



Türk Nöroşirürji Derneği

Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu

Grup Bülteni



TÜRK NÖROŞİRÜRJİ DERNEĞİ
STEREOTAKTİK FONKSİYONEL AĞRI VE
EPİLEPSİ CERRAHİSİ ÖĞRETİM VE EĞİTİM GRUBU

İlkbahar Sempozyumu

NÖROMODÜLASYONDA SINIRLARI ZORLAMAK



21-24 Mart 2024

PALOMA PERISSIA OTEL, SİDE/ANTALYA



Sayı: 12-14 | 2024

www.sfaecg2024.org



Türk Nöroşirürji Derneği Yönetim Kurulu

Başkan

Ömer Hakan EMMEZ

2. Başkan

Semra IŞIK

Sekreter

Gökmen KAHİLOĞULLARI

Muhasip

Hüseyin Hayri KERTMEN

Veznedar

İlker SOLMAZ

Üyeler

Oğuz BARAN

Mevlüt Özgür TAŞKAPILIOĞLU

Ahmet İlkey IŞIKAY

Tevfik YILMAZ

Ali Fatih RAMAZANOĞLU



Türk Nöroşirürji Derneği Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu

Başkan

Bekir TUĞCU

2. Başkan

Cihan IŞLER

Sekreter

Sait ÖZTÜRK

Üyeler

Selçuk GÖÇMEN

Pınar ESER

Editörler

Selçuk GÖÇMEN

Sait ÖZTÜRK

Kapak Fotoğrafı: İlkbahar Sempozyum Duyurusu

Sekreteryaya

Nurhan Şen

Taşkent Caddesi 13/4

Bahçelievler-06500 ANKARA-TÜRKİYE

Tel : + 90 312 212 64 08

Faks: + 90 312 215 46 26

Web: www.turknorosirurji.org.tr

E-posta: info@turknorosirurji.org.tr

Yayın Hizmetleri ve Düzenleme

BULUŞ Tasarım ve Matbaacılık Hizmetleri

Bahriye Üçok Cad. 9/1 Beşevler-Ankara

Tel: (312) 222 44 06 - 223 55 44

E-posta: bulus@bulustasarim.com.tr

İçindekiler

Başkanın Mesajı	1
Editörlerden	2
Öncü Uluslararası Bir Mentorun Ardından	3
<i>Dr. Eyüp Bayatlı, Dr. Ümit Eroğlu, Dr. Ali Savaş</i>	
MR Kılavuzluğunda Odaklı Ultrason Tedavisi (MRgFUS)	5
<i>Dr. Mehmet Tönge</i>	
Bir Fransızın Düşü-Grenoble ve Derin Beyin Stimülasyonu	10
<i>Dr. Ümit Akın Dere</i>	
Ağrı Cerrahisi'ne Genel Bakış	12
<i>Dr. Emre Durdağ, Dr. Dulat Baitileuov</i>	
Usta-Kalfa Söyleşi: Dünden Yarına Derin Beyin Stimülasyonu	16
<i>Dr. Ersoy Kocabiçak, Dr. Pınar Eser</i>	
2023 Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu İlkbahar Sempozyumu İzlenimleri	20
<i>Dr. Ozan Haşimoğlu</i>	
Epilepsi Hastalarında Girişimsel Tanı Yöntemleri	22
<i>Dr. Göktuğ Akyoldaş</i>	
25. Avrupa Stereotaktik ve Fonksiyonel Nöroşirürji (ESSFN) Kongresinin Ardından İzlenimler	29
<i>Dr. Pınar Eser</i>	
Derin Beyin Çekirdeklerinin Anatomisi: 360° Sanal Modeller	30
<i>Dr. Umut Tan Sevgi, Dr. Yücel Doğruel, Dr. Abuzer Güngör</i>	



Türk Nöroşirürji Ailesinin Değerli Üyeleri,

Nisan 2022’de grubumuzun İlkbahar sempozyumu ardından yeni yönetim kurulumuzu oluşturmamız üzerinden iki yıl geçti. Bir süre ara verilmiş olan grup bülten yayınlarına düzenli olarak yılda bir bülten çıkaracak ve bunu basılı olarak sempozyum çantalarına yerleştirecek şekilde devam kararı almıştık ve ekonomik sorunlara karşın bu bülteni sizlerle buluşturmaktan mutluluk duyuyoruz. Bülten hazırlanması konusunu yine yönetim kurulu üyelerimiz Prof. Dr. Selçuk Göçmen ve Doç. Dr. Sait Öztürk üstlendiler ve bu konudaki tecrübeleri ile editörlük yaptılar. Derleme yazılar ile bilimselliği önemserken, yeniliklerden haberler, gerçekleştirilen toplantılardan izlenimler ve sosyal içerikli sayfalar da bu bültende yer aldı. Bülten içeriğini editörden kısmında okuyabilirsiniz. Bültenimize yazıları ile katkıda bulunan Prof. Dr. Ersoy Kocabıçak, Doç. Dr. Mehmet Töngge, Doç. Dr. Abuzer Güngör, Doç. Dr. Ümit Akın Dere, Doç. Dr. Emre Durdağ, Doç. Dr. Göktuğ Akyoldaş, Doç. Dr. Ümit Eroğlu, Dr. Öğr.Üyesi Pınar Eser, Op. Dr. Ozan Haşimoğlu’na teşekkür ederim.

Grubumuz yönetim kurulu olarak nöromodülasyon cerrahileri için ortak bir dili, özellikle komplikasyonlar konusunda oluşturmak adına ulusal bir ortak havuz sistemi oluşturmayı ve hayata geçirmeyi planladığımızı geçtiğimiz sempozyumda duyurmuştuk. Doç. Dr. Cihan İşler başkanlığında oluşturulan grupta, Prof. Dr. Akın Sabancı, Doç. Dr. Emre Durdağ, Op. Dr. Ümit Akın Dere, Op. Dr. Ozan Haşimoğlu görev aldılar ve veriler toplanmaya başlandı. Tüm grup üyelerinin daha aktif olarak katılımlarını da bekliyoruz.

Epilepsi konusunda ülkemizde oldukça az sayıda merkezin olması bu anlamda hastaların doğru tedaviye zamanında ulaşmasını engellemektedir. TNDer yönetim kurulu ile koordine bir şekilde epilepsi konusuna yönelik eğitim faaliyetlerine ağırlık verilmesini planladık. Bir dönemde toplam 3 epilepsi cerrahisi kursu düzenleme kararı aldık ve Mayıs ayından itibaren bu üç kurs bir modül şeklinde gerçekleştirilecektir. Gazi Üniversitesi Tıp Fak, Cerrahpaşa Tıp Fak ve Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi bu üç toplantıya ev sahipliği yapacaktır. Bu toplantılar için Türk Epilepsi ile Savaş Derneği ile koordinasyon sağlanmış olup birlikte planlamalar yapılacaktır.

Dönemimiz boyunca mümkün olduğu kadar fazla genç meslektaşımızı eğitim toplantılarımıza katılmaya teşvik ettik. Beyin cerrahisi asistanları içinde giderek artan eğilim de bizi mutlu ediyor.

Grubumuzun geleneksel yıllık ilkbahar sempozyumu’nu 21-24 Mart 2024 tarihlerinde Paloma Perissia Hotel, Antalya/Side’de düzenleyeceğiz. Bu yıl “Fonksiyonel Tartışmalar” mottosunu belirledik ve bu bağlamda dinleyiciyi de içine çekecek ve katılımcı yapacak interaktif tartışmalar planladık. Doyurucu bir programla bilimsel ve akademik paylaşımlarda bulunurken ruhumuzu ve zihnimizi dinlendirecek planları yaptık. Türkiye’nin ilk kadın fotoğraf profesörü ve duayeni Güler Ertan’ı dinleyeceğiz. Ayrıca tümüyle kendi bünyemizden çıkacak müzik dinletileri ve eğlence gecesi planladık.

Bültenin tüm nöroşirürji camiamız üyeleri tarafından beğeni ile karşılanacağını umarak hepimizi sevgiyle ve saygıyla selamlıyorum.

Prof. Dr. Bekir TUĞCU
SFAEC Grubu adına



Değerli meslektaşlarımız,

Ulu önderimizin bundan 100 yıl önce kurduğu Cumhuriyetimizin yıl dönümünü kutladığımız bu senenin başında Kahramanmaraş merkezli depremin yıkıcı etkisini yaşadık. Cumhuriyetimizin 100. yılı, Türk milletinin aklını ve iradesini kullanarak nasıl büyük başarılar elde edebileceğinin bir göstergesidir. Kahramanmaraş merkezli deprem karşısında gösterilen dayanışma ve yardımlaşma ruhu da bu iradenin ve aklın bir tezahürüdür.

Hafızalarımızdan silinmeyecek birçok acı sahneler ve hikâyeler gördük. Milli birlik ve seferberlik ile yaralarımızı el birliğiyle sarmaya çalıştık. Bu afette kaybettiğimiz meslektaşlarımızı ve insanlarımızı rahmetle anıyoruz. Geçtiğimiz bültenin son kısmında **“Biz uygarlıktan, ilimden ve fenden kuvvet alıyor ve ona göre yürüyoruz. Atatürk...”** ifadesini belirtmiştik. Bu depremde yaşadığımız çok acı tecrübeler bize bilimin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha hatırlattı.

Bu bültende sizlere bilimsel ve sosyal olarak farklı bir içerik hazırlamaya çalıştık.

Ülkemizin değerlerinden fonksiyonel nöroşirürji de duayen hocalarımızdan rahmetli Prof. Dr. Yücel Kanpolat ile ilgili Sevgili Doç. Dr. Ümit Eroğlu'nun öncülüğünde hazırlanan yazıyı ilgiyle okuyacağınızı düşünüyoruz. “MR kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisi” son zamanların popüler konusu Doç. Dr. Mehmet Töngel tarafından işlendi. STN-DBS cerrahisinin 30. yılı için özel olarak düzenlenmiş kongrenin izlenimlerini “Bir Fransızın Düşü- Grenoble ve Derin Beyin Stimülasyonu” başlığı altında Dr. Ümit Akın Dere bizlere aktardı. Doktorluk mesleğinin amacı olan ağrıyı dindirme yöntemlerine genel bakış, Doç. Dr. Emre Durdağ tarafından hazırlandı.

Hekimlik bir usta-çırak ilişkisidir. İyi bir ustanız varsa doğru hedeflere ulaşırsınız. Bu konuyu Prof. Dr. Ersoy Kocacıbağ ve Dr. Pınar Eser keyifli bir söyleyişi ile işlediler. 2023 yılında düzenlediğimiz “Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu İlkbahar Sempozyumu İzlenimleri” sevgili Dr. Ozan Haşimoğlu bizimle paylaştı. 27-30 Eylül 2023 tarihleri arasında Leksell adına Stockholm şehrinde düzenlenen 25. Avrupa Stereotaktik ve Fonksiyonel Nöroşirürji (ESSFN) Kongresi izlenimlerini Dr. Pınar Eser'in perspektifinden zevkle okuyacağınızı tahmin ediyoruz.

Nöroanatomi konusunda ulusal ve uluslararası büyük bir merkezin sorumluluğunu başarı ile yürüten sevgili Doç. Dr. Abuzer Güngör “Derin Beyin Çekirdekleri'nin 3 boyutlu anatomisini” anlattı. Doç. Dr. Göktuğ Akyoldaş “Epilepsi Hastalarında Girişimsel Tanı Yöntemleri” ile ilgili güzel bir yazı hazırladı.

Bu bültenin hazırlanmasında, bize zaman ayıran tüm hocalarımıza ve katkı veren tüm meslektaşlarımıza teşekkür ederiz. Yeni sayımızı size sunmaktan mutluluk duymaktayız.

Cumhuriyetimizin 100. yılında, Atamızın ilkelerine ve bakış açısına bağlı kalarak daha güçlü bir Türkiye inşa etmek için çalışmaya devam etmeliyiz.

Atatürk'ün şu sözleri, bu zor zamanda bize yol gösterici olmalıdır:

“Benim naçiz vücudum elbet bir gün toprak olacaktır, ancak Türkiye Cumhuriyeti ilelebet payidar kalacaktır.”

Prof. Dr. Selçuk GÖÇMEN

Doç. Dr. Sait ÖZTÜRK

Öncü Uluslararası Bir Mentorun Ardından

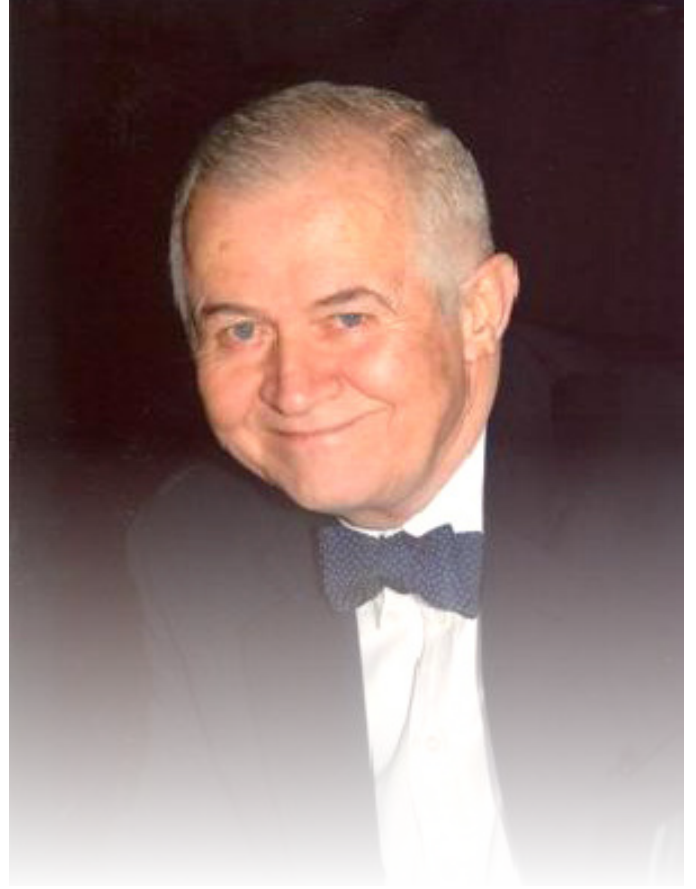
Dr. Eyüp Bayatlı, Dr. Ümit Eroğlu, Dr. Ali Savaş

Hayatını mesleğine ve bilime adayan, doktorluk dışındaki unvanları pek önemsemeyen öncü bir nöroşirürjiyen, Dr. Yücel Kanpolat'ı saygı ile anarken; mesleki yaşamı, başarıları ve ardından bıraktığı izlere bugünün perspektifinden değinmek yol gösterici vasıftadır.

Dr. Yücel Kanpolat, 1941 yılında Sivas'ın Zara ilçesinde doğmuş, ilköğrenimini Sivas'da; lise öğrenimini ise Ankara Gazi Lisesinde tamamlamıştır. Lisans eğitimine 1959 yılında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesinde başlayan Kanpolat, 1965 yılında mezun olmuştur. Diyarbakır'ın Ergani ilçesinde devlet hizmet yükümlülüğünü yerine getiren Kanpolat, 1968 yılında Ankara Üniversitesinden başladığı Nöroşirürji ihtisasını 1974 yılında tamamlayarak Uzman unvanını almıştır. Aynı fakülteden 1975 yılında Başasistan, 1978 yılında Doçent, 1989 yılında Profesör unvanlarını alan Kanpolat 2002-2008 yılları arasında anabilim dalı başkanlığı görevini yürütmüş ve 2008 yılında kurumdan emekli olmuştur.

Yücel Kanpolat gerek ulusal gerekse uluslararası nöroşirürjinin kurumsallaşması, gelişmesi ve sürdürülmesi hususlarında büyük uğraşlar içinde olmuştur. Türk Nöroşirürji Derneğinin kurucu üyeleri arasında yer alan Kanpolat dernek başkanlığı, European Association of Neurosurgical Societies (EANS) Türkiye Temsilciliği, World Federation of Neurological Surgery (WFN) Türkiye Temsilciliği, World Federation of Stereotactic and Functional Neurosurgery (WFSFN) Üyeliği, World Federation of Skullbase Society Üyeliği, American Association of the Neurological Surgeon Üyeliği, World Federation of Pain Study (AISP) Üyeliği, TÜBİTAK Sağlık Bilimleri Araştırma Grubu Üyeliği, American Association of the Neurological Surgeon, Pain Section Üyeliği, WFSFN Yürütme Kurulu Üyeliği, EANS Araştırma Komitesi Başkanlığı, EANS Başkan Yardımcılığı gibi birçok önemli görevde bulunmuştur. Yücel Kanpolat Oregon Health & Science University tarafından dünyada ilk kez Paxton Uluslararası Profesörü unvanını ve Hannover, Almanya, International Neuroscience Institute, Nöroşirürjikal ağrı tedavisi Profesörü unvanını almıştır. Dr. Kanpolat seçilmiş son Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Başkanı olarak 2008 yılında görevi devralmıştır.

Yücel Kanpolat, en iyi halk sağlığı ünitesi ödülü, TÜBİTAK tıp teşvik ödülü, Ankara Üniversitesi bilim ödülü, Hüsamettin Tuğaç teknoloji birincilik ödülü, Türk Nöroşirürji Derneği Hamit Ziya Gökalp bilim hizmet ödülü, Türk Nöroşirürji Derneği üstün hizmet ödülü, Ankara Tabip Odası "Füsun Sayek Bilim ve Hizmet Ödülü" gibi birçok önemli ödüle layık görülmüştür. Dr. Kanpolat, 2011 yılında, merkezi Avusturya'da bulunan, 28'i Nobel Ödülü



sahibi bilim insanı olmak üzere 1400 üyesi bulunan Avrupa Bilimler ve Sanatlar Akademisi (European Academy of Sciences and Arts) Senatosu tarafından, Tıp alanında aktif üye olarak seçilmiştir.

Akademik araştırma ve okuryazarlığa büyük önem veren Dr. Kanpolat "Neurosurgery", "Surgical Neurology" gibi önemli alan dergilerinin Editorial Board üyeliğinin yanısıra "Surgical Neurology" dergisinin de editör yardımcılığı görevini yürütmüştür. Kendi deyimi ile "akademik mutfakta" yer almanın gerektirdiği

disiplin ve özveri ile birçok genç akademisyeni etkilemiş ve yol göstermiştir.

Fonksiyonel & Stereotaksik Nöroşirürji nezdinde ağrının cerrahi tedavisi ile ilgilenen Dr. Kanpolat, bu alanda bilimsel çalışmalarını sürdürmüştür; 1986 yılında dünyada ilk kez Bilgisayarlı tomografi- kılavuzluğunda stereotaksik ağrı cerrahisini uygulamıştır. Ayrıca geliştirdiği, kendi adıyla anılan elektrot sisteminin (Kanpolat Kiti (KCTE)) Amerika Birleşik Devletleri Boston Burlington'da üretimi gerçekleşmiştir. Yücel Kanpolat, Trigeminal nevralsi, yüz ağrıları ve kanser ağrılarında engin deneyimiyle dünya çapında bir otorite olarak tanınmıştır. Bu yönde, ağrı yönetiminde hastayı herhangi bir sistem, kurum veya firmaya bağımlı kılmayan, hastanın konforunu ve yaşam kalitesini artıran ağrı tedavisi cerrahilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerektiğini savunmuştur. Kanpolat, bugün bu alanlarda ulusal, uluslararası birçok başarılı araştırmacının yetişmesinde büyük emek harcamıştır.

Bilim insanlığının bir meslek değil bir yaşam biçimi olduğunu savunan Yücel Kanpolat kendi deyişi ile birçok kişiyi "enfekte etmiş" ve birçok akademisyene rehber olmuştur. Bilimin laboratuvarların ötesinde de sokakta, okulda, iş yerinde olduğuna, olması gerektiğine inanan Kanpolat çocukların bu bakış açısı ile sorgulayarak, sorgulamayı öğrenerek yetiştirilmesi gerektiğini savunmuş; ilköğretimden doktora derecesine kadar bilim eğitimi ile ilgili gönüllü birçok ders vermiştir. Yücel Kanpolat, erken yaşta bilime inanan ve ilgi duyan nesillerin yetiştirilmesi; Marie Curie, Louis Pasteur, Leonardo da Vinci ve Michelangelo gibi dehaların tanıtılması, bilinmesi için önemli çabalar içinde olmuştur. Ayrıca, Halet Çambel, Halil İnalçık gibi ulusal bilim kahramanlarının da ilköğretimden itibaren popülerize edilerek bilimle uğraşmanın teşvik edilmesi yönünde projeler yürütmüştür.

Yücel Kanpolat sadece nöroşirürji alanında değil, yaşama dair meseleleri de önemseyip felsefi anlamda tartışan, derinlemesine düşünen bir bilim adamı olmuştur. Hekimlikten önce insan olma koşulunun yerine getirilmesi gerektiğine inanmıştır. "Tıp fakültesinde sadece tıp değil, hekimliğin geleneksel yapısıyla da ilgili çok şey öğrendim. Çok kitap okudum. Ankara Üniversitesiliğim ve Tıp Fakültesi öğrencisi olmamla övünebilirim" diyen Kanpolat, uluslararası nöroşirürji camiasında ve bilim çevrelerince Türkiye'yi temsil eden, Türk nöroşirürjisinin kalkınması ve hak ettiği itibarı görmesi için çalışan örnek bir temsilci olarak görülmüş ve saygınlık kazanmıştır.

Gerek ameliyathanede, gerekse de ameliyathane dışında; aklın üstünlüğü ve bağımsız hür düşüncenin vazgeçilmez olduğunu yaşayarak savunan Yücel Kanpolat, ölümünün 8. yılında da saygıyla anılmakta, adına ulusal ve uluslararası çevrelerce ödüller verilmekte ve bıraktığı izler sürülmektedir.

Yücel Kanpolat'ın mesleki ve özel yaşamına dair anıları "Bu Çocuk Adam Olacak Ama Ben Göremeyeceğim – Bir beyin cerrahinin yaşam öyküsü" adlı kitapta bir araya getirilmiştir.



Bir rönesans adamı; evrim-sanat-arkeoloji meraklısı, öncü akademisyen, inovatif ve liderlik vasıflarını barındıran, bilime adanmış yaşamında birçok kişiye ilham veren öncü nöroşirürjiyen Dr. Yücel Kanpolat'ı saygı ve minnetle anıyoruz.

KAYNAKLAR

1. Savas A. Yucel Kanpolat, MD (1941–2016). Surg Neurol Int. 2016 Dec 20;7:107. doi: 10.4103/2152-7806.196240. PMID: PMC5223401.

MR Kılavuzluğunda Odaklı Ultrason Tedavisi (MRgFUS)

Dr. Mehmet Töngre

İstanbul Medipol Üniversitesi Nöroşirürji AD

Manyetik Rezonans (MR) kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisi (MRgFUS), geçtiğimiz dekatta Nöroşirürji pratiğinde kendine yer bulmaya başlayan görece yeni bir tekniktir. Fonksiyonel nöroşirürjikal girişimlerde geçmişten beri lezyonel cerrahi girişimlerin hem tedavi edici anlamda hem de hareket bozuklukları ve nöropsikiyatrik hastalıklar gibi pek çok antitenin etiopatogenezinin daha iyi anlaşılmasında yadsınmaz katkıları olmuştur. Bunu gerçekleştirmek için mikronöroşirürjikal tekniklerin yanı sıra Fonksiyonel Nöroşirürjikal girişimlerde kullanılan stereotaktik teknikler sayesinde intrakraniyal hedeflerin submilimetrik hassasiyetle hedeflenebilmesi mümkün hâle gelmiştir. Çeşitli yollar veya nükleal hedeflere uygulanan derin beyin stimülasyonu gibi nöromodulatuvar yöntemlerin dışında lezyonel yaklaşımlar da seçilmiş hastalarda oldukça değerli bir cerrahi grubu oluşturmakta ve güncelliğini korumaktadır. Beyinde belli bir hedefte stereotaktik yaklaşımla istenen boyut ve keskinlikte bir lezyon oluşturabilmek için uyguladığımız radyofrekans termablasyon, stereotaktik radyocerrahi gibi yöntemlerin dışında ultrasonik dalga enerjisini kullanarak lezyon oluşturma temeline dayanan MRgFUS yöntemi de artık günümüzde Nöroşirürji kullanımına girmiştir.

Temel Kavramlar

İnsan kulağı 20 Hz ile 20.000 Hz (20 KHz) arası frekanstaki sesleri duyabilmektedir. 20 Hz'in altındaki pes ton sesler (infrasonik ses; 1×10^{-4} Hz-20 Hz) dünyamızda volkanik-tektonik aktiviteler, yeraltı akışkanların sesleri gibi bazı sesleri içermektedir. Filler gibi bazı hayvanlar bu sesleri işitebilmektedir. 20 KHz üzerindeki sesleri ise (ultrasonik ses) doğada yarasa, köpek gibi bazı hayvanlar duyabilmektedir. Ancak doğada doğal şartlarla veya enstrümanlarla 100 KHz frekans üzerindeki sesleri çıkarmak mümkün değildir. Bunun için enerji dönüşümü gerekmekte ve daha yüksek frekanstaki sesler piezoelektrik etki ile çeşitli "transducer'lar" kullanılarak yapay olarak üretilebilmektedir (1). Piezoelektrik etki ilk kez mekanik basınç altında çeşitli maddelerin elektriksel polarite kazandığını (örn. kuvars kristali) gözlemleyen Pierre ve Paul-Jacques Curie kardeşler tarafından 1880'de tarif edilmiştir. Bu tarih, ultrasonun gelişimi için Fizik çevreleri tarafından milat olarak kabul edilmektedir. Sonrasında ultrasonun (US) denizaltılardaki sonar teknolojisi, taş kesimi, temizlik, kozmetoloji, radyodiyagnostik gibi pek çok endüstriyel ve tıbbi uygulamaları geliştirilmiştir. Ultrasonik dalgaların yüksek yoğunlukta odaklanarak belli bir hedefe yönlendirilmesi sayesinde hedefte mekanik ve termal etki elde etmek mümkün olmaktadır. Ancak US dalgaları kaynaktan çıktıktan sonra hedefe doğru ilerlerken

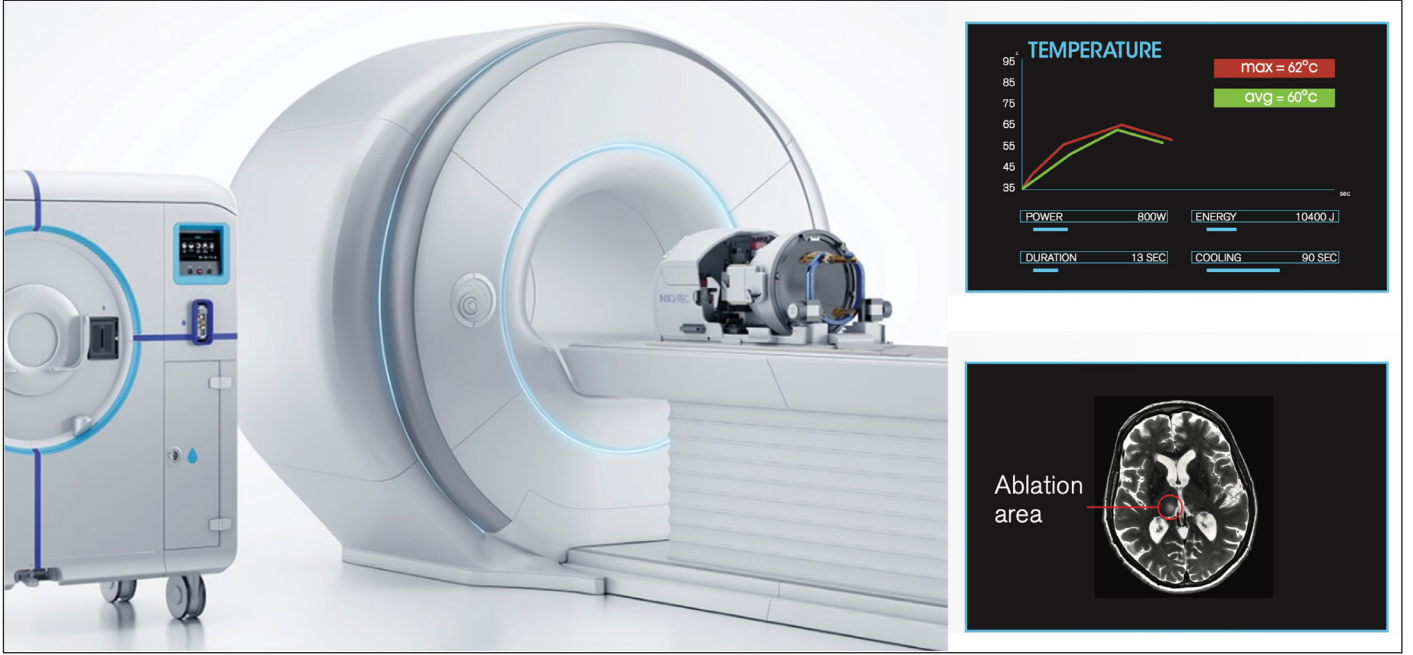
geçtiği farklı yoğunluklardaki yol boyunca atenüasyon, absorpsiyon, refleksiyon, saçılma, refraksiyon ve difraksiyon gibi faktörlerle enerji kaybına uğramaktadır. Kafatası gibi ultrasonik geçirgenliği düşük ve absorpsiyon yeteneği yüksek yapılardan geçen dalgaların büyük kısmının içeriye iletilmemesi ve yüksek ısı açığa çıkarması nedeniyle uzun yıllar intrakraniyal ortam için terapötik US etkin bir seçenek olarak kullanılmadı. 1950'lerde özellikle Parkinson hastalığı için çeşitli denemeler olduysa da rutin uygulamaya geçememiştir. Ancak günümüzde geliştirilen çoklu transducer kaynaklardan hedefe yüksek yoğunluklu odaklama ve işlem sırasında saçlı deri ve kafatasının soğutulabilmesine olanak sağlayan yöntemler sayesinde artık intrakraniyal ortamda da stereotaktik prensiplerle ultrasonik lezyon oluşturmak mümkün hâle gelmiştir (2).

Ses dalgalarının da elektrofizyolojiden aşına olduğumuza benzer bir şekilde frekans dışında amplitüd ve dalga boyu bileşenleri mevcuttur. Ancak ultrasonun diagnostik veya terapötik kullanımında esas belirleyici olan kavram "intensite"dir. Intensite (I), "ultrasonun birim alana birim zamanda uyguladığı enerji" olarak tanımlanabilir. Enerjiyi "Joule" cinsinden aldığımızda;

$I = \text{Joule/sn/cm}^2$ olarak hesaplanır. $\text{Joule/sn} = \text{Watt}$ olduğu için; $I = \text{Watt/cm}^2$ cinsinden ifade edilir.

Diagnostik ultrasonografide genellikle 0.1 W/cm² altı intensitedeki dalgalar kullanılmaktadır. 0.125-3 W/cm² arası LIFU (low intensity focused US) ve 100-10.000 W/cm² arası ise HIFU (high intensity focused US) terapötik US yaklaşımlarında kullanılmaktadır. Ayrıca HIFU'da genellikle 650-720 kHz, LIFU'da ise 220-230 kHz frekanslarında dalga paternleri kullanılmaktadır. Hedefte lezyon oluşturmak için HIFU kullanılırken, geçici etkiler ile nöromodülasyon etkisi oluşturabilmek için LIFU kullanılmaktadır. Günümüzde talamotomi gibi prosedürlerde kullanılan MRgFUS, HIFU prensibiyle çalışmaktadır ve bu etkiyi hedefte mekanik etkiden ziyade termal etki oluşturarak gerçekleştirilmektedir. LIFU ise daha çok kan beyin bariyerinin geçici olarak açılmasına olanak sağlayan veya geçici nöromodulatuvar etkiler elde edilmesine aracılık eden bir yöntem olup pek çok deneysel uygulama alanında araştırılmaya devam etmektedir (3-5).

Güncel MRgFUS uygulamasında tedaviden önce hastanın kafatasının bilgisayarlı tomografi (BT) kemik pencere incelemeleri bir yazılım ile analiz edilerek "skull density ratio" (SDR) adı verilen, kişiye özel bir değer elde edilmektedir. Bazı kişilerde hiperostozis frontalis gibi nedenlerle kemik kalınlığı ve yoğunluğu fazla olduğunda transkraniyal ultrasonik penetrasyon düşmekte ve tedavi sırasında kemik yapıda aşırı ısınma gibi etkiler ortaya çı-



Şekil 1: MRgFUS tedavi sistemi, MR termometri ve postoperatif T2 ağırlıklı MR görüntüsünde oluşan lezyonun görünümü. (Görseller <http://www.insightec.com> web adresinden alınmıştır.)

kabilmektedir. Bu yüzden SDR değerinin 0.45'in üzerinde olması gerekmektedir. 0.30-0.45 arası değerler ise tedaviye rölaf engel teşkil etmektedir (3,6)

Ultrason dalgalarını stereotaktik yöntemle bir hedefe odaklayabilmek için geleneksel stereotaktik prensiplerle DBS prosedürüne benzer şekilde Kartezyen koordinatlarla planlama yapılması gerekir. MR kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisinin önemli bir avantajı, işlem sırasında test sonikasyonları ve kalıcı lezyon sonikasyonu proseslerinin doku üzerindeki termal etkilerinin gerçek zamanlı olarak MR termometri (MR termografi) yöntemiyle izlenebilmesidir (5).

MRgFUS Tedavi Süreci

Mevcut MRgFUS tedavi protokolü gününbirlik, ayaktan tedavi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Endikasyonu konulmuş hastalarda işlemden günler önce volümetrik BT çekimi yapılarak farklı bir yazılım üzerinden SDR değeri hesaplanarak tedavi uygunluk bakılır ve kafatası yoğunlukları ile intrakraniyal kalsifikasyonlar haritalandırılarak verileri planlama istasyonuna aktarılır. Ardından yapılan detaylı volümetrik kontrastlı MR ve dTI traktografi görüntüleri üzerinde stereotaktik hedef planlaması yapılır. Tedavi sabahı tam saç tıraşı yapılmış olan hastaya lokal anestezi altında stereotaktik çerçeve takılır. Çerçevenin takılması aşamasında pin'ler olabildiğince aşağıya yerleştirilerek kafa kubbesinin mümkün olduğunca fazla kısmının açıkta bırakılması gerekmektedir. Başa silikon – su geçirmez bir membran yerleştirilerek hasta MR cihazına yatırılır ve sisteme sabitlenir. Silikon membran ile transducer'lar arasındaki boşluk degaze su ile doldurularak skalpin etrafında bu suyun soğutulması sürekli sirküle olmasını sağlayan bir dolaştırıcı sisteme bağlanır. Bu sayede skalpin ve kafatasının aşırı ısınması engellenmekte ve

ultrasonik kaynaklar ile intrakraniyal hedef arasında ultrasonik iletkenliği olan bir ortam tesis edilmektedir. Sistemde toplam 1024 adet transducer bulunmaktadır, ancak hastanın SDR haritasına ve intrakraniyal kalsifikasyonlar gibi faktörlere bağlı olarak tümü aynı anda aktif olmamaktadır. Saç tıraşının önemli bir nedeni, degaze suyun sirkülasyonu sırasında saç telleri arasında oluşabilecek hava kabarcıklarının gelişimini engellemektir. Çünkü arada hava kabarcığı olduğu zaman "kavitasyon etkisi" gelişebilmekte, yani ultrasonik dalgalar bu kabarcıklar tarafından absorbe edilerek sönmülmekte ve aynı zamanda fazla ısı açığa çıkmasına yol açabilmektedir. Ardından MR ile görüntüleme yapılarak hastanın pre-operatif dönemdeki planlama MR görüntüleri ile füzyon sağlanır. Stereotaktik koordinatlarda distorsiyon olup olmadığını test etmek için düşük ısı ile (40-45 C) non-lezyonel sonikasyonlar yapılarak kalibrasyon sağlanır. Ardından orta derecedeki ısılarla (46-49 C) test sonikasyonlarına geçilir. İşlemin bu aşaması da tamamen geri dönüşlüdür. Hedefe test sonikasyonu yapılmasının hemen akabinde hastada oluşan etki ve yan etkiler klinik muayene ile gözlenerek gerekirse anatomik hedefte milimetrik oynamalar yapılabilmektedir. Hedef noktadan emin olunduktan sonra kalıcı lezyon oluşturmak için yüksek ısı ile (50-59 C) istenen enerji düzeyinde yaklaşık 30-45'er saniyelik birkaç ardışık sonikasyon uygulanarak işlem tamamlanır. Ek sonikasyonlarla hedef alanı genişletmek ve şekillendirmek mümkündür. Sonikasyonlar sırasında hedefteki termal değişiklikler MR-termometri ile takip edilir ve hedeflenen ısıya ulaşıldığı ve işlem sırasında bir kavitasyon etkisinin gelişip gelişmediği teyit edilir. Her sonikasyon arasında hasta ile iletişim kurularak etki ve yan etkiler değerlendirilir. Ardından T2 ağırlıklı MR görüntüleme ile hedef bölgede 4-5 mm çapında sferik bir hiperintens alan geliştiği gözlenir. Bu alan, izleyen birkaç gün içinde birkaç mm daha genişleyebilmektedir. Ancak 2-3 ay sonra yapılan görüntülemelerde kalıcı lezyon çapının yaklaşık 1mm kadar bir alana

sınırlı olduğu görülecektir. Tüm bu süreç tamamlandıktan sonra hasta cihazdan ayrılarak silikon membran ve stereotaktik çerçeve çıkarılarak gözleme alınır. Ciddi bir yan etki gözlenmediği takdirde de aynı gün taburcu edilebilmektedir (3–5).

Manyetik Rezonans kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisinin diğer lezyon yöntemlerine göre en büyük avantajı invaziv cerrahi girişim gerekmeden uygulanabilmesi, bu sırada klinik muayene ile kalıcı lezyon öncesi teste imkân vermesi, oluşacak kalıcı lezyon boyutunun önceden planlanabilmesi ve etkisinin hemen görülmesidir. Radyofrekans termablasyonda mikroelektrot kayıt ve test stimülasyonu yapılabilmekte, ancak hedefe invaziv girişim gerektirmektedir. Radyocerrahi (örn. gamma knife talamotomi) lezyonda ise invaziv cerrahi işlem yapılmamakta, fakat kalıcı lezyon öncesinde klinik test yapılamamaktadır. Ayrıca radyocerrahide hasta bazında değişken kalıcı lezyon çapları, progresif ödem ve bazen radyonekroz gelişme riski mevcuttur ve klinik etki birkaç aylık bir prodromal dönemin ardından ortaya çıkmaktadır. Lazer interstisyel termal terapide ise cerrahi girişim gerekmemekte ve daha geniş çaplı lezyonlar oluşturulmaktadır. Manyetik Rezonans kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisinin başlıca dezavantajları ise hastanın MR ile uyumunu gerektirmesi, total saç tıraşı yapılması ve intrakraniyal periferik yerleşimli alanlarda uygulanamaması olarak sayılabilir (7).

Manyetik Rezonans kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisi güncel uygulamada MR uyumsuz implantı olan hastalarda, klostrofobi veya diğer tıbbî nedenlerle MR çekimi yapılamayan hastalarda, gebelerde, instabil kardiyak hastalığı olanlarda, alkol/madde bağımlılarında, ağır böbrek yetmezliği veya ciddi kanama diyatezi varlığında, geçirilmiş kraniyal cerrahi veya mevcut intrakraniyal kitlesi olan hastalarda ve SDR değeri 0.45'in altı olan hastalarda uygulanamamaktadır. Ancak son çalışmalar SDR değeri 0.30'un üstünde olan hastalarda MRgFUS'un sorunsuz uygulanabildiğini göstermektedir. Ayrıca FDA onayında esansiyel tremor için 21, Parkinson hastalığı için ise 30 yaş alt sınırı vardır (8,9).

Endikasyonlar ve Gelecek

Manyetik Rezonans kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisi geçtiğimiz 10 yıl içinde klinik kullanıma girmiş olan yeni bir teknik olmakla birlikte kullanımı endikasyonları hızla genişlemektedir. İlk kez 2016'da Esansiyel tremorda tek taraflı talamotomi için FDA (ABD Gıda ve İlaç İdaresi) ve Avrupa onayı (EU-CE) alan teknik sırasıyla 2018'de tremor dominant Parkinson hastalığında tek taraflı VIM (ventralis intermedius) talamotomi, 2021'de ileri evre Parkinson hastalığında tremor dışı bulgular için GPI (globus pallidus internus) pallidotomi ve 2022 ile 2023 yıllarında FDA ve EU-CE tarafından esansiyel tremorda ikinci taraf VIM talamotomi için onaylanmıştır. Bunların dışında MRgFUS Avrupa'da 2018 yılında dirençli nöropatik ağrı kontrolü için uygulanan sentro-lateral posterior talamotomi için de onay almıştır. Ayrıca ABD dışı bazı bölgelerde depresyon ve obsesif-kompulsif bozukluk için de onay almıştır (9).

Kullanıma girdiğinden beri en fazla uygulandığı hastalık olan esansiyel tremorda yakın zamanda 5 yıllık uzun dönem takipleri yayınlanmıştır. Buna göre hastaların CRST (Clinical rating scale for tremor) skorlarında 5. yılın sonunda postural tremorda %73 düşme, kombine tremor-motor skorlarda ise %40'lık düşüş iz-

lenmiştir. İşlevsel engellilik skorlarında ise başlangıç düzeyine göre %44.5 iyileşme saptanmıştır. Yaşam kalitesi alt skorlarında da anlamlı iyileşme gözlenmiştir. Yan etki olarak en sık erken dönemde gelişen baş ağrısı, çerçeve pin yerlerinde ağrı (%51), pareteziler (%33) ve ataksi/yürüme güçlüğü (%26) gibi etkiler görülmüştür. Bu yan etkilerin çoğunun takipte kaybolduğu, 5. yılın sonunda ise yeni gelişen ciddi yan etki olmadığı bildirilmiştir (10). Fishman ve ark.nın çok merkezli çalışmasında ise toplam 186 hastada yan etkiler 3 ana başlık altında toplanmıştır; 1) Çerçeve ile ilişkili (pin bölgelerinde uyuşukluk, ağrı veya enfeksiyon), 2) Sonikasyon ile ilişkili (baş ağrısı, ciltte ısı artışı, baş dönmesi, bulantı ve kusma) ve 3) Talamotomi ile ilişkili (duysal bozukluklar, konuşma ve yutma ile ilgili bozukluklar, ataksi, ekstremiteler güçsüzlüğü veya koordinasyon bozukluğu). Bu çalışmada MRgFUS sonrası %1 oranında ciddi yan etki izlenmiştir (11). Agrawal ve ark.nın 29 farklı çalışmadan derledikleri 617 olgunun meta analizinde ise MRgFUS sonrası tremor skorlarında belirgin düzelleme izlenmiş, en sık talamotomi ilişkili yan etkilerin ataksi ve pareteziler olduğu, ve bunların uzun dönem takiplerde azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca stereotaktik hedefleme sırasında traktografi kullanımı ile dentato-rubro-talamik traktın ortaya konulmasının post-operatif olası yan etkileri anlamlı ölçüde azalttığı gösterilmiştir (12). Tek taraf talamotomi uygulanan hastalarda kontrlaterale ekstremitelerde tremor skorlarında belirgin iyileşme izlenmekle birlikte belli bir zaman sonra diğer tarafa da talamotomi uygulanmasının orta hat bulgularında da iyileşme ile sonuçlandığı ve yaşam kalitesi ve işlevsellik skorlarında anlamlı iyileşme yaptığı gözlenmiştir. Bu bulgular ışığında en az 9 ay intervale karşı tarafa da MRgFUS talamotomi uygulanması FDA tarafından onaylanmıştır (13). Parkinson hastalığında da VIM talamotomi, pallidotalamik traktotomi, GPI pallidotomi ve subtalamotomi içeren olgu serilerinde iyi sonuçlar yayınlanmaktadır (14–18). Dirençli ağrıda bilateral sentro-lateral talamik nükleus hedeflenmektedir (9,19). Psikocerrahi (örn. anterior singulat korteks, subkudat traktus, internal kapsülün ön bacağı), epilepsi (örn. hipokampus, anterior talamik nükleus) ve hareket bozuklukları (örn. VIM, dorsolateral STN, GPI) gibi pek çok patolojide devam eden klinik çalışmalar mevcuttur. Ayrıca sono-tromboliz gibi tekniklerle serebrovasküler olayların tedavisinde de devam eden çalışmalar vardır. Bibliometrik çalışmalara bakıldığında son yıllarda MRgFUS uygulamalarının eksponansiyel bir şekilde artan sıcak çalışma alanı olduğu göze çarpmaktadır (8,20–22).

Manyetik Rezonans kılavuzluğunda odaklı ultrason tedavisinin LIFU şeklindeki uygulamasında ise ultrason kontrast maddesi diyebileceğimiz mikrobalonlar sistemik dolaşıma enjekte edildikten sonra beyindeki kan-beyin bariyerinin (KBB) açılması istenilen anatomik hedefe LIFU uygulanmaktadır. LIFU etkisiyle bu baloncukların patlaması, KBB'deki sıkı hücresel bağlantılarda mekanik ve Ca kanal bağımlı açılmaları yol açarak bölgesel geçirgenlik sağlamaktadır. Bu mekanizma üzerinden Alzheimer hastalığı, metastazlar, glial tümörler gibi pek çok alanda çalışmalar yürütülmektedir. Yaklaşık 12 saat süreyle istenen bölgede KBB'nin açık tutulması sayesinde bu bölgelere hedeflenmiş terapötik ajanların çeşitli vektörler aracılığı ile iletilmesi veya neoplastik dokulardan sistemik dolaşıma DNA deriveleri gibi çeşitli tümör belirteçlerinin geçmesinin sağlanarak sistemik analizle tanı konulabilmesi (sono-biyopsi) gibi tekniklerin önü açılmaktadır (23–27).

Fonksiyonel Nöroşürüji pratiğimizde önümüzdeki yıllarda MRg-FUS uygulamalarının giderek genişleyen farklı uygulama alanları bulacağı ve multimodal tedavi yaklaşımımızda seçilmiş hastalarda diğer cerrahi enstrümanlarımızla birlikte değerli bir yer edineceği öngörülebilir.

KAYNAKLAR

1. Z. Lin, S. Duan, M. Liu, C. Dang, S. Qian, L. Zhang, H. Wang, W. Yan, M. Zhu, Insights into Materials, Physics, and Applications in Flexible and Wearable Acoustic Sensing Technology, *Advanced Materials* (2023) 2306880. <https://doi.org/10.1002/adma.202306880>.
2. M. Harary, D.J. Segar, K.T. Huang, I.J. Tafel, P.A. Valdes, G.R. Cosgrove, Focused ultrasound in neurosurgery: a historical perspective, *Neurosurgical Focus* 44 (2018) E2. <https://doi.org/10.3171/2017.11.FOCUS17586>.
3. Y. Meng, R.M. Jones, B. Davidson, Y. Huang, C.B. Pople, S. Surendrakumar, C. Hamani, K. Hynynen, N. Lipsman, Technical Principles and Clinical Workflow of Transcranial MR-Guided Focused Ultrasound, *Stereotact Funct Neurosurg* 99 (2021) 329–342. <https://doi.org/10.1159/000512111>.
4. S. Maesawa, D. Nakatsubo, T. Tsugawa, S. Kato, M. Shibata, S. Takai, J. Torii, T. Ishizaki, T. Wakabayashi, R. Saito, Techniques, Indications, and Outcomes in Magnetic Resonance-guided Focused Ultrasound Thalamotomy for Tremor, *Neurol. Med. Chir.(Tokyo)* 61 (2021) 629–639. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2021-0187>.
5. I.A.S. Elhelf, H. Albahar, U. Shah, A. Oto, E. Cressman, M. Almekkawy, High intensity focused ultrasound: The fundamentals, clinical applications and research trends, *Diagnostic and Interventional Imaging* 99 (2018) 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2018.03.001>.
6. B. Eral, T. KandemiR, C. Sarica, Nöroşürüji Pratiğinde Manyetik Rezonans Görüntüleme Rehberliğinde Fokus Ultrasonun Yeri, (2022).
7. A. Franzini, S. Moosa, F. Prada, W.J. Elias, Ultrasound Ablation in Neurosurgery: Current Clinical Applications and Future Perspectives, *Neurosurg.* 87 (2020) 1–10. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz407>.
8. L. Lev-Tov, D.A.N. Barbosa, P. Ghanouni, C.H. Halpern, V.P. Buch, Focused ultrasound for functional neurosurgery, *J Neurooncol* 156 (2022) 17–22. <https://doi.org/10.1007/s11060-021-03818-3>.
9. V. Taranta, G. Saporito, R. Ornello, A. Splendiani, F. Bruno, P. Sucapane, C. Masciocchi, F. Marinangeli, A. Cacchio, E. Di Cesare, F. Pistoia, Magnetic Resonance-guided Focused Ultrasound thalamotomy for refractory neuropathic pain: a systematic review and critical appraisal of current knowledge, *Ther Adv Neurol Disord* 16 (2023) 17562864231180729. <https://doi.org/10.1177/17562864231180729>.
10. G.R. Cosgrove, N. Lipsman, A.M. Lozano, J.W. Chang, C. Halpern, P. Ghanouni, H. Eisenberg, P. Fishman, T. Taira, M.L. Schwartz, N. McDannold, M. Hayes, S. Ro, B. Shah, R. Gwinn, V.E. Santini, K. Hynynen, W.J. Elias, Magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound thalamotomy for essential tremor: 5-year follow-up results, *Journal of Neurosurgery* (2022) 1–6. <https://doi.org/10.3171/2022.6.JNS212483>.
11. P.S. Fishman, W.J. Elias, P. Ghanouni, R. Gwinn, N. Lipsman, M. Schwartz, J.W. Chang, T. Taira, V. Krishna, A. Rezai, K. Yamada, K. Igase, R. Cosgrove, H. Kashima, M.G. Kaplitt, T.S. Tierney, H.M. Eisenberg, Neurological adverse event profile of magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound thalamotomy for essential tremor, *Movement Disorders* 33 (2018) 843–847. <https://doi.org/10.1002/mds.27401>.
12. M. Agrawal, K. Garg, R. Samala, R. Rajan, V. Naik, M. Singh, Outcome and Complications of MR Guided Focused Ultrasound for Essential Tremor: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Front. Neurol.* 12 (2021) 654711. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.654711>.
13. C. Iorio-Morin, K. Yamamoto, C. Sarica, A. Zemmar, M. Levesque, S. Brisebois, J. Germann, A. Loh, A. Boutet, G.J.B. Elias, P. Azevedo, E. Adam, U. Patel, M. Lenis, S.K. Kalia, M. Hodaie, A. Fasano, A.M. Lozano, Bilateral Focused Ultrasound Thalamotomy for Essential Tremor (BEST-FUS Phase 2 Trial), *Movement Disorders* 36 (2021) 2653–2662. <https://doi.org/10.1002/mds.28716>.
14. A.E. Bond, B.B. Shah, D.S. Huss, R.F. Dallapiazza, A. Warren, M.B. Harrison, S.A. Sperling, X.-Q. Wang, R. Gwinn, J. Witt, S. Ro, W.J. Elias, Safety and Efficacy of Focused Ultrasound Thalamotomy for Patients With Medication-Refractory, Tremor-Dominant Parkinson Disease: A Randomized Clinical Trial, *JAMA Neurol* 74 (2017) 1412. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.3098>.
15. H.M. Eisenberg, V. Krishna, W.J. Elias, G.R. Cosgrove, D. Gandhi, C.E. Aldrich, P.S. Fishman, MR-guided focused ultrasound pallidotomy for Parkinson's disease: safety and feasibility, *Journal of Neurosurgery* 135 (2021) 792–798. <https://doi.org/10.3171/2020.6.JNS192773>.
16. M.N. Galloway, D. Moser, A.E. Magara, F. Haufler, D. Jeanmonod, Bilateral MR-Guided Focused Ultrasound Pallidotomy for Parkinson's Disease With 1-Year Follow-Up, *Front. Neurol.* 12 (2021) 601153. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.601153>.
17. R. Martínez-Fernández, R. Rodríguez-Rojas, M. Del Álamo, F. Hernández-Fernández, J.A. Pineda-Pardo, M. Dileone, F. Alonso-Frech, G. Foffani, I. Obeso, C. Gasca-Salas, E. De Luis-Pastor, L. Vela, J.A. Obeso, Focused ultrasound subthalamotomy in patients with asymmetric Parkinson's disease: a pilot study, *The Lancet Neurology* 17 (2018) 54–63. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(17\)30403-9](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30403-9).
18. L.H. Stieglitz, S. Mahendran, M.F. Oertel, C.R. Baumann, Bilateral focused ultrasound pallidotomy for Parkinson-related facial dyskinesia—A case report, *Movement Disord Clin Pract* 9 (2022) 647–651. <https://doi.org/10.1002/mdc3.13462>.
19. M.N. Galloway, D. Moser, D. Jeanmonod, MR-Guided Focused Ultrasound Central Lateral Thalamotomy for Trigeminal Neuralgia. Single Center Experience, *Front. Neurol.* 11 (2020) 271. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00271>.
20. V. Krishna, J. Mindel, F. Sammartino, C. Block, A.K. Dwivedi, J.J. Van Gompel, N. Fountain, R. Fisher, A phase 1 open-label trial evaluating focused ultrasound unilateral anterior thalamotomy for focal onset epilepsy, *Epilepsia* 64 (2023) 831–842. <https://doi.org/10.1111/epi.17535>.

21. J. Zeng, H. Chu, Y. Lu, X. Xiao, L. Lu, J. Li, G. Lai, L. Li, L. Lu, N. Xu, S. Wang, Research status and hotspots in the surgical treatment of tremor in Parkinson's disease from 2002 to 2022: a bibliometric and visualization analysis, *Front. Aging Neurosci.* 15 (2023) 1157443. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1157443>.
22. J.L. Chazen, M. Stavarache, M.G. Kaplitt, Cranial MR-Guided Focused Ultrasound: Clinical Challenges and Future Directions, *World Neurosurgery* 145 (2021) 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.08.050>.
23. C.P. Pacia, J. Yuan, Y. Yue, L. Xu, A. Nazeri, R. Desai, H.M. Gach, X. Wang, M.R. Talcott, A.A. Chaudhuri, G.P. Dunn, E.C. Leuthardt, H. Chen, Sonobiopsy for minimally invasive, spatiotemporally-controlled, and sensitive detection of glioblastoma-derived circulating tumor DNA, *Theranostics* 12 (2022) 362–378. <https://doi.org/10.7150/thno.65597>.
24. G. Grasso, F. Torregrossa, M. Noto, E. Bruno, P. Feraco, F. Buscemi, T.V. Bartolotta, C. Gagliardo, MR-guided focused ultrasound-induced blood-brain barrier opening for brain metastasis: a review, *Neurosurgical Focus* 55 (2023) E11. <https://doi.org/10.3171/2023.5.FOCUS23227>.
25. A. Burgess, S. Dubey, S. Yeung, O. Hough, N. Eterman, I. Aubert, K. Hynynen, Alzheimer Disease in a Mouse Model: MR Imaging-guided Focused Ultrasound Targeted to the Hippocampus Opens the Blood-Brain Barrier and Improves Pathologic Abnormalities and Behavior, *Radiology* 273 (2014) 736–745. <https://doi.org/10.1148/radiol.14140245>.
26. P. Anastasiadis, D. Gandhi, Y. Guo, A.-K. Ahmed, S.M. Bentzen, C. Arvanitis, G.F. Woodworth, Localized blood-brain barrier opening in infiltrating gliomas with MRI-guided acoustic emissions-controlled focused ultrasound, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 118 (2021) e2103280118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2103280118>.
27. Y. Meng, B.J. MacIntosh, Z. Shirzadi, A. Kiss, A. Bethune, C. Heyn, K. Mithani, C. Hamani, S.E. Black, K. Hynynen, N. Lipsman, Resting state functional connectivity changes after MR-guided focused ultrasound mediated blood-brain barrier opening in patients with Alzheimer's disease, *NeuroImage* 200 (2019) 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.06.060>.

Bir Fransızın Düşü-Grenoble ve Derin Beyin Stimülasyonu

Dr. Ümit Akın Dere

Pamukkale Üniversitesi Beyin ve Sinir Cerrahisi AD, Denizli

Fransa'nın güney-doğusunda Alplerin eteğine uzanmış küçük bir şehir olan Grenoble yüz ölçümünün ve nüfusunun azlığına inat bilim ve ticaret açısından hem Fransa'nın hem de Avrupa'nın etkin merkezlerinden biri olma özelliği taşımaktadır. Bizleri bu nadide kente götüren sebep ise yine bu şehirde dünyaya yeni bir ışık tutan bir beyin cerrahiydi. Prof. Dr. Alim-Louis Benabid, ilk olarak insanda subtalamik çekirdeğin derin beyin uyarımı ameliyatını günümüzden otuz yıl önce gerçekleştirerek şimdilerde yüz binlerce hastaya yaşam kalitesinde artış sağlayan bu işlemi tıp dünyasına kazandırmıştı. Bu saygıdeğer bilim insanını onurlandırmak ve aynı zamanda ilki gerçekleştirilecek olan Derin Beyin Stimülasyon Topluluğu (Deep Brain Stimulation Society) kongresi için dünyanın birçok ülkesinden çok sayıda bilim insanı 22-23 Haziran 2023 tarihleri arasında Grenoble'da buluştu.





Ülkemizden de bu konuda yaptıkları çalışmaları ile bilinen ve benim gibi bu konuya meraklı birçok hekim ve bilim insanı unutulmaz bu iki günde yer almak için yerlerini ayırtmıştı. Amaç hem bilgilerimizi tazelemek hem de hareket bozuklukları başta olmak üzere birçok psikiyatrik ve nörolojik hastalıklarda hastalara umut veren bu çığır açıcı tedaviyi geliştiren ve uygulayan insanlarla aynı çatı altında olma şansını yakalamaktı.

Ev sahipliğini Prof. Dr. Abdelhamid Benazzouz'un yapmış olduğu bu kongrede yine kendisiyle birlikte hepimizin yakından tanıdığı Maastricht Üniversitesi Nöroşirürji departman şefi Prof. Dr. Yasin Temel'in baş editörleri olduğu, Elsevier yayınevinden yayın hayatına atılan ve ilerleyen yıllarda yüksek değerlilik kazanacağına inandığım "Deep Brain Stimulation" dergisinin de tanıtımı yapıldı.

Bilimsel anlamda her zaman olduğu gibi tadı damağımızda kalan sayısız nitelikli sunumu dinleme şansına sahip olduk. Ama aklımızda kalan bir tek bunlar olmadı tabii ki...

Bu şehrin coğrafyası bizleri kendisine hayran bıraktı. Alplerin eteğinde olmasının yarattığı doğal güzellikler ve yeşil alanlarla donanmış bu şehirde insanın mutsuz olması pek olası değildi açıkçası. Benim için en akılda kalıcı olanı ise 1823-1848 yılları arasında inşa edilen Bastille Kalesi diyebilirim. Konum olarak şehir merkezinden 300 metre yüksekte bulunan bu kaleye yine dünyanın şehir içi ilk teleferiklerinden olan Grenoble-Bastille teleferiği ile çıkmanız mümkün olsa da benim gibi yürümeye meraklı iseniz merdivenleri kullanarak harika bir doğanın içerisinde yaklaşık 1-1,5 saatlik bir sürede de çıkabilirsiniz. Yaz aylarında biraz yıpratıcı olan bu tırmanışta su kaybınıza dikkat etmenizi öneririm. Yürüyüş güzergahınızda çok sayıda bölge sakininin koşu veya yürüyüş yaptığını görebilirsiniz.

Bu kentte de diğer Avrupa kentlerinde olduğu gibi spor yapan insanlar, kafelerde sohbet edenler, küçük şehir pazarları ilk göze çarpan aktiviteler olsa da Bastille Kalesi'nin bir bölümünde, yediden yetmişe farklı yaşlarda müzisyenin bulunduğu lokal orkestranın verdiği konsere insanların göstermiş olduğu ilgiyi ve özellikle genç müzisyenlerin icra ettikleri işi ne kadar ciddiye aldıklarını görmek beni mest etti diyebilirim. Yine şehrin birçok farklı noktasında müzik festivali nedeni ile enstrümanları ve dansları ile kente neşe katan topluluklar görmek ve onlara eşlik etmek çok keyifliydi. Bir kez daha anlamış oldum ki, sanatın olduğu yerde bilim, bilimin olduğu yerde de sanat vazgeçilmez iki yaşam şekliyen bunların doğal sonucu olan keyifli ve refah dolu bir hayat da kaçınılmaz bir süreç olmaktadır.



Ağrı Cerrahisi'ne Genel Bakış

Dr. Emre Durdağ¹, Dr. Dulat Baitileuov²

¹Başkent Üniversitesi Adana Dr. Turgut Noyan Uygulama ve Araştırma Merkezi Yüreğir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana

²Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Ankara

Yollar ne kadar güzel olsa da,

Gece ne kadar serin olsa da,

Beden yorulur,

Baş ağrısı yorulmaz...

Orhan Veli

Ağrı, acı, ıstırap, çile...

Çok huzurlu hissettiğimiz anlarda bile, ağrı birden bedenimize hükmedebilir ve bir şekilde hayatımızın başrolünü kapar. Artık merkezde olan biz değildir, merkezde olan ağrıyan bedenimiz, etkilenen ruhsal durumumuzdur. Her ne kadar kapılmak istemsek te, işlevsizliğin girdabı ile selamlarız.

Filozoflar ağrının gerçekliğini sorgular iken (3) Shakespeare son noktayı basitçe koyar:

- Diş ağrısına katlanan, katlanabilen filozof gelmedi hiç ...

Hipokrat'a göre ağrıyı dindirmek ilahi bir sanattır. Hekimliğin esas görevidir. Ancak maalesef uzunca bir süre hekimlerin ağrı karşısındaki duruşu bazı tedbirler almak ve ilaçlar hazırlamaktan çok da öteye gidememiştir (7)

Ağrı günümüzde de çalışan, üreten, toplumun en önemli sorunlarından biridir. Ağrıyı sadece bir hasarlanma belirtisi olarak görmemek gerekir, ağrı aynı zamanda fonksiyonelliğin yitimi, aile yaşamında negatif etkilenme, sosyal ve çalışma hayatının etkilenmesi ile seyredir. Kronik ağrılarda psikolojik etkilenim de kaçınılmazdır.

Ağrıyı kim tedavi etmelidir? Her hekim ağrı tedavisinin içindedir. Ancak şüphe götürmeyecek bir konu var ise o da kronik ağrı'nın beyin cerrahisinin temel konularından biri olduğudur. Nitekim ağrı cerrahisinin tarihçesine bakılacak olur ise ilk tanımlanan modern ağrı cerrahisinin Emile Leitievant (1830-1884) tarafından tanımlandığı yüz ve ekstremité ağrıları için nörotomilerin tanımlandığı ve bir kitapta toplandığı belirtilmiştir (13). Takip eden 19. ve 20. yüzyıldaki ağrı ameliyatları cerrahlar ve beyin cerrahları tarafından tanımlanmıştır (4). Her ne kadar, yakın zamana kadar ağrı cerrahisi eski popülerliğini bir miktar yitirse de ablatif

ve nöromodülatif yöntemlerin önemi tekrar anlaşılmış ve uygulanabilirliği artmıştır. Bu süreç içerisinde bilgileri canlı tutmak çok önemli bir hâle gelmiştir. Bu derleme ile ağrı cerrahisi ve girişimlerine güncel nöroşirürji bakışı vurgulanmak istenmiştir. Sık kullanılan prosedürler özetlenmek istenmiştir.

Ağrı Tedavisinde Cerrahi Yöntemler

Beyin cerrahisinin rutininde ağrı cerrahisine ait pek çok prosedür uygulanmaktadır. Bu bölümde ağrı tedavisi ile direkt ilgili olan spinal ve periferik sinirlere uygulanan dekompresyon cerrahileri tartışılmayacaktır.

Fonksiyonel nöroşirürji bünyesinde kronik ağrı tedavisi için uygulanan cerrahiler temel olarak ikiye ayrılırlar: A) Ablatif prosedürler B) Nöromodülasyon uygulamaları

Ablatif prosedürlerde temel amaç ağrının iletimi ve algılanması ile ilgili yollara yoğunlukla radyofrekans termokoagülasyon (RFT) veya cerrahi kesilerle ablasyon yapmaktır. Yolak bozulduğu için ağrı hissedilmez veya umursanmaz hâle gelir. İlk tanımlanan ağrı cerrahileri olduğu için tarihsel bir önemi vardır. En sık uygulanan cerrahi ablatif yöntemler kordotomi, dorsal myelotomi, drez ve singülotomi ameliyatlardır.

Nöromodülatif yöntemler ise ilgili yolların çeşitli elektrodlarla uyarılması ve iletim yollarının modüle edilmesi ile yine ağrının iletim ve veya persepsiyonunun bozulması prensibine dayanır. 1965'de Melzack ve Wall'un kapı kontrol teorisini ortaya atması sonrasında yeni bir düşünce olarak benimsenmiştir (14). İlk olarak periferik sinir stimülasyonu (PSS) olarak denenmiş ardından spinal kord stimülasyonu (SCS), motor korteks stimülasyonu (MKS), derin beyin stimülasyonu (DBS) yapılar hâle gelmiştir. Ayrıca intratekal pompalardan ilaç uygulamaları (ITP) da nöromodülatif yöntemler içinde geçmektedir (4).

Ablatif Cerrahi Prosedürler

Ablatif cerrahi yöntemler çoğunlukla kanser ağrılarında kullanılırlar. Kanser dışı uygulamaları sınırlıdır. Kanser dışı kronik ağrı da uygulanan ablatif yöntemlere örnek trigeminal nevraljide uygulanan RFT ve brakial pleksus avülziyonu sonrasında uygulanan DREZ ameliyatlarıdır. En sık uygulanan yöntemlerden bahsedilecektir.

Kordotomi: Spinotalamik yolakta lezyon oluşturulması esasına dayanır. Nosiseptif ağrılarda çok etkindir. Kanser ağrılarında genelde ağrı tipi sadece nosiseptif olmasa da kanser ağrılarında oldukça etkindir. C5 altı ağrılarda etkindir. C1 laminektomi yapılarak açık şekilde de uygulanabilir. Açık kordotomide temel prensip, dentat ligamanın kesilip, spinal korda hafif rotasyon yaptırılması ardından ön köklerden dentat ligamana kadar yaklaşık 5 mm'lik derinlikte bir kesi yapılması ile olmaktadır. Günümüzde nadiren servikal kemik anatomisinin bozulduğu durumlarda veya pediatrik hastalarda uygulanmakta olup mortalite ve morbiditesi yüksek olduğu için yerini perkütan kordotomiye bırakmıştır. Her ne kadar ilk perkütan kordotomi Mullan ve arkadaşları tarafından yapılmış olsa da (15) işlemin popüler ve güncel hâlini bilgisayarlı tomografi (BT) kılavuzlu uygulamayı tanımlayarak, Yücel Kanpolat hocamız geliştirmiştir (11). İşlem lomber ponksiyon ile intratekal kontrast madde verilmesi ile başlar. Yarım saat kadar sonra mastoid tip inferiorundan C1-2 seviyesine yandan girilerek önce tekal keseye girilir. Ardından BT ile kontrol edilerek spinal kordun antereolateral kısmına girilir ve stimülasyon ile parestezi sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir ve lezyon(lar) yapılır. Unilateral kanser ağrılarında daha etkin olup bilateral sıralı tedaviler de yapılabilir. Supin pozisyonda uzun süre yatamayan, pulmoner disfonksiyonu belirgin olan ve kanama diatezi saptanan olgularda tercih edilmez.

Myelotomi: Bilateral visseral ağrılar için tercih edilen bir ablatif yöntemdir. Dorsal kolondan gelen post sinaptik visseral ağrı liflerinin ablasyonu amaçlanır. Eskiden çoklu seviye laminektomi gerekliliği tanımlanmışken güncel yaklaşımda tek seviye laminektomi ve dura açıklığı ile gerçekleştirilebilmektedir (16). Teknikte amaç dura orta hatlı açıldıktan sonra spinal kordun orta hattının tanımlanması ardından 13 G iğne veya saatçi forsepsi ile orta hattan 5 mm kadar bir derine ilerlenerek 1-5 mm genişliğinde bir kesi oluşturmaktır. Ataksi işlem sonrası olabilecek doğal bir sonuçtur. Çoğunlukla fizik tedavi ile hastaların yakınmaları azalır.

DREZ-Dorsal Root Entry Zone-Lezyonlama: Spinal kordun dorsolateral sulkusunun açılarak dorsal hornu doğru medial ve anteriora 3 mm'lik lezyonlar oluşturulması prensibine dayanır. Sindou tarafından tanımlanmıştır (17). Brakial ve lumbosakral pleksus avülziyonlarında etkindir. Deafferantasyon ağrılarında etkin bir ablatif yöntem olduğu söylenebilir.

Singulotomi: Kordotomi ve myelotomi fokal ağrılarda etkindir. Ancak kanser ile ilişkili ağrıların bir kısmında yaygın bir ağrı vardır ve buna ıstırap eşlik eder. Yani konu hem ağrı hem de ağrının verdiği persepsiyon problemidir. Bu durumlarda spinal kord ablasyonları istenen sonuçları verememektedir. Bu olgularda anterior singulat girusun bilateral ablasyonu dirençli kanser ağrılarının verdiği ağrıyı ve ağrı algısını rahatlatmaktadır. Yapılan bir derlemede bilateral stereotaksik singulotominin kanser ağrısındaki etkinliğinin %83 civarında olduğu ve baş boyun malignite-

lerinde yaygın ağrı sendromlarında kullanılabileceği belirtilmiştir (20).

Ablatif Yöntemler, Sonuçlar ve Çıkarımlar

Ablatif yöntemler için kanıt düzeylerine bakılacak olur ise; kordotominin tek taraflı kanser ağrısına Level 2 kanıt düzeyinde etkili olduğu, myelotomi'nin visseral kanser ağrısında Level 3 düzeyinde etkili olduğu, singulotomi'nin yaygın ağrısı olan kanser hastalarında etkili olduğu vurgulanmıştır (2).

Ablatif yöntemlerin nöromodülasyon yöntemleri ile kıyaslandıklarında ucuz olmaları bir avantajdır. Ancak çoğunlukla nöropatik ağrı için etkinlikleri azdır. Kanser ağrılarında daha çok tercih edilirler. Son zamanlarda ablatif yöntemlerin ağrı ve hareket bozulduğunda tekrar gündeme geldiğini görmekteyiz. Ülkemizin ve dünyanın ekonomik sorunları, kanser ağrılarının daha da yaygınlaşması göz önüne alındığında, bu yöntemlerin öğrenilmesi yaygınlaştırılması gerektiği net bir şekilde anlaşılmaktadır.

Nöromodülatif Yöntemler

SCS: Spinal kord üzerine epidural alana konulan bazı elektrodların yerleştirilmesi ardından bir jeneratör ile birleştirilip belli bir frekans ve amplitüd ile uyarılması ve ağrı yollarının modüle edilmesi prensibine dayanmaktadır. Malign olmayan, nöropatik ağrı temelli kliniği olan, spinal kord hasarı başarılı olamamış tekrarlayan spinal cerrahileri rağmen olan ağrılarda, iskemik periferik vasküler hastalıklarda ve angina pectoris de etkindir. Perkütan veya cerrahi olarak elektrodlar epidural alana yerleştirilebilir. Genelde klinik olarak saptanan ağrı dermatomlarının birkaç seviye üstü uyarılacak şekilde yerleştirilir. Belli bir deneme süresi boyunca eksternal bir cihaz ile uyarı yapılır ve yakınmalarda %50 ve üzerinde azalma olur ise kalıcı jeneratöre geçilir.

SCS'nin nöropatik ağrı için etkin bir tedavi olduğu spinal cerrahiye göre daha az maliyetli olduğu ve medikal tedavi ile kıyasla daha etkin olduğu belirtilmiştir (12). İki yıldan uzun takipler %50'den fazla yarar sağlandığını belirtmişlerdir (18).

MCS: Santral ağrıda nöropatik ve dirençli bir natürde ise yüz ve gövde bir tarafını içeriyor ise MCS'den fayda görülebilir. Yine epidural alana, intraoperatif fizyolojik çalışmalar ile motor saha üzerine elektrodlar yerleştirilip uzatma kabloları bir pulse jeneratöre bağlanır. Tsubokawa ve ark. 1991'de tanımlamıştır (1). Hamani ve ark.'nın bir çalışmasında medikal tedaviye dirençli nöropatik ağrılı 18 hastada yaptığı çift kör çalışmada hastaların %39'unun uzun dönem fayda gördüğü, bunların %71'inin fasial ağrı, CRPS, fantom ağrı yakınmalarının olduğu, post strok ağrıları brakial pleksus avülziyonlarının daha az fayda gördüğü belirtilmiştir. Stimülasyon ile iyileşme gözlenenlerin uzun dönem yanıtlarının iyi olduğu da vurgulanmıştır (9).

PFS: Benzer bir şekilde periferik sinirlerin yine nöromodülasyon prensipleri ile uyarılması ile gerçekleştirilir. Aslında kökeni diğer nöromodülasyon prensiplerine göre daha eskidir. Öncül halleri Wall ve Sweet tarafınca 1967'de tanımlanmıştır. Periferik bir sinire ait nöropatik ağrılarda, fantom ağrılarda, CPRS'de nöropatik trigeminal nevraljide, okispital nevraljide kullanılabilir. Ülkemizde uygulanımı sınırlıdır, sleep apne aşırı aktif mesane gibi uygulama alanları belirtilmiştir (8).

ITP: Spastisite tedavisine benzer şekilde intratekal alana analjezik ilaçların doldurulabilir bir pompa ile verilmesine dayanmaktadır. Wang ve ark. 1979'da tanımlamıştır (4). Medikal tedaviye dirençli kanser ağrılarında nosiseptif ağrılar ön planda ise, psikolojik değerlendirilmeler uygun ise uygulanabilir. Morfin veya daha az tolerans yanıtı olan ziconotide uygulanabilir, üriner retansiyon, pruritis, solunum depresyonu gibi yan etkileri vardır. Kanser ağrılarında level 2 etkinlik bildirilmiştir (10).

DBS: Pool ve ark.'nın 1954'de şizofreni tanısı olan bir kanser hastasına psikocerrahi amaçlı yaptığı septum pellucidumunu hedefleyen bir DBS cerrahisi sonrasında ağrılarının da geçtiği gözlemlenmiş ve takiben ağrı için de yapılabileceği öngörülmüştür (19). Talamik (Ventral Posterior), medial lemnisküs, internal kapsül (IK), Periventriküler gri cevher (PVG), periakvaduktal gri cevher (PAG) güncel hedeflerdir. Endikasyonlara bakılacak olur ise nosiseptif ve nöropatik pek çok ağrıya faydası olduğu belirtilmiştir. PAG ve PVG hedeflenmesinin nöropatik ağrıda etkin olduğu, hipotalamik stimülasyonun küme baş ağrısında etkin olduğu belirtilmiştir. Anterior singulat gyrusun stimülasyonunun da cingulotomi gibi genel olarak etkin olduğu vurgulanmıştır (6).

Nöromodülatif Yöntemler Sonuç ve Çıkarımlar

Nöromodülasyon yöntemleri modern nöroşirürjinin doğal bir sonucudur. Pahalı sistemler olmasına karşın yönetilmesi zor olan nöropatik ağrı tedavilerinde (birkaç özel durum dışında) belirgin olarak üstündür. Ancak kanser ağrılarında ITP uygulanmasını ayrı tutacak olur isek çok önerilmemektedir. Maalesef ağrı tedavisinde ülkemizde SCS dışında kullanımında zorluklar vardır.

Dirençli Trigeminal Nevralji (TGN)'de Tedavi Seçenekleri

Fonksiyonel nöroşirürjinin özellikli bir alanıdır. En sık görülen rizopatik ağrı türü TGN'dir. İlaça dirençli tipik TGN tedavisinde diğer ağrı cerrahisi tiplerinden farklı bir ek düşünce vardır. Yukarıda bahsedilen ağrı cerrahisi türlerinde ya ağrının iletimi ve/veya ağrının algılanması ile ilgili yollar bozulmaya veya modüle edilmeye çalışılırken ilaca dirençli tipik TGN'de ağrı kaynağını tedavi edebilecek bir yöntem de vardır. Mikrovasküler dekompresyon ile ağrı kaynağı olabilecek trigeminal sinir basıları giderilebilmektedir. İlk MVD ameliyatı Janetta tarafınca yapılmıştır. Sonrasında tipik TGN için tedavide altın standart olmuştur. RFT yöntemi ise cerrahi olamayacak komorbiditeleri olan kanama sorunları olabilecek, sistemik hastalıkları olan trigeminal sinir retrogasserian liflerinin hasarlanması ile gerçekleştirilen bir ablasyon metodudur. Ayrıca uygulanabilecek bir başka tedavi de gamma knife uygulamasıdır. Gamma knife (GK) da tam olarak ablasyon veya modülasyon olarak sınıflandırılmayacak özel bir tedavi yöntemidir. GK da cerrahi olamayacak hastalara uygulanır, RFT'den farklı olarak ağrının azalması birkaç ay sürebilmektedir (5)

Son Söz

Kronik ağrı, yönetiminde zorlanılan bir konu olmasına karşın, tedavi için pek çok seçeneğimiz olduğu görülmektedir. Yapılması gereken tüm tekniklerin iyice anlaşılması, hastaların değerlendirilmesi için konseyler oluşturulması ve ilgili eğitimlerin takip edilmesidir. Bu, yüz güldürücü sonuçları olan ağrı cerrahisinin gelişmesini ve var olmasını sağlayacaktır.

Nazım Hikmet'in umut veren cümlelerini hatırlayalım...

Hastalar

Kardeşlerim

İyileşeceksiniz.

Ağrılar, sızılar denecek

Yumuşak, ılık.

Bir yaz akşamı gibi inecek

Ağır, yeşil dalların ardından rahatlık.

Hastalar, kardeşlerim,

Biraz daha sabır, biraz daha inat.

Kapının arkasında bekleyen ölüm değil, hayat.

Kapının arkasında dünya, dünya cıvı cıvı

Kalkacaksınız yatağınızdan, gideceksiniz....

KAYNAKLAR

1. Akgün MY, Cihan İ; Ağrı Cerrahisinde Güncel Gelişmeler ve Gelecek, Türk Nöroşir Derg 29(2):127-133, 2019
2. Allam AK, Larkin Michael MB, Shofty B, Viswanathan A. Ablation Procedures. Neurosurg Clin N Am. 2022 Jul;33(3):339-344. doi: 10.1016/j.nec.2022.02.014. PMID: 35718404.
3. Aydede, Murat, "Pain", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2019 Edition Edward N. Zalta (ed.))
4. Burchiel KJ et al: Pain: Overview and Controversies, Youmans Jr (ed), cilt 2, yedinci baskı, Philadelphia, WB Saunders, 2017:1373-1377
5. Burchiel KJ, McCartney S, Trigeminal Neuralgia, Burchiel KJ ed. Surgical Management of Pain, ikinci baskı, Newyork, Thieme, 2015,175-179
6. Burchiel KJ, Raslan AM. Contemporary concepts of pain surgery. J Neurosurg. 2019 Apr 1;130(4):1039-1049. doi: 10.3171/2019.1.JNS181620. PMID: 30933905
7. Erol K, Ağrı ve Acı ekseninde Hastalığın Türk Şiirindeki Yeri: International Journal of Social Science, Volume 5 Issue 7, p. 329-346, December 2012
8. Fogel HP, Winfree CJ. What's New in Peripheral Nerve Stimulation. Neurosurg Clin N Am. 2022 Jul;33(3):323-330. doi: 10.1016/j.nec.2022.02.009. Epub 2022 May 26. PMID: 35718402
9. Hamani C, Fonoff ET, Parravano DC, Silva VA, Galhardoni R, Monaco BA, Navarro J, Yeng LT, Teixeira MJ, de Andrade DC. Motor cortex stimulation for chronic neuropathic pain: results of a double-blind randomized study. Brain. 2021 Nov 29;144(10):2994-3004. doi: 10.1093/brain/awab189. PMID: 34373901
10. Hayek SM, Deer TR, Pope JE, Panchal SJ, Patel VB. Intrathecal therapy for cancer and non-cancer pain. Pain Physician. 2011 May-Jun;14(3):219-48. PMID: 21587327.
11. Kanpolat Y. The surgical treatment of chronic pain: Destructive therapies in the spinal cord. Neurosurg Clin North America 2004;15(3):307-17.

12. Kumar K, Rizvi S. Cost-effectiveness of spinal cord stimulation therapy in management of chronic pain. *Pain Med.* (2013) 14(11):1631–49. doi: 10.1111/pme. 12146
13. Letievant E: *Traité des Sections Nerveuses.* Paris: JB Balliere et Fils, 1873
14. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science.* 1965; 150:971-979
15. Mullan S, Harper PV, Hekmatpanah J, et al. Percutaneous interruption of spinal-pain tracts by means of a strontium 90 needle. *J Neurosurg.* 1963;20:931-939.
16. Nauta HJW, Hewitt E, Westlund KN, Willis WD. Punctate myelotomy for the relief of visceral cancer pain. *J Neurosurg Spine* 2000; 92:L25-L30
17. Sindou M. Study of the Dorsal Root Entry Zone: Implications for Pain Surgery [MD thesis]. Lyon, France: University of Lyon Press; 1972
18. Sola RG, Pulido P. Neurosurgical Treatment of Pain. *Brain Sci.* 2022 Nov 20;12(11):1584. doi: 10.3390/brainsci12111584. PMID: 36421909; PMCID: PMC9688870
19. Pool JL. Psychosurgery in older people. *J Am Geriatr Soc* 1954;2(7):456–466
20. Viswanathan A, Harsh V, Pereira EA, Aziz TZ. Cingulotomy for medically refractory cancer pain. *Neurosurg Focus.* 2013 Sep;35(3):E1. doi: 10.3171/2013.6.FOCUS13236. PMID: 23991812

Usta-Kalfa Söyleşisi: Dünden Yarına Derin Beyin Stimülasyonu

Dr. Ersoy Kocabiçak¹, Dr. Pınar Eser²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Samsun

²Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Bursa

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de derin beyin stimülasyonu (DBS), Parkinson hastalığı, distoni, esansiyel tremor gibi hareket bozuklukları ile obsesif kompulsif bozukluklar, Tourette sendromu, epilepsi gibi nöropsikiyatrik hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmakta ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bültenimizin bu sayısında yer alan *Usta Kalfa söyleşisinde*, Türkiye’de DBS deyince akla ilk gelen isimlerden sevgili Ersoy Kocabiçak hocamıza söz vermek istedik.

Öncelikle, Ersoy hocamızı biraz yakından tanıyalım:

1971 Samsun doğumlu Prof. Dr. Ersoy Kocabiçak, tıp ve uzmanlık eğitimini Ondokuz Mayıs Üniversitesi’nde tamamladıktan sonra aynı üniversitede öğretim üyesi olarak göreve başlamıştır. Stereotaktik ve fonksiyonel nöroşirürji eğitimini 2011 yılında Maastricht Üniversitesi’nde tamamlayan Dr. Kocabiçak, aynı üniversitede nörobilim dalında Parkinson hastalığında DBS ile ilgili doktora programını bitirmiştir. Türkiye’de bir ilk olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi’nde kurulan ve hareket bozuklukları, psikiyatrik hastalıklar ve ağrı cerrahisinde ortak çalışan bilim dallarını bir çatı altında toplayan *Nöromodülasyon Merkezi*’nin yapılandırılmasında görev almış ve merkez sorumlusu olarak atanmıştır. Mesleki ve bilimsel ilgi alanları arasında stereotaktik ve fonksiyonel nöroşirürji, hareket bozuklukları cerrahisi ve psikoşirürji yer almaktadır. 2013-2015, 2015-2017, 2017-2019 yılları arasında Türk Nöroşirürji Derneği, Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Eğitim ve Öğretim Grubu’nun 2 dönem sekreterliğini ve 1 dönem ikinci başkanlığını, 2019-2022 yılları arasında ise grup başkanlığını yapmıştır. Avrupa Beyin ve Sinir Cerrahisi Derneği (European Association of Neurosurgical Societies - EANS) ‘functional’ bölümünde komite üyesi olarak görevlidir. Ayrıca Uluslararası Derin Beyin Stimülasyonu Derneği kurucu üyesi ve yönetim kurulu üyesidir. Derneğin Journal of Deep Brain Stimulation isimli dergisinde yardımcı editör olarak görev yapmaktadır.



Solda usta (Dr. Ersoy Kocabiçak), sağda kalfa (Dr. Pınar Eser); Grenoble 2023

Sevgili Ersoy hocam, öncelikle söyleşimize katıldığınız için çok teşekkür ederim. Türkiye’de DBS cerrahisinde en tecrübeli hocalarımızdan birisiniz. Bu konuda hem cerrahi deneyiminiz, hem literatüre yaptığınız akademik katkılarınız, hem de pratik anlamda verdiğiniz destek ile özellikle pek çok genç nöroşirürjiyen için ilham oluyorsunuz. Biliyorum ki günlük nöroşirürji pratiğinizin büyük çoğunluğu DBS cerrahisinden oluşuyor. Kariyerinizde sizi fonksiyonel nöroşirürjiye ve özellikle DBS’e yönlendiren şey ne oldu?

Çok bilinçli bir tercih değildi aslında. Anabilim dalımızın akademik kurulunda fonksiyonel nöroşirürji alanında benim görev almam konusunda bir mutabakat oluşmuştu. Henüz 1 senelik yardımcı doçenttim ve kıdemli hocalarımız ne görev verirse onu yapmakla sorumluyduk. İlk olarak ülkemizde fonksiyonel grubumuzun düzenlediği birkaç toplantıya katıldım. Bu toplantılarda en çok ilgimi çeken uygulamalar DBS ile ilgili olanlardı. Sonrasında DBS ile ilgili literatür araştırmaları vesaire derken ilk etapta 3 aylık bir süre için Hollanda-Maastricht Üniversitesi’nden sevgili Yasin Temel ile irtibata geçerek eğitimime başlamış oldum. İlk girdiğim DBS ameliyatında mikroelektrotlar ile subtalamik nukleustan (STN) alınan kayıt beni çok etkiledi. O gün bugün de hâlâ etkisi altında olduğum için neredeyse tüm vakalarımda MER kullanmaya devam ediyorum dersem abartılı olmaz. Sonrasında aralıklı zamanlarda Maastricht Üniversitesi ile irtibatım devam etti. Orada ratlarda bazı deneysel DBS çalışmaları ve klinik çalışmalar yaptım. Akabinde doktoramı tamamladım. Geriye dönüp baktığımda çok bilinçli olarak başlamadığım DBS yolculuğuma gönül rahatlığıyla iyi ki başlamışım diyebilirim.

Aynı başlıklı makalenize ithafen: Sizce Parkinson hastalığında STN-DBS neden bu kadar başarılı? (Kocabicak ve ark., Deep brain stimulation of the subthalamic nucleus in Parkinson’s disease: Why so successful?, Surgical Neurology International, 2012)

Bu makale benim Maastricht’e ilk gidişimde yazdığım mini bir derleme aslında sevgili Pınar. O kısacık derleme için uzun süreler heyecanla literatür okuduğumu hatırlıyorum. Bugün de bu işe yeni başlayan adaylara ilk önerim öncelikle ilgilendikleri konuyla ilgili birkaç derleme yazmaları. Zaman içinde çok faydasını görecektir. Neden STN-DBS bu kadar başarılı konusuna gelince; literatürde gerekli bilgiler detaylı olarak var fakat bir iki cümleyle şöyle söyleyebilirim. STN “hareket” konusunda çok özel bir çekirdek. Bu nedenle Parkinson hastalığındaki motor semptomların hemen tamamını düzeltebiliyor. Tabii uygun hastalarda. Bir de rakibi var biliyorsun. Globus pallidus interna (GPI). Aslında yapılan prospektif randomize çalışmalar neredeyse birbirine eşit derecede etkili olduğunu söylüyorlar. Bununla beraber STN-DBS için yapılan çalışmalar GPI-DBS ile kıyaslanamayacak kadar fazla. Yani elimizde daha çok veri var. Biliyorsun; Avrupa STN-DBS, Amerika ise GPI-DBS uygulamalarını daha çok benimsiyor. Kendi pratiğimden Parkinson hastalarında yaklaşık 10 sene yalnızca STN-DBS uyguladım. Kliniklerimizde son 2-3 yıldır 65 yaş ve üzeri, denge problemi olacağını düşündüğümüz ya da kognitif ve psikiyatrik yönden sınırda olan hastalarda GPI-DBS uyguluyoruz. Bu kararı verirken zorlanmadık değil ama destekleyici literatür ışığında uygulamalarımız böyle devam ediyor. Henüz

verilerimizi karşılaştırmadık ama yakın zamanda konuyla ilgili çalışmamızı senin de desteğini alarak tamamlamayı düşünüyoruz.

DBS’in en yaygın endikasyonlarından olan ileri evre Parkinson hastalığına yönelik DBS’in hangi hastalara önerilmesi gerektiği sorusunun cevabı aslında pek çok kaynaktan mevcut. Sizin deneyiminize dayanarak, Parkinson hastalarında kesinlikle DBS uygulanmaması gereken durumlar hangileridir?

Demansif semptomları olan, Karnofski skoru düşük olan, ilaç etkisi altındayken dahi düşmeleri olan, beyin MR’ında yaygın beyaz cevher lezyonları olan, öncesinde intihar girişimi ya da ağır psikoz tablosu olan, psikiyatrik yönden labil hastalarda bu cerrahi yapılmamalı. Ayrıca yalnız yaşayan ya da aile yakınlarının ilgisinin az olduğu, DBS’ten gerçekçi beklentisi olmayan hastalar da bu ameliyata uygun değiller. Parkinson hastalığı özelinde cilt altı yağ dokusu azaldığı ve doku beslenmesi nispeten daha kötü olduğu için ileri yaş grubundaki hastalarda da dikkatli olmak gerekiyor. İlk aklıma gelen ve kırmızı çizgi diyebileceğim kısıtlar bunlar.

DBS cerrahisine ilk başladığınız dönemler ile şu an arasındaki en önemli farklılık nedir?

Tek bir farklılıktan bahsedersen diğer yeniliklerin hakkını yemiş oluruz. MR teknolojisindeki ve planlama istasyonlarındaki gelişmeler en önemli farklılıklar diyebilirim. 3-Tesla MR’ın ve proton, FGATIR gibi sekansların klinik kullanıma girmesi ve ulaşılabilir olması neredeyse hatasız bir planlama yapmamıza olanak sağlıyor. Traktografi uzun zaman alması ve başka bazı kısıtları nedeniyle her ne kadar pratik olarak aktif kullanımda olmasa da yakın gelecekte daha çok kullanımda olacak gibi. MR uyumlu ve şarj edilebilir DBS sistemlerinin geliştirilmiş olması, BrainSense teknolojisiyle çalışan ya da uzaktan kontrol edilebilen ve ayarlama yapılabilen nörostimülatörler, yönlendirilmiş stimülasyon sağlayan yeni lead teknolojileri. Tüm bu yenilikler DBS terapisinin günümüzde daha rafine hâle gelmesini sağladı. Tüm bunlara ilave olarak; hareket bozuklukları nörologları ve cerrahlar olarak biz klinisyenler cerrahiye uygun hasta seçiminden olası komplikasyonların yönetimine kadar daha tecrübeliyiz. Belirlenmiş kılavuzlarımız var ve zaman içinde bu kılavuzlar güncelleniyor.

DBS, hızla gelişen bir alan olan nörobilim dünyasında geniş bir araştırma alanına sahip ve teknolojik gelişmelere oldukça açık bir konu. Buna rağmen, sizce DBS cerrahisinde teknik veya donanım açısından en önemli eksiklik nedir?

İlk aklıma gelen donanım eksikliği ya da fazlalığı, uzatma kablolarına hâlâ mahkum olmamız. Oysa bu denli teknolojik gelişme sonrası çoktan donanım paketindeki yerini kaybetmeliydi. Empedans sorunlarının en büyük kaynağı biliyorsun uzatma kabloları. Kullandığımız nörostimülatörler hâlâ epeyce büyük. Bu nedenle yara yerli problemlerini günümüzde yaşamaya devam ediyoruz. Tam anlamıyla adaptif DBS olan sistemler henüz kullanımda değil. Her ne kadar bazı çalışmalar tersini söylese de MR teknolojisindeki gelişmelere rağmen hâlâ talamus ve çekirdekleri gibi bazı hedef bölgeleri direkt hedeflemekten aciziz. Haguide



Solda usta (Dr. Ersoy Kocacıbağ), sağda kalfa (Dr. Pınar Eser); İstanbul, 2024

örneğinde olduğu gibi otomatik MER kaydı yapan sistemler geliştirilmiş olsa da STN özelinde asıl hedef noktamız olan motor STN'i diğer STN bölgelerinden ayırabilecek kayıtlama imkânımız yok. Başkaca eksiklikler de vardır muhakkak ama sanırım en önemli gördüklerim bunlar.

Sizce gelecekte bizi DBS'te ne gibi yenilikler bekliyor?

DBS denince aklımıza haklı olarak elektrik tabanlı stimülasyonlar geliyor. Oysa günümüzde dünyada nanopartikül tabanlı, ışık tabanlı ve benzeri başka stimülasyon yöntemleriyle ilgili deneysel pek çok çalışma yapıldı ve yapılmakta. Bu gelişmelere rağmen elektrik tabanlı stimülasyon yöntemleri sanırım uzunca bir süre pazardaki gücünü koruyacak. Firmalar tarafından elektrik tabanlı stimülasyon teknolojilerine hâlâ yatırım yapılmakta. Kullandığımız sistemlerin boyutlarının daha da küçültülmesi ve beyin çipi gibi yenilikler yakın gelecekte pratik uygulamalarımıza girecektir diye ümit ediyorum. Bu gelişmelerin haberleri yavaş yavaş geliyor. En önemli yenilik pür adaptif DBS sistemlerinin pazara girmesi olacaktır diye düşünüyorum.

DBS endikasyonları arasında klinik sonuçlar açısından sizi en memnun eden hangisi?

Zor bir soru. Esansiyel tremor ve primer distoniler sanki daha yüz güldürücü. Distoniler özelinde zaman içinde hastaların semptomları daha da iyiye gidiyor. Tremor hastalarında da cer-

rahiden hemen sonra şikâyetlerin olabildiğince azalması bizler ve hastalar için paha biçilemez. Bununla beraber uygun Parkinson hastalarındaki başarı oranı yadsınamaz. Tourette sendromu ve uygun epilepsi hastalarında da iyi yanıtlar almak mümkün. Ülkemizde henüz epilepside DBS kullanımı yaygınlaşmış değil. SANTE çalışması 10. yıl sonuçlarında %70'leri aşan nöbet kontrolünü gösteriyor.

Tecrübelerinize dayanarak, tedavi ve takip döneminde sizce en zorlu hastalar hangileri?

DBS ameliyatlarının başarısı aslında uygun hasta seçimi ve titiz yapılmış cerrahi ile birebir ilişkili. Bu iki kriter ne kadar doğruysa sonuçlarımız o kadar yüz güldürücü. Şu an aklıma gelen bir sorun ya da yenilik daha var aslında. Parkinson hastaları özelinde genetik çeşitlilik. Günümüzde hemen hemen benzer semptomları olan Parkinson hastalarında cerrahi sonrası zaman içinde farklı yanıtlar görüyoruz. Bunun belki de en önemli sebebi hastaların genetik altyapısı. Bu nedenle DBS cerrahisine uygun dediğimiz hastalarda yakın gelecekte ve belki de hemen bugün genetik çalışmalar yaparak karar vermemiz gerekecek. Bu genetik testlerin bir süre sonra dünyada ve ülkemizde cerrahi öncesi zorunluluk olacağı kanaatindeyim. Eski sınıflamada sekonder distoni olarak adlandırılan ve anatomik bütünlüğü bozulmuş ya da serebral palsili hastalarda istediğimiz yanıtları alamadığımız aşikar. Yine de günümüzde başka bir seçenek olmadığı için bu hastaların bazılarında DBS cerrahisini yapmak mecburiyetinde kalıyoruz. Belki de en zorlandığımız hastalar gerçekçi beklentisi olmayan hasta ve hasta yakınları. Ameliyat öncesi ne kadar detaylı anlatırsak anlatalım bir grup hastayı tam anlamıyla memnun etmek mümkün değil. Bu da kabullenmemiz gereken bir durum aslında.

Özellikle genç nöroşirürjiyenler olarak preoperatif, intra-ve postoperatif dönemde en çok dikkat etmemiz gereken noktalar neler olmalı?

Biraz önce de söylediğim gibi doğru endikasyon var mı? İlk olarak sorgulamamız gereken şey bu. Ameliyat öncesi neredeyse obsesyon düzeyinde bir cerrahi planlama. Kullandığımız çerçeve ve ark sisteminin hatasız olması ve vaka öncesinde bunun doğrulanması. Hasta ve hasta yakınlarına cerrahi öncesi detaylı bilgilendirme. Ameliyat sonrası dönemde nörostimülatör programlama ve medikal tedavinin düzenlenmesi için ehil bir ekiple çalışma imkânı. Elbette başka pek çok detay var ama en önemlileri bunlar diyebilirim.

Sizce DBS cerrahisinde başarının kilit noktaları nelerdir?

Klişe bir söz olacak ama DBS cerrahisi "takım oyunu" sözünün en geçerli olduğu alanlardan biri. Ekipte hareket bozukluğu nörologlarından psikiyatrilerle, hemşiresinden fizyoterapistine, anestezi uzmanından diyetisyenine kadar geniş bir kitlenin beraber çalıştığı bir terapi yöntemi. Bu nedenle en kilit nokta olarak bunu görüyorum.

Sizce iyi bir hareket bozukluğu ve DBS cerrahi olmanın olmazsa olmazı nedir?

İşine adanmak, yaptığı işin akademik tarafını ve bilimsel altyapısını iyice öğrenmek, kendini güncel tutmak, bu işin 'one man show' değil bir ekip çalışması olduğunu kavrayabilmek ve buna göre davranmak diye özetlemiş olayım.

Bu sene 29-31 Mayıs tarihleri arasında Uluslararası DBS Derneğinin kongresi sizin de katılımıyla İstanbul'da düzenlenecek. Konuyla ilgili söylemek istedikleriniz var mı?

Evet Pınarcım. Ülkemiz için de önemli bir kongreye ev sahipliği yapacağız. Tüm meslektaşlarımızı kongremize katılmaya ve destek vermeye davet ediyorum. Umarım birlikte verimli ve başarılı bir kongre gerçekleştirmiş olacağız.

Değerli hocam, bu samimi söyleşimizde bizlerle paylaşmış olduğunuz değerli bilgiler ve tecrübeleriniz için size çok teşekkür ederim. Cerrahide usta ve çırak ilişkisi, mesleki gelişim için kritik bir öneme sahip. 2019 yılından beri sizin gibi alanında çok tecrübeli ve kıymetli bir hocamızın mentorlüğünde çalışma, hareket bozuklukları ve DBS cerrahisi alanında sizi hasta bilgilendirmesinden muayenesine, cerrahi yaklaşımdan akademik yayın yapmaya kadar hem tıbbi hem sosyal her alanda yakından gözleme imkânım olduğu için kendimi çok şanslı görüyorum. Benim gibi daha pek çok meslektaşımızla da paylaştığınız deneyimleriniz ve bu bilgilerin yeni nesillere aktarımına vesile olduğunuz için size ayrıca saygı ve minnetlerimi sunuyorum.

Sevgili Pınar, Amerika'dan dönüşünde henüz Uludağ Üniversitesi'nde başlamadığın dönemde Samsun'da Nöromodülasyon merkezimizi ziyaret etmiştin. Sonrasında seninle ve Uludağ ekibiyle verimli bir çalışma gerçekleştirdik, gerçekleştirmeye devam ediyoruz. Artık çıraklıktan kalfalığa geçtiğin bu dönemde DBS uygulamaları özelinde adanmışlığın ve çalışkanlığın için ben de sana teşekkür etmek isterim. Fonksiyonel nöroşirürji camiamızda senin gibi genç, istekli ve etik kurallara riayet eden meslektaşlarımızın sayısı gün be gün artıyor. Ben de tabii ki yaşlı sayılmam fakat sizler bizden daha paylaşımcı, daha çok birlikte çalışmaya uygun bir nesilsiniz. Senin şahsında tüm genç meslektaşlarımıza candan başarılar diliyorum. Ayrıca bu güzel söyleşi imkânını verdiği için TND SFAECG yönetim kuruluna teşekkür ediyorum.

2023 Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu İlkbahar Sempozyumu İzlenimleri

Dr. Ozan Haşimoğlu

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, İstanbul



Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu İlkbahar Sempozyumu'nu 31 Mart – 2 Nisan tarihleri arasında tamamlamış bulunmaktayız. Maa-lesef ülkemizin başından geçen deprem felaketi sebebiyle buruk başlayan toplantıdan bilimsel olarak tatminkâr bir şekilde ayrıldık. Antalya'nın Kemer ilçesinde son birkaç sempozyumun yapılmış olduğu Paloma Forest Otel'in muhteşem doğasında yine güzel bir şekilde ağırlandığımızı söyleyebilirim.

Bu yılın ana teması "Nöromodülasyonda Sınırları Zorlamak" üzerine kurgulanmıştı. Ayrıca yeni endikasyonlar, teknolojiler ve ufuklar sempozyumun öncü başlıklarını oluşturuyordu. İlk gün yerleştikten sonra *Geleneksel İrlanda Barı* tasarımındaki salon- da açılış kokteyli ile sempozyuma başladık. 1 yıl aradan sonraki sıcak atmosfer oldukça keyif vericiydi. Yine grubumuzun bülteni ilk gün herkese dağıtıldı. Bültenin içeriği ve başlıkları çok güzel tasarlanmıştı.

İlk gün öğleden önce "nöromodülasyonla sınırları zorlamak" otu- rumu ile ilk toplantı gününe başladık. Ardından elektrofizyoloji ve network konulu oturumlarda en yeni bilimsel gelişmeleri din- ledik. Yabancı konuk Ali Jahanshahi 'nin nükleus elektrofizyo- lojisindeki nöro bilim çalışmalarını anlattığı oturumunun özel bir yeri olduğunu söyleyebilirim. Öğleden sonra Nebil Özgentürk'ün kendine has üslubuyla, anıları ve belgesellerini paylaştığı ilham verici "*Sanat Hatıraları*" konuşması büyüleyiciydi. Hemen ardın- dan ise Fonksiyonel Nöroşirürjideki ihmal ettiğimiz uygulamalar tartışmalı oturumunda günü kapattık. Günün sonunda ise hep birlikte güzel bir akşam yemeği yiyerek ilk günümüzü tamamladık.

İkinci gün vaka tartışmaları ve hareket bozukluklarındaki kırmızı çizgiler oturumları tartışmalı ve ufuk açıycıydı. Özellikle, sempozy- umda ilk kez yapılan sözel bildiri oturumu yüksek katılımı ve

tartışmalı geçti. Günün sonunda ise yapılan aile toplantısında güncel durum ve projeler konuşularak sempozyumu tamamladık. Ayrıca her iki günde Boston Scientific, Medtronic ve Livanova firmaları uydu sempozyumlarında en güncel teknolojik gelişmeleri üreticilerden dinlemiş olduk. Bu kısa ama oldukça doyurucu sempozyumdan keyifli bir şekilde ayrıldık. Sempozyumun düzenlenmesinde emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

2024 Stereotaktik Fonksiyonel Ağrı ve Epilepsi Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu İlkbahar Sempozyumu'nda görüşmek dileğiyle.



Epilepsi Hastalarında Girişimsel Tanı Yöntemleri

Dr. Göktuğ Akyoldaş

Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, İstanbul

GİRİŞ

Epilepsi yaygın görülen nörolojik bir hastalıktır ve prevalansı %0,5 ila %1 arasında değişmektedir. Epilepsi hastalarının %20'sinde maksimum tolere edilebilen ilaç tedavisine rağmen nöbetler görülmektedir (1,2,3). Tahminler epilepsi hastalarının yaklaşık %3 ila 12'sinin (4,5), ilaca dirençli hastaların ise %30 ila 50'sinin cerrahi tedaviye aday olabileceği yönündedir (6,7). Bu ameliyatlara, genellikle epileptojenik bölge (EB) olarak adlandırılan, nöbetin başladığı varsayılan bölgeyi hedef alan beyin rezeksiyonlarını içermektedir. Tıbbi olarak ilaca dirençli epilepsisi olan bir hastanın, böyle bir cerrahi yaklaşıma aday olup olmadığını belirlemek için kapsamlı bir değerlendirme yapılır. Bazı hastalara bu değerlendirmeye dayanarak rezektif cerrahi önerilmektedir.

Birçok hasta için ameliyat öncesi girişimsel olmayan değerlendirmelerin yeterli olmayıp, daha ileri (girişimsel) değerlendirmelerin, rezektif cerrahi veya başka bir cerrahi müdahale için yol gösterebileceği düşünülmektedir. Bu ileri testler, cerrahi olarak yerleştirilen intrakraniyal elektrotlarla değerlendirmeyi içerir.

Epilepsinin cerrahi tedavisi, cerrahi remisyon potansiyelini en üst düzeye çıkarmak ve normal beyin fonksiyonundaki hasarı en aza indirmek için nöbet odaklarının kesin konumunun tespit edilmesini gerektirir. Dirençli epilepsinin cerrahi tedavisindeki başarısızlığın en yaygın nedeni EB'nin eksik cerrahi rezeksiyondur (8).

Girişimsel olmayan tetkiklerden sonra invazif tekniklerin kullanımını düşünmek için göz önünde bulundurulmuş önemli kriterler; EB'nin lateralizasyonu veya lokalizasyonunun olmaması, girişimsel olmayan tetkiklerin birbiri ile uyumsuz olması, EB'nin değerli kortikal alanlara yakın olması ve EB'nin nöroradyolojik tetkikler neticesinde mevcut bir lezyonla ilişkilendirilememesidir (9).

Intrakraniyal elektrotlar ayrıca ameliyat dışında da sürekli intrakraniyal elektroensefalografik (iEEG) incelemeye izin verir. iEEG, interiktal verilerin yeterli miktarda toplanabilmesine, nöbet başlangıçlarının ve nöbet yayılma modellerinin kaydedilmesine olanak tanır, ayrıca (elektrot tipine ve konumuna bağlı olarak) kortikal fonksiyonun stimülasyon haritalamasına izin verir. Kortikal haritalama ameliyat sırasında yapılabilir de, yerleştirilmiş olan elektrotların olanak sağladığı ameliyat dışı haritalama daha karmaşık bilişsel işlevlerin haritalanabilmesine, 1 ila 2 saatle sınırlı olan ameliyat sırasındaki haritalamanın aksine, yeterli veri elde edilmesi için günler süren kayıt alınmasına imkân sağlar. Ayrıca, intrakraniyal EEG uyanık kraniyotomi ile yeterli uyum sağlayamayan hastalarda kortikal haritalamanın ameliyat sonrası daha uygun şartlarda yapılabilmesine olanak sağlar.

Intrakraniyal elektrot tipleri; epidural, subdural ve derinlik elektrotlarıdır. Kayıt yapılmak istenen kortikal yüzey ile elektrot arasına önemli miktarda dokunun yer aldığı cilt EEG'sinden farklı olarak, girişimsel yöntemlerle yerleştirilen elektrotlar, kortikal yüzeyin içine, üstüne ya da yakınına yerleştirilebilir. Bu sayede sinyalin daha iyi iletilmesi sağlanır. Girişimsel teknikler kullanılarak direkt olarak korteksten kaydedilen potansiyellerin amplitüdü tipik olarak cilt üzerinden alınan kayıtlardan 2 ila 58 kat daha fazladır (10). Bu bölümde, subdural elektrotlar ve derinlik elektrotları uygulanması ele alınacaktır.

Kısa Tarihçe

Intrakraniyal elektrotların (IKE) yerleştirilmesi ilk kez 1939 yılında Wilder Penfield ve Herbert Jasper tarafından Montreal Nöroloji Enstitüsü'nde epidural elektrotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir (11, 12). Hayne ve Meyers, epilepsi monitörizasyonu için stereotaktik olarak yerleştirilen derinlik elektrot uygulanmasını ilk kez 1949'da bildirmiştir (13). Aynı sıralarda Talairach ve Bancaud, stereotaktik olarak implante edilen derinlik elektrotlarını (stereo-elektroensefalografi [SEEG]) kullanmaya başlamış olup, intrakraniyal elektrotları düzenli bir şekilde kullanan ilk merkez olmuştur. Subdural elektrotlar ise bazı hastalara 1950'lerde uygulanmış olsalar da (14), esneyebilen strip ve gridlerin kullanıma girmesi ile 1980'lerden sonra popüler hâle gelmiştir (15).

Hasta Seçimi

Epilepsi hastasının değerlendirilmesi için ilk aşamada girişimsel olmayan tetkikler yapılır. Bu tetkikler video/elektroensefalogram (EEG) monitörizasyonu, manyetik rezonans görüntülemeyi (MRG), interiktal pozitron emisyon tomografisini (PET-BT), iktal tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografiyi (BT), SPECT'i, Manyetoensefalografi'yi (MEG), ayrıntılı bir nöropsikolojik değerlendirmeyi, intrakarotid amobarbital prosedürünü (IAP) ve Wada testini içerir. Tipik olarak, bu tetkiklerin sonuçları, nöbet semiyolojisi ve saçlı deri EEG bulguları ile tutarlıysa, hasta rezeksiyonu için potansiyel aday olarak kabul edilir.

Bu hastaların tedavisinde geniş deneyime sahip merkezler arasında cerrahi yaklaşımın seçimi farklılık göstermektedir. Her merkezde, birbirleri ile uyumlu girişimsel olmayan tetkikler esas alınarak belirli sayıda hastaya rezektif cerrahi önerilmektedir. Genel olarak bu hastalarda tek beyin bölgesinden köken alan nöbet semiyolojisi ve saçlı deri EEG bulgularının yanı sıra beyin MRG tetkikinde de epileptojenik lezyonla uyumlu soliter yapısal anormallik mevcuttur. Yaygın MRG anormallikleri arasında kavernoöz malformasyonlar, tek taraflı hipokampal skleroz veya

şüpheli düşük dereceli neoplazmlar veya hamartomlar yer alır. Bu hastalara, ameliyat sırasında daha önce belirlenmiş bölge rezeksiyonu uygulanır.

Girişimsel olmayan değerlendirmeler ile yeterince tanımlanamayan ama rezeke edilebilir bir epileptojenik odağa sahip olduğu düşünülen hastalar için, rezeke edilebilir bir odağı belirlemek ve/veya korunması gereken işlevsel açıdan önemli korteksi saptamak amacıyla intrakraniyal elektrotların yerleştirilmesi düşünülmelidir. Bu hastalarda tipik olarak beyin MRG tetkikinde tanımlanan tek bir yapısal lezyon yoktur. Ayrıca hastalarda tek bir yapısal lezyon olabilir ancak saçlı deri EEG'ye göre nöbet başlangıç bölgesi farklı bir beyin bölgesinde lokalize olabilir. Rezeksiyon için tanımlanmış bir lezyonu olmayan hastalar sıklıkla, ya nöbet başlangıçlarını açıkça lateralize etmeyen ya da eğer lateralize edilmişse, nöbet başlangıçlarını spesifik bir lob ya da lobun bir kısmını yeterince lokalize etmeyen saçlı deri EEG'sine sahiptir. Hastalara IKE'lar uygulandıktan sonra alınan kayıtlar neticesinde, hastaların tedavi ve rezeksiyon seçenekleri tekrar gözden geçirilir.

Subdural Strip ve Grid Elektrot Uygulaması

Strip elektrotlar tek sıra hâlinde 4-12 arasında kortikal kontak noktası içeren, şerit şeklinde elektrotlardır. Grid elektrotlar ise birçok sıra içeren tek bir gövde üzerinde 16-64 arası kortikal kontak noktaları içeren elektrotlardır. Strip elektrotlar, genellikle nöbetin başlangıç tarafını tatmin etmek amacıyla kullanılırlar. Strip elektrotların yerleştirilmesi daha az girişimseldir ve küçük bir kraniyektomi ya da Burr-Hole'dan yerleştirilebilir. Grid elektrotlar ise çok daha geniş bir kortikal yüzeyden kayıt alınmasını sağlarlar, ayrıca epileptojenik bölgenin lateralizasyonu/lokalizasyonu ve sonraki rezeksiyon veya diskonnektif cerrahi için korunacak anlamlı, fonksiyonel bölgelerin haritalanmasını sağlarlar. Strip elektrot yerleştirilmesinin aksine yerleştirilmesi için geniş bir kraniyotomi yapılması gereklidir.

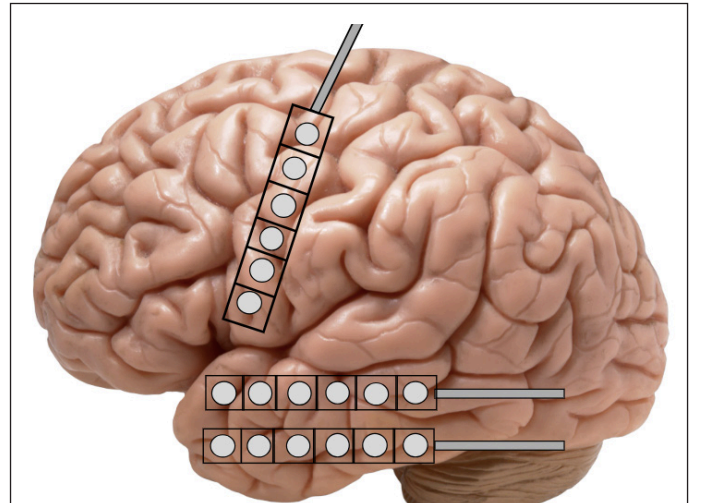
Cerrahi Teknik

Subdural elektrotlar (strip ve grid) genel anestezi altında yerleştirilir. Strip elektrotlar Burr-Hole, kraniyektomi veya kraniyotomi yoluyla yerleştirilir. Çoğu zaman, doğrudan görüşün sınırlı olduğu veya hiç olmadığı bir dural açıklığı ötesine ilerletilirler. Uygun şekil verilmiş bir beyin kaşığı veya Penfield disektör, tipik olarak beyin yüzeyine dikkatli bir şekilde bastırarak ve ilerletilirken strip elektrodu duraya paralel olarak yönlendirmek için kullanılır. Yerleştirilirken su irrigasyonu uygulanması, strip elektrodun ilerletilmesini kolaylaştırarak, kortekse yapışma veya şeridin kıvrılma olasılığını azaltır. Yerleştirme işlemi sırasında en korkulan durum, subdural kanamaya neden olabilecek veya venöz tromboza yol açabilecek kortikal ven yaralanmasıdır. Özellikle interhemisferik fissüre, Labbé veni gibi büyük kortikal venlerin yakınına veya venöz sinüslerin komşuluğuna yerleştirirken çok dikkatli olunmalıdır. Ayrıca kortikal hasara yol açabilecek pial penetrasyonundan kaçınmaya da dikkat edilmelidir. Bu hastaların çoğunda amaç temporal lobların incelenmesidir. Tipik olarak, tragusun anteriorunda ve zigomanın hemen üstünde dikey insizyonları takiben temporal kemiğin skuamöz kısmına küçük kraniyektomiler ya da Burr-hole'lar açılarak yerleştirilirler. Ayrıca strip elektrotlar medial olarak parahipokampal gyrusa doğru, posteriorda ise orta ve

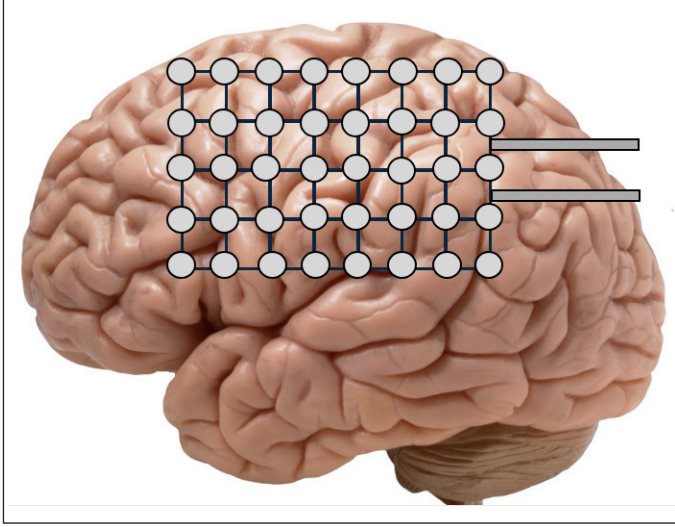
alt temporal gyrusa yönlendirilebilirler. Strip elektrot tentoryum kenarına kadar ilerletilebilir. El hissiyatı ile tentorial kenarın geçilmemesi sağlanır. Mezial temporal alanı kapsamak için alternatif bir seçenek olarak, temporal kutbun medial yönü üzerinden, küçük sfenoid kanadın hemen altından uzun bir strip elektrot ilerletilebilir.

Strip elektrotlar ayrıca lateral temporal korteksin üzerine de yerleştirilebilir (Şekil 1). Bazen temporal bölgenin ön ve arka kısmını kapsamak amacıyla "T" şeklinde strip elektrotlar kullanılabilir. Ekstratemporal lateralizasyonun belirlenmesi gerektiğinde, kayıt alınacak bölgeye ile uyumlu küçük kraniyektomi yapılır ya da Burr-hole açılır. Frontal korteksin anteromedialinden kayıt alınması isteniyorsa, Burr-Hole tipik olarak koronal sütürün 4 cm önüne ve orta hattın yaklaşık 2 cm lateraline açılır. Eğer strip elektrotlar interhemisferik yerleştirilmek isteniyorsa, hem iyi bir görüş alanı sağlamak hem de kortikal venlerin etrafında güvenli manevra yapabilmek için sagittal sinusün iki tarafına küçük kraniyotomiler yapılması yararlı olur. Singulat gyrus, medial frontal ve parietal loblardan kayıt almak için en kapsamlı alana ulaşma adına "L" şeklindeki altı veya sekiz kontaklı strip elektrotların kullanılması faydalı olur. Elektrotlar yerleştirildikten sonra kayıt alınmasını sağlayan kablolar insizyona en az 2 cm uzak bölgeden çıkarılır. Beyin omurilik sıvısı (BOS) sızıntısını önlemek amacıyla elektrot kablosunun ciltten çıkış yeri, kablo ile beraber sütüre edilerek tespitlenir. Bazı merkezler, elektrotların düzgün çalıştığını doğrulamak için intraoperatif EEG kaydı alırlar.

Grid yerleştirilmesi için kayıt alınmak istenen korteks bölgelerini maksimum düzeyde açığa çıkaracak geniş bir kraniyotomi yapılır. Takiben sfenoid kemik boyunca dura "C" şeklinde geniş olarak açılır. Daha sonra kortikal köprü venlerin daha iyi görülebilmesi ve hasar görmemesi için sagittal sinüse doğru radyal dura kesileri yapılabilir. Grid elektrodun uygun konumlanması için intraoperatif olarak nöronavigasyon, santral sulkusun belirlenmesi için intraoperatif somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller ve motor korteksin konumunu doğrulamak için kortikal stimülasyon kullanılabilir. Daha sonra grid elektrot, lezyonsuz vakalarda kortikal yüzeyin tamamını kaplayacak şekilde ya da şüpheli bir lezyonel nöbet odağının etrafındaki alanı yeterince kaplayacak



Şekil 1: Strip elektrotlar.



Şekil 2: Grid elektrot.

şekilde kortikal yüzey üzerine yerleştirilir (Şekil 2). Ek olarak, grid elektrotların kapsama alanı dışında kalan kortikal bölgelere, strip elektrotlar yerleştirilebilir ve her iki elektrot tipi bu sayede kombine edilerek kullanılabilir. Elektrotların yer değiştirmesini önlemek için grid elektrot dural kenara primer sütür ile tespitlenir. Dura, grid elektrotun üzerine primer sütüre edilerek kapatılır. Fakat bazen kortikal yüzeyi kaplayan grid elektrotun bası etkisi yapabileceği akılda bulundurulmalı ve bu vakalarda duraplasti gerekli olabileceği unutulmamalıdır. Kemik flep, gevşek olarak mini plaklar ya da sütürler ile yerine tespitlenir. Grid elektrotun kablosu da yine insizyondan en az 2 cm uzaktan çıkarılarak sıkı şekilde tespit edilir. Ameliyat sonrası BT kontrolü hem olası olası hematomların tanınması hem de elektrotların yerinin kontrol edilmesi için gereklidir. Bazen EEG kayıtları, rezeksiyonu yönlendirmek için yeterli bilgi sağlamada başarısız olabileceğinden, tekrar elektrot yerleştirilmesi gerekebileceği akılda tutulmalıdır.

Subdural Strip ve Grid Elektrotların Hasta Sonuçları ve Komplikasyonları

Subdural elektrotların kullanım amacı, rezektif cerrahi sonrasında morbiditeyi en aza indirirken, cerrahi olarak uzun süreli nöbetsizliği elde etmektir. Literatürde, subdural elektrotlarla değerlendirilen hastaların önemli bir kısmında nöbetsizlik hedefine ulaşıldığı (16, 17) veya nöbetlerde anlamlı iyileşme sağladığı gösterilmiştir (18, 19). Ama yine de bu oranlar, girişimsel EEG işlemi olmadan direkt olarak rezeksiyona giden hastaların sonuçlarından daha iyi değildir (20,21).

Literatürde, grid elektrot yerleştirilmesinin komplikasyon oranı %13-19 arasında olup, mortalite oranı ise %0-0,85 olarak bildirilmiştir (22, 23). Kalıcı nörolojik defisit gibi ciddi morbidite riski ise %2'den azdır (17, 24, 25, 26). Uzun dönem komplikasyonlar arasında enfeksiyon (%0-12,1) ve BOS sızıntısı (%19-20) yer almaktadır. Bildirilen diğer komplikasyonlar arasında beyin kontüzyonu/intraserebral kanama (%8), epidural kanamalar (%2-2,5), subdural kanamalar (%7-14) ve enfarktüs (%1,5) yer almaktadır. Subdural elektrotların kendileri bile, uyarılmadıkları halde epileptojenik odakla ilişkili olmayan nöbet aktivitesine yol

açabilir (27). Hastalar, elektrot implantasyonu süresince olası nörolojik defisit veya enfeksiyon gelişimi açısından yakından izlenmelidir.

Stereoelektroensefalografi (SEEG) Uygulaması

Stereoelektroensefalografi (SEEG) 1950'li yıllarda Fransa'da Jean Talairach ve Jean Bancaud tarafından geliştirilmiş olup, Avrupa'da dirençli fokal epilepside derinlik elektrotları yerleştirilmesi için en sık tercih edilen yöntemdir (28). Son zamanlarda Kuzey Amerika'da nöbet lokalizasyonu için subdural elektrotlara alternatif olarak benimsenmeye başlamıştır. Derinlik elektrodu yerleştirilmesi, nöbet odaklarını lokalize etmenin en iyi yollarından biridir (29). SEEG derinlik elektrotlarını yerleştirmek için farklı yöntemler mevcuttur. Bu elektrotların stereotaktik implantasyonu son yıllarda önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir. SEEG derinlik elektrotları 6-18 arasında kontak noktası içeren 1-2 mm çapında yapıldır.

SEEG Derinlik Elektrotları Yerlerinin Planlanması

Epileptojenik bölgenin girişimsel olmayan tetkikler ve testler ile tam bulunamaması ya da lateralizasyon ve lokalizasyonun belirlenemediği durumlarda SEEG derinlik elektrotlarının yerleştirilmesi, bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Hastanın öyküsü, nöbet tipi ve yukarıda bahsedilen girişimsel olmayan testlerin sonuçlarına göre potansiyel epileptojenik olan bölgeler, yerleştirilecek elektrot sayısı ve bu elektrotların hedef noktaları, işlem yapılacak merkezde toplanan multidisipliner epilepsi konseyi ile beraber tartışılarak belirlenir. Takiben cerrahi ekip tarafından elektrotların yerleştirilme yöntemine bağlı olarak, hedeflenen anatomik bölgeye uygun olacak şekilde, elektrot giriş bölgeleri ve elektrot doğrultuları planlanır (Şekil 3). Bu planlama sırasında, beyin MRG, konvansiyonel DSA, MRG anjiyografi ve BT anjiyografi tetkikleri, sulkus/gyrus geçişlerinden ve fonksiyonel anatomik bölgelerden sakınılması, ayrıca damar yaralanmasının önüne geçilmesi için titizlikle incelenmelidir.

Cerrahi Teknik

SEEG Derinlik Elektrot Yerleştirme Yöntemleri

Üç yöntem elektrotların yerleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar; robot rehberliğinde yerleştirme, hassas hedefleme cihazları (Medtronic/Stealth Autoguide™ ve Brain Lab/Varioguide™) kullanarak yerleştirme ve çerçeve başlık tabanlı yaklaşımlardır. Biz kurumumuzda, nöronavigasyon rehberliğinde, çerçeve başlık kullanarak modifiye bir yerleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında yayınların çoğunda elektrot yerleştirme için çerçeve tabanlı yaklaşımların veya robot rehberliğinin kullanıldığı görülmektedir.

Elektrotların Yerleştirilmesi

SEEG elektrotları genel anestezi altında yerleştirilir. Yukarıda bahsedilen yöntemlerden hangisi kullanılacak ise o yöntem uygun pozisyon verilir ve eğer kullanılacak ise başlık hastanın başına yerleştirilir (Şekil 4). Yine kullanılacak yöntem ve cihaza uygun olarak başın pozisyonunun tanıtılması işlemi uygulanır. Takiben daha önce belirlenen elektrot giriş noktasına üzerinden elektrot doğrultusuna uygun olacak şekilde cilt, cilt altı ve kemiğin geçilmesi işlemi uygulanır (Şekil 5). Perkütan drilleme

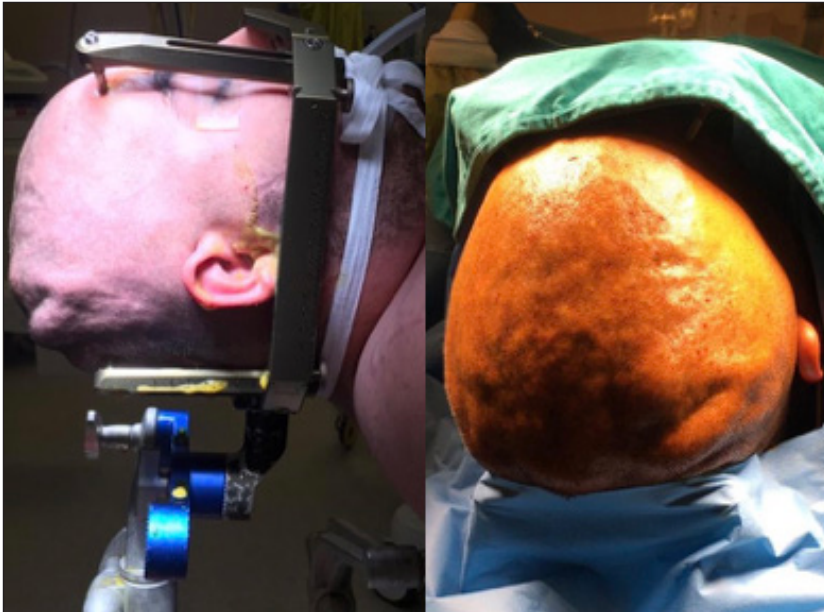
yapılacak ise cilt insizyonuna gerek yoktur. Kemik kalınlığı ölçülerek drill derinlik boyu durayı geçemeyecek şekilde sınırlandırılarak delme işlemi uygulanır ve duraya ulaşılır. Burr-Hole açılarak yerleştirme yapılacaksa giriş bölgesine uygun vertikal insizyon yapılır ve bir Burr-Hole açılır. Kemiğin delinmesini takiben dura koagüle edilir ve delinir. Elektrotların kablolarının çıkışlarını için kemik sabitlemek için küçük metal bir parça (anchor bolt) kullanılır ya da kablo cilde primer sütüre edilebilir. Eğer anchor bolt kullanılacak ise kemiği ve durayı delme işleminden sonra bu parça kendi tornavidasıyla önce kemiğe tespitlenir. Tüm elektrot giriş yerleri ve doğrultularına yerleştirildikten sonra son aşamada derinlik boyları hesaplanan elektrotlar topluca anchor bolt içinden gönderiler sabitlenir. Her elektrotlar cilde sütür ile tespit edi-

lecekse önce dura açıldıktan, daha önce planlanan doğrultuda ayarlanmış tüp içerisinden elektrot hedef uygun derinlikte yerleştirilir ve kablo cilde tespit edilir. Takiben bir sonraki elektrodun yerleştirme işlemine geçilir.

Eğer kemik ya da dura delindikten sonra kanama izlenirse, bol su ile irrigasyon yapılmalı, gerekirse kullanılan tüp içinden uygun çapta endoskopi monopolar koteri ileletilerek kemik kenarların ve duranın koagülasyonu tekrar sağlanmalıdır. Elektrotlar oldukça yavaş ilerletilmelidir. Ayrıca ilerletirken hafifçe sağa sola doğru çevirme hareketi yapılırsa olası parankimal hasar ve vasküler yaralanma riski en aza indirilmiş olur.



Şekil 3: Nöronavigasyonda elektrot planlanması.



Şekil 4: Leksell başlık ile başın sabitlenmesi.

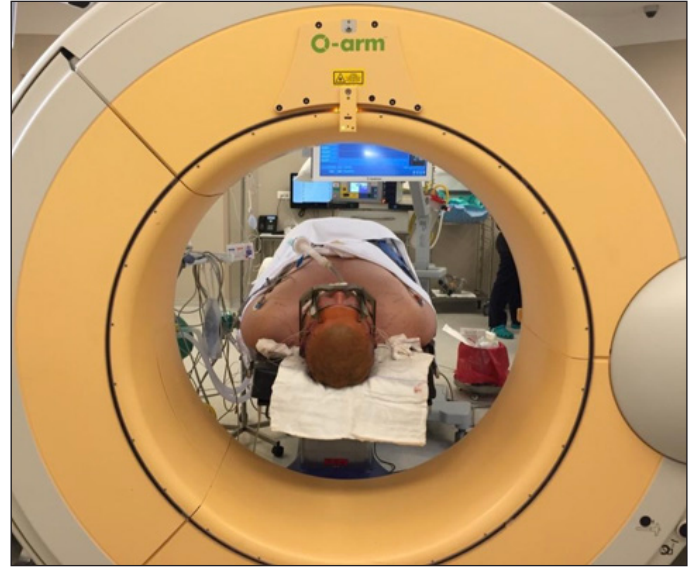
Elektrot yerleştirilmesi tamamlanıp tespit işlemi sonlandıktan sonra elektrotların giriş noktalarının, doğrultularının ve hedef noktalarının ameliyat öncesi planlama ile uygun olup olmadığı değerlendirilmelidir. Bu işlem, hasta ameliyathane salonundayken ya da ameliyat sonrasında, görüntüleme alınarak yapılır (Şekil 6). Bu karşılaştırmada planlama için alınan görüntü ile ameliyat sonrası/sonrası alınan görüntülerin füzyon yapılarak incelenmesi en ideal sonucu vermektedir (Şekil 7). Eğer ameliyat sırasında karşılaştırma yapılabilirse, elektrot revizyonu hasta uyanmadan ve pozisyonu değişmeden ivedilikle yapılabilir. Biz kliniğimizde elektrotların yerleştirilmesi sonrası hasta ameliyathane salonundan çıkarılmadan, Medtronic O-Arm ile görüntüleme yapıp, tabii Nöronavigasyon cihazı ile füzyon görüntülerde kontrolleri sağlamaktayız.



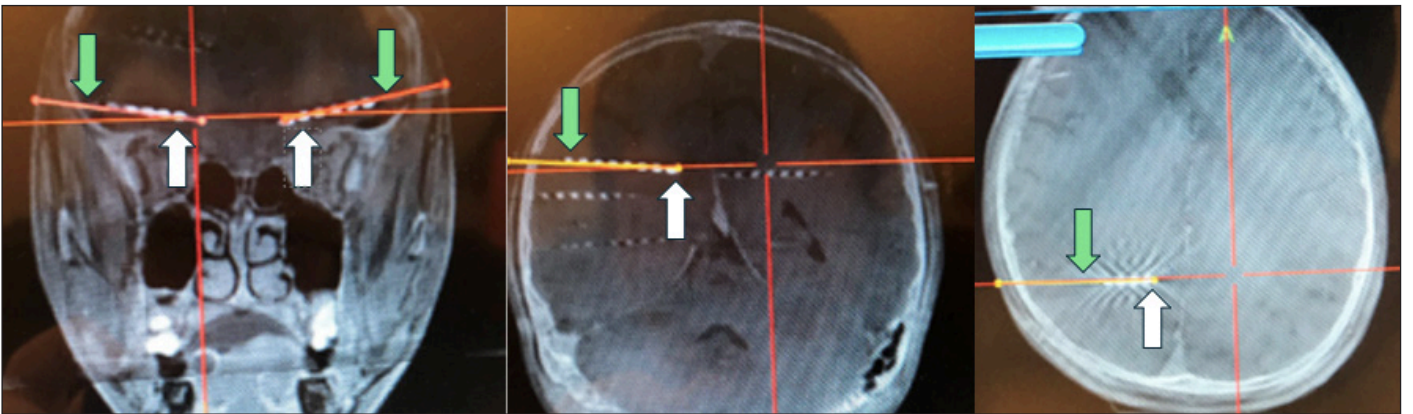
Şekil 5: Perkütan kemiğin drillenmesi ve duranın delinmesi.

SEEG Derinlik Elektrotları Sonuçları ve Ameliyat Sonrası Komplikasyonları

En önemli komplikasyonlar subdural ve/veya intraparenkimal hematoma, BOS kaybı sonucu oluşan elektrodun yer değiştirmesi ve enfeksiyondur. Damar yaralanmalarının çoğu venöz niteliktedir, çünkü arter duvarları elektrot ile hasarlanamayacak kadar güçlüdür. Ameliyat sonrası intraparenkimal veya subdural hematoma meydana gelebilir. Ameliyat sonrası hemen yapılan BT, hem elektrotların yerleşimini doğrular hem de kanama olup olmadığını ortaya koyar. Bu iki komplikasyon, elektrotların bulunmadığı bir senaryoya benzer şekilde yönetilir. Aşırı BOS kaçağının önlenmesi için elektrot doğrultusu planlanırken geniş BOS boşluklarından geçilmemeye dikkat edilir. Literatürde nadir de olsa elektrot kırılmaları bildirilmiştir. Yakın zamanda yayınlanan geniş bir meta-analizde, SEEG uygulanan 2624 epilepsi hastası ve toplamda yerleştirilen 22.085 SEEG derinlik elektrodu sonuçları analiz edilmiştir (30). Bu meta-analizde, 121 hastada cerrahi komplikasyon bildirilmiştir. Bunların içinde, 40 hastada



Şekil 6: Ameliyat sırasında elektrot yerinin kontrolü için O-Arm ile görüntü alınması.



Şekil 7: Ameliyat öncesi ve elektrotlar yerleştirildikten sonraki görüntülerin ameliyat sırasında füzyon edilmesi ve elektrot kontrolü. Yeşil oklar ameliyat öncesi elektrot doğrultusunu göstermektedir. Beyaz oklar ameliyat sonrası yerleştirilen elektrotları göstermektedir.

(%1,0) intrakranial kanama, 11 hastada (%0,6) kalıcı nörolojik defisiti, 28 hastada (%0,8) enfeksiyon, 11 elektrotta da (%0,4) arıza olduğu görülmüştür. Beş hasta ise ölmüştür (%0,3). Bu çalışmada bildirilen sonuçlar, diğer girişimsel elektrot yöntemlerine nazaran SEEG yönteminin komplikasyon oranlarını oldukça düşük olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, bu veriler, SEEG yönteminin güvenliğine ilişkin endişeleri hafifletmekte, derinlik elektrotlarının yerleştirilmesiyle ilişkili korkuyu belirgin olarak hafifletmektedir.

İntrakranial Elektrotların Yerleştirilmesi Sonrası Hasta Yönetimi

Ameliyat sonrası hastalar yoğun bakıma alınabilir. Pek çok merkezde hastalar stabil hâle geldikten sonra sürekli video-EEG kaydı için bir epilepsi izleme ünitesine nakledilir. Bazen nöbetleri tetiklemek için antiepileptik ilaçların kesilmesi, ışıklı uyaran verme, egzersiz veya uykusuz bırakma gibi provokatif eylemlere ihtiyaç duyulur. Ameliyat sırasında antibiyotik tedavisi uygulanmakta ve bazı merkezlerde elektrotların kaldığı süre boyunca antibiyotik uygulamasına devam edilmektedir. Devam eden antibiyotiklerin enfeksiyon insidansını azaltabileceğine dair kanıtlar vardır (31). Olası kanama, venöz enfarktüs veya enfeksiyona ilişkin klinik endişe nedeniyle tekrar görüntüleme gerekli olabileceği unutulmamalıdır. Yeterli video-EEG kaydı alındığına kanaat getirildiğinde ki bu süre 2 gün ila 15 gün arasında değişebilmektedir, kayıt sonlandırılır. Strip ve grid elektrotlar ameliyathanede genel anestezi altında çıkarılır. Strip elektrotlar yavaşça perkütan çekilip çıkarılırken, grid elektrotlar daha önceki insizyon açılıp, kraniyotomi kaldırılarak çıkarılır ve kemik flep tekrardan sıkı şekilde yerine mini plaklar ya da sütüler ile yerleştirilir. Takiben skalp sütüre edilerek cilt kapatılır. Derinlik elektrotları ise yatak başında anestezi verilmeden ya da ameliyathanede hafif sedasyon eşliğinde çekilir. Eğer elektrotların kablo deliklerinden BOS gelirse cilt sütüre edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Thurman DJ, Beghi E, Begley CE, et al; ILAE Commission on Epidemiology. Standards for epidemiologic studies and surveillance of epilepsy. *Epilepsia* 2011;52(Suppl 7):2-26
2. Hauser WA, Hesdorffer DC. *Epilepsy: Frequency Causes and Consequences*. New York, NY: Demos Medical Pub; 1990
3. Wiebe S, Bellhouse DR, Fallahay C, Eliasziw M. Burden of epilepsy: the Ontario Health Survey. *Can J Neurol Sci* 1999;26(4):263-270
4. Fisher RS, van Emde Boas W, Blume W, et al. Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the International League Against Epilepsy (ILAE) and the International Bureau for Epilepsy (IBE). *Epilepsia* 2005;46(4):470-472
5. Kwan P, Brodie MJ. Early identification of refractory epilepsy. *N Engl J Med* 2000;342(5):314-319
6. Engel J Jr, Wiebe S, French J, et al; Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. American Epilepsy Society. American Association of Neurological Surgeons. Practice parameter: temporal lobe and localized neocortical resections for epilepsy: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology, in association with the American Epilepsy Society and the American Association of Neurological Surgeons. *Neurology* 2003;60(4):538-547
7. Engel J Jr, McDermott MP, Wiebe S, et al; Early Randomized Surgical Epilepsy Trial (ERSET) Study Group. Early surgical therapy for drug resistant temporal lobe epilepsy: a randomized trial. *JAMA* 2012;307(9):922-930
8. Wyler AR, Hermann BP, Richey ET. Results of reoperation for failed epilepsy surgery. *J Neurosurg* 1989;71(6):815-819
9. Dubeau F, McLachlan RS. Invasive electrographic recording techniques in temporal lobe epilepsy. *Can J Neurol Sci* 2000;27(Suppl 1):S29-S34, discussion S50-S52
10. Fisch B. *Fisch and Spehlmann's EEG Primer: Basic Principles of Digital and Analog EEG*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 1999
11. Almeida AN, Martinez V, Feindel W. The first case of invasive EEG monitoring for the surgical treatment of epilepsy: historical significance and context. *Epilepsia* 2005;46(7):1082-1085
12. Penfield W. The epilepsies: with a note on radical therapy. *N Engl J Med* 1939;221:209-218
13. Hayne R, Meyers R, Knott JR. Characteristics of electrical activity of human corpus striatum and neighboring structures. *J Neurophysiol* 1949;12(3):185-195
14. Van Buren JM, Norris FH Jr, Hall KD, Ajmone-Marsan C. The electrographic activity of the cooled human frontal lobe and its response to hypotension. *J Neurosurg* 1960;17:905-922
15. Wyler AR, Ojemann GA, Lettich E, Ward AA Jr. Subdural strip electrodes for localizing epileptogenic foci. *J Neurosurg* 1984;60(6):1195-1200
16. Edwards JC, Wyllie E, Ruggeri PM, et al. Seizure outcome after surgery for epilepsy due to malformation of cortical development. *Neurology* 2000;55(8):1110-1114
17. Gilliam F, Wyllie E, Kashden J, et al. Epilepsy surgery outcome: comprehensive assessment in children. *Neurology* 1997;48(5):1368-1374
18. Ansari SF, Maher CO, Tubbs RS, Terry CL, Cohen-Gadol AA. Surgery for extratemporal nonlesional epilepsy in children: a meta-analysis. *Childs Nerv Syst* 2010;26(7):945-951
19. Ansari SF, Tubbs RS, Terry CL, Cohen-Gadol AA. Surgery for extratemporal nonlesional epilepsy in adults: an outcome meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien)* 2010;152(8):1299-1305
20. Andersson-Roswall L, Engman E, Samuelsson H, Malmgren K. Cognitive outcome 10 years after temporal lobe epilepsy surgery: a prospective controlled study. *Neurology* 2010;74(24):1977-1985
21. Téllez-Zenteno JF, Hernández Ronquillo L, Moien-Afshari F, Wiebe S. Surgical outcomes in lesional and non-lesional epilepsy: a systematic review and meta-analysis. *Epilepsy Res* 2010;89(2-3):310-318
22. Johnston JM Jr, Mangano FT, Ojemann JG, Park TS, Trevathan E, Smyth MD. Complications of invasive subdural electrode monitoring at St. Louis Children's Hospital, 1994-2005. *J Neurosurg* 2006;105(5, Suppl):343-347
23. Simon SL, Telfeian A, Duhaime A-C. Complications of invasive monitoring used in intractable pediatric epilepsy. *Pediatr Neurosurg* 2003;38(1):47-52
24. Elsharkawy AE, Alabbasi AH, Pannek H, et al. Outcome of frontal lobe epilepsy surgery in adults. *Epilepsy Res* 2008;81(2-3):97-106
25. Jeha LE, Najm I, Bingaman W, Dinner D, Widdess-Walsh P, Lüders H. Surgical outcome and prognostic factors of frontal lobe epilepsy surgery. *Brain* 2007;130(Pt 2):574-584

26. Kim S-K, Wang K-C, Hwang Y-S, et al. Epilepsy surgery in children: outcomes and complications. *J Neurosurg Pediatr* 2008;1(4):277-283
27. Wennberg R, Gross D, Quesney F, Gross R, Olivier A, Lozano A. Transient epileptic foci associated with intracranial hemorrhage in patients with subdural and epidural electrode placement. *Clin Neurophysiol* 1999;110(3):419-423
28. Bancaud J, Angelergues R, Bernouilli C, et al. Functional stereotaxic exploration (SEEG) of epilepsy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1970;28(1): 85-86
29. Guenot M, Isnard J, Ryvlin P, et al. Neurophysiological monitoring for epilepsy surgery: the Talairach SEEG method. *Stereo Electro Encephalo Graphy. Indications, results, complications and therapeutic applications in a series of 100 consecutive cases. Stereotact Funct Neurosurg* 2001;77(1-4):29-32
30. Mullin JP, Shriver M, Alomar S, Najm I, Bulacio J, Chauvel P, et al. Is SEEG safe? A systematic review and meta-analysis of stereo-electroencephalography-related complications. *Epilepsia*. 2016;57:386-401
31. Wiggins GC, Elisevich K, Smith BJ. Morbidity and infection in combined subdural grid and strip electrode investigation for intractable epilepsy. *Epilepsy Res* 1999;37(1):73-80

25. Avrupa Stereotaktik ve Fonksiyonel Nöroşirürji (ESSFN) Kongresinin Ardından İzlenimler

Dr. Pınar Eser

Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Bursa

Yirmi beşinci Avrupa Stereotaktik ve Fonksiyonel Nöroşirürji (ESSFN) Kongresi 27-30 Eylül tarihleri arasında, Lars Leksell'in ilk ark merkezli stereotaktik çerçeveyi dizayn ettiği ve Gamma knife radyocerrahiye icat ettiği, Lauri Laitinen tarafından posteroventral pallidotominin yeniden uygulamaya konmasıyla Parkinson cerrahisinde rönesansa öncülük eden, dolayısı ile de fonksiyonel nöroşirürji tarihinde önemli bir yere sahip İsveç'in başkenti Stockholm'de, şehir merkezindeki Waterfront kongre merkezinde gerçekleştirildi. Avrupa'nın ve dünyanın dört bir tarafından nöroşirürjiyenler, nöro bilimciler ve endüstri temsilcilerinin katıldığı bu toplantıda ülkemizi katılan 12 akademisyenimizle sunum, poster ve oturum başkanlıklarında temsil ettik.

Kongre bir gün öncesinde DBS simülasyonu, radyocerrahi ve genç fonksiyonel nöroşirürjiyenler workshopları ile başladı. Genç fonksiyonel nöroşirürjiyenler workshopunda 'Stereotaktik ve fonksiyonel nöroşirürjide eğitim ve öğretim için fırsatlar ve zorluklar' başlığı altında, Dr. Atilla Yılmaz direktörlüğünde ilki 2022 yılında düzenlenen uluslararası 'Derin Beyin Stimulasyonu & Ağrı Girişimleri Kadavra Kursu'nun tanıtımının da yer aldığı çeşitli uluslararası kurslara ve 'Dr. Patrick Blomstedt'in kurucusu olduğu 'Stereotact Academy' gibi online eğitim platformlarına yer verildi. Aynı günün akşamında kongrenin 'hoşgeldin resepsiyonu', aslında Nobel ödül törenine de ev sahipliği yapan, görünüş olarak çok daha eskiyi çağırırsa da yaklaşık 100 yıllık bir tarihe sahip ve yapımında sekiz milyon kırmızı tuğlanın kullanıldığı, altın yıldızlarla süslenmiş taretler, süslü balkonlar, ahşap direkler ve heykeller ile donatılmış muhteşem 'city hall'da gerçekleştirildi.

Kongrede eş zamanlı genel oturumlarında hareket bozuklukları, psikiyatri, tümör stereotaksisi, nörofizyoloji, rehabilitasyon, ağrı, epilepsi, görüntüleme ve nöronavigasyon ve teknik yenilikler ana başlıkları altında dünyanın önde gelen akademisyenlerinin konferanslarını ve pek çok orijinal çalışmanın kısa ve uzun dönem sonuçlarını dinledik. Hareket bozuklukları, psikiyatri, nörofizyoloji ve epilepsi alanlarında yine ağırlıklı olarak derin beyin stimülasyonu (DBS) konuşulurken; post-anoksik ensefalopati, spinal kord yaralanması, şuur bozuklukları gibi genişletilmiş yeni endikasyonlarda DBS ilişkili çalışmaların sonuçlarını ilgiyle izledik. Hareket bozukluklarında MRg-FUS ve epilepside stereoelektroencefalografi-guided interstisyel lazer terapi (LITT) sıkça konuşuldu. Bununla

birlikte programda spinal kord stimülasyonu, kordotomi, ağrı ve hareket bozukluklarında ablatif prosedürler, gamma knife, frameless biyopsi gibi klasik konular da unutulmamıştı.

Kongreden arta kalan zamanlarda, serin sonbahar havasında yürüyerek de olsa Mälaren Gölü ve Baltık Denizi'nin kesiştiği noktada 14 ada üzerine kurulu, bu mütevazı ve sade olduğu kadar sofistike görünümlü şehri keşfetmek oldukça keyifliydi. Old Town'a da uzanarak keyifli sohbetler eşliğinde kahve ve leziz yemeklerin tadına varıp, 24-27 Eylül 2025'te Budapeşte, Macaristan'da buluşmak üzere ayrıldık.



Derin Beyin Çekirdeklerinin Anatomisi: 360° Sanal Modeller

Dr. Umut Tan Sevgi^{1,2}, Dr. Yücel Doğruel^{2,3}, Dr. Abuzer Güngör^{2,4}

¹Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nöroşirürji Kliniği, İzmir, Türkiye

²Yeditepe Üniversitesi Nöroşirürji Anabilim Dalı, Mikrocerrahi Nöroanatomi Laboratuvarı, İstanbul, Türkiye

³Tunceli Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Tunceli, Türkiye

⁴İstinye Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Bu çalışma, derin beyin stimülasyonu (DBS) uygulamaları için hedef nükleusların üç boyutlu anatomik yapılarını detaylı bir şekilde modellemeyi ve bu modelleri eğitim materyali olarak kullanarak bilimsel literatüre katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Yöntemler: Klingler yöntemi ile hazırlanan beyin spesmenlerinin mikrodiseksiyonu yapılarak elde edilen görüntüler, NikonD100 fotoğraf makinesi kullanılarak kaydedilmiştir. Elde edilen bu görüntüler, Scaniverse isimli 3D modelleme programıyla dijital modellere dönüştürülmüş ve sketchfab.com web sitesinde paylaşılmıştır.

Bulgular: Yapılan disseksiyonlar ve modellemeler sonucunda, STN ve GPI'nin yanı sıra, internal kapsül, kaudat nükleus ve beyin sapının diğer önemli yapılarının detaylı üç boyutlu modelleri elde edilmiştir. Bu modeller, bazal ganglionlar ve çevresindeki yapıların 3D konumlarını ve ilişkilerini detaylı bir şekilde göstermektedir.

Sonuç: 3D modelleme ve fotogrammetri yöntemleri kullanılarak elde edilen bulgular, DBS ve diğer nöroşirürjik müdahaleler için önemli anatomik bilgiler sunmaktadır. Elde edilen bu dijital modeller, hem eğitimde hem de klinik pratikte kullanılmak üzere erişilebilir ve yenilikçi bir kaynak oluşturmuş, böylece nöroşirürjik prosedürlerin güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Subtalamik nükleus, Globus pallidus interna, Derin beyin stimülasyonu, Üç boyutlu modelleme, Fotogrammetri

GİRİŞ

“Derin beyin” tanımı mezensefalonu da içeren şekilde subkortikal yapıların bütününe verilen isim olarak kabul edilmektedir (1). Bu çekirdekler ve birbirleriyle olan ilişkileri, Parkinson hastalığı(PH), hareket bozuklukları, obsesif kompulsif bozukluk, tedavi-dirençli depresyon gibi hastalıklarda kullanılabilen, hem Derin Beyin Stimülasyonu (DBS) hem de lezyon cerrahilerinde büyük önem arz eden bir husustur (3). Bu nedenle, bu çekirdeklerin kompleks 3 boyutlu anatomilerini bilmek; gerek komplikasyon yönetimi konusunda gerekse yeni tedavilerin gelişimi açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır (3,7).

Subtalamik Nükleus(STN) ve Globus Pallidus Interna (Gpi); PH ve diğer hareket bozuklukları için derin beyin stimülasyonuna uygun hedef nükleuslar olup etkinlikleri birçok randomize kontrollü çalışmada değerlendirilmiştir. Bu bağlamda DBS'in etki mekanizması kesin olarak belirlenememiş olsa da PH'nin motor semptomlarının düzeltilmede her iki çekirdeğin stimülasyonu da etkili bulunmuştur. Dahası, bazal çekirdekler ve beynin internal yapısını oluşturan alternatif fiberlerin stimülasyonu ile medikal tedaviye dirençli başka birçok hastalıkta deneysel olarak tedavi edilebilmiştir (7). Bu nedenle, DBS hedeflerinin ve çevre yapıların

anatomisinin kapsamlı bir bilgisi, riskleri en aza indirgeyerek ve klinik etkinliği sağlayarak ameliyatları başarıyla gerçekleştirmek için önem arz eder. DBS için hedeflenen alanların birbirleriyle üç boyutlu anatomik ilişkileri özellikle önemli olduğu için, Klingler'in lif diseksiyon tekniği ile bu yapıların ortaya konulması üç boyutlu anatomisini anlaşılır kılmada en yararlı yöntemlerden biri olmaya devam etmektedir. Ancak, kadavraların erişilebilirliği ve anatomik laboratuvarlara erişim, maliyetler, dayanıklılık ve etik kaygılar gibi faktörler nedeniyle sınırlı olabilir. Bu nedenle, üç boyutlu anatomiyi anlamak için alternatif yaklaşımların ortaya çıkmasına yol açmıştır (6).

Son çalışmalar, karmaşık anatomik ilişkileri anlamada 3D modellerin yardımcı olabileceğini göstermiştir. Cerrahi planlama, cerrah oryantasyonu ve anatomi eğitimi için 3D yazıcılardan elde edilen modeller yıllardır kullanılmaktadır. Ancak bu modeller genellikle MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme) veya BT (Bilgisayarlı Tomografi) kaynaklı olduğu için yüzey özelliklerini göstermede yetersizdir (6). Literatürde kadavraların iki adet fotoğrafından elde edilen 3 Boyutlu resimlerle bu anatomik hedefler tanımlansa da bu resimlere yalnızca tek açıdan bakılabilmektedir ve gözlük vb. ekstra cihazlar gerektirmektedir. Literatürdeki bu eksiklik sonrasında fotogrammetri gibi giderek popülerlik kazanan yöntemler ile bu kadavra spesmenlerinin modellemeleri yapı-

maya başlamıştır (5). Bu modeller sayesinde hem derinlik algısı artırılmış, hem de kadavra modellerinin her yüzeyinin demonstrasyonu sağlanmıştır. Biz de çalışmamızda DBS cerrahisinde sık olarak kullanılan ve hedef potansiyeli olan çekirdeklerin, bazal ganglionların ve bunlar arasındaki bağlantıları sağlayan ak madde yolaklarının fotogrametri metodu ile modellerini oluşturduk. Bu modelleri sanal ortama yükleyerek herkes tarafından erişilebilir veritabanı sunduk.

GEREÇLER ve YÖNTEM

Klingler methodu ile hazırlanan spesmenler lateralden mediale, medialden laterale, superiordan inferiora, inferiordan superiora adım adım mikrodiseksiyon metodu ile diseke edildi. Her adımda spesmenlerin NikonD100 fotoğraf makinesi ile görüntüleri elde edildi ve her adımda Scaniverse isimli 3D model oluşturma programı ile 3D modeller oluşturuldu. Bu modeller 3D model paylaşımlarına olanak sağlayan bir websitesi olan sketchfab.com'a etiketlenerek yüklendi (Şekil 1).

BULGULAR

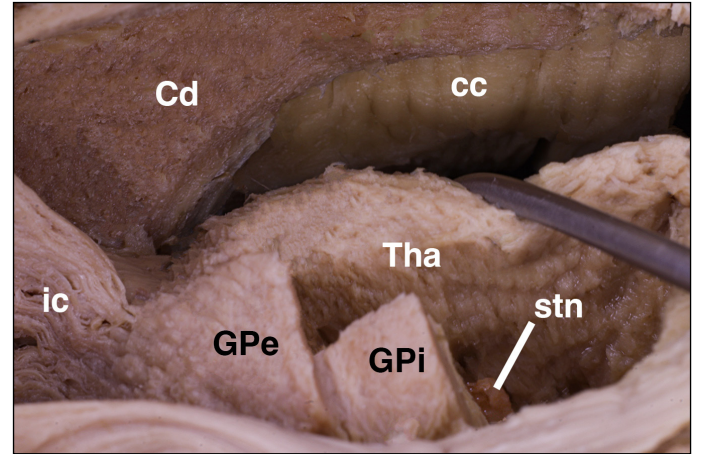
Lateralden başlanan insula diseksiyonu ile sırasıyla ekstrem kapsül, klasustrum ve eksternal kapsül lifleri kaldırıldı. Bu liflerin kaldırılmasıyla, gri cevher topluluğu olan Putamen görülür. Onun inferomedialinde sırasıyla globus pallidus eksterna ve interna ve internal kapsül görülebilir. Superomedialde ise kaudat çekirdek ve korona radiata mevcuttur (Şekil 2).

İnternal kapsül ise nöroaksis boyunca seyreden ve bazıları beyin sapına ulaşan liflerden oluşan heterojen bir yapıdır. İnsulanın üst sınırlayıcı yarığı boyunca putamenin üst kenarında, iç kapsül dış kapsül lifleriyle birleşerek korona radyatayı oluşturur. İnternal kapsülün lif sistemi, anterior kol, genu, posterior kol ve retro- ve sublentiküler parçalardan oluşur. Anterior kol, putamen ile kaudat çekirdeği arasında bir sınır oluşturur. Posterior kol, globus pallidus ile talamus ve STN arasında ayrım yapar. Anterior kol, frontal lob korteksinde başlayan anterior talamik radyasyonlar ve frontopontin traktını içerir. Genu, kortikobulber ve kortikospinal traktların anterior kısmı ve üst talamik pedünkülün anterior kısmını kapsar. Posterior kol, kortikospinal traktın posterior kısmı ve pariyetal talamik pedünkül ile pariyetopontin liflerini içerir. İç kapsülün retrolentiküler kısmı pariyetopontin lifleri ve optik radyasyonun bir kısmını, sublentiküler kısmı ise oksipitopontin ve temporopontin lifleri ile optik radyasyonun anterior bileşenini içerir.

İnternal kapsül liflerinin çıkarılması talamus, kaudat çekirdek ve amigdala yapısını ortaya çıkarır. C şeklindeki kaudat çekirdek talamusun etrafında sarılır ve üç bölüme ayrılır: baş, gövde ve kuyruk. Kaudat çekirdeğin başı, lateral ventrikülün frontal boyununun lateral duvarında; gövdesi, lateral ventrikülün gövde kısmının lateral duvarında; kuyruğu ise temporal boynuzun tavanında yer alır. Talamus, kaudat çekirdeğinin iç kenarında bulunur. Talamusun anterior kısmı lateral ventrikülün gövde kısmının tabanında, posterior kısmı ise atriyumun anterior duvarı ve temporal boynuzun superomedial duvarında yer alır. Lateral genikülat cisim (LGB), talamusun lateral kısmında posteroinferior konumda bulunur ve optik traktın sonlandığı ve optik radyasyonun başladığı noktadır. Stria terminalis, başka bir C şeklindeki



Şekil 1: Sol serebral hemisferin diseksiyonu ile fotogrametri ile oluşturulan modelin programın ara yüzü ile görüntüsü.



Şekil 2: Sol serebral hemisfere lateralden bakış. İnsula diseke edilmiş; ekstrem kapsül, klaustrum, eksternal kapsül, putamen ve internal kapsülün bir kısmı kaldırılmış. Globus Pallidus Eksterna ve interna görülmekte. Onların medialinde internal kapsülün serebral pedinküle döndüğü yerde medialde subtalamik çekirdek yer almaktadır. Talamusun superiorunda ise kaudat çekirdek ve onun ekartasyonu ile korpus kallosum görülmekte. **ic:** internal kapsül, **GPe:** Globus Pallidus Eksterna, **GPi:** Globus Pallidus Interna, **STN:** Subtalamik Çekirdek, **Tha:** thalamus, **Cd:** Kaudat Çekirdek, **cc:** Korpus Kallosum.

demet, talamus ile kaudat çekirdek arasında yer alır. Amigdala, temporal boynuzun anterior duvarında, hipokampusun hemen önünde ve talamusun inferolateral kısmının yanında yer alır. Globus pallidus ile superomedial olarak ve kaudat kuyruğu ile posteromedial olarak süreklilik gösterir.

Talamus ile hipotalamus arasındaki bölge subtalamik bölge olarak adlandırılır ve zona inserta (ZI) ile STN'yi içerir. Talamusun lateral-medial diseksiyon sırasında çıkarılması, talamusun altında ve internal kapsülün medialinde yer alan geniş ve sığ bir gri madde bandı olan ZI'yi açığa çıkarır.

Beyin sapı retiküler formasyonunun üst devamı olan ZI, GPi'nin eferentlerinin talamusun ventrolateral ve ventral anterior çekirdeklerine geçtiği bir bölgeyi sarar. Disseksiyonun bu aşamasında ZI'nin ventral kısmını talamustan ayırmak zordur çünkü benzer dış görünüşleri vardır, ancak ZI daha yüksek büyütmede daha parlak bir gri madde alanı olarak ortaya çıkar. ZI'nin altında yer alan talamik fasiikülün çıkarılmasını takiben, internal kapsül liflerinin medialinde yer alan bikonveks şekilli bir çekirdek açığa çıkar. Bu oval çekirdek, STN, ZI'nin ventral, anteroinferior ve hafifçe lateralinde yer alır. Farklı bir bakış açısından, ZI'nin rostral kısmı STN'nin dorsal ve medial yüzeylerinin üzerine uzanır ve kaudal kısmı STN'nin posteromedialinde yer alır.

Bu noktada, talamusun en alt kısmının STN seviyesinden daha aşağıda yer aldığı görülür. Daha medial olarak ilerlendiğinde, kırmızı çekirdek, sferoid şekliyle, orta çizgiye ve STN'nin medial ve posteroinferioruna bitişik olarak tanımlanabilir. Karşılaştırıldığında komşu yapılarla daha koyu renkte olan substantia nigra, medialdeki STN'nin altında subtalamik alan boyunca yayılır. STN'nin medialinden çıkarılarak aşağı doğru hareket ettirilmesiyle medial forebrain bundle (MFB) açığa çıkar. Septal bölgeden ventral tegmental alana uzanan yoğun nöronlarla dolu bir boyuna limbik yol olan MFB, lateral ve medial hipotalamus, sublentiküler bölge, lateral ve medial preoptik bölgeler, diagonal bant, septal çekirdekler, ventral pallidum ve stria terminalisin yatağı çekirdekleri dahil olmak üzere çeşitli beyin yapılarına nüfuz eder. MFB, aksiyel düzlemlerde kırmızı çekirdeğin lateralinde ve saggittal düzlemlerde kırmızı çekirdeğin seviyesinde yer alır. MFB, mammillotalamik traktın lateralinde, substantia nigra'nın medialinde ve STN'nin hafifçe inferomedialinde bulunur.

Lateralde yer alan yapılar arasında, optik trakt STN'nin inferolateralinde LGB'ye doğru yol alır. Optik trakt, GPi, iç kapsül ve ansa lenticularis'in altında yer alır. Kortikospinal lifler, STN'nin ventral ve daha sonra lateralinde yer alan beyin sapı boyunca ilerler ve iç kapsüle doğru yükselerek diğer bileşenlerle birleşir. Medial lemniskus, grasil ve kuneal tüberküllerden yükselir ve beyin sapının üstünde süperior olarak ilerler. Talamusa ulaşmadan önce, medial lemniskus substantia nigra'nın dorsalinde, kırmızı çekirdeğin ventrolateralinde ve STN'nin posteroinferiorunda yükselir. STN seviyesinde, medial lemniskus STN'nin posteriorunda yer alır. Prelemniskal radyasyonlar demeti, medial lemniskusun önünde, kırmızı çekirdeğin lateralinde ve STN'nin medialinde seyrederek.

Pallidofugal liflerden oluşan ansa lenticularis, GPi ve STN arasında, prerubral bölgede yer alır. Ansa lenticularis, başlangıçta internal kapsülün posterior kolundan STN'ye doğru inferomedial olarak seyahat eder, STN'nin altından geçer ve son yükselişinde

çekirdeğin medialinde kalır. ZI ve substantia nigra, STN'nin hemen arkasında, subtalamik alanın posteriorunda örtüşür. Lif disseksiyonu sonuçlarına göre, STN ZI tarafından dorsomedial olarak, substantia nigra tarafından inferior olarak, kırmızı çekirdek tarafından medial olarak ve internal kapsül tarafından anterolateral olarak kaplanmıştır.

TARTIŞMA

Bazal Çekirdekler karmaşık bir yapıya sahiptir ve bu bölgedeki yapıların 3D ilişkilerini anlamak cerrahiye daha güvenli kılabilir. Ak madde disseksiyonu, bu çekirdeklerin karmaşık yapılarını ortaya çıkaran bir yöntemdir. Klingler ve meslektaşları tarafından geliştirilen, ak madde traktlarının gösterilebildiği bu prosedür, beyin iç yapısının algılanmasına ve uzaysal oryantasyonun geliştirilmesine yardımcıdır (3).

Daha önceki araştırmalar, derin beyin çekirdekleri anatomisi hakkındaki anlayışımızı geliştirmiş olsa da, bunlar nöroşirürji literatüründe dağınık bir şekilde yer almakta ve ayrıntılı, adım adım 3D model veya AR ve VR simülasyonlarını sağlamamaktadır. Üç boyutlu modeller ve simülasyonlar, sınırlı kadavra erişimi olan tesislerde ameliyat öncesi planlamada ve temel nöroanatomi ve nöroşirürji eğitiminde kullanılmaktadır ve bizim modellerimiz sketchfab.com web sitesinden verilen QR kodu ile görülebilmektedir (2).

3 Boyutlu modelleme için LiDAR, fotogrametri, stereolitografi vb. farklı metodlar mevcuttur. Bizim çalışmalarımızda fotogrametriyi seçmemizin sebebi, derinlik algısını iyi verirken, her yüzeyin taranmasına izin verebilmesi ve derinlik algısı kaybolmadan yüzey özelliklerinin gösterilebilmesiydi. Bu yöntem için kullanılan scaniverse uygulaması ise hem mobil cihazlar ile tarama işleminin yapılabilmesini, hem de bu modellerin kolaylıkla başka cihazlara aktarılabilmesini sağlamaktadır (2). Görüntüleme temelli yöntemlerde ise anatomik doğruluk sağlansa da yüzey özellikleri yansıtılamamaktadır (6).

Bazal ganglionların dijital modellere aktarılması birçok potansiyel avantajı da sağlamaktadır. Ayrıca sanal modeller kolay aktarılabilir ve erişilebilirliği nedeniyle fiziksel modellere üstündürler. Kadavralara yalnızca belli merkezlerce erişilebilir olmasına rağmen, bu dijital öğrenme araçlarına gerek nöroşirürjiyenler gerekse tıp öğrencileri tarafından dünya çapında herhangi bir yerde ve zamanda erişilebiliyor olması anatomi eğitimi açısından umut vericidir. Bu modeller ayrıca dijital olarak saklanabilir, bu da kadavra örneklerinde zamanla meydana gelen çürüme ve renk etkileniminin en aza inmesini sağlar. Beyin yüzeyinin topografisini çeşitli büyütme ve açılarda görselleştirme yeteneği, daha doğru ve etkileşimli bir cerrahi simülasyon ortamı da sağlayabilir. Ayrıca, bu modeller ve simülasyonlarda disseksiyonlar herhangi bir yönde hareket ettirilebilir ve kendileri etrafında 360° dönebilir, böylece yapıların ilişkisi ve derinliği büyük ayrıntılarıyla incelenebilir. 3D modeller ve Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) simülasyonları, gerçek örneklerin oldukça gelecek vaadeden replikalarıdır (4).



Şekil 3: QR kod.

SONUÇ

Derin beyin stimülasyonu (DBS) cerrahisinde sıkça hedef alınan bazal gangliyonlar ve internal kapsül gibi yapıların üç boyutlu anatomileri, fotogrammetri yöntemi kullanılarak detaylı bir şekilde modellenmiştir. Elde edilen 3D modeller, cerrahi planlama, cerrah oryantasyonu ve anatomi eğitimi için önemli bir kaynak sunmaktadır. Geleneksel kavra çalışmalarının sınırlılıklarını aşan bu dijital modeller, anatomik yapıların daha iyi anlaşılmasına ve DBS gibi karmaşık cerrahi prosedürlerin güvenliğinin artırılmasına katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Conti A, Gambadauro NM, Mantovani P, Picciano CP, Rosetti V, Magnani M, Lucerna S, Tuleasca C, Cortelli P, Giannini G: A Brief History of Stereotactic Atlases: Their Evolution and Importance in Stereotactic Neurosurgery. *Brain sciences*, 13(5):830, 2023 <https://doi.org/10.3390/brainsci13050830>
2. Erol G, Güngör A, Sevgi UT, Gülsuna B, Doğruel Y, Emmez H, Türe U: Creation of a microsurgical neuroanatomy laboratory and virtual operating room: a preliminary study. *Neurosurgical Focus* 56(1): E6, 2024 <https://doi.org/10.3171/2023.10.FOCUS23638>
3. Güngör A, Baydın ŞS, Holanda VM, Middlebrooks EH, Isler C, Tugcu B, Foote K, Tanriover N: Microsurgical anatomy of the subthalamic nucleus: correlating fiber dissection results with 3-T magnetic resonance imaging using neuronavigation. *J Neurosurg* 130(3):716–732, 2018 <https://doi.org/10.3171/2017.10.JNS171513>
4. Gurses ME, Gungor A, Hanalioglu S, Yaltirik CK, Postuk HC, Berker M, Türe U: Qlone®: A Simple Method to Create 360-Degree Photogrammetry-Based 3-Dimensional Model of Cadaveric Specimens. *Operative neurosurgery (Hagerstown, Md.)* 21(6):E488–E493, 2021 <https://doi.org/10.1093/ons/opab355>
5. Gurses ME, Gungor A, Rahmanov S, Gökalp E, Hanalioglu S, Berker M, Cohen-Gadol AA, Türe U: Three-dimensional modeling and augmented reality and virtual reality simulation of fiber dissection of the cerebellum and brainstem. *Operative neurosurgery (Hagerstown, Md.)* 23(5):345–354, 2022 <https://doi.org/10.1227/ons.0000000000000358>
6. Hanalioglu S, Romo NG, Mignucci-Jiménez G, Tunc O, Gurses ME, Abramov I, Xu Y, Sahin B, Isikay I, Tatar I, Berker M, Lawton MT, Preul MC: Development and validation of a novel methodological pipeline to integrate neuroimaging and photogrammetry for immersive 3d cadaveric neurosurgical simulation. *Front Surg* 9:878378, 2022 <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.878378>
7. Holanda VM, Okun MS, Middlebrooks EH, Gungor A, Barry ME, Forder J, Foote KD: Postmortem dissections of common targets for lesion and deep brain stimulation surgeries. *Neurosurgery* 86(6):860–872, 2020

CUMHURİYETİN

100 YILI

KUTLU OLSUN

