uygulanan toplam 260 hastadan oluşan serilerinde %12,4 komplikasyon oranı bildirirken bunların %8,6'sını cerrahi sonrası olarak sınıflandırdılar. Sistemin çıkartılma cerrahisi; enfeksiyon durumunda ve empedans sorunları nedeniyle çalışmaması durumlarında uygulanmalıdır. Hasta talebi ile sistemin çıkarılması önerilmez.

Elektrot revizyonunda; keskin ve/veya künt diseksiyon ile cerrahi yapılmalıdır. Özellikle karotid kılıf içindeki müdahalelerde keskin diseksiyon öncelenmelidir. Eski transvers boyun insizyonu elektrodu ortaya çıkarmak için açılır, platisma ve sternokleidomastoid kasın diseke edilmesiyle daha geniş bir görüş açısı elde etmek için daha uzun bir dikey insizyona dönüştürülür. Elektrot tespitleri çıkarıldıktan sonra, mikrocerrahi ile elektrot, juguler ven ile karotid arter arasındaki eski skarı takip eden sarmal temaslara doğru ve künt uçlu küçük bir makas kullanılarak nörovasküler yapılar dikkatlice diseke edilir. Vagal sinirinin aşırı çekilmesini ve/veya manipülasyonunu önlemek için sarmal temaslara açığa çıkarılır ve genellikle parça parça çıkarılır. İşlemin ideal amacı olan eski cihaz tamamen çıkarıldıktan sonra, daha önce anlatıldığı gibi aynı teknikle yeni bir vagal sinir stimülatör sistemi yeniden implante edilir. Revizyon cerrahisinde vokal kord paralizisi görülme riski 2 kat daha fazladır.

Farklı bir revizyon tekniği ise mevcut boyun insizyonundan bağımsız daha üst veya alt bir boyun seviyesinden temiz bir cerrahi girişim alanı oluşturmaktır. Kendi serimizde 3 olguya bu şekilde revizyon cerrahisi uygulanmış ve herhangi bir komplikasyon gözlenmemiştir.

## ■ SONUÇ

Vagal sinir stimülasyonu cerrahisi multidisipliner bir ekip tarafından uygun hastanın seçimi ile yüz güldürücü sonuçlar ortaya koyan etkin bir nöromodülatif yöntemdir. Mikrocerrahi yöntem sayesinde güvenli ve etkin sonuçlar ortaya konulmaktadır.

**Bilgilendirme:** Yazı içerisindeki tüm cerrahi fotoğraflar Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı arşivinden kullanılmıştır.

## ■ KAYNAKLAR

1. Amar AP, Elder JB, Apuzzo MLJ: Vagal nerve stimulation for seizures. In: Lozano AM, Gildenberg PL, Tasker RR (eds), Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009:2801-2822
2. Ben-Menachem E: Modern management of epilepsy: Vagus nerve stimulation. Baillieres Clin Neurol 5:841-848, 1996
3. Couch JD, Gilman AM, Doyle WK: Long-term expectations of vagus nerve stimulation: A look at battery replacement and revision surgery. Neurosurgery 78:42-46, 2016
4. Dorr AE, Debonnel G: Effect of vagus nerve stimulation on serotonergic and noradrenergic transmission. J Pharmacol Exp Ther 318:890-898, 2006
5. Lam S, Lin Y, Curry DJ, Reddy GD, Warnke PC: Revision surgeries following vagus nerve stimulator implantation. J Clin Neurosci 30:83-87, 2016
6. McGregor A, Wheless J, Baumgartner J, Bettis D: Right-sided vagus nerve stimulation as a treatment for refractory epilepsy in humans. Epilepsia 46:91-96, 2005
7. Penry JK, Dean JC: Prevention of intractable partial seizures by intermittent vagal stimulation in humans: Preliminary results. Epilepsia 31 Suppl 2:S40-43, 1990
8. Révész D, Rydenhag B, Ben-Menachem E: Complications and safety of vagus nerve stimulation: 25 years of experience at a single center. J Neurosurg Pediatr 18:97-104, 2016
9. VNS Therapy [Internet] Available from: <https://vnstherapy.info/>
10. Yalnizoglu D, Ardicli D, Bilginer B, Konuskan B, Karli Oguz K, Akalan N, Turanlı G, Saygi S, Topcu M: Long-term effects of vagus nerve stimulation in refractory pediatric epilepsy: A single-center experience. Epilepsy Behav 110:107147, 2020