



Derleme

Geliş Tarihi: 14.12.2022
Kabul Tarihi: 18.12.2022

Çocukluk Çağı Olgularda Stereotaksik Cerrahi: Erişkin Olgulardan Farklılıklar

Stereotaxic Surgery in Childhood: Differences from Adult Cases

Barış ALBUZ¹, Emrah EGEMEN², Murat VURAL³¹Fatih Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Trabzon, Türkiye²Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye³Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

Yazışma adresi: Emrah EGEMEN ✉ egemenemrah@gmail.com

ÖZ

Stereotaksik cerrahi, vücuttaki küçük lezyonlara ulaşmak ve bunlar üzerinde bazı eylemleri gerçekleştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Burada üç boyutlu bir koordinat sisteminden yararlanılarak minimal invazif bir müdahale uygulanmaktadır. Çocukluk çağında sıklıkla kullanıldığı alanlar kateter yerleştirme, kist drenajı, radyocerrahi, brakiterapi, derin beyin stimülasyonu (DBS), invaziv nörofizyolojik inceleme ve tümör biyopsisi gibi işlemlerdir. Ameliyat öncesi değerlendirme için elde edilen bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG), tarama dilimlerinin az aralıklı ve doğru hedef belirlenmesine izin verecek kadar ince (ör. 3 mm) olması ve görüş alanının ameliyat sırasında kayıt için yüzey işaretleri olarak kullanılan burun ve gözleri içermesi önemlidir. Çerçevesiz ve çerçevesiz başlıklar kullanılarak uygulanabilmekle beraber çerçevesiz tekniğin pediatrik hastalarda güvenliği, uygulanabilirliği ve pinle ilişkili komplikasyonları konusunda literatürde hâlâ bir boşluk bulunmaktadır. Çocukluk çağında halo fiksasyonu ile ilgili olarak, pinlerin gevşemesi ve yerinden çıkması, pin yerinde enfeksiyon ve kafatası kırıkları veya penetrasyonu ve takiben gelişen subdural ve epidural hematomlar, venöz hava embolisi, arteriyovenöz fistül gibi bildirilen birkaç sorun bildirilmiştir. Günümüzde çerçevesiz stereotaksin çerçeve tabanlı teknikleri tamamlayıcı nitelikte olduğu, ancak yine de geleneksel halo pin çerçevesinin yerini alacak veya kullanımını engelleyecek kadar kesin olmadığı düşünülmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Stereotaksik çerçeve, Çerçevesiz navigasyon sistemleri, Tümör biyopsi, Derin beyin stimülasyonu

ABSTRACT

Stereotaxic surgery is used to find small lesions in the body and perform some actions on them. Here, a minimally invasive intervention is applied using a three-dimensional coordinate system. It is frequently used in childhood in catheter placement, cyst drainage, radiosurgery, brachytherapy, deep brain stimulation (DBS), invasive neurophysiological examination and tumour biopsy. Additionally, in computed tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI) obtained for preoperative evaluation, the scan slices must be narrowly spaced and thin enough (e.g. 3 mm) to allow accurate target identification, and the field of view must include the nose and eyes used as surface markers for intraoperative recording. Although it can be applied using frame-based and frameless systems, there is still a gap in the literature regarding the safety, applicability, and pin-related complications of the frame-based technique in paediatric patients. In addition, a few problems with halo fixation in childhood have been reported, such as loosening and dislocation of pins, infection at the pin site, skull fracture or penetration followed by subdural and epidural hematomas, venous air embolism, and arteriovenous fistula. Frameless stereotaxy systems are complementary to frame-based techniques but needs to be more precise to replace or preclude the traditional halo pin frame.

KEYWORDS: Stereotaxic frame, Frameless navigation systems, Tumour biopsy, Deep brain stimulation

■ GİRİŞ

Uzaysal ekseninde üç boyutlu yaklaşım tekniklerine kısaca stereotaksi denilir. Bu teknik kullanılarak yapılan cerrahiler çoğunlukla küçük boyutlu ve derin yerleşimli olan lezyonlar için tercih edilmektedir. Burada amaç kafatasını olabildiğince koruyarak ve patolojik dokuya çevre parankime verilen zararı en aza indirerek hedefe en hızlı ve doğru şekilde ulaşmak olarak özetlenebilir. Kullanılan stereotaktik sistemler ve yapılacak uygulamalar değişse de temel yöntem aynıdır. Önceden tespit edilen hedef noktaya üç boyutlu planlama ile bir prob gönderilmesi esasına dayanır (30).

Stereotaktik cerrahilerin ilki sayılabilecek bir sistemi 1873 yılında Dittmar bir maymun üstünde denemiştir. Vazomotor fonksiyonların incelenmesinde beyin sapı cerrahisi sırasında bisturiyi istediği konuma yönlendiren bir sistem üzerinde çalışmıştır (10). Takiben Woroschiloff ve Zernov 1874'te omurilik lezyonlarını tedavi etmek için kılavuzlu cerrahi aletler kullanmıştır (19, 44). Ardından 1897 yılında bir halo-frame ve röntgen kullanılarak kafatasından bir kurşun çıkartıldığı raporlanmıştır. (3). Koordinat sistemi ile geliştirilmiş ilk üç boyutlu cerrahi başlık nörofizyolog Horsley ve matematik alanında bilim insanı Clarke tarafından 1908 yılında geliştirilmiştir (18). 1947' de Spiegel ve Wycis farklı bir başlık kullanarak sisteme pnömoensefalografi eklemiştir (41). Aynı ikili 1952 yılında talamotomi ile farklı anatomik oluşumlar arasındaki koordinatları gösteren ilk insan beyin atlasını yayınlamışlardır (13). 1951 senesinde Mayer, ekstrapiramidal hastalıklar için bazal çekirdeklere yönelik ilk tedavisini tanımlamıştır (27). İki yıl sonra Cooper istemsiz olarak anterior koroidal arteri yırtmış ve tesadüfen hastanın Parkinsona bağlı bazı şikâyetlerinin azaldığını görmüş, böylece bu hastalıklarda globus pallidusun önemi anlaşılmasına başlamıştır (8).

Nöroşirürjide stereotaktik cerrahi yıllardır uygulanmasına rağmen ancak 1980'li yılların başında bilgisayarlı tomografi görüntüleme ile birleştirildiğinde güvenliği ve hassasiyeti artmıştır (29,31,36). O tarihten sonra, çerçevelerin kullanılabilirliği ve endikasyonları genişlemiş ve dünya çapında benimsenmeye başlamıştır. Kateter yerleştirme, kist drenajı, radyocerrahi, brakiterapi, derin beyin stimülasyonu (DBS), invaziv nörofizyolojik inceleme ve tümör biyopsisi, pediatrik hastalarda stereotaktik işlemler için sık kullanılan alanlardan bazılarıdır (1,22). Bununla birlikte, çocuklarda stereotaktik çerçeve kullanımının güvenliği ve etkinliği konusunda henüz bir fikir birliği bulunmamaktadır. Ana sorular, stereotaktik işlemler için minimal bir yaş olup olmadığı ve stereotaktik halonun kırılabilir bir pediatrik kafatasına sabitlenmesi için hangi tekniğin tavsiye edileceğidir (24,28,40,42). Bazı gruplar stereotaktik ameliyatlara yalnızca 3 yaşından büyük çocuklarda, diğerleri ise doğumdan itibaren devam etmeye eğilimlidir (5,16,34).

Çocuklarda halo fiksasyonu ile ilgili olarak, pinlerin gevşemesi ve yerinden çıkması, pin yerinde enfeksiyon ve kafatası kırılması veya kafatasının penetrasyonu ve ardından subdural ve epidural hematomlar, venöz hava embolisi, arteriyovenöz fistül gibi bildirilen birkaç komplikasyon vardır (32,35,40,42). Bu konudaki çalışmaların çoğu, genel beyin cerrahisi veya omurga cerrahisi alanındaki kafa sabitleme konusuyla ilgilidir, ancak yalnızca birkaç yazar pediatrik hastalarda halo ve stereotaktik

çerçeve kullanımı sorununa özel olarak dikkat çekmiştir. Bu nedenle literatürdeki bu boşluk, pediatrik çerçeve tabanlı stereotaktik işlemler ile ilgili bilgileri kapsamlı bir şekilde gözden geçirmeyi amaçlayan çalışmaları zorlu hâle getirmektedir.

Görüntü Elde Etme ve Hasta Kaydı

Bu işlem, lezyonun uzaysal koordinatlarının hastanın kafatasına yerleştirilen sert bir çerçeveye (çerçeve tabanlı stereotaksi) veya hastanın anatomisine kayıtlı bir referans sistemine (çerçevesiz stereotaksi) göre kaydedilmesiyle gerçekleştirilebilir. Fonksiyonel nöroşirürji pratiğinde çerçeveli stereotaktik biyopsi özellikle yüksek hassasiyetinden dolayı günümüzde altın standart yöntemdir (Şekil 1) (4).

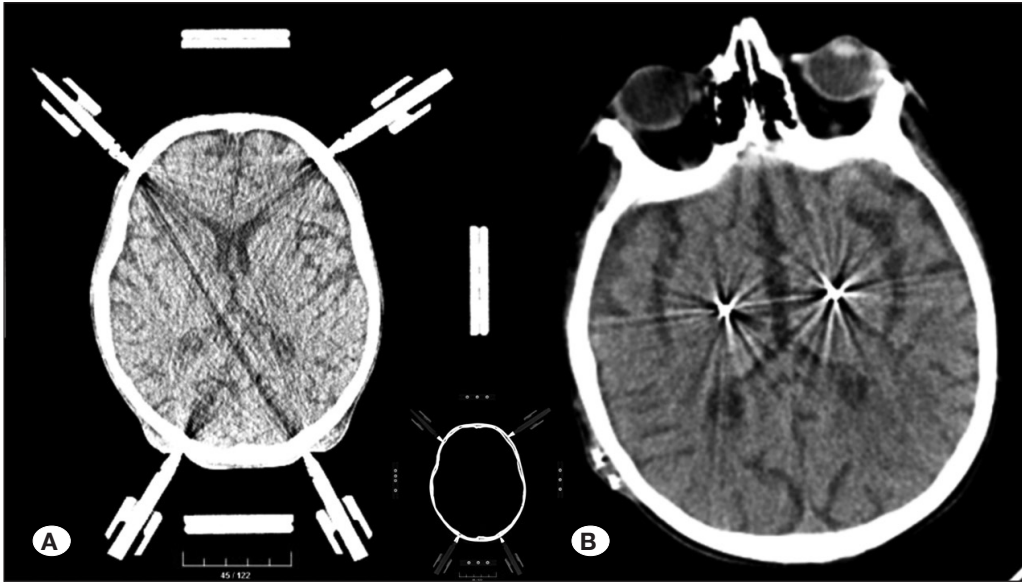
Ameliyat öncesi değerlendirmenin bir parçası olarak gerçekleştirilen bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG), tarama dilimlerinin bitişik veya 1 mm'den daha az aralıklı ve doğru hedef belirlenmesine izin verecek kadar ince (ör. 3 mm) olması ve görüş alanının ameliyat sırasında kayıt için yüzey işaretleri olarak kullanılan burun ve gözleri içermesi önemlidir. Seçilen hastalarda, daha sonra kaydı kolaylaştırmak için cilde monte edilmiş referanslar da bulundurulabilir. BT veya MRG verileri daha sonra üç boyutlu rekonstrüksiyon işlemlerinin gerçekleştirildiği bir bilgisayara aktarılır. Bu görüntüler daha sonra intraoperatif olarak kullanılmak üzere mobil bir mikrobilgisayar tabanlı görüntüleme çubuğu sistemine gönderilir.

Ameliyat sırasında hasta, uygulanan işleme uygun bir pozisyona getirilmelidir. İki yaşından büyük çocuklarda baş çivili başlık ile sabitlenirken, daha küçük çocuklarda yastıklı at nalı baş desteği kullanılması uygundur. Değiştirilebilir ekli prob uçlarına sahip altı eklemlili bir işaretçi olan görüntüleme çubuğu eklemli kolu çivili başlığa sabitlenir. Lokalizasyon için probu kullanmak amacıyla, ilk olarak ameliyat öncesi görüntüler bilgisayara kaydedilir. Bu kayıt adımı, prob ucunun cildi üzerine dokundurulması ve aynı zamanda fare ile yönlendirilen bir imlecin hastanın üç boyutlu yüzey temsilindeki ilgili noktaya konumlandırılmasıyla gerçekleştirilir. Prob ucunun konumu, potansiyometreler tarafından ölçülen altı eklemin açıları temel alınarak mikrobilgisayar tarafından hesaplanmıştır. Tipik işaret noktaları arasında burun köprüsü, lateral epikantus, kulak ucu veya cilde monte edilmiş referans işaretleyiciler yer alır.

Kayıt adımı tamamlandıktan sonra gerçek operatif planlama başlamadan önce hedef lokalizasyonunun doğruluğunu kontrol etmek için prob ucu, bilgisayar tarafından oluşturulan yüzey temsilindeki imlecin konumunun cilt üzerindeki işaretçinin gerçek konumuyla eşleştiğini doğrulamak için bir dizi ek yüzey işaretine yerleştirilebilir. Eğer 2 mm'den fazla bir tutarsızlık tespit edilirse, kayıt adımı tekrarlanmalıdır (33).

Stereotaktik Lokalizasyon

Kayıt aşaması tamamlandıktan sonra hastanın başı hazırlanır ve steril bir şekilde örtülür. Eklemlili kol, steril bir plastik tüp örtü kullanılarak kapatılır ve bir işaretçi ucu takılır. Hastanın görüntüleri, probun yörüngesi ve prob ucunun konumu üç dikey düzlemde veya üç boyutlu bir görüntü olarak görüntülenmektedir. İlgilenilen bölgeye doğru bir yörünge planlamak, cilt kesisi ve kraniyotomi planlamak ve hedefle karşılaşılması



Şekil 1: Distoni tanısı ile başvuran 9 yaşında hastanın çerçeve tabanlı stereotaksik başlık ile takılan derin beyin stimülasyonunun sisteminin ameliyat öncesi (A) ve sonrası (B) tomografi görüntüleri sunulmuştur.

gereken derinliği belirlemek mümkün olur. Bu adım, cerrahın bir lezyona en kısa mesafe ile yaklaşımını belirlemesini veya seçilmiş hastalarda kritik yapılardan kaçınan bir yaklaşım planlamasını mümkün kılar.

Bu bilgilere dayanarak cilt insizyonu ve stereotaktik kraniyektomi veya kraniyotomi yapılır. Daha sonra dura açılır ve korteks, prob rehberliğinde kesilir. Gerekirse kendinden tutucu ekartörler yerleştirilebilir ve hedefle karşılaşılana kadar derinleştirilebilir. Küçük, derin yerleşimli lezyonlarda, lezyonun cerrahi alan içindeki yerini doğrulamak için yörüngeyi tekrar kontrol etmek sıklıkla gerekli olur. Sistemin interaktif özellikleri, prob ucunun konumu, çevredeki yapıların anatomisi ve izlenen yörünge ile ilgili anlık geri bildirim sağlanması bu tekniğin en büyük avantajıdır. Hedefe ulaşıldıktan sonra, lezyonun veya patolojik alanının mikrocerrahi ile çıkarılması olağan şekilde gerçekleştirilir. Seçilen hastalarda, ameliyat sırasında gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak için ultrason da kullanılabilir (33).

Çerçeve kullanılan stereotaksi için ise hastaya uygulama öncesi lokal ya da genel anestezi altında halo-frame takılması gereklidir. Stereotaktik halo-frame yerleştirilmesi için kullanılan teknik standarttır ve hastanın yaşına göre değişiklik göstermez. İki fronto-lateral ve iki postero-lateral pin, başı orta hatta simetrik olarak çerçeve içinde tutar. Kaşların hemen üzerinde, supraorbital sinirlerin lateralinde frontal kemiğin anterolateral kısmı ve meatus seviyesinin üzerinde kulağın posteriyöründe kafatasının posterolateral bölgesi, üç tabakanın en kalın ve en sağlam kemik yapısını sunduğu bölgelerdir (17,24). Bu nedenle, stereotaktik çerçeve veya kafa tutucu pinlerin yerleştirilmesi için tercih edilen yerler buralardır. Bazı yazarlar tork sınırlayıcı bir cihaz kullanılmasını savunsa da kullanılmayabilir. Pinler parmak sıklığında yerleştirilmiş ve basınç sınırı kıdemli bir stereotaktik beyin cerrahı tarafından manuel olarak belirlenebilir (14). Halo-frame ile görüntülemeye gönderilen hastanın çekilen görüntüler üzerinde bilgisayar tabanlı ölçümler yapılır ve BT ile MRG verileri stereotaktik program yardımıyla otomatik olarak

birleştirilir ve hedef belirlenir. Çerçeve üzerine yerleştirilen 3 boyutlu ayarlanabilir "C" kol ile ulaşılmaya hedeflenen noktanın cilt üzerindeki iz düşümü bulunur. Cilt insizyonu ve ardından açılacak burr hole ile gönderilecek kılavuz tel için parankim üzerinde alan açılmış olur. Hedef alan, parankim giriş noktasına uzunluğu ve doğrultusu belirlenen olgu için uygulanacak tedaviye göre uygun aparat ile planlanan işleme başlanır. Yapılacak uygulama biyopsi elde etmek ise lezyonun değişik alanlarından biyopsi alınarak tanı koyma olasılığı artırılmalıdır.

Stereotakside Kısıtlamalar ve Teknik Uyarılar

Çerçevesiz stereotaksinin başlıca kısıtlama üç grupta toplanabilir: 1) sistemin içsel yanlışlıkları; 2) kayıt işlemindeki dışsal (önlenebilir) hatalar ve 3) stereotaksinin pratik sınırlamaları. İçsel yanlışlıklar, MR taramasının görüntü bozulmasının bir sonucu olarak lokalizasyondaki hataları ve tipik BT veya MRG görüntüsünün 3 mm kalınlığında olması gerçeğini içerir, bu da hedefin dilim kalınlığı içinde herhangi bir yerde kalabileceği anlamına gelir. Bu hatalar çerçevesiz stereotaksiye özgü olmayıp çerçeve tabanlı lokalizasyon teknikleri için de aynı şekilde geçerlidir. Lokalizasyon çalışmasında daha ince ve/veya üst üste binen kesitlerin kullanılması bu hata kaynağını azaltmaya yardımcı olabilir ve çapı 1 cm'den küçük lezyonları olan hastalar için faydalı olabilir. Yeniden biçimlendirme ve konturlama da işaretçi konumunun üç boyutlu uzayda dijitalleştirilmesi gibi küçük hatalara yol açar. Kadavra veya plastik kafa modelleri kullanılarak yapılan önceki çalışmalar, bu içsel hataların, kayıta kullanılan rastgele noktaların sayısına bağlı olarak 1 ila 4 mm arasında değişen ve çerçeve tabanlı stereotaktik tekniklerin doğruluğuyla karşılaştırılabilir olan hedef lokalizasyonunda nispeten küçük bir hataya sebep olabileceğini göstermiştir (11,12).

Dışsal hatalar arasında yanlış kayıt ve kayıttan sonra hasta hareketi yer alır ki çocukluk çağında iletişim nedeniyle hareket sorunu daha fazladır. Bu adım sırasında dikkatli olunarak ve birincil kayıt yapıldıktan sonra bir dizi ikincil işaretin lokalizasyonunun doğruluğu kontrol edilerek hatalı kayıttan kaçınılabilir.

Bu seride bir çocukta meydana gelen hasta hareketi, başın at nalı baş desteğine yetersiz sabitlenmesinden veya kayıttan sonra pinlerin veya prob bağlantısının kaymasından kaynaklanabilir. Cerrah bu sorunun farkına varırsa, kayıt işlemi kolayca tekrarlanabilir. Elbette, bu hareket fark edilmezse, sistem tarafından sağlanan bilgiler birkaç santimetre hatalı olabilir. Bu soruna getirdiğimiz bir çözüm, planlanan pozlamanın çevresine bir dizi nokta kaydetmek olmuştur. Bu noktaların hastanın üç boyutlu gösterimi üzerindeki konumu, hastanın ameliyat sırasında hareket edip etmediğini belirlemek için kullanılır; ayrıca, bu noktalar daha sonra hastanın yeni konumuna göre güncellemek için kullanılabilir.

Bu hata kaynaklarına ek olarak, çerçevesiz stereotaksinin bir dizi pratik kısıtlılığı da vardır. İlk olarak, stereotaktik kılavuzun kullanılması işlemi gerçekleştirmek için gereken süreyi uzatır (15 – 20 dakika). İkinci olarak, çerçevesiz stereotaksi gerçekleştirmek için gereken ek cihazlar cerrahi alanı kalabalıklaştırabilir. Üçüncüsü, özellikle mikroskop kullanımını gerektiren operasyonlar sırasında, bir yandan görüntüleme ekranında prob konumunu kontrol ederken diğer yandan bir işaretleme cihazını ameliyat sahası içinde konumlandırmak bazen zahmetli olabilmektedir. Görüntü işleme hızı arttıkça, cihazın boyutu küçüldükçe ve görüntü aktarım yetenekleri geliştikçe bu sorunların her birinin üstesinden gelinilebileceği ve böylece üç boyutlu görüntünün ameliyat mikroskobu merceği içindeki bir “pencere” üzerinde görüntülenmesine izin verileceği beklenmektedir. Buna ek olarak, lokalizasyon sistemine çeşitli aletleri eklemek şu anda mümkündür, böylece bir ameliyat sırasında hedefe ulaşmak için ayrı bir prob kullanma ihtiyacını ortadan kaldırır ve sistemin çeşitli beyin cerrahisi işlemlerine uyulanabilirliği artar.

Bir diğer sorun da cerrahi sırasında lezyonun ve çevresindeki yapıların hareket etmesi sorunudur. Bu, yumuşak dokuların retraksiyondan, lezyon ve çevresindeki yapıların şişmesinden, beyin omurilik veya kist sıvısının drenajından veya rezeksiyon boşluğu içindeki ve çevresindeki kanamadan dolayı bozulmasının bir sonucu olarak ortaya çıkabilir. Geleneksel çerçevesiz ve çerçeve tabanlı sistemler, lokalizasyon çalışması elde edildikten sonra oluşan doku deformasyonunu telafi etme yoluna sahip olmadığından, bir operasyon sırasında lokalizasyonda önemli hatalar oluşabilir. Bu sorunla başa çıkmak için kullanılan yaklaşımlar arasında rezeksiyona başlamadan önce lezyon sınırlarına stereotaktik işaretleyiciler yerleştirilmesi ve ameliyat sırasında BT veya anjiyografi kullanılarak tekrar lokalizasyon elde edilmesi yer almaktadır. İntraoperatif MRG'nin daha sık kullanılması, rezeksiyonun büyük kısmı gerçekleştirildikten sonra kritik beyin bölgelerindeki lezyonlar hakkında güncellenmiş bilgi sağlamada büyük fayda yaratmaktadır. Bu da rezidü tümör veya vasküler malformasyon alanlarının doğru bir şekilde tanımlanmasını sağlayacak; lokalizasyon cihazı daha sonra yeni MRG verilerine yeniden kaydedilebileceğinden, önemli beyin yapılarına yakın rezidünün daha kapsamlı bir şekilde çıkarılmasını kolaylaştıracaktır. Ultrason, bir operasyon sırasında gerçek zamanlı geri bildirim elde etmek için en iyi teknik olmaya devam etmektedir ve seçilmiş hastalarda, cerrahi yönlendirmek için bu teknolojiyi çerçevesiz stereotaksi ile birlikte kullanılmaktadır. İntraoperatif endoskopi, çerçevesiz stereotaksi sırasında gerçek zamanlı geri bildirim elde etmenin

başka bir yolunu sağlar, ancak bu yaklaşım şu anda yalnızca kistik veya intraventriküler lezyonları olan hastalar için geçerlidir.

Stereotaktik nöroşürjideki birçok ilerlemeye rağmen, çerçevesiz tekniğin pediatrik hastalarda güvenliği, uygulanabilirliği ve pinle ilişkili komplikasyonları konusunda literatürde hâlâ bir boşluk bulunmaktadır. Kesinlikle, halo pinlerin kullanımıyla ilişkili komplikasyonların prevalansı bildirilmemiş olsa da hâlâ yüksektir (9,22,26,34,37-39). Çocuklarda kraniyal halo uygulamasına ilişkin bilgilerin çoğu, servikal omurga yaralanmasının tedavisinde halo fiksasyonu deneyiminden gelmektedir (6,15,21,24,25,28). Bu durumda, uzun süreli fiksasyon ihtiyacı ve sonuç olarak sistemik enfeksiyon ve emboli gibi potansiyel olarak yaşamı tehdit eden komplikasyonların görülme olasılığının daha yüksek olması nedeniyle, daha iyi sistemler sağlamak ve büyüyen kraniyum osteolojisini daha iyi anlamak gereklidir. Bunun aksine, çerçeve tabanlı stereotaktik beyin cerrahisi ile ilgili komplikasyonlar çoğunlukla pinlerin yerinden çıkması veya gevşemesi, çerçeve dislokasyonu, lokal kafatası yaralanması, meningeal penetrasyon ve daha nadiren altta yatan beyin dokusunun travmatik lezyonu ile sınırlı kalmıştır.

Çocuklarda BT'ye dayalı olarak, pinlerin yaygın olarak kullanıldığı bölgelerdeki kalınlıkla ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Garfin daha önce, yetişkinlerde kullanılan dört pin yerine çocuklarda basıncın altı pine dağıtılmasının komplikasyonu azaltmanın bir yolu olacağını göstermiştir. Ayrıca, pinlerin yerleştirilmesi için kafatasının anterolateral ve posterolateral bölgeleri önerilmişti, çünkü bu bölgelerin en kalın ve dolayısıyla en güvenli bölgeler olduğu düşünülüyordu. Ancak, diğer yazarlar daha büyük çocuklarda bile pin yerleştirilmesine bağlı kafatası kırığı bildirmişlerdir (23). Daha sonra, daha yeni çalışmalar bu bölgelere halo pinleri uygularken yanlış bir güvenlik hissine işaret etmiştir. Kafatası kalınlığının yaş, cinsiyet ve ırktan bağımsız olarak büyük farklılıklar göstermesi ve daha da önemlisi, altta yatan hastalıkla, yani hidrosefali ile ilişkili olması nedeniyle, en küçük çocuklar için çerçevenin sabitlenmesinden önce kemik yapısını analiz etmek için preoperatif BT taraması önerilmiştir (6,25,43). Bu nedenle, çocuklarda stereotaktik çerçevenin yerleştirilmesiyle ilgili özel hususlar bireysel olarak denenmelidir.

Pinlere uygulanacak tork miktarı pediatrik nöroşürjide nadir olarak tartışılmaktadır. Servikal traksiyon için halo fiksasyonu ile ilgili az sayıda çalışma bu tartışmalı konuya ışık tutmuş ve çocuklarda terapötik kraniyal fiksasyon için güvenli bir çizgi çizmeyi amaçlayan klinik ve deneysel araştırmalarla katkıda bulunmuştur (6,7,21). Kafatası kemiğinin 2 mm'lik iç tablası 160 lbs basınca maruz kaldığında tamamen penetre olduğu görülmüştür (24). Berry, beyin cerrahlarının çocuklarda pin fiksasyonu konusundaki deneyimlerini bir anketle değerlendirmiştir. Sorular kişisel deneyim ve ticari olarak üretilen iki kraniyal sabitleme sistemi ile ilişkilendirilmiştir: MayfieldSkull Clamp (Integra NeuroSciences, Plainsboro, NJ) ve SugitaHead Holder (Mizuho Ikakogyo Co. Ltd. Tokyo, Japonya). Görüşülen 164 kişiden 154'ü (%96) pediatrik hastalarda pin fiksasyonu kullanıldığını doğrulamıştır. Ancak, sadece %27'si 1 ila 2 yaş arasındaki çocuklarda ve %9'u bir yaşından küçük bebeklerde pin kullanmıştır. 10 yaşından büyük çocuklar yetişkin hastalar gibi tedavi edilmiştir. İki yaşından küçük çocuklarda baş tutucu

kullanan cerrahlar, 20 kilonun üzerindeki basınçtan kaçındıklarını bildirmişlerdir. 2 – 5 yaş arası çocuklarda cerrahlar pin basıncını 40 lbs'nin altında tuttuklarını bildirmişlerdir. Ankete katılanların sadece %7,1'i 5 yaşından küçük çocuklarda 50 lbs'den daha yüksek basınç kullandıklarını bildirmiştir (5). Bu ankette, beyin cerrahlarının %54'ü halo yerleştirmeye bağlı komplikasyonlar bildirmiştir. En yaygın komplikasyonlar depresif kafatası kırıkları (%66), epidural hematom (%49), beyin omurilik sıvısı kaçağı (%16), subdural hematom (%3) ve venöz hava embolisi (%1) olmuştur. Deneyimlerine dayanarak, cerrahların %36'sı çocuklarda pin yerleştirme şeklini değiştirmiş ve %30'u pin yerleştirmek için asgari yaşı artırmıştır. Ayrıca, yanıt verenlerin %94'ü çocuklarda kraniyal fiksasyonun güvenli kullanımına ilişkin yayınlanmış herhangi bir öneriden haberdar değildir (5).

Bazı yazarlar, çocuklara yerleştirilecek geleneksel pinlerin varyasyonlarını tanımlamıştır, ancak burada yine stereotaktik halo pin kullanımına değil, genel beyin cerrahisi için baş sabitleyicilerine yöneliktir. Aoki ve Sakai geleneksel pine kauçuk bir tıkaç eklemişler ve bu tıkaç basınç dağıtıcı olarak çalışarak bebeklerde pinpon kırıklarını önlemiştir (2). Daha sonra benzer bir teknik, ameliyat sırasında fontaneleri hâlâ açık olan beş aylık bir çocukta stereotaktik çerçeveli biyopsi için uygulanmıştır (20). Sgouros ve arkadaşları da 9, 13 ve 15 aylık üç çocukta Mayfield Kafatası Başlığını geleneksel pimlere yerine, kemik hasarını önlemek amacıyla cildi sıkıştıran Perspex diskler ile değiştirmiştir (40). Ancak yazarlar bu adaptasyonun arka çukur ameliyatları için uygun olmadığını ve cihazın cilt sıkışmasına ve iskemik nekroza yol açabileceği için 3 – 4 saatten uzun süren ameliyatlarda bu tekniğin kullanılmamasını önermişlerdir. Bu nedenle, bu teknikler iğneye bağlı komplikasyonları azaltmada ilginç girişimler olarak değerlendirilebilse de bilgiler kişisel deneyimlere dayandığından daha fazla fikir birliğine varılamamıştır.

Şu ana kadar çerçevesiz stereotaksi teknolojisinin çerçeve tabanlı teknikleri tamamlayıcı nitelikte olduğu, ancak yine de geleneksel halo pin çerçevesinin yerini alacak veya kullanımını engelleyecek kadar kesin olmadığı konusunda bir fikir birliği vardır.

■ KAYNAKLAR

1. Alterman RL, Tagliati M: Deep brain stimulation for torsion dystonia in children. *Child's Nerv Syst* 23:1033-1040, 2007
2. Aoki N, Sakai T: Modified application of three-point skull clamp for infants. *Neurosurgery* 25:660-662, 1989
3. Bakay R: History of functional neurosurgery. In: Winn R (ed), *Neurological Surgery, Volume 3*. Philadelphia: WB Saunders, 2004:2653-2670
4. Baş G, Vural M: Stereotaktik biyopsi teknik ve endikasyonları. İçinde: Bağdatoğlu C, (ed), *Tanıdan Tedaviye Pediatrik Merkezi Sinir Sistemi Tümörlerine Genel Bakış*, birinci baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri, 2021:36-40
5. Berry C, Sandberg DI, Hoh DJ, Krieger MD, McComb JG: Use of cranial fixation pins in pediatric neurosurgery. *Neurosurgery* 62:913-919, 2008
6. Botte MJ, Byrne TP, Abrams RA, Garfin SR: Halo skeletal fixation: Techniques of application and prevention of complications. *J Am Acad Orthop Surg* 4:44-53, 1996
7. Botte MJ, Byrne TP, Abrams RA, Garfin SR: The halo skeletal fixator: Current concepts of application and maintenance. *Orthopedics* 18:463-471, 1995
8. Cooper IS: Ligation of the anterior choroidal artery for involuntary movements-parkinsonism. *Psychiatric Q* 27:317-319, 1953
9. Dellaretti M, Touzet G, Reyns N, Dubois F, Gusmão S, Pereira JLB, Blond S: Correlation among magnetic resonance imaging findings, prognostic factors for survival, and histological diagnosis of intrinsic brainstem lesions in children. *J Neurosurg Pediatr* 8:539-543, 2011
10. Dittmar C: Ueber die lage des sogenannten Gefaesszentrums in der Medulla Oblangata, *Bar Saech Ges Wiss Leipzig*, 1873: 449-469
11. Drake JM, Prudencio J, Holowka S, Rutka JT, Hoffman HJ, Humphreys RP: Frameless stereotaxy in children. *Pediatr Neurosurg* 20:152-159, 1994
12. Drake JM, Rutka JT, Hoffman HJ: ISG viewing wand system. *Neurosurgery* 34:1094-1097, 1994
13. Freeman W: Stereoecephalotomy (thalamotomy and related procedures). Part I. Methods and stereotaxic atlas of the human brain. *Am J Psychiatry* 109:713-a-714, 1953
14. Furlanetti LL, Monaco BA, Cordeiro JG, Lopez WOC, Trippel M: Frame-based stereotactic neurosurgery in children under the age of seven: Freiburg University's experience from 99 consecutive cases. *Clin Neurol Neurosurg* 130:42-47, 2015
15. Garfin SR, Roux R, Botte MJ, Centeno R, Woo SL: Skull osteology as it affects halo pin placement in children. *J Pediatr Orthop* 6:434-436, 1986
16. Godano U, Frank F, Fabrizi A, Ricci RF: Stereotactic surgery in the management of deep intracranial lesions in infants and adolescents. *Childs Nerv Syst* 3:85-88, 1987
17. Haas L: Roentgenological skull measurements and their diagnostic applications. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 67:197-209, 1952
18. Horsley V, Clarke RH: The structure and functions of the cerebellum examined by a new method. *Brain* 31:45-124, 1908
19. Kandel EI, Schavinsky YV: Stereotaxic apparatus and operations in Russia in the 19th century. *J Neurosurg* 37:407-411, 1972
20. Kondziolka D, Adelson PD: Technique of stereotactic biopsy in a 5-month-old child. *Childs Nerv Syst* 12:615-618, 1996
21. Kopits SE, Steingass MH: Experience with the "halo-cast" in small children. *Surg Clin North Am* 50:935-943, 1970
22. Korinthenberg R, Neuburger D, Trippel M, Ostertag C, Nikkhhah G: Long-term results of brachytherapy with temporary iodine-125 seeds in children with low-grade gliomas. *Int J Radiat Oncol Biol Physics* 79:1131-1138, 2011

23. Lee M, Rezai AR, Chou J: Depressed skull fractures in children secondary to skull clamp fixation devices. *Pediatr Neurosurg* 21:174-178, 1994
24. Letts M, Kaylor D, Gouw G: A biomechanical analysis of halo fixation in children. *J Bone Joint Surg Br* 70:277-279, 1988
25. Loder RT: Skull thickness and halo-pin placement in children: The effects of race, gender, and laterality. *J Pediatr Orthop* 16:340-343, 1996
26. Meshkini A, Shahzadi S, Zali A, Parsa K, Afrough A, Hamdi A: Computed tomography-guided stereotactic biopsy of intracranial lesions in pediatric patients. *Child Nerv Syst* 27:2145-2148, 2011
27. Meyers R: Surgical experiments in the therapy of certain 'extrapyramidal' diseases: A current evaluation. *Acta Psychiatr Neurol Suppl* 67:1-42, 1951
28. Mubarak SJ, Camp JF, Vuletich W, Wenger DR, Garfin SR: Halo application in the infant. *J Pediatr Orthop* 9:612-614, 1989
29. Munding F: CT stereotactic biopsy for optimizing the therapy of intracranial processes. Lesions of the Cerebral Midline. *Acta Neurochirurgica Supp* 35:70-74, 1985
30. Munding F, Ostertag CB, Birg W, Weigel K: Stereotactic treatment of brain lesions. Biopsy, interstitial radiotherapy (iridium-192 and iodine-125) and drainage procedures. *Appl Neurophysiol* 43:198-204, 1980
31. Ostertag CB, Mennel HD, Kiessling M: Stereotactic biopsy of brain tumors. *Surg Neurol* 14:275-283, 1980
32. Pang D: Air embolism associated with wounds from a pin-type head-holder: Case report. *J Neurosurg* 57:710-713, 1982
33. Pollack IF, Albright AL, Adelson PD, Fitz CR: The role of frameless stereotactic techniques in the treatment of pediatric CNS lesions. *Pediatr Neurol* 13:209-216, 1995
34. Rajshekhar V, Moorthy RK: Status of stereotactic biopsy in children with brain stem masses: Insights from a series of 106 patients. *Stereotact Funct Neurosurg* 88(6):360-366, 2010
35. Reichter RE, Park HM, Hall D: Skull defects due to Mayfield head stabilizer. *Clin Nucl Med* 8(11):553, 1983
36. Riechert T, Wolff M: A new stereotactic instrument for intracranial placement of electrodes. *Arch Psychiatr Nervenkr Z Gesamte Neurol Psychiatr* 186:225-230, 1951
37. Roujeau T, Machado G, Garnett MR, Miquel C, Puget S, Geoerger B, Grill J, Boddaert N, Di Rocco F, Zerah M: Stereotactic biopsy of diffuse pontine lesions in children. *J Neurosurg Pediatr* 107:1-4, 2007
38. Ruge MI, Simon T, Suchorska B, Lehrke R, Hamisch C, Koerber F, Maarouf M, Treuer H, Berthold F, Sturm V: Stereotactic brachytherapy with iodine-125 seeds for the treatment of inoperable low-grade gliomas in children: Long-term outcome. *J Clin Oncol* 29:4151-4159, 2011
39. Schubert T, Trippel M, Tacke U, Van Velthoven V, Gump V, Bartelt S, Ostertag C, Nikkhah G: Neurosurgical treatment strategies in childhood craniopharyngiomas: Is less more? *Child Nerv Syst* 25:1419-1427, 2009
40. Sgouros S, Grainger M, McCallin S: Adaptation of skull clamp for use in image-guided surgery of children in the first 2 years of life. *Child Nerv Syst* 21:148-149, 2005
41. Spiegel EA, Wycis HT, Marks M, Lee AJ: Stereotaxic apparatus for operations on the human brain. *Science* 106:349-350, 1947
42. Vitali AM, Steinbok P: Depressed skull fracture and epidural hematoma from head fixation with pins for craniotomy in children. *Child Nerv Syst* 24:917-923, 2008
43. Wong WB, Haynes RJ: Osteology of the pediatric skull. Considerations of halo pin placement. *Spine* 19:1451-1454, 1994
44. Zernov D: Encephalometer. A device for determination of the location of brain parts of living humans. *Trudy Fiziko-meditsynskogo Obshestva Moscovskogo Universiteta* 2:70-86, 1889