

bölüm 6

Dr. Mehmet Can EZGÜ, Doç.Dr. İlker SOLMAZ
GATA Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği**PERİFERİK SINIR TAMİRİNDE GÜNCEL TEKNİK
VE MALZEMELER**

Periferik sinir hasarı sonrası pek çok vakada sinir fonksiyonunun geriye dönmesi spontan olarak gerçekleşebilir. Bu nedenle klinisyen cerrahi endikasyonu dikkatle koymalıdır. Hastanın semptomları, mevcut korunmuş fonksiyonları, travmanın şekli ve tedavinin getirilerinin karşılaştırılmaları ile verilen karar en doğrusu olacaktır. Hastanın yaşı, lezyon seviyesi, yaralanmanın neden ve mekanizması ile eşlik eden tıbbi tablo tedavinin prognozunun belirlenmesinde önemlidir.

CERRAHİ TEDAVİ

Periferik sinir cerrahisinin başarısı için cerrah hem anatomik diseksiyonu hem de mikroşirürji tekniklerini de kullanma yetkinliğine sahip olmalıdır. Sinir tamiri mikroskopik büyütme altında gerçekleştirilmelidir. Sinir onarım metotları; temel olarak direkt onarım (nörorafi) ve greft ile onarım tekniği olarak ikiye ayrılır:

Direkt onarım ise; epinöral onarım, grup fasiküler onarım ve fasiküler onarım olarak ayrılır. Greft ile onarım, hastanın kendisinden alınan (otojen) duysal sinir segmentleri ile yapılır. Bunlar arasında en sık sural ve medial antebrakial kutanöz sinir kullanılır. Uygulanacak cerrahi tedavi metodu, hasarlanan sinirin tipine ve onarım yerindeki tansiyona bağlıdır. Cerrahi metodun seçimindeki bir diğer önemli faktör ise hasarlanmanın mekanizmasıdır. Kesinin düz ve temiz olduğu (bıçak, cam kesisi vb.) yaralanmalarda direkt onarım genellikle mümkündür. Bu durumda çoğunlukla uygun olan teknik epinöral onarımdır. Kesilmiş sinirin proksimal ve distal uçları uygun mikroskopik büyütme altında

incelenerek fasiküller değerlendirilmelidir. Ekstremitelerin proksimallerinde fasiküler veya epinöral anastomoz mümkün olabilir. Ancak ekstremitelerde distallerinde fasiküler patern çoğunlukla mono veya oligofasiküler tipte olduğundan interfasiküler onarım daha uygun olacaktır. Direkt onarım için bazen bir veya daha fazla sinirin mobilizasyonu tekniği gerekebilir. Bunlar; eklem mobilizasyonu (fleksiyon pozisyonunda), sinir mobilizasyonu ve sinir transpozisyonudur. Bazen ekstremitenin repozisyonu primer sütürleme için gereken yeterli sinir uzunluğunu bize kazandırır (örneğin medyan sinir için dirsek veya bileğin fleksiyon pozisyonuna getirilmesi). Sinir onarımından sonra yeterli dayanıklılığı elde etmek için eklem ortalama 6 hafta süreyle immobilize edilmesi gerekebilir. Sinir longitudinal olarak eklemlelere kadar diseke edilerek maksimal sinir uzunluğu elde edilebilir. Ek uzunluk elde etmek için eklem kapsülüne uzanan duysal dallar gerekli olduğu takdirde kesilebilir. Transpozisyon ise sinirin primer onarımında gerekli sinir uzunluğunu sağlayabilir (örneğin ulnar sinirin mediyal epikondilin lateraline submusküler olarak yerleştirilmesi veya peroneal sinirin transpozisyonu için fibula başının alınması). Genel olarak sinir çapının 60 katına kadar sinir mobilize edilebilir. Ulnar sinir rutin olarak dirsekte enfarkt riski olmadan 7 santimetreye kadar mobilize edilebilir.

Periferik sinir tamiri için zamanlama üzerinde önemle durulması gereken bir diğer faktördür. Bazı cerrahlar hemen bazıları ise 3 haftadan sonraki geç tedaviyi önermişlerdir. Genellikle savaş zamanındaki tecrübeler geç veya sekonder tamirin uzun yıllar

boyunca daha popüler olmasına yol açmıştır. Bu tür ciddi yaralanmalar genelde yumuşak doku travmasıyla beraberdir. Çevreleyen dokular iyileşmeden, enflamasyon azalmadan sinir yaralanmasının sınırları ortaya konulmadan yapılacak cerrahi başarı yakalamak zordur. Tamirin zamanlaması sinir kesisinin ciddiyetine, eşlik eden kontüzyona, sinir uçlarının fragmentasyonuna, sinirin uzunlamasına hasarına, lokal doku hasarının derecesi ve kontaminasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu faktörlerin birisi veya daha fazlasının mevcudiyetinde geç tamir önerilmektedir. Bunun en büyük avantajı sinir hasarının demarkasyonudur. Dezavantajı ise endonöral tüp ve fasiküllerin progresif küçülmesi, ikinci bir cerrahi gerekmesi, retrakte sinir uçlarının fibrotik kısalmasıdır. Anatomik ve elektrofizyolojik devamlılığın önceden bilinmemesi ise bir diğer dezavantaj olarak karşımıza çıkar. Ayrıca sinir kesisini takiben optimal metabolik seviyenin temini 2-3 hafta içerisinde mümkündür ve aksonal rejenerasyonun en hızlı fazı bu döneme rastlar. Geç tamirde bu şans kaçırılmış olur. Sekonder tamirin düşünüldüğü ve sinir uçlarının kontüze olduğu durumlarda bunların çevre lokal dokuya basitçe tutturulması en azından hem sinirin retraksiyonunu önleyecek hem de ikincil cerrahi girişimde sinir eksplorasyonunu kolaylaştıracaktır. Genel olarak erken cerrahi girişim periferik sinir yaralanmalarının çoğunda oransal olarak daha az gerekir. Parsiyel sinir yaralanmasını komplet yaralanmaya çevirebilecek hematoma, anevrizmal kese gibi kitle lezyonları, kompartman sendromları ve tuzak nöropatilerde sinirdeki progresif ve irreversible hasarın erken dönemde engellenmesi gerekir (5). Travma sonrası sinir uçlarında düzensizlik ile karşılaşılır ise sinir rezeksiyon miktarı kestirilemez ve 2-3 haftalık skar oluşumuna izin veren süreçten sonra geç cerrahi girişim gerçekleştirilmelidir. Bu gecikme sağlıklı proksimal ve distal sinir uçlarının skarlı segmentlerden ayırt edilmesini sağlayacaktır.

Cam, bıçak gibi nedenlerle oluşan keskin ve temiz sinir kesileri ilk 24 saat içinde görülmüş ve uygun şartlar mevcut ise birincil tamir önerilmektedir. Özellikle açık tip periferik sinir yaralanmalarında erken dönemde primer ucuca sütür ile onarım gerçekleştirmek temel amaç olmalıdır. Bu dönemde endonöral tüpler normal ölçülerindedir ve anastomoz gerilme olmaksızın başarılabılır. Nedbe dokusu henüz yoktur ve diseksiyon daha kolaydır. Bu tamir özellikle brakial pleksus ve proksimal siyatik sinir lezyonlarında avantajlıdır. Bu tür lezyonlarda sinir uçlarının retrakte

olması nedeni ile geç dönemde transpozisyon veya eklem immobilizasyonu gibi uygulamalarla sinir uçlarının ucuca getirilmesi mümkün değildir. Ayrıca yaralanma bölgesinden hedef adaleye mesafenin fazla olması nedeni ile mümkün olan en kısa zamanda tamir önerilmektedir.

Kapalı tip periferik sinir yaralanmalarında yaklaşım daha zordur. Kapalı travmaların büyük bir kısmında sinirler gerçekte kesik değildir. Bunların büyük çoğunluğu gerilme veya bası yapan güçler sonucudur. Ancak sinirin hasarlı segmentinde devamlılık halinde nöropaksik, aksonotmetik veya nörotmetik derecede bir lezyon bulunmaktadır. Nöropaksik ve aksonotmetik lezyonlarda cerrahi gerekmez ancak komplet sinir yaralanmaları aksonotmetik veya nörotmetik yaralanmalar şeklinde karşımıza çıktığından, her iki yaralanmanın ayırıcı tanısının yapılması şarttır. Nörotmetik yaralanmalarda cerrahi tedavi ön planda düşünülmeli ve bu doğrultuda hastalar birkaç ay dikkatle izlenmelidir.

Spontan rejenerasyon ile anlamlı bir iyilikten söz edilebilmesi için geçen sürenin iyi bilinmesi gerekir. 24 ay kuralına göre adalenin total denervasyon süresi 24 ayı geçtiği zaman elverişli adale fonksiyonları elde edilememekte ve adaleler irreversible olarak atrofiye gitmektedir. Bu nedenle adale reinervasyonu için iki yıllık süre oldukça önemlidir. Aksonal rejenerasyonun oluşması için 3-4 aylık bekleme süresi yeterlidir. Bu süreçten sonra klinik ve elektrodagnostik deliller elde edilemezse cerrahi kararın verilmesi gerekir. Travma sonrası 1. ayda adalede atrofi belirginse cerrahiye erken karar verilmelidir. Geç dönemde fasyal sinir onarımı ve az sayıda sinir lifi ile devamlılığın sağlandığı sinir yaralanmaları 24 ay kuralının geçerli olmadığı durumlardır.

Periferik sinir yaralanmalarında travmanın gerçekleştiği bölge ile uyarılacak adale arasındaki uzaklık cerrahi zamanlamayı etkilemektedir. Özellikle brakial pleksus ve siyatik yaralanmalarında inerve olacak adaleye uzaklık fazla olduğundan onarımı birkaç ay içerisinde gerçekleştirmek kuraldır. Diğer periferik sinir yaralanmalarında her bir vakanın klinik ve elektrodagnostik bulgularına göre cerrahi kararı alınmalıdır. Bu duruma zıt olarak erken veya geç sinir onarımı bu tür vakalarda uygulansa bile istenilen iyileşme gözlenemeyebilir.

Periferik sinir cerrahisinde müdahale en uygun ortamda yapılmalıdır. Dikkatli eksplorasyon, mobilizasyon ve onarım için yeterli zamana ve dolayısıyla genel

anesteziye ihtiyaç vardır. Gerektiğinde kan kaybını önlemek ve kanamasız bir saha için turnike uygulanabilir.

PERİFERİK SINIR YARALANMALARINDA CERRAHİ TEKNİKLER

Tüm sinir tamir tekniklerinin amacı sinir gövdesinin bütünlüğünün ve hedef organa iletinin tekrar sağlanmasıdır. Millesi ve Terzis'e göre sinir tamirinin dört ana basamağı mevcuttur:

1. Sinir uçlarının hazırlanması, epinöryumun çıkarılması ve fasiküllerin ayrılması
2. Sinirler arası açıklığın ve sütün hattındaki gerginlik derecesinin değerlendirilmesi
3. Sinir uçlarının fasiküler oryantasyon açısından birbirlerine olan uyumlarına dikkat edilmesi
4. Yaklaştırılmış sinir uçlarının mekanik yöntemlerle devam ettirilmesi (sütün, fibrin yapıştırıcı vs.)

Hastaya pozisyon verirken, sinire değişik açılardan yaklaşma gereksinimi doğması ihtimaline karşı, operasyon sırasında pozisyon değiştirilme olasılığı göz önünde tutularak ona göre başlangıç pozisyonu verilmelidir. Eğer sinir bir ekstremitenin fonksiyonunu sağlıyorsa, tüm ekstremitelere hazırlanmalıdır. Çünkü bu işlem intraoperatif sinire elektrik stimülasyonu yapıldığında kas kontraksiyonunu veya eklem hareketini görmemizi sağlar. Ayrıca proksimal ve distal eklemler de serbest olmalıdır.

Operasyonun uzun sürmesi durumunda sabit ve muhtemel rahatsız bir pozisyonda kalmak hasta için zor olacağından çoğunlukla genel anestezi tercih edilir. Ayrıca intraoperatif sinire elektrik stimülasyonu yapılma ihtimaline karşı kas gevşeticiler kullanılmamalıdır. Operasyon sahasını kansız tutabilmek için kullanılan turnike zamanı, kas enfarktlerini önlemek amacı ile 2 saatin altında olmalıdır. Kandan arınmış bir sahada çalışmak sinirin daha kolay tanınmasını ve diseksiyon yaparken kolaylık sağlar. Ancak intraoperatif stimülasyon ve cevabını 20-30 dakika üzerindeki iskemi zamanı etkilemektedir. Bu nedenle bu işlemin yapılacağı cerrahide bu süre dolmadan turnike söndürülmelidir. 5 dakikalık reperfüzyon iskemiden sonra kas kontraksiyonunu restore eder. İnsizyon planlanırken herhangi bir fleksör piliyi dik olarak geçmekten kaçınılmalıdır. Diseksiyona, hasarlanan segmentin proksimal ve distali belirlendikten sonra başlanır (10).

Sinir tamiri yapılmadan önce zemine farklı renkte bir tabakanın serilmesi sütün işlemini kolaylaştırır ve çevre dokuların araya girmesine engel olacaktır. Cerrahi sette uygun mikroenstrümanlar bulunmalıdır. Greftleme sırasında enstrümanların dokulara yapışmasını önlemek için periyodik olarak heparinize saline solüsyonu içerisine batırılıp çıkarılır. Sinir uçlarının düzgün olarak kesilebilmesi için sinirin altına abesland gibi sert bir cisim koyulması gerekebilir. Mikroşirürji için uygun bir ortam hazırlamak amacı ile hemostazın sağlanarak kuru bir saha ortaya konması zorunludur. Bipolar koagülatör bu amaç için uygundur. İnsizyon lezyonun yanı sıra proksimal ve distal sinir segmentlerini ortaya koymak amacı ile yeterince uzun yapılmalıdır.

Periferik sinir yaralanmalarında cerrahi girişimi etkileyen faktörlerin başında sinir uçları arasındaki boşluğun kapatılması gelir. Keskin bir kesi de olsa, bir sinir kesildiği zaman sinirin elastikiyeti nedeniyle uçlar arasında yaklaşık 1-2 cm'lik bir aralık oluşacaktır. Uçlar başlangıçta minimal bir gerginlik ile bir araya gelse de zamanla oluşan sinir içi fibrozis elastikiyeti azaltacak, sinir uçları kalıcı olarak kısalacaktır. Daha ciddi yaralanmalarda nedbe dokusu daha da artacaktır. Operasyonda nedbe dokusunun geliştiği uçların kesilmesi siniri daha da kısaltacaktır. Sinirin uzunluğu, çekmek, serbestleştirmek veya sinirin yolunun değiştirilmesi ile arttırılabilir. Sinir gövdesinin elastikiyeti çekme ile serbest uzunluğunun %6'sı kadar uzamasını sağlar. Bunun ötesi iskemi ve sinir içi hasara yol açar. Sinirde serbest uzunluğunun % 5'inden fazla bir gerilme kan akımını azaltacak, %15'inden fazla bir gerilme ise kan akımının durmasına yol açacaktır. Sinirin çevre dokudan diseke edilerek mobilize edilmesi sinirin boyunu arttıracaktır. Bu yöntem medyan ve ulnar gibi az motor dal içeren sinirler için daha uygundur. Sonuçta bir derece de olsa kan akımında bozukluk oluşacaktır. Mümkünse sinir boyunca damarların da serbestleştirilmesine çalışılmalıdır. Serbestleştirme işlemi kendi başına sinirin boyunda 2-4 cm bir uzunluk kazandırabilir. Ancak bu işlemin cerrahi alanda bir miktar fibroze neden olacağı unutulmamalıdır.

Sinir yolunun değiştirilmesi, sinirin normal anatomik seyrini değiştirerek uzunluğunun arttırılmasıdır. Çok az anatomik lokalizasyonda uygulanabilir. Örneğin ulnar sinirin epikondil üzerinden geçecek şekilde yolunun değiştirilmesi 3-5 cm ek uzunluk sağlayacaktır. Medyan sinir, pronatör teres'in önüne getirilirse 2

cm'lik kazanç sağlanır. Radyal sinir humerus kırıklarında kesilirse, öne taşınarak biceps ve brakialis kasları arasına yerleştirilebilir. Sinirler arası açıklık yakın ekleme pozisyon vererek de azaltılabilir. Yara iyileşmesini takiben eklem yavaş şekilde ekstansiyona getirilir. Diz ve dirsek fleksiyonu 90 derece, el bilek fleksiyonu 40 derecede sınırlanmalıdır. Tüm bunlara karşın minimal fleksiyondan fazlası gerekirse, ucuca anastomozun iptal edilip sinir greftinin kullanılması önerilmektedir. Kemik rezeksiyonu ve kısaltılması nadiren kullanılmaktadır. Yaygın kırık veya humerusun kötü kaynaması açık cerrahi girişim gerektirdiği zaman bir miktar kemik kaybı tolere edilebilir. Eğer serbestleştirme veya sinirin yolunun değiştirilmesi işlemi yapılamazsa, humerusun 5-6 cm'lik rezeksiyonu kabul edilebilir. Önkol ve alt ekstremitelerde kemik rezeksiyonu düşünülmemelidir. Sinir tamirindeki yetersizliğin en önemli nedenlerinden biri tamir öncesi proksimal ve distal sinir uçlarının normal fasiküler yapıyı elde edinceye kadar rezeksiyonunun sağlanmamasıdır. Normal fasiküler yapı görülünce gerginliğe yol açmadan ve periferik mikrosirkülasyon bozulmadan ucuca anastomoz yapılmalıdır.

Eksternal Nöroliz

Eksternal nöroliz genellikle intraoperatif stimülasyon ile kayıt elde edilen sinirleri izole etmek için uygulanması dışında, skar dokusunun yapışıklık ve bası nedeniyle duyu ve motor defisitler dışında ağrıya yol açabileceği, rejenere aksonların büyümesini geciktirebileceği

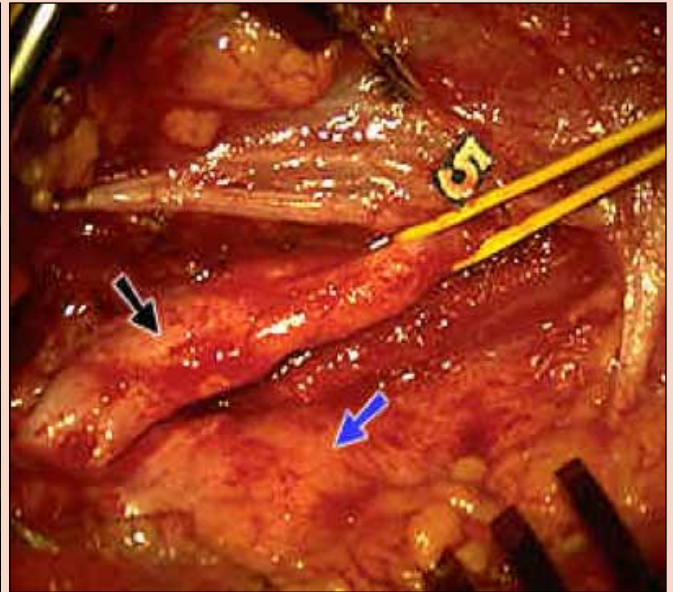
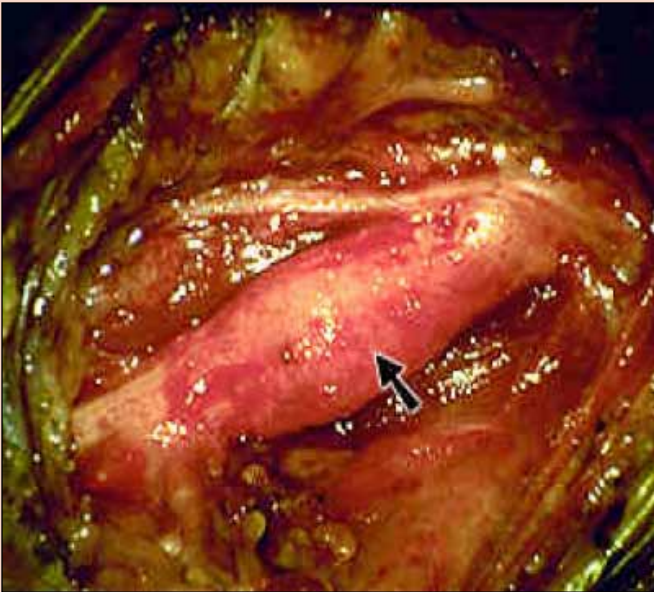
ve sinirin iyileşme hızını arttıracığı düşüncesi ile uygulanmaktadır. Burada sinir dokusu çevre dokudan tamamıyla ayrılmaktadır.

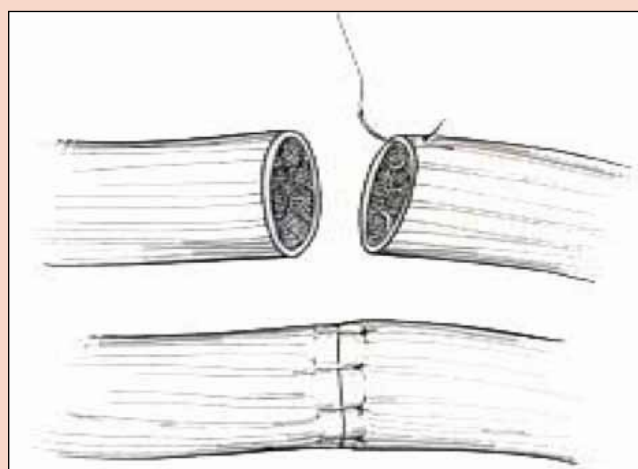
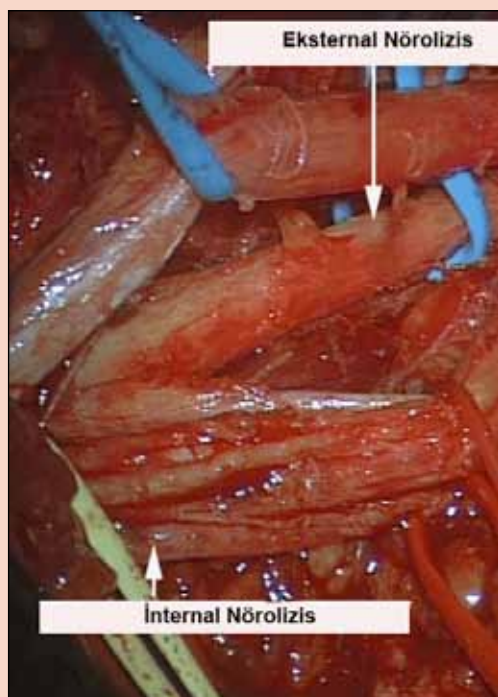
Internal Nöroliz

Fonksiyonel sinir fasiküllerini fonksiyonel olmayan fasiküllerden ayırt etmek ve fonksiyonel olmayan liflerin yeniden fonksiyonel hale getirilmesi için kullanılmaktadır. Ancak internal nöroliz bazen fonksiyonel sinir liflerinin hasar görmesine sebep olabilmektedir. Özellikle kapalı periferik sinir yaralanmalarında, gerilme ve bası sonucu oluşan hasar sonrası yeterli rejenerasyon oluşursa spontan aktivite, travma sonrası 8-10 haftalık süreçte EMG'den önce intraoperatif sinir aksiyon potansiyelleri kayıt teknikleri ile tespit edilebilmektedir. Pozitif kayıta sıklıkla eksternal nöroliz uygulanır. Parsiyel sinir yaralanmalarında bir kısım sağlam fasiküllerin yanında yer alan skar ile çevrili fonksiyonel olmayan ve non-kojaljik ağrıya yol açan lifler için internal nöroliz uygulanmaktadır. Intraoperatif sinir aksiyon potansiyeli kayıtlarının elde edilemediği durumlarda ise sağlıklı nöral dokuya kadar rezeksiyon gereklidir.

Epinöral Onarım

Epinöral tamir sinir cerrahisi içerisinde en yaygın metottür. Epinöryumu ucuca sütürleyerek yapılan nöroرافي şeklidir. Sinir uçlarının kolayca yakınlaştırılabildiği hasarlanmalarda tercih edilir. Sinir uçları dikkatli ve nazik bir şekilde mobilize edilir ve epinöryumun gö-





rülmesini engelleyebilecek yumuşak doku parçacıklarından temizlenerek arındırılır. Uygun oryantasyon ve rotasyonel sapmadan kaçınmak için, epinöryumdaki longitudinal kan damarları gibi periferik sinirlerin eksternal işaretlerine ve bunların karşı karşıya gelmelerine dikkat edilmelidir. Buna ek olarak internal nöral topografinin inspeksiyonu da, fasikülleri uygun şekilde karşı karşıya getirmede yardımcı olacaktır.

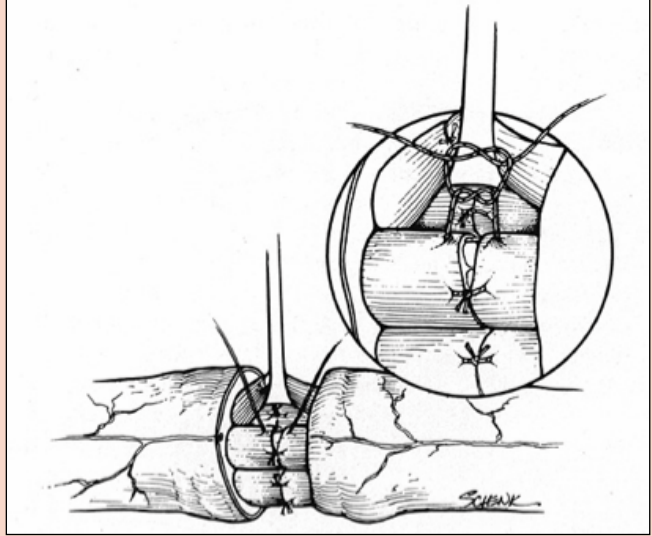
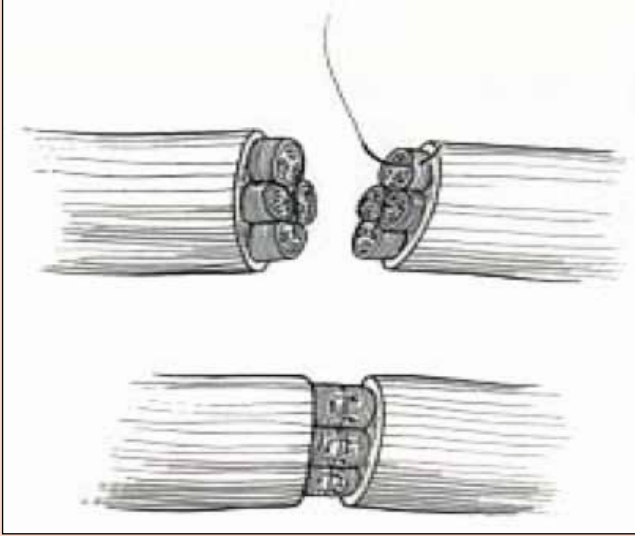
Sinir uçları sinirin uzun aksına dik olarak keskin bir bistüri ile kesilir. Sinir uçlarının deforme ve yumuşak olması nedeni ile bazı cerrahlar polietilen maddeden sargı ile sinir uçlarının stabilize edilmesini hatta soğutulmasını önermektedir. Büyük sinirler 15 numara bistüri ile, küçük sinirler ise mikromakas ile kesilebilir. Daha sonra sinir magnifikasyon altında onarım için uygun, sağlıklı görünümlü ve hasarlanmamış fasiküllerin tespit edilmesi için incelenir. Sinir uçları bu özellikleri gösterene kadar 1-2 mm aralıklarla birkaç kesi tekrarlanabilir. Onarımda bu basamağın kesinlikle atlanmaması gereklidir. Hasarlanmış sinir dokularının yeterince rezeke edilmeden onarıma geçilmesi cerrahi başarıyı olumsuz yönde ağır bir şekilde etkileyebilmektedir. Eğer bu aşamada sinir uçları karşı karşıya gelemeyecek düzeyde rezeke edilmesi gerekirse, sinir grefti kullanmak zorunluluğu doğar. Hasarlı sinir dokusunun primer onarımıyla kıyaslandığında, kısa mesafeler için hasarlanmamış sinir dokularının greftle onarımının cerrahi sonuçları çok daha iyidir. Eğer üst ve alt eklem uzunluğunun % 15'inden fazla bir sinir defekti varsa primer ucuca birleştirme olası değildir. Bu durumda da sinir grefti kullanmak gereklidir.

Sinir uçları minimal gerginlik ile karşılıklı getirilmelidir. Epinöral uçlar saatçi penseti ile tutulmalı, çoğunlukla 6/0 ile 10/0 arasında mümkün olan en ince abzorbe olmayan nylon suture materyali kullanılmalıdır. Bu sırada nöral elemanlara dikkat edilerek epinöryum tam kat halinde geçilmelidir. İlk iki nylon suture öncelikle 180 derece karşılıklı yerleştirilmelidir. Bu sayede sinirin rotasyonu engellenmiş olur. Daha sonra aralara 2-3 suture uygulanmalıdır. Suturen perinöryuma geçmemesine dikkat edilmelidir.(4) Sutureler dikkatlice sıkılmalı ve fazla baskı oluşturulmamalıdır. Sinirde fibrozis gelişme şansını minimize etmek için onarım mümkün olan en az sayıda suture kullanılarak yapılmalıdır. Suturelerin konmasından sonra sinir yüzleri karşı karşıya gelmeli ancak üst üste binmemelidir. Birçok polifasiküler sinir epinöral onarım ile suture edilir. Epinöral onarım; daha hızlı, kolay ve

daha az manipülasyon gerektiren bir tekniktir ancak çok dikkatli cerrahi manipülasyonda bile fasiküllerin karşılıklı düzgün dizilişi sağlanamayabilir. Yara kapatıldıktan sonra, ekstremitelere 3-4 hafta için askıya alınmalıdır. Eğer sinir uçlarının karşılıklı getirilmesi için fleksiyon gerekiyorsa, askı çıkartıldıktan sonra yavaş yavaş (Her hafta 10-15 derece) ekstansiyon sağlanmalıdır. Birçok cerrah fleksiyon yerine sinir grefti kullanmayı önermektedir. Bazı cerrahlar ise herhangi bir cihaz ile immobilizasyon önermektedir. İnsizyon ağrısının hastanın aktivitesini ilk 1-2 hafta için kısıtlayabileceği hatırlanmalıdır. Daha sonra hasta hafif aktiviteler için cesaretlendirilerek uygun fizik tedavi ve rehabilitasyon programına geçilmelidir. (8)

Fasiküler Onarım

Fasiküler onarımın amacı her iki uçtaki fasiküllerin birbiri ile optimal uyumunun ve rejenerasyonunun sağlanmasıdır. Bu onarım şeklinde fasiküller tek tek veya grup olarak suture edilirler. Fasiküler onarımda polifasiküler bir sinirde öncelikle uygun fasiküler gruplar belirlenir. Birbiri ile uyumlu fasiküller proksimal ve distalde saptanır. Sonrasında internal epinöryum fasiküler gruplar arasında diseke edilerek fasiküllerin yeterli mobilizasyonu sağlanmaya çalışılır. Mobilizasyonun tamamlanması sonrası onarıma geçilir. Genellikle cerraha en uzak olan zor erişilebilir fasiküller önce suturelenmelidir. Eksternal epinöryumun onarımı cerrahi sırasında tansiyonu azaltmada faydalı olabilir. Internal epinöryuma gerekli olan en az sayıdaki (genellikle iki) suture konur. Tek tek fasikül tamiri için fasiküllerin izolasyonu gereklidir. Fasikül, cerrahi olarak manipüle edilebilen sinir dokusunun en küçük ünitesidir. Buradaki sinir tamiri de fasiküler grup onarımındaki cerrahi prosedür ile aynı özelliktedir. Fasiküllerde motor ve kutanöz duysal dalların ayrılabilirdiği durumlarda kullanılabilir. Eğer oligofasiküler bir sinir var ve interfasiküler doku internal nörolize imkan vermiyor ve bu sırada sinirin zedelenme riski varsa bu onarım tercih edilmemelidir. Fasiküller büyütme altında dikkatlice diseke edilmeli, epinöral doku çevresel olarak 5-10 mm çıkartılmalıdır. Fibrotik sinir uçları normal fasiküler yapı görülene dek eksize edilmelidir. Perinöryum ince uçlu saatçi pensetiyle suture geçirilinceye kadar kavranmalı, fasiküler komponent zedelenmeden tam kat geçilmelidir. Fasiküler onarımda 50-75 µm'lik iğne ve 8/0-10/0 suture materyali en uygun ebatlardır. Bu onarım mikroskop altında gerçekleştirilmelidir. Eğer sutureler perinöryuma geçerse endonöral içerik



kaybolacağı için, aksonal büyüme uygun koşullarda gerçekleşmez. Bu nedenle genellikle her anastomoz için 1-2 suture kullanılması ve sinir uçlarının gevşek olarak bir araya getirilmesi önemlidir. İşlem sonrası ekstremitelere 4 hafta için askıya alınmalı, ardından aktif ve pasif hareketlere başlanmalıdır (4,8).

Fasikül onarımının avantajı, sağlam fasiküllere dokunulmadan sadece hasarlanan fasiküllerin onarımına imkan verebilmesidir (selektif onarım). Ayrıca fasiküllerin karşılıklı suturelenmesinde optimal oryantasyon sağlar. Bununla beraber fasikül onarımının dezavantajları da vardır. İlki bu prosedürün oldukça uzun zaman gerektirmesidir. Bu tür onarımda daha fazla suture kullanılır ve perinöryuma olan bu sutureler rejenerasyonu kısıtlayan fibrozis oluşum riskini arttırabilir. İnterfasikül liflere zarar verebilme şansını daha fazla olması, besleyen damarları hasarlandırma oranının da daha fazla olması gibi dezavantajları vardır.

Fasikül-Matching Tekniği

Ne kadar çok akson tam olarak hedef organa yönlendirilirse, başarılı bir sinir rejenerasyonu şansı o oranda artar. Uyanık hastada yapılan intraoperatif sinir stimülasyonu bu amaç için uygulanan mevcut yöntemlerden biridir. Hastanın proksimal sinir ucunda fasiküllerin stimulusuna verdiği cevap, motor ve sensoryal sinir uçlarının ayırt edilmesini sağlayabilir. Ancak bu işlem için hastanın çok iyi koopere olması gerekmektedir ve bu işlem her hasta tarafından tolere edilemeyebilir. Motor ve

sensoryal fasikülleri belirleyebilmek için histolojik boyama tekniği de uygulanabilir. Günümüzde asetilkolinesteraz ve karbonik anhidraz enzimi gibi bazı işaretleme tekniklerinin yardımı ile fasiküllerin ayrımı mümkün olabilmektedir. Ancak buna karşın intraoperatif boyama tekniği cerrahi süreyi yaklaşık 1 saat uzatabilmesi ve net bir sonuç verememe ihtimali nedeniyle çok sık kullanılmamaktadır (7,11).

Sütürsüz Sinir Onarımı

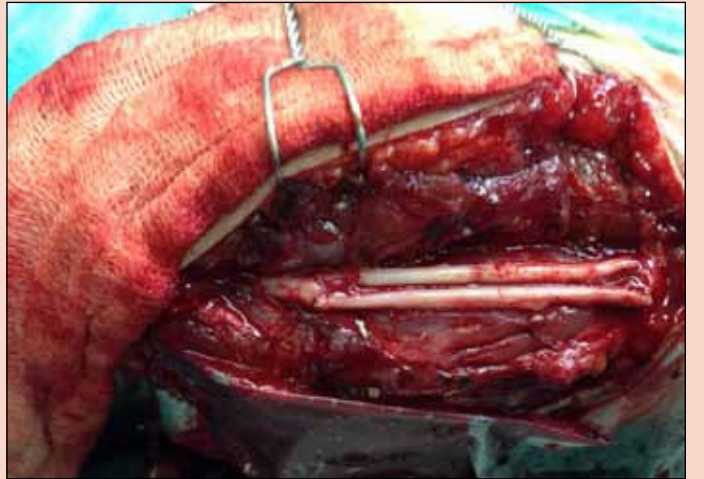
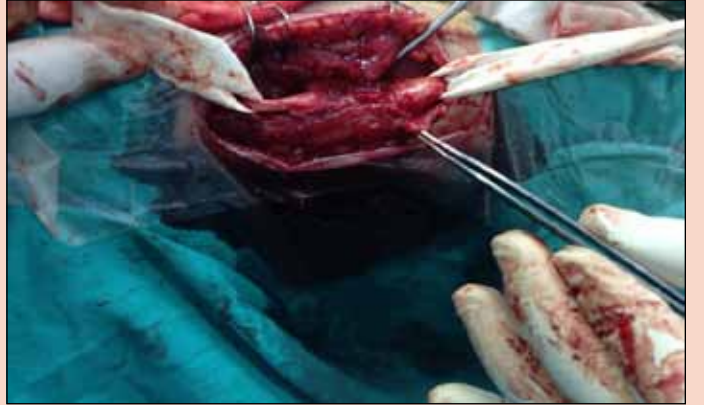
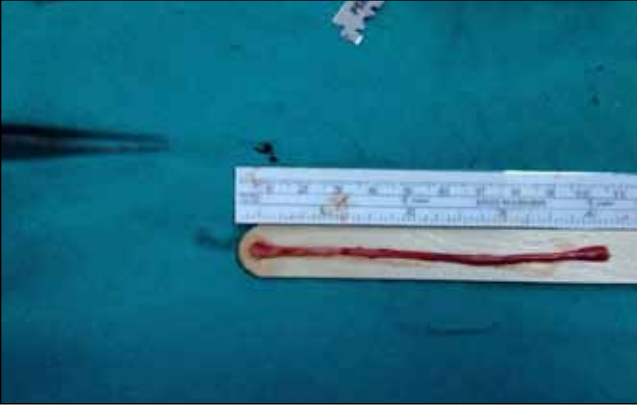
Sinir dokusunun suture atılmadan onarımı ile geleneksel suture teknikleri ile onarım sırasında sinir dokusunda oluşturulabilecek hasarlanmalar önlenmiş olacaktır. Bu metodun, konulan suturelere bağlı muhtemel gerginliğin olmaması sebebi ile daha efektif olacağı düşünülmelidir. Bu tedaviye dahil olan metodlar fibrin yapıştırıcısı ile onarım, lazer ile onarım ve kılıflama metodu ile onarımdır. Fibrin yapıştırma ilk kez 1940'larda gündeme gelmiş ancak daha sonraki çalışmalarda bu yöntemin dikiş uygulamasına üstünlüğü kanıtlanamamıştır. Lazer kaynağı ile sinir tamiri özellikle nedbe dokusunun azaltılması açısından önerilmektedir. Diğer avantajları sinir manipülasyonunun azalması ve su sızdırmaz tarzdaki epinöral tamirdir. Pratik olarak lazer tamirinin stabilizasyonu için en azından bir suture uygulanmalıdır. Dikiş tam olarak bir alternatif oluşturulmasına karşın uçlar arasında gerilmenin olmadığı durumlarda kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerin klinik sonucu ne kadar etkileyeceği halen tam olarak bilinmemektedir (10,12).

Sinir Greftleme

Sinir hasarlanmasından sonra hasarlanan sinirde doku kaybı olabilir. Bu gibi durumlarda sinir mobilizasyonu, lokal eklem pozisyonlaması, sinir transpozisyonu ve kemik kısaltılması gibi tedavi seçenekleri vardır. Her bir seçeneğin riskleri ve faydaları dikkatlice değerlendirilmelidir. Karar verirken göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta sinirin tansiyona neden olmadan yapılan onarımdır. Seddon sinir uçları arasındaki açıklığın 5-7 cm'den daha fazla olduğu durumlarda, ucuca birleştirmenin etkin olamayacağını bildirmiştir. Bu durumlarda sinir greftlerinin kullanımı daha faydalı olacaktır. Eğer bir sinir sütür hattında gerilmeye yol açmadan karşılıklı bir araya getirilemiyorsa, bu durumda sinir grefti kullanma endikasyonu vardır. Eğer 1adet 10/0 nylon epinöral sütür, sinir uçlarını karşılıklı tutabiliyorsa tansiyonun ciddi olmadığı düşünülür ve greftlemeye gerek yoktur. İdeal şartlarda, sinir grefti distal sinir ucu gibi davranacaktır. Greftin revaskülarize olması gerektiği düşünülmesi ve

mümkün olan en kısa sinir grefti kullanılmalıdır. Greft konulduğu gün greft çevre dokudan difüzyon ile yaşar. 3. gün ise revaskülarizasyon başlar. Revaskülarizasyon sinir greftinin yaşaması için önemli olup, proksimal ve distal uçlar ile sinir yatağından gerçekleşmektedir. Ancak kalın greftlerde vaskülarizasyonun gecikebileceği ve bu nedenle santral nekroz gelişebileceği unutulmamalıdır (9). Greftin yaşaması için optimal kalınlığı 5 mm çaptan küçük olmasıdır (13).

Greft uygulaması genellikle geç sinir tamiri sırasında yapılır ve temiz, sağlıklı, iyi damarlanmış olmalıdır. Greftlemeden önce hasarlanan sinirin proksimal ve distal uçları normal fasiküler yapı bulununcaya kadar rezeke edilir. Greft uzunluğu doku kaybı uzunluğundan %10-20 daha fazla olmalıdır. Her iki uçtaki fasiküller büyüklük ve lokalizasyon açısından eşleştirilirler. Greft 1-2 adet 10/0 nylon sütür ile tutturulur. Geniş fasiküllü sinirlerde birden fazla greft gerekebilir (14). Greft sayısının sinire göre değişkenlik göstermesine karşın ortalama olarak ulnar, medyan, radyal sinirler



için ortalama 4-6 greft gereklidir. Az sayıda geniş lifler içeren sinirlerde her bir fasiküle birden fazla greft ile de anastomoz yapılabilir. Fazla sayıda fasikül içeren greftler birleştirileceği zaman aynı ölçülerdeki greftlerin birleştirilmesine çalışılmalıdır. Greft, rejenere olan aksonların kaybını engellemek için, distal sinirin kenarı ile üst üste binmelidir. Küçük çaplı kutanöz sinirler çok iyi greft materyalleridir. Bir donör sinirden internal nöroliz ile fasikülleri ayırarak sınırlı sayıda fasikül elde etmek mümkündür. Bu teknik donör sinirin parsiyel fonksiyonları korunabilir. Ancak bu teknik sadece küçük motor sinirler hasarlandığı veya az miktarda fasikül hasarlandığı zaman uygulanabilir.

Grup fasiküler greftlemede amaç; rejenere olan aksonları greft materyali boyunca distal sinir ucundaki fasiküler grupla eşleştirmektir. Greft en az sayıda ve tansiyon olmadan dikkatli bir şekilde fasiküler gruplara tutturulur. Tek tek fasiküler greftleme ise yaygın olmayan bir tekniktir.

Sinir kayıplarını kapatmak için en sık kullanılan materyal otojen sinir greftleridir. İdeal olarak donör sinirin rejenerasyonu için uygun bir ortam sağlar ve kabul edilebilir bir donör morbiditesi gelişir. Bu amaçla en sık kullanılan sinir sural sinirdir çünkü kolay elde edilebilir ve aynı zamanda hasta tarafından iyi tolere edilmektedir. Sural sinir son zamanlarda üst ekstremitelere geniş sinir defektlerini kapatmak için kullanılan standart otojen sinir grefti haline gelmiştir. Bir longitudinal insizyon ile veya ardışık küçük transvers insizyonlar yardımı ile her bir bacadan 30-40 cm'ye kadar sural sinir çıkartılabilir. Lateral malleolün altında ve hemen arkasında bulunur ve baldıra kadar takip edilir. Bu sinir 2-3 mm çapında olup genellikle 3-6 fasikül içerir. Ayağın lateral yüzeyinde oluşacak his kaybı önemsiz değildir. Bu nedenle preoperatif olarak hasta konsülte edilmeli ve gelişebilecek his kusuru hakkında bilgilendirilmelidir. Preoperatif olarak siniri lokal anestetiklerle bloke etmek, hastada greft alındıktan sonra gelişebilecek durumu önceden demonstre etmeyi sağladığı için çok faydalı bir uygulamadır. Beklenen his kayıplarının yanında nöroma semptomları da morbiditeyi artırabilir (13).

Önkolda kutanöz sinir dalları greft materyali olarak uygundur. Özellikle burada preoperatif sinir bloğu yapmak ve oluşabilecek tabloyu görmek çok faydalıdır. Medyal antebrakial kutanöz sinir (MACN) çıkartılabilir ve 10 cm'ye kadar greft elde etmemizi sağlayabilir. Postoperatif his kaybı, orta-önkolun medyal kenarı

boyunca olacaktır. Lateral antebrakial kutanöz sinir, MACN'den daha fazla miktarda (yaklaşık 20 cm) greft materyali elde etmemizi sağlar. Ancak bununla beraber önkolun lateral kenarı boyunca oluşacak his kaybı, tenar bölgeye kadar uzanabilir. Bir diğer greft materyali olan posterior interosseöz sinir bilek seviyesinden eksize edilir ve yaklaşık 3.5 cm greft materyali elde edilebilir. Bu greft özellikle dijital sinir defektlerinde faydalıdır ve his kusuru gelişmediği için donör morbiditesi oluşturmaz. Ayrıca lateral femoral kutanöz ve süperfisyal radyal sinirin de kullanılması mümkündür ancak dezavantajı küçük çapta ve kısa oluşlarıdır (12).

Vaskülarize sinir greftlerinin kullanımının pek çok avantajı vardır. Öncelikle non- vaskülarize greftlerde olan iskeminin ilk periyodundan (2-3 gün) kaçınılması olur. Bunun yanında non-vaskülarize greftlerde gerekli olan alıcının doku yatağından revaskülarizasyon ihtiyacına gerek kalmaz. Bu yatak çoğu zaman ciddi derecede skar dokusu ile kaplı ve vaskülarizasyonu zayıftır. Böylelikle santral doku nekrozu olmaksızın çok daha büyük miktarlarda greft nakledilebilir. Bu teknik için mevcut en gerekli endikasyon, ağır düzeyde skar dokusu ile kaplı doku yatağına greftleme yapmaktır. Örneğin bu tekniğin yardımıyla, ulnar sinir kullanılarak brakial pleksus rekonstrüksiyonu yapmak mümkündür.

Kolay çıkarılabilmesi, sıklıkla mükemmel boyut uyumuna sahip olması nedeni ile sinir defektlerini kapatmak için otolog ven greftleri de uygun materyallerdir. Bu teknik için en ideal periferik sinirlerin; küçük çapta sadece motor veya sadece duysal özellikte olması, ayrıca hedef organ alanının büyük olmaması gereklidir. Bu teknik klinik çalışmalarda dijital sinir çalışmaları için kullanılmıştır. Geleneksel sinir greftlerine bir üstünlüğü kanıtlanamamıştır (2,3).

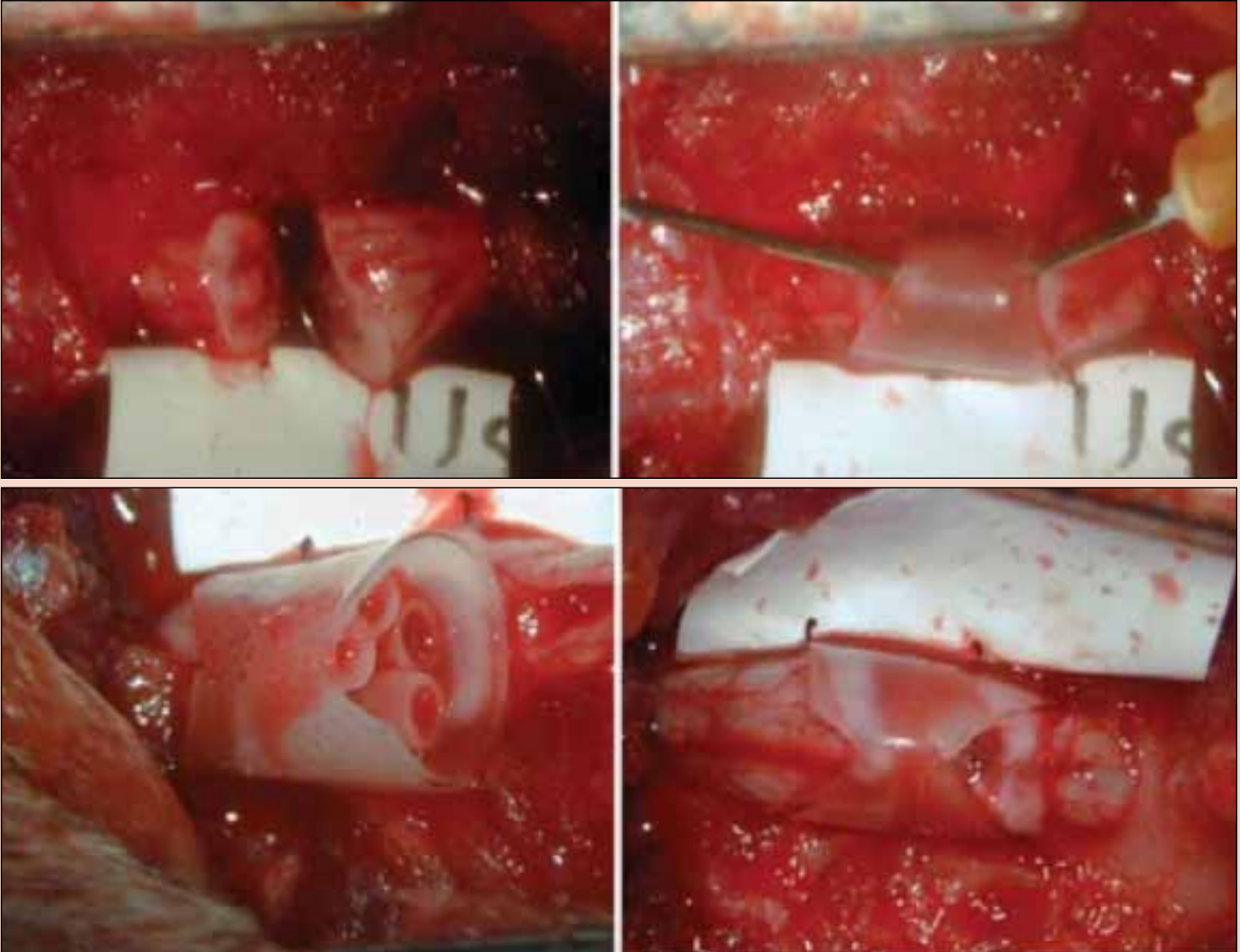
Allogreft sinir materyallerinin kullanımı, uygun miktarlarda bulunabilmesi ve donör morbiditesi olmaması nedeni ile cazip gelebilir. Ancak, Schwann hücrelerinin canlılığını koruyabilmek için immünsupresyon gerekliliği bu metodun klinik kullanımını kısıtlamaktadır. Sinir uçları arasındaki defekti köprülemek amaçlı çok çeşitli tübüler yapılar kullanılmıştır. Bunlar; kauçuk tüpler, fasyal kılıflar, dondurulmuş kurutulmuş arterler, kollajen tüpler ve sinir allogreftleridir. Günümüze kadar hiçbir sentetik greftin hastadan alınan donör sinirden daha iyi olduğu kanıtlanamamıştır.

Kılıflama metodu ile de doku kaybı ile giden periferik sinir lezyonları onarımı yapılabilmektedir. Burada ideal olay, kullanılan materyalin destekleyici lokal besleyici faktörlerin içeri geçmesini sağlarken, rejenerasyon için gerekli maddelerin dışarı kaçmasını önlemektir. Hasarlı siniri protektif bariyerle kılıflama; fibrozisi, adezyon formasyonunu azaltır. İdeal kılıflama materyali siniri korumalı, nöromayo engellemeli, adezyonu kısıtlamalı, inflamatuvar reaksiyonu minimal olmalı ve aksonal rejenerasyonu stimüle etmelidir. Çeşitli otolog, biyolojik ve sentetik materyaller koruyucu bariyer olarak kullanılmıştır. Otolog dokular olarak; vasküler greftler, dermofasial yağ grefti, kas flepleri kullanılırken biyolojik materyal olarak porcine aselüler ekstraselüler matriks, insan amniyotik membran ve kollajen kullanılabilir. Silikon kılıf gibi sentetik materyaller de literatürde sıkça çalışılmıştır. Cerrahi

dekompresyon sonrasında en ideal sonuçların otolog dokularla (yağ ve ven greftleri) kılıflama sonrası elde edildiği görüldü (1).

Sinir Transferi (Nörotizasyon)

Direkt sütürleme veya sinir greftlemenin mümkün olmadığı durumlarda yapılabilir. Hasarlanmamış bir sinir bölünür ve proksimal ucu hasarlanmış diğer sinirin distal ucuyla birleştirilir. Bazı yazarlar nörotizasyon terimini bu teknik için kullanır (14). Bu tür işlemlerde amaç kas gruplarının bir kısmına fonksiyon kazandırmaktır. Ancak nörotizasyon birden fazla fonksiyon kaybının yerine geçemez. İyileşmenin başarısızlığı ortaya konulduktan sonra hasarlı sinir olası en az gecikme ile onarılmalıdır. Örnek olarak distal spinal aksesuar sinirin muskulokeutanöz siniri reinerve etmek için kullanılması verilebilir. Brakial pleksus avülzyonlarında



interkostal sinirin musküklokutanöz sinire transferi yapılabilir. Avülze spinal sinir köklerinin cerrahi tedavisi tartışmalıdır. Bu hastalarda üst ekstremitte fonksiyonunun restorasyonu için birkaç sekonder rekonstruktif prosedür (nörotizasyon, tendon ve adale transferleri) uygulanmaktadır. Nörotizasyondaki distal elemanlar için kullanılan donör sinirler interkostal sinirler, spinal aksesuar, frenik, uzun torasik, torakodorsal ve medyal pektoral sinirler gibi üst servikal pleksusun motor bileşenleri ve kontralateral C7 spinal siniri içermektedir. Bazı cerrahlar intakt kontralateral C7 kökünü, ipsilateral hasarlanmış musküklokutanöz veya aksiller sinire nörotizasyonu denemişler ancak bu uzun greftler gerektirdiği için başarı şansı şüphelidir. Nörotizasyonda fonksiyonel kazanım amacı ile dirsekte kol fleksiyonu için musküklokutanöz sinir, omuz abdüksiyonu için supraskapüler ve aksiler sinir kullanılır. Nörotizasyonda basit hareketlerin başarılı olması iyileşme kriteridir. Posterior laminektomi aracılığı ile intradural kopmuş sinir güdüklerinin rekonstrüksiyonu veya spinal kord içine köklerin reimplantasyonu ile avülse spinal motor ön köklerin direkt cerrahi onarımı gerçekleştirilse bile, sınırlı reinervasyon gözlenmektedir.

Tendon ve Adale Transferleri

Direkt sinir onarımı ve nörotizasyon ile şiddetli fonksiyonel kayıplar engellenemez ise fonksiyonel adaleler kullanılarak rekonstrüksiyon sağlanabilmektedir. Tendon transferleri üst ve alt ekstremitelerin paralişi olan hastaların rehabilitasyonunu kolaylaştırmakta, hareket kaybını engelleyerek eklemi korumaktadır. Adale transplantasyonunda ise iskeletin adale yapısında büyük bir kayıp sonucu belirgin fonksiyonel defisitlerin geliştiği hastalar için kullanılmaktadır.

Endoskopik Radial Sinir Dekompresyonu

Supinator sendromu ve proksimal radial sinir sıkışmasını kapsayan proksimal radial sinir kompresyon sendromu ilk defa 2013'de Leclere ve ark. tarafından tanımlanan endoskopi yardımlı radial sinir dekompresyonu ile tedavi edilebilmektedir. İşlem her zaman pleksus anestezisi ile yapılmaktadır. Radial sinirin endoskopi eşliğinde dekompresyonunun erken klinik sonuçları mükemmel görünmektedir buna rağmen hâlâ konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırılması gerekmektedir. Cerrahi tekniğin minimal invaziv olması sebebiyle bu konudaki klinik çalışmalar gelişme göstermesi beklenmektedir (6).

KAYNAKLAR

1. C. Ozturk, S. Uygur, M.Z. Siemionow Peripheral nerve surgery models crush injury and epineural patch, Plastic and Reconstructive Surgery, Experimental models and Research Designs, 2015; Part IV. 519-523
2. Chiu D, Strauch B: A prospective clinical evaluation of autogenous vein grafts used as a nerve conduit for distal sensory nerve defects of 3cm or less. Plast Recon Surg 1990;86:928-934
3. Counturier CA, Dauge MC, Henin D: Nerve repair using a composite graft of vein and denaturated skeletal muscle: Morphologic analysis. Journ of Reconstr Microsurg 2002;18(8);681-87
4. Edshage S: Peripheral nerve suture: A tecnique for improved intraneural topography. Evaluation of some suture materials. Acta chir scand (suppl) 331:1-104,1964
5. Ertem K. , Denizhan Y. , Yologlu S , Bora A.: The effect of injury level, associated injuries, the type of nerve repair, and age on the prognosis of patients with median and ulnar nerve injuries 2005
6. F.M.P Leclere, D. Bignion, T. Franz, L. Mathys, C. Klimsa, E. Vögelin . Endoscopically assisted proximal radial nerve decompression: Surgical technique . Neurochirurgie , Volume 61, Issue 1, February 2015, Page 30-34
7. Gruber H: Identification of motor and sensory funiculi in cut nerves and their selective reunion. Br J Plast Surg 1976;29:70-73
8. Highet WB, Sanders FK: The Effects of Stretching Nerves after suture. BrJ Surg 30: 365-369: 1943
9. Luizzi J,Tedeschi B:Peripheral nerve regeneration in: Neurosurgery clinics of north America p:31-39,1991
10. Mac Kinnon SE, Dellon Al: Surgery of the Peripheral Nerve Surgery. Newyork, Thieme, 1988
11. Riley DA, Lang DH: Carbonic anhydrase activity of human peripheral nerves: A possible histochemical aid to nerve repair. J Hand Surg 1984;9A:112-120
12. Samii M. Modern Aspects of Peripheral and Cranial Nerve Surgery. Adv Tech Stds Neurosurg 1975; 2: 33-85
13. Seddon HJ : The use of autogenous grafts for the repair of large gaps in peripheral nerves. Brj. Surg 35: 151-167, 1947
14. Smith JW. Micro surgery of peripheral nerves. Plast reconstr surg 1964;33.317-329