

KLİNİK ÇALIŞMA / CLINICAL RESEARCH

DERİN BEYİN STİMÜLASYONU OLGULARINDA ANESTEZİ DENEYİMLERİMİZ

OUR ANESTHESIA EXPERIENCE IN DEEP BRAIN STIMULATION CASES

¹Aslınur SAGÜN, ¹Mustafa AZİZOĞLU, ²Vural HAMZAOĞLU,²Hakan ÖZALP, ¹Ali Aydın ALTUNKAN¹Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, İçel, Türkiye²Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin Cerrahisi ve Sinir Hastalıkları Anabilim Dalı, İçel, Türkiye¹Mersin University Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, İçel, Turkey²Mersin University Faculty of Medicine, Department of Neurosurgery, İçel, Turkey

ÖZ

Amaç: Parkinson hastalığı substantia nigra veya diğer beyin bölgelerindeki hücre ölümüne bağlı gelişen ilerleyici nörodegeneratif bir hastalıktır. Hastalığın tedavisinde L-dopa ve dopaminerjik ajanlar ile medikal tedavi uygulansa da ileri Parkinson hastalığında derin beyin stimülasyonunun (DBS), motor fonksiyonu ve yaşam kalitesini artırmada medikal tedaviden daha üstün olduğu bildirilmektedir. Kliniğimizde 2016 yılından itibaren orta derece Parkinson tanısı bulunan, medikal tedaviye yanıt vermeyen veya medikal tedaviye bağlı yan etkilerin ortaya çıktığı hastalara derin beyin stimülasyonu uygulanmaktadır. Bu çalışma ile kliniğimizde gerçekleştirilen DBS olgularında uyguladığımız anestezi yöntemlerini sunmayı amaçladık.

Yöntem: Kliniğimizde Ocak 2016 ile Kasım 2017 tarihleri arasında Parkinson tanısı olan, yaşları 20 ile 67 arasında değişen, 20 kadın, 17 erkek toplam 37 olguya DBS işlemi uygulanmıştır. Olguların dosyaları retrospektif olarak incelenmiştir. Olgulara lokal anestezi eşliğinde çerçeve (frame) başlık takılarak bilgisayarlı tomografi görüntüleri elde edildi. Daha sonra bu olgular ameliyathane odasına alınarak anestezi uygulandı.

Bulgular: İki olguya genel anestezi, 35 olguya sedoanaljezi uygulandı. BIS değeri 80 ve üzerinde tutuldu. Başlangıçta propofol ve remifentanil infüzyonu uygulanan olgulardan birinde BIS değeri 80'in üzerinde olmasına rağmen işlemin 10. dakikasında periferik oksijen satürasyonunda düşme gözlemlendi ve solunumunun yüzeyelleşmesi üzerine genel anestezi uygulanması kararı alındı. İşlem sırasında ortalama arter basıncı 90 mmHg'nin üzerinde seyreden 17 hastaya nitroglicerine infüzyonu (0,1-2 mcg kg⁻¹ dk⁻¹) başlandı ve işlem sonuna kadar kan basıncının stabil olması sağlandı. DBS işlemi yaklaşık 4 saat sürdü. İşlem sonunda olgulara nöromüsküler bloker antagonistini uygulanarak ekstübe edildi ve postoperatif bakım ünitesine transfer edildi.

Sonuç: Derin beyin stimülasyonu işlemi için anestezi uygulaması hem hasta profili hem de cerrahi prosedür açısından özellik taşır. DBS işlemi için anestezi uygulamasında en çok dikkat edilmesi gereken konulardan birisi solunumun kontrol altında tutulmasıdır. Uygulanan ilaçların doz ayarlarının uygun şekilde yapılması gereklidir. Aksi takdirde bu hastalarda kolaylıkla solunum depresyonu gelişebilir. DBS işleminde rutin monitörizasyon (elektrokardiyogram, periferik oksijen satürasyonu, noninvasif kan basıncı, endtidal karbondioksit ölçümü) uygulanır. Fakat birçok hastada, komorbid hastalıkların bulunması, kan basıncı ölçümünün devamlı takip edilmesi gibi nedenlerle invaziv arter basıncı monitörizasyonu gereklidir. Ayrıntılı preoperatif değerlendirme önemlidir. Özellikle havayolu muayenesi, respiratuvar ve kardiyak hastalık öyküsü sorgulanmalıdır. Aynı zamanda hastanın işlem öncesi hem cerrah, hem nörolog hem de anesteziist tarafından bilgilendirilmesinin de sonuçlar üzerine olumlu etkileri vardır.

ANAHTAR KELİMELELER: Derin beyin stimülasyonu, Anestezi, Sedoanaljezi

ABSTRACT

Objective: Parkinson's disease is a progressive neurodegenerative disease induced by cell death in the substantia nigra or other brain regions. Although medical treatment can possible with L-dopa and dopaminergic agents, deep brain stimulation (DBS) in severe Parkinson's disease is more superior than medical treatment in increasing motor function and life quality has been reported. In our clinic since 2016 deep brain stimulation is applied to patients who has moderate diagnosis of Parkinson's disease, does not respond to medical treatment or has medical treatment-related side effects. With this study, we aimed to present anesthesia management in DBS cases in our clinic.

Method: In our clinic DBS procedure was applied to 20 females and 17 males, totally 37 cases who are diagnosed with Parkinson's disease, age ranging from 20 to 67 years, between the dates of November 2016 January 2017. The records of the cases were analyzed retrospectively. Computed tomography images were obtained by attaching the frame by local anesthesia. Later, anesthesia was applied to these patients by taking to the operating room.

Results: General anesthesia to 2 patients and sedoanalgesia to 35 patients were practised. The BIS value was >80. Despite being the BIS value >80, in one of the cases who was given initially propofol and remifentanyl infusion, decrease in peripheral oxygen saturation was observed at the 10th minute of the procedure and upon the respiration became superficial, general anesthesia was decided. During the procedure nitroglycerine infusion (0,1-2 mcg kg⁻¹ min⁻¹) was started to 17 patients having mean arterial pressure >90 mmHg, and provided blood pressure being stable until the end of the procedure. The DBS procedure lasted about 4 hours. At the end of the procedure, by the reversal of neuromuscular agent the patients were extubated and transferred to postoperative care unit.

Conclusion: The anesthesia for deep brain stimulation has properties in terms of both the patient profile and the surgical procedure. One of the most important issues in anesthesia for DBS is to control the respiration. It's necessary to arrange the available dosages of the drugs. Otherwise, respiratory depression can occur easily in these patients. Routine monitoring (electrocardiogram, peripheral oxygen saturation, noninvasive blood pressure, the measure of endtidal carbondioxide) is applied. But in many patients, the causes like comorbide illnesses, following the continious blood pressure measurements invasive blood pressure is required. The detailed preoperative assessment is important. Especially airway examination, the history of respiratory and cardiac disease have to be checked. At the same time, informing the patient by surgeon, neurologist and anesthetist has positive effects on outcomes.

KEYWORDS: Deep brain stimulation, Anesthesia, Sedoanalgesia

Çıkar çatışması/Conflict of Interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir./ Authors do not report any conflict of interest.

Geliş tarihi/Received: 07/12/2017

Kabul tarihi/Accepted: 29/12/2017

Yazışma Adresi (Correspondence):

Dr. Aslınur SAGÜN, Mersin Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Çiftlikköy Kampüsü, 33343, Mersin, Türkiye

E-posta (E-mail): aslinur_aslan@hotmail.com

GİRİŞ

Parkinson hastalığı substantia nigra veya diğer beyin bölgelerindeki hücre ölümüne bağlı gelişen ilerleyici nörodejeneratif bir hastalıktır. Hastalığın tedavisinde L-dopa ve dopaminerjik ajanlar ile medikal tedavi uygulanırsa da ileri Parkinson hastalığında derin beyin stimülasyonunun (DBS), motor fonksiyonu ve yaşam kalitesini arttırmada medikal tedaviden daha üstün olduğu bildirilmektedir (1). Ayrıca uzun süreli medikal tedavinin komplikasyonlarından kaçınmak için de cerrahi tedavi uygulanmaktadır. Bu prosedürde hedef ventral intermediat nükleus (VİM), globus pallidus interna (GPİ) ve sıklıkla subtalamik nükleustur (STN). DBS işlemi öncesi genellikle lokal anestezi ile çerçeve başlık (frame) yerleştirilir ve işlem sırasında mikro elektrot kayıt (MEK) yöntemi ile nörofizyolojik işaretlemeler uygulanır (2). Anestezik ajanların MEK üzerine etkileri olabilir. Bundan dolayı, pek çok merkezde anestezi yönetiminde sedasyon ile birlikte lokal anestezi uygulaması tercih edilir. Fakat bazı hastalarda sedasyon uygun olmayabilir. Klostrofobi veya ileri derece motor disfonksiyonu olan hastalarda genel anestezi altında DBS işlemi uygulanır.

Kliniğimizde 2016 yılından itibaren orta derece Parkinson tanısı bulunan, medikal tedaviye yanıt vermeyen veya medikal tedaviye bağlı yan etkilerin ortaya çıktığı hastalara derin beyin stimülasyonu uygulanmaktadır. Hastaların büyük kısmında sedoanaljezi tercih edilse de bazı hastalarda genel anestezi uygulamasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışma ile kliniğimizde gerçekleştirilen DBS olgularında uyguladığımız anestezi yöntemlerini sunmayı amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEM

Kliniğimizde Ocak 2016 ile Kasım 2017 tarihleri arasında Parkinson tanısı olan DBS uygulaması yapılan yaşları 20 ile 67 arasında değişen, 20 kadın, 17 erkek toplam 37 olgunun dosyaları retrospektif olarak incelenerek çalışma kapsamına alınmıştır. Olgulara lokal anestezi eşliğinde çerçeve (frame) başlık takılarak bilgisayarlı tomografi görüntüleri elde edildi. Daha sonra bu olgular ameliyathane odasına alınarak anestezi uygulandı. İki olguya genel anestezi, 35 olguya sedoanaljezi uygulandı. Tüm olgulara intraarteriyel kateterizasyon uygulanarak sürekli arteriyel basınç izlendi. Ortalama arter basıncının 90 mmHg'nın üzerinde olmamasına dikkat edildi, bu değerden daha yüksek kan basıncına sahip hastalara nitrogliserin infüzyonu ($0,1-2 \text{ mcg kg}^{-1} \text{ st}^{-1}$) başlandı. Sedoanaljezi uygulanan hastaların ikisinde midazolam (2 mg) ve remifentanil infüzyonu ($1-2 \text{ mcg kg}^{-1}$), 5'inde total intravenöz anestezi (150 mL % 0,9 NaCl içine 400 mg propofol, 200 mcg fentanil, 100 mg lidokain

($1-2 \text{ mg kg}^{-1}$), 2 hastaya genel anestezi (indüksiyon için 2 mg kg^{-1} tiyopental + $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ rokuronyum + 50 mcg fentanil, idame için sevofluran (1 MAK)) ve 28 hastaya propofol ($1-2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ st}^{-1}$) + remifentanil ($3-10 \text{ mcg st}^{-1}$) infüzyonu uygulandı. Başlangıçta propofol ve remifentanil infüzyonu uygulanan olgulardan birinde BIS değeri 80'in üzerinde olmasına rağmen işlemin 10. dakikasında periferik oksijen satürasyonunda düşme gözlemlendi ve solunumunun yüzeyelleşmesi üzerine genel anestezi uygulanması kararı alındı. İşlem esnasında Beyin Cerrahisi kliniği tarafından nöromonitörizasyon sağlandı. Sedoanaljezi uygulaması sırasında olgulara BIS monitörizasyonu uygulandı. BIS değeri 80 ve üzerinde tutuldu. Cerrahi bölgeye ulaşıldığında, olguya sözel komutlar verilerek cerrahi açıdan klinik doğrulama sağlandı. Tüm bu işlem esnasında olgular solunum depresyonu ve olası başka bir komplikasyon yönünden yakın takiple değerlendirildi. Sedoanaljezi ile takip edilen olgularda hedef noktaya ulaşıldıktan ve elektrotlar yerleştirildikten sonra genel anestezi uygulandı. Genel anestezi altında elektrotların distal uçları uzatma kablolarıyla supraklaviküler bölgede bataryaya bağlandı. DBS işlemi yaklaşık 4 saat sürdü. İşlem sonunda olgulara nöromusküler bloker antagonist uygulanarak ekstübe edildi ve postoperatif bakım ünitesine transfer edildi.

BULGULAR

Kliniğimizde Ocak 2016 ile Kasım 2017 tarihleri arasında Parkinson tanısı olan, yaşları 20 ile 67 arasında değişen, 20 kadın, 17 erkek toplam 37 olguya DBS işlemi uygulanmıştır. Olguların 26'sı ASA II, 11'i ise ASA III idi. Hastaların 23'ünde Parkinson hastalığı dışında bir ek hastalık bulunmazken, 4 hastada hipertansiyon ve diyabetes mellitus (DM), 7 hastada sadece hipertansiyon ve 2 hastada sadece DM hastalıkları mevcuttu. Cerrahi olarak 6 hastada globus pallidus interna hedef iken 27 hastada subtalamik nükleus ve 4 hastada ventral intermediat nükleus hedef bölge idi. Sedoanaljezi uygulanan 35 hastanın sadece 7'sinde hipertansiyon öyküsü olmasına rağmen, 17 hastada işlemin başlangıcında ortalama arter basıncı 90 mmHg'nın üzerinde olması üzerine nitrogliserin infüzyonu ($0,1-2 \text{ mcg kg}^{-1} \text{ dk}^{-1}$) başlandı. Nitrogliserin infüzyonu sonrası hastaların OAB'ı 60-80 mmHg arasında seyretti. Hastaların periferik oksijen satürasyonu işlem öncesinde %95-98 aralığında iken işlem esnasında 5 hastada %90, 15 hastada %93-95, 15 hastada ise %95-98 aralığında seyretti. Genel anestezi uygulanan iki hastada periferik oksijen satürasyonu %98-99 değerlerindeydi. SpO₂ değeri %95'in altında olan hastalara yüz maskesi ile 6 lt dk⁻¹ oksijen uygulandı. Oksijen uygulaması sonrası SpO₂ değeri %95'in üzerinde seyretti.

İşlem sırasında hastaların BIS değerlerinin 80-88 aralığında seyrettiği tespit edildi. Hastalardan 5'inin (TİVA uygulanan hastalar) BIS değeri 80-85 aralığında iken, 30 hastanın (midazolam+remifentanil uygulanan 2 hasta, propofol+remifentanil uygulanan 28 hasta) BIS değeri 85-88 aralığında idi. Ayrıca farklı ajanlarla sedoanaljezi uygulanan 35 hastanın işlem esnasında Ramsey Sedasyon Skalası değerlendirildiğinde 20 hastada 3 puan, 15 hastada 2 puan olarak tespit edildi. Genel anestezi uygulanan hastalarda, peroperatif ve postoperatif solunum parametrelerinde herhangi bir anormallikle karşılaşılmadı. Bu hastalara işlem bittikten sonra sugammadeks uygulandı. Sugammadeks uygulamasından sonra yaklaşık 2 dakika içinde hastalar ekstübe edildi.

TARTIŞMA

Derin beyin stimülasyonu işlemi için anestezi uygulaması hem hasta profili hem de cerrahi prosedür açısından özellik taşır. Öncelikle hastalar mutlaka preoperatif olarak ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmelidir. Özellikle respiratuvar veya kardiyak disfonksiyon gibi komorbidite varlığı incelenmelidir. Havayolu muayenesi önemlidir. DBS işlemi, hastanın kafasına çerçeve başlık yerleştirilmesiyle başlar. Genellikle lokal anestezi ile başlık (frame) takılır ve daha sonra manyetik rezonans görüntüleme ile lokalizasyon ve işlem yapılacak bölgenin ayrıntılı olarak doğrulanması sağlanır. Birkaç tip başlık kullanılabilirse de bunların hepsi hastanın havayoluna erişimi zorlaştırır. DBS işlemi için anestezi uygulamasında en çok dikkat edilmesi gereken konulardan birisi solunumun kontrol altında tutulmasıdır. Uygulanan ilaçların doz ayarlarının uygun şekilde yapılması gereklidir. Aksi takdirde bu hastalarda kolaylıkla solunum depresyonu gelişebilir. Solunum depresyonu erken dönemde fark edilse bile havayolu sağlanmasında zorluk yaşanabileceği hesap edilmeli ve hazırlıklar önceden yapılmalıdır. Bizim hastalarımızdan birisinde remifentanil infüzyonuna bağlı solunum depresyonu gelişti ve endotrakeal entübasyon uygulandı. Fakat hastada bulunan çerçeve başlık ve hastanın obez olması nedeniyle havayoluna erişim ve entübasyon işlemi oldukça zorlayıcı idi. Deneyimli bir anestezi uzmanı tarafından hasta entübe edilerek DBS işlemi tamamlandı.

DBS işleminde rutin monitörizasyon (elektrokardiyogram, periferik oksijen satürasyonu, non invaziv kan basıncı, endtidal karbondioksit ölçümü) uygulanır. Fakat birçok hastada, komorbid hastalıkların bulunması, kan basıncı ölçümünün devamlı takip edilmesi gibi nedenlerle invaziv arter basıncı monitörizasyonu gereklidir. Sedoanaljezi sırasında hastaya nazal kanül veya yüz maskesi ile oksijen verilebilir, dikkat edilmesi gereken

nokta kullanılan yöntemlerle birlikte solunum hızı ve end-tidal karbondioksit ölçümü uygulanması gerektiğidir. Bu işlem esnasında kan basıncı yüksekliği intraserebral kanamaya yol açabilir. Bu nedenle biz de hastalarımızda invaziv arter basıncı monitörizasyonu uyguladık ve ortalama arter basıncının 90 mmHg'nın altında olmasını sağladık. 11 hastada hipertansiyon öyküsü mevcuttu. İşlem sırasında ortalama arter basıncının 90 mmHg'nın üzerinde seyreden 17 hastaya nitroglicerlin infüzyonu ($0,1-2 \text{ mcg kg}^{-1} \text{ dk}^{-1}$) başlandı ve işlem sonuna kadar kan basıncının stabil olması sağlandı.

İşlem sırasında nöromonitörizasyon uygulanması ve makrostimülasyon yapılması amacıyla sedoanaljezi daha çok tercih edilmektedir (3). Fakat DBS esnasında rutin olarak genel anestezi uygulanan klinikler de mevcuttur. Lokal anestezi ve sedoanaljezi uygulamasının yorgunluk, ajitasyon, anksiyete ve uzun süre medikasyon yapılmaması sonucu semptomlarda artış gibi dezavantajları vardır. Bizim kliniğimizde de hastaların %94,5'inde sedoanaljezi, %5,4'ünde genel anestezi uygulandı. Sedoanaljezi için genellikle etki sürelerinin kısa olması nedeniyle remifentanil ve propofol infüzyonu tercih edildi. Fakat bu ajanlara bağlı solunum depresyonu veya başka bir komplikasyon gelişmesi açısından hastalar monitörize edilerek yakın takip edildi. Yakın zamanda yayınlanan bir derlemede de sedasyon uygulamasında en çok propofol kullanıldığı belirtilmiştir (4). Deksmetomidinin de DBS işlemi sırasında havayolu manipülasyonuna ihtiyaç duymadan sedasyon amacıyla kullanılmasını öneren yayınlar mevcuttur (5). Santral etkili bir alfa-2 agonist olan deksmedetomidinin GABA ilişkili olmayan mekanizması ile mikroelektrod kayıt (MER) işlemine etkisinin minimum olması ve analjezik etkisi nedeniyle kullanımı önerilmektedir. Kullanılan anestezi ilaçlarının hedef bölgeye göre farklı etkileri olduğu, bunun nedeninin ise bu bölgelerde bulunan nöronlardaki GABA içeriği olduğu gösterilmiştir (6). Örneğin GPİ nöronlarının GABA içeriği STN nöronlarına göre daha fazladır ve anestezi ilaçları ile daha çok suprese edilir.

Derin beyin stimülasyonu sırasında makrostimülasyon uygulamak ve elektrodların yerini doğrulamak amacıyla hastalara sözel komutlar verilir ve bu anlarda hastanın komutlara yanıt verecek kadar uyanık olması gerekmektedir. Anestezi derinliğini saptamak ve kullanılan ajanları doze etmek için Bispektral İndeks (BIS) monitörizasyonu veya anestezi uzmanı değerlendirebileceği Gözlemci Uyanıklık/Sedasyon Değerlendirme Skalası (Observers' Assessment of Alertness/Sedation Scale) (OAA/S) gibi skalalar kullanılabilir. Kliniğimizde uygulanan DBS olgularında rutin olarak BIS monitörizasyo-

nu tercih edildi ve BIS değerinin >80 olması hedeflendi. Bu değerin 40-60 arasında tutulduğu farklı çalışmalar mevcuttur (7). Elias ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada anestezi ajan dozunun titrasyonunda BIS monitörizasyonunun pozitif etkilerinin olduğu ve BIS>80 üzerinde olmasının MER sinyalleri üzerine etkisinin uyanıklıkla eşdeğer olduğu bildirilmiştir (8). Bizim hastalarımızın tamamında BIS değeri 80'in üzerinde olacak şekilde sedoanaljezi uygulandı. Makrostimülasyon esnasında sözel uyarıya yanıtları yeterli olarak kabul edildi. Genel anestezi altında uygulanan DBS işleminde tremor ve rijidite gibi klinik semptomlar suprese edildiği için stimulus verilmeden 30-45 dakika önce kas gevşetici uygulanmaması sağlanır ve daha yüksek şiddette stimulus verilir. Rutin olarak genel anestezi uygulanan merkezlerde intraoperatif manyetik rezonans görüntülemeye faydalandığı bildirilmiştir (9). Bizim genel anestezi uygulanan hastalarımızda kas gevşetici uygulanması makrostimülasyondan 30 dakika önce kesilerek yüksek şiddette stimulus uygulandı ve hedef bölgeye ulaşıldığı doğrulandı. Bu yöntemin uygulandığı hastalarda operasyon sonucunda herhangi bir komplikasyon rastlanmadı.

SONUÇ

Özellikle son 20 yıldır uygulaması hızla artan DBS tedavisinin önümüzdeki yıllarda uygulanmasının daha da artacağı öngörülmektedir. Derin beyin stimülasyonu işlemi için anestezi uygulaması klinik deneyim ve hasta ya göre farklılık göstermektedir. Ayrıntılı preoperatif değerlendirme önemlidir. Özellikle havayolu muayenesi, respiratuvar ve kardiyak hastalık öyküsü sorgulanmalıdır. Aynı zamanda hastanın işlem öncesi hem cerrah, hem nörolog hem de anestezi tarafından bilgilendirilmesinin de sonuçlar üzerine olumlu etkileri vardır. Anestezi uygulamasında havayolunun güvence altına alınması ve olası bir havayolu probleminde uygulanacak yöntemlerin önceden planlanması ve hazırlık yapılması gereklidir. Kullanılacak anestezi ajanlarının MER sinyallerine etkisinin olabileceği akılda tutulmalı ve sedasyon ve analjezi amacıyla, hastanın kliniğine göre en az etkisinin bulunduğu propofol veya deksmedetomidin gibi ajanlar tercih edilmelidir.

Kliniğimizde, DBS işlemi kısa süre önce uygulamaya başlamasına rağmen hasta sayısı hızla artmıştır. DBS işlemi için uyguladığımız anestezi yöntemleri hastaların özelliklerine göre değişiklik gösterse de hem hastaların monitörize edilen parametrelerinin hem de klinik durumlarının takibinin, anesteziye bağlı herhangi bir komplikasyon gelişmemesinde önemli ve etkin olduğunu düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Kleiner-Fisman G, Herzog J, Fisman DN et al. Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation: Summary and Meta-Analysis of Outcomes: Mov Disord. 2006; 21 (Suppl 14): 290-304.
2. Savaş A, Akbostancı C. Parkinson Hastalığında Derin Beyin Stimülasyonu; Türk Nöroşir Derg 2014; 24: 168-172.
3. Harries AM, Kausar J, Roberts SA et al. Deep brain stimulation of the subthalamic nucleus for advanced Parkinson disease using general anesthesia: Long-term results. J Neurosurg. 2012; 116: 107-113.
4. Sheshadri V, Rowland NC, Mehta J, Englesakis M, Manninen P, Venkatraghavan L. Comparison of General and Local Anesthesia for Deep Brain Stimulator Insertion: A Systematic Review. Can J Neurol Sci. 2017; 18: 1-8.
5. Rozet I, Muangman S, Vavilala MS et al. Clinical experience with dexmedetomidine for implantation of deep brain stimulators in Parkinson's disease. Anesth Analg 2006; 103: 1224-1228.
6. Benarroch EE. Subthalamic nucleus and its connections: Anatomic substrate for the network effects of deep brain stimulation. Neurology 2008; 70: 1991-1995.
7. Schulz U, Keh D, Barner C, Kaisers U, Boemke W. Bispectral Index Monitoring Does Not Improve Anesthesia Performance in Patients with Movement Disorders Undergoing Deep Brain Stimulating Electrode Implantation. Anesth Analg. 2007; 104: 1481-1487.
8. Elias WJ, Durieux ME, Huss D, Frysinger RC. Dexmedetomidine and arousal affect subthalamic neurons. Mov Disord 2008; 23: 1317-1320.
9. Coubes P, Vayssiere N, El Fertit H et al. Deep brain stimulation for dystonia. Surgical technique. Stereotact Funct Neurosurg 2002; 78: 183-191.