



Çocukluk Çağı Olgularda Periferik Sinir Cerrahisi: Erişkin Olgulardan Farklılıklar

Peripheral Nerve Surgery in Pediatric Cases: Differences from the Adult Cases

Yusuf İZCİ¹, Önder GÜNEY²

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi AD, Ankara, Türkiye

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi AD, Konya, Türkiye

Yazışma adresi: Yusuf İZCİ ✉ yusufizci@yahoo.com

ÖZ

Periferik sinir cerrahisi nöroşirürji pratiğinde spinal ve kranial cerrahiye göre nispeten daha az uygulanan ancak önem arz eden bir cerrahi türüdür. Çocukluk çağında erişkin döneme göre daha nadir uygulanmaktadır. Bunun sebebi çocuklarda periferik sinir yaralanmalarının ve tümörlerinin erişkinlere göre daha az sıklıkta olması ve teşhis edilmesinin daha zor olmasıdır. Ayrıca çocuklarda cerrahi sinir onarımını takiben uzun dönem sensorimotor ve fonksiyonel sonuçlar hakkında elimizde çok az veri bulunmaktadır. Bununla birlikte çocuklarda nöral plastisitenin daha yüksek olması fonksiyonel iyileşmenin erişkine göre daha iyi olmasına neden olmaktadır. Çocuklarda elde edilen daha iyi klinik sonuçlar, muhtemelen olgunlaşmamış sinir sisteminin sinir hasarına daha kolay ve daha fazla uyum sağlayabildiğini göstermektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Periferik sinir, Cerrahi, Çocuk, Erişkin

ABSTRACT

Peripheral nerve surgery is a type of surgery that is relatively less commonly used compared to spinal and cranial surgery but still important in neurosurgery practice. It is performed less frequently in childhood than in adulthood. This is because peripheral nerve injuries and tumors are less common in children than in adults and are more difficult to diagnose. In addition, we have little data on long-term sensorimotor and functional outcomes following surgical nerve repair in children. However, the higher neural plasticity in children causes better functional improvement than in adults. The better clinical outcomes in children probably indicate that the immature nervous system can adapt better and more easily to nerve damage.

KEYWORDS: Peripheral nerve, Surgery, Child, Adult

■ GİRİŞ

Periferik sinirler, beyni ve omuriliği vücudun diğer bölgelerine bağlayan anatomik yapılardır. Periferik sinirlerde herhangi bir sebeple hasar olduğu zaman beyinden vücudun geri kalan bölgelerine nöral iletim bozulur. Periferik sinir cerrahisi; sinir yaralanmaları, tuzak nöropatileri ve sinir kılıfı tümörleri gibi periferik sinir bozuklukları olan kişilerde

hasarlanan sinirlerin işlevini korumak veya iyileştirmek ve hastada oluşan nörolojik defisitleri en aza indirmek için uygulanan cerrahidir (4-6). Periferik sinir cerrahisi basit gibi gözükmeyle birlikte oldukça önemli düzeyde bilgi, dikkat ve beceri gerektiren bir cerrahi alanıdır. Günümüzde nöroşirürjiyenler, ortopedistler ve plastik cerrahlar tarafından uygulanmakla birlikte periferik sinir cerrahisi temel olarak nöroşirürjinin ilgi alanıdır (1).

Periferik sinir hasarının patofizyolojisi erken ve geç dönemde fizyolojik, biyokimyasal ve hücrel seviyelerde etkiler yaratan kompleks bir süreçtir (10,11). Bu hasarı düzeltmek için uygulanan periferik sinir cerrahisinin temel prensibi hasarlı sinirde anatomik bütünlüğü yeniden sağlamak ve fasiküler yapıyı bozmadan sinir uçlarının yakınlaşmasını mikrocerrahi yöntemleri kullanarak sağlamak olarak kabul edilir (1,16).

Periferik sinir cerrahisinin klinik sonuçlarını etkileyen birkaç faktör vardır. Bunlar; hastanın yaşı, sinir hasarının seviyesi ve şiddeti, sinir defektinin uzunluğu, cerrahinin zamanlaması ve eşlik eden yaralanmalardır (7,16-18). Bu faktörler içerisinde yaş sinir iyileşmesinin en temel belirleyicisidir (2).

Pediyatrik popülasyonda periferik sinir yaralanmaları erişkin yaş grubuna göre daha nadir görülmektedir. Yaralanma çocukluk çağında genellikle kırık bir camla ilişkili travma nedeniyle oluşur ve sıklıkla üst ekstremitelerde görülür (11,12,14). Bununla birlikte kırıklar, çıkıklar ve ezilme yaralanmaları da çocuklarda periferik sinir hasarına neden olabilir (4,11). Erişkinlere göre ateşli silah yaralanmaları veya kesici aletlerle yaralanma çocuklarda çok nadirdir (14). Ayrıca periferik sinir tümörleri de çocukluk çağında erişkinlere göre oldukça nadirdir (6,8). Bu nedenle periferik sinir cerrahisi çocuklarda daha seyrek gerçekleştirilir. Bununla birlikte sonuçları erişkinden daha yüz güldürücüdür (15). Literatürde çocuklarda sinir rejenerasyonu yetişkinlere kıyasla daha üstün sonuçlarla ilişkilendirilmiştir ve bazı küçük çalışmalar bunun özellikle yaşamın ilk 10 yılından sonra azaldığını öne sürmüştür (1,8,9,13,14).

Derlememizin amacı çocukluk çağında uygulanan periferik sinir cerrahisinin erişkin cerrahisinden temel farklarını vurgulamaktır.

■ ZAMANLAMA

Primer sinir onarımı için en uygun zaman kesin olarak bilinmemektedir (1,7,16). Bazı çalışmalar yaralanmadan sonraki 24 saat içinde acil onarımın optimal olduğunu öne sürerken, diğerleri cerrahi zaman ile klinik sonuç arasında hiçbir ilişki bulamamıştır. Daneyemez ve ark. yaralanmanın türü, meydana gelme zamanı, yaralanma sonrası nörolojik defisit durumunun da en az onarım zamanı kadar klinik sonuç ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir (7). Optimum iyileşme için yaralanmadan sonraki 48 saat içinde onarımın yeterli olduğunu söylemek mantıklı gözükmemektedir. Bununla birlikte çocuklarda daha yüksek nöral plastisite göz önüne alındığında, proksimal sinir yaralanmalarında bile yetişkinlere göre daha yüksek spontan iyileşme potansiyeli vardır (2). Bu nedenle çocuklarda periferik sinir yaralanmalarının yönetiminde bekle-gör yaklaşımının daha iyi olduğu ifade edilmektedir. Şu anda, genel fikir birliği, kapalı bir yaralanmadan altı ay sonra spontan iyileşme için sinir olarak kabul edilmesi gerektiğidir (4,5). Bununla birlikte, sinir rejenerasyonu kavramı, onarım bölgesinin etkilenen kasa olan mesafesi ile ilgilidir. Bu mesafe ne kadar uzun ise, beklenen iyileşme süresi de o kadar uzun olur (1). Bu nedenle çocuklarda altı aylık bekleme süresinin uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak bu bekleme süresi sinirin anatomik durumuna göre de belirlenebilir ve bu hastadan hastaya değişir. Kapalı sinir yaralanmalarında, yaralanmadan 6 ila 12 ay sonra motor iyileş-

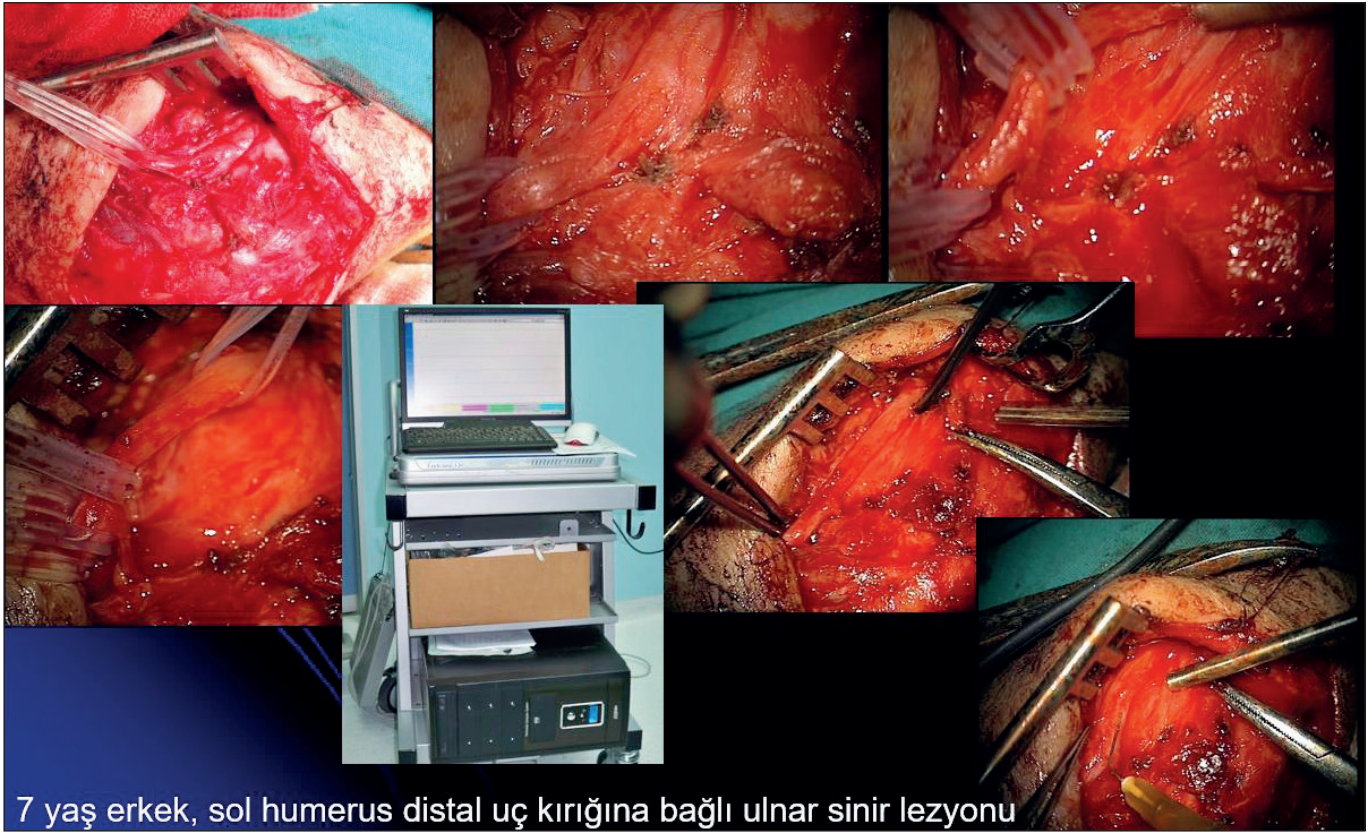
menin olmadığı durumlarda cerrahi tedavi endikasyonu vardır. Bununla birlikte, bazı çocukların motor veya duysal işlevlerde ayrı ayrı ve gecikmiş bir düzelme görüldüğü bilinmektedir (2). Bu durum hastaya cerrahi girişim ve onarım önermeden önce ek bir bekleme süresinin gerekip gerekmediği sorusunu gündeme getirmektedir. Bu nedenle her bir hasta ayrı ayrı klinik ve elektrofizyolojik olarak değerlendirilmeli ve cerrahi karar buna göre verilmelidir (6,12,17). Cerrahi onarımın gerekli olup olmadığına karar vermeden önce her bir hastanın iyileşme süreci dikkate alınmalıdır. Hastalardan bir kısmı yaralanmadan altı ay sonra tam olmayan (inkomplet) iyileşme belirtileri gösterirler ki bunlarda cerrahi tedavi bir süre geciktirilebilir. Öte yandan, hiç bir klinik ve elektrofizyolojik iyileşme belirtisi göstermeyen bazı hastalarda ise cerrahi eksplorasyon ve sinir onarımının bir an önce yapılması gerekir (1,17).

Günümüzde periferik sinir tamirinin pek çok farklı yöntemleri vardır. Bunlar; doğrudan sinir tamiri, sinir grefti ile tamir, sinir transferi, sinir iletilicileri (nerve conduits) ve tendon transferidir (1,10). Yaralanmadan sonra geçen süre en uygun tedavi yöntemini seçerken göz önünde bulundurulması gereken ana faktördür. Bu süre 12 aydan fazla ise aktif hareketi yeniden sağlamak için tendon transferlerine ihtiyaç duyulabilir. Ancak bazı yazarlar, EMG çalışmalarında kas fibrilasyonlarının varlığını, 12 aydan daha eski yaralanmalarda bile sinir onarımı endikasyonu olarak kabul etmektedir (1,7). Periferik sinir onarımında kullanılan cerrahi teknikler ikinci bölümde kısaca özetlenmiştir.

■ CERRAHİ TEKNİKLER

Dekompresyon ve Nöroliz

Bu prosedür; siniri sıkıştıran sıkı fasya, kas, tendon ve bazen kemik dokunun cerrahi olarak açılması, sinirin serbestleştirilmesi ve etrafındaki fibrotik dokunun ve granülasyon dokusunun açılmasına dayanır (Şekil 1) (17). Bu prosedürde amaç sinire alan kazandırmak ve sinire dış miyelin kılıfını yenileme şansı vermektir. Bunu zamanında yapmak daha hızlı elektrik sinyallerine ve hareket, his ve işlevin geri dönüşüne yol açmaktadır (1). Nöroliz sinir dekompresyonunun diğer bir adıdır. Nörolizde hasarlı sinirin cerrahi diseksiyonu yapılır ve sinir net bir şekilde ortaya konulur. Nöroliz, birçok farklı periferik sinir lezyonunu tedavi etmek için gerçekleştirilir ve sıklıkla iyi klinik sonuçlar alınır (7,10,17,18). Bununla birlikte bazı yazarlar nörolizin sinir fonksiyonunu iyileştirdiğini gösteren spesifik bir bilimsel kanıt olmadığını ve sinir fonksiyonlarındaki düzelmelerin muhtemelen yaralanmanın doğal seyri olarak kabul edilmesi gerektiğini ileri sürmektedirler. Buna karşılık, bazı yazarlar da açık sinir yaralanmalarında hızlı bir sinir eksplorasyonu ve onarımını gerektirdiğini iddia etmektedirler (7). Radial, ulnar ve median sinir lezyonlarında uygun cerrahi tedavisi ile mükemmel fonksiyonel iyileşme olduğu gösterilmiştir (17). Baysefer ve ark. basit dekompresyon ile çocuklarda ulnar sinir lezyonlarının hızla iyileştiğini göstermişler, bunun da hızlı sinir rejenerasyonu ve nöral plastisiteye bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir (2). Tuzak yaralanmalarında ve bazı gerilme tipi yaralanmalarda sinir, fasya, kas, tendon ve hatta kemik gibi sıkı anatomik yapıların altında sıkışabilir. Bu durumlarda sinir bütünlüğü tamdır, ancak sinir dış zarı bu sıkı yapıların oluşturduğu basınçtan dolayı zarar görebilir. Sıkışmaya bağlı sinir içindeki vasküler yapı-



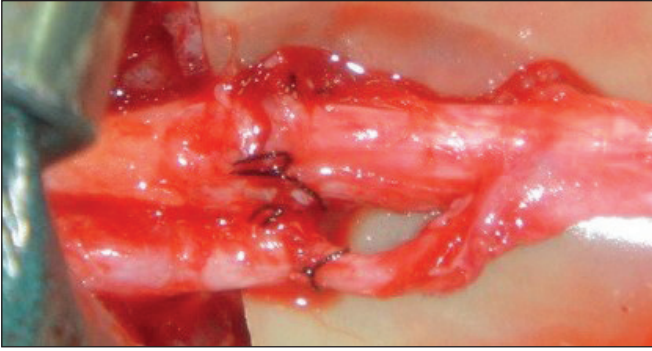
Şekil 1: Sol humerus kırığına bağlı sol ulnar sinir lezyonu gelişen 7 yaşında bir erkek çocukta dekompresyon ve nöroliz operasyonu görülmektedir. Hastanın ameliyatında intraoperatif nöromonitörizasyon uygulanmış ve sinirin hasarlı bölgesinden iletim görülmüştür.

larda kan akımı azalır ve sinirin beslenmesi bozulabilir. Buna karşılık, sıkışma sonucu oluşan granülasyon dokusu sinirin miyelin adı verilen doğal dış yalıtım tabakasının yerini alır. Miyelinin yerini alan skar dokusu ile elektrik sinyalleri kolayca iletilmez. Sonuç olarak, kasların kasılması için yeterli sinyal gitmez ve his/güç kayıpları meydana gelir. Bu durumlarda sinir dekompresyonu veya nöroliz yararlı bir tedavi seçeneği olabilir. Genel olarak, nöroliz çoğunlukla sinirlerdeki nöral hasarı ortaya koymak ve tedavi etmek için yapılır (1,7). Bu yaralanma grubu, mekanik, termal ve enjeksiyon yaralanmalarının yanı sıra akut ve kronik kompresyon sendromlarını içerir. Bununla birlikte, nöroliz, laserasyonlarda, kırıkla ilişkili yaralanmalarda ve ateşli silah yaralanmalarında olduğu gibi sinirsel devamlılık kaybı olduğu yaralanmaları tedavi etmek için de kullanılabilir (4,7,16). Bu lezyonlarda nöroliz yaralanma bölgesinin üstünde ve altında çevresel olarak gerçekleştirilir. Epinöral skar dokusu rezeke edilir ve tüm hasarlı sinir segmenti açığa çıkartılır. Ayrıca fonksiyonel sinir liflerini belirlemek için intraoperatif sinir aksiyon potansiyelleri ölçülür. Fasiküller yırtıldığında, nöral devamlılık kayb olduğunda veya hasarlı segmentin fasikülleri aksiyon potansiyellerini iletmediğinde bölünmüş veya kısmi greft onarımları yapılabilir. Ayrıca, siniri sıkıştıran skar dokusunu ve yapışıklıkları kaldırarak, nöropatik ağrıyı gidermek, dejenerasyona yardımcı olmak ve tatmin edici olmayan veya durmuş sinir iyileşmesi olan hastalarda nöroliz yapılır (1,10,17). Nöroliz genellikle bir saat veya daha az sürer ve genel veya lokal anestezi altında yapılabilir. Ameliyattan yaklaşık altı hafta

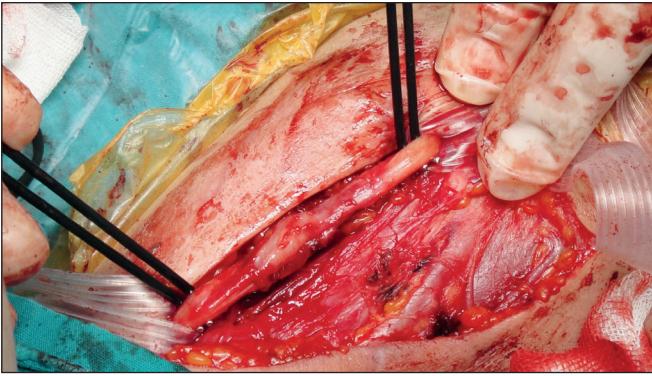
sonra hastalar tam aktivitelerine devam edebilirler. Ameliyattan sonra uyuşukluk, karıncalanma ve ağrı gibi semptomlar genellikle kısa sürede geçer. Uzun süredir devam eden veya ciddi vakalarda semptomların hafiflemesi ve kas fonksiyonunun geri dönüşü ise daha kademeli olur ve aylarca sürebilir.

Uç Uca Anastomoz

Bir sinir kesisinden sonra primer sinir onarımı tercih edilen cerrahi yöntemdir (17). Genellikle akut veya subakut yaralanmalardan sonra uygulanır (1). Bir yaralanmadan hemen sonra veya iki gün içinde yapılabilir. Bu tarz onarımın özellikle düzgün bir kesiden sonra yapılması tavsiye edilir (1,10,17). Anastomoz epinöral veya interfasiküler olmak üzere 2 farklı türde yapılabilir (Şekil 2). Bir sinir gövdesinin onarım prosedürü kabaca dört adıma ayrılabilir. Başlangıçta sinir uçları nekrotik dokudan temizlenir ve sağlam ve canlı bir sinir ucu elde etmek için hazırlanır. Sinir uçları mikrocerrahi aletler kullanılarak özenle temizlenir. Sinir uçlarının nekrotik kısmını çıkarmak için bir çift keskin mikromakas veya bistüri kullanılabilir. Örneğin ateşli silah yaralanmasına bağlı bir sinir hasarında bir laserasyon veya kontüzyon olup olmadığına karar vermek, rezeksiyonun kapsamını belirlemek zor olabilir. Sinir uçları hazırlandıktan sonra, aralığın uzunluğunun ve sinir segmentlerinin gerginliğinin ayarlanması göz önüne alınarak sinir uçları birbirine yaklaştırılmalıdır. Yaklaştırma sırasında sinir uçları diseksiyonla hafifçe mobilize edilebilirler, ancak geniş intrafasiküler diseksi-



Şekil 2: Kesiye bağlı pediatrik sinir hasarında epinöral anastomoz görülmektedir.



Şekil 3: Onbeş yaşında bir erkek çocukta radial sinir lezyonunda dekompresyon ve nörolizden sonra hasarlı sinir bölgesinde iletimi kontrol etmek amacıyla intraoperatif nöromonitörizasyon (NAP: nerve action potentials) uygulanmıştır.

yondan kaçınılmalıdır. Sinir uçları arasında minimum bir boşluk bırakılması tavsiye edilir. Bu boşluk hızla kan elemanları ile dolar ve makrofajlar içeren bir fibrin matrisi oluşur. Böyle bir fibrin matrisinde Schwann hücreleri hem proksimal hem de distal sinir segmentinden göç eder. Proksimal sinir ucundan gelen aksonlar Schwann hücreleri ile uyum içinde büyürler. Sinir onarımı dikişlerle sağlanır. Genellikle 9.0 veya 10.0 naylon sütürler (belirli durumlarda bazen daha kalın sütürler kullanılabilir) epinöriuma yerleştirilir. Böylece kesintiye uğrayan sinir epinöral sütürler ile ucuca getirilir. Bu işlem sırasında sinir uçlarının çok gerilmemesine dikkat edilmelidir. Özellikle çocuklarda sinir yapısı daha hassas olduğu için aşırı traksiyondan kaçınılmalıdır. Epinöral anastomozda dijital sinirlerde sıklıkla üç adet 9.0 sütür yeterli olabilirken, daha kalın sinirlerde (ulnar veya median sinirde) daha kalın sütür materyali (6.0 veya 7.0) ile birkaç kesintili sütür uygulanabilir. Sütürler yerleştirildiğinde sinir uçlarının malrotasyonundan kaçınılmalıdır (1). Epinöral sütür sırasında intranöral damarların korunması da önemlidir. Bu damarların siniri beslediği unutulmamalıdır. Spesifik olarak belirli hedeflere sahip fasiküllerin iyi tanımlandığı durumlarda ise interfasiküler anastomoz yapmak mümkün olabilir. El bileği seviyesindeki ulnar sinir, iki ayrı motor ve duyu bileşeni içerdiğinden böyle bir onarım tekniğinin kullanılabilmesi bir sinirdir. Tüm sinir onarımlarının mikroskop altında mikrocerrahi yöntemler kullanılarak yapılması tavsiye edilir (1). Ayrıca gerek

nöroliz gerekse de anastomoz türü cerrahilerde intraoperatif nöromonitörizasyon önemlidir. İntraoperatif NAP (nerve action potentials) kaydı sinirin işlevselliğini değerlendirmede önemlidir. Sinirin hasarlı bölgesinin her iki yanına elektrod yerleştirilerek bir ucundan uyarı verilip diğer uçtan kayıt alınır (Şekil 3) (17). Ayrıca hasarlı sinirin inerve ettiği kas gruplarına da elektrodlar yerleştirilerek sinirin proksimal kısmından verilen uyarının kaslara gidip gitmediği kontrol edilebilir.

Sinir Grefti Kullanılarak Yapılan Anastomoz

Farklı nedenlere bağlı ağır sinir yaralanmalarında sinir gövdesinin nekrotik dokusunun rezeksiyonu sonrası kopan sinir uçları arasında defekt (boşluk) olabilir. Aksonlara destek olarak böyle bir defektin bir sinir grefti ile köprülenmesi ve sinir uçları arasında bağlantının sağlanması gerekebilir (10). Tercihen duyu dalları olmak üzere bir dizi farklı donör sinir mevcuttur. En yaygın kullanılan ve bilinen donör sinir "sural sinir"dir (18). Donör sinir alınırken az dal içeren ve uzun (lateral malleolden dizin hemen altına kadar) bir greft almak mümkündür. Diğer donör sinirler ise ön koldaki medial antebrakial kutanöz sinir ve posterior interosseöz sinirin terminal dalıdır. Son ikisi özellikle dijital sinirler için uygundur. Dijital sinirler için, greft alınması sonrası ortaya çıkan potansiyel sekeller nedeniyle otolog sinir greftlerinin kullanımı günümüzde sorgulanmaya başlanmıştır (1). Bu gibi durumlarda sinir tüpleri veya diğer alternatifler seçilebilir. Son yıllarda sinir greftlerine farklı alternatifler ortaya çıkmıştır. Ancak çoğu sinir tüpleri için yalnızca deneysel çalışmalar mevcuttur. Büyüyen aksonlara uygun üç boyutlu matris uygulamak amacıyla kullanılan hücresiz sinir greftleri, ekstraksiyon ile hazırlanabilen hücresiz sinir allogreftleri tarif edilmiştir. Bununla birlikte, bu tür prosedürlerin sonuçlarını açıklayan hiçbir klinik randomize çalışma yayınlanmamıştır. Kısa dijital sinir defektleri için sinir uçları arasında oluşan fibrin matrisi için bir kılavuz olarak emilebilir sütürlerin kullanıldığı uzunlamasına sütürler uygulanabilir (20). Schwann hücreleri ve aksonlar, fibrin matrisi boyunca göç ederek boşluğu doldururlar. Yeni sinir gövdesinin etrafında da perinörium benzeri yeni bir yapı oluşur. Ancak geleneksel sinir grefti otolog sinir greftidir. Şimdiye kadar greft olarak kullanılacak motor sinirlerin az olması nedeniyle "otolog duyu sinirleri" sinir greftleri için donör olarak önerilmiştir, ancak deneysel olarak motor greftlerde sinir rejenerasyonunun schwann boyutu gibi farklı sinir mimarisi nedeniyle duyu greftlerinden daha sağlam olduğu ileri sürülmüştür. Sinir grefti genellikle ters yönde yönlendirilir. Kopuk sinir uçları arasına sinir greftleri sıkıca bağlanmalıdır. Sinir greftinin çoklu fasikülleri herhangi bir gerilim olmadan sütüre edilmelidir. Sinir greftlerinin koaptasyonunu sürdürmek için bir veya iki sütür kullanılır ve ek olarak fibrin yapıştırıcı da sıklıkla kullanılır. Mümkünse, tek tek karşılık gelen fasiküller greftler ile köprülenmelidir. Fasiküller oksijen difüzyonuna ve revaskülarizasyona izin verecek şekilde birbirine çok yakın yapışmamalıdır. Son olarak greftin uygulandığı doku yatağının schwann hücrelerinin hayatta kalması için optimal bir canlılığa sahip olması önerilir (1).

Nörotizasyon (Sinir Transferi)

Nörotizasyon veya sinir transferi, geri dönüşü olmayan şekilde bozulmuş bir duysal veya motor siniri yeniden oluşturmak için sağlıklı bir sinirin veya proksimal trunk'ın yerini değiştirme

teknigidir (17). Nörotizasyon türleri, yeniden inerve edilecek dokuya bağlıdır. Teorik olarak herhangi bir doku yeniden inerve edilebilir veya nörotize edilebilir (10). Son yıllarda bir donör sinirden gelen daha az önemli sinir fasiküllerinin kesildiği, intranöral olarak kesildiği ve fonksiyonel olarak daha önemli ve hasarlı bir distal sinir segmentine bağlanmak üzere yönlendirildiği sinir transferleri daha sık kullanılmaktadır. Alternatif olarak, bir sinirin tüm distal dalı (örn. distal anterior interosseöz sinir) kesilebilir ve hasarlı bir distal sinire (örn. tenar motor dalı) transfer edilebilir. Böylece sinir transferi tekniği ile proksimal sinir yaralanması hedefe kısa rejenerasyon mesafesi ile distal sinire dönüştürülür. Sinir gövdelerini transfer etme prosedüründe, interkostal sinirlerin muskulokutanöz sinire transferi gibi, brakial pleksusun rekonstrüksiyonunda, özellikle akson kaynağı olarak proksimal sinir kökleri mevcut olmadığında, sıklıkla kullanılır (18).

Sinir İyileşmesinin Erişkinden Farkları

Sinir yaralanması olan çocukların, aynı yaralanmaları olan yetişkinlere göre biyolojik avantajları vardır (2,5,15). Periferik sinir tamirinden sonra iyileşmeyi gösteren ve en sık kullanılan 2 adet duyu test vardır. Bunlar tinel testi ve iki nokta diskriminasyon (TPD) testidir (12,13). Ancak özellikle okul öncesi çocuklarda bu testlere çocukların uyumu yeterli olmayabilir. Bu nedenle bu yaş gruplarında motor fonksiyonların değerlendirilmesi daha önemlidir (14). Bununla birlikte yapılan klinik çalışmalar median ve ulnar sinir onarımlarında TPD değerinin (mm olarak) düzelmesinin hastaların yaşıyla (20 yaşına kadar) doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir (19). Chemnitz ve ark. çocuklarda ön kol ulnar ve median sinir onarımının klinik sonuçlarının adolesanlardan bile daha iyi olduğunu göstermiştir (3). Young ve ark. 20 yaşın altında dijital sinir onarımı yapılan hastaların %80'inde TPD değerlerinde düzelleme gözlemlenmiştir (20). Devi ve ark. ise 10 yaşın altında ve motor kaybın tam olmadığı çocuklarda mükemmel fonksiyonel iyileşme olduğunu belirtmişlerdir (9). Çocuklarda gözlemlenen bu fonksiyonel düzelenin çeşitli nedenleri vardır. Bunlar; sinir tamir bölgesinden hedef kasa (hasarlı sinirin inerve ettiği kasa) olan mesafenin erişkinlere göre daha kısa olması, sinirin rejenerasyon potansiyelinin daha yüksek olması ve merkezi sinir sisteminin üstün adaptif kapasitesi (nöral plastisite)'dir (2,14,15). Nöral plastisite, sinaps oluşumunun hücrel ve moleküler mekanizmalarından hücrel yeniden hizalanmaya veya sinir ağlarının organizasyonuna, ayrıca öğrenme, hafıza veya davranışa kadar bir dizi nöral tepkiyi ifade eder (2). Diğer bir deyişle, nöral plastisite, nöronların gelişim evresi sırasında değişme, çoğalma ve sinaps yapma yeteneğinin bir yansımasıdır. Doğumdan sonra insan beyninin büyük ölçüde deneyime bağımlı olarak geliştiğine ve deneyimle değiştirilip şekillendirildiğine inanılır. Beyin, doğumdan en az 20 yıl sonrasına kadar olgunlaşma sürecindedir. Beynin plastisitesinin, bazı önemli deneyimlerin gelişme veya öğrenme üzerinde en yüksek etkiye sahip olacağı ve organizmanın maruz kaldığı belirli çevreye uyumlu normal davranışla sonuçlanacağı olgunlaşma zamanları olarak tanımlanan kritik dönemlerde maksimum olduğuna inanılır. Yetişkinlerde sinir rejenerasyonu yaklaşık 1 mm/gün hızında ilerler (1,2,10). İlginç bir şekilde, literatürde çocuklarda periferik sinir iyileşmesinin çeşitli yönleri hakkında çok sayıda

makale bulunmasına rağmen, çocuklarda sinir rejenerasyon hızının yetişkinlerden daha yüksek olduğunu gösteren veya bu hızı ölçen spesifik bir makale mevcut değildir (2). Nöral plastisite iyileşmenin en önemli belirleyicisi olarak kabul edilmekle birlikte, nöral plastisitenin anormal sensör girdilerinin daha iyi dahil edilmesine izin verdiğine inanılmaktadır. Ayrıca klinik çalışmalarda hastanın yaralanma anındaki yaşının önemli bir prognostik faktör olduğu gösterilmiştir (7). Erken çocukluk döneminde yaralanan hastaların, ergenlik döneminde yaralanan hastalara göre kronik ağrı geliştirme riskinin de daha düşük olduğu gösterilmiştir (11). Ayrıca çocukların nöral plastisitesinin daha yüksek olmasından dolayı sinirlerde spontan iyileşme potansiyelinin de daha yüksek olduğuna inanılır (12).

■ SONUÇ

Çocuklarda periferik sinir cerrahisi erişkinlere göre daha az yapılmakla birlikte klinik sonuçları daha yüz güldürücüdür. Erişkinlerde cerrahi için bekleme süresi daha kısa iken çocukluk çağından spontan iyileşme ihtimali daha yüksek olduğu için bekleme süresi 12 aya kadar çıkabilmektedir. Çocuklarda sinir rejenerasyonunun daha hızlı olduğu iddia edilse de bunu gösteren herhangi bir çalışma mevcut değildir. Bununla birlikte nöral plastisitenin daha yüksek olmasından dolayı çocuklarda daha iyi sonuçlar elde edilir. Sinir boyutlarının erişkinlere göre daha küçük olması ve sinir yapısının daha hassas olması sebebiyle periferik sinire cerrahi girişimlerin daha dikkatli yapılması ve mikrocerrahi yöntemlerin kullanılması önerilmektedir.

■ KAYNAKLAR

1. Bahm J, Schuind F: Peripheral nerve surgery: Indications, surgical strategy and results. In: Rayegani SM (ed), Basic Principles of Peripheral Nerve Disorders. London: IntechOpen, 2012
2. Baysefer A, Izci Y, Akay KM, Kayali H, Timurkaynak E: Surgical outcomes of ulnar nerve lesions in children. A retrospective clinical study. *Pediatr Neurosurg* 40(3):107-111, 2004
3. Chemnitz A, Björkman A, Dahlin LB, Rosén B: Functional outcome thirty years after median and ulnar nerve repair in childhood and adolescence. *J Bone Joint Surg Am* 95(4):329-337, 2013
4. Costales JR, Socolovsky M, Sánchez Lázaro JA, Álvarez García R: Peripheral nerve injuries in the pediatric population: A review of the literature. Part I: Traumatic nerve injuries. *Childs Nerv Syst* 35(1):29-35, 2019
5. Costales JR, Socolovsky M, Sánchez Lázaro JA, Costales DR: Peripheral nerve injuries in the pediatric population: A review of the literature. Part II: Entrapment neuropathies. *Childs Nerv Syst* 35(1):37-45, 2019
6. Costales JR, Socolovsky M, Sánchez Lázaro JA, Álvarez García R, Costales DR: Peripheral nerve injuries in the pediatric population: A review of the literature. Part III: Peripheral nerve tumors in children. *Childs Nerv Syst* 35(1):47-52, 2019
7. Daneyemez M, Solmaz I, Izci Y: Prognostic factors for the surgical management of peripheral nerve lesions. *Tohoku J Exp Med* 205(3):269-275, 2005

8. Deshmukh SD, Samet J, Fayad LM, Ahlawat S: Magnetic resonance neurography of traumatic pediatric peripheral nerve injury: Beyond birth-related brachial palsy. *Pediatr Radiol* 49(7):954-964, 2019
9. Devi BI, Konar SK, Bhat DI, Shukla DP, Bharath R, Gopalakrishnan MS: Predictors of surgical outcomes of traumatic peripheral nerve injuries in children: An institutional experience. *Pediatr Neurosurg* 53(2):94-99, 2018
10. Feldman EL, Russell JW, Löscher WN, Grisold W, Meng S: Principles of peripheral nerve surgery. In: *Atlas of Neuromuscular Diseases*. Springer, Cham, 2021:45-52
11. Frykman GK: Peripheral nerve injuries in children. *Orthop Clin North Am* 7(3):701-716, 1976
12. Ho ES: Evaluation of pediatric upper extremity peripheral nerve injuries. *J Hand Ther* 28(2):135-142, 2015
13. Langridge B, Griffin MF, Akhavan MA, Butler PE: Long-term outcomes following pediatric peripheral nerve injury repair. *J Hand Microsurg* 12(1):27-31, 2020
14. Missios S, Bekelis K, Spinner RJ: Traumatic peripheral nerve injuries in children: Epidemiology and socioeconomics. *J Neurosurg Pediatr* 14(6):688-694, 2014
15. Philip PA, Philip M: Peripheral nerve injuries in children with traumatic brain injury. *Brain Inj* 6(1):53-58, 1992
16. Secer HI, Daneyemez M, Gonul E, Izci Y: Surgical repair of ulnar nerve lesions caused by gunshot and shrapnel: Results in 407 lesions. *J Neurosurg* 107(4):776-783, 2007
17. Secer HI, Daneyemez M, Tehli O, Gonul E, Izci Y: The clinical, electrophysiologic, and surgical characteristics of peripheral nerve injuries caused by gunshot wounds in adults: A 40-year experience. *Surg Neurol* 69(2):143-152, 2008
18. Secer HI, Solmaz I, Anik I, Izci Y, Duz B, Daneyemez MK, Gonul E: Surgical outcomes of the brachial plexus lesions caused by gunshot wounds in adults. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj* 4:11, 2009
19. Stoebner AA, Sachanandani NS, Borschel GH: Upper and lower extremity nerve injuries in pediatric missile wounds: A selective approach to management. *Pediatr Surg Int* 27(6):635-641, 2011
20. Young L, Wray RC, Weeks PM: A randomized prospective comparison of fascicular and epineural digital nerve repairs. *Plast Reconstr Surg* 68:89-93, 1981